

*Σχεδιασμός εργαστηρίου ανακύκλωσης πλαστικού
για σχολική μονάδα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης*



Σπύρος Νικολαΐδης

*Μια έρευνα και πρόταση εμπνευσμένη
από την κοινότητα "Precious Plastic"*



Εικόνα 1.1 – hope – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

Η παρούσα διπλωματική εργασία ή μέρη αυτής μπορούν να αναδημοσιευτούν ελεύθερα υπό το καθεστώς πνευματικών δικαιωμάτων Creative Commons, Attribution-Sharealike 4.0 International.





ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

«Σχεδιασμός Εργαστηρίου Ανακύκλωσης Πλαστικού Για Σχολική
Μονάδα Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης»

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

Συγγραφή ΔΕ | Σπύρος Νικολαΐδης 5162019012

Επιβλέπων καθηγητής | Σπύρος Μποφυλάτος

Επιτροπή | Σπύρος Μποφυλάτος, Νικόλαος Ζαχαρόπουλος, Βασίλης Μουλιανίτης

«Είμαι συγγραφέας αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων ή ιδεών, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία»

Θέλω να ευχαριστήσω για την βοήθεια και στήριξη σε αυτή την εργασία τη μητέρα μου, τη Χριστίνα, τη σύντροφο μου Δήμητρα, τον Σπύρο Μποφυλάτο, τον Βαγγέλη, τη Γλυκερία, την κοινότητα Precious Plastic και όποιον άλλον με στήριξε κατά τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

1.1.1 Περίληψη

Είναι ευρέως γνωστό το πρόβλημα το οποίο έχει δημιουργήσει η χρήση συνθετικών πολυμερών από τον άνθρωπο στον πλανήτη μας και είναι επιτακτική η ανάγκη εύρεσης λύσεων αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος. Στην συγκεκριμένη έρευνα στοχοποιείται η αλλαγή συμπεριφοράς στη βάση του πληθυσμού, μέσω της επαφής και εξοικείωσης με το πρόβλημα, εντός της σχολικής ζωής.

Η έρευνα ξεκινάει με ιστορική αναδρομή στο πλαστικό και τις ιδιότητές του, για να συνεχίσει με αναφορά στο περιβαλλοντολογικό πρόβλημα που υπάρχει, λόγω της κακής ανθρώπινης χρήσης αυτού. Μελετάται η περίπτωση προσέγγισης λύσης της κοινότητας precious plastic και γίνεται αναφορά σε παιδαγωγικές βιωματικής μάθησης, στην προσπάθεια να γίνει η σύνδεση και να σχεδιαστεί ένα εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού σε σχολική μονάδα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο κομμάτι πρότασης, περιγράφεται ένα ενδεικτικό πρόγραμμα σπουδών για ένα τέτοιο εργαστήριο και η δυνατότητες επιλογής διαφορετικών μηχανημάτων και τεχνικών. Τέλος παρατίθενται κάποια σχέδια ενδεικτικής χωροθέτησης ενός εργαστηρίου μέσα σε μια σχολική μονάδα.

Αυτή η έρευνα έχει σκοπό να δώσει τα κατάλληλα εργαλεία σε όποιον ενδιαφέρεται να δημιουργήσει ένα εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού για παιδιά και ευελπιστεί να αποτελέσει θεμέλιο λίθο της περαιτέρω έρευνας, αλλά και της πραγμάτωσης τέτοιων εργαστηρίων σε σχολεία, αφού έχουν ξεδιπλωθεί και παρατεθεί όλα τα βασικά στοιχεία, ώστε να μελετηθούν και να διερευνηθούν περαιτέρω από την ενδιαφερόμενη κοινότητα.

1.1.2 Λέξεις κλειδιά:

Πλαστικό, περιβαλλοντολογικό πρόβλημα, βιωματική μάθηση, precious plastic, σχολικό εργαστήριο

1.1.3 Abstract

The problem that has been created by the use of synthetic polymers by human being on our planet, is widely known and the necessity to find solutions of dealing with this problem is imperative. The current research aims at behavior change at the basis of the population, through contact and familiarization with the problem, in school life.

The research begins with chronology on plastic and it's properties, in order to continue with reference to the environmental problem that exists due to false human handling of the material. A case study is presented on the solution and practices that the precious plastic community introduced, followed by references on practices and theories of experiential learning, in order to be achieved a connection for the design of a plastic recycling workshop for primary schools. Further, an indicative curriculum is being suggested with the possibilities of usage of different machines and techniques, and at the end, some indicative workshop drawings are presented.

This research aims to supply the appropriate tools to anyone who is interested in creating a plastic recycling workshop for children and hopes to constitute groundwork for further research and implementation of such workshops at schools, since all of the basics have been presented, in order for the interested community to study and comment on.

Keywords:

Plastic, environmental problem, experiential learning, precious plastic, school workshop

1.2 Περιεχόμενα

1.1.1	Περίληψη	5
1.1.2	Λέξεις κλειδιά:.....	5
1.1.3	Abstract.....	6
	Keywords.....	6
1.2	Περιεχόμενα	7
1.3	Κατάλογος εικόνων	9
2	Εισαγωγή.....	11
2.1	Το πλαστικό σαν πρώτη ύλη.....	11
2.2	Το πρόβλημα του κύκλου ζωής των πλαστικών	13
3	“Precious plastic” – μία μελέτη περίπτωσης	21
3.1	Ο άνθρωπος στο επίκεντρο μέσω της diy προσέγγισης	25
4	Φέρνοντας την αλλαγή συμπεριφοράς στην βάση του πληθυσμού	26
4.1	Η δύναμη της βιωματικής διδασκαλίας.....	26
4.2	Συμπεριφορές και εκπαίδευση γύρω από την ανακύκλωση	29
5	Εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού σε σχολική μονάδα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.....	32
5.1	Στόχοι του εργαστηρίου	32
5.2	Επίδραση της λειτουργίας του εργαστηρίου στη συμπεριφορά των παιδιών	32
5.3	Σχολικό πλαίσιο	33
5.4	Ο ρόλος του παιδαγωγού.....	34
6	Ενδεικτικός Κύκλος μαθημάτων.....	35
6.1	Εισαγωγή/Αφόρμηση.....	35
6.2	Διάλογος με τα παιδιά – Πείραμα	35
6.3	Παράγοντας συνειδητοποίησης, παράγοντας διαφοροποίησης.....	37
6.4	Παράγοντας συνειδητοποίησης, παράγοντας διαφοροποίησης 2	37
6.5	Οργάνωση συλλογής των πλαστικών	39
6.6	Διαχωρισμός πλαστικών ανά κατηγορία	40
6.7	Αίθουσα συλλογής αντικειμένων από πλαστικό – Απλές διαδικασίες ανακύκλωσης	40
6.7.1	Κάποιες “απλές” διαδικασίες upcycling-ανακύκλωσης	41
6.8	Ανακύκλωση πλαστικών / Καθάρισμα – Θρυμματίσμα	42
6.8.1	Ρουτίνα θρυμματοποίησης για μικρή ομάδα μαθητών.....	45

6.8.2	Ρουτίνα θρυμματοποίησης από σχολικό τμήμα.....	46
6.9	Παραγωγή προϊόντων.....	46
6.9.1	Επεξεργασία με μηχάνημα χύτευσης με έγχυση (injection molding).....	47
6.9.2	Τα καλούπια.....	49
6.9.3	Η ροή εργασίας.....	50
6.9.4	Τρισδιάστατες εκτυπώσεις.....	51
6.9.5	Επεξεργασία με μηχάνημα εξώθησης (extrusion).....	56
6.9.6	Επεξεργασία με μηχάνημα συμπίεσης.....	62
6.9.7	Παράλληλη χρήση περισσότερων του ενός μηχανημάτων στο εργαστήριο.....	64
7	Ταχύρρυθμα σεμινάρια για παιδιά που δε φοιτούν στο σχολείο που βρίσκεται το εργαστήριο.....	65
8	Υγεία και ασφάλεια.....	66
8.1	Κίνδυνοι – Μέτρα προστασίας - εξοπλισμός ασφαλείας.....	66
8.2	Πρακτικές χρήσης και ασφαλείας - κανόνες εργαστηρίου.....	68
9	Γενικές/Συμπληρωματικές παρατηρήσεις.....	70
9.1	Συντήρηση μηχανημάτων / Οικονομικός παράγοντας.....	72
10	Προτεινόμενη χωροθέτηση του εργαστηρίου.....	73
11	Αξιολόγηση-Μελλοντικές κατευθύνσεις.....	85
12	Βιβλιογραφία.....	86

1.3 Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1 – hope – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021	2
Εικόνα 2.1 – Παγκόσμια παραγωγή πλαστικών σε εκατομμύρια τόνους - πηγή: Roland Geyer_ University of California_ Santa Barbara	14
Εικόνα 2.2 – Κατηγοριοποίηση σε 7 κατηγορίες και το ποσοστό που ανακυκλώνεται - πηγή: ASTM international; association of plastic recyclers; Roland Geyer, University of California, Santa Barbara	16
Εικόνα 6.1 – απεικόνιση βύθισης πλαστικών σε θαλασσινό νερό - πηγή: Grid-Arendal and Maphoto/Riccardo Pravettoni https://www.grida.no/resources/6930	39
Εικόνα 6.2 – Ενδείξεις διαστάσεων ανθρωπομετρικών δεδομένων – πηγή: Anthropometrics, Pheasant 1990	41
Εικόνα 6.3 – Διαδικασία θρυμματοποίησης – πηγή: https://preciousplastic.com/starterkits/showcase/shredder.html	43
Εικόνα 6.4 – μηχανήμα έγχυσης από την ομάδα Precious Plastic – Basic έκδοση – πηγή: https://preciousplastic.com/solutions/machines/basic.html	48
Εικόνα 6.5 – μηχανήμα έγχυσης από την Plasticrenewer – πηγή: https://bazar.preciousplastic.com/machines/injection/injection-fully-built/injection-arbor-press-drive-ce-certified-community-version/	48
Εικόνα 6.6 - 3devo filament maker – πηγή: https://3devo.com/filament-makers/	52
Εικόνα 6.7 – Filabot Ex2 – πηγή: https://bazar.preciousplastic.com/machines/injection/injection-fully-built/injection-arbor-press-drive-ce-certified-community-version/	52
Εικόνα 6.8 – Filabot EX6 πηγή: https://www.filabot.com/collections/ex6-extruder/products/ex6-bundle	52
Εικόνα 6.9. Felfil evo extruder – πηγή: https://felfil.com	53
Εικόνα 6.10 – Prusa I3 MK3s+ - πηγή: https://www.prusa3d.com/	53
Εικόνα 6.11 – Creality Ender 3 – πηγή: https://www.creality.com/goods-detail/ender-3-3d-printer	53
Εικόνα 6.12 – 3d pen – πηγή: https://www.best3dprinterreviewer.com/best-3d-printing-pens/	54
Εικόνα 6.13 – Θερμοκρασίες λιώσιμου και αποσύνθεσης θερμοπλαστικών – πηγή: https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527409726_c01.pdf	54
Εικόνα 6.14 – Precious Plastic Extruder_Basic πηγή: https://preciousplastic.com/solutions/machines/basic.html ..	56
Εικόνα 6.15 – Ο Dave Hakkens φτιάχνει αντικείμενο με τον extruder πηγή: youtube → Precious Plastic – at work.	56
Εικόνα 6.16 – Πλαστικά δοκάρια – πηγή: https://preciousplastic.com/starterkits/buy/beams.html	57
Εικόνα 6.17 – Λιωμένο πλαστικό στην έξοδο του extruder pro – πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/extrude-into-a-closed-mould	57
Εικόνα 6.18 – Σημειώσεις για παραγωγή τούβλου με extruder πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/extrude-into-a-closed-mould	58
Εικόνα 6.19 – Πλαστικό τούβλο – πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/make-extruded-plastic-bricks	59
Εικόνα 6.20 – Σχέδιο μέρους καλουπιού πλαστικού τούβλου – πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/make-extruded-plastic-bricks	60
Εικόνα 6.21 – Κατασκευή τοιχοποιίας – πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/build-brick-structures	60
Εικόνα 6.22 – Κατασκευή από πλαστικά τούβλα πηγή: https://preciousplastic.com/solutions/products.html	60
Εικόνα 6.23 – Πλαστικά τουβλάκια-γλαστράκια – πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/make-an-interlocking-brick	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 6.24 – Σύνθεση από πλαστικά τουβλάκια-γλαστράκια – πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/make-an-interlocking-brick	61
Εικόνα 6.25 – Παραγωγή filament με extruder precious plastic και συμπληρωματικό εξοπλισμό – πηγή youtube → Precious Plastic – 3d printer filament maker	62

Εικόνα 6.26 –Μηχάνημα συμπίεσης <i>precious plastic basic</i> – πηγή: https://preciousplastic.com/solutions/machines/basic.html	63
Εικόνα 8.1 – Έξοδος αναθυμιάσεων – πηγή: https://community.preciousplastic.com/academy/plastic/safety	66
Εικόνα 8.2 – Σύστημα απορρόφησης μικροσωματιδίων – πηγή: https://community.preciousplastic.com/how-to/reduce-micro-plastic--dust-when-shredding	67
Εικόνα 10.1 – Κάτοψη χώρων εργαστηρίου εικαστικών, αίθουσας συλλογής και κυρίως εργαστηρίου ανακύκλωσης – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021	74
Εικόνα 10.2 –Κάτοψη χώρου συλλογής – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021.....	74
Εικόνα 10.3 – Ράφια γεμάτα με αντικείμενα προς επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021	75
Εικόνα 10.4 – Νιπτήρες απ’ τη πλευρά που γειτνιάζει με εργαστήρι εικαστικών - Σπύρος Νικολαΐδης, 2021	76
Εικόνα 10.5 – Μέγα σάκος συλλογής – πηγή: https://preciousplastic.com/starterkits/showcase/collection-point.html με προσθήκη σχεδίου φερμουάρ και ενδείξεων	77
Εικόνα 10.6 – Απόρριψη/κατηγοριοποίηση – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021.....	78
Εικόνα 10.7 – Πλευρά κυρίως εργαστηρίου γειτνίασης με χώρο συλλογής – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021.....	79
Εικόνα 10.8 – Κάτοψη χώρου κυρίως εργαστηρίου – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021.....	80
Εικόνα 10.9 – Απεικόνιση επιβλέποντα και μαθητή στην κάτοψη – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021.....	81
Εικόνα 10.10 – Σενάριο εργασίας με <i>shredder</i> – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021.....	81
Εικόνα 10.11 – Γενική εικόνα βασικού χώρου εργαστηρίου – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021.....	82
Εικόνα 10.12 – Συμπληρωματικές προτάσεις – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021	83
Εικόνα 10.13 – Γενική άποψη ιδεασμού εργαστηρίων εντός σχολικής μονάδας - Σπύρος Νικολαΐδης, 2021	84

2 Εισαγωγή

2.1 Το πλαστικό σαν πρώτη ύλη

Ο κόσμος στον οποίο γεννιόμαστε, είναι γεμάτος ύλη. Μεγάλο μέρος της ύλης αυτής ξέρουμε ότι προϋπήρχε εκατομμύρια χρόνια πριν, στις ίδιες περίπου τοποθεσίες. Αυτή η ύλη αποτελεί το φυσικό περιβάλλον, η οποία συμπεριλαμβάνει μεταξύ άλλων, φυσικά πετρώματα, δέντρα (ξυλεία) και νερό. Από τότε που αποίκησαν σ' αυτόν τον πλανήτη, τα λεγόμενα ως πιο εξελιγμένα ανθρωποειδή που φέρουν την ονομασία *homo sapiens* και ξεχώρισαν λόγω της εξυπνάδας και εφευρετικότητάς τους, άρχισαν να εμφανίζονται και διάφορα σύνθετα υλικά, παράγωγα διαδικασιών των ανθρωποειδών αυτών, μεταξύ των οποίων βλέπουμε και διάφορα μεταλλικά κράματα. Στην πιο σύγχρονη εποχή, μέσω της βιομηχανικής επανάστασης, έκαναν την εμφάνισή τους διάφορα πιο περίπλοκα σύνθετα υλικά φτιαγμένα μέσω ανθρώπινης δραστηριότητας, μεταξύ των οποίων τα συνθετικά πολυμερή, γνωστά και ως πλαστικά. Σήμερα ζούμε σε μια εποχή που κάποιοι έχουν αποκαλέσει «Εποχή του πλαστικού» (R.C. Thompson, 2009).

Το πλαστικό, είναι οργανικό, πολυμερικό υλικό, με την ικανότητα να ρέει σε κάποιο επιθυμητό σχήμα, όταν θερμότητα και πίεση ασκείται σε αυτό, και να διατηρεί το σχήμα του, όταν αυτές οι δυνάμεις υποχωρούν (Infoplease, 2017). Είναι γνωστή η χρήση φυσικών πλαστικών ήδη από την αρχαιότητα, όταν λαοί της κεντρικής Αμερικής έφτιαχναν μπάλες και αγαλματίδια από αυτά (Andrady, 2009). Κατά τη περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης, τον 19^ο αιώνα, με την ανάπτυξη και της βιομηχανικής χημείας, άρχισαν να παρουσιάζονται οι πρώτες περιπτώσεις παραγωγής συνθετικών πλαστικών. Το 1839, ένας αυτοδίδακτος εφευρέτης, ο Charles Goodyear, ενώ δούλευε στην Eagle India Rubber Company, ανακάλυψε τυχαία ότι αν ανακατέψει καουτσούκ με θειάφι πάνω από μια ζεστή σόμπα, το καουτσούκ "σκληραίνει" (Somma, 2014). Σε αυτόν αποδίδεται λοιπόν η εφεύρεση της διαδικασίας βουλκανισμού, για την οποία πήρε την πατέντα με αριθμό 3633, από το Αμερικανικό γραφείο πατεντών, το 1844 (United States/New York Patent No. 3633, 1844). Η νιτροκυτταρίνη, ένα από τα πρωταρχικά πολυμερή της κυτταρίνης, μιας κοινής ουσίας που απαντάται σε φυτά, δημιουργείται από την επεξεργασία της κυτταρίνης με νιτρικό οξύ. Μια πρώτη απλή εκδοχή της παρασκευάστηκε το 1832, από τον χημικό Braconnot και μια πιο πρακτική εφαρμογή έγινε το 1846 από τον Γερμανό χημικό Christian Friedrich Schonbein (Major industrial polymers, 2016). Από την ανάμιξη νιτροκυτταρίνης με καμφορά προήλθε και η γνωστή με την εμπορική ονομασία "Parkesine" που θεωρείται ως το πρώτο συνθετικό πλαστικό που φτιάχτηκε από τον άνθρωπο. Η εφεύρεσή του αποδίδεται στον Alexander Parkes, για την οποία κατοχύρωσε πατέντα στην Αγγλία, μεταξύ του 1856 (Celluloid, 2019) και 1865 (Patents for inventions, 1876). Το 1863, ένας Αμερικανός εφευρέτης ονόματι John Wesley Hyatt, απλοποίησε την διαδικασία παραγωγής και έκανε σταθερή και εμπορικά βιώσιμη την προσφορά στερεής νιτροκυτταρίνης, την οποία ονόμασε celluloid και κατοχύρωσε με πατέντα το 1869 (Wikipedia contributors, 2021). Αυτή του η εφεύρεση ήρθε έπειτα από συμμετοχή του σε διαγωνισμό εύρεσης υλικού, το οποίο θα αντικαθιστούσε το ελεφαντόδοντο (Bassett, 2009).

Στη συνέχεια πολλά νέα πολυμερή εισήχθησαν, όπως ο βακελίτης, ο οποίος εισήχθη στις αρχές του 20^{ου} αιώνα από τον Βέλγο Αμερικανό χημικό Leo Baekeland (Merceland, 2012) (American Chemical Society). Μετά τον Α' παγκόσμιο πόλεμο, αναπτύχθηκε ταχύτατα πληθώρα νέων μορφών πλαστικού, με τη μαζική

τους παραγωγή να ξεκινάει κατά τα χρόνια του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου (R.C. Thompson, 2009). Ανάμεσα σε αυτά τα νέα πλαστικά, βλέπουμε υλικά τα οποία είναι πολύ διαδεδομένα στις μέρες μας, όπως το πολυστυρένιο (PS), πρωτοπαραγόμενο το 1930 (Andrady, 2009), το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) το οποίο πρωτοδημιουργήθηκε το 1872, αλλά με την εμπορική του παραγωγή να ξεκινάει στα τέλη της δεκαετίας του 1920 (Andrady, 2009) και το πολυαιθυλένιο (PE), το οποίο εφευρέθηκε το 1933 (Andrady, 2009). Το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), ένα από τα πιο κοινά πλαστικά, εισήχθη το 1941 στην Αγγλία (UK Patent No. 578079, 1941). Ένα άλλο πολύ γνωστό πολυμερές, το πολυπροπυλένιο εφευρέθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1950 (Stinson, 1987) και ξεκίνησε να παράγεται μαζικά το 1957 (This week 50 years ago, 2007).

Εκτός από αυτά βέβαια υπάρχουν πάρα πολλά ακόμα πλαστικά, κάποιες φορές γίνονται αναφορές σε χιλιάδες διαφορετικά είδη, με διαφορετικές ιδιότητες στο κάθε ένα από αυτά, ανάλογα με τη χημική δομή της αλυσίδας του πολυμερούς και χωρίζονται σε κατηγορίες, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω (CPIA, 2015). Χαρακτηριστικό είναι ότι σε όλα τα πλαστικά, ακόμα και σε αυτά των πολύ γνωστών κατηγοριών που προαναφέρθηκαν, υπάρχουν πολλές υποκατηγορίες και κάθε εταιρία παραγωγής τους, προσφέρει συνήθως μεταξύ 20 με 30 διαφορετικές παραλλαγές απ' το καθ' ένα, για χρήση σε συγκεκριμένες εφαρμογές (Rodríguez). Ακόμα όμως και αν υπάρχουν τόσα πολλά διαφορετικά είδη πλαστικού, αυτά μπορούν να διαχωριστούν σε κάποιες κατηγορίες, ανάλογα με διάφορες γενικές ιδιότητές τους και τον σκοπό που θέλει να εξυπηρετήσει η κάθε κατηγοριοποίηση. Μια βασική κατηγοριοποίηση των πλαστικών βασίζεται στη μηχανική τους συμπεριφορά, είναι διττής φύσης και τα διαχωρίζει σε θερμοπλαστικά και θερμοσκληρυνόμενα (Rodríguez). Τα θερμοπλαστικά σε συγκεκριμένη σχετικά υψηλή θερμοκρασία γίνονται εύπλαστα και μπορούν να χυθούν σε καλούπι, ενώ στερεοποιούνται όταν πέσει η θερμοκρασία. Η πολυμερική δομή των θερμοπλαστικών, αποτελείται από ανεξάρτητα μόρια τα οποία μπορούν να βρίσκονται σε κίνηση μεταξύ τους (Rodríguez), και βασικό χαρακτηριστικό των θερμοπλαστικών είναι ότι μπορούν να θερμανθούν και να χυτευτούν ξανά και ξανά. Η πολυμερική δομή των θερμοπλαστικών, αποτελείται από ανεξάρτητα μόρια τα οποία μπορούν να βρίσκονται σε κίνηση μεταξύ τους (Rodríguez). Παραδείγματα θερμοπλαστικών είναι τα PP, PE, PET και PS. Σε αντίθεση, τα θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή, μπορούν να θερμανθούν και να διαμορφωθούν και αυτά, αλλά η σκλήρυνσή τους είναι μη αντιστρεπτή. Στην πραγματικότητα, μετά την επεξεργασία, το θερμοσκληρυνόμενο υλικό γίνεται ένα μεγάλο μόριο (Rodríguez). Παράδειγμα είναι το βουλκανισμένο καουτσούκ που αναφέρθηκε προηγουμένως, ο βακελίτης, οι πολυουρεθάνες (PU) και οι εποξικές ρητίνες.

Εξ ορισμού, τα θερμοπλαστικά κρατούν τη στερεή μορφή τους, μέχρι κάποιο συγκεκριμένο σημείο θερμοκρασίας, η οποία ορίζεται από τη θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης ή την θερμοκρασία τήξης του συγκεκριμένου πολυμερούς. Κάτω από συγκεκριμένη θερμοκρασία, γνωστή και ως θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης (Tg), τα μόρια του πολυμερούς είναι παγωμένα σε μια κατάσταση που είναι γνωστή ως "υαλώδης κατάσταση", όπου υπάρχει ελάχιστη έως μηδαμινή κίνηση των μορίων μεταξύ τους και το υλικό είναι δύσκαμπτο έως και εύθραυστο. Πάνω από την Tg, τα άμορφα μέρη του πολυμερούς εισέρχονται σε "ελαστική" κατάσταση, όπου τα μόρια δείχνουν αυξημένη κινητικότητα και το υλικό αποκτά πλαστική, ακόμα και ελαστική ιδιότητα. Στην περίπτωση μη κρυσταλλικών πολυμερών, όπως το πολυστυρένιο (PS), η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας, οδηγεί το υλικό κατευθείαν σε κατάσταση υγρού. Σε αντίθεση, τα ημικρυσταλλικά πολυμερή, όπως το χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE) ή το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), δεν εισέρχονται σε υγρή κατάσταση, παρά μόνο αφού ξεπεραστεί η θερμοκρασία τήξης (Tm). Μετά από αυτό το σημείο, οι κρυσταλλικές περιοχές δεν είναι

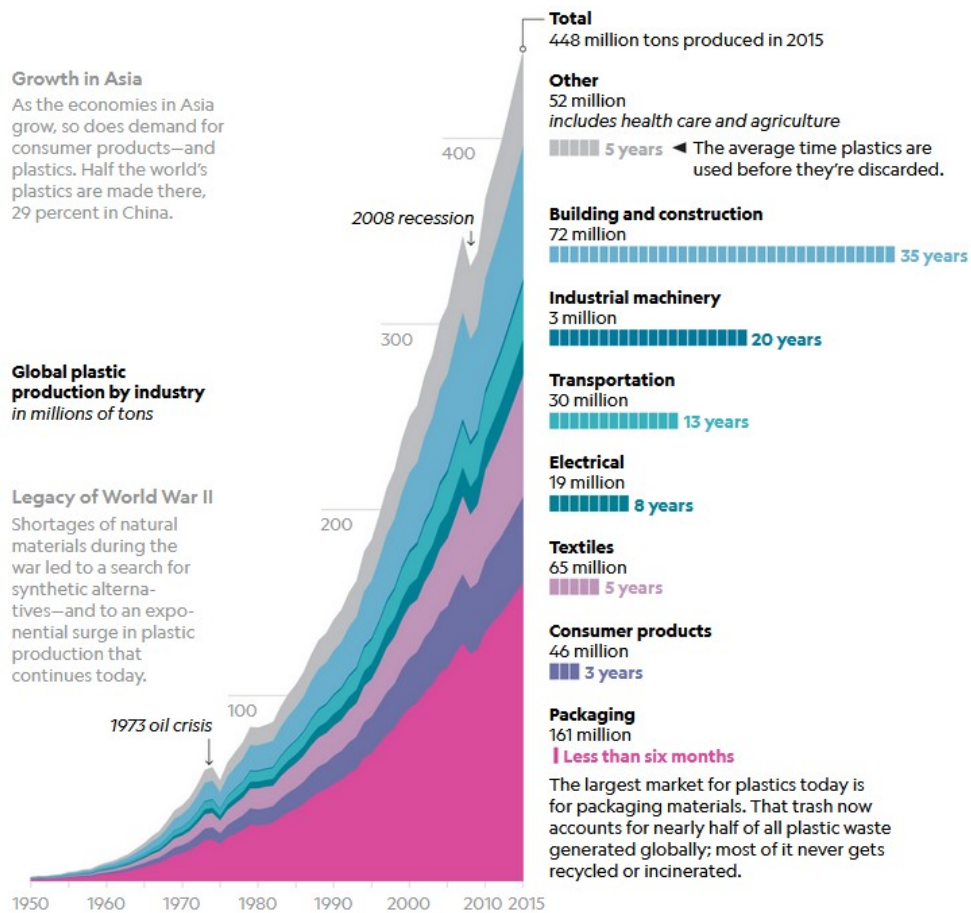
πλέον σταθερές και τα ελαστικά ή υγρά πολυμερή μπορούν να εγχυθούν σε καλούπια ή να εξωθηθούν. Τα θερμοσκληρυνόμενα, τα οποία δεν λιώνουν αν αναθερμανθούν, συνήθως παραμένουν διαστασιακά σταθερά, μέχρι ενός σημείου που η θερμοκρασία θα εκκινήσει τον χημικό υποβιβασμό τους. Η φυσική κατάσταση και η μορφολογία του πολυμερούς, έχει ισχυρή επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες αυτού, όπως της ακαμψίας και της αντοχής (Rodríguez).

2.2 Το πρόβλημα του κύκλου ζωής των πλαστικών

Τα συνθετικά πολυμερή λοιπόν, έχουν πάρει τη “λαϊκή” τους ονομασία πλαστικά, ακριβώς λόγω των πλαστικών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν, ικανά να διαμορφωθούν εύκολα, να αποκτήσουν ρευστή μορφή, να πρεσαριστούν σε στερεά αντικείμενα διαφόρων σχημάτων και να εγχυθούν σε καλούπια, κάνοντάς τα ένα ευπροσάρμοστο υλικό κατάλληλο για πολλές διαφορετικές χρήσεις. Αυτή του η προσαρμοστικότητα, σε συνδυασμό με ένα μεγάλο εύρος θετικών ιδιοτήτων, όπως ότι είναι ελαφρύ, ανθεκτικό, εύκαμπτο και οικονομικό στην παραγωγή, έχει οδηγήσει σε μια ευρεία υιοθέτησή του στη σύγχρονη κοινωνία. Τα συνθετικά πολυμερή λοιπόν, ήταν μια επανάσταση στην τεχνολογία υλικών, η οποία επανάσταση σε συνδυασμό με την βιομηχανική της ξαδέρφη, έδωσε πρόσβαση σε πληθώρα αγαθών σε δισεκατομμύρια ανθρώπους. Εκτός βέβαια από τα οφέλη, έφερε μαζί σαν συνέπεία της και διάφορα προβλήματα.

Τα πλαστικά είναι ανθεκτικά και αποσυντίθενται πολύ αργά, καθώς η χημική τους δομή τα κάνει να υπομένουν διάφορες φυσικές διαδικασίες αποσύνθεσης. Λόγω αυτής τους της ιδιότητας, κάποιος εξωτερικός παρατηρητής φαίνεται λογικό να σκεφτόταν ότι θα έπρεπε να παράγονται αντικείμενα σχεδιασμένα για να έχουν ένα σχετικά μεγάλο χρόνο ζωής. Στην πραγματικότητα βέβαια, όπως γνωρίζουμε δεν έχουν έτσι τα πράγματα. Μία άλλη ιδιότητα που έχουν τα πλαστικά είναι ότι είναι πολύ φθηνά σαν πρώτη ύλη, αλλά και πολύ εύκολα στην παραγωγή και σε μια κοινωνία όπου κυριαρχεί η δύναμη της αγοράς, αυτές οι δύο αρχές είναι που έχουν τη μεγαλύτερη δύναμη. Το δυστυχές αποτέλεσμα λοιπόν, είναι ότι έχει παραχθεί πολύ μεγάλος όγκος πλαστικού και λόγω διευθέτησής του από την ελεύθερη αγορά, το μεγαλύτερο μέρος αυτού του όγκου, έχει ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του. Υπάρχουν διαφορετικές εκτιμήσεις για την ποσότητα πλαστικού που παράχθηκε παγκόσμια τον τελευταίο αιώνα, με κάποιες να μιλούν για ένα δισεκατομμύριο τόνων πλαστικού να έχει απορριφθεί μέχρι το 1950 (Weisman, 2007), ενώ άλλες να αναφέρονται σε μια συνολική ποσότητα παραγωγής της τάξης των 8,3 δισεκατομμυρίων τόνων, εκ των οποίων 6.3 δις τόνοι είναι πλέον σκουπίδια, με το ποσοστό ανακύκλωσης να είναι μόλις στο 9% (Roland Geyer, 2017), ενώ πολλά από αυτά τα υλικά δε θα αποσυντεθούν ακόμα και αν περάσουν αιώνες. Κάποιες μελέτες αμφισβητούν ελαφρά τα παραπάνω νούμερα, όλες όμως συμφωνούν ότι τα νούμερα είναι παρόμοιου μεγέθους, υψηλά και με συνεχή ρυθμό αύξησης (Hayley Bennett, 2018) (Parker, 2018).

Από τη δεκαετία του 1970 άρχισε να γίνεται αντιληπτό το πρόβλημα του πλαστικού και στις μέρες μας έχει γίνει τόσο έντονο, ώστε η όποια επιστημονική ή βιβλιογραφική αναφορά για αυτό το υλικό, συνηθίζεται να συνοδεύεται από αναφορά και στο πρόβλημα. Χαρακτηριστικά, πληκτρογραφώντας τη λέξη κλειδί “πλαστικό”, ή “plastic” σε μηχανές αναζήτησης, θα δούμε περισσότερα αποτελέσματα με άρθρα σχετικά με το πρόβλημα, παρά αναφορικά στο ίδιο το υλικό και στις ιδιότητές του. Επιπλέον, στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, το “πλαστικό” αναφέρεται και συσχετίζεται με την “αειφορία” και τα “απορρίμματα”, υποδεικνύοντας τη σχετική επίγνωση του προβλήματος (Richardson, 2016). Η τεράστια χρήση πλαστικού (ειδικά σε σχέση με το πακετάρισμα) και η σχετική ανθρώπινη συμπεριφορά, εκλαμβάνονται ως ιδιαίτερες αιτίες της μόλυνσης (Bonny L.Hartley, 2018) (I.R. Santos, 2005). Μάλιστα η επίγνωση του προβλήματος δείχνει να είναι ήδη υψηλή ανάμεσα σε μαθητές σχολείων από διαφορετικές χώρες όπως τα Αραβικά Εμιράτα (M.B.A. Hammami, 2017), το Ενωμένο Βασίλειο (B.L. Hartley, 2015) και το Χόνγκ Κόνγκ (W.M.W. So, 2016), όπως φαίνεται από σχετικές έρευνες, αλλά και σε πολλές άλλες.



JASON TREAT AND RYAN WILLIAMS, NGM STAFF
SOURCE: ROLAND GEYER, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA BARBARA

Εικόνα 2.1 – Παγκόσμια παραγωγή πλαστικών σε εκατομμύρια τόνους - πηγή: Roland Geyer_University of California_Santa Barbara

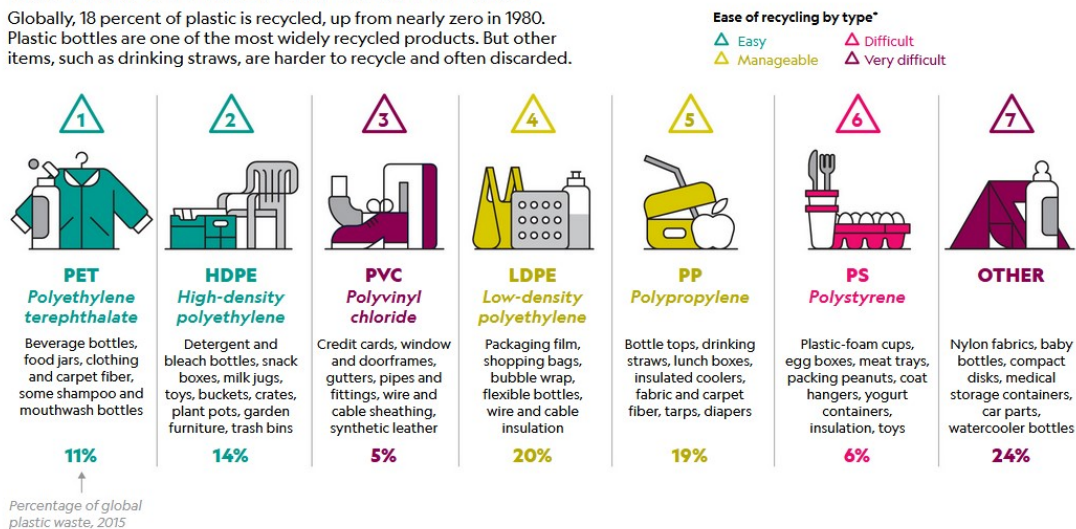
Τα πλαστικά συνήθως παράγονται από ανθρώπινες βιομηχανικές διαδικασίες, χρησιμοποιώντας μη ανανεώσιμες πρώτες ύλες, τα πετροχημικά. (Wikipedia contributors, 2021) Περίπου το ένα τρίτο (Plastics Europe, 2017) με 40% των πλαστικών, από τα περισσότερα από 448 εκατομμύρια τόνους που παράγονται ετησίως είναι αναλώσιμα, με μεγάλο ποσοστό από αυτό να χρησιμοποιείται σε πακεταρίσματα και συσκευασίες, σχεδιασμένο να πετιέται μέσα σε μερικά λεπτά μετά τη λειτουργία του (Andrady, 2009) (Parker, 2018) (Evan Carpenter, 2017) και περίπου το ίδιο ποσοστό χρησιμοποιείται σε υλικά οικοδομής (Andrady, 2009).

Επιπλέον η απόθεση σε χωματερές (Jianfei Zhang, 2004) και η αποτέφρωση (Thomas Astrup, 2009) του πλαστικού, είναι καλά τεκμηριωμένο ότι δημιουργεί προβλήματα στην υγεία και το περιβάλλον. (Hayden K. Webb, 2012) (G.BDerraik, 2002). Αντί να εφαρμόζεται ένα γραμμικό μοντέλο στην χρήση των υλικών, μπορεί να χρησιμοποιούνται μοντέλα κυκλικής οικονομίας, ώστε να παρέχεται βιωσιμότητα, διαχωρίζοντας την οικονομική ανάπτυξη από την κατανάλωση πόρων (Andersen, 2007) (Preston, 2012). Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ανακύκλωση αναφέρεται στην κυκλική οικονομία, ως ο καλύτερος τρόπος διαχείρισης του πλαστικού που έχει απορριφθεί από τους καταναλωτές (Robin Vanner, 2014). Δυστυχώς, μπορούν να υπάρξουν ιδιαίτερα υπολογίσιμες περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις από την συλλογή και μεταφορά απορριμμάτων πλαστικού σχετικά χαμηλής πυκνότητας, σε κέντρα συλλογής για διαχωρισμό υπό συνθήκες "παραδοσιακής" ανακύκλωσης (J.R.BartonD, 1996) (Amelia L.Craighilla, 1996) (Aubrey L.Woern, 2018). Επίσης στην διαδικασία της ανακύκλωσης εμπεριέχονται πολλές δυσκολίες, με βασικότερες την διαλογή και καθαριότητα των διαφορετικών πλαστικών και για αυτό δεν έχει καταφέρει να εδραιωθεί αποδοτικά σαν μέθοδος.

Για να μπορέσει να γίνει ανακύκλωση, πέρα από την απαραίτητη καθαριότητα, τα πλαστικά πρέπει να διαχωρίζονται ανά είδος, ώστε να μην επέρχεται μόλυνση κατά τη διαδικασία παραγωγής και να μπορεί να παραχθεί κάποιο προϊόν με σχετικά γνωστές ιδιότητες. Τα θερμοπλαστικά όπως είδαμε έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες επεξεργασίας μεταξύ τους, και στη θερμοκρασία που κάποιο πλαστικό λιώνει, ένα άλλο μπορεί να καίγεται ή να μην έχει θερμανθεί αρκετά, ώστε να μπορέσει να λιώσει και να διαμορφωθεί. Έχει καθιερωθεί η σήμανση των πλαστικών σε 6 βασικές κατηγορίες, στις οποίες περιλαμβάνονται τα πιο δημοφιλή πλαστικά και μία 7^η στην οποία εμπίπτουν όλα τα υπόλοιπα και τα μη αναγνωρίσιμα.

THE CHALLENGE OF RECYCLING

Globally, 18 percent of plastic is recycled, up from nearly zero in 1980. Plastic bottles are one of the most widely recycled products. But other items, such as drinking straws, are harder to recycle and often discarded.



*Ease of recycling varies by region; North America shown. Not all plastics are recyclable.

JASON TREAT AND RYAN WILLIAMS, NGM STAFF. ART: RADIO SOURCES: ASTM INTERNATIONAL; ASSOCIATION OF PLASTIC RECYCLERS; ROLAND GEYER, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA BARBARA

Εικόνα 2.2 – Κατηγοριοποίηση σε 7 κατηγορίες και το ποσοστό που ανακυκλώνεται - πηγή: ASTM international; association of plastic recyclers; Roland Geyer, University of California, Santa Barbara

Παρότι η παραγωγή πλαστικών ήταν και είναι αυξανόμενη, από 2,3 εκατομμύρια τόνους το 1950, σε 162 εκατομμύρια τόνους το 1993 και 448 εκατομμύρια τόνους το 2015, η επιστημονική κοινότητα ερχόταν αντιμέτωπη με το μυστήριο του που καταλήγει αυτός ο μεγάλος όγκος πλαστικών, αφού ήταν γνωστό ότι μικρό μόνο μέρος είχε ανακυκλωθεί, ενώ δεν μπορούσε να εντοπιστεί εκ πρώτης το υπόλοιπο μέρος στο οικοσύστημα. Το 2004 όμως, ο Richrad Thompson μετά από έρευνα, δημοσίευσε την απάντηση. Τα "χαμένα" πλαστικά διαλύονται σε μικρότερα κομμάτια, τα οποία είναι τόσο μικρά που είναι δύσκολο να φανούν με το μάτι. Αυτά τα ονόμασε "μικροπλαστικά" προβλέποντας (ορθά) ότι μπορεί να βρεθούν σε μεγάλες συγκεντρώσεις στους ωκεανούς (Parker, 2018). Ιδιαίτερη εξέλιξη έχει πάρει η συνειδητοποίηση του επιπέδου μόλυνσης, από τότε που ανακαλύφθηκε αυτό το φαινόμενο της ύπαρξης μικροπλαστικών και αργότερα νανοπλαστικών στο περιβάλλον. Μικροπλαστικά θεωρούνται μικρά κομμάτια οποιουδήποτε τύπου πλαστικού, τα οποία δεν ξεπερνούν τα 5 χιλιοστά σε οποιαδήποτε διάσταση (Arthur, 2008). Αντίστοιχα τα νανοπλαστικά είναι ακόμα μικρότερα με μέγεθος μικρότερο του ενός μικρομέτρου (American Chemical Society, 2020). Τα μικροπλαστικά και τα νανοπλαστικά εισέρχονται στο οικοσύστημα μέσω έτοιμα παραγόμενων μικροσκοπικών προϊόντων, όπως μικροϊνών ρούχων ή μέσω αποσύνθεσης μεγαλύτερων απορριπτέων πολυμερών (Matthew Cole, 2013) (Boucher, 2017) και πλέον υπάρχουν σε διάφορα σημεία της γης, από τα βάθη των ωκεανών μέχρι την κορυφή του Έβερεστ (Wilkinson, 2020).

Το ότι τα μικροπλαστικά βρίσκονται πλέον σε αφθονία τόσο σε χερσαία όσο και σε υδάτινα περιβάλλοντα, έχει πλέον καλά τεκμηριωθεί (Defu He, 2018) (Scott Lambert, 2017), και πολλές μελέτες έχουν αναφέρει ότι τα μικροπλαστικά έχουν διάφορες φυσικές και χημικές επιδράσεις σε χερσαίους και υδρόβιους οργανισμούς (J.C. Antunes, 2013) (Sinja Rist, 2017). Πλήθος μελετών έχουν ερευνήσει την έκθεση χερσαίων οργανισμών (soil-dwelling organisms) σε μικροπλαστικά (Michael O. Gaylor, 2013)

(Mark E. Hodson, 2017) (Esperanza Huerta Lwanga H. G., 2016) (Esperanza Huerta Lwanga H. G., 2017) (A. Rodriguez-Seijo, 2107) (Andrés Rodríguez-Seijo, 2019) και μερικές από τις πιθανές επιπτώσεις περιλαμβάνουν οξειδωτικό στρες (oxidative stress) (Li Zhao, 2017), εντερική βλάβη (Mengting Liu, 2018) (A. Rodriguez-Seijo, 2107) και ανωμαλίες στο ανοσοποιητικό σύστημα (A. Rodriguez-Seijo, 2107). Τα μικρο και νανοπλαστικά, λόγω της ποσότητας και του μεγέθους τους, εισέρχονται σε βάθος στην τροφική αλυσίδα, και βρίσκονται σε συγκέντρωση μέσα στα σώματα και τους ιστούς πάρα πολλών οργανισμών. (Grossman, 2015) (4Ocean, 2017) (W.C. Li, 2016) (Chelsea M. Rochman, 2016) (Seltenrich, 2015) (Sigler, 2014). Έρευνες σε φυσικά και ζωικά μοντέλα έχουν συνδέσει την έκθεση στα μικρο και τα νανοπλαστικά, με τη στειρότητα, φλεγμονές και καρκίνο, αλλά οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου παραμένουν ασαφείς. Μία πρόσφατη μεθοδολογία πάνω στη προσπάθεια κατανόησης των όποιων κινδύνων για την υγεία, που παρουσιάστηκε στο φθινοπωρινό συνέδριο της American Chemical society (ACS) του 2020, αναφέρει τρόπους μελέτης της συγκέντρωσης αυτών των μη βιοδιασπώμενων υλικών στον ανθρώπινο ιστό (American Chemical Society, 2020). Επιπρόσθετα, η ευρέως διαδεδομένη χρήση πλαστικών στον αγροτικό τομέα, έχει τεκμηριωθεί ως σχετιζόμενη με υποβάθμιση του εδάφους και την ύπαρξη μεγάλης ποσότητας μικροπλαστικών σε αυτό (E K Liu, 2014) (Zacharias Steinmetz, 2016), καθώς επίσης αναφέρεται ότι τα μικροπλαστικά έχουν γίνει ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα για το περιβάλλον σε παγκόσμια κλίμακα (Jenna R. Jambeck, 2015). Παρότι έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον λόγω της επίδρασής τους στο οικοσύστημα, ο πραγματικός αντίκτυπος στο φυσικό περιβάλλον παραμένει δύσκολο να υπολογιστεί, λόγω προβλημάτων επεξεργασίας τους στο εργαστήριο. Γι' αυτόν τον λόγο αναπτύσσονται νέες μέθοδοι (Shin Woong Kim, 2019).

Άλλες μελέτες αναφέρουν διάφορες συνέπειες των πλαστικών στην υγεία του ανθρώπου, όπως ότι η βισφενόλη Α (BPA) που περιλαμβάνεται σε συσκευασίες τροφίμων, μπορεί να διαταράξει τα ανθρώπινα ενδοκρινικά συστήματα και να προκαλέσει γενετικές ανωμαλίες, αυτισμό, υπερκινητικότητα και σύνδρομο διάσπασης προσοχής (A.D.D) (Ruthann A. Rudel, 2011) αλλά και ότι οι φθαλικοί εστέρες που περιέχονται στο PVC εμπλέκονται με διαταραχές του ανδρικού αναπαραγωγικού συστήματος (Germaine M. Buck Louis Ph.D., 2014). Επίσης, τα πλαστικά που υπάρχουν στους ωκεανούς, εκτιμάται ότι ευθύνονται για τον θάνατο εκατομμυρίων θαλάσσιων ζώων κάθε χρόνο. Περίπου 700 είδη, μεταξύ των οποίων και είδη υπό εξαφάνιση, είναι γνωστό ότι έχουν επηρεαστεί από αυτό (Parker, 2018). Μέσα από μια μελέτη, αναφέρεται ότι το 2050 θα υπάρχει περισσότερο πλαστικό στους ωκεανούς απ' ό,τι ψάρια (Amna Nawaz, 2019). Επιπλέον, εργαστηριακά πειράματα, έδειξαν το πλαστικό ως πηγή ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής, καθώς τα πιο κοινά πλαστικά μπορεί να προκαλέσουν αέρια του θερμοκηπίου όταν εκτίθενται σε ηλιακή ακτινοβολία (Sarah-Jeanne Royer, 2018).

Τις τελευταίες δεκαετίες οι αναπτυσσόμενες οικονομίες της Ασίας αύξησαν και την παραγωγή πλαστικών και μαζί με αυτήν και το πρόβλημα των απορριμμάτων, αφού τα συστήματα συλλογής τους, στην περίπτωση που υπάρχουν δεν είναι καθόλου εξελιγμένα. Μέχρι πριν λίγα χρόνια, μία χώρα με ιδιαίτερα αναπτυσσόμενη οικονομία, η Κίνα, δεχόταν μεγάλους όγκους πλαστικού προς ανακύκλωση από τον λεγόμενο ανεπτυγμένο κόσμο, λόγω της ανάγκης της για πρώτη ύλη. Με νομοθεσία που εξέδωσε το 2017 όμως, σταμάτησε να δέχεται τα μεγάλα φορτία απορριμμάτων πλαστικού, επειδή το πρόβλημα του διαχωρισμού αλλά και η εισροή σε μεγάλο ποσοστό άσχετων υλικών, καθιστούν ασύμφορη την επεξεργασία τους. Αυτή η απόφαση της Κίνας ταρακούνησε τις οικονομίες της δύσης, αφού έπρεπε πλέον να βρουν άλλες διεξόδους στο πρόβλημα.

Προς το παρόν, η λύση που βρήκαν είναι μη βιώσιμη για άλλη μια φορά, αφού η διοχέτευση των τόνων πλαστικών γίνεται σε γειτονικές αναπτυσσόμενες χώρες της Κίνας. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, και όχι

μόνο, πολλές οικογένειες ζουν πραγματικά μέσα σε χωματερές, έχοντας σαν απασχόληση τον καθαρισμό και διαχωρισμό απορριμμάτων από πλαστικό, για να καταφέρουν να βγάλουν τα προς το ζην. Άνθρωποι οι οποίοι αποτελούν λύση και "ανάσα" για το περιβάλλον μέσω της δουλειάς τους, ζουν σε άθλιες συνθήκες μόλυνσης που σε πολλές περιοχές, εκτός από τον μεγάλο αριθμό απορριμμάτων που παράγουν οι αναπτυσσόμενες οικονομίες τους, μπορεί να καθαρίζουν και τα σκουπίδια τα οποία εμείς χρησιμοποιούμε, στη δύση. Επίσης πολλές φορές λείπει το ενδιαφέρον από τους κατοίκους ή η πολιτική βούληση ή η δυνατότητα για καλύτερη διαχείριση. Ο ποταμός Pasig, που διασχίζει τη Μανίλα, την πρωτεύουσα των Φιλιππίνων, κηρύχθηκε βιολογικά νεκρός το 1990, λόγω του τεράστιου όγκου σκουπιδιών, που τον κατέκλυζαν κάθε χρόνο και τα οποία κατά κύριο λόγο αποτελούνται από πλαστικά. (Parker, 2018).

Σε ένα άλλο μέτωπο, πάνω από 250 χιλιάδες τόνοι πλαστικού εκτιμάται ότι επιπλέει στη θάλασσα (Marcus Eriksen, 2014). Στον Ειρηνικό ωκεανό, έχει δημιουργηθεί μια μεγάλη περιοχή όπου συλλέγονται απορρίμματα, κυρίως από πλαστικό, γνωστή με την ονομασία Great Pacific Garbage Patch ή Pacific trash vortex. Κανείς δεν ξέρει την συνολική ποσότητα των απορριμμάτων που περιφέρονται σε αυτήν την περιοχή και πρόσφατες επιστημονικές έρευνες έδειξαν ότι περίπου το 70% των απορριμμάτων έχουν βυθιστεί στον ωκεανό. Καμία χώρα δεν μπαίνει στην διαδικασία καθαρισμού αυτών των απορριμμάτων αφού βρίσκονται σε διεθνή ύδατα και σύμφωνα με τα σχόλια του Charles Moore, του ανθρώπου που αντιλήφθηκε πρώτος το φαινόμενο το 1997, η προσπάθεια καθαρισμού αυτής της κατάστασης θα χρεοκοπούσε οποιαδήποτε χώρα το επιχειρούσε (National Geographic, 2019).

Απαραίτητο για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η δράση από πολιτικούς παράγοντες και από τη βιομηχανία, οι οποίοι κατά βάση έχουν την κύρια ευθύνη του προβλήματος και οι οποίοι, ανά τα χρόνια, έχουν κάνει ό,τι μπορούν για να μην χρειαστεί να ασχοληθούν με το πρόβλημα. Όταν το 1970 στην Αμερική δημιουργήθηκε κίνημα διαμαρτυρίας ενάντια στην μόλυνση που προκαλούν τα πλαστικά, οι εταιρείες παραγωγής, θέλοντας να αποποιηθούν την ευθύνη, έτρεξαν μια μεγάλη διαφημιστική καμπάνια με σκοπό να ρίξουν το φταίξιμο στους καταναλωτές. Με διαφημίσεις όπως την γνωστή με τον ψεύτικο ινδιάνο με το καταληκτικό σλόγκαν ότι "οι άνθρωποι ξεκίνησαν τη μόλυνση και οι άνθρωποι πρέπει να τη σταματήσουν", κατάφεραν να τραβήξουν από πάνω τους την προσοχή, πείθοντας μεγάλο μέρος του πληθυσμού και έτσι να κατευνάσουν το κίνημα (Plastic Wars, 2020). Μετά δε και από την έξαρση που δημιουργήθηκε με το MOBRO, το 1987, το φορτηγό πλοίο που μετέφερε τόνους σκουπιδιών και δεν του επιτράπη να δέσει λιμάνι ποτέ, η βιομηχανία πλαστικού (The society of the plastics industry, inc), στην οποία συγκαταλέγονται τεράστιες πετρελαϊκές εταιρείες, βρήκε έναν πιο "έξυπνο" τρόπο για να συνεχίσει να πουλάει τα προϊόντα της. Χώρισε τα πλαστικά σε 7 κατηγορίες και γύρω από κάθε νούμερο τοποθέτησε το σήμα της ανακύκλωσης (Plastic Wars, 2020). Αυτό που δείχνει αυτό το νούμερο με το σύμβολο είναι ότι το συγκεκριμένο αντικείμενο μπορεί να ανακυκλωθεί. Αυτό όμως που υποστηρίζουν οργανώσεις που εναντιώνονται στην περιβαλλοντολογική μόλυνση, είναι ότι σκοπούμενα δημιούργησαν ένα σύμβολο το οποίο μπερδεύει τον κόσμο. Κάτι που δείχνει να είναι και αληθές, αν κρίνουμε από τα αποτελέσματα, όπου 30 χρόνια μετά μεγάλο μέρος του πληθυσμού είτε δεν γνωρίζει, είτε πιστεύει ότι το σήμα δείχνει την προέλευση του υλικού. Ότι δηλαδή είναι ανακυκλωμένο. Η βιομηχανία και το υπάρχον οικονομικό σύστημα έχουν πολύ μεγάλο μερίδιο της ευθύνης, από κει και έπειτα όμως, δεν είναι δυνατό να περιμένουμε τη λύση να έρθει από κάπου αλλού, πόσο μάλλον γνωρίζοντας την απαξίωση που της δίνεται. Όσο χρέος μας είναι να εναντιωθούμε στις παραπάνω πρακτικές, αντίστοιχα έχουμε τη δύναμη σαν άνθρωποι και σαν κοινότητες να οργανωνόμαστε και να δουλεύουμε σε κατευθύνσεις λύσεων για τα προβλήματά μας (Ansje Löhr, 2017). Εξάλλου, όσο και αν

είμαστε χειραγωγημένοι, ζώντας σε κοινωνίες που προτάσσουν την υπερκατανάλωση, φέρουμε και οι ίδιοι μερίδιο της ευθύνης. Νομοθεσίες απαγόρευσης ή χρέωσης πλαστικών μιας χρήσης είναι ένα ελάχιστο βήμα, το οποίο βλέπουμε να ξεκινάει να τίθεται σε εφαρμογή σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο.

Απ' ότι έχει φανεί, η υπερβολική παραγωγή και κατανάλωση πλαστικού έχει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Και όπως είδαμε η μείωση πλαστικού έχει γίνει μια παγκόσμια πρόκληση. Καθώς οι τεχνικές λύσεις από μόνες τους, πιθανότατα είναι μη αποδοτικές για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα, φαίνεται να χρειάζεται να μελετηθούν και να χρησιμοποιηθούν περισσότερο, προσεγγίσεις οι οποίες τονίζουν τον αντίκτυπο της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Υπάρχει μεγάλος κοινωνικό-επιστημονικός βιβλιογραφικός όγκος σχετικά με το πλαστικό, ο οποίος κυμαίνεται από ευαισθητοποίηση σχετικά με τους κινδύνους, προτιμήσεις των καταναλωτών και προβλέψεις των συμπεριφορών χρήσης, μέχρι και ψυχολογικές και πολιτικές στρατηγικές παρέμβασης. Από το πλήθος των ερευνών προκύπτει ότι οι άνθρωποι εκτιμούν και χρησιμοποιούν διαρκώς τα πλαστικά, παρότι έχουν υπάρξει πολλές καμπάνιες ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης σχετικά με τα προβλήματα (Lea Marie Heidebreder, 2019) (Erkan Ari, 2017) (Haruna M. Musa, 2013) (Yitian Shao, 2014) (Anne Sharp, 2010). Παρόλα αυτά τέτοιες καμπάνιες έχει φανεί ότι μπορούν να ενδυναμώσουν συμπεριφορές ανακύκλωσης (Tsz Yan Cheung, 2018) (Ofstad, 2017) (Elissa Pearson, 2014). Επίσης πολλοί άνθρωποι θεωρούν την ανακύκλωση από κάτι το δύσκολο (Karin Venter, 2010), έως αδύνατο (Li Yi, 2010) και η έλλειψη σχετικών οδηγιών μπορεί να αποθαρρύνει τους ανθρώπους από το να ανακυκλώσουν πλαστικά (Joachim Vogt, 2014).

Μια Μπαγκλαντεσιανή έρευνα των Synthia και Kabir του 2015 (Ishrat Jahan Synthia, 2015), έδειξε ότι οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά υλικών εναλλακτικών των πλαστικών ήταν άγνωστα και οι συγγραφείς επισήμαναν την ανάγκη για περισσότερη εκπαίδευση, όταν εισάγεται απαγόρευση κάποιων πλαστικών προϊόντων. Η μελέτη τους αποκάλυψε ότι μετά την απαγόρευση συγκεκριμένων πλαστικών τσαντών, νέες εναλλακτικές τσάντες χρησιμοποιούνταν εκτενώς και θεωρούνταν πιο φιλικές προς το περιβάλλον, παρόλο που αυτό δεν ήταν πάντα αλήθεια. Οι καταναλωτές, όχι μόνο δεν έχουν επαρκείς γνώσεις σχετικά με τη χρήση εναλλακτικών υλικών, αλλά δεν γνωρίζουν και τι είναι ένα οικολογικά φιλικό υλικό, όπως φαίνεται από τη διαφοροποίηση σχετικά με την αντίληψη κατανάλωσης, αλλά και σχετικά με την ανάλυση του κύκλου ζωής (Lea Marie Heidebreder, 2019). Καθώς οι καταναλωτές επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους κυρίως σε στάδια ύστερα της κατανάλωσης, όπως την ανακύκλωση, περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το περιβαλλοντικό αντίκτυπο όλου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, μπορεί να συμβάλουν στην επίγνωση των πραγματικά φιλικότερων υλικών και να οδηγήσει τους καταναλωτές σε καλύτερες εναλλακτικές.

Η ανάγκη καθαρισμού μιας συσκευασίας, είναι κάτι ακόμα το οποίο πολλές φορές αποθαρρύνει τους ανθρώπους από το να το ανακυκλώσουν (Kimberly Klaiman, 2017). Όταν ζητήθηκε από συμμετέχοντες σε έρευνα να σχεδιάσουν και να απεικονίσουν το πότε, που και πώς θα ανακυκλώσουν τα χρησιμοποιημένα τους πλαστικά ποτήρια και χαρτιά, φάνηκε ότι αυτού του τύπου η εφαρμογή προθέσεων αύξησε τους ρυθμούς ανακύκλωσης και έτσι μειώθηκε ο αριθμός ποτηριών σε γενικούς κάδους κατά 75% (Rob W.Holland, 2006). Φαίνεται ότι είναι πολύ σημαντικός ο σχεδιασμός και η δημιουργία ρουτίνων, έτσι ώστε να αυξηθεί η ανακύκλωση και πρέπει κάθε φορά να δοθεί η προσοχή στις εκάστοτε τοπικές ιδιαιτερότητες (Lea Marie Heidebreder, 2019). Σημαντικό αντίκτυπο φαίνεται επίσης να έχουν εργαστήρια που στόχο έχουν να δώσουν στο κοινό να καταλάβει την αξία του πλαστικού σαν πρώτη ύλη. Οι Vones et al. το 2018, παρουσίασαν μια διαφορετική προσέγγιση, με σκοπό να δώσουν

στον κόσμο να καταλάβει την αξία επαναχρησιμοποίησης του πλαστικού, οργανώνοντας δράσεις καθαρισμού παραλίας, ακολουθούμενες από εργαστήριο τρισδιάστατης εκτύπωσης, με χρήση των απορριμμάτων που μόλις είχαν συλλεχθεί (Katharina Vones, 2018). Αρκετά συγγενική βέβαια είναι και η δραστηριοποίηση στην οποία θα αναφερθούμε και που προτείνεται στον κυρίως κορμό αυτής της μελέτης.

Καταλήγοντας, πλέον είναι προφανές ότι ο κόσμος στον οποίο γεννιόμαστε την παρούσα εποχή είναι γεμάτος από συνθετική ύλη, παραγόμενη από ανθρώπινη δραστηριότητα. Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι γεννιόμαστε σε ένα τεχνητό περιβάλλον, όπου απόριες της τεχνολογίας του ανθρώπου έχουν εισχωρήσει σε κάθε άκρη του. Η αρνητική πλευρά της δημιουργικότητας του homo sapiens πάντα υπήρχε, απλά πλέον ο αντίκτυπός της είναι ιδιαίτερα μεγάλος και για τον ίδιο και για το φυσικό περιβάλλον. Το πρόβλημα χρήζει τόσο άμεσης δραστηριοποίησης, που κρίνεται σκόπιμο οι άνθρωποι να μορφωθούν και να εμπλακούν μέσω κοινωνικών δομών στην καθημερινότητά τους. Να έρθουν αντιμέτωποι με αυτό σε πρώτο πρόσωπο, προκειμένου να αντιληφθούν τη σημασία του και μέσω λειτουργικών συστημάτων να γίνουν μέρος της λύσης.

3 “Precious plastic” – μία μελέτη περίπτωσης

Το 2013, ο Dave Hakkens αποφοίτησε από την σχεδιαστική ακαδημία της Αϊντχόβεν. Για τη διπλωματική του εργασία έκανε δύο πρότζεκτ, και τα δύο βασισμένα στο πρόβλημα της κουλτούρας της υπερπαραγωγής και του μεγάλου όγκου σκουπιδιών που αυτή παράγει. Για το ένα σχεδίασε ένα modular smartphone, το οποίο ονόμασε phonebloks, ενώ για το δεύτερο σχεδίασε μια σειρά μηχανημάτων ανακύκλωσης πλαστικού, ήπιας τεχνολογίας, τα οποία μάλιστα και κατασκεύασε. Το όνομά αυτού του project ήταν precious plastic (Hakkens, Precious Plastic V1.0- at work, 2013).

Για να επικοινωνήσει τις ιδέες του, έφτιαξε μικρά βίντεο, τα οποία ανέβασε στο youtube. Με αυτόν τον τρόπο κατάφερε να έχει απήχηση σε αρκετά μεγάλο κοινό από όλη την υφήλιο. Πολύ σύντομα και τα δύο του project είχαν επιτυχίες, με το phoneblocks, έπειτα από το ενδιαφέρον του κόσμου να κινεί και το ενδιαφέρον μεγάλων εταιριών και το precious plastic να παίρνει διάφορα βραβεία. Ενώ το phoneblocks άρχισε να δουλεύεται από μεγάλες εταιρείες, λόγω και της φύσης του περιέχοντας εξαρτήματα υψηλής τεχνολογίας, το precious plastic, σιγά σιγά άρχισε να παίρνει διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Τα μηχανήματα που προτείνονται στο precious plastic, προέρχονται από μία DIY κουλτούρα, που έχει στόχο να δίνει στον καθένα με μεράκι τα απαραίτητα εφόδια για να τα κατασκευάσει. Αναγνωρίζοντας σιγά σιγά την δύναμη του project του και την καινοτομία που έχει εισάγει, δίνοντας στον κόσμο εργαλεία για να επεξεργαστεί σε επίπεδο χειροτεχνίας, μια πρώτη ύλη, που οι προηγούμενες γενιές μας κληροδότησαν σε αφθονία και που η σημερινή βιομηχανία συνεχίζει να παράγει με αυξανόμενους ρυθμούς και η οποία έχει δημιουργήσει και συνεχίζει να δημιουργεί τεράστιο περιβαλλοντολογικό πρόβλημα στον πλανήτη, ο Hakkens ξεκίνησε να προσδίδει στοιχεία κοινωνικής καινοτομίας στη δουλειά του. Τον Δεκέμβριο του 2014, αποφασίζει να πληρώσει, με ένα βραβείο 10.000 ευρώ που έχει κερδίσει, κάποιον μηχανικό ο οποίος θα τον βοηθήσει να εξελίξει τα μηχανήματα που έφτιαξε, με σκοπό να γίνουν οι απαραίτητες βελτιώσεις που χρειάζονται σε αυτά και εφαρμόζοντας την λογική της κουλτούρας του ανοιχτού κώδικα (open source), να δημοσιεύσει τα τεχνικά σχέδιά τους στο διαδίκτυο ελεύθερα, έτσι ώστε καθένας να μπορεί να τα αντιγράψει και να τα βελτιώσει και να χτιστεί μία παγκόσμια κοινότητα γύρω από την ανακύκλωση πλαστικού μικρής κλίμακας (Hakkens, €10.000 for open source development, 2014).

Τον Μάρτιο του 2016, ξεκινάει και δημοσιεύει μια σειρά από βίντεο (Precious_Plastic, Precious Plastic - Introduction #preciousplastic (part 1), 2016), στα οποία, έχοντας πλέον κάνει την αναφορά στο πρόβλημα, το οποίο βέβαια είναι ευρέως γνωστό και προβληματίζει παγκόσμια πολλούς ανθρώπους, εξηγεί βήμα βήμα τους τρόπους και τα εργαλεία που προτείνει, συμπεριλαμβανομένων οδηγιών αναγνώρισης και διαχωρισμού μεταξύ των ειδών πλαστικού, τεχνικών οδηγιών κατασκευής των βελτιωμένων εργαλείων, τα οποία ανέπτυξε το προηγούμενο χρονικό διάστημα με δύο μηχανικούς στο εργαστήριό του, τον Kees και τον Taco, συμβουλές για τη συλλογή πλαστικών “απορριμμάτων” τα οποία θα λειτουργήσουν σαν πρώτη ύλη, αλλά και δείγματα προϊόντων που παρήγαγε με την ομάδα του. Επιπλέον πολύ σημαντικό στο project είναι το στοιχείο της ενεργής κοινότητας που βρίσκεται διαρκώς σε αλληλεπίδραση, έχοντας σαν βασικό εργαλείο την ιστοσελίδα που εξέλιξε πλέον ο Mattia Bernini, ένας Ιταλός σχεδιαστής και συνεργάτης του Hakkens (Precious_Plastic, Precious Plastic - The Story Behind, 2017).

Έχοντας δώσει πλέον αυτά τα εργαλεία και την έμπνευση στον κόσμο, ξεκινάει και αναπτύσσεται μία παγκόσμια κοινότητα γύρω από το project, με ενεργή συμμετοχή στην δημιουργία μηχανημάτων, εργαστηρίων, προϊόντων από ανακυκλωμένο πλαστικό, συζητήσεις στο forum για διάφορα θέματα, όπως σχετικά με τεχνικά θέματα βελτιώσεων των μηχανημάτων, καλουπιών, αλλά και εμπειριών από όλο τον κόσμο. Με έντονο ενθουσιασμό, τα μέλη της κοινότητας τρέχουν αυτά τα νέα εργαστήρια αλλά και πολύ μεγάλος αριθμός ανθρώπων δείχνει ενδιαφέρον για να ξεκινήσει. Έχοντας τρέξει αυτό το πρότζεκτ για δύο χρόνια και δημοσιεύοντας όλα τα ευρήματα ανοιχτά στην κοινότητα, με σκοπό να υπάρξει σχετική γνώση και ενδιαφέρον και να εξελιχθεί πιο γρήγορα το όλο κίνημα ανακύκλωσης πλαστικού μικρής κλίμακας που προτείνει, ξεκινάει να ζητάει δωρεές για να υποστηριχθεί ο ίδιος με την κεντρική ομάδα ανάπτυξης του πρότζεκτ που έχει αναπτυχθεί και να μπορέσει να συνεχίσει να δουλεύει με την ίδια λογική.

Με την 2^η έκδοση του **precious plastic** λοιπόν, Ο Hakkens έχει συνδυάσει με πολύ ωραίο τρόπο διάφορες προοδευτικές πρακτικές με σύγχρονα εργαλεία και έχει καταφέρει να συνθέσει μια κοινότητα, η οποία με γρήγορους ρυθμούς θα ξεκινήσει να εξελίσσεται. Ο λόγος αυτής της εξέλιξης είναι ότι σε αυτή την κοινότητα έχει φωνή ο καθένας και η καθεμία, κεντρικό συνδετικό στοιχείο είναι ένα οικουμενικό πρόβλημα, το οποίο έχει παγκόσμια αναγνώριση, το πρόβλημα του πλαστικού και η λύση που προτείνει έχει στοιχεία αποκεντροποίησης και ανθρωποκεντρικότητας, αφού άνθρωποι χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις μπορούν να ακολουθήσουν το αρχικό μοντέλο, τροποποιώντας το με βάση τις ιδιαιτερότητες και τις ανάγκες τους. Επίσης μπορούν να γίνουν ενεργά μέλη της κοινότητας, της οποίας οι περισσότεροι αναγνωρίζουν την αξία και το κάνουν, αλλά δε δεσμεύονται από συγκεκριμένους κανόνες. Αυτή η ελευθερία επιλογών είναι βασικό χαρακτηριστικό, το οποίο βοηθάει την κοινότητα να εξελιχθεί. Στις παραδοσιακές μορφές κοινότητας οι συμμετέχοντες έχουν συνήθως αρκετές δεσμεύσεις, αλλά σε μια τέτοιου τύπου ανοιχτή κοινότητα, μπορεί καθένας να συμμετέχει και να δεσμεύεται ανάλογα με τις δυνατότητες και επιθυμίες του. Κάποιος μπορεί να φτιάξει ένα δικό του εργαστήριο, το οποίο μπορεί ακόμα και να είναι για προσωπική του χρήση (αν και σπάνια μένει μόνο σε προσωπικό επίπεδο) ή μπορεί και να συμμετέχει πιο ενεργά στην κοινότητα με περισσότερες δεσμεύσεις, κάτι το οποίο στην ουσία θα εμφανιστεί περισσότερο στην επόμενη έκδοση του εγχειρήματος, την έκδοση 3.

Έχοντας δει λοιπόν την εξέλιξη του εγχειρήματος, το πόσο αγκαλιάστηκε από τον κόσμο, αλλά και το πόσοι ακόμα θέλουν να ξεκινήσουν να δουλεύουν πάνω σε αυτό, τον Φεβρουάριο του 2017, αναγγέλλει το ξεκίνημα ενός σχεδίου για να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο το κίνημα (Precious_Plastic, Make plastic recycling go bananas 🍌 🍌 🍌, 2017). Στο κάλεσμα αναφέρει ότι θα δημιουργηθούν νέα προϊόντα και θα δημοσιευτούν βίντεο με τον τρόπο δημιουργίας τους, θα αναπτύξουν την ψηφιακή πλατφόρμα ώστε να επιτρέψουν στην συνεργασία να γίνεται καλύτερα, θα παρέχουν starter kits ώστε να κάνουν την κατασκευή μηχανημάτων ακόμα ευκολότερη και θα δημιουργήσουν επιχειρηματικά σχέδια, ώστε οι άνθρωποι να μπορούν να χρησιμοποιήσουν σκουπίδια από πλαστικό για να βγάλουν έσοδα. Όλα αυτά θέλουν να τα δημοσιεύσουν στο διαδίκτυο δωρεάν, συνεχίζοντας να ακολουθούν την λογική του ελεύθερου ανοιχτού κώδικα, πιστεύοντας ότι θα βοηθήσουν την ανακύκλωση πλαστικού σε παγκόσμιο επίπεδο ακόμα περισσότερο. Αναγνωρίζοντας ότι το πρόβλημα σε παγκόσμια κλίμακα είναι τεράστιο, αντιλαμβάνονται την ανάγκη ανάπτυξης σε επίπεδο ανθρώπινης προσωπικής συμβολής και χρηματικής υποστήριξης για να προχωρήσουν και ζητούν μέσω της ιστοσελίδας αυτήν την υποστήριξη. Πολύ σύντομα θα χρησιμοποιήσουν και ένα πρωτοεμφανιζόμενο τότε εργαλείο οικονομικής υποστήριξης, το Patreon, όπου, μέσω αυτού θα μπορούν να υποστηρίζονται σε μηνιαίο επίπεδο από δωρεές ιδιωτών. Η ιδέα είναι ότι δε θέλουν το εγχείρημα να στηρίζεται σε κανέναν επενδυτή ή κυβερνητικές επιχορηγήσεις,

αλλά το εγχείρημα να είναι φτιαγμένο από τα κάτω. Για τον κόσμο, από τον κόσμο (Precious_Plastic, We're on Patreon!!, 2017).

Ανταποκρίνονται λοιπόν στο παραπάνω κάλεσμα διάφοροι άνθρωποι κυρίως από χώρες της Ευρώπης και μαζεύεται μια ομάδα 12 ατόμων στο εργαστήριο του Hakkens, στο Helmond της Ολλανδίας, όπου και δουλεύουν εθελοντικά πάνω στο εγχείρημα. Παράλληλα ανταποκρίνονται περίπου 200 άνθρωποι υποστηρίζοντας οικονομικά το εγχείρημα μέσω δωρεών. Έτσι τον Οκτώβριο του 2017 δημοσιεύεται η **3η έκδοση του precious plastic**. Σε αυτήν την έκδοση εισάγεται περισσότερο η αξία της κοινοτικής έννοιας που χρειάζεται για τη λειτουργία ενός μικρού εργαστηρίου ανακύκλωσης. Η διαδικασία είναι χρονοβόρα και εκτός από την χρήση των μηχανημάτων, εμπεριέχει την εγκαθίδρυση ρουτινών, από τη συλλογή, τη διαλογή, τη θρυμματοποίηση μέχρι τελικά να φτιάξεις κάποιο προϊόν, όπως λένε χαρακτηριστικά (Precious_Plastic, Precious Plastic 3 - Fully explained, 2017). Πέρα από αυτό δημοσιεύουν μια τυποποιημένη έκδοση εργαστηρίου, φτιαγμένη μέσα σε ένα shipping container, θέλοντας να δώσουν ένα δείγμα του πως μπορεί να χωροθετηθεί ένα εργαστήριο μέσα σε ένα module που μπορείς εύκολα να βρεις οπουδήποτε στον κόσμο. Επίσης δημιούργησαν έναν χάρτη, στον οποίο όλα τα μέλη δηλώνουν τη θέση τους, αλλά και άνθρωποι που θέλουν να ξεκινήσουν δηλώνουν το ενδιαφέρον τους, ώστε να μπορούν να συναντιούνται και να ξεκινούν το εγχείρημα τοπικά. Μεγάλο μέρος του χρόνου το αφιέρωσαν στην ανάπτυξη τεχνικών παραγωγής και επεξεργασίας προϊόντων από ανακυκλώσιμο πλαστικό, δημοσιεύοντας τα ευρήματα της έρευνάς τους ελεύθερα στο διαδίκτυο και την κοινότητα. Επίσης έφτιαξαν έναν χώρο στην σελίδα, όπου μέλη της κοινότητας πλέον μπορούν να ανεβάσουν τα δικά τους βίντεο με οδηγίες, βασισμένα πάνω στη δική τους έρευνα, θέλοντας να αποκεντροποιήσουν την έρευνα από την κεντρική ομάδα και να ενεργοποιήσουν περισσότερο την κοινότητα. Επίσης έφτιαξαν στη σελίδα ένα bazaar, όπου μέλη της κοινότητας μπορούν να πουλήσουν και να αγοράσουν σχετικά προϊόντα, είτε αυτά είναι προϊόντα φτιαγμένα από ανακυκλωμένο πλαστικό, είτε είναι θρυμματισμένο πλαστικό, είτε είναι μηχανήματα, είτε είναι καλούπια. Επίσης δημοσίευσαν βελτιώσεις για τα μηχανήματα, αλλά και τα οικονομικά στοιχεία του εγχειρήματος, τα έσοδα από τις δωρεές και τα έξοδα.

Παράλληλα από τον Φεβρουάριο του 2017, ο Hakkens έχει ξεκινήσει να κάνει μηνιαία μικρά βίντεο σχετικά με τα νέα του εγχειρήματος (Precious_Plastic, Monthly news #1 - super rough, super quick, 2017), θέλοντας να δώσει περισσότερη διαφάνεια σε αυτό το εγχείρημα ανοιχτού κώδικα και να ενημερώνει τα μέλη της κοινότητας σχετικά με τις τελευταίες εξελίξεις. Αυτά τα βίντεο συνεχίζουν και εκδίδονται μέχρι και σήμερα και μέσα τους μπορεί να δει κανείς βελτιώσεις εργαλείων, νέα προϊόντα και οτιδήποτε άλλο συμβαίνει στο σύμπαν του precious plastic, είτε απ' την κεντρική ομάδα, είτε από την κοινότητα.

Τον Μάιο του 2018, θέλοντας να μειώσει το οικολογικό του αποτύπωμα, ο Hakkens οραματίζεται να φτιάξει μια οικοκοινότητα, με ανθρώπους της ήδη στημένης ψηφιακής κοινότητας και χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του ανοιχτού κώδικα που έχει μάθει να χειρίζεται από τα προηγούμενα εγχειρήματα, να δημοσιεύει την πρόοδο στο διαδίκτυο, στην καινούρια σχετική ιστοσελίδα που φτιάχνει (<https://projectkamp.com/>, 2018). Τον Αύγουστο του 2018, έχοντας λάβει ένα μεγαλύτερο βραβείο της τάξης των 300.000 ευρώ και έχοντας παραχωρηθεί ένας τεράστιος χώρος δωρεάν στο κέντρο της Αϊντχόβεν, η κεντρική ομάδα κάνει το κάλεσμα για τη δουλειά πάνω στην 4^η έκδοση του precious plastic, θέλοντας να ωθήσουν το κίνημα ακόμα παραπέρα. Ο τίτλος του βίντεο καλέσματος: Δημιουργούμε έναν στρατό για να ξεκινήσουμε την 4^η έκδοση! (και να πολεμήσουμε τα πλαστικά απορρίμματα) (Precious_Plastic, We're creating an army to start Precious Plastic V4!, 2018). Τον Μάρτιο του 2019, ανακοινώνουν τη δημιουργία μιας διαδικτυακής πλατφόρμας που έχει σκοπό "να αναπτύξει μια δυνατή κοινότητα, η οποία θα αναπτύσσει εγχειρήματα" στα πλαίσια και πάλι του ανοιχτού κώδικα. Αυτή η

πλατφόρμα έχει σκοπό να βοηθήσει ως εργαλείο συνάντησης τόσο διαδικτυακά, όσο και στην πραγματική ζωή (One_army, ONE ARMY, 2019).

Τον Ιανουάριο του 2020, μετά από έναν χρόνο δουλειάς, με τη συμμετοχή 100 εθελοντών, δημοσιεύεται η **4^η έκδοση του Precious Plastic**. Στο βίντεο της δημοσίευσης (One_army, Precious Plastic 4 - Fully explained, 2020), αναφέρεται ότι ενώ έχουν φτιαχτεί 400 εργαστήρια σε όλον τον κόσμο, συνήθως χρησιμοποιούνται τα μηχανήματα για εκπαιδευτικούς λόγους. Για να δείξουν στον κόσμο τι είναι δυνατόν να παραχθεί από πεταμένα πλαστικά και την αξία του υλικού. Παρ' όλα αυτά αναφέρεται ότι υπάρχει δυσκολία στο να αυξηθούν οι ρυθμοί και οι δυνατότητες παραγωγής των εργαστηρίων ώστε να γίνουν πιο βιώσιμα επιχειρηματικά, καθώς και ότι δεν έχουν παραχθεί από την κοινότητα επαρκή επιχειρηματικά πλάνα, τα οποία να μοιράζονται ελεύθερα σαν βασικά μοντέλα/παραδείγματα. Βλέποντας λοιπόν και το αυξανόμενο ενδιαφέρον του κόσμου να ασχοληθεί με τα εργαστήρια ανακύκλωσης, ασχολήθηκαν με την 4^η έκδοση. Το πρώτο πράγμα που προτείνεται σε αυτήν την έκδοση είναι η εξειδίκευση, η δημιουργία ειδικών εργαστηρίων σε διαφορετικούς συγκεκριμένους τομείς, σε αντίθεση με τα μέχρι πρότινος "γενικά" εργαστήρια. Για παράδειγμα, κάποιο εργαστήριο να ασχολείται μόνο με την συλλογή απορριμμάτων, κάποιο άλλο με την θρυμματοποίηση και κάποιο άλλο με την παραγωγή, με τη χρήση μόνο ενός εργαλείου. Και όλα αυτά τα εργαστήρια να συνεργάζονται μεταξύ τους, έτσι ώστε μέσω της εξειδίκευσης, να μπορέσει να αυξηθεί η παραγωγικότητα. Γι' αυτό το λόγο δημιούργησαν σχετικά starter kits, τα οποία περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για να δημιουργήσεις τον χώρο που σε ενδιαφέρει. Σε αυτή την κατεύθυνση η ομάδα δούλεψε στον σχεδιασμό βελτιωμένων μηχανημάτων: ημιβιομηχανικής πλέον κλίμακας, δίνοντας σε αυτά τις απαραίτητες μεγαλύτερες δυνατότητες, φτιάχνοντας έναν δυνατότερο shredder, ένα δυνατότερο extruder, αλλά και ένα μηχάνημα παραγωγής φύλλων πλαστικού. Επίσης η έρευνα συνεχίστηκε στο είδος προϊόντων, παράγοντας πλέον πρώτες ύλες, όπως μεγάλα φύλλα πλαστικού ή δοκάρια, προϊόντα μεγαλύτερης κλίμακας, όπως έπιπλα, αλλά και προϊόντα που συνδυάζουν πλαστικό με άλλα υλικά όπως ξύλο, φτιάχνοντας παγκάκια ή domes. Επίσης έφτιαξαν πλαστικά τούβλα πραγματικής κλίμακας, πρίζες και διακόπτες σαν ένα παράδειγμα δυνατοτήτων που μπορεί να έχει η διαδικασία ανακύκλωσης πλαστικού, αλλά και ένα καλούπι παραγωγής carabiner, το οποίο παράγει 6 αντίτυπα με μία έγχυση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολύ ωραία σε events.

Επίσης στην 4^η έκδοση έφτιαξαν κάποια επιχειρηματικά εργαλεία, ώστε να βοηθήσουν τον κόσμο να στήσει την επιχείρησή του πάνω στην ανακύκλωση πλαστικού. Έφτιαξαν λοιπόν ένα σχέδιο δράσης, σε μορφή εντύπου, στο οποίο οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να συμπληρώσουν τα δεδομένα τους ώστε να μπορέσουν να βοηθηθούν για το τι αυτοί χρειάζονται, ένα έγγραφο excel το οποίο έχει σκοπό να βοηθήσει στην κατανόηση των μελλοντικών εσόδων εξόδων της επιχείρησης, και ένα business plan template, όπου παίρνοντάς τις πληροφορίες των δύο προηγούμενων, μπορείς να συγκεντρώσεις πλέον και να στήσεις καλύτερα ένα πλήρες επιχειρηματικό πλάνο. Επίσης έφτιαξαν κάποια παραδείγματα με τα παραπάνω επιχειρηματικά εργαλεία (One_army, Precious Plastic 4 - Fully explained, 2020).

Επιπρόσθετα, βελτίωσαν τα ψηφιακά εργαλεία της κοινότητας, διαχωρίζοντας τα μέσα στα οποία θα καταγράφονται οι πληροφορίες που θα μένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, από τα εργαλεία σύντομης επικοινωνίας, όπως τα chat, αλλά και δημιούργησαν μια κατηγορία στην ιστοσελίδα της κοινότητας, το how to's, όπου θα μπορεί ο καθένας να ανεβάζει tutorials και να εκπαιδεύει την υπόλοιπη κοινότητα. Άλλαξαν το εργαλείο του χάρτη ώστε να εναρμονίζεται με το όραμα της 4^{ης} έκδοσης, καθώς και τα προφίλ των χρηστών, συγκέντρωσαν όλες τις γνώσεις σε ένα μέρος, όπου θα υπάρχουν περισσότερες λεπτομέρειες, ίδρυσαν την ακαδημία και έφτιαξαν μια σελίδα όπου θα ανακοινώνονται όλα τα events

σχετικά με το precious plastic από όλη τη παγκόσμια κοινότητα. Όλα αυτά τα εργαλεία πλέον, είναι μέρος αυτού που ονομάζουν precious plastic universe (One_army, Precious Plastic 4 - Fully explained, 2020).

Επίσης ξεκίνησαν έρευνες σχετικά με την πιο αυτοματοποιημένη διαλογή ειδών πλαστικού χρησιμοποιώντας ένα ρομποτικό χέρι αλλά και με την χρήση εναλλακτικών βιοδιασπώμενων φυσικών υλικών, ώστε να μπορέσουν να αντικατασταθούν τα πλαστικά μιας χρήσης.

Όλα τα παραπάνω και πάλι έγιναν με τη δουλειά εθελοντών και τα χρήματα του βραβείου και των δωρεών να υποστηρίζουν μόνο τις βασικές βιοτικές ανάγκες των ανθρώπων (γεύματα και στέγαση) και το μεγαλύτερο μέρος να πηγαίνει στην έρευνα. Επίσης όλα τα σχεδιαγράμματα και το υλικό που παρήχθη δόθηκαν ελεύθερα στο ίντερνετ και στην κοινότητα.

3.1 Ο άνθρωπος στο επίκεντρο μέσω της diy προσέγγισης

Όπως είδαμε, το εγχείρημα “precious plastic” ενσωματώνει κάποια πολύ ενδιαφέροντα και αξιόλογα καινοτόμα χαρακτηριστικά. Πρώτον, μέσω του έχει εμπεριστατωθεί η “πλαστικοποιία” σαν μια τέχνη αντίστοιχη με την ξυλουργική ή την μεταλλοτεχνία, δίνοντας τα εργαλεία και την γνώση σε ανεξάρτητους τεχνίτες να παράγουν αντικείμενα στα δικά τους εργαστήρια. Δεύτερον και ίσως σπουδαιότερο, είναι ο λόγος για τον οποίο ξεκίνησε, εξελίχθηκε και συνεχίζει να εξελίσσεται το εγχείρημα, που είναι για να δώσει μια λύση στο τεράστιο περιβαλλοντικό πρόβλημα που έχει δημιουργηθεί από τη σχέση του ανθρώπου με το πλαστικό. Τρίτον, τα μέσα και εργαλεία που χρησιμοποιεί το εγχείρημα για να επικοινωνείται και να εξελίσσεται, διαχέονται από στοιχεία κοινωνικής καινοτομίας, με μηχανισμούς φτιαγμένους από την ίδια την κοινότητα που προωθούν την εμπιστοσύνη, τη συνεργασία, τον διαμοιρασμό και επικερδείς σχέσεις (Maíra Prestes Joly, 2013).

Επιπλέον παρατηρούμε ότι το όλο εγχείρημα διαπνέεται από την τετραπλή τελική γραμμή της αειφορίας, αφού κατά κάποιον τρόπο έρχεται να αντικαταστήσει το προηγούμενο μοντερνιστικό μοντέλο κεντροποιημένης ανακύκλωσης, όπου βασικός πυλώνας του είναι ο οικονομικός και ο πρακτικός. Πλέον ο οικονομικός άξονας, στο precious plastic γίνεται απλά το μέσο της διαδικασίας, με πολλές φορές μάλιστα να υπάρχουν δυσκολίες σε αυτόν, ενώ έχει προστεθεί και πάρει ιδιαίτερη αξία ένας άξονας που δεν υπήρχε στο μοντερνιστικό μοντέλο, αυτός του προσωπικού νοήματος. Πραγματοποιείται σε κάποιο βαθμό το αίσθημα της αυτοεκπλήρωσης, αφού ο συμμετέχων βιώνει μέσα από τη διαδικασία, ότι μπορεί να υπάρξει μια “άλλη”, καλύτερη πραγματικότητα, όπου μέσα από την αυτοοργάνωση και τη συλλογική προσπάθεια να συμμετέχει σε κοινωνικοπρακτικές λύσεις.

Έμφαση μέσα στο εγχείρημα συνεχίζει να δίνεται στην συνειδητοποίηση και εγρήγορση του κόσμου, αντίστοιχα με τις θεσμικές κυβερνητικές καμπάνιες, αλλά πλέον και λόγω ίσως μιας βαθύτερης γνώσης που υπάρχει, ότι οι “από τα πάνω” θεσμοί δεν πρόκειται να ασχοληθούν πραγματικά με τη λύση, σε μια οικονομία η οποία είναι καθοδηγούμενη από την παραγωγή κέρδους, αδιαφορώντας για τις όποιες περαιτέρω συνέπειες, αλλά και λόγω μιας diy νοοτροπίας, η οποία τοποθετεί τον άνθρωπο στο επίκεντρο της διαδικασίας, υπάρχει ένα μεγαλύτερο και διαφορετικής ποιότητας, ενδιαφέρον από μέρους του πληθυσμού. Ευκαιρία είναι λοιπόν να “εκμεταλλευτούμε” όλα τα θετικά αυτού του εγχειρήματος, και να προσπαθήσουμε να προχωρήσουμε ένα βήμα παραπέρα την διάσταση και εμβέλεια του, στοχεύοντας στη βάση του πληθυσμού.

4 Φέρνοντας την αλλαγή συμπεριφοράς στην βάση του πληθυσμού

4.1 Η δύναμη της βιωματικής διδασκαλίας

«Η εκπαίδευση είναι από την εμπειρία, για την εμπειρία και μέσω της εμπειρίας» (Dewey J. , Εμπειρία και Εκπαίδευση, 1980)

Παραφράζοντας τη γνωστή ρήση του Λίνκολν, ο J. Dewey, καθηγητής φιλοσοφίας στο πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν και βασικός εκπρόσωπος της βιωματικής μάθησης στην Αμερική, ήδη από το 1938 τόνισε τη σχέση ανάμεσα στην εκπαίδευση και την εμπειρία, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο ότι κάθε γνήσια μορφή εκπαίδευσης φύεται μέσα από την ίδια την εμπειρία.

Βέβαια βλέπουμε να τονίζεται η αξία της εμπειρίας στη μάθηση ήδη από κείμενα της αρχαιότητας, όπως στο “*Ηθικά Νικομάχεια*” που έγραψε περί το 350 Π.Χ. ο Αριστοτέλης. Η βιωματική εμπειρία στην εκπαίδευση μέσω της εργασίας, υποστηρίχθηκε από τους Μαρξ και Ένγκελς (Μαρξ Κ., 1982), ενώ αργότερα αναπτύχθηκε από τους Kerschenstreiner και Guiding μέσω του σχολείου εργασίας, όπου τονίστηκε η δράση τόσο εντός όσο και εκτός του σχολείου και μέσα στην κοινωνία, αλλά και η ανάπτυξη κινήτρων και η παιδαγωγική σπουδαιότητα της εμπλοκής των χεριών στη γνωστική ανάπτυξη (Kerschensteiner, 2013) (Rohrs, 1993). Τα προηγούμενα υποστήριξε και ο σοβιετικός Makarenko, τονίζοντας τη σπουδαιότητα του ρόλου εργασίας στη μετατροπή του εκπαιδευόμενου από αντικείμενο σε υποκείμενο της παιδαγωγικής επενέργειας. Εντωμεταξύ ο Dewey έχει δουλέψει σε πρακτικές βιωματικής μάθησης στο Σχολείο – Εργαστήριο. Ο Dewey αναγνώριζε το σχολείο σαν μια μικρή κοινωνία και γι’ αυτό υποστήριζε την κοινοτική οργάνωση στη σχολική ζωή, όπου θα κυριαρχεί πνεύμα συνεργασίας και αλληλοβοήθειας. Ένα παιδοκεντρικό σχολείο υποστήριξαν και οι Montessori και Decroly, επισημαίνοντας τη σημασία των ενδιαφερόντων των μαθητών και την αναγκαιότητα εμπλοκής τους στον εκπαιδευτικό προγραμματισμό των δράσεων (Deraere, 2003) (Ματσαγγούρας, 1995) (Αγγελική Μπαστέα, 2016).

Η βιωματική μάθηση, ως μια αρθρωτή εκπαιδευτική προσέγγιση, ξεκίνησε από τη δεκαετία του 1970 με τη συμβολή του David Kolb, ο οποίος ολοκλήρωσε τη σύγχρονη θεωρία της βιωματικής μάθησης, αντλώντας στοιχεία από το έργο του John Dewey, του Kurt Lewin και του Jean Piaget (Kolb et al. 2000), (Αγγελική Μπαστέα, 2016) οι οποίοι, μαζί με τον Vygotsky, υπήρξαν θεμελιωτές της βιωματικής θεωρίας μάθησης. Ο Lewin εστίασε στη δυναμική των ομάδων και στην υποκειμενική μάθηση μέσω της εμπειρίας. Ο Piaget διακήρυξε ότι ο νους μετασχηματίζει και δεν καταγράφει απλώς τις εμπειρίες, και ότι συνεπώς, η μάθηση είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του ατόμου και του περιβάλλοντος. Ο Vygotsky ανέδειξε τον ρόλο της ομάδας στη διαμόρφωση της ατομικής άποψης (Kolb et al. 2000) (Αγγελική Μπαστέα, 2016).

Στον χώρο της εκπαίδευσης, παιδαγωγοί και ερευνητές, με τον όρο βιωματική μάθηση εννοούν την οργάνωση της μαθησιακής διαδικασίας με βάση το «*learning by doing*», δηλαδή την ενεργό συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες όπως είναι η έρευνα, η παρατήρηση και οι συνεντεύξεις. Στο φάσμα αυτής της αντίληψης, η βιωματική μάθηση στηρίζεται στη διερευνητική μάθηση, στη μέθοδο επίλυσης προβλημάτων και ειδικά στη μέθοδο project (Katz, 1994) (Καρακώστα, 2016).

Η παιδαγωγική της μεθόδου πρότζεκτ κατέχει κεντρική θέση στη βιωματική εκπαίδευση. Όπως αναφέρουν οι Bertrand & Valois (Bertrand, 2000), στόχος του σχολείου είναι η μάθηση διά της πράξης ή όπως ονομάζεται σήμερα η μέθοδος σχεδίου δράσης (project). Μέσα από τη συνεργασία και την ενεργή και συμμετοχική διάδραση, οι μαθητές επεξεργάζονται θέματα μέσα από τη ζωή και τα ενδιαφέροντά τους και εμπλέκονται σε δραστηριότητες οι οποίες τους βοηθούν να ανακαλύψουν τη γνώση και να αποκτήσουν δεξιότητες, στάσεις, συμπεριφορές και αξίες. Κατά τον Piaget (1896-1980), η μάθηση με πρότζεκτ συντελεί στην ανάπτυξη των γνωστικών και των ψυχοκοινωνικών δεξιοτήτων του μαθητή. Συγκεκριμένα, το πρότζεκτ αποτελείται από ένα σύνολο δραστηριοτήτων (tâches / tasks) όπου οι μαθητές αναλαμβάνουν ενεργούς ρόλους ανάλογα με τις ικανότητες και τα ενδιαφέροντά τους. Πραγματεύονται σύγχρονα κοινωνικά θέματα και οικολογικά ζητήματα και ευαισθητοποιούνται στην «ανθρώπινη συνθήκη» την οποία ο Εντγκάρ Μορέν θεωρεί από τις βασικές παραμέτρους της εκπαίδευσης, ενώ επίσης θεωρεί επιτακτική ανάγκη τη σύνδεση της γνώσης με την κοινωνική πραγματικότητα (Μορέν, 2000,1999) (Λάχλου, 2015). Στην παιδαγωγική Φρενέ χρησιμοποιείται πολύ η μέθοδος project, ακολουθώντας τις σταθερές της, και η συν-εργασία έχει σκοπό να ξεπεράσει τα όρια της σχολικής τάξης και να αποτελέσει μια ενέργεια για την κοινότητα και το κοινωνικό σύνολο. Το σχολείο μέσα από τα project παράγει πολιτισμό για τη γειτονιά, την κοινότητα και την κοινωνία. (Λάχλου, 2015)

Σύγχρονα ευρήματα των Νευροεπιστημών μας επιβεβαιώνουν σήμερα την ανάγκη συμμετοχής των παιδιών σε βιωματικές πολυαισθητηριακές δραστηριότητες. Από τα αποτελέσματα ερευνών του εγκεφάλου με μαγνητικό τομογράφο fMRI, η πολυαισθητηριακή διδασκαλία έχει αποδεδειγμένα θετικά αποτελέσματα σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες, γιατί χρησιμοποιεί περισσότερες περιοχές του εγκεφάλου με το γνωστικό αντικείμενο που διδάσκεται (Bradford, 2008, Foxe, & Schroeder, 2005, James & Engelhardt, 2012, Μπαστέα, 2014) (Αγγελική Μπαστέα, 2016)

Η σχέση με τη γνώση, που ορίζει τη σχέση με τη μάθηση, είναι σχέση ενός υποκειμένου με τον κόσμο, με τον εαυτό του και με τους άλλους (Charlot, 1999). Στο πλαίσιο του κυρίαρχου εκπαιδευτικού συστήματος, οι μαθητές έχουν μάλλον λίγες ευκαιρίες, για να εκφράσουν τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τη ζωή, να επεξεργαστούν τις εμπειρίες τους, να καλλιεργήσουν την κριτική σκέψη, τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους. Τις περισσότερες φορές συνδέονται με τα γνωστικά αντικείμενα μέσω απομνημόνευσης και επαναληπτικής εξάσκησης. Η σχέση δηλαδή που καλλιεργείται με τη γνώση φαίνεται να είναι εξωτερική και μηχανική. (Δεδούλη, Βιωματική μάθηση - Δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης, 2001)

Το σχολείο, ως θεσμός και ευρύτερα το σύστημα διαπαιδαγώγησης των νέων, προβάλλει τη διαδικασία μετάδοσης γνώσεων ως αυτοσκοπό και την ίδια τη γνώση ως αυταξία. Σε γενικές γραμμές βλέπουμε ότι συνεχίζει να ισχύει αυτό που υποστήριξε μισό αιώνα πριν ο γάλλος παιδαγωγός Freinet, ότι δηλαδή το σχολείο δεν καλλιεργεί παρά μια αφηρημένη έννοια νοημοσύνης, που δρα έξω από τη ζώσα πραγματικότητα, με τον χειρισμό λέξεων και απομνημονευμένων ιδεών. Η εκπαίδευση όμως, δεν είναι προετοιμασία για τη ζωή, είναι η ίδια η ζωή (Dewey J. , Democracy and Education, 1916) (Dewey J. , Experience and education, 1938). Το σχολείο της απομνημόνευσης παραγνωρίζει το γεγονός ότι η αφομοίωση του πνευματικού πλούτου της ανθρωπότητας από την κάθε νέα γενιά συμβαδίζει με τη διαμόρφωση της κοσμοαντίληψής της, των σκοπών ζωής και των ιδεών της (Παυλίδης, Η συμβολή της παιδείας στην κοινωνική πρόοδο: μια αναφορά στις παιδαγωγικές απόψεις του ΑΣ Μακαρένκο, 1998) (Παυλίδης, Αναζητώντας τους σκοπούς της εκπαίδευσης. Για την επανεξέταση του ιδεώδους της αυτονομίας, 2006) (Αγγελική Μπαστέα, 2016).

Στο κλασικό δασκαλοκεντρικό μοντέλο διδασκαλίας, αντιτίθεται η βιωματική παιδαγωγική, μια ριζοσπαστική μορφή διδασκαλίας, η οποία συνενώνει τη θεωρητική γνώση με την πράξη, τον άνθρωπο με τη φύση, το εγώ με την κοινωνία. Η βιωματική μάθηση είναι μια εναλλακτική διδακτική μέθοδος, η οποία εισάγει τη διαδικασία κατάκτησης της γνώσης, μέσω της εμπειρίας. Ο μαθητής βγαίνει από τη σχολική αίθουσα και έρχεται σε άμεση επαφή με το αντικείμενο της μάθησης (Kolb, *Experiential Learning Theory and the Learning Style Inventor*, 1981) (Kolb, *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*, 1984) (Καμαρινού, 2000) (Αγγελική Μπαστέα, 2016)

Για ένα σχολείο λοιπόν, δεν μας ενδιαφέρει να προτείνουμε στους μαθητές του έναν κόσμο τοποθετημένο μέσα σε λέξεις, έναν κόσμο σε απόσταση, αλλά “μια σχέση με τον κόσμο ως σύνολο καταστάσεων και σχέσεων, μέσα στις οποίες εμπλέκεται ένα υποκείμενο ενσαρκωμένο, ενεργό, σύγχρονο, προικισμένο με συναισθήματα” όπως γράφει ο Charlot (ο.π., 122). Στον διδασκόμενο θα πρέπει να παρέχεται η γνώση ως ένα σύνολο βιωματικών μαθησιακών διαδικασιών, οι οποίες θα προάγουν την ενεργό συμμετοχή του μαθητή, την απελευθέρωση της δημιουργικότητάς του, την ανάληψη ρόλων, καθηκόντων και γενικά ευθύνης για την πορεία της μάθησής του, αλλά και την ποιοτική αναβάθμιση και ενίσχυση της κριτικής του σκέψης και συνειδητότητάς του. (Δεδούλη, *Βιωματική μάθηση - Δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης*, 2001)

Αναφέρονται πολλές περιπτώσεις και μορφές βιωματικών δραστηριοτήτων. Προσομοίωσης (Cash, 1983), παιχνίδι ρόλων, αφηγηματική ανασύνθεση, ταξίδια κατευθυνόμενης φαντασίας (Gordon), (Ξαναθάκου, 1998), δραματοποίηση (Ξεργή, 1987) (Peter, 1994) και άλλα (Δεδούλη, *Βιωματική μάθηση - Δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης*, 2001). Στην παρούσα έρευνα γίνεται αναφορά στη βιωματική μάθηση μέσω συμμετοχής των μαθητών σε δραστηριότητα άμεσης εμπειρίας, η οποία έχει ως στόχο να τους κεντρίσει το ενδιαφέρον μέσω δημιουργικών εργαστηριακών πρακτικών, δηλαδή δραστηριοτήτων άμεσης εμπειρίας και μέσα από αυτές σταδιακά οι μαθητές να έρχονται σε επαφή με μια προβληματική κατάσταση, η οποία υποβόσκει πίσω από την ύπαρξη και τον κύκλο ζωής του θέματος-υλικού. Επιπλέον οι μαθητές παροτρύνονται να εμπλακούν στον σχεδιασμό και την διεξαγωγή του τρόπου λειτουργίας του εργαστηρίου και να δημιουργήσουν εκπαιδευτικό υλικό αλλά και να συμμετάσχουν σε πρόγραμμα δράσης σε κοινοτικό επίπεδο (Charman, 1993) που επίσης είναι θετικό αν συσχεδιαστεί από τα ίδια.

Η βιωματική προσέγγιση στην εκπαίδευση εμπλέκει περισσότερες πλευρές του ατόμου, μέσα από μια πληθώρα έντονων συναισθημάτων, και πετυχαίνει ευκολότερα τον στόχο της οικειοποίησης του γνωστικού αντικειμένου, με αποτέλεσμα μια πιο βαθιά και με διάρκεια παραγόμενη γνώση και μια σταθερότερη καλλιέργεια της ατομικότητας. Στις βιωματικές δραστηριότητες οφείλουμε να δώσουμε προσοχή στην ισορροπία μεταξύ του δημιουργικού και του γνωστικού μέρους. Εκτός από ευχάριστη και ζωντανή, κάθε βιωματική δραστηριότητα οφείλει να βοηθά τους μαθητές να υπερβαίνουν την προσωπική τους εμπειρία και να δομούν μια «γνώση βάθους» για την πραγματικότητα που τους περιβάλλει (Κλεάνθους - Παπαδημητρίου, 1952)

Ο άνθρωπος έχει την φυσική τάση και προδιάθεση να επιθυμεί να μάθει αυτό που τον ενδιαφέρει, όταν έχει κίνητρο. Η γνώση δε μεταφέρεται, αλλά αποκτάται μέσα από τον μετασχηματισμό των εμπειριών και είναι πιο έντονη όσο τα κίνητρα είναι εσωτερικά (περιέργεια, ενδιαφέρον) και όχι εξωτερικά (βαθμοθηρία, έπαινος, αμοιβές χρηματικές) (Κατσαρού Ε., 2003). Ο σχεδιασμός των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων της βιωματικής μάθησης απαιτεί τη δέουσα προσοχή, για να είναι οι δραστηριότητες πιο αποτελεσματικές και να προσφέρουν στους εκπαιδευόμενους δυνατά βιώματα και χρήσιμες

εμπειρίες, οι οποίες πρέπει να συνοδεύονται από τον προσήκοντα αναστοχασμό που θα οδεύει σε νέα βιώματα και κατά συνέπεια σε έναν κύκλο μάθησης. Η βιωματική μάθηση έχει ως αναπόσπαστο στοιχείο της τον αναστοχασμό, ο οποίος διέρχεται τις ακόλουθες φάσεις : περιγράφουμε αυτό το οποίο συμβαίνει, αναγνωρίζουμε και παρατηρούμε αυτό που συμβαίνει, επανεξετάζουμε την κατάσταση και σχεδιάζουμε τη μελλοντική δράση (Τριλίβα Σ., 2008).

4.2 Συμπεριφορές και εκπαίδευση γύρω από την ανακύκλωση

Στρατηγικές που στοχεύουν στην αποδοτικότητα (όπως η ανακύκλωση), μπορούν να σώσουν πόρους εκ πρώτης όψεως, αλλά μπορεί τελικά να οδηγήσουν σε αλλαγές συμπεριφοράς με αυξημένη διάθεση κατανάλωσης και άρα αντίθετα από τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Επιπλέον οι τεχνικές προσεγγίσεις απαιτούν την αποδοχή του κόσμου, φέρνοντας έτσι επιπλέον παράγοντες στο τραπέζι. Οπότε, ενώ οι τεχνικές προσεγγίσεις είναι απαραίτητες, η εστίαση στην ανθρώπινη συμπεριφορά είναι επιτακτική για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα από μια πολυπαραγοντική προσέγγιση. Για να αναπτυχθούν αποτελεσματικές λύσεις, πληροφορίες σχετικά με τις αντιλήψεις, τις νοοτροπίες και τις συμπεριφορές σε σχέση με το πλαστικό, είναι απαραίτητες.

Από έρευνες έχει φανεί ότι ομάδες, οι οποίες είναι πιο εύκολα διατεθειμένες να υιοθετήσουν νοοτροπίες αλλαγής στη συμπεριφορά τους, σε σχέση με το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα των συνηθειών τους, είναι αυτή των ηλικιωμένων (Rafia Afroz, 2017), των νέων (Elgaaied-Gambier, 2014), καθώς και ανθρώπων υψηλότερου επιπέδου εκπαίδευσης (Patricia K. Madigele, 2017) (Rafia Afroz, 2017).

Ερευνητές (Jennifer Clapp, 2009) 'έδειξαν ότι κάποια "αντί-πλαστική" κανονικότητα πρώτα παρουσιάστηκε σε χώρες του νότου, οδηγούμενη από ταυτόχρονες, μη δικτυωμένες πρωτοβουλίες "από τα κάτω". Χαρακτηριστικά, αλλαγές σε "αντί-πλαστικές" κανονικότητες, συνήθως πάνε χέρι χέρι με δομικές αλλαγές. Οπότε, είναι συχνά δύσκολο να αποδοθούν συμπεριφορικές αλλαγές σε αλλαγμένες συνήθειες ή σε διευκόλυνση εξωτερικών συνθηκών, όπως φαίνεται στη μελέτη πάνω στους μετανάστες των Romero et al. (Cláudia Buhamra Abreu Romero, 2018)

Ενώ και η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση σαν πρακτικές μειώνουν τα πλαστικά απορρίμματα στο περιβάλλον, δεν είναι ικανές από μόνες τους να δώσουν λύση. Οπότε κρίνεται πολύ σημαντική η μείωση χρήσης και παραγωγής πλαστικών αντικειμένων γενικότερα. Και οι καταναλωτές, αλλά και η βιομηχανία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ζήτηση και την προμήθεια και υπάρχει αρκετή σχετική βιβλιογραφία σχετικά με συμπεριφορές μείωσης πλαστικού, οι οποίες κυρίως αναφέρονται σε παιδιά, εκπαιδευτικούς, αλλά και στο κοινό. (Lea Marie Heidebreder, 2019)

Εκπαιδευτικά προγράμματα για σχολεία αύξησαν και τις γνώσεις γύρω από τις αιτίες και επιπτώσεις των θαλάσσιων απορριμμάτων, αλλά και τις συμπεριφορικές προθέσεις των παιδιών (Bonny L Hartley, 2015) (A.Owens, 2018) (Wing-Mui Winnie So, 2016) (Joana M. Veiga, 2016). Στοιχεία ενεργής μάθησης, όπως προσομοιώσεις παιχνιδιών με ρόλους σε εικονική πόλη (Siu-Kit Yeung, 2017), στρατηγικές μάθησης μέσω έρευνας, συμπεριλαμβανομένης ανεξάρτητης μάθησης μέσω πειραμάτων (B.L. Hartley, 2015) (Siu-Kit

Yeung, 2017), συλλογή θαλάσσιων απορριμμάτων και συγγραφή έκθεσης αναφοράς σε κρατικό νομοθέτη (A.Owens, 2018) και διαγωνισμοί βίντεο σχετικά με τα θαλάσσια απορρίμματα (Joana M. Veiga, 2016) (Bonny L. Hartley, 2018) χρησιμοποιήθηκαν για να μεταδώσουν γνώσεις και να αλλάξουν τη συμπεριφορά. Η προσομοίωση μέσω παιχνιδιού, είχε σαν αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερη αλλαγή στάσης μέσω γνωστικής ασυμφωνίας, για παράδειγμα ψυχολογικής δυσφορίας, λόγω μη συμβατότητας ανάμεσα στα πιστεύω και στις πράξεις (Siu-Kit Yeung, 2017). Στρατηγικές μάθησης μέσω έρευνας, οι οποίες εστίασαν στην κατηγοριοποίηση των πλαστικών, απέτυχαν να αυξήσουν το ενδιαφέρον σχετικά με την μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των απορριμμάτων, αλλά οδήγησαν σε αύξηση γνώσεων σχετικά με τους τύπους του πλαστικού (Wing-Mui Winnie So, 2016). Στρατηγικές μάθησης μέσω έρευνας, συμπεριλαμβανομένων πειραμάτων, έργων τέχνης και επιδείξεων σχετικά με τα σκουπίδια στις θάλασσες, έδειξαν κάποια αποτελέσματα, καθώς φάνηκε θετική εξέλιξη στις συμπεριφορές που δήλωσαν ότι υιοθέτησαν τα παιδιά στην απόθεση των απορριμμάτων τους και στη μείωση αγοράς πλαστικών συσκευασιών, σε αντιδιαστολή με την αύξηση των κινήτρων τους για προτροπή προς άλλους (B.L. Hartley, 2015). Επίσης η συμμετοχή μαθητών σχολείων σε πρακτικές μη χρήσης πλαστικών, κατά τις οποίες βοηθούσαν ως συν-ερευνητές στην οργάνωση δραστηριοτήτων, οδήγησε σε βελτίωση της επίγνωσης και της συμπεριφοράς τους σχετικά με την απόθεση απορριμμάτων (Tomé Awshar Marotse, 2017).

Κάποια προγράμματα δεν στόχευσαν απευθείας σε μαθητές σχολείων, αλλά στην εκπαίδευση των εκπαιδευτών τους, οι οποίοι αφού ήρθαν σε επαφή με προγράμματα ευαισθητοποίησης και πληροφόρησης για το πρόβλημα των θαλάσσιων απορριμμάτων, καθώς και με συναφείς παιδαγωγικές πρακτικές, έδειξαν αυξημένο ενδιαφέρον να συμπεριλάβουν σχετική διδασκαλία σε μελλοντικές τάξεις τους (Bonny L. Hartley, 2018) (Tsz Yan Cheung, 2018). Επιπλέον συζητήθηκε η παρουσίαση τέχνης με παιδαγωγικό τρόπο, με σκοπό να δώσει το έναυσμα για συζητήσεις γύρω από την μαζική κατανάλωση και τη μόλυνση (O'Gorman, 2017).

Βλέπουμε ότι η συμμετοχή σε δραστηριότητες καθαρισμού παραλιών και διάφορες εκπαιδευτικές διαδικασίες, είχαν αποτελέσματα στην συνειδητοποίηση και σε κάποιο επίπεδο στην αλλαγή συμπεριφοράς. Η εστίαση σε μαθητές σχολείων και στους δασκάλους τους, δείχνει να είναι πολλά υποσχόμενη καθώς συμβάλλει στην επίγνωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μικρές ηλικίες. Διαδικασίες που εμπερικλείουν την έρευνα καθώς και στοιχεία παιχνιδιού, βοηθούν τα παιδιά και γενικά τους ανθρώπους να γίνουν πιο ενεργοί στη ζωή τους. Επίσης έχει σημασία η θέσπιση κάποιας κοινωνικής νόρμας, σχετικής τόσο με τα μοτίβα κατανάλωσης, όσο και απόρριψης. Το να δεσμεύεται κάποιος δημόσια ή να βάζει τον εαυτό του σε έναν ρόλο, μπορεί να βοηθήσει με τη συμμετοχή του σε μοτίβα ανακύκλωσης, αλλά και γενικής μείωσης χρήσης πλαστικού και γενικότερα κατανάλωσης (Lolita Rubens, 2015) (Gerhard Reese, 2017). Παρ' όλα αυτά είναι απαραίτητο να ερευνηθούν και να εισαχθούν νέα μοντέλα, ώστε να υπάρξει ακόμα μεγαλύτερη συνειδητοποίηση και αλλαγή συμπεριφοράς.

Για να πυροδοτηθεί μια αλλαγή στις συνήθειες, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν "παράθυρα ευκαιριών", περίοδοι όπου οι άνθρωποι είναι ανοιχτοί σε νέες συμπεριφορές καθώς οι εξωτερικές συνθήκες μετατρέπονται, όπως κάποια αλλαγή τοποθεσίας (Tim Kiessling, 2017). Η αλλαγή περιβάλλοντος που συμβαίνει στα παιδιά καθώς μεταφέρονται από το σπίτι στο σχολικό περιβάλλον, μπορεί να αποτελέσει ιδανική ευκαιρία αλλαγής συμπεριφοράς, με την προϋπόθεση ότι θα ισχύουν και οι προαναφερθείσες συμπληρωματικές συνθήκες που θα κινούν το ενδιαφέρον τους. Κατ' επέκταση, άνθρωποι οι οποίοι ξεκινούν κάποια καινούργια συμπεριφορά, είναι πολύ πιθανό να οδηγήσουν και υπόλοιπους στο να την ακολουθήσουν και έτσι να αλλάξουν συνήθειες και να θέσουν μια σπείρα δράσης

σε κίνηση. Οπότε ξεκινώντας από τα παιδιά, είναι πιθανό να φτάσει η αλλαγή συμπεριφοράς κατ' αρχήν στα κοντινά τους μέλη και σε συνέχεια να επεκταθεί στον ευρύτερο τους κύκλο.

Αυτό που κάνει τη συμπεριφορά σε σχέση με τα πλαστικά ιδιαίτερη, είναι η ποικιλομορφία γύρω από αυτήν (κατανάλωση εναλλακτικών ειδών, αποφυγή, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση). Η ενεργή συμμετοχή των πολιτών σε επιστημονικές έρευνες και πρακτικές, καθώς και οργανωμένες αποστολές καθαριότητας δείχνουν να είναι αποτελεσματικές προσεγγίσεις προς ευαισθητοποίηση και υπευθυνότητα. Ακόμη μπορούν να παρακινήσουν την επαναχρησιμοποίηση και να αλλάξουν τη συμπεριφορά, αφού για παράδειγμα άνθρωποι που ζουν κοντά σε παραλίες είναι πιο ενεργοί σε πρακτικές μείωσης απορριμμάτων (Tim Kiessling, 2017). Επίσης δραστηριότητες όπως οι οργανωμένοι καθαρισμοί (παραλιών) φέρνουν και άλλα θετικά στοιχεία, όπως την εργαστηριακή προσέγγιση αφού συνοδεύονται την πρώτη φορά από καθοδήγηση, αλλά και τη δημιουργία κοινωνικής νόρμας, δεδομένου ότι πλαισιώνονται από τη συμμετοχή πολλών, συνήθως άγνωστων μεταξύ τους, ανθρώπων. Αφού οι άνθρωποι είναι κοινωνικά όντα, οι κοινωνικές νόρμες παίζουν σημαντικό ρόλο στην (περιβαλλοντολογική) συμπεριφορά (Lea Marie Heidebreder, 2019). Οπότε παρεμβάσεις οι οποίες αλλάζουν τις νόρμες δείχνουν υποσχόμενες, ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με τους παράγοντες της εκάστοτε κατάστασης, καθώς και με πληροφόρηση. Γενικά οι στρατηγικές παρέμβασης θα πρέπει να είναι συνδυαστικές, δεδομένου ότι μέχρι σήμερα καμία στρατηγική από μόνη της δεν έχει φανεί ικανή να μειώσει το πρόβλημα του πλαστικού. Επιπλέον οι παρεμβάσεις θα πρέπει να είναι καλά σχεδιασμένες, ώστε να μειωθούν τυχόν αρνητικές επιδράσεις, όπως η λανθασμένη αντίληψη για το ποια είναι τελικά φιλικά ή φιλικότερα στο περιβάλλον προϊόντα, αλλά και να είναι κατάλληλες για την εκάστοτε ομάδα στην οποία απευθύνονται, για να μπορέσουν να κερδίσουν την αποδοχή της (Lea Marie Heidebreder, 2019).

Παρότι η επίγνωση του προβλήματος στον γενικό πληθυσμό φαίνεται ότι είναι μεγάλη, η αλλαγή στη συμπεριφορά δεν έρχεται εύκολα, και αυτό κυρίως για τους παρακάτω λόγους: 1. Η αντιλαμβανόμενη ευκολία και πρακτικότητα σχετικά με τα κυρίαρχα μοτίβα κατανάλωσης. 2. Η έλλειψη γνώσεων σχετικά με το πώς να υιοθετηθούν εναλλακτικές λύσεις ή η έλλειψη ευκαιριών για την υιοθέτηση αυτών. 3. Ισχυρές συνήθειες. 4. Η εξωτερίκευση/αποστρόφη της ευθύνης.

Τα παραπάνω μας δείχνουν ότι πρέπει να εστιάσουμε σε προσπάθειες αλλαγής συμπεριφοράς, προκειμένου να καταφέρουμε να δώσουμε λύση σε αυτά τα προβλήματα (Lea Marie Heidebreder, 2019). Προκειμένου να είναι όσο το δυνατό βαθύτερος ο αντίκτυπος στο υποκείμενο και να υπάρξει υψηλός ρυθμός μετάδοσης, κρίνεται δόκιμη και προτείνεται η στόχευση στη βάση του πληθυσμού. Εργαστήρια κυκλικής οικονομίας σε σχολεία, όπου τα παιδιά θα ενημερώνονται εκτενώς για τα υλικά και τα προβλήματα τα οποία φέρουν καθώς και τις επιπτώσεις μαζικής παραγωγής και κατανάλωσης, αλλά κυρίως θα αναπτύσσουν ρουτίνες εντός του σχολείου σχετικά με μοτίβα κατανάλωσης και απόρριψης, ενισχυμένα και βασιζόμενα σε ενεργή συμμετοχή των μαθητών σε διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης και εν τέλει μείωσης, μέσω διαδικασιών βιωματικής μάθησης, δείχνουν πολλά υποσχόμενα σαν μια προσπάθεια αντιμετώπισης ή μείωσης του προβλήματος.

5 Εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού σε σχολική μονάδα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

5.1 Στόχοι του εργαστηρίου

- Να αφυπνίσει τα παιδιά σε σχέση με το όλο και αυξανόμενο πρόβλημα της περιβαλλοντικής μόλυνσης του πλανήτη, επικεντρώνοντας σε μία πολυπληθή, πολυπαραγόμενη και μη βιοδιασπώμενη πρώτη ύλη που βρίσκεται σε πάρα πολλά αντικείμενα γύρω τους, συμπεριλαμβανομένων και των περισσότερων παιχνιδιών τους, το πλαστικό.
- Να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται τα παιδιά την έννοια του απορρίμματος, βλέποντας και δουλεύοντας πάνω σε τρόπους με τους οποίους τα «σκουπίδια» μπορούν να ξαναποκτήσουν αξία, να ξαναπάρουν ζωή.
- Να έρθουν σε επαφή με μια μέθοδο, η οποία προσομοιάζει με πραγματική μέθοδο παραγωγής σε μικρότερη κλίμακα, ώστε να αντιληφθούν το εύρος των δυνατοτήτων που εμπεριέχεται στο πλαστικό και εν δυνάμει στα σκουπίδια.
- Να δείξει στα παιδιά ότι είναι εφικτό να γίνουν και σε μικρότερη κλίμακα, διαδικασίες που είθισται να γίνονται σε μεγάλη, και να δουν και να μάθουν για τα οφέλη αυτής της επιλογής (τοπικότητα, επαγρύπνηση, αυτοδιαχείριση).
- Εν τέλει το εργαστήριο αυτό έχει στόχο να αλλάξει τον τρόπο συμπεριφοράς των ανθρώπων που έρχονται σε επαφή μαζί του.
- Επιπρόσθετα, μπορεί να συμβάλει στη σύνδεση του σχολείου με την (τοπική) κοινωνία, μέσω συλλογής πλαστικών απορριμμάτων από συγκεκριμένα σημεία, ή άλλους τρόπους εξωτερίκευσης και επικοινωνίας.

5.2 Επίδραση της λειτουργίας του εργαστηρίου στη συμπεριφορά των παιδιών

- Τα παιδιά θέλουν να συλλέγουν τα απορρίμματά τους από πλαστικό, επειδή βλέπουν ότι τους γίνονται χρήσιμα μέσα από ευχάριστες δημιουργικές διαδικασίες και χειροτεχνικά και καλλιτεχνικά εργαστήρια, μέσω των οποίων παράγουν τα δικά τους αντικείμενα.
- Τα παιδιά μαθαίνουν την αξία της επαναχρησιμοποίησης των υλικών και των αντικειμένων μέσω του χώρου συλλογής, ο οποίος λειτουργεί και σαν χώρος διαλογής των πλαστικών προς ανακύκλωση.
- Τα παιδιά έρχονται σε επαφή με πρωτοποριακές εναλλακτικές σχεδιαστικές προτάσεις, όπως την περίπτωση cradle to cradle, ώστε να έχουν στο μυαλό τους την επαναχρησιμοποίηση αντικειμένων που θα αγοράζουν σαν καταναλωτές. Αντιλαμβάνονται ότι μπορούν να υπάρξουν, όπως άλλωστε υπάρχουν και στην πραγματικότητα πάντα υπήρχαν και άλλες βιώσιμες εναλλακτικές πρακτικές στην σημερινή μη βιώσιμη πραγματικότητα.

- Τα παιδιά νιώθουν την ανάγκη να γνωρίζουν που πηγαίνουν τα απορρίμματά τους και να μαθαίνουν τι μπορούν να κάνουν για να βοηθήσουν για την καλύτερη κατάληξη αυτών.
- Από ένα σημείο και έπειτα τα παιδιά είναι αυτά που ενημερώνουν τους επισκέπτες του σχολείου σχετικά με τους τύπους του πλαστικού, το διαχωρισμό τους, αλλά και την όλη διαδικασία ανακύκλωσης. Επίσης, τα παιδιά μπορούν να έρθουν σε επαφή με τους τρόπους με τους οποίους ανακυκλώνεται το πλαστικό στις μεγάλες βιομηχανικές μονάδες ανακύκλωσης και να ενημερώνουν τα ίδια τους επισκέπτες, σχετικά με τις ομοιότητες και διαφορές των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στο σχολείο, με εκείνες των μεγάλων μονάδων παραγωγής.
- Μετά από μακρόχρονη επαφή με το εργαστήριο, τα παιδιά έχοντας δει στην πράξη την ανθρώπινη εργασία και τον κόπο που απαιτείται (καθώς και την ενέργεια από φυσικούς πόρους που χρειάζεται να επιταχτεί) για την ανακύκλωση του πλαστικού, γίνονται πιο συνειδητοί καταναλωτές. Θέλουν να ενημερώνονται για την διάρκεια ζωής των προϊόντων και δεν επιθυμούν να έρχονται στην κατοχή τους αντικείμενα που έχουν μικρό κύκλο ζωής.
- Ιδεατά, και αν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι του εργαστηρίου, τα παιδιά γίνονται φορείς νοήματος και συμπεριφοράς, την οποία μεταδίδουν στο στενό και ευρύτερο περιβάλλον τους.

5.3 Σχολικό πλαίσιο

Ιδανικά το μάθημα του εργαστηρίου δεν αποτελεί κάποια ξεχωριστή ενότητα του ωρολογίου προγράμματος, αλλά συνδέεται με τα άλλα μαθήματα ή ακόμα καλύτερα αποτελεί βάση μάθησης και πλαίσιο για την ανάπτυξη διαθεματικών δεξιοτήτων, με τη μάθηση να ξεκινάει από τη δράση που έχει νόημα για τους μαθητές και πάνω της να συμπεριλαμβάνονται οι γνώσεις και δεξιότητες που πρέπει να κατακτηθούν σε κάθε ηλικιακό επίπεδο. Το εργαστήριο δηλαδή, υπό αυτή την έννοια θα προσεγγίζεται σαν μέθοδος πρότζεκτ βιωματικής εκπαίδευσης. Παρ' όλα αυτά, ο σχεδιασμός έγινε έτσι ώστε να μπορεί ένα τέτοιο εργαστήριο να συμπεριληφθεί και στο δεδομένο κυρίαρχο πλαίσιο, λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο λειτουργίας των περισσότερων σχολείων, και έχοντας θέσει σαν σκοπό την μεγαλύτερη εξάπλωση των αξιών που αυτό θέλει να καλλιεργήσει.

Ο ενδεικτικός κύκλος μαθημάτων, έχει σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο λειτουργίας ενός "τυπικού" σχολικού περιβάλλοντος πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης της ελληνικής πραγματικότητας των αρχών του 21^{ου} αιώνα. Γι' αυτό το λόγο έχει γίνει προσπάθεια να μπορούν να ολοκληρώνονται τα εργαστήρια εντός της σχολικής ώρας 40 λεπτών ή ενός σχολικού δώρου 80 λεπτών, παίρνοντας υπόψη ότι τα ίδια παιδιά θα μπορούν να είναι διαθέσιμα για ενασχόληση με το εργαστήριο σε εβδομαδιαία βάση, είτε για κάποιον αριθμό επαναλήψεων είτε και για ολόκληρη τη σχολική χρονιά. Σαφώς, διαφορετικά σχολικά μοντέλα, τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν πιο ευέλικτο πρόγραμμα, μπορούν να έχουν περισσότερο όφελος, αναπροσαρμόζοντας χρονικά το πρόγραμμα ανάλογα με τους στόχους τους.

Για την εξασφάλιση μεγαλύτερου οφέλους των μαθητών αλλά και την αποδοτικότερη παιδαγωγική διαδικασία ενός τέτοιου εργαστηρίου, πολύ σημαντική κρίνεται η καλή αναλογία μαθητών ανά εκπαιδευτικό, προϋπόθεση απαραίτητη άλλωστε για κάθε άλλη σχολική δραστηριότητα, πολύ δε περισσότερο όταν γίνεται λόγος για εναλλακτικές, εργαστηριακές πρακτικές. Έτσι παρέχεται η

δυνατότητα για συνεργατικές δραστηριότητες, εξατομικευμένη παρέμβαση, διαφοροποιημένη διδασκαλία και την καλλιέργεια στενότερων σχέσεων μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών (Neky Aky, 2015).

Ιδανική συνθήκη βέβαια θα ήταν ένα εργαστήριο ανακύκλωσης να αποτελεί μια προσθήκη σε ένα σχολικό περιβάλλον που διαθέτει πλούσια υλικοτεχνική υποδομή και φυσικό περιβάλλον. Στην παιδαγωγική του Φρενέ ένα τέτοιο περιβάλλον, στο οποίο εκτός των άλλων αρχιτεκτονικά συνδέεται η τάξη με την αυλή και την κοινότητα, και το σχολείο με τη ζωή, αποτελεί κλειδί για την εφαρμογή της «φυσικής» μεθόδου μάθησης (μέθοδος project) με απόλυτο σεβασμό στις επιλογές του μαθητή, στους ρυθμούς του μαθητή και της ομάδας και χωρίς σημάδια διακρίσεων ή αποκλεισμών (Λάχλου, 2015).

5.4 Ο ρόλος του παιδαγωγού

Ένας βασικός ρόλος του παιδαγωγού, είναι αυτός του επιβλέποντα και υπεύθυνου ασφαλείας του εργαστηρίου. Εκτός αυτού είναι και αυτός ο οποίος μπορεί να βοηθήσει στην αφόρμηση με την οποία θα ξεκινήσει το εργαστήριο, ή με το εργαστήριο θα έρθει απλά να συμπληρώσει μετά από κάποια άλλη αφόρμηση ή ανάγκη που θα έχει προκύψει από τα ίδια τα παιδιά. Θέτει πρόταση αρχικού πλάνου εργασιών και προσφέρει στον διδασκόμενο θετική ενίσχυση και ενθάρρυνση, ώστε να μπορεί να συμμετέχει ενεργητικά στη διαδικασία της μάθησης καθώς και να οικειοποιείται το θέμα το οποίο προσεγγίζει μέσα από το προσωπικό και έμπρακτο ενδιαφέρον για το θέμα αυτό. Ενθαρρύνεται λοιπόν ο πειραματισμός των μαθητών και προτρέπει η δημιουργία προτάσεων τους σε όλα τα στάδια της διαδικασίας. Είναι πολύ καλό ο εκπαιδευτικός, έχοντας μεν κάποιο πλάνο διδασκαλίας και χρησιμοποιώντας το, όπου τα παιδιά δείχνουν ότι χρειάζονται καθοδήγηση, αφού εισάγει τα παιδιά στις βασικές αρχές και τεχνικές των εργαλείων, να είναι ανοιχτός σε προτάσεις των παιδιών και το εργαστήριο να πάρει διαφορετική εξέλιξη αν χρειαστεί από το οποιοδήποτε αρχικό πλάνο. Τα παιδιά πρέπει να αποκτήσουν εμπιστοσύνη στην ικανότητά τους να μαθαίνουν. Έτσι έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στη ζωή τους και έχουν την ικανότητα να δράσουν προς την κοινωνική αλλαγή (Evans, 1994).

Από άποψη σχετικής τεχνικής κατάρτισης, μιας και η όλη τέχνη είναι νεοεισαγόμενη και δεν υπάρχει κάποια σχολή πιστοποίησης πλαστικούργων, ο παιδαγωγός προτείνεται να είναι κάποιος ο οποίος έχει ήδη εμπειρία από εργασία με εργαστήριο ξυλουργικής, μεταλλοτεχνίας ή οποιοδήποτε άλλο σχετικό εργαστήριο τέχνης ή τεχνικής. Κάποιος που έχει τέτοιου τύπου κατάρτιση και έχει το ενδιαφέρον και την όρεξη να δουλέψει με μηχανήματα και τεχνικές ανακύκλωσης πλαστικού ήπιας τεχνολογίας, μπορεί να μελετήσει την ανοιχτή ακαδημία του precious plastic, (Plastic, 2021) όπου θα βρει πάρα πολλές σχετικές πληροφορίες για τη χρήση των βασικών μηχανημάτων και τεχνικών που προτείνονται, οπότε ερχόμενος σε επαφή και με το εργαστήριο για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα πριν ξεκινήσει τα μαθήματα με τα παιδιά μπορεί να αποκτήσει ένα επαρκές επίπεδο γνώσεων. Από το προσωπικό που δουλεύει ήδη σε σχολείο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ίσως κάποιος δάσκαλος εικαστικών ή τεχνολογίας θα έχει σχετική κατάρτιση. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιος εντός του σχολείου, θα πρέπει να βρεθεί κάποιος άλλος, ο οποίος θα έρθει για να αναλάβει τα μαθήματα του εργαστηρίου.

6 Ενδεικτικός Κύκλος μαθημάτων

Ξεκινάμε με ένα σενάριο γενικής χρήσης, θέτοντας σαν αφετηρία μια ροή συνέχειας σε κάποια σχολική ζωή. Φυσικά το παρόν πλάνο είναι ενδεικτικό και σκοπό έχει να δώσει μία βάση, αφορμή και έμπνευση στον καθένα που θα θελήσει να στήσει ένα τέτοιο εργαστήριο για περαιτέρω ανάπτυξη ή αμφισβήτηση και διαφοροποίηση.

Τα παιδιά έχουν ακούσει να κυκλοφορούν φήμες ότι στο σχολείο έχει στηθεί ένα εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού. Μπορεί να έχουν δει εικόνες του χώρου και των μηχανημάτων, αλλά δεν έχουν ιδέα πώς λειτουργούν αυτά τα μηχανήματα ή τι ακριβώς εννοούν οι δάσκαλοι όταν αναφέρονται στο εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού. Τα παιδιά ξέρουν για την ανακύκλωση ότι είναι μία διαδικασία κατά την οποία πετάμε τα απορρίμματα χωρισμένα σε κατηγορίες. Δεν ξέρουν τι συμβαίνει στα σκουπίδια αφού τα πετάξουμε στους κάδους και κάποιο φορτηγό τα παραλάβει...

6.1 Εισαγωγή/Αφόρμηση

Ξεκινάμε μέσα στην σχολική τάξη, ζητώντας από τα παιδιά να μαζεύουν για μία εβδομάδα οποιοδήποτε πλαστικό απόρριμμα δημιουργείται από δική τους χρήση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας τους, είτε βρίσκονται στο σχολείο, είτε στο σπίτι, είτε στο πάρκο, είτε οπουδήποτε αλλού. Αυτά τα απορρίμματα πρέπει να τα συλλέξουν σε κάποιο μέσο (σακούλα, δοχείο ή ό,τι προτιμούν) και να τα φέρουν στο σχολείο την επόμενη εβδομάδα. Τις τελευταίες δύο μέρες πριν την ημερομηνία παράδοσης, τους γίνεται υπενθύμιση παράδοσης της εργασίας τους.

Την ημέρα παράδοσης έχει φέρει το κάθε παιδί περίπου μία σακούλα σούπερ μάρκετ γεμάτη πλαστικά αντικείμενα/απορρίμματα. Τους ζητείται να αφήνουν όλοι τις σακούλες τους σε μία άκρη της τάξης κι έτσι σχηματίζεται ένα μικρό βουναλάκι με απορρίμματα πλαστικού.

6.2 Διάλογος με τα παιδιά – Πείραμα

Ξεκινάμε διάλογο με τα παιδιά:

-Παιδιά, όλα αυτά είναι αντικείμενα τα οποία τα χρησιμοποιήσαμε μέσα στην τελευταία εβδομάδα, εξυπηρέτησαν τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκαν και πλέον τα πετάξαμε. Κατά παρόμοιο τρόπο όπως κάνουμε κάθε εβδομάδα. Που θα είχαν πάει αυτά τα αντικείμενα αν δεν ήταν τώρα εδώ, μέσα στην τάξη;

Ακούμε απαντήσεις όπως στα σκουπίδια, στις χωματερές, στην ανακύκλωση (και άλλες ευφάνταστες).
-Και τι γίνεται λοιπόν στα σκουπίδια εκεί που καταλήγουν; Λογικά οι απαντήσεις κυμαίνονται μεταξύ "πετιούνται", "θάβονται", "ανακυκλώνονται" (& ευφάνταστος και προβοκατόρικος παράγοντας απαντήσεων).

- Όταν πετάμε προϊόντα και τα αφήνουμε ελεύθερα στη φύση είτε ακόμα και αν τα κρύβουμε κάτω από τη γη θάβοντάς τα, αυτά ή παραμένουν εκεί που τα αφήνουμε, ή ταξιδεύουν ελεύθερα στη φύση αλληλεπιδρώντας με αυτήν. Κάθε προϊόν αποικοδομείται με τους δικούς του ρυθμούς. Γενικός κανόνας είναι ότι όσο πιο άμεσα έχει παραχθεί ένα προϊόν από τη φύση, τόσο πιο γρήγορα αποικοδομείται και τόσο πιο αυτόματα αυτή η αποικοδόμηση γίνεται ωφέλιμη στην ίδια τη φύση. Αυτή η αποικοδόμηση είναι μέρος του κύκλου ζωής της ίδιας της λειτουργίας της φύσης και μάλιστα είναι απαραίτητη για αυτήν. Τα προϊόντα όμως τα οποία παράγονται μετά από "εξελιγμένη" ανθρώπινη κατεργασία πολλές φορές δεν έχουν καθόλου την εύκολη αποδοχή από τη φύση, την οποία έχουν τα προηγούμενα προϊόντα. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι περισσότερες κατηγορίες πλαστικών!

- Παρακάτω θα δούμε ένα **πείραμα**. Θα θάψουμε μέσα σε αυτό το δοχείο (μικρό ενυδρείο ή κουτί με τη μία του πλευρά φτιαγμένη από διάφανο υλικό) τρία διαφορετικά προϊόντα, των οποίων ο κύκλος ζωής θεωρούμε ότι έχει έρθει στο τέλος του. Το πρώτο είναι ένα οργανικό προϊόν φτιαγμένο απευθείας από τη φύση, το οποίο έχει μείνει σαν απόρριμμα, έπειτα από ένα γεύμα. Είναι κάτι με το οποίο τα παιδιά έχουν οικειότητα, ίσως μία μπανανόφλουδα. Το δεύτερο είναι κάποιο ελαφρώς κατεργασμένο προϊόν της φύσης, (όπως κάποιο κομμάτι ξυλείας). Το τρίτο είναι κάποιο πλαστικό απόρριμμα, όπως ένα μικρό μπουκαλάκι νερό. Θα αφήσουμε αυτά τα προϊόντα θαμμένα μέσα στο χώμα και θα δούμε τι θα γίνει. Τα παιδιά λογικά θα έχουν μια ιδέα για το ποιο θα είναι το αποτέλεσμα, αλλά θα τεκμηριώσουμε αυτό το γεγονός με το πείραμα. Κάθε λίγες μέρες βγάζουμε μια φωτογραφία αυτή τη βιτρίνα και αφού έχει αποδομηθεί το οργανικό προϊόν, μπορούμε να φτιάξουμε μια αφίσα με τα στάδια αποδόμησης και να την τοποθετήσουμε δίπλα από το δοχείο με τα αντικείμενα. Το σύνολο αυτό θα μπορεί να αποτελεί σημείο μελλοντικής αναφοράς για επόμενες τάξεις που θα ξεκινούν το εργαστήριο. –

Τους αναφέρουμε οπότε ότι, ενώ τα πλαστικά είναι υλικά με πολύ χρήσιμες και ιδιαίτερες ιδιότητες για την κατασκευή διαφόρων προϊόντων, λόγω του ότι είναι και πολύ φθηνά παράγονται σε πολύ μεγάλες ποσότητες και πολλές φορές απορρίπτονται με τέτοιο τρόπο, που παραμένουν να αποσυντεθούν στη φύση. Όπως όμως βλέπουμε τα πλαστικά δεν αποσυντίθενται ή για την ακρίβεια αποσυντίθενται πολύ αργά στη φύση. Με αποτέλεσμα να βλέπουμε στα δάση, στις παραλίες, ακόμα και σε απομονωμένα σημεία των ωκεανών πλαστικά απορρίμματα, τα οποία μπορεί να έχουν πεταχτεί από ανθρώπους πριν από πάρα πολλά χρόνια. Επίσης, πολλές φορές υπολείμματα πλαστικών μπορεί να καταπίνονται από διάφορα ζώα με θανάσιμα αποτελέσματα. Γι' αυτό και πολύ καταλληλότερος τρόπος είναι να στέλνουμε τα πλαστικά απορρίμματα σε κέντρα ανακύκλωσης. Τί γίνεται όμως σε εκείνα τα κέντρα, τι είναι η ανακύκλωση και μήπως μπορούμε, αντί να τα στέλνουμε σε εκείνα τα μεγάλα κέντρα, να εκμεταλλευτούμε και εμείς αυτά τα απορρίμματα με κάποιον τρόπο;

6.3 Παράγοντας συνειδητοποίησης, παράγοντας διαφοροποίησης

Μπορούμε να ξεκινήσουμε κατευθείαν από το βήμα 6.1, ή μπορούμε μόνο μία φορά, για τα “εγκαίνια” του εργαστηρίου να προσπαθήσουμε να δώσουμε μία “ένεση συνειδητοποίησης” με τον εξής τρόπο:

Κάνουμε την αφόρμηση σε παράλληλο χρόνο για όλα τα τμήματα του σχολείου και ζητάμε από τα παιδιά να αφήνουν τα πλαστικά απορρίμματα στον χώρο του εργαστηρίου. Επίσης ενημερώνουμε τους γονείς ότι θέλουμε τα πλαστικά απορρίμματά τους για το νέο εργαστήριό μας. Δεν δίνουμε περισσότερες οδηγίες διαχωρισμού ή καθαρισμού και αν ρωτηθούμε τους απαντάμε λέγοντας να φέρουν ό,τι νομίζουν. Τα εγκαίνια του εργαστηρίου θα γίνουν τη μέρα που θα γεμίσει το εργαστήριο με πλαστικά απορρίμματα. Ο όγκος τους θα κριθεί βάση της εξέλιξης, αλλά ζητούμενο σε αυτήν την προσέγγιση είναι να γίνει ένας μικρός χαμός. Όσο μεγαλύτερο βουνό σχηματιστεί από σκουπίδια τόσο το καλύτερο, για να μπορέσουμε να δείξουμε στα παιδιά μια προσέγγιση της πραγματικής έκτασης του προβλήματος. Κατ’ επέκταση τα εγκαίνια θα είναι μια διαδικασία καθαρίσματος και συμμαζέματος του όλου εργαστηρίου από τα παιδιά. Μια συμβολική διαδικασία, η οποία προσομοιάζει μια βασική πτυχή της δράσης του εργαστηρίου.

Αυτό το event λοιπόν, μέσα από τη διαδικασία του είναι λογικό να δημιουργήσει στα παιδιά ερωτήσεις και την ανάγκη για έναν λειτουργικό χώρο συλλογής...

6.4 Παράγοντας συνειδητοποίησης, παράγοντας διαφοροποίησης 2

Μπορούμε να περάσουμε κατευθείαν στο επόμενο βήμα ή μπορούμε μόνο μία φορά, ως μέρος των “εγκαίνιων” του εργαστηρίου να προσπαθήσουμε να δώσουμε μία ακόμα “ένεση συνειδητοποίησης” με τον εξής τρόπο:

Σπρώχνουμε τα σκουπίδια στις άκρες στον τοίχο του εργαστηρίου και φτιάχνουμε χώρο για να μπορέσουμε να κινηθούμε. Αφού έχουμε ανοιχτό διάδρομο προς τον φούρνο και κάποιον χώρο γύρω του λέμε στα παιδιά:

-Λοιπόν παιδιά, ξέρετε ότι τα πλαστικά λιώνουν με τη θερμοκρασία; Τι θα λέγατε να βάλουμε διάφορα πλαστικά μαζί, σε αυτό εδώ το σκεύος(κάποιο μπολ ή ταψί) και να το τοποθετήσουμε στον ειδικό φούρνο του εργαστηρίου, ώστε να δούμε πώς θα λιώσουν;

Καθένας θα βρει και θα διαλέξει από κάποιο κομματάκι, έτσι ώστε να γεμίσει το σκεύος. Φωτογραφίζουμε τα αντικείμενα που μαζέψαμε και τα τοποθετούμε μέσα. (Ο εκπαιδευτικός, πριν μπει το σκεύος στο φούρνο θα πρέπει να έχει έλεγχο του τι θα μπει μέσα και να προσέξει να μην υπάρχει καθόλου PVC. Επίσης μπορεί ο ίδιος να προσθέσει κάποια κομμάτια από συγκεκριμένα πλαστικά, που δεν θα είναι τόσο σύνηθες να βρεθούν στις στοιβές, όπως κάποια θερμοσκληρυνόμενα.) Με αυτόν τον τρόπο, ξεκινάμε με μια εφαρμογή την οποία παιδιά κάθε σχολικής ηλικίας μπορούν να κατανοήσουν. Όλα τα παιδιά έχουν δει να μαγειρεύεται φαγητό στον φούρνο και μπορούν να καταλάβουν τον τρόπο κατεργασίας. Αυτό το πείραμα θα πρέπει να το έχει ήδη κάνει πριν ο επιβλέπων, ώστε να ελέγξει τα

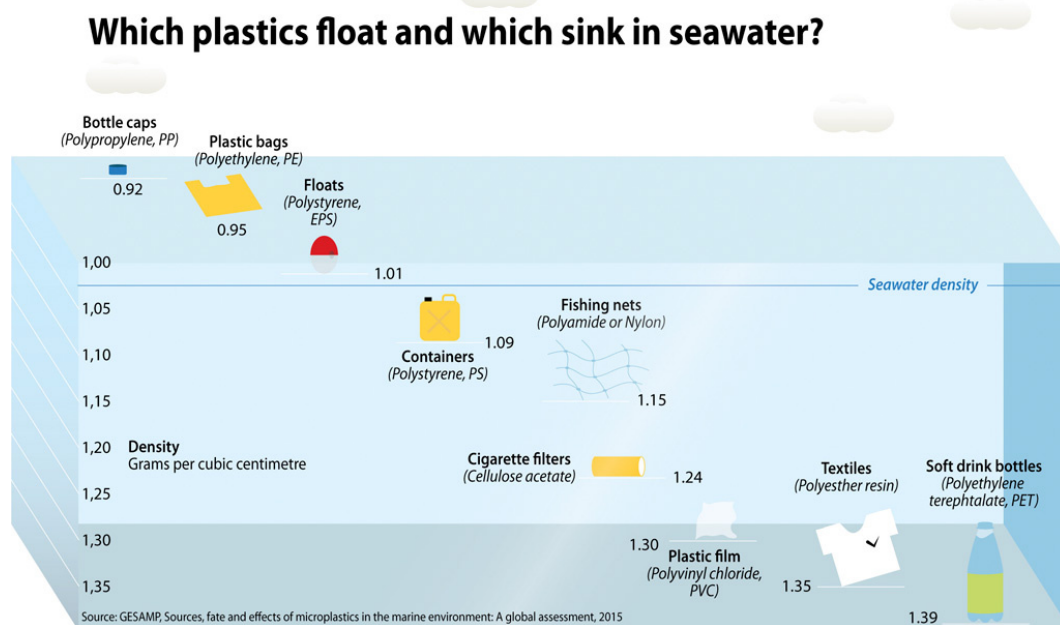
επίπεδα αναθυμιάσεων και μυρωδιών που θα παραχθούν και το κατά πόσο θα επαρκεί ο εξαερισμός. Επίσης μπορεί αυτό το πείραμα να γίνει πολύ καλή αφορμή για την κατανόηση ανάγκης χρήσης προστατευτικού εξοπλισμού και πιο συγκεκριμένα τη χρήση μάσκας. Οπότε με το που αρχίζει να αναδύεται οσμή από τα πλαστικά στο χώρο και τα παιδιά να αρχίζουν να το αναφέρουν ή και να παραπονιούνται, ο εκπαιδευτικός πηγαίνει σε μια άκρη της αίθουσας τα παιδιά ή και έξω από αυτήν, κάπου που δεν θα υπάρχει ή θα υπάρχει σε χαμηλό επίπεδο η οσμή (ώστε να θυμίζει στα παιδιά το πρόβλημα) και τους εισάγει τον προστατευτικό εξοπλισμό του εργαστηρίου. Τα παιδιά φορούν τις λευκές εργαστηριακές ρόμπες και τις μάσκες, μετά από υποδείξεις. Αφού είμαστε έτοιμοι και εξοπλισμένοι, πάμε να προσεγγίσουμε τον φούρνο. Τον φούρνο τον ανοίγει ο επιβλέπων, φορώντας γάντια του εργαστηρίου αντοχής σε θερμοκρασίες, και βγάζει το σκεύος με τα λιωμένα πλαστικά, τα οποία τοποθετεί σε τραπέζι, σε κοινή θέα. Το αποτέλεσμα είναι ένα συνονθύλευμα από πλαστικά σε διάφορες καταστάσεις, λιωμένα, στερεά καμένα, μπορεί να υπάρχουν λάδια ή υπολείμματα τροφών κτλ.

Κάνουμε παρατηρήσεις πάνω στο αποτέλεσμα που πήραμε. Το αποτέλεσμα, ανάλογα με το πώς θα βγει, μπορεί να εντυπωσιάσει τα παιδιά, λόγω του λιωσίματος του υλικού ή μπορεί και όχι, λόγω των καμένων κομματιών. Μπορεί να έχει κάποια καλλιτεχνική αξία, αλλά τονίζουμε στα παιδιά ότι με αυτόν τον τρόπο είχαμε ελάχιστο έλεγχο στο αποτέλεσμα. Ο μόνος έλεγχος που είχαμε ήταν ότι κάποια από τα πλαστικά έλιωσαν. Τους δείχνουμε εικόνες από αντικείμενα που έχουν παραχθεί από λιωμένα πλαστικά και τους λέμε ότι με την κατάλληλη τεχνική και έλεγχο της διαδικασίας μπορούμε και εμείς να φτιάξουμε πολύ πιο συγκεκριμένα αντικείμενα. Έπειτα βλέπουμε τη φωτογραφία που τραβήξαμε με τα αντικείμενα μας πριν μπουν στο φούρνο και προσπαθούμε να τα εντοπίσουμε μέσα στο σκεύος. Παρατηρούμε ότι κάποια αντικείμενα έλιωσαν, κάποια δεν έλιωσαν και κάποια φαίνονται σαν να κάηκαν. **Συμπέρασμα: όλα τα πλαστικά δεν είναι ίδια!**

Την επόμενη φορά, μπορούμε να βάλουμε στο φούρνο ταψάκι με όμοια μεταξύ τους αντικείμενα και να δούμε ποιο θα είναι το αποτέλεσμα. Μπορούμε να τοποθετήσουμε καπάκια από μπουκάλια (HDPE). Μπορούμε επίσης να βάλουμε δύο ταψάκια, το ένα με διάφορα χρώματα και το άλλο με καπάκια μόνο του ίδιου χρώματος. Ο φούρνος μπορεί να δουλεύει ενώ θα απασχοληθούμε με την επόμενη δραστηριότητα του εργαστηρίου, κατά την οποία θα αρχίσουμε να μαζεύουμε τα πλαστικά ανά κατηγορίες. Ενώ μαζεύουμε, μπορούμε να ενημερώσουμε τα παιδιά σε ποια κατηγορία ανήκουν τα πλαστικά καπάκια που τοποθετήσαμε στο φούρνο. Με έναν μεγεθυντικό φακό (plexiglass για να μην σπάει) μπορούν τα παιδιά να εντοπίσουν τα σύμβολα του υλικού στα καπάκια. Μπορούμε να αφήσουμε τα ίδια τα παιδιά να βάλουν τα ταψάκια στο φούρνο, ώστε να χρειαστεί να ρωτήσουν για την θερμοκρασία, οπότε να παρουσιαστεί η ευκαιρία να τα ενημερώσουμε για τη σχετική θερμοκρασία ρύθμισης. -Τα καπάκια για να λιώσουν και να μην καούν μπορούμε να δοκιμάσουμε να τα ψήσουμε στους 170 βαθμούς (το HDPE λιώνει από τους 120 έως τους 180, ανάλογα με την σύνθεση του)

6.5 Οργάνωση συλλογής των πλαστικών

-Το πρώτο πράγμα λοιπόν που θέλουμε να κάνουμε ξεκινώντας το ταξίδι μας, στην προσπάθειά μας να ερευνήσουμε και να προσπαθήσουμε να εκμεταλλευτούμε τα πλαστικά, είναι να οργανώσουμε το σημείο συλλογής μας. Όπως βλέπουμε σε μια εβδομάδα μόνο έχουμε παράξει τόσα σκουπίδια. Φανταστείτε τι θα γίνει αν έχουμε τόσα πλαστικά από όλες τις τάξεις κάθε εβδομάδα. Σε λίγες εβδομάδες θα έχουμε γεμίσει όλη την αίθουσα από πάνω μέχρι κάτω με σκουπίδια! (Τα παραπάνω τα έχουμε ήδη ζήσει αν έχουμε κάνει το πείραμα των εγκαινίων). Υπάρχουν κάποια στοιχεία στα πλαστικά, βάσει των οποίων μπορούμε να τα χωρίσουμε για τη διευκόλυνσή μας στην περαιτέρω διαδικασία. Βασικό είναι ότι θα πρέπει όλα τα υλικά μας να είναι καθαρά. Δε θέλουμε να συντηρούμε πλαστικά με υπολείμματα από τροφές αφού αυτά θα αρχίζουν να μυρίζουν άσχημα και να δημιουργούν σκόνες και βλαβερό περιβάλλον. Πέραν αυτής της αρχής, το επόμενο που μας ενδιαφέρει, είναι τα διαφορετικά είδη πλαστικών. Δεν είναι όλα τα πλαστικά ίδια. Υπάρχουν πολύ διαφορετικά είδη πλαστικών, τα οποία έχουν και διαφορετικές ιδιότητες. Κάποια είναι πιο ανθεκτικά, κάποια άλλα είναι πιο μαλακά, κάποια είναι κατάλληλα για δοχεία τροφίμων, κάποια βυθίζονται στο νερό, ενώ κάποια άλλα όχι. (Καθώς λέγονται τα παραπάνω λόγια μπορούμε να έχουμε μια (διάφανη) λεκάνη με (θαλασσινό)νερό, όπου μέσα της να βυθίζουμε κάποιο αντικείμενο από πλαστικό γνωστό στα παιδιά, όπως ένα μπουκαλάκι από PET ενώ στην ίδια λεκάνη κάποιο άλλο κοινό αντικείμενο από πλαστικό να μη μπορεί να βυθιστεί, ίσως κάποιο μπουκάλι από HDPE)



Εικόνα 6.1 – απεικόνιση βύθισης πλαστικών σε θαλασσινό νερό - πηγή: Grid-Arendal and Maphoto/Riccardo Pravettoni <https://www.grida.no/resources/6930>

6.6 Διαχωρισμός πλαστικών ανά κατηγορία

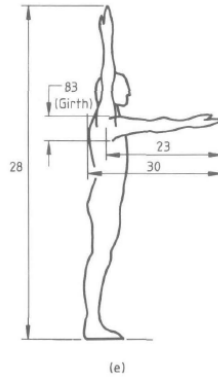
(Σε επόμενο χρόνο μπορούμε να κάνουμε πείραμα βύθισης διαφορετικών πλαστικών σε διαφορετικά μίγματα νερού, αλατιού, ξυδιού, όπου κάποια πλαστικά επιπλέουν και κάποια βυθίζονται. Καλό είναι να υπάρχουν τα υλικά για αυτό το πείραμα στο εργαστήριο και το πείραμα να γίνει όταν προκύψει ανάγκη/ σχετική ερώτηση από τα ίδια τα παιδιά).

-Επίσης πολλά πλαστικά αν τα θερμάνεις λιώνουν, ενώ κάποια άλλα όχι. (Μπορούμε να θερμάνουμε και να λιώσουμε κάποια συσκευασία από πολυπροπυλένιο ή πολυαιθυλένιο με τη χρήση πιστολιού θερμού αέρα, ενώ αντίστοιχα να κάνουμε προσπάθεια λιωσίματος κάποιου πλαστικού θερμοσκληρυνόμενου αντικειμένου και να παρατηρήσουμε πώς συμπεριφέρεται). Ακόμα όμως και τα πλαστικά που λιώνουν δεν είναι όλα ίδια μεταξύ τους, και ένα χαρακτηριστικό τους είναι ότι λιώνουν σε διαφορετικές θερμοκρασίες, ανάλογα με το είδος του πλαστικού. Από το 1988, έχει καθιερωθεί ένα σύστημα σύμφωνα με το οποίο οι κατασκευαστές αναγράφουν τις βασικές κατηγορίες πάνω στα αντικείμενα από πλαστικό. Αυτό το κάνουν είτε αναγράφοντας ένα νούμερο από το 1 έως το 7 μέσα σε ένα σύμβολο ανακύκλωσης, είτε αναγράφοντας τη συντομογραφία των συγκεκριμένων πλαστικών.

-Για να δούμε λοιπόν! Αν ανοίξουμε τις σακούλες που έχουμε φέρει και ψάξουμε, θα μπορέσουμε να βρούμε κάτι από αυτά πάνω στα πλαστικά μας; Όταν κάποιος βρει κάποια κωδική ονομασία θα γράψει το όνομά της σε ένα κομμάτι χαρτί και θα το αφήσει δίπλα σε αυτό το πλαστικό. (μπορούμε να έχουμε μικρές πινακίδες με βάση πατώματος, ώστε να στερεωθεί πάνω της το χαρτί με την κωδική ονομασία, κι έτσι να φαίνεται καλύτερα καθ' όλη τη διαδικασία). Έπειτα οι υπόλοιποι θα αφήνουν όσα βρίσκουν με τον ίδιο κωδικό σε εκείνο το σημείο, δημιουργώντας έτσι μία στοίβα με πλαστικά του ίδιου υλικού. Το ίδιο θα συμβεί με όλες τις κατηγορίες πλαστικού θα βρούμε. Αφού ολοκληρώσουμε τον διαχωρισμό των πλαστικών, τα παιδιά τοποθετούν τα αντικείμενα μέσα στα δοχεία που είχαν φέρει, αλλά πλέον ανά κατηγορία, και πηγαίνουμε με αυτά στην αίθουσα συλλογής. Αν έχουμε κάνει το event των εγκαινίων, για να ταιριάξουμε την μεγάλη στοίβα με τα απορρίμματα που θα έχει δημιουργηθεί, μπορούμε δουλεύοντας ανά σχολικό τμήμα, να βγάζουμε λίγα λίγα τα σκουπίδια, να τα διαχωρίζουμε σε κατηγορίες και στο τέλος να τοποθετήσουμε ταιριαγμένα ανά κατηγορία τα πλαστικά σε διάφορα σημεία της αίθουσας.

6.7 Αίθουσα συλλογής αντικειμένων από πλαστικό – Απλές διαδικασίες ανακύκλωσης.

Σε αυτήν την αίθουσα υπάρχουν ράφια, στα οποία τοποθετούμε τα αντικείμενα ανά κατηγορίες πλαστικών, όπως τα έχουμε διαχωρίσει στο προηγούμενο στάδιο. Τα ράφια ξεκινούν από το επίπεδο του εδάφους για να μπορούν να έχουν εύκολη πρόσβαση τα παιδιά, αλλά μπορούν να εκτείνονται και σε μεγαλύτερο ύψος, όπου να τοποθετούνται αντικείμενα που δεν είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τα ψηλότερα ράφια μπορούν να τα χειρίζονται ενήλικες ή και τα παιδιά με τη βοήθεια σκαλοπατιού. Σύμφωνα με ανθρωπομετρικά δεδομένα (Pheasant, 1990), ο κοντύτερος άνθρωπος ηλικιακού εύρους 5 έως 7 ετών, σε όρθια στάση με ανάταση του χεριού, φορώντας υποδήματα, μπορεί να φτάσει μέχρι ύψος 1,3 μέτρων, ενώ η αντίστοιχη τιμή για άνθρωπο ηλικιακού εύρους 12 με 14 ετών είναι τα 1,8 μέτρα.



Εικόνα 6.2 – Ενδείξεις διαστάσεων ανθρωπομετρικών δεδομένων – πηγή: *Anthropometrics, Pheasant 1990*

Κάνουμε εισαγωγή στα παιδιά για την χρήση αυτού του χώρου. Εκεί πλέον θα πηγαίνουμε όλα τα πλαστικά και θα τα τοποθετούμε ανά κατηγορίες στα ράφια. Από εκεί θα μπορούμε να τα παίρνουμε, όποτε θα χρειαστούμε να κάνουμε κάποια κατασκευή στο μάθημα των εικαστικών ή στο μάθημα με τη δασκάλα/δάσκαλο. Αντίστοιχα υπάρχει ακόμα μία ραφιέρα δίπλα, στην οποία τοποθετούμε πάλι ανά κατηγορία υλικού άλλα μη πλαστικά υλικά, τα οποία θα προορίζονταν για απόρριψη. Όλα αυτά τα υλικά αποτελούν κίνητρο και πρώτη ύλη για εργαστήρι καλλιτεχνικών βασισμένο σε αντίστοιχα κινήματα τέχνης (π.χ. arte rovera) καθώς και εργαστήρι upcycling για κατασκευή χρηστικών αντικειμένων. Υπάρχει πολύ μεγάλη βιβλιογραφία, σχετικά με χειροτεχνίες και κατασκευές για παιδιά, με υλικά που έχουν ολοκληρώσει τον βασικό κύκλο ζωής τους. Τα παιδιά κατά την εξέλιξη του εργαστηρίου, θα αντιληφθούν ότι, δουλεύοντας με κόλλες και χρώματα και αναμιγνύοντας διαφορετικά υλικά μεταξύ τους, μειώνονται κατά πολύ οι πιθανότητες ανακύκλωσης των υλικών αυτών. Η συνειδητοποίηση αυτή σκοπό έχει να οδηγήσει στη σοφότερη διαχείριση της ύλης.

6.7.1 Κάποιες “απλές” διαδικασίες upcycling-ανακύκλωσης

Με ένα πολύ ενδιαφέρον εργαλείο, αρκετά εύκολο στην κατασκευή και φτιαγμένο από μία λεπίδα κοπιδιού και κάποια άλλα απλά υλικά, μπορεί να φτιάξει κανείς πολύ εύκολα νήμα από πλαστικά μπουκάλια (tafnstuff, 2017) (TSE, 2017). Παιδιά των μεγαλύτερων τάξεων μπορούν να ασχοληθούν με την κατασκευή του, καθώς και με παραγωγή νήματος και χρήση του σε διάφορες κατασκευές τους.

Επίσης, χωρίς εξειδικευμένα εργαλεία, όπως τα εργαλεία του precious plastic που θα δούμε παρακάτω, παρά μόνο με ένα ηλεκτρικό σίδερο, μπορούν να φτιαχτούν επιφάνειες από πλαστικές σακούλες μίας χρήσης, οι οποίες έπειτα μπορούν να χρησιμοποιούνται από τα παιδιά για διάφορες χειροτεχνίες και κατασκευές. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο εργαστήριο κοπτικής ραπτικής του σχολείου σαν πρώτη ύλη, η οποία εκτός από το θετικό ότι προέρχεται από ανακυκλώσιμα υλικά, είναι επιπλέον και αδιάβροχη και το κυριότερο, είναι φτιαγμένη από τα παιδιά του σχολείου! (precious plastic, 2017)

6.8 Ανακύκλωση πλαστικών / Καθάρισμα – Θρυμμάτισμα

Πολύ σύντομα και εφόσον συνεχίσουμε να φέρνουμε όλα τα πλαστικά μας απορρίμματα, βλέπουμε ότι τα ράφια του χώρου συλλογής αρχίζουν να γεμίζουν με αντικείμενα, οπότε και αρχίζουμε να κάνουμε εισαγωγή σε έναν άλλο τρόπο διαχείρισης των απορριμμάτων από πλαστικό.

*-Πέρα από την επαναχρησιμοποίηση, έχουμε και μία μέθοδο στην οποία όλοι έχουμε ακούσει να γίνεται αναφορά. **Την ανακύκλωση**. Τι γίνεται όμως κατά την ανακύκλωση; Στην ανακύκλωση, το πρώτο πράγμα το οποίο συμβαίνει είναι κάτι το οποίο ήδη έχουμε δει, η διαλογή των υλικών. Έχουμε ήδη χωρίσει τα πλαστικά ανά κατηγορίες.*

-Έχουμε κάνει επίσης το πείραμα με το ψήσιμο των πλαστικών κατακιών μέσα στον φούρνο. Στο πολύχρωμο δείγμα, βλέπουμε ότι τα καπάκια που έλιωσαν το ένα δίπλα και πάνω στο άλλο ενώθηκαν. Όμως εμείς έχουμε μαζέψει αντικείμενα διαφόρων μεγεθών και από αυτά θέλουμε να έχουμε τον έλεγχο και να φτιάξουμε τα δικά μας αντικείμενα. Πώς μπορούμε να διαχειριστούμε όλα αυτά τα διαφορετικά μεγέθη; Ακούμε ιδέες και προτάσεις, τις συζητάμε και αν κάποια μας φανεί ενδιαφέρουσα, τη γράφουμε και την κρατάμε στην άκρη, στον πίνακα με τις σημειώσεις και τα πειράματα, ο οποίος είναι ένας πίνακας από φελλό ενδεικτικών διαστάσεων 50x70. Πιθανότατα να προταθεί από τα παιδιά ότι μπορούμε με κάποιον τρόπο να κάνουμε τα πλαστικά να έχουν παρόμοια μικρά μεγέθη για να μπορέσουμε να τα επεξεργαστούμε, οπότε και τα ωθούμε προς τα εκεί.

-Το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε αυτά τα πλαστικά πολύ μικρά κομματάκια, έτσι ώστε μέσα από κάποιες διαδικασίες λιωσίματος, να φτιάξουμε νέα προϊόντα! Θα δούμε σε επόμενο βήμα λεπτομέρειες και τεχνικές σχετικά με τις διαδικασίες λιωσίματος. Για αρχή όμως, πάμε να κάνουμε τα πλαστικά πολύ μικρά κομματάκια. Μπορούμε να ξεκινήσουμε κόβοντας τα πλαστικά με τα ψαλίδια μας σε πολύ μικρά κομματάκια (ίσως να ξεκινήσουμε κόβοντάς τα, όντως με τα ψαλίδια μας στο πρώτο μάθημα. Σύντομα τα παιδιά θα παρατηρήσουν προβλήματα στη διαδικασία, όπως ότι θα κουραστούν και θα παρατηρήσουν ότι δεν είναι πολύ αποδοτικό το να ξεκινήσουμε να κόβουμε βουνά από πλαστικό με τα ψαλιδάκια μας. Επιπλέον τα κομμάτια που θα κόβουμε θα έχουν πολύ διαφορετικά σχήματα και μεγέθη, οπότε μέσα από το πρόβλημα που παρουσιάζεται, μπορούμε να ξεκινήσουμε την εισαγωγή στο πρώτο μηχάνημα..).

-Εναλλακτικά λοιπόν, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτό εδώ το μηχάνημα (shredder) για να μετατρέψουμε τα πλαστικά μας σε μικρά κομματάκια πολύ πιο εύκολα. Έτσι, ρίχνει ο εκπαιδευτικός ένα

αντικείμενο μέσω το shredder, όπου και βλέπουμε μια πρώτη προεπισκόπηση της διαδικασίας και το προϊόν το οποίο φτιάχνουμε από αυτήν.



Εικόνα 6.3 – Διαδικασία θρυμματοποίησης – πηγή: <https://preciousplastic.com/starterkits/showcase/shredder.html>

-Το μηχάνημα αυτό κόβει τα πλαστικά σε μικρά κομματάκια. Έτσι θα μπορέσουμε να κόψουμε εύκολα και γρήγορα όλα τα πλαστικά που μαζεύουμε, ώστε να μπορούμε να τα χρησιμοποιούμε στη συνέχεια στο εργαστήριο. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η αυστηρή τήρηση των οδηγιών χρήσης και ασφάλειας του μηχανήματος, όπως άλλωστε ισχύει και για όλα τα μηχανήματα του εργαστηρίου και για το λόγο αυτό κάνουμε σχετική αναφορά στο θέμα αυτό. Οι κανόνες αυτοί μπορούν να είναι αναγραφμένοι σε κάποιο εμφανές σημείο του εργαστηρίου, ίσως σε κάποιο αφισάκι. (βλ. κεφάλαιο οδηγίες χρήσης και ασφάλειας – κανόνες εργαστηρίου).

-Τα θρύμματα που παράγονται από τη διαδικασία αυτή όμως θα πρέπει να είναι πεντακάθαρα για να μπορέσουμε να τα χρησιμοποιήσουμε χωρίς προβλήματα. Επίσης, όπως είπαμε τα είδη πλαστικών πρέπει να είναι αυτούσια χωρισμένα. Οποιοσδήποτε ετικέτες ή πρόσθετα υλικά πιθανότατα να είναι φτιαγμένα από διαφορετικό είδος πλαστικού. Οπότε ελέγχουμε αν όλα τα πλαστικά μας είναι πεντακάθαρα. Αν έχουν ετικέτες πάνω τους, θα πρέπει να τις αφαιρέσουμε. Δουλεύουμε γι' αυτό στον νεροχύτη που υπάρχει στην αίθουσα διαχωρισμού. Ιδανικά θα υπάρχουν δύο ή τρεις βρύσες με νεροχύτες στον χώρο. Μέσα από αυτήν την διαδικασία, διαπιστώνουμε ότι θα βοηθούσε πολύ στη ροή των εργασιών μας εάν φέρνουμε καθαρά από το σπίτι μας τα υλικά, με απομακρυσμένες τις ετικέτες, οπότε και ζητάμε από όποιον θελήσει να φέρει πλαστικά στο εργαστήριό μας, να ακολουθήσει αυτή τη διαδικασία. Αφού έχουμε τα υλικά μας καθαρά και χωρισμένα σε κατηγορίες, είναι έτοιμα για τη θρυμματοποίηση.

-Πέρα από την κατηγοριοποίηση σε είδη πλαστικού, θα μας βοηθήσει επίσης πολύ αν κατηγοριοποιήσουμε τις νιφάδες μας ανά χρώμα. Έτσι όταν θα θέλουμε να παράξουμε τα αντικείμενά μας θα μπορούμε να αποφασίζουμε τι χρώματα θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε κάθε φορά, αντί να έχουμε πάντα ένα πολύχρωμο μείγμα. Έχουμε δοχεία συλλογής νιφάδων διαφορετικού μεγέθους, στα οποία τοποθετούμε τις νιφάδες ανάλογα με την ποσότητα που φτιάχνουμε από κάθε χρώμα/υλικό. Από τα υλικά τα οποία έχουμε διαχωρίσει θα ανακυκλώνουμε μόνο αυτά που έχουν την κωδική ονομασία 1.PET 2.HDPE 4.LDPE και 5 PP. Το 3 PVC είναι τοξικό στην επεξεργασία του, οπότε δε θα ασχοληθούμε με αυτό στο σχολείο. Ομοίως και το 6.PS παρουσιάζει αναθυμιάσεις και χαρακτηριστικά τοξικότητας όταν λιώνει, οπότε δε θα λιώσουμε PS στο εργαστήρι μας. Παρ' όλα αυτά μπορούμε να θρυματοποιούμε PS και να διαθέτουμε το θρύμμα σε άλλα ενδιαφερόμενα εργαστήρια, αφού διάφορα εργαστήρια το χρησιμοποιούν λόγω των ιδιαίτερων μηχανικών χαρακτηριστικών του. Το 7.OTHER μας δείχνει όλα τα υπόλοιπα πλαστικά, τα οποία δεν είναι τίποτα από τα προηγούμενα και μπορεί να είναι οποιοδήποτε μεταξύ πολλών άλλων κατηγοριών. Οπότε, αν συγκεντρώνεται μεγαλύτερη ποσότητα πλαστικών των κατηγοριών 3 και 7, τα οποία δεν είναι δυνατό να διαχειριστούμε στο χώρο συλλογής για επαναχρησιμοποίηση, θα απομακρύνονται από το σύστημα ανακύκλωσης πλαστικού του σχολείου. Βέβαια, τα υλικά τα οποία ανακυκλώνουμε (1, 3, 4 και 5) είναι τα περισσότερα σε ποσοστό, από αυτά που συνολικά παράγονται παγκοσμίως.

Δίπλα από τον shredder μπορούν να υπάρχουν φαρδιά και μεγάλα σκαλάκια στα οποία θα μπορούν να πατήσουν παιδιά από ηλικίας 6 χρονών, ώστε να μπορούν να ρίξουν μέσα στο μηχάνημα τα πλαστικά. Αυτή η προσθήκη ύψους θα τοποθετηθεί, μόνο αν το απαιτεί το ύψος του μηχανήματος το οποίο θα επιλεγεί. Ο shredder διαθέτει προστασία, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση τα χέρια του χρήστη να έρθουν σε επαφή με τα επικίνδυνα κινούμενα μέρη. Επίσης το δοχείο συλλογής του θρύμματος θα πρέπει να εφαρμόζει καλά στην έξοδο του μηχανήματος και να υπάρχει κάποιο κάλυμμα στην είσοδο του μηχανήματος, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η είσοδος μικροσωματιδίων πλαστικού από τη διαδικασία στην αίθουσα. Εναλλακτικά μπορεί να υπάρχει σύστημα απορρόφησης των μικροσωματιδίων. Περισσότερες πληροφορίες για την τελευταία λύση υπάρχουν στο κεφάλαιο ασφάλειας παρακάτω.

Για να μπορέσει να λειτουργήσει το εργαστήριο, καλύπτοντας τις ανάγκες ανακύκλωσης της κοινότητας, θα πρέπει τουλάχιστον η διαδικασία θρυματοποίησης να γίνεται σε κάποια τακτική βάση. Αυτή η δραστηριότητα έχει έναν περισσότερο διαδικαστικό, παρά δημιουργικό χαρακτήρα. Μέσα από αυτήν όμως, τα παιδιά θα κάνουν κτήμα τους τη γνώση, σχετικά με τις διαφορετικές κατηγορίες και θα έρθουν πιο κοντά στο βασικό πρόβλημα που είναι η ποσότητα του υλικού και η δυσκολία διαχωρισμού του.

6.8.1 Ρουτίνα θρυμματοποίησης για μικρή ομάδα μαθητών

Καθιερώνεται σαν ρουτίνα του σχολείου, να πηγαίνουν μία φορά την εβδομάδα τέσσερις μαθητές, μαζί με έναν επιβλέποντα δάσκαλο και να θρυμματοποιούν τα πλαστικά που είναι εκτός ραφιών. Σε κάθε τάξη υπάρχουν κάδοι ανακύκλωσης. Πέραν αυτών, υπάρχουν κάδοι στους οποίους πετάμε τα πλαστικά τα οποία ανακυκλώνουμε στο σχολείο, χωρισμένα στις κατηγορίες τους. Ένας για κάθε μία από τις 4 (ή 5 αν θρυμματίζουμε και PS) κατηγορίες που ανακυκλώνουμε και ένας ακόμα για όλα τα υπόλοιπα πλαστικά. Όποτε γεμίσει ένας από τους 4 κάδους, κάποιος μαθητής της τάξης τον φέρνει στο χώρο συλλογής και διαλογής και παίρνει έναν άδειο κάδο, τον οποίο πηγαίνει στην αίθουσα για να γίνει πλέον ο νέος κάδος για το συγκεκριμένο υλικό. Δύο από τους τέσσερις μαθητές αναλαμβάνουν να διαχωρίσουν ανά χρώμα τα περιεχόμενα των κάδων. Ανάλογα με τα χρώματα που βρίσκουμε, βρίσκουμε και φέρνουμε δοχεία που έχουν ήδη τριμμένο πλαστικό στο αντίστοιχο χρώμα (και είδος φυσικά). Αν δεν υπάρχει κάποιο ίδιο χρώμα, μπορούμε να ξεκινήσουμε να γεμίζουμε ένα καινούργιο δοχείο. Οπότε και ξεκινάμε να θρυμματοποιούμε τα νέα υλικά και να τοποθετούμε το θρύμμα στα αντίστοιχα δοχεία. Κατά τη διαδικασία διαλογής, κάποια αντικείμενα μπορεί να μας φανούν ενδιαφέροντα και να θελήσουμε να τα αποθηκεύσουμε στο ράφι επαναχρησιμοποίησης, οπότε και το κάνουμε. Αν το ράφι αυτό είναι γεμάτο και δε χωράει άλλα, μπορεί να χρειαστεί να θρυμματίσουμε κάποιο προηγούμενο υλικό από την ίδια κατηγορία για να αποθηκεύσουμε το καινούριο. Δεν αποθηκεύουμε όμως προϊόντα για επαναχρησιμοποίηση εκτός των ραφιών τα οποία προορίζονται για αυτή τη χρήση στην αίθουσα. Το ζήτημα του χώρου υπάρχει πάντα στην αποθήκευση υλικών και αντικατοπτρίζει και το μεγαλύτερο πρόβλημα με την μεγάλη ποσότητα πλαστικών. Μέσα από την αποθήκευση έτοιμων προϊόντων, σκοπός είναι να ενισχυθεί η πεποίθηση ότι το κάθε αντικείμενο πρέπει να ολοκληρώνει τον κύκλο ζωής του όσο πληρέστερα γίνεται, ώστε να μην καταναλώνεται άσκοπα ενέργεια για προϊόντα που ήδη υπάρχουν. Παρ' όλα αυτά πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε να αποφευχθεί ο φетиχισμός της ύλης. Τα παιδιά επίσης, μπορούν να έχουν το δικαίωμα να κρατούν ένα αντικείμενο για επαναχρησιμοποίηση σε δικό τους χώρο (πχ στο ντουλαπάκι τους αν διαθέτει το σχολείο τέτοια υποδομή). Η διαδικασία διαλογής και θρυμματοποίησης από τους τέσσερις μαθητές και τον επιβλέποντα υπολογίζεται ότι θα διαρκεί περίπου μισή ώρα με 45 λεπτά. Τα παιδιά μπορεί να τα παίρνει από την τάξη, την ώρα που γίνεται κάποιο άλλο μάθημα, κάποιος από το βοηθητικό προσωπικό του σχολείου, κατάλληλα εκπαιδευμένος με τις αρχές λειτουργίας του εργαστηρίου, να πηγαίνουν στο εργαστήριο και με το πέρας της διαδικασίας τα παιδιά να επιστρέφουν στην ροή της ημέρας τους. Κάθε εβδομάδα η ίδια διαδικασία μπορεί να γίνεται με τέσσερα διαφορετικά παιδιά και φυσικά μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με τις ροές του εργαστηρίου και τη λειτουργία του σχολείου.

6.8.2 Ρουτίνα θρυμματοποίησης από σχολικό τμήμα

Εναλλακτικά η διαδικασία διαλογής/θρυμματοποίησης του εργαστηρίου γίνεται μία φορά την εβδομάδα από ένα ολόκληρο τμήμα του σχολείου, μέσα σε μία διδακτική ώρα. Σε αυτήν την περίπτωση, τα παιδιά χωρίζονται σε ομάδες. Μία ομάδα μαθητών αναλαμβάνει να πάει σε κάθε τάξη του σχολείου και να συλλέξει τους κάδους με τα διαχωρισμένα πλαστικά, αφήνοντας εκεί συγχρόνως καινούριους. Άλλη ομάδα μαθητών παραλαμβάνει τους κάδους που έφεραν οι προηγούμενοι και προχωράει στη διαλογή ανά χρώμα. (Μπορεί να υπάρχει ακόμα μία ομάδα που να καθαρίζει τυχόν υπολείμματα στις συσκευασίες και να αφαιρεί ετικέτες). Επόμενη ομάδα μαθητών κάνει έλεγχο για το αν έχουν διαχωριστεί σωστά οι κατηγορίες (τα υλικά) των πλαστικών. (Μπορεί ακόμη να υπάρχει ομάδα που να ζυγίζει τα χωρισμένα υλικά και να σημειώνει το βάρος που προστίθεται ανά κατηγορία). Άλλη ομάδα παραλαμβάνει τα ελεγμένα δοχεία με κατηγορίες χωρισμένες σε υλικό και χρώμα και τα ρίχνει μέσα στο shredder. Εν τω μεταξύ επόμενη ομάδα, έχοντας δει τα χρώματα και τα υλικά που έχουν προετοιμαστεί από την προηγούμενη ομάδα, κατεβάζει από τα ράφια δοχεία που περιέχουν το ήδη αντίστοιχο θρυμματοποιημένο προϊόν, ώστε να συμπληρωθεί με το καινούριο. Αν δεν υπάρχει ίδιο χρώμα/υλικό φέρνουμε ένα άδειο δοχείο για να γεμίσουμε.

Βέβαια στις παραπάνω περιπτώσεις, πέραν των κάδων των τάξεων, μπορεί να προστίθενται και πλαστικά τα οποία έχουν έρθει στο σχολείο από άλλους, πέραν των μαθητών, τα οποία μπορεί να συλλέγονται σε μεγάλο κάδο στο κέντρο διαλογής και να διαχειρίζονται και αυτά από τους μαθητές του εργαστηρίου.

Στις παραπάνω αναφερθείσες εργασίες θρυμματοποίησης μπορούν να ασχολούνται μαθητές όλων των ηλικιών του σχολείου (με την επίβλεψη ενημερωμένου εκπαιδευτικού). Το θετικό με αυτήν την μέθοδο είναι ότι ενισχύονται χαρακτηριστικά συνεργασίας και δεσίματος της ομάδας, μέσω μιας δραστηριότητας, με την οποία τα παιδιά γίνονται οργανικά μέρη μιας μεγαλύτερης διαδικασίας παραγωγής.

Βέβαια και οι δύο παραπάνω μέθοδοι θα πρέπει να δοκιμαστούν στην πράξη, για να φανούν τα όποια θετικά και αρνητικά χαρακτηριστικά και να αναπροσαρμοστούν ανάλογα.

6.9 Παραγωγή προϊόντων

Αφού έχουμε τα θρύμματα πλαστικού έτοιμα και χωρισμένα, μπορούμε να προχωρήσουμε στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων. Να σημειωθεί ότι το θρυμματοποιημένο μίγμα πιθανό να μπορεί να προωθηθεί/πωληθεί και σε άλλα σημεία επεξεργασίας, αλλά αυτή η κατεύθυνση αποδυναμώνει το όλο project, αφού δε βοηθάει τα παιδιά να κατανοήσουν τις δυνατότητες που μπορεί να έχει αυτή η πρώτη ύλη και κατά κάποιο τρόπο διακόπτει το εγχείρημα από το να περάσει στο πιο δημιουργικό του μέρος, το οποίο έχει να κάνει με την παραγωγή προϊόντων. Από την άλλη, μέσω αυτής της πρακτικής μπορεί να ενδυναμωθούν και να αναπτυχθούν σχέσεις κοινότητας μεταξύ του εργαστηρίου του σχολείου με άλλα εργαστήρια, αλλά και να έρθουν οι μαθητές σε επαφή με μορφές επιχειρηματικότητας. Μπορεί, όπως έχουμε δει και προηγουμένως, να προωθείται μόνο θρύμμα από PS εκτός σχολείου. Επίσης, αν σε κάποια χρονική στιγμή μαζευτεί τόση ποσότητα και από τα υπόλοιπα υλικά, ώστε να θεωρηθεί πλεονάζουσα,

μπορεί να προωθηθεί κατά τον ίδιο τρόπο. Όσον αφορά την επεξεργασία εντός του σχολείου, αυτή μπορεί να γίνει με κάποιον ή και με πολλούς από τους παρακάτω τρόπους, ανάλογα με τη χρηματοδότηση που έχει καταφέρει να αποκτήσει το σχολείο για να αγοραστούν τα μηχανήματα και ανάλογα με όποιους επιπλέον συμπληρωματικούς στόχους μπορεί να θέσει. Βασική αναφορά γίνεται στα μηχανήματα τα οποία έχει αναπτύξει η κοινότητα του precious plastic, από την οποία και είναι εμπνευσμένη όλη αυτή η μελέτη. Επιπλέον έχει παρατηρηθεί εξέλιξη σε μηχανήματα τα οποία δέχονται θρύμμα πλαστικού για να παράξουν filament για 3d printer, καθώς επίσης και 3d printers οι οποίοι δέχονται απ' ευθείας τέτοια θρύμματα για να κάνουν εκτυπώσεις.

Το προτεινόμενο πρόγραμμα διαπερνά όλον τον κορμό της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και μέχρι εδώ απευθύνεται σε όλες τις τάξεις και ηλικίες. Παρ' όλα αυτά, και αφού οι εργαστηριακές δομές θα βρίσκονται εγκατεστημένες εντός της σχολικής μονάδας, κρίνεται σκόπιμο από άποψη ασφάλειας των μαθητών και καλύτερης κατανόησης της διαδικασίας να ανεβαίνει το επίπεδο εμπλοκής ανά τάξη, με την προϋπόθεση ότι οι μαθητές έχουν περάσει από τα προηγούμενα βήματα. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές των πρώτων δύο τάξεων μπορούν να σταματούν σε αυτό το σημείο την εμπλοκή τους με τον χώρο του εργαστηρίου και εν συνεχεία να μπορούν να συμμετάσχουν σε κάποια διαδικασία δημιουργίας προπλάσματος/πρότασης για καλούπι ή παραγόμενο αντικείμενο. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιούν doodler pens που δέχονται filament από τρισδιάστατο εκτυπωτή, αν το εργαστήριο του σχολείου παράγει filament. Οι μαθητές της τρίτης και τέταρτης τάξης μπορούν να χρησιμοποιούν το μηχάνημα χύτευσης με έγχυση και οι μαθητές των δύο μεγαλύτερων τάξεων μπορούν να φτιάχνουν μεγαλύτερα αντικείμενα με το μηχάνημα εξώθησης, και όποιας άλλης πιο εξελιγμένης διαδικασίας, καθώς και να μάθουν να σχεδιάζουν σε απλά προγράμματα τρισδιάστατης εκτύπωσης για τις ανάγκες του εργαστηρίου, με την προϋπόθεση ότι έχουν ήδη ασχοληθεί για αρκετό χρονικό διάστημα με τις πιο απλές/βασικές τεχνικές.

6.9.1 Επεξεργασία με μηχάνημα χύτευσης με έγχυση (injection molding)

Αυτή είναι ίσως η πιο εύκολη και πιο κατάλληλη σαν μέθοδος παραγωγής γι' αυτό το εργαστήριο, επειδή μπορούν να παραχθούν αρκετά αντίτυπα σε σχετικά γρήγορο χρόνο. Τα θρύμματα θερμαίνονται στο μηχάνημα και εκχύνονται σε ένα καλούπι. Το μηχάνημα έγχυσης, για το οποίο γίνεται εδώ αναφορά, είναι ένα εργαλείο εργαστηριακής κλίμακας, σε αντίθεση με τα συνηθισμένα της κατηγορίας τα οποία είναι βιομηχανικής κλίμακας και αναπτύχθηκε από τον Dave Hakken και την κοινότητα precious plastic.



Εικόνα 6.4 – μηχανήμα έγχυσης από την ομάδα Precious Plastic – Basic έκδοση – πηγή: <https://preciousplastic.com/solutions/machines/basic.html>

Παρόμοια λογική ροής εργασιών έχουν τα μηχανήματα αυτής της κλίμακας. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το παρακάτω μηχανήμα κατασκευασμένο από την Αυστριακή εταιρεία plasticpreneur, μέλος της κοινότητας precious plastic.



Εικόνα 6.5 – μηχανήμα έγχυσης από την Plasticpreneur – πηγή: <https://bazar.preciousplastic.com/machines/injection/injection-fully-built/injection-arbor-press-drive-ce-certified-community-version/>

Μια διαφορά εδώ είναι ότι η δύναμη για την έγχυση δίνεται μέσω της ρόδας που βλέπουμε στο πάνω μέρος του μηχανήματος, σε αντίθεση με τον μοχλό του προηγούμενου μηχανήματος. Με αυτόν τον τρόπο, ο κατασκευαστής υποστηρίζει ότι χρειάζεται λιγότερη δύναμη για να γίνει η έγχυση. Επίσης αναφέρεται σαν προτέρημα η διαρκής ροή πλαστικού. Μια άλλη διαφορά είναι στο σύστημα μονταρίσματος του καλουπιού. Σε αυτό το μηχάνημα η κάτω τράπεζα ανεβαίνει προς τα πάνω, μέσω ενός μοχλού και πιέζει το καλούπι στη μύτη έγχυσης. Αυτό έχει σκοπό να επιτρέψει την επιτάχυνση της παραγωγής, σε αντίθεση με το προηγούμενο μηχάνημα, όπου η εφαρμογή του καλουπιού γίνεται μέσω σπειρώματος. Όπως παρατηρούμε το συγκεκριμένο μηχάνημα αναφέρει ότι έχει πιστοποίηση CE, η οποία μπορεί να είναι χρήσιμη αν η χρηματοδότηση ή η τοπική νομοθεσία απαιτεί κάτι τέτοιο. Βέβαια, αυτά τα χαρακτηριστικά αντανakλώνται και στο κόστος του μηχανήματος, το οποίο φτάνει τα 2.750 ευρώ, σε αντίθεση με τους ανταγωνιστές του, που κυμαίνονται περίπου στο ένα τρίτο της τιμής. Το μηχάνημα της πρώτης φωτογραφίας είναι ένα πρωτότυπο της βασικής σειράς του precious plastic. Για αυτό το μηχάνημα δίνονται ελεύθερα τα σχεδιαγράμματα για την αναπαραγωγή του, αφού το όλο εγχείρημα βασίζεται στη λογική του ελεύθερου διαμοιρασμού και του ανοιχτού κώδικα (open source). Αναφέρεται ότι το κόστος των υλικών για την κατασκευή αυτού του μηχανήματος (σε τιμές Ολλανδίας) είναι στα 350 ευρώ (Precious Plastic, 2021).

6.9.2 Τα καλούπια

Τα καλούπια συνήθως είναι φτιαγμένα από κάποιο μέταλλο και μπορούν να παραχθούν με διάφορους τρόπους, όπως με σύνδεση διαμορφωμένων λαμαρινών, κοπή μετάλλων με CNC ή διαμόρφωση με τόρνο. Υπάρχουν διάφορα καλούπια για συγκεκριμένα αντικείμενα, τα οποία μπορούν να αγοραστούν από κατασκευαστές ή μπορούν να παραγγελθούν συγκεκριμένα καλούπια από κάποιον κατασκευαστή, μετά από ειδική παραγγελία. Μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων, μπορούν να μάθουν κάποιο απλό πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης, όπως το tinkercad και να σχεδιάσουν κάποιο καλούπι, έπειτα από καθοδήγηση κάποιου έμπειρου, ίσως του υπεύθυνου του εργαστηρίου. Πολύ ενδιαφέρουσα επίσης μέθοδος κατασκευής καλουπιού είναι η μέθοδος με χρήση ακρυλικών πλαστικών – plexiglass. Είναι μια μέθοδος που έχει αναπτυχθεί από μέλη της κοινότητας precious plastic και ενώ αναφέρεται ότι δεν μπορούν να παραχθούν πάρα πολλά αντίτυπα από ένα καλούπι, το θετικό είναι ότι τα παιδιά και γενικά οι χρήστες μπορούν να έχουν οπτική επαφή με το πλαστικό, το οποίο εγχύεται στο καλούπι σε πραγματικό χρόνο, αφού το καλούπι είναι διάφανο! Το κόστος του μηχανήματος έγχυσης δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό σε σχέση με τα υπόλοιπα, απλά κάθε καλούπι έχει ένα υπολογίσιμο κόστος. Ανάλογα με το αντικείμενο που θα χυτεύεται όμως, η παραγωγή μπορεί να είναι αρκετά υψηλή και, αν τα προϊόντα πωλούνται, να γίνει εύκολα απόσβεση.

Το εργαστήριο αρχικά θα πρέπει να έχει κάποια ενδεικτικά καλούπια, ώστε τα παιδιά να έρχονται σε επαφή με τη διαδικασία. Αργότερα βέβαια και καθώς θα έχουμε έρθει σε στενή επαφή με τη διαδικασία, τα παιδιά πιθανό να θελήσουν να παράξουν και κάποια διαφορετικά αντικείμενα, οπότε να χρειαστεί να γίνουν κάποια νέα καλούπια. Η παραγωγή των νέων αυτών καλουπιών μπορεί να γίνει μέρος της

εκπαιδευτικής διαδικασίας, τόσο από σχεδιαστική άποψη, όπου τα παιδιά μπορούν να έρθουν σε επαφή με τους τρόπους που σχεδιάζεται ένα καλούπι και να συνδράμουν στο επίπεδο που μπορούν, όσο και στο οικονομικό κομμάτι. Για να παραχθεί ένα καλούπι είναι αναγκαίο κάποιο σεβαστό ποσό χρημάτων. Το πιο απλό καλούπι μπορεί να κοστίζει περίπου 50 ευρώ και είναι φτιαγμένο είτε από συνδυασμό κάποιου έτοιμου προϊόντος με κάποιο παρασκευασμένο κομμάτι (έννοια της κουλτούρας του upcycling), είτε από χυτό αλουμίνιο, είτε από plexiglass όπως έχουμε αναφέρει, είτε από κάποια απλά κομμένα κομμάτια από laser ή cnc, αλλά ένα αρκετά σύνθετο καλούπι μπορεί να φτάσει να έχει κόστος 500 ευρώ ή και παραπάνω, όντας φτιαγμένο από αρκετά κομμάτια κομμένα από laser ή cnc ή όντας κάποιο καλούπι ακριβείας, εξολοκλήρου φτιαγμένο σε αλουμίνιο με cnc. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται να έχει η παραγωγή καλουπιού από χυτό αλουμίνιο, σαν διαδικασία. Μπορεί να γίνει στην τάξη μάθημα για τη γλυπτική και τα καλούπια, να δουλέψουν τα παιδιά σε ένα πρώτο μάθημα κάποια απλή τεχνική που περιλαμβάνει τη δημιουργία καλουπιού. Και σε επόμενο, να αφήσουμε τα παιδιά να δημιουργήσουν αντικείμενα από πηλό, όπου στο τέλος του μαθήματος να γίνει επιλογή ενός ή κάποιων λίγων από αυτά, τα οποία θα σταλούν εξωτερικά σε επαγγελματία για να φτιάξει το καλούπι τους από αλουμίνιο, σύμφωνα με τις υποδείξεις του υπεύθυνου του εργαστηρίου, ώστε να μπορούν να εφαρμόσουν στο μηχάνημα έγχυσης. Τα παιδιά εκτίθενται σε αυτά τα κόστη και μπορούν να συμμετέχουν στην παραγωγή αυτού του κεφαλαίου μέσα από την ενασχόληση του εργαστηρίου. Μπορούν να παράγουν αντίτυπα άλλων προϊόντων στο εργαστήριο και να τα διαθέτουν προς πώληση σε κάποια βιτρίνα του σχολείου ή και σε σχετικά παζάρια για αυτόν τον σκοπό. Βέβαια τα καλούπια θα μείνουν στην ιδιοκτησία του σχολείου, οπότε είναι λογικό ότι αυτό θα πρέπει να εξασφαλίσει το βασικό κεφάλαιο.

6.9.3 Η ροή εργασίας

Η ροή εργασίας με το μηχάνημα έγχυσης μπορεί να είναι ως εξής: Όλη η ομάδα έχει αποφασίσει για τις χρωματικές αποχρώσεις που θέλει να έχουν τα προϊόντα, ανάλογα με τα διαθέσιμα θρύμματα που βρίσκονται στα αντίστοιχα ράφια του εργαστηρίου. Δύο μαθητές αναλαμβάνουν τη μεταφορά δοχείων υλικού στο τραπέζι μίξης/ζυγίσματος. Δύο μαθητές βρίσκονται σε αυτό το τραπέζι και ζυγίζουν το υλικό, μπορούν να πραγματοποιούν προσμίξεις χρωμάτων και μπορούν να κρατούν σημειώσεις σχετικά με τις προσμίξεις αυτές. Ετοιμάζουν σε μπολάκια το μίγμα, το οποίο θα εισαχθεί στο μηχάνημα και το παραδίδουν στην ομάδα έγχυσης. Η ομάδα έγχυσης αποτελείται από 3 με 4 παιδιά. Είναι πλήρως εξοπλισμένα με γάντια που αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και μάσκες οι οποίες τα προστατεύουν από αναθυμιάσεις. Δίπλα από το μηχάνημα έγχυσης βρίσκεται και ο επιβλέπων του εργαστηρίου. Έχουμε βάλει το μηχάνημα να προθερμανθεί στην κατάλληλη θερμοκρασία, ανάλογα με τον τύπο πλαστικού που θα λιώσουμε. Αφού έχει έρθει η επιθυμητή θερμοκρασία, ένας ή δύο μαθητές τοποθετούν το μίγμα από το μπολάκι που ετοίμασε η προηγούμενη ομάδα, στην κατάλληλη υποδοχή του μηχανήματος. Έπειτα τα παιδιά της ομάδας έγχυσης τραβούν τον μοχλό του μηχανήματος, ο οποίος δυναμικά θα είναι μακρύτερος απ' ό,τι συνήθως, έτσι ώστε να διευκολύνονται μηχανικά οι μικροί χρήστες, οι οποίοι δε διαθέτουν τη μυϊκή δύναμη των ενήλικων χειριστών. Αφού ολοκληρωθεί η έγχυση, ένας ή δύο μαθητές της ομάδας βγάζουν το καλούπι από το μηχάνημα και το παραδίδουν στην επόμενη ομάδα (μπορεί να χρειαστεί να τοποθετηθεί για λίγο σε νερό ώστε να ψυχθεί), η οποία θα προχωρήσει στην αποσυναρμολόγησή του. Αφού αυτή η ομάδα αποσυναρμολογήσει το καλούπι, αφαιρεί το εσωτερικό

προϊόν και ξανασυναρμολογεί το καλούπι, το οποίο είναι έτοιμο να ξαναχρησιμοποιηθεί από την ομάδα έγχυσης. Εντωμεταξύ η ομάδα έγχυσης, μπορεί να έχει πάρει κάποιο άλλο καλούπι για να δουλέψει, το οποίο θα δώσει στην ομάδα αποσυναρμολόγησης, όταν ολοκληρώσει την έγχυση και θα μπορεί να πάρει πάλι το προηγούμενο καλούπι και να επαναληφθεί η διαδικασία για τον εκάστοτε προβλεπόμενο αριθμό καλουπιών. Στο τελικό στάδιο της διαδικασίας, μια ομάδα αναλαμβάνει το κόψιμο των κομματιών που προεξέχουν και προχωράει σε εργασίες φινιρίσματος. Κάποια δείγματα από τα τελικά προϊόντα μπορούν να εκτίθενται κατ' ευθείαν σε βιτρίνα ή ράφια εντός του εργαστηρίου ή ακριβώς έξω από αυτό, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα χώρου. Αν υπάρχει μεγάλη παραγωγή, τα τελικά τεμάχια μπορούν να φυλάσσονται σε κατάλληλα δοχεία, μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους. Τα προϊόντα μπορούν να πωλούνται σε παζάρια από τα παιδιά, με σκοπό να στηρίξουν την εξέλιξη του εργαστηρίου, ή άλλες ομαδικές δραστηριότητες που θέλουν να κάνουν στο σχολείο ή και για εκδρομές εκτός. Τα προϊόντα που παράγονται από αυτό το μηχάνημα μπορούν να είναι πολλά σε αριθμό, οπότε μπορούν και τα παιδιά να κρατούν από ένα αντίτυπο. Επίσης το μαθητικό συμβούλιο, σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς μπορεί να αποφασίζει για την περαιτέρω διάθεση των προϊόντων.

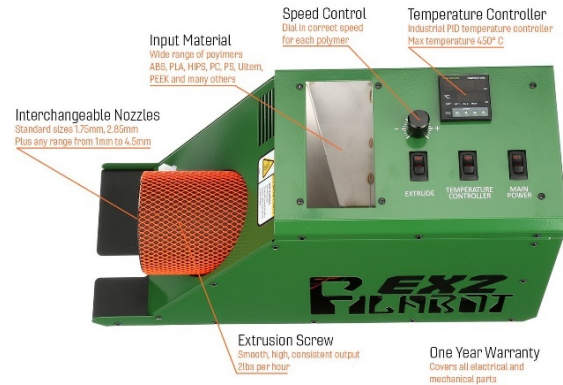
Λόγω της δύναμης η οποία απαιτείται για το εργαλείο έγχυσης και τη δουλειά με τα κοπτικά εργαλεία κατά το στάδιο του φινιρίσματος, προτείνεται αυτό το εργαστήριο να πραγματοποιείται με παιδιά ηλικιών από 8 χρονών και πάνω (3η τάξη).

6.9.4 Τρισδιάστατες εκτυπώσεις.

Προχωρώντας σε τεχνολογίες και τεχνικές τρισδιάστατης εκτύπωσης, φαίνεται να υπάρχουν διάφορες επιλογές. Μηχανήματα τα οποία δέχονται τις παράγωγες νιφάδες του shredder, συνήθως με περιορισμούς μεγέθους, μπορούν να παράξουν 3d printer filament,



Εικόνα 6.2 - 3devo filament maker – πηγή:
<https://3devo.com/filament-makers/>



Εικόνα 6.3 – Filabot Ex2 – πηγή:
<https://bazar.preciousplastic.com/machines/injection/injection-fully-built/injection-arbor-press-drive-ce-certified-community-version/>



Εικόνα 6.4 – Filabot EX6 πηγή: <https://www.filabot.com/collections/ex6-extruder/products/ex6-bundle>

Τα μηχανήματα της 3devo δέχονται θρύμματα μικρότερα των τεσσάρων χιλιοστών, έχουν κόστος αγοράς από 4.850 ευρώ έως 6.350 ευρώ και διαθέτουν πιστοποίηση CE. Το πρώτο μηχάνημα της filabot, Filabot Ex2 έχει κόστος αγοράς 2.747 USD και είναι το entry level μηχάνημα της εταιρίας. Μπορεί με δυσκολία να παράξει filament από PP, HDPE ή LDPE. Το δεύτερο, Filabot EX6, μπορεί να παράξει filament από κάποια από τα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο, όπως HDPE ή PP και κοστίζει 13.926 USD. Τα μηχανήματα αρχικά προορίζονται για την αμερικάνικη αγορά και δεν έχει διασταυρωθεί αν διαθέτουν πιστοποιητικό CE.

Διάφορες ακόμα εταιρίες παράγουν τέτοια μηχανήματα, όπως η filafab, η Robotdigg και μηχανήματα όπως το Strooder filament extruder, το Redetec protocycler και το wellzoom desktop filament extruder με κόστη από 750 έως και 2.500 ευρώ, καθώς επίσης και μίας ιταλικής εταιρίας της Felfil της οποίας η σειρά έχει κόστος περί τα 1000 ευρώ και η οποία κάνει και αναφορές σε διάφορα παιδαγωγικά προγράμματα στη σελίδα της. Ίσως έχει κάποιο παραπάνω ενδιαφέρον το μηχάνημα της felfil, λόγω της διαφάνειας του σώματός της μέσα από το οποίο οι μαθητές μπορούν να έρθουν σε επαφή με τα λειτουργικά κομμάτια μιας ηλεκτρονική συσκευής.

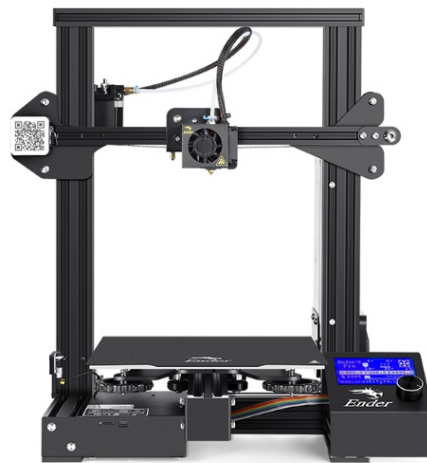


Εικόνα 6.9 - Felfil evo extruder – πηγή: <https://felfil.com>

το οποίο έπειτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε 3d printer για να παραχθούν εκτυπώσεις.



Εικόνα 6.10 – Prusa i3 MK3s+ - πηγή:
<https://www.prusa3d.com/>



Εικόνα 6.11 – Creality Ender 3 – πηγή:
<https://www.creality.com/goods-detail/ender-3-3d-printer>

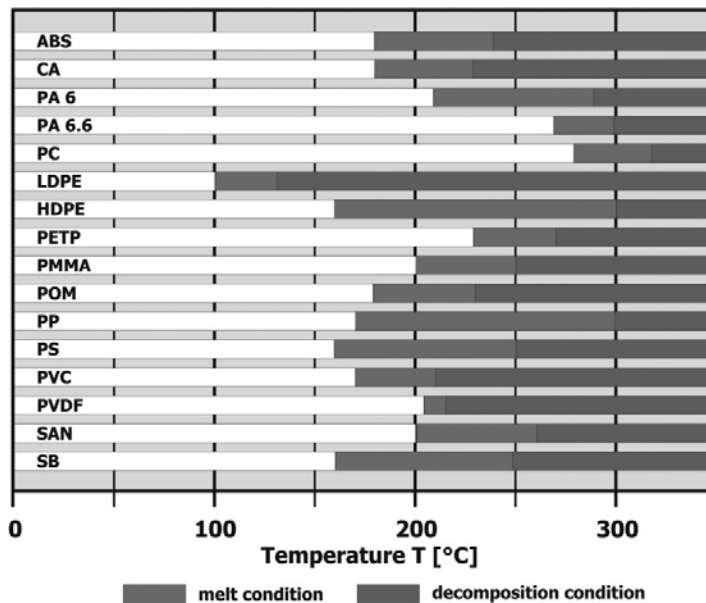
Δύο πολύ δημοφιλείς τρισδιάστατοι εκτυπωτές. Αριστερά βλέπουμε τον Prusa i3 MK3s+ ο οποίος έχει πάρει πληθώρα βραβείων και έχει κόστος 1000 ευρώ και δεξιά βλέπουμε τον Creality Ender 3 ο οποίος αξιολογείται από πολλούς χρήστες ως η καλύτερη επιλογή για φθηνό εκτυπωτή, με κόστος στα 200 ευρώ.

Μία πολύ ενδιαφέρουσα εναλλακτική χρήση του 3d printer filament είναι σαν πρώτη ύλη σε 3d pens



Εικόνα 6.12 – 3d pen – πηγή: <https://www.best3dprinterreviewer.com/best-3d-printing-pens/>

Οικονομικά 3d pens κοστίζουν μεταξύ 10 έως 30 ευρώ. Το εικονιζόμενο μπορεί να χρησιμοποιήσει filament πάχους 1,75 χιλιοστού και ενδείκνυται χρήση με ABS και PLA. Το ABS λιώνει σε θερμοκρασίες παρόμοιες με το HDPE και με το PP, οπότε χρήση ανακυκλώσιμων filament τέτοιων υλικών, εκτιμάται ότι θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί.



Εικόνα 6.13 – Θερμοκρασίες λιώσιμου και αποσύνθεσης θερμοπλαστικών – πηγή: https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527409726_c01.pdf

Με αυτά τα στυλό τα παιδιά μπορούν να φτιάξουν χειροποίητες τρισδιάστατες δημιουργίες στο εργαστήριο εικαστικών του σχολείου. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, προσοχή πρέπει να δοθεί στις συνθήκες εξαερισμού, τόσο στον χώρο παραγωγής παραγωγής του filament, όσο και σε αυτόν στον οποίο τα παιδιά χρησιμοποιούν τα 3d pens. Τα πλαστικά τα οποία χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο είναι τα πιο ασφαλή μεταξύ των ανακυκλώσιμων από άποψη τοξικότητας των αναθυμιάσεων, αλλά σε κάθε περίπτωση, αν 25 στυλό λιώνουν πλαστικό ταυτόχρονα, σε έναν κλειστό χώρο είναι πιθανό να συσσωρευτούν αναθυμιάσεις.

Ένα σημαντικό ζήτημα, αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία παραγωγής filament για τρισδιάστατους εκτυπωτές, είναι η ρουτίνα παραγωγής τους, καθώς δεν είναι μία εργασία η οποία φαίνεται να μπορεί να είναι ιδιαίτερα παιδαγωγική, ιδιαίτερα για μεγάλο αριθμό μαθητών ταυτόχρονα και σίγουρα όχι για μικρές τάξεις δημοτικού σχολείου. Έχει πολύ μεγάλη σημασία το νήμα που θα παραχθεί να έχει συμπαγή διάμετρο καθ' όλο το μήκος του. Όσο εμφανίζονται ατέλειες στην επιφάνεια του νήματος, τόσο περισσότερο υπάρχει πιθανότητα να μη λειτουργήσει σωστά η όποια εκτύπωση. Οποιοσδήποτε ακαθαρσίες περάσουν στο θρύμμα μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στην παραγωγή του νήματος. Επίσης, διαφορετικοί τύποι ακόμα και από την ίδια κατηγορία πλαστικού μπορεί να έχουν ελαφρώς διαφορετικές θερμοκρασίες λιωσίματος, λόγω διάφορων πρόσθετων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τους για να δώσουν διαφορετικές ιδιότητες. Όλα αυτά κάνουν την συγκεκριμένη εργασία περισσότερο απαιτητική από τις υπόλοιπες μεθόδους ανακύκλωσης πλαστικού και θα πρέπει να γίνει κατανοητό από την αρχή ποιος και σε ποιον χρόνο θα ασχοληθεί με την παραγωγή του filament, αν επιλεγθεί από το σχολείο να προχωρήσει σε αυτήν την διαδικασία, καθώς η χρήση του μηχανήματος δεν ενδείκνυται για αλληλεπίδραση με τους μαθητές και κυρίως μέσω της επίδειξης της διαδικασίας μπορεί να υπάρξει παιδαγωγική αξία. Υπάρχει αρκετή εξέλιξη σε αυτήν την τεχνολογία, κάτι το οποίο φαίνεται και από την πληθώρα diy κατασκευών που υπάρχουν (Xabbax's RepRap filament maker, Lyman filament extruder II, Filastruder Kit κλπ.) αλλά και από το πολύ μεγάλο εύρος τιμών στις οποίες μπορούν να βρεθούν τέτοια μηχανήματα. Πάντως όλα τα ευρήματα της έρευνας συνηγορούν στο ότι δεν πρόκειται για μια εύκολη διαδικασία, αλλά μια διαδικασία η οποία είναι πολλά υποσχόμενη, ερευνάται και εξελίσσεται αρκετά στις μέρες μας και σχετικά πρόσφατα έχει επιδείξει κάποια αποτελέσματα, από τις δυνατότητες τις οποίες μπορεί να φτάσει (Aubrey L. Woern, 2018).

Αντίστοιχα, βρίσκονται σε εξέλιξη τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης, στις οποίες χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη θρυμματισμένες νιφάδες πλαστικού, προερχόμενες από υποπροϊόντα της τρισδιάστατης εκτύπωσης, "κακές" εκτυπώσεις, αλλά και ανακυκλωμένα πλαστικά προϊόντα, και όλα αυτά θρυμματισμένα από shredder, με παρόμοιο τρόπο με τον οποίο έχουμε δει παραπάνω. Φαίνεται ότι υπάρχουν αποτελέσματα από αυτές τις τεχνικές, όπως για παράδειγμα με το Gigabot X, έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή μεγάλης κλίμακας, που πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα του 2019 (re3Dprinting, 2019) (Hamel, 2019), ή τον diy τρισδιάστατο εκτυπωτή του HomoFaciens (Norbert, 2020), ο οποίος φαίνεται να έχει έρθει σε κάποιο επίπεδο επιτυχίας τον Οκτώβριο του 2020 (HomoFaciens, 2020), αλλά είναι μάλλον νωρίς την παρούσα χρονική στιγμή, για να προταθεί μια τέτοια μέθοδος, τόσο λίγο δοκιμασμένη, για εφαρμογή σε εκπαιδευτικό πρόγραμμα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Μια τέτοια διαδικασία, μάλλον περισσότερο επικουρικά θα μπορούσε να συνυπάρξει σε αυτό το εργαστήριο, λόγω του ενδιαφέροντος και σχετικού ενθουσιασμού των υπευθύνων του.

6.9.5 Επεξεργασία με μηχανήμα εξώθησης (extrusion)

Το μηχανήμα εξώθησης έχει προταθεί από την κοινότητα του precious plastic για χρήση εξώθησης μιας συνεχόμενης λωρίδας λιωμένου πλαστικού, η οποία μπορεί να διαμορφωθεί και να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Από το να τυλιχθεί το τρέχον νήμα γύρω από κάποιο καλούπι, διάφορους τρόπους.



Εικόνα 6.14 – Precious Plastic Extruder_Basic πηγή: <https://preciousplastic.com/solutions/machines/basic.html>



Εικόνα 6.15 – Ο Dave Hakkens φτιάχνει αντικείμενα με τον extruder πηγή: youtube → Precious Plastic – at work

Από το να τυλιχθεί το τρέχον νήμα γύρω από κάποιο καλούπι, και να παραχθούν αντικείμενα με την ιδιαίτερη όψη ενός συνεχόμενου “μακαρονιού”, μέχρι το να παραχθούν αντικείμενα σε καλούπια, μεγαλύτερου όγκου από όσο είναι δυνατόν με την τεχνική της έγχυσης που είδαμε προηγουμένως. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η παραγωγή δομικών υλικών, όπως δοκαριών από πλαστικό!



Εικόνα 6.16 – Πλαστικά δοκάρια – πηγή: <https://preciousplastic.com/starterkits/buy/beams.html>

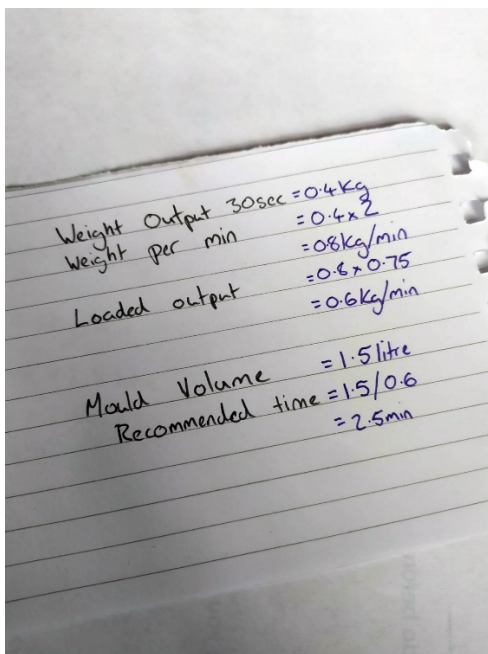
Στην περίπτωση εργασίας με καλούπι με το μηχάνημα εξώθησης, η ακολουθία των εργασιών είναι παρόμοια με αυτή των εργασιών έγχυσης. Οι διαφορές που παρατηρούνται είναι ο χρόνος πλήρωσης του καλουπιού από το μηχάνημα, που σε αυτήν την περίπτωση είναι μεγαλύτερος και πρέπει να υπολογιστεί με κάποια σχετική ακρίβεια, για να παραχθεί με επιτυχία το αποτέλεσμα. Η διαδικασία υπολογισμού και η προσέγγιση σε ένα πετυχημένο αποτέλεσμα είναι μια διαδικασία που περιέχει λάθη και κάποιους μαθηματικούς υπολογισμούς και μπορεί να αποτελέσει μέρος της παιδαγωγικής διαδικασίας στις μεγαλύτερες τάξεις του δημοτικού

Από την ομάδα του precious plastic προτείνεται η παρακάτω μέθοδος υπολογισμού του χρόνου εξώθησης. Ξεκινάμε ρυθμίζοντας το μηχάνημα στην ταχύτητα με την οποία θέλουμε να δουλέψουμε και το αφήνουμε να δουλέψει για 10 δευτερόλεπτα, κόβοντας το πλαστικό που θα βγει. Στη συνέχεια το αφήνουμε να δουλέψει για ακόμα 30 δευτερόλεπτα και το υλικό που θα παραχθεί σε αυτό το χρόνο το παίρνουμε και το ζυγίζουμε.



Εικόνα 6.17 – Λιωμένο πλαστικό στην έξοδο του extruder pro – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/extrude-into-a-closed-mould>

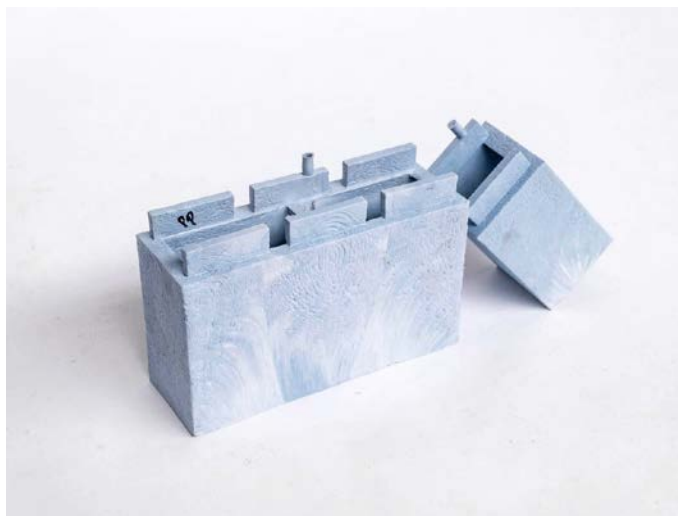
Ας υποθέσουμε ότι το παραγόμενο προϊόν αυτών των 30 δευτερολέπτων ζυγίζει 0,4 κιλά. Η πρώτη πράξη που θα πρέπει να κάνουμε είναι να το πολλαπλασιάσουμε με το 2 για να βρούμε πόσο πλαστικό εξωθεί το μηχάνημα στο λεπτό. Επειδή όμως η ροή που πήραμε ήταν χωρίς να υπάρχει κάποιο καλούπι ενωμένο στο μηχάνημα, άρα και χωρίς να υπάρχει κάποια πίεση, θα πρέπει να μειώσουμε το αποτέλεσμα κατά 25%. Τα παιδιά πιθανότατα να μην είναι εξοικειωμένα με την έννοια των ποσοστών σε αυτές τις ηλικίες, οπότε μπορούμε να μετατρέψουμε την πράξη σε κάποια περισσότερο οικεία τους, για παράδειγμα να τους ζητήσουμε να πολλαπλασιάσουν με $\frac{3}{4}$. Έχοντας ξεκινήσει από τα 0,4 κιλά, πολλαπλασιάζοντας με το 2 πήγαμε στα 0,8 κιλά και πολλαπλασιάζοντας και πάλι με το $\frac{3}{4}$ φτάσαμε στο 0,6 κιλά το λεπτό. Τέλος θα πρέπει να διαιρέσουμε τον όγκο του καλούπιού μας με το αποτέλεσμα που πήραμε. Αν το καλούπι μας για παράδειγμα έχει όγκο 1,5 λίτρο θα το διαιρέσουμε με το 0,6 και θα πάρουμε ένα αποτέλεσμα 2,5. Για 2,5 λεπτά λοιπόν αρχικά πρέπει να αφήσουμε το μηχάνημα να γεμίσει το καλούπι, πριν το κλείσουμε. Αφού ελέγξουμε το αποτέλεσμα είναι πολύ πιθανό να χρειαστεί να κάνουμε επόμενη δοκιμή, είτε προσθέτοντας, είτε αφαιρώντας 10 δευτερόλεπτα κ.ο.κ., έως ότου φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 6.18 – Σημειώσεις για παραγωγή τούβλου με extruder πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/extrude-into-a-closed-mould>

Αφού βρούμε αυτό το αποτέλεσμα, έπειτα μπορούμε να ξεκινήσουμε να παράγουμε κάποια αντίτυπα, δεδομένου ότι δεν θα αλλάξουμε το υλικό των νιφάδων, το μέγεθός τους ή την ταχύτητα τροφοδοσίας. Αν θέλουμε να αλλάξουμε κάτι από όλα αυτά, θα πρέπει να ξανακάνουμε το τεστ από την αρχή. Δεν έχει σημασία όμως τόσο το αποτέλεσμα εδώ, όσο η διαδικασία, η οποία μπορεί να δοθεί σαν πρόκληση υπολογισμών προς τους μαθητές, με τις μαθηματικές τους πράξεις να φέρνουν πραγματικά αποτελέσματα στην επιτυχία των αντικειμένων που δημιουργούμε. Άλλη μια φορά που η βιωματική διδασκαλία μπορεί να ωθήσει τα παιδιά και να τους δώσει πραγματικό ενδιαφέρον για μια συμπληρωματική στην προκειμένη επιστήμη, τα μαθηματικά.

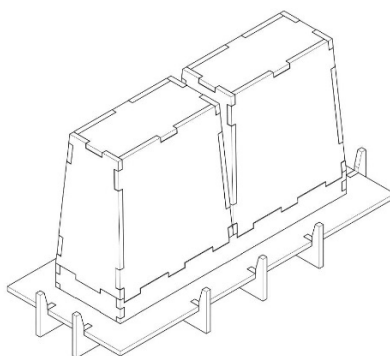
Για ένα πρόγραμμα απευθυνόμενο σε παιδιά, σχετικό με την διαδικασία εξώθησης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται να έχει η παραγωγή πλαστικών τούβλων κανονικής/μεγάλης κλίμακας.



Εικόνα 6.19 – Πλαστικό τούβλο – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/make-extruded-plastic-bricks>

Τα παιδιά είναι εξοικειωμένα με τα τουβλάκια τύπου lego, με τα οποία παίζουν από μικρή ηλικία και πόσο πολύ θα ενθουσιαστούν αν παράξουν τα δικά τους τουβλάκια μεγάλης κλίμακας, με τα οποία θα μπορούν να φτιάξουν προσωρινές ή και πιο μόνιμες κατασκευές στο σχολείο τους! Οι δυνατότητες που δίνονται με αυτά τα πλαστικά τούβλα είναι πάρα πολλές. Από το να δημιουργήσουν ένα σπιτάκι/γωνιά ηρεμίας στην τάξη τους, μέχρι να στήσουν το πρόχειρο μαγαζάκι τους σε σχέση με κάποια θεματική της τάξης ή να στήσουν γρήγορα κάποια μεσοτοιχία μέσα στην τάξη για κάποια άλλη δραστηριότητα. Γενικότερα η ύπαρξη αυτού του υλικού στο σχολείο, μπορεί να αποτελέσει σημαντική παρακαταθήκη δημιουργικότητας.

Τέτοιου τύπου τούβλα είχαν πρωτοπαραχθεί τη δεκαετία του 50 στην Αμερική και έχουν ξαναεισαχθεί σήμερα από την Everblock (Everblock, n.d.), την Speedybrick (Speedybick, n.d.), αλλά το πιο σημαντικό για την περίπτωσή μας, από την recycle rebuild (recyclerebuild, 2019). Άνθρωποι από αυτή την εταιρία, συνεργάστηκαν με την ομάδα του precious plastics, σχεδίασαν τη δική τους εκδοχή και ακολουθώντας τη λογική του ανοιχτού κώδικα, μοιράστηκαν ανοιχτά τα σχεδιαγράμματα των καλουπιών, καθώς και πληροφορίες για την κατασκευή των τούβλων.



Εικόνα 6.20 – Σχέδιο μέρους καλουπιού πλαστικού τούβλου – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/make-extruded-plastic-bricks>

Έτσι υπάρχουν αρκετά στοιχεία για κάθε σχολείο που θα καταφέρει να στήσει ένα εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού με μηχάνημα εξώθησης, ώστε να μπορέσει να δημιουργήσει τα δικά του πλαστικά τούβλα!



Εικόνα 6.21 – Κατασκευή τοιχοποιίας – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/build-brick-structures>



Εικόνα 6.22 – Κατασκευή από πλαστικά τούβλα πηγή: <https://preciousplastic.com/solutions/products.html>

Βέβαια, όσο εντυπωσιακή κι αν ακούγεται η παραγωγή αυτών των τούβλων, θα πρέπει να επισημανθούν κάποια σημαντικά στοιχεία, σχετικά με την δυσκολία επίτευξης αυτού του αποτελέσματος. Η παραγωγή των τούβλων είναι από τις δύσκολες εργασίες, όπως και γενικά η παραγωγή σε καλούπι με το μηχάνημα εξώθησης. Αυτός είναι ένας ακόμα λόγος, για τον οποίο η εφαρμογή αυτή προτείνεται για μαθητές μόνο μεγάλων τάξεων του σχολείου, οι οποίοι μάλιστα θα έχουν ολοκληρώσει κάποιους εργαστηριακούς κύκλους με χρήση ευκολότερων τεχνικών και μηχανημάτων, όπως το μηχάνημα έγχυσης. Επίσης, τα καλούπια μπορεί να είναι αρκετά βαριά για τους μαθητές αυτών των ηλικιών, γι' αυτό ίσως χρειαστεί να σχεδιαστεί βοηθητικό σύστημα άνετου χειρισμού και μεταφοράς τους, όπως ένα ειδικό φορείο για μεταφορά από περισσότερα άτομα (π.χ. κάποιο φορείο με λαβές που προεξέχουν, ώστε 2 ή 4 παιδιά να μπορούν να κουβαλούν ένα καλούπι από τη βάση όπου γίνεται η εξώθηση πλαστικού σε ένα μάνιο

νερού). Επιπλέον, για την παραγωγή ενός τούβλου του προαναφερόμενου τύπου, χρειάζονται περίπου 1,5 κιλό θρυμματισμένου υλικού, καθώς και για όποιο αντικείμενο είναι να κατασκευαστεί με το μηχάνημα εξώθησης, οπότε θα πρέπει το εργαστήριο να έχει ήδη παράξει αρκετό θρύμμα πλαστικού για να γίνει εφικτή αυτή η παραγωγή. Το κόστος μόνο των υλικών για τη δημιουργία ενός καλουπιού για τριπλό τούβλο κυμαίνεται περίπου στα 300 ευρώ, ενώ το κόστος για ένα πλήρες σετ αποτελούμενο από ένα καλούπι για τριπλό τούβλο, ένα καλούπι για διπλό και ένα για μονό, συν την ειδική μύτη για το μηχάνημα εξώθησης, φτιαγμένα και συναρμολογημένα από την εταιρεία σχεδίασής τους, ανέρχεται στα 1.660 ευρώ (Recycle Rebuild, 2020).[9] Ενδιαφέρον βέβαια έχει και η δημιουργία ενός μικρότερου τούβλου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν γλαστράκι,



Εικόνα 6.23 – Πλαστικά τουβλάκια-γλαστράκια – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/make-an-interlocking-brick>

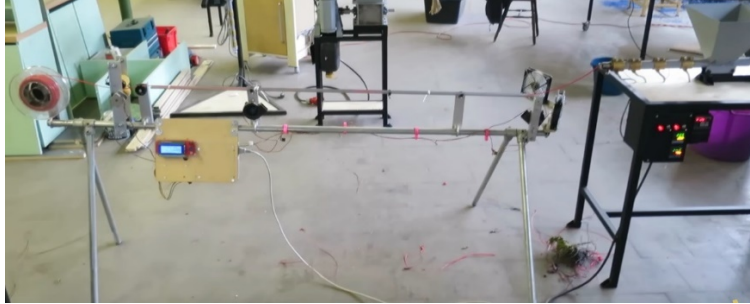


Εικόνα 6.24 – Σύνθεση από πλαστικά τουβλάκια-γλαστράκια – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/make-an-interlocking-brick>

σχεδιασμένο από τους BOPE από την Ταυλάνδη, μέλη της κοινότητας precious plastic, με τα καλούπια δημοσιευμένα προς κοινή χρήση, το οποίο όμως είναι μικρότερο (300 γραμμάρια θρύμματος χρειάζονται για την παραγωγή ενός αντίτυπου) και παράγεται με το μηχάνημα έγχυσης. Το καλούπι βέβαια για αυτό το τουβλάκι, χρειάζεται αρκετή δουλειά από cnc για να παραχθεί και πιθανότατα θα έχει κάποιο αξιόλογο κόστος.

Αντίστοιχα, δίνονται ελεύθερα τα σχέδια διαφόρων καλουπιών για τη δημιουργία διαφορετικών πολύ ενδιαφέροντων προϊόντων, στη σελίδα διαμοιρασμού και οδηγιών (how to's) του precious plastic (Precious Plastic, 2018).

Με το μηχάνημα εξώθησης του precious plastic, μπορεί επίσης να παραχθεί και filament για 3d printer, μιας και η ανατομία του είναι παρόμοια με αυτή των υπόλοιπων μηχανημάτων παραγωγής που αναφέραμε προηγουμένως. Υπάρχει αναφορά ήδη από το 2016, από τον ιδρυτή του project, Dave Hakkens (Hakkens, Precious Plastic - 3D printer Filament maker, 2016),



Εικόνα 6.25 – Παραγωγή filament με extruder precious plastic και συμπληρωματικό εξοπλισμό – πηγή youtube → Precious Plastic – 3d printer filament maker

αλλά δεν έχει υπάρξει μετέπειτα τεκμηρίωση, οπότε και αυτή η τεχνική συμπεριλαμβάνεται στις πειραματικές, οι οποίες μπορούν να γίνουν λόγω μεγαλύτερου ενδιαφέροντος από τους υπεύθυνους του εργαστηρίου, και εφόσον υπάρχει εκεί το μηχάνημα εξώθησης για χρήση με υπόλοιπες τεχνικές. Δεν μπορεί να περιληφθεί με βεβαιότητα από την αρχή σε κάποιον κύκλο σπουδών του εργαστηρίου. Έχοντας το μηχάνημα εξώθησης και συμπληρώνοντας το σύστημα με κάποιο σύστημα ψύξης του filament και κάποιο σύστημα τυλίγματός του, είναι πιθανό, με τις κατάλληλες ρυθμίσεις να μπορεί να παραχθεί filament, όπως έχει αναφερθεί από μέλη της κοινότητας precious plastic και επιπλέον υποστηρίζει μια γερμανική startup από φοιτητές με το προϊόν τους (Qitech, 2021).

6.9.6 Επεξεργασία με μηχάνημα συμπίεσης

Έχουν σχεδιαστεί και προταθεί από την ομάδα του precious plastic, δύο διαφορετικά μηχανήματα συμπίεσης, το ένα ήταν από την πρώτη έκδοση μηχανημάτων και ακολουθούσε τη λογική της χαμηλής/ήπιας τεχνολογίας, ενώ το δεύτερο είναι μέρος σειράς επαγγελματικών εργαλειομηχανών, ημιβιομηχανικής κλίμακας. Αν και το δεύτερο είναι ένα αρκετά ενδιαφέρον μηχάνημα, λόγω του μεγέθους του και του τρόπου χειρισμού του, δεν θα μας απασχολήσει για χρήση σε εργαστήριο που απευθύνεται σε παιδιά. Από την άλλη το πρώτο μηχάνημα φαίνεται να έχει μεγαλύτερο παιδαγωγικό ενδιαφέρον. Πρόκειται ίσως για την πιο απλή και ευκολοκατανόητη τεχνική, αφού στην ουσία αποτελείται από ένα φούρνο οικιακού τύπου, με την προσθήκη ηλεκτρονικών μερών ακριβούς ρύθμισης της θερμοκρασίας, εντός του οποίου θερμαίνονται τα θρύμματα πλαστικού μέχρι να φτάσουν στη θερμοκρασία λιωσίματός τους, συνοδευόμενο από ένα γρύλο αυτοκινήτου, ο οποίος ασκεί χειροκίνητα συμπίεση μέχρι να φανεί ότι ξεχειλίζει υλικό από το καλούπι.



Εικόνα 6.26 – Μηχάνημα συμπίεσης precious plastic basic – πηγή: <https://preciousplastic.com/solutions/machines/basic.html>

Αυτό το μηχάνημα θα μπορούσε να λειτουργήσει ίσως σαν το εισαγωγικό μηχάνημα με το οποίο έρχονται σε επαφή τα παιδιά. Η μορφή του, που τους είναι κατά κάποιο τρόπο οικεία, μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της βασικής αρχής της όλης διαδικασίας και της κοινής ιδιότητας των θερμοπλαστικών. Μπορεί αρχικά να συμπιέζεται κάποιο φύλλο πλαστικού, ώστε τα παιδιά να βλέπουν μέσα από το τζαμάκι του φούρνου το υλικό καθώς ξεχειλίζει από το καλούπι. Θα είχε ενδιαφέρον αν μπορούσε να κατασκευαστεί κάποιο καλούπι (σε μέγεθος μικρού μπολ ή δοχείου) από διάφανο υλικό, με ιδιότητες αντοχής τόσο σε μηχανική πίεση, όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες, ώστε να φαίνεται ακόμα καλύτερα το λιωμένο πλαστικό, καθώς κινείται μέσα στα τοιχώματά του. Το επίφοβο σε αυτή τη διαδικασία είναι η μεγάλη επιφάνεια από την οποία θα υπάρξει απώλεια αναθυμιάσεων και πιθανόν να μην ενδείκνυται για τα παιδιά να πλησιάσουν αρκετά κοντά κατά το άνοιγμα και το κλείσιμο της πόρτας του φούρνου, οπότε το στάδιο αυτό να πρέπει να γίνεται από τον επιβλέποντα του εργαστηρίου, με τα παιδιά σε ρόλο θεατή σ' αυτήν τη διαδικασία. Άλλη ιδιαιτερότητα σε αυτήν την τεχνική είναι ο μεγάλος χρόνος παραγωγής του αντικειμένου. Σύμφωνα με τις οδηγίες λειτουργίας (Precious Plastic, 2021), θα πρέπει να περάσει περίπου μισή ώρα αφού τοποθετηθεί το καλούπι στο φούρνο για να λιώσει το πλαστικό και να ασκηθεί η συμπίεση. Ως εκ τούτου ενδείκνυται αυτή η δραστηριότητα να συνδυαστεί με άλλες εργασίες εντός του εργαστηρίου, όπως η διαδικασία διαλογής και θρυμματισμού πρώτης ύλης ή ακόμα και να γίνεται παράλληλα παραγωγή με το μηχάνημα έγχυσης, αφού στο φούρνο συμπίεσης δεν θα χρειάζεται να παρίσταται κάποιος για να κάνει κάποια εργασία. Μπορεί να ρυθμιστεί χρονόμετρο που να ειδοποιεί τους συμμετέχοντες για το πότε να ελέγξουν το φούρνο, ώστε να προχωρήσουν με τα εκεί απαραίτητα βήματα, καθώς και να υπάρχει μηχανισμός ασφαλείας κλειδώματος της πόρτας του φούρνου, ο οποίος να μην επιτρέπει το εύκολο άνοιγμά του.

Επιπρόσθετα, στη βελτιωμένη εκδοχή του μηχανήματος, η ομάδα ανάπτυξης του precious plastic έχει αφαιρέσει το μηχανισμό πρεσαρίσματος εκτός του φούρνου, επισημαίνοντας ότι έτσι επιταχύνεται η όλη διαδικασία παραγωγής. Στην περίπτωση ενός σχολικού εργαστηρίου, θα μπορούσε να γίνεται χρήση ενός "οικιακού" φούρνου, αφιερωμένου αποκλειστικά για εργαστηριακή χρήση, σε συνδυασμό με μία ανεξάρτητη μονάδα πρεσαρίσματος από αυτές που διατίθενται στην αγορά, σχετικά μικρού μεγέθους. Η πρέσα αυτή θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε κινούμενη βάση με ροδάκια (που διαθέτουν κλείδωμα) και έτσι να μεταφέρεται και στο εργαστήριο εικαστικών, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιείται και σε άλλες δραστηριότητες, όπως βιβλιοδεσία ή χαρακτηριστική. Επίσης θα μπορούσε να σχεδιαστεί ειδικό προστατευτικό διάφανο "κέλυφος" για την πρέσα, το οποίο να μην επιτρέπει την λειτουργία της όσο αυτό είναι ανοιχτό.

6.9.7 Παράλληλη χρήση περισσότερων του ενός μηχανημάτων στο εργαστήριο.

Μέχρι τώρα θεωρήθηκε σαν δεδομένη η παρουσία ενός επιβλέποντα, υπεύθυνου του εργαστηρίου, ο οποίος και κατευθύνει τις δραστηριότητες. Σε περίπτωση που το τμήμα του σχολείου αποτελείται από μεγάλο αριθμό μαθητών (π.χ. μεγαλύτερο των 15 με 20 ατόμων) θα ήταν αρκετά αποδοτικότερο αν υπήρχε δυνατότητα να γίνεται παράλληλη χρήση περισσότερων του ενός μηχανημάτων. Όμως, λόγω της ασφάλειας πρωταρχικά των παιδιών και κατά τρίτον των μηχανημάτων, κρίνεται απαραίτητη η παρουσία ενός επιβλέποντα τουλάχιστον για κάθε μηχάνημα, το οποίο θα βρίσκεται σε λειτουργία. Ο κάθε επιπλέον επιβλέπων θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένος σχετικά με τη λειτουργία του μηχανήματος που επιβλέπει και να γνωρίζει τι θα πρέπει να κάνει σε περιπτώσεις δυσλειτουργιών των μηχανημάτων, αλλά και κάποιας επιπόλαιας συμπεριφοράς των παιδιών.

Εξαίρεση μπορεί να αποτελέσει η παραγωγή filament για τρισδιάστατη εκτύπωση, αφού είναι μια διαδικασία η οποία δεν απαιτεί αλληλεπίδραση από τους μαθητές, στην περίπτωση όμως αυτή, θα πρέπει να μην είναι δυνατή η πρόσβαση στο μηχάνημα αυτό από τους μαθητές. Η χρήση κάποιας βιτρίνας θα μπορούσε να είναι μία λύση, ώστε τα παιδιά να μπορούν να έχουν οπτική μόνο επαφή με τη διαδικασία.

Πιο συγκεκριμένα, αν ήταν εφικτή η παράλληλη στήριξη περισσότερων του ενός επιβλέποντα, θα μπορούσε η εβδομαδιαία ρουτίνα θρυμματισμού να αντικατασταθεί από εβδομαδιαία εργαστήρια/μαθήματα, στα οποία θα γινόταν παράλληλα ο θρυμματισμός με την παραγωγή αντικειμένων από ξεχωριστές ομάδες παιδιών, με έναν επιβλέποντα στο μηχάνημα θρυμματισμού και ένα άλλον επιβλέποντα στην παραγωγή, δίπλα στο μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιείται.

7 Ταχύρρυθμα σεμινάρια για παιδιά που δε φοιτούν στο σχολείο που βρίσκεται το εργαστήριο

Το κοινωνικό μοντέλο, σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές λύσεις που προσφέρει ένα τέτοιο εργαστήριο, αποτελούν καινοτόμες λύσεις διαχείρισης, κυρίως όμως ανάδειξης ενός παγκόσμιου έντονου προβλήματος και αφορμής/προτροπής για αλλαγή συμπεριφοράς. Ως εκ τούτου, θα είναι ωφέλιμο ένα τέτοιο εγχείρημα να είναι όσο πιο ανοιχτό γίνεται προς την υπόλοιπη κοινωνία, ώστε να έρχονται σε επαφή όσο το δυνατό μεγαλύτερα μέρη της. Σε αυτήν την κατεύθυνση, πέρα από πιθανές δράσεις επικοινωνίας με την γύρω περιοχή για συλλογή των πλαστικών τους και πώληση των παραγόμενων προϊόντων σε ανοιχτά δρώμενα, κρίνεται πολύ ενδιαφέρουσα και η περίπτωση ταχύρρυθμων ημερήσιων εργαστηρίων για μαθητές που δε φοιτούν στο συγκεκριμένο σχολείο και ενδιαφέρονται να γνωρίσουν από κοντά τη διαδικασία ανακύκλωσης πλαστικού. Επίσης, θα ήταν πολύ καλό να συμμετείχαν παιδιά του σχολείου, τα οποία έχουν δουλέψει με ενδιαφέρον στο εργαστήριο, σε ρόλους συνδημιουργίας και συνδιδασκαλίας με τον παιδαγωγό σε αυτό το εξωστρεφές εργαστήριο. Έτσι θα αναπτυχθεί άμεσα μια οικειότητα μεταξύ του επισκέπτη παιδιού με το εργαστήριο, αλλά και οι μαθητές του σχολείου, μέσω της ενεργού συμμετοχής τους και της ανάληψης ρόλων και καθηκόντων, θα ενισχύουν την κριτική τους σκέψη και τη συνειδητότητά τους. Την αναγκαιότητα εμπλοκής των μαθητών στον εκπαιδευτικό προγραμματισμό των δράσεων άλλωστε έχουν υποστηρίξει ήδη οι Makarenko, Montessori και Decroly εδώ και πολλές δεκαετίες, όπως είδαμε σε εισαγωγικό κεφάλαιο, αλλά έχουν δημοσιευτεί και πιο σύγχρονες ενδιαφέρουσες έρευνες, όπως αυτή της Bang Jeon Lee με τίτλο “Πώς να σχεδιάζεις για και με παιδιά” (Lee, 2019).

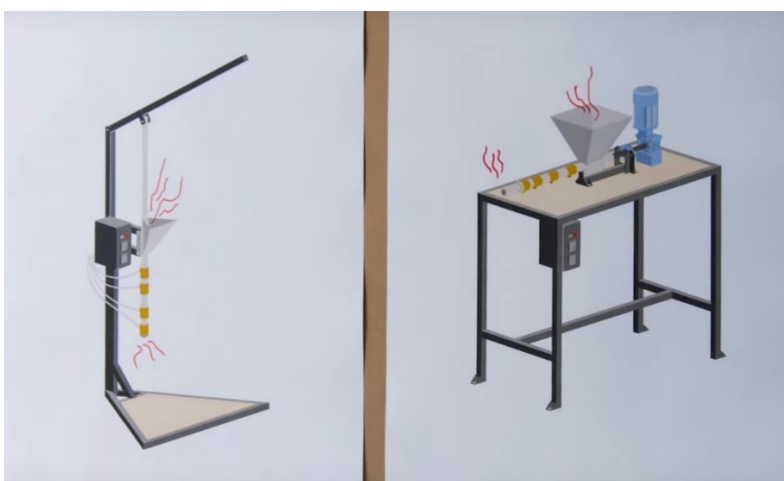
Ένα ημερήσιο τέτοιο πρόγραμμα μπορεί να ξεκινάει με τα παιδιά να έρχονται στο χώρο του εργαστηρίου, φέρνοντας μαζί τους τα πλαστικά υποπροϊόντα, που δημιούργησαν τις τελευταίες ημέρες. Θα συνεχίζει με τον διαχωρισμό τους και το τακτικό καθάρισμα, και παράλληλα θα εξηγούνται στα παιδιά η έννοια του θερμοπλαστικού και του θερμοσκληρυνόμενου με κάποιο παράδειγμα. Επίσης, θα γίνεται αναφορά στα σύμβολα κατηγοριοποίησης των πλαστικών που βρίσκονται πάνω στις συσκευασίες. Τα παιδιά θα πρέπει να διαχωρίσουν στο τέλος τα πλαστικά τα οποία καθάρισαν μόνα τους. Επόμενο βήμα θα είναι η θρυμματοποίηση των πλαστικών ανά κατηγορία. Αν τα παιδιά έχουν φέρει μαζί τους αρκετά πλαστικά από τις κατηγορίες με τις οποίες δουλεύουμε, καλό θα είναι να χρησιμοποιήσουμε τα θρύμματα που δημιουργήθηκαν από αυτά, για να προχωρήσουμε στη δημιουργία αντικειμένων, κατά προτίμηση με το μηχάνημα έγχυσης, καθώς είναι το καταλληλότερο για σύντομη παραγωγή αντιτύπων. Στο τέλος τους δείχνουμε τη γυάλα με το πείραμα ταφής, όπου μέσα της φαίνεται καθαρά το πλαστικό αντικείμενο σε άριστη κατάσταση, ενώ το οργανικό έχει ήδη διαλυθεί (ή είναι σε αποσύνθεση) και τους εξηγούμε τη δυσκολία του κύκλου ζωής του πλαστικού. Έτσι, τα παιδιά θα καταλάβουν καλύτερα ότι τα αντικείμενα τα οποία παράγει μόνη της η φύση ξέρει και να τα αποδομεί πολύ εύκολα, ενώ τα αντικείμενα που παράγονται μέσα από σύνθετες ανθρώπινες διαδικασίες, πολλές φορές δυσκολεύεται πολύ να τα αποδημήσει μόνη της. Τονίζεται πόσο εξαιρετικά δύσκολη είναι η διαδικασία διαχωρισμού μεταξύ των κατηγοριών πλαστικού, αν σκεφτούμε την ποσότητα που πετιέται καθημερινά, καθώς επίσης και πόσα χρήματα απαιτούνται για να αγοράζουμε και να φτιάχνουμε μηχανήματα, αλλά και την μεγάλη ποσότητα ενέργειας που ξοδεύουμε, τόσο προσωπικών, όσο και φυσικών πόρων, για να τρέχουμε αυτές τις διαδικασίες και να εκπαιδεύουμε τους ανθρώπους “στο πώς να φέρονται”.

8 Υγεία και ασφάλεια

8.1 Κίνδυνοι – Μέτρα προστασίας - εξοπλισμός ασφαλείας.

Πρωταρχικό μέλημα σε ένα τέτοιο εργαστήριο, αλλά και σε κάθε εργαστήριο στο οποίο δραστηριοποιούνται παιδιά, είναι η ασφάλειά τους. Απαραίτητη είναι η καλλιέργεια και η επίδειξη υπομονής από τους μαθητές. Η λειτουργία του εργαστηρίου στηρίζεται σε μια σειρά διαδικασιών και η βιασύνη, εκτός από μη επιτυχή αποτελέσματα, μπορεί να οδηγήσει σε ατυχήματα. Ένας καθαρός και οργανωμένος χώρος βοηθάει στην αποφυγή λαθών και απόσπασης της προσοχής. Πέρα αυτών, δύο είναι οι κύριες πηγές επικινδυνότητας σε ένα εργαστήριο επεξεργασίας πλαστικών. Πρώτον, η εισπνοή τοξικών αναθυμιάσεων και δεύτερον εγκαύματα από πιθανή επαφή σημείων του δέρματος με ζεστά σημεία των μηχανημάτων ή με λιωμένο πλαστικό, που μόλις έχει εξαχθεί από τα μηχανήματα.

Σχετικά με τις αναθυμιάσεις, όπως ήδη έχει γίνει αναφορά, στο εργαστήριο δουλεύουμε μόνο με τα λιγότερο τοξικά θερμοπλαστικά, το PE, το PP και το PET. Επίσης, είναι πολύ βασικό τα πλαστικά αυτά να λειώνονται σε όσο το δυνατόν χαμηλότερες θερμοκρασίες και για όσο το δυνατόν λιγότερο χρονικό διάστημα. Αν μεγαλώσουν οι θερμοκρασίες και το πλαστικό καεί, δημιουργούνται πολύ τοξικότερες αναθυμιάσεις, κάτι που μπορεί να δημιουργηθεί και όταν για μεγάλο χρόνο παραμένει το πλαστικό σε υψηλή θερμοκρασία. Παρ' όλα τα μέτρα που λαμβάνονται κατά τη ροή των εργασιών, για την προστασία από τις όποιες τυχόν αναθυμιάσεις, πρέπει να παρθούν και κάποια επιπλέον μέτρα. Συγκεκριμένα, θα είναι πολύ καλό αν το εργαστήριο έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί σε χώρο, ο οποίος να μπορεί να μετατρέπεται από κλειστός σε ημιυπαίθριος και το αντίστροφο. Έτσι, όποτε το επιτρέπουν οι εξωτερικές καιρικές συνθήκες, δουλεύοντας σε έναν ημιυπαίθριο χώρο, θα αποτρέπεται η όποια συγκέντρωση αναθυμιάσεων. Δεύτερον πρέπει να υπάρχει επαρκής εξαερισμός στα σημεία τα οποία δημιουργούνται οι αναθυμιάσεις. Αυτό μπορεί να γίνει με εύκαμπτους σωλήνες εξαερισμού, τοποθετημένους δίπλα στις πηγές των αναθυμιάσεων των μηχανημάτων. Συγκεκριμένα στο μηχάνημα έγχυσης και στο μηχάνημα εξώθησης, οι αναθυμιάσεις εξέρχονται από τα εικονιζόμενα με κόκκινο χρώμα σημεία στην παρακάτω εικόνα (Precious Plastic, 2020).



Εικόνα 8.1 – Έξοδος αναθυμιάσεων – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/academy/plastic/safety>

Δίπλα σε κάθε ένα από αυτά τα σημεία, θα πρέπει να τοποθετηθεί υποδοχή εξαερισμού, ικανή να τραβήξει τις αναθυμιάσεις που εξέρχονται από αυτά. Επίσης σημαντικό είναι να υπάρχουν στο εργαστήριο αρκετές **μάσκες με φίλτρα ενεργού άνθρακα**, καθώς και ανταλλακτικά φίλτρα για αυτές. Όταν τα παιδιά έρχονται σε κοντινή επαφή με τα μηχανήματα ή αν είναι αυξημένο το επίπεδο αναθυμιάσεων στο χώρο, θα πρέπει να τις φοράνε. Μπορούν να έχουν μαζί τους **υφασμάτινες καθαρές μάσκες**, για να φορούν μεταξύ του προσώπου τους και των масκών αυτών, ώστε να προφυλάσσονται από μεταδοτικές ασθένειες. Σε οποιαδήποτε στιγμή, αν κάποιο παιδί δηλώσει αναπνευστική ενόχληση, θα πρέπει να απομακρύνεται από το χώρο του εργαστηρίου.

Σχετικά με τον κίνδυνο εγκαύματος, τα μηχανήματα θα πρέπει να διαθέτουν προστατευτικά μέρη, έτσι ώστε τα παιδιά να μην μπορούν να έρθουν σε επαφή με την πλειοψηφία των θερμών σημείων των μηχανημάτων. Τα σημεία που αναγκαστικά θα μένουν ακάλυπτα θα είναι μόνο τα σημεία εξόδου του λιωμένου πλαστικού. Τα παιδιά που έρχονται σε άμεση επαφή με τα μηχανήματα θα πρέπει επίσης να φορούν **πυρίμαχα γάντια**, τα οποία θα διατίθενται στο εργαστήριο. Επίσης, υπάρχει άμεσα προσβάσιμο **κιτ πρώτων βοηθειών**, το οποίο περιέχει αλοιφή για εγκαύματα. Εξαιρετική επουλωτική ιδιότητα για τα εγκαύματα έχει παρατηρηθεί επίσης ότι έχει το ασπράδι αυγού, με άμεση επάλειψη στην πληγή.

Όσοι δουλεύουν με τον shredder ή με εργασίες κοπής, θα πρέπει να φορούν **προστατευτικά γυαλιά**. Σκόνη και μικροπλαστικά δημιουργούνται, τα οποία μπορεί να εξέλθουν στον περιβάλλοντα χώρο κατά τη διαδικασία της θρυμματοποίησης με τον shredder, ανάλογα από τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε μηχανήματος. Ίσως τα παιδιά χρειαστεί να φορούν απλή **μάσκα προσώπου** για να μην τα αναπνέουν, αλλά καλό είναι το μηχάνημα να έχει κάλυμμα στην είσοδό του που να μην αφήνει από εκεί να εξέλθουν τα μικροσωματίδια και επίσης το δοχείο συλλογής να είναι τοποθετημένο εφαρμοστά στην έξοδο, ώστε να μην υπάρχει από εκεί περιθώριο εξόδου μικροπλαστικών. Εναλλακτικά, μπορεί να υπάρχει είσοδος της μονάδας εξαερισμού στο σημείο το οποίο αφήνει τη διαρροή να περάσει, η οποία να είναι καλυμμένη με φίλτρο το οποίο δε θα επιτρέπει την εισροή των μικροσωματιδίων, αλλά θα τα μαζεύει όλα στην επιφάνειά του. Ή να χρησιμοποιηθεί κάποιο κυκλωνικό σύστημα απευθείας στην έξοδο του shredder, το οποίο να μαζεύει τα θρύμματα, με παρόμοιο τρόπο όπως προτείνει ο [infoplasticorgau](https://community.preciousplastic.com/how-to/reduce-micro-plastic-dust-when-shredding) στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 8.2 – Σύστημα απορρόφησης μικροσωματιδίων – πηγή: <https://community.preciousplastic.com/how-to/reduce-micro-plastic-dust-when-shredding>

Καλό θα είναι βέβαια σε μία τέτοια περίπτωση, το μοτέρ εξαερισμού να μην βρίσκεται δίπλα στο χώρο εργασίας, έτσι ώστε να μην επικρατούν υψηλά επίπεδα θορύβου από αυτό. Επίσης στην είσοδο του χωνιού του shredder, καλό είναι να υπάρχει κάλυμμα, το οποίο με κάποιον διακόπτη να μην αφήνει το μηχανήμα να δουλέψει όταν αυτό είναι ανοιχτό. Έτσι, θα λειτουργεί και σαν δικλίδα ασφαλείας για την αποφυγή επαφής χεριών του χρήστη με λεπίδες, αλλά και δε θα αφήνει όποια μικροσωματίδια να εξέρχονται από εκεί κατά τη λειτουργία του μηχανήματος.

Όσα παιδιά δουλεύουν μέσα στο εργαστήριο θα πρέπει να φορούν **λευκή "ρόμπα" εργαστηρίου** πάνω από τα ρούχα τους. Τους έχουν ήδη δοθεί υποδείξεις ότι πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί όταν δουλεύουν σε έναν εργαστηριακό χώρο και να ακολουθούν πάντα τις σχετικές οδηγίες ασφαλείας. Η ένδυση με τη λευκή ρόμπα εργαστηρίου δίνει μια αίσθηση "σπουδαιότητας και σοβαρότητας" στους μικρούς ανακυκλωτές και τους βοηθάει σ' αυτήν την κατεύθυνση, ώστε να πάρουν πιο σοβαρά την αποστολή τους και να συνειδητοποιήσουν ότι βρίσκονται σε έναν πολύ συγκεκριμένο και διαφορετικό χώρο του σχολείου, στον οποίο πρέπει να τηρούνται οι σχετικοί κανόνες. Αυτή η ρόμπα προστατεύει τα ρούχα τους από τυχόν πιτσιλίσματα πλαστικού, αλλά κυρίως ο ρόλος της είναι τελετουργικός. Μέσα από την ένδυση αυτή τα παιδιά νιώθουν ότι παίρνουν κάποιο ρόλο και ότι βρίσκονται σε ένα χώρο όπου πρέπει να φέρονται διαφορετικά. Σκοπός είναι να νιώσουν το επίπεδο προσοχής που πρέπει να έχουν σε ένα εργαστήριο, όπου χρησιμοποιούνται εργαλεία και γίνονται εργασίες που μπορεί να εγκυμονούν κάποιους κινδύνους.

Τα είδη προστασίας είναι πιθανό να μη μπορούν να βρεθούν εύκολα σε παιδικές διαστάσεις. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να γίνει ειδική παραγγελία από εργαστήρια κατασκευής, ώστε να ραφτούν λευκές ρόμπες και γάντια από πυρίμαχο ύφασμα στα κατάλληλα μεγέθη. Μάσκες με φίλτρα ενεργού άνθρακα διατίθενται σε υφασμάτινη μορφή, αν δεν βρεθούν κατάλληλες πλαστικές που να μπορούν να εφαρμόσουν σε πρόσωπό παιδιών μικρών ηλικιών.

8.2 Πρακτικές χρήσης και ασφάλειας - κανόνες εργαστηρίου

Κάποιοι βασικοί κανόνες χρήσης και ασφάλειας που προτείνονται για την εργασία στο εργαστήριο και οι οποίοι μπορούν να υπάρχουν μόνιμα αναρτημένοι σε εμφανές σημείο του χώρου, είναι οι εξής:

1. Η χρήση οποιουδήποτε μηχανήματος πρέπει να γίνεται υπό την επίβλεψη εκπαιδευτικού
2. Όλοι όσοι δουλεύουν στο εργαστήριο, φορούν πάντοτε τον απαραίτητο εργαστηριακό εξοπλισμό, ανάλογα με τη δραστηριότητα που κάνουν.
3. Όταν λειτουργεί το εργαστήριο, θα πρέπει πάντα να υπάρχει ο απαραίτητος εξαερισμός, είτε μέσω της αντίστοιχης ηλεκτρικής εγκατάστασης, είτε φροντίζοντας για την επαρκή εναλλαγή του εσωτερικού με τον εξωτερικό αέρα.
4. Αν δημιουργηθεί οποιαδήποτε ένταση μεταξύ των συμμετεχόντων, κλείνουμε το μηχανήμα με το οποίο πραγματοποιείται η όποια εργασία και φροντίζουμε για την επίλυσή της, πριν το επανεκινήσουμε και συνεχίσουμε.
5. Οι συμμετέχοντες έχουν την ευθύνη να αφήνουν το εργαστήριο καθαρό και τακτοποιημένο, όπως το βρήκαν.
6. Λοιποί συμπληρωματικοί κανόνες είναι δυνατό να αποφασίζονται, ύστερα από συζήτηση και συμφωνία με τα παιδιά.

Εκτός από κάποιους αδιαμφισβήτητους κανόνες ασφαλείας που θα πρέπει να υπάρχουν για την αποφυγή ατυχημάτων, μπορούν να υιοθετηθούν και επιπλέον κανόνες και πρακτικές, με σκοπό την ασφάλεια αλλά και την υπευθυνότητα των παιδιών. Ένα παράδειγμα είναι η υιοθέτηση ρόλων παρόμοιων με μιας βιοτεχνικής ή βιομηχανικής μονάδας παραγωγής (Heusel, 1958). Ένας μαθητής σε ρόλο επιστάτη μπορεί να έχει ευθύνη γενικής επίβλεψης του χώρου και να έχει ρόλο βασικού βοηθού του εκπαιδευτικού, μπορεί να υπάρχει επίσης ρόλος βοηθού επιστάτη, κάποιος υπεύθυνος εργαλείων, κάποιος μηχανικός ασφαλείας, υπεύθυνος υλικών και υπεύθυνος καθαριότητας (Heusel, 1958). Σε κάποιες θέσεις μπορεί αντί για ατομική ανάθεση, να δημιουργείται μία μικρή ομάδα και όλοι αυτοί οι ρόλοι να είναι κυκλικοί κάθε φορά. Την συνολική επίβλεψη και ευθύνη φυσικά την έχει ο επιβλέπων εκπαιδευτικός και μπορεί να γίνεται, ή όχι, ανάθεση σε συγκεκριμένους μαθητές, βάση προσωπικών στοιχείων. Μία ακόμα πρακτική που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να πάρουν στα σοβαρά οι μαθητές τη σπουδαιότητα του παράγοντα ασφάλειας σε ένα εργαστήριο με μηχανήματα είναι, πριν μπουν για πρώτη φορά στο εργαστήριο, να αφιερωθεί χρόνος για να τους επισημανθούν και να συζητηθούν οι κανόνες ασφαλείας και στη συνέχεια να ακολουθηθεί ένα "τεστ" κατανόησής τους. (Ryan, 2006).

Το προσωπικό επίβλεψης του εργαστηρίου πρέπει να είναι εκπαιδευμένο στη χρήση των μηχανημάτων και να μπορεί να αντιμετωπίσει πιθανά προβλήματα κατά τη διαδικασία λειτουργίας του. Στα μηχανήματα υπάρχουν διακόπτες διακοπής λειτουργίας τους, τη χρήση των οποίων θα πρέπει να γνωρίζουν και τα παιδιά, και στο χώρο βρίσκονται τοποθετημένοι πυροσβεστήρες σε ορατά σημεία. Η αίθουσα του εργαστηρίου θα πρέπει να έχει επαρκή φωτισμό και να διαθέτει ηλεκτρολογικό πίνακα με γενικό διακόπτη, ο οποίος δυνητικά θα κλειδώνει και να μπορεί να κλείνει όταν το εργαστήριο δεν είναι σε λειτουργία, έτσι ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να λειτουργήσει κάποιο μηχάνημα χωρίς τον κατάλληλο επιβλέποντα. Επίσης θα πρέπει να εξασφαλιστεί ο αποκλεισμός χρήσης και λειτουργίας όλων των μηχανημάτων από τα παιδιά, χωρίς επιβλέποντα. Κρίνεται σκόπιμο να υπάρχει ξεχωριστός διακόπτης ενεργοποίησης του κάθε μηχανήματος μέσα στον ηλεκτρολογικό πίνακα, ώστε να έχει ανοίξει ο εκπαιδευτικός μόνο αυτόν που αντιστοιχεί στο μηχάνημα με το οποίο θα δουλέψει η ομάδα. Φυσικά πρέπει να υπάρχει η απαραίτητη ηλεκτρολογική εγκατάσταση εργαστηριακού χώρου με ρελέ διαρροής, υπερτασικό και αντικεραυνικό στοιχείο και αν υπάρχει οποιαδήποτε παραπάνω πρίζα στο χώρο να είναι με απομόνωση φάσης (μετασχηματιστής 1:1).

9 Γενικές/Συμπληρωματικές παρατηρήσεις

Παραπάνω έγινε αναφορά σε ενδεικτικούς τρόπους λειτουργίας ενός εργαστηρίου ανακύκλωσης πλαστικού για παιδιά ηλικιών 6 με 12 ετών. Σαφώς η ροή μπορεί να πάρει διαφορετική κατεύθυνση κατά την εξέλιξη του κύκλου τους. Η αναφορά γίνεται για κύκλους μαθημάτων, οι οποίοι διαπερνούν ολόκληρη τη σχολική φοίτηση κατά την εξαετία του πρωτοβάθμιου κύκλου σπουδών. Είναι πολύ θετικό και απαραίτητο ο εκπαιδευτικός να αφουγκράζεται τα παιδιά και να αναπροσαρμόζει το πρόγραμμα ανάλογα με τις ανάγκες, αλλά και τις προτάσεις τους. Το εργαστήριο θα αποδώσει πολύ καλύτερα στη γενικότερη εξέλιξη του χαρακτήρα του παιδιού, αλλά και θα υποστηριχθεί καλύτερα το αντικείμενό του, αν ακολουθεί αρχές βιωματικής μάθησης και όχι κάποιου δασκαλοκεντρικού μοντέλου. Οπότε θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια σύνδεσης των ενδιαφερόντων των παιδιών και της καθημερινής ζωής τους, και το πρόγραμμα να είναι ευέλικτο, ώστε να μπορεί να αναπροσαρμοστεί και να αξιοποιηθούν οι εκάστοτε αναδυόμενοι συμπληρωματικοί στόχοι καθώς και να εφαρμόζεται κριτικός αναστοχασμός. Στη βιωματική μάθηση ο ρόλος του παιδαγωγού είναι αυτός του εμπυχωτή, ο οποίος αποσκοπεί στη σύσταση παιδαγωγικών σχέσεων: σεβασμού, ισότιμης επικοινωνίας προσώπων και ελευθερίας. Η βιωματική κουλτούρα θέλει να στηρίξει την αυτενέργεια, τον σεβασμό των διαφορετικών απόψεων και την κριτική σκέψη (Reynolds, 2008) (Wurdinger, 2005) (Dewey J. B., 1985) (Αγγελική Μπαστέα, 2016). Σε οποιαδήποτε σχολική δραστηριότητα, πρέπει να έχουμε στο νου μας ότι προσπαθούμε να καλλιεργήσουμε σφαιρικά την ανθρώπινη νοοτροπία, γι' αυτό δεν είναι δόκιμο να περιορίζεται η εστίαση μας σε επιμέρους τεχνικά ζητήματα.

Αφού ολοκληρώσουμε έναν κύκλο παραγωγής, δείχνουμε στα παιδιά και άλλες σύγχρονες καινοτόμες λύσεις, πέρα από αυτές με τις οποίες δουλεύουμε. Σκοπός είναι να τους δείξουμε ότι ο τρόπος με τον οποίο δουλεύουμε είναι μόνο ένας από τους πολλούς που μπορεί να υπάρξουν και ότι διάφοροι εφευρετικοί άνθρωποι έχουν βρει πολύ ενδιαφέρουσες ιδέες και δουλεύουν για να τις εξελίξουν. Τέτοιες μικροπαρουσιάσεις κρίνεται σκόπιμο να γίνουν, αφού έχουν ολοκληρώσει τα παιδιά κάποιο εργαστήριο παραγωγής προϊόντων με ένα από τα προαναφερθέντα εργαλεία, ώστε να γίνει καλύτερα η σύνδεση στο μυαλό των παιδιών. Ένα παράδειγμα είναι η περίπτωση του Ολλανδού σχεδιαστή Dirk van der Kooy και το βίντεο στο οποίο τον βλέπουμε να μιλάει για τους τεράστιους τρισδιάστατους εκτυπωτές που σχεδιάζει και χρησιμοποιεί με την ομάδα του (Holtman, 2013). Επίσης, μπορεί να γίνει αναφορά στη σχεδιαστική προσέγγιση cradle to cradle (William McDonough, 2002), κατά την οποία τα αντικείμενα που σχεδιάζονται για παραγωγή, θα πρέπει να φέρουν και επόμενη χρήση κατά το τέλος του κύκλου ζωής τους.

Η δυσκολία της όλης διαδικασίας (πρέπει να) εξυπηρετεί και τον βαθύτερο στόχο, δηλαδή να δείξει στα παιδιά την πραγματική δυσκολία που υπάρχει στον πλανήτη με το πρόβλημα του πλαστικού. Είμαστε εφευρετικοί άνθρωποι, βρίσκουμε δημιουργικές λύσεις για τα προβλήματά μας και τις φέρνουμε στην κλίμακά μας, αλλά η υπερβολική παραγωγή πλαστικού, ενός υλικού το οποίο αφομοιώνεται πολύ δύσκολα από τη φύση, παραμένει το βασικό πρόβλημα που πρέπει να κατανοήσουν βαθιά, για να το αντιμετωπίσουν μαζί μας οι νέες γενιές.

Η έμπνευση για τον σχεδιασμό ενός τέτοιου εργαστηρίου, καθώς και το μεγαλύτερο κομμάτι της έρευνας στο οποίο βασίζεται αυτό, προέρχεται από εργασία της ανοιχτής κοινότητας του precious plastic. Ως εκ τούτου, το εργαστήριο αυτό και από ηθική άποψη, αλλά και από συμφέρον του ίδιου και της κοινότητας,

“οφείλει” να γίνει επίσημα μέρος αυτής. Να τοποθετηθεί στον παγκόσμιο χάρτη εργαστηρίων και σημείων ενδιαφέροντος της κοινότητας και να συνδιαλλαγεί με αυτήν.

Θετική εξέλιξη θα ήταν να ιδρυθεί κανάλι επικοινωνίας, το οποίο να αφορά συγκεκριμένα την εκπαίδευση στις μικρές ηλικίες σε σχέση με τις ανάγκες των ίδιων των μαθητών, όπου εκπαιδευτικοί και ενδιαφερόμενοι που θέλουν να κάνουν εκπαιδευτικά σεμινάρια, να μπορούν να συνδιαλλαγούν.

Επίσης θα μπορούσε να υπάρχει συγκεκριμένος τομέας για να επικοινωνούν τα ίδια τα παιδιά, μέσω λογαριασμών του σχολείου, είτε μόνα τους, είτε με τη βοήθεια των δασκάλων τους. Η επικοινωνία αυτή πιθανότατα να πρέπει, ή τουλάχιστον είναι καλό να γίνει, στη διεθνώς κοινή γλώσσα επικοινωνίας, τα Αγγλικά, μιας και σ’ αυτήν υπάρχει πάρα πολύ πληροφορία και ενεργοί δίοδοι επικοινωνίας. Σ’ αυτή τη κατεύθυνση μπορεί να εμπλακεί ενεργά και η ξενόγλωσση εκπαίδευση, μέσω της αξίας της ανάπτυξης κινήτρου επικοινωνίας καθώς και της δημιουργίας συνθηκών χρήσης της γλώσσας σε πραγματικές περιστάσεις επικοινωνίας και δράσης (Puren 2010) (Λάχλου, 2015).

Η βιωματική προσέγγιση στο μάθημα της ξένης γλώσσας μπορεί να αποκαλείται «μετα-επικοινωνιακή» (post-communicative), διότι προχωράει πέρα από τους γλωσσικούς και επικοινωνιακούς-λειτουργικούς στόχους διδασκαλίας/μάθησης, θέτοντας στόχους συλλογικής κοινωνικής και πολιτισμικής δράσης. Επίσης προχωράει πέρα από τις γλωσσικές ασκήσεις (σε τεχνητό και κατασκευασμένο περιβάλλον) και τις επικοινωνιακές δραστηριότητες προσομοίωσης (παιχνίδια ρόλων, κλπ.) σε επιτυχή έκφραση και διάδραση στην πραγματική ζωή (Puren, 2010) σε θέματα που ανταποκρίνονται στο επίπεδο, τις ανάγκες, τις κλίσεις και τα ενδιαφέροντα των μαθητών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τόσο τα project αλληλογραφίας μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, στα οποία έχουν εμπλακεί και ελληνικά δημόσια σχολεία όσο και τα εκπαιδευτικά project διαδικτυακής συνεργασίας τάξεων (Kakari, 2003 ; Lahlou & Terzian, 2013). Η βιωματική προσέγγιση και η μάθηση με τη μέθοδο project είναι σύμφωνη με το Κοινό Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Αναφοράς για τη διδασκαλία των Ξένων Γλωσσών (2000, 15) ως προς το σχεδιασμό του μαθήματος. Προϋποθέτει μια διαφοροποιημένη παιδαγωγική διαδικασία, που συντελεί στην αποφυγή της σχολικής ρουτίνας και του μεθοδολογικού μονολιθισμού (βλ. Kahn, 2010 ; Przesmycki, 1991). Οι μαθητές στο μάθημα της ξένης γλώσσας συνεργάζονται και κοινωνικοποιούνται, συμμετέχουν ενεργά και δημιουργούν. Το κλίμα της τάξης είναι συνεργατικό κι όχι ανταγωνιστικό (Lahlou, 2013,α) (Λάχλου, 2015).

Είναι χρήσιμο ο εκπαιδευτικός να έχει στη διάθεσή του πλήθος οπτικοακουστικού υλικού, το οποίο θα μπορεί να προβάλει στα παιδιά κατά τη διάρκεια του κύκλου εργαστηρίων, καθώς θα δημιουργούνται απορίες και συζήτηση γύρω από το περιβαλλοντικό ζήτημα και το πρόβλημα του πλαστικού. Έτσι εμπλουτίζοντας με γνώσεις της υπάρχουσας περιβαλλοντικής και κοινωνικής πραγματικότητας ανά τον κόσμο, θα μπορεί να ενισχύεται η συνειδητοποίηση των παιδιών γύρω από το πρόβλημα, με σκοπό να κατανοήσουν τις αξίες που τους μεταφέρονται, ώστε να τις ενσωματώσουν μόνα τους στη ζωή τους. Επιδιώκεται η διανοητική και συναισθηματική κινητοποίηση του μαθητή, στοχεύοντας στην απαρτίωση της νοητικής και συγκινησιακής του διεργασίας (Δεδούλη, Βιωματική μάθηση - Δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης, 2002)(Δεδούλη 2002). Ή όπως είπε και ο Dewey **“Μόνο ό,τι δέχτηκες με την ψυχή σου, αυτό μόνο μαθαίνεις και αυτό ενσωματώνεις στη ζωή σου και το χαρακτήρα σου”**.

Αναφέρονται ενδεικτικά παραδείγματα από το διαδίκτυο, ως μια αρχή για εύκολη πρόσβαση σε σχετικές εικόνες:

1. Χώρος συλλογής απορριμμάτων προς ανακύκλωση δίπλα από δασική έκταση στη Μαλαισία, ύστερα από την απαγόρευση εισαγωγής πλαστικών από την Κίνα. (PBS, 2019)

2. Εικόνες μεγάλων χώρων στο Χονγκ Κονγκ με στοίβες πλαστικού με προέλευση από δυτικές χώρες, σε ένα ντοκιμαντέρ που θέλει να δείξει πώς το σύστημα διαχείρισης κατά βάση προσπαθεί να κρύψει το πρόβλημα και όχι να το διαχειριστεί. (Skynews, 2018)

3. Tilafuli - Το σκουπιδονήσι των εξωτικών Μαλβίδων (Hakkens, Backstage Paradise, 2016)

Βέβαια ακόμα πιο μεγάλη επίδραση θα έχει η χρήση υλικού με εικόνες από κάποιον τοπικό χώρο, στον οποίο παρατηρείται πρόβλημα ή ακόμα καλύτερα η επιτόπια επίσκεψη των μαθητών εκεί.

Σημαντική είναι επίσης η σχετική επιμόρφωση των επιβλεπόντων παιδαγωγών σχετικά με το πρόβλημα του πλαστικού. Κάτι το οποίο δεν είναι καθόλου δύσκολο να γίνει στις μέρες μας, δεδομένου του μεγάλου όγκου σχετικού υλικού που μπορεί να βρεθεί ελεύθερα στο διαδίκτυο.

9.1 Συντήρηση μηχανημάτων / Οικονομικός παράγοντας

Ένα σημαντικό ζήτημα το οποίο θα πρέπει να συνυπολογιστεί, έχει να κάνει με τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο, τα οποία όπως κάθε μηχάνημα, θα χρειάζονται κάποια συντήρηση. Η καθαριότητά τους και η απλή καθημερινή συντήρηση, είναι μέρος του προγράμματος μαθημάτων και είναι καλό να γίνεται από τους μαθητές, με τη βοήθεια του επιβλέποντα, ως μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Παρ' όλα αυτά, κάποια στιγμή θα χρειαστούν πιθανότατα να γίνουν και κάποιες μεγαλύτερες εργασίες συντήρησης, ίσως λόγω κακής χρήσης ή και λόγω του ίδιου του κύκλου ζωής του μηχανήματος. Είναι καλό να έχει προβλεφθεί από την αρχή ποιος θα κάνει αυτή τη συντήρηση και επιδιόρθωση στα μηχανήματα, έτσι ώστε το εργαστήριο όσο το δυνατό να μη χάσει τη ροή λειτουργίας και τις ρουτίνες του, με τη δημιουργία προβλημάτων στην είσοδο πρώτων υλών και στην επικοινωνία με την κοινότητα, καθώς και την πρόκληση αντίστοιχης δυσκολίας επανέναρξής τους. Εξάλλου, εργαλεία τα οποία είναι κακοσυντηρημένα ή δε δουλεύουν, έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ενδιαφέροντος των μαθητών και την πιθανή συνεπακόλουθη δημιουργία ατυχημάτων (Heusel, 1958).

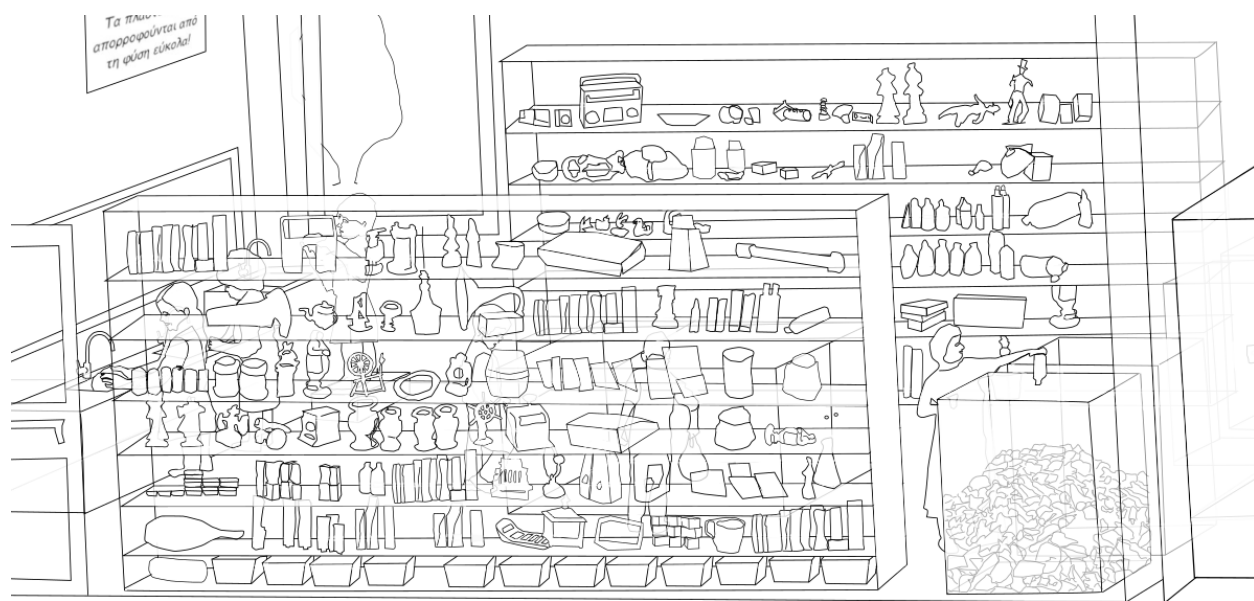
Τέλος, σχετικά με τον οικονομικό παράγοντα πραγμάτωσης ενός τέτοιου εργαστηρίου, στην εργασία γίνεται σχετική αναφορά του κόστους των μηχανημάτων. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες κόστους, όπως για εγκαταστάσεις του χώρου (εξαερισμός, ηλεκτρολογικά) αλλά και των επίπλων. Συνυπολογίζοντας το κόστος των αιθουσών, ο προϋπολογισμός του εγχειρήματος ανεβαίνει. Πέρα από τον οποιοδήποτε φορέα κάτω από τον οποίο λειτουργεί το σχολείο, ο οποίος 'ίσως είναι ή όχι σε θέση να χρηματοδοτήσει μια τέτοια προσπάθεια, υπάρχουν και αρκετοί εξωτερικοί φορείς που είναι διατεθειμένοι να χρηματοδοτήσουν περιβαλλοντολογικά προγράμματα, τόσο εντός της Ε.Ε. όσο και εκτός και η παρούσα έρευνα/πρόταση μπορεί ολικά ή μερικά να αποτελέσει μέρος της τεκμηρίωσης κάποιας σχετικής αίτησης για χρηματοδότηση.

10 Προτεινόμενη χωροθέτηση του εργαστηρίου

Πολύ σημαντικό για την καλή λειτουργία ενός εργαστηρίου είναι να υπάρχει ο απαραίτητος χώρος εργασίας, με τα μηχανήματα, εργαλεία, τους πάγκους εργασίας και όλα τα βασικά χαρακτηριστικά του χώρου σε κατάλληλες μεταξύ τους αποστάσεις, έτσι ώστε οι συμμετέχοντες να μην εμποδίζουν ο ένας τον άλλον με τις κινήσεις τους και να μην διασπάται η προσοχή τους. Ο μεγάλος συνωστισμός μπορεί να ρίξει το ηθικό των μαθητών, να οδηγήσει σε κακή οργάνωση του χώρου και είναι παράγοντας ατυχημάτων. Μία μελέτη οργάνωσης εργαστηρίου ξυλουργικής για παιδιά αναφέρει ότι θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμος χώρος τουλάχιστον 4,5 τετραγωνικών μέτρων ανά μαθητή (Heusel, 1958). Η ίδια μελέτη συνεχίζει λέγοντας ότι όσο αυστηροί και αν είναι οι κανόνες ενάντια σε άσχετα παιχνίδια και τρέξιμο των μαθητών μέσα στο εργαστήριο, τα αρνητικές επιπτώσεις είναι πιθανό να παρατηρηθούν όταν οι μαθητές βρίσκονται πολύ κοντά ο ένας με τον άλλον κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Μια άλλη μελέτη ασφάλειας για σχολικά εργαστήρια κάνει αναφορά στη σημασία ύπαρξης αρκετού χώρου μεταξύ των πάγκων εργασίας, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να κινούνται χωρίς να διακόπτουν τη δουλειά των συμμαθητών τους (Ryan, 2006), ενώ κάποιες συγκεκριμένες τιμές αναφοράς, για πανεπιστημιακό εργαστήριο αυτή τη φορά, αναφέρουν αποστάσεις μεταξύ των μηχανημάτων, εγκαταστάσεων ή στήλες υλικών με ελάχιστη απόσταση 60 εκατοστών, διαδρόμους διακριτά σηματοδομένους με κίτρινες γραμμές και κυρίως οδούς διαφυγής με ελάχιστο πλάτος 110 εκατοστών (Education Bureau, 2009) (McGill, 2011). Στην τελευταία πηγή αναφέρεται ότι κάτω από καμία συνθήκη δεν θα πρέπει το πάτωμα του εργαστηρίου να είναι ολισθηρό και ότι δεν θα πρέπει να υπάρχει κανένα αντικείμενο/εμπόδιο στους διαδρόμους, σε κανένα στάδιο του κύκλου εργασιών. Επίσης στις προηγούμενες μελέτες, πολύ σωστά αναφέρεται ότι η κάτοψη του εργαστηρίου και η τοποθέτηση των μηχανημάτων πρέπει να επιτρέπουν στον εκπαιδευτικό να έχει πάντα οπτική επαφή με μαθητές που δουλεύουν με εργαλεία και μηχανήματα και γενικά την πλήρη επίβλεψη του χώρου. Η ομάδα έρευνας της 4^{ης} έκδοσης του *precious plastic*, προτείνει ότι για μικτό εργαστήριο (δηλαδή για εργαστήριο στο οποίο γίνεται χρήση όλων των μηχανημάτων) όπου θα δουλεύουν 3 με 4 ενήλικες, καλό είναι ο χώρος να είναι τουλάχιστον 40 τ.μ. (Precious Plastic, 2020). Πρέπει να υπάρχει ο απαραίτητος χώρος γύρω από κάθε μηχανήμα και τα μηχανήματα να είναι τοποθετημένα κατά τρόπο που να ελαχιστοποιεί τις άσκοπες κινήσεις των χειριστών. Επίσης είναι επιθυμητό όλα τα εργαστήρια του σχολείου να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, ώστε να μπορεί να γίνεται εύκολη μετάβαση από τον ένα χώρο στον άλλο για πιθανές διαδοχικές εργασίες. Λόγω των διαφορών στα ύψη των μαθητών καλό είναι να υπάρχει κάποια ποικιλία στα ύψη των διαθέσιμων πάγκων εργασίας. Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πάγκος με διαφοροποιούμενο ύψος, υπό την προϋπόθεση ότι είναι αξιόπιστης κατασκευής. Καλό είναι να μην υπάρχουν επικίνδυνες προεξοχές σε μηχανήματα ή εργαστηριακά αντικείμενα και όπου χρειαστεί να γίνει κάτι τέτοιο θα πρέπει να συμπεριληφθεί χρωματισμός έντονων αντιθέσεων, ώστε να γίνεται εύκολα αντιληπτό.

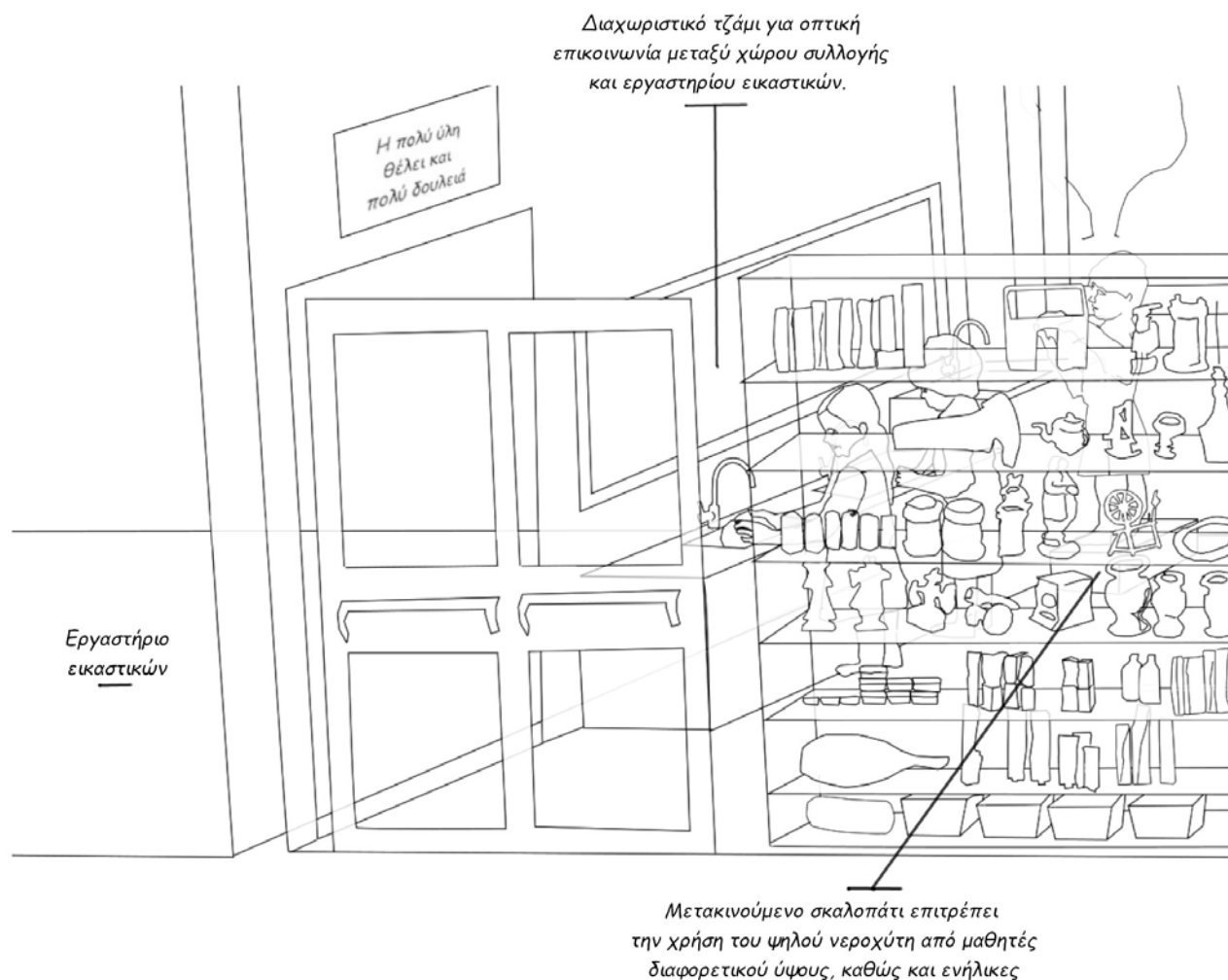
Παρακάτω παρατίθενται κάποια σχέδια με προτεινόμενη χωροθέτηση ενός εργαστηρίου ανακύκλωσης πλαστικού για σχολική μονάδα.

και το αριστερό που είναι άδειο, είναι το εργαστήριο εικαστικών του σχολείου. Δεν έχει συμπεριληφθεί προτεινόμενη χωροθέτηση αυτού του χώρου, γιατί υπερβαίνει το σκοπό της παρούσας έρευνας, αλλά τοποθετείται εκεί επειδή θεωρείται σημαντική η γειννιάσή του με το χώρο συλλογής ανακυκλώσιμων αντικειμένων. Στα ράφια του χώρου συλλογής τοποθετούνται και φυλάσσονται πληθώρα αντικειμένων, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο της μελέτης, και αυτά τα αντικείμενα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορες κατασκευές στο εργαστήριο εικαστικών.



Εικόνα 10.1 – Ράφια γεμάτα με αντικείμενα προς επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

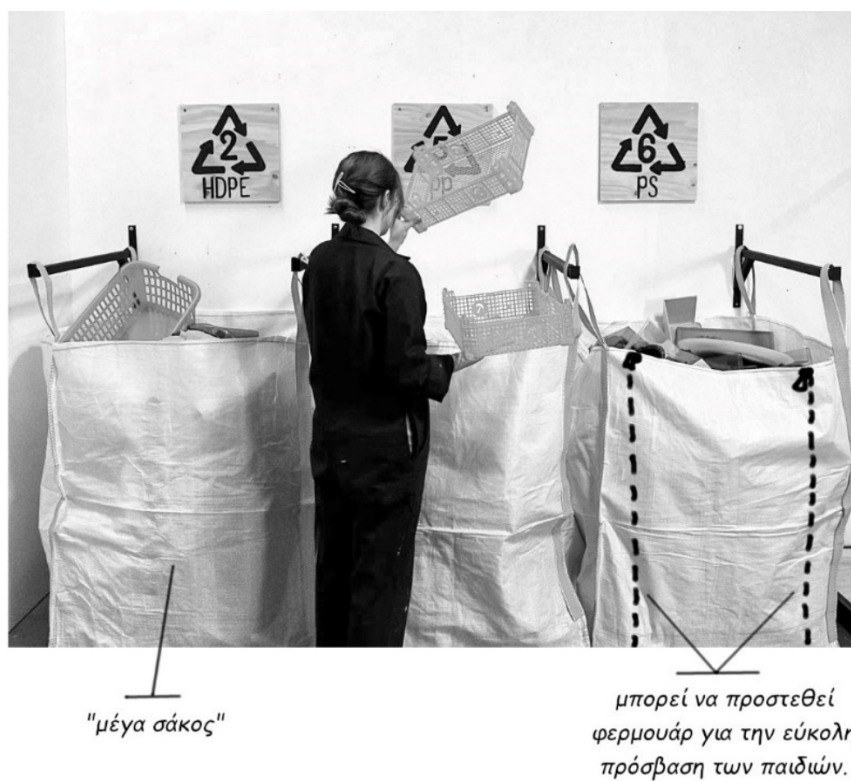
Στο δωμάτιο υπάρχουν τρεις νεροχύτες για να μπορούν να καθαριστούν τα αντικείμενα από πλαστικό, τα οποία θα ανακυκλωθούν. Παράλληλα όμως υπάρχει η δυνατότητα αυτοί οι νεροχύτες να χρησιμοποιηθούν και από το εργαστήριο εικαστικών για τις δικές του ανάγκες. Εξάλλου τα εργαστήρια χωρίζονται με τζάμι και έτσι ο επιβλέπων μπορεί να έχει οπτική επαφή από τον ένα χώρο στον άλλο.



Εικόνα 10.2 – Νιπτήρες απ' τη πλευρά που γειτνιάζει με εργαστήριο εικαστικών - Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

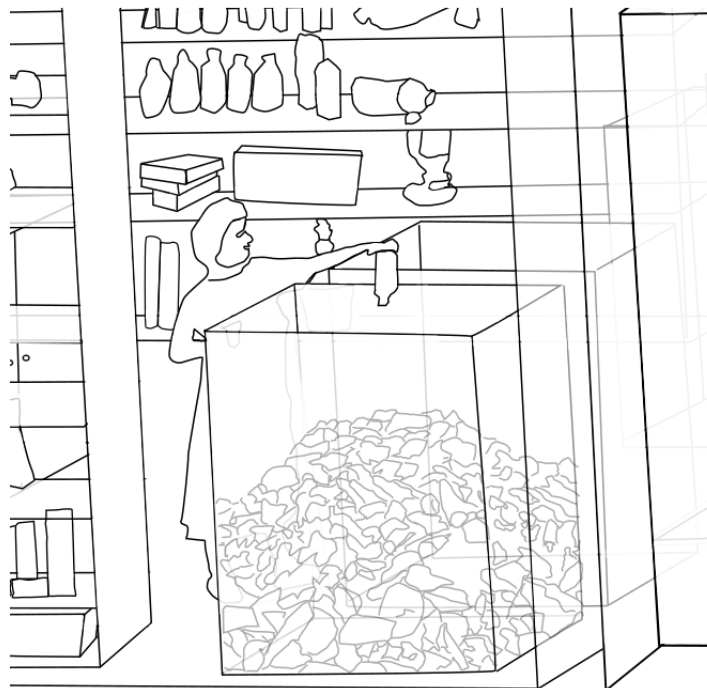
Στο κέντρο του δωματίου βρίσκεται ένα έπιπλο, το οποίο στην ουσία είναι ένα κουτί επιφάνειας 2,5 τετραγωνικών μέτρων και ύψους 70 εκατοστών, εντός του οποίου τοποθετούνται όλα τα αντικείμενα που έρχονται στο εργαστήριο. Στην αριστερή πλευρά του μπορεί να καλύπτεται από πάγκο για να μπορούν τα τοποθετούνται κάποια αντικείμενα και να γίνονται κάποιες μικροεργασίες, ενώ το έπιπλο μπορεί να ανοίγει από περισσότερες από μία πλευρές για να υπάρχει εύκολη πρόσβαση και να δημιουργηθεί ρουτίνα εισόδου-εξόδου των αντικειμένων. Με κίτρινο στην κάτοψη έχει σημαδευτεί φαρδύς διάδρομος, ο οποίος θα πρέπει να μένει πάντα καθαρός από αντικείμενα και στο δεξιό τμήμα

του δωματίου, σχεδιασμένα ως τετράγωνα, έχουν τοποθετηθεί τέσσερα δοχεία στα οποία θα τοποθετούνται διαχωρισμένα και καθαρά τα πλαστικά αντικείμενα, ανά κατηγορία. Τα βασικά στοιχεία κάτοψης έχουν παρθεί από το αρχείο “floorplan-generator-mix.pdf”, από starterkit του precious plastic (Precious Plastic, 2020) και αναφέρονται στα μηχανήματα που έχει σχεδιάσει η ομάδα. Έτσι για κάδους συλλογής έχουν χρησιμοποιήσει industry standard τσουβάλια/μέγα σάκους εμπορίου. Μπορεί να γίνει χρήση του ίδιου προϊόντος ως κάδου συλλογής, με το θετικό του χαμηλού κόστους αγοράς τους, αλλά κυρίως του εύκαμπτου υλικού τους, αφού τα παιδιά θα μπορούν να πιέζουν με τα χέρια για να φτάσουν τα αντικείμενα που βρίσκονται χαμηλά μέσα τους. Επιπρόσθετα μπορεί να ραφεί χοντρό φερμουάρ κατά ύψος της πρόσοψης αυτών των σάκων, ώστε τα παιδιά να μπορούν να ανοιγοκλείνουν.



Εικόνα 10.3 – Μέγα σάκος συλλογής – πηγή: <https://preciousplastic.com/starterkits/showcase/collection-point.html> με προσθήκη σχεδίου φερμουάρ και ενδείξεων

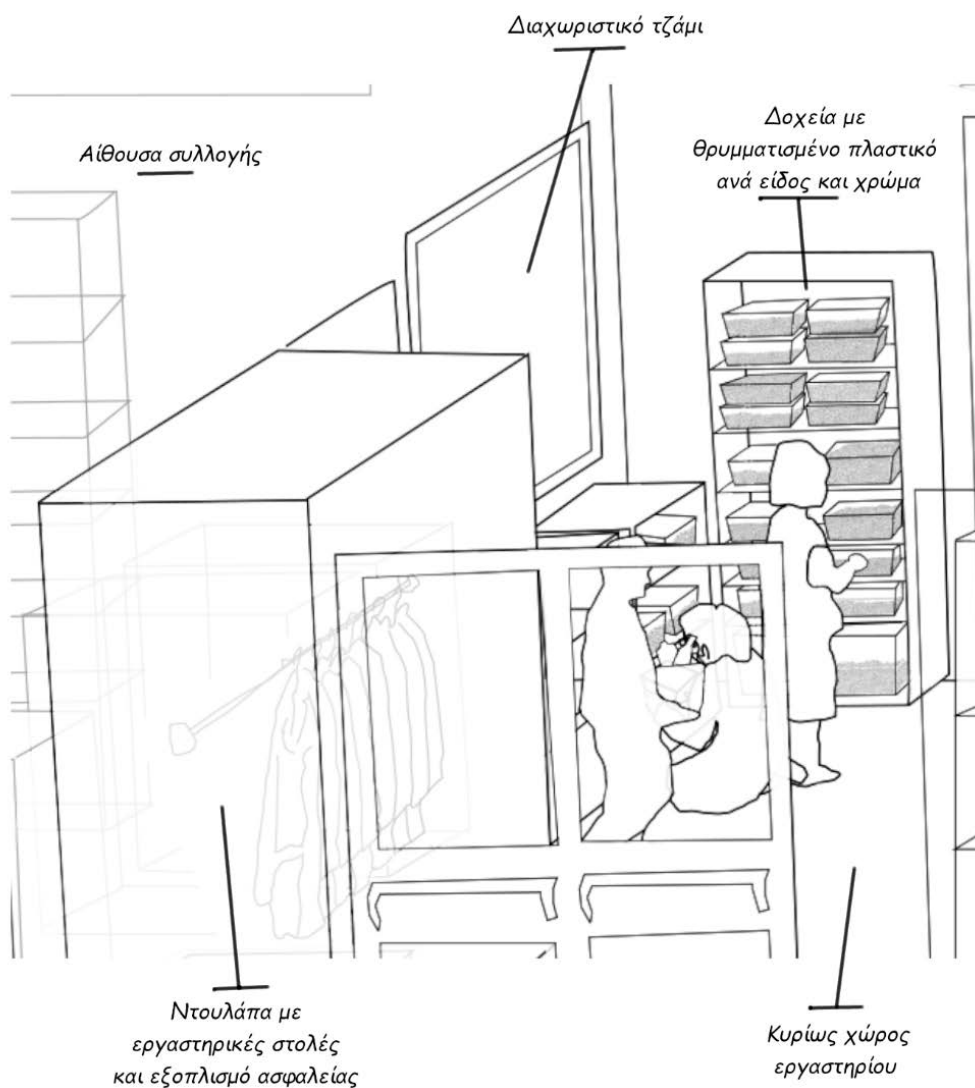
Εναλλακτικά, αυτά τα δοχεία μπορεί να είναι ξύλινα και στην πρόσοψή τους να βρίσκονται ντουλάπια σε διαφορετικά επίπεδα, έτσι ώστε όταν είναι γεμάτο το δοχείο, τα παιδιά να μπορούν ανοίγοντας μόνο το πάνω φύλλο, να παίρνουν τα πρώτα αντικείμενα χωρίς να ξεχειλίζουν και τα υπόλοιπα μέσα από τον κάδο και όταν αρχίζει και αδειάζει, ανοίγοντας και τα υπόλοιπα ντουλάπια να μπορούν να έχουν πρόσβαση σε όλον τον κάδο.



Μαθητής πετάει καθαρό μπουκάλι
σε κάδο με συγκεκριμένη
κατηγορία πλαστικών.

Εικόνα 10.4 – Απόρριψη/κατηγοριοποίηση – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

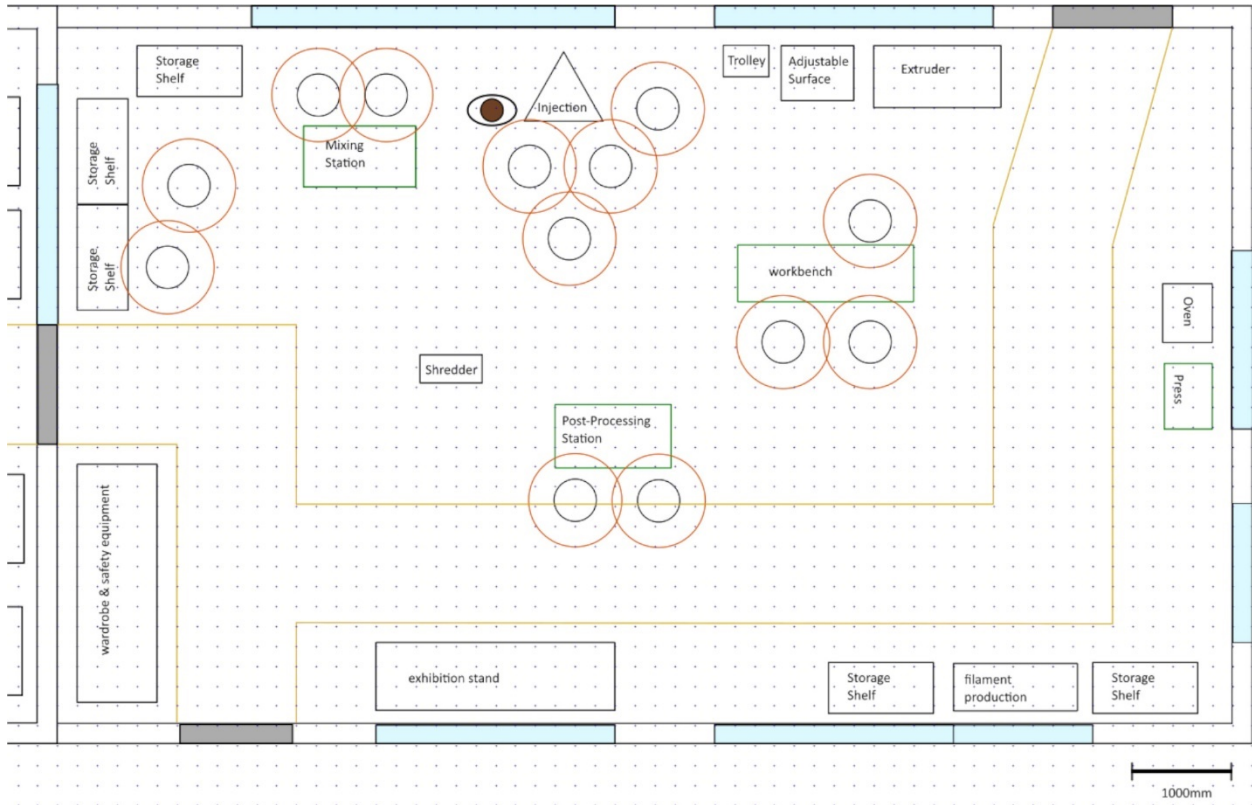
Στον κύριο χώρο του εργαστηρίου, δίπλα από την πόρτα που τον ενώνει με τον χώρο συλλογής, υπάρχουν ράφια όπου φυλάσσονται τα δοχεία με το θρυμματισμένο πλαστικό.



Εικόνα 10.5 – Πλευρά κυρίως εργαστηρίου γειτνίασης με χώρο συλλογής – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

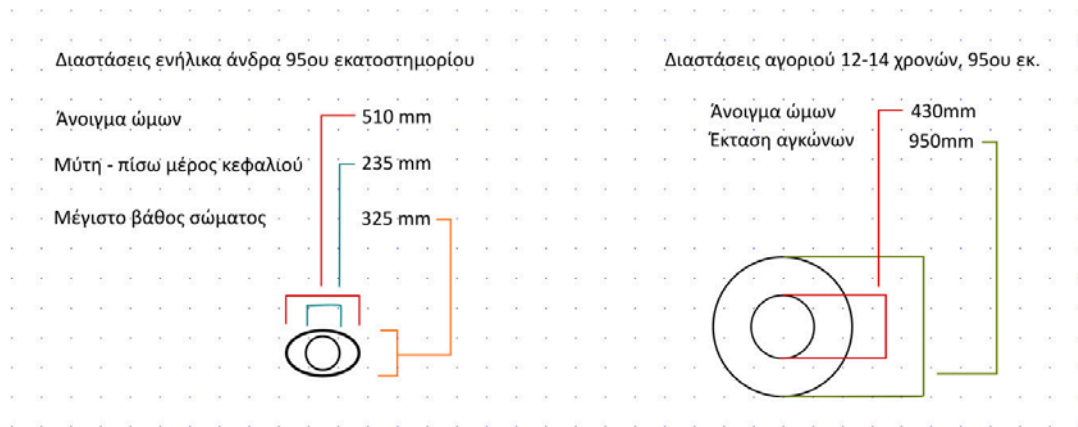
Στην παρακάτω κάτοψη, με πράσινο χρώμα φαίνονται πάγκοι και εργαλεία τα οποία είναι τοποθετημένα σε ρόδες, για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά σημεία ανάλογα με την εκάστοτε ροή εργασιών. Τα μηχανήματα στα οποία λιώνεται πλαστικό, είναι τοποθετημένα όσο το δυνατό στην ίδια

μεριά της αίθουσας, για να είναι πιο εύκολη η εγκατάσταση εξαερισμού τους. Ο shredder έχει τοποθετηθεί κεντρικά στο χώρο, επειδή χρησιμοποιείται συχνά, και γύρω από αυτό το εργαλείο κινούνται και οι υπόλοιπες εργασίες. Στην κάτω μεριά της κάτοψης, βλέπουμε τη βιτρίνα έκθεσης και το μηχάνημα παραγωγής filament, τα οποία χωρίζονται από διάδρομο με την υπόλοιπη αίθουσα, ο οποίος μένει πάντα ελεύθερος, χωρίς σταθμευμένα αντικείμενα. Οι μαθητές δε χρειάζεται να κάνουν συχνά εργασίες στην "κάτω" πλευρά της αίθουσας, οπότε μπορεί και μένει ο διάδρομος ανοιχτός.



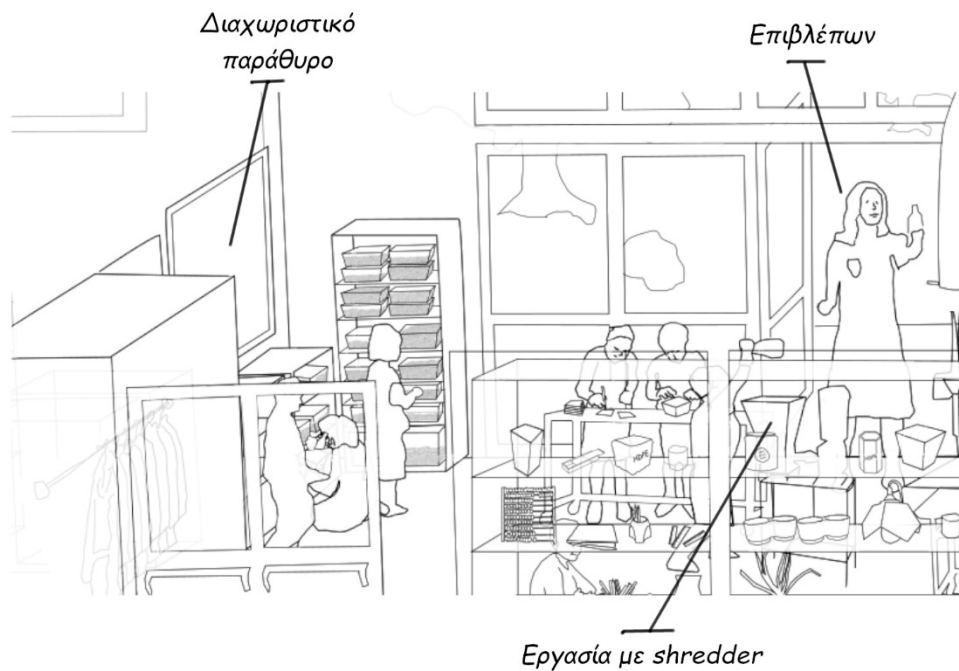
Εικόνα 10.6 – Κάτοψη χώρου κυρίως εργαστηρίου – Στύρος Νικολαΐδης, 2021

Οι μαθητές έχουν απεικονιστεί με δύο ομόκεντρους κύκλους, με τον εξωτερικό κύκλο να απεικονίζει το άνοιγμα ώμων, υπολογίζοντας τον παράγοντα περισσότερο "αδέξιων" κινήσεων ή εντονότερης ανάγκης κίνησης των παιδιών. Σε αντίθεση ο επιβλέπων απεικονίζεται με τα πραγματικά χαρακτηριστικά του, σε κλίμακα. Τα ανθρωπομετρικά στοιχεία είναι παρμένα από το βιβλίο "Anthropometrics" του Stephen Pheasant (Pheasant, 1990).



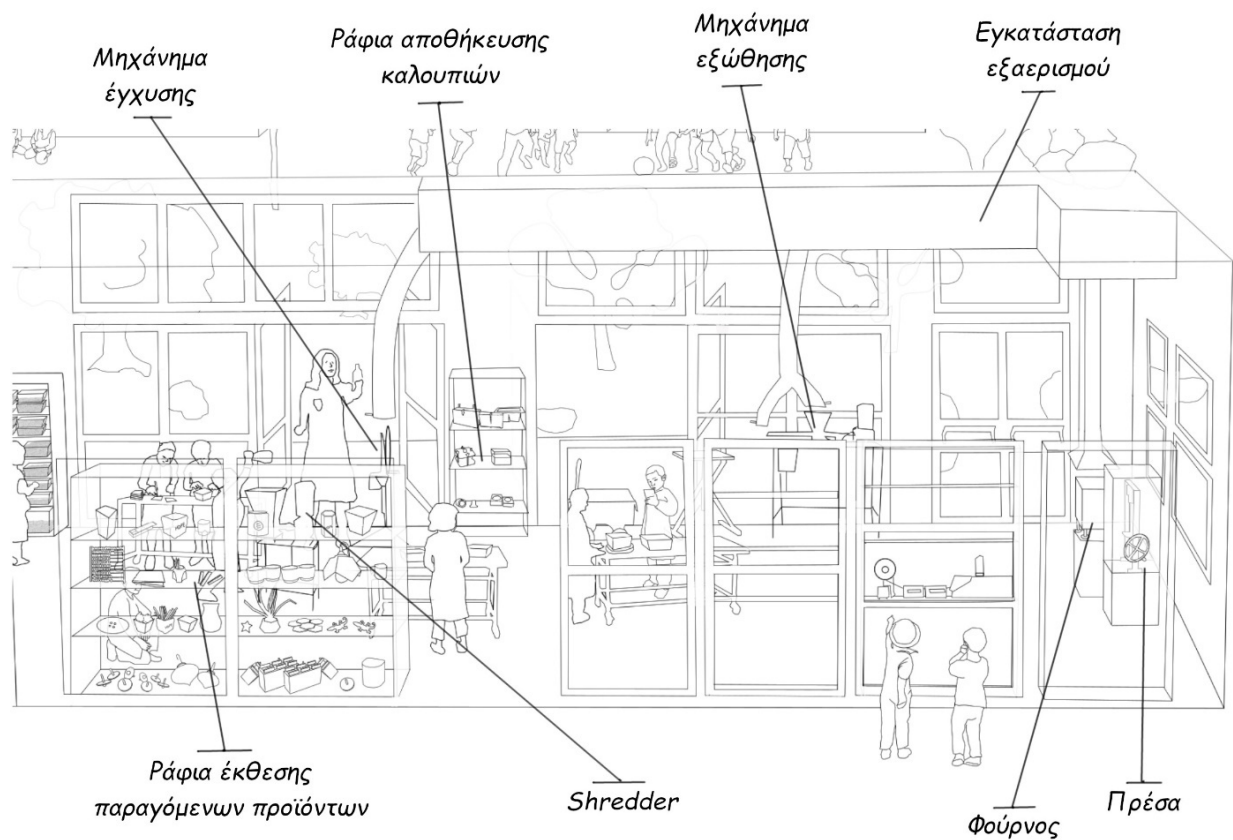
Εικόνα 10.9 – Απεικόνιση επιβλέποντα και μαθητή στην κάτοψη – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

Η αίθουσα του κυρίως εργαστηρίου χωρίζεται επίσης με διάφανο τοίχο από την αίθουσα συλλογής. Έτσι ο επιβλέπων μπορεί να έχει οπτική επαφή με μαθητές οι οποίοι δουλεύουν στο χώρο συλλογής, ενώ ο ίδιος βρίσκεται δίπλα στο μηχάνημα, με το οποίο δουλεύει η ομάδα στο εργαστήριο.



Εικόνα 10.7 – Σενάριο εργασίας με shredder – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε τον επιβλέποντα να βρίσκεται κοντά στο μηχάνημα εργασίας, ενώ έχει οπτική επαφή με το χώρο συλλογής, ενώ στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τα μηχανήματα τοποθετημένα μέσα στο εργαστήριο.



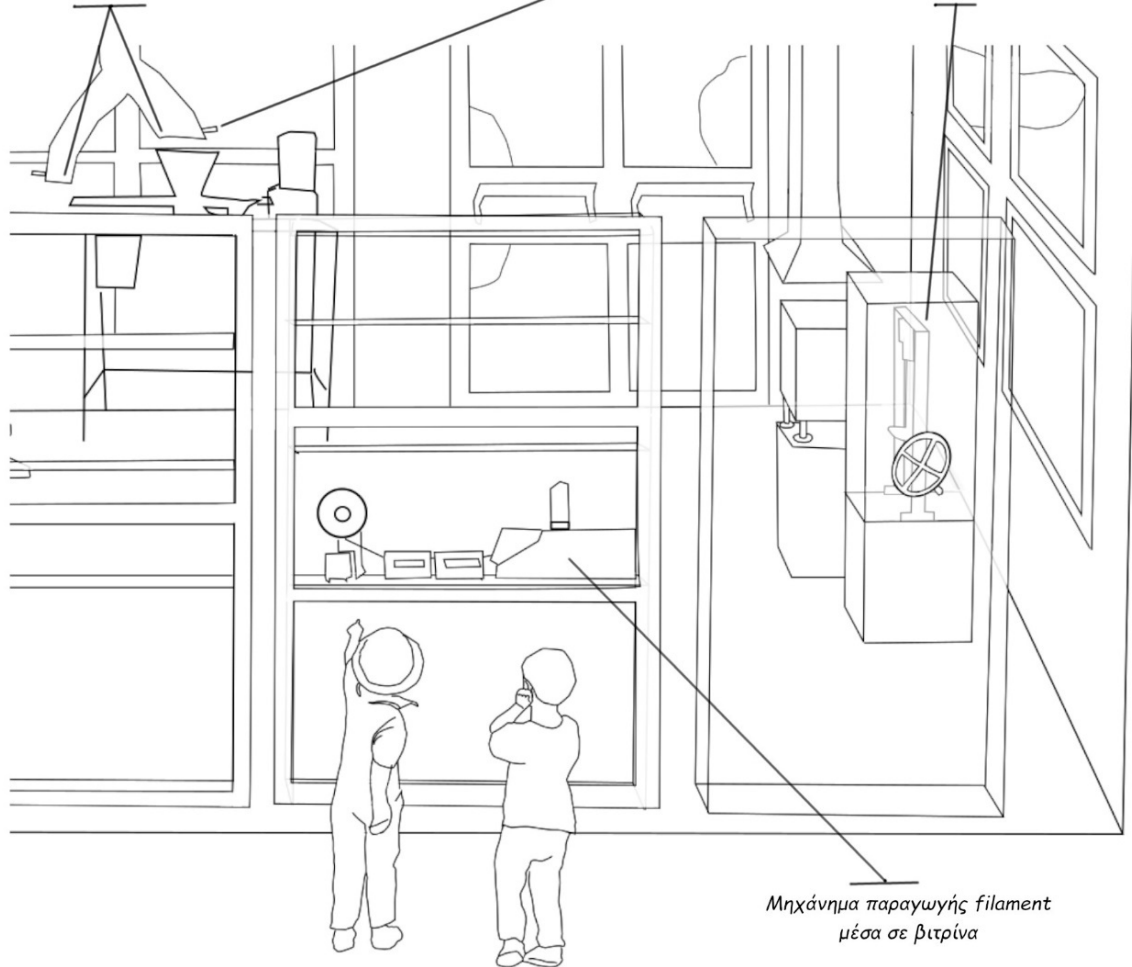
Εικόνα 10.8 – Γενική εικόνα βασικού χώρου εργαστηρίου – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

Σωλήνες εξαερισμού καταλήγουν δίπλα από κάθε έξοδο αναθυμιάσεων των μηχανημάτων, ενώ μπορεί να διαθέτουν κλείστρο στην είσοδό τους, έτσι ώστε να μπορεί να μείνει ανοιχτή μόνο η είσοδος που χρειάζεται, ανάλογα με το μηχάνημα που χρησιμοποιείται κάθε φορά στο εργαστήριο, ώστε να είναι αποδοτικότερος ο εξαερισμός. Η πρέσα μπορεί να είναι τοποθετημένη σε ειδική διάφανη προστατευτική κατασκευή, με το μοχλό ενεργοποίησης να βρίσκεται εκτός της, και να υπάρχει μηχανισμός που δε θα επιτρέπει τη λειτουργία της πρέσας, όταν είναι ανοιχτή η προστατευτική βιτρίνα. Το μηχάνημα παραγωγής filament έχει τοποθετηθεί μέσα σε βιτρίνα, έτσι ώστε να μην μπορούν να έχουν απτική επαφή μαζί του τα παιδιά, μιας και όπως αναφέρθηκε πρόκειται για "ευαίσθητο" μηχάνημα και δεν ενδείκνυται για αλληλεπίδραση με τους μαθητές, αλλά είναι διαρκώς σε κοινή θέα, είτε λειτουργεί είτε όχι.

Σωλήνες εξαερισμού
τοποθετημένες δίπλα στα σημεία
εξόδου αναθυμιάσεων των μηχανημάτων

Κλείστρο στις εισόδους
των αγωγών

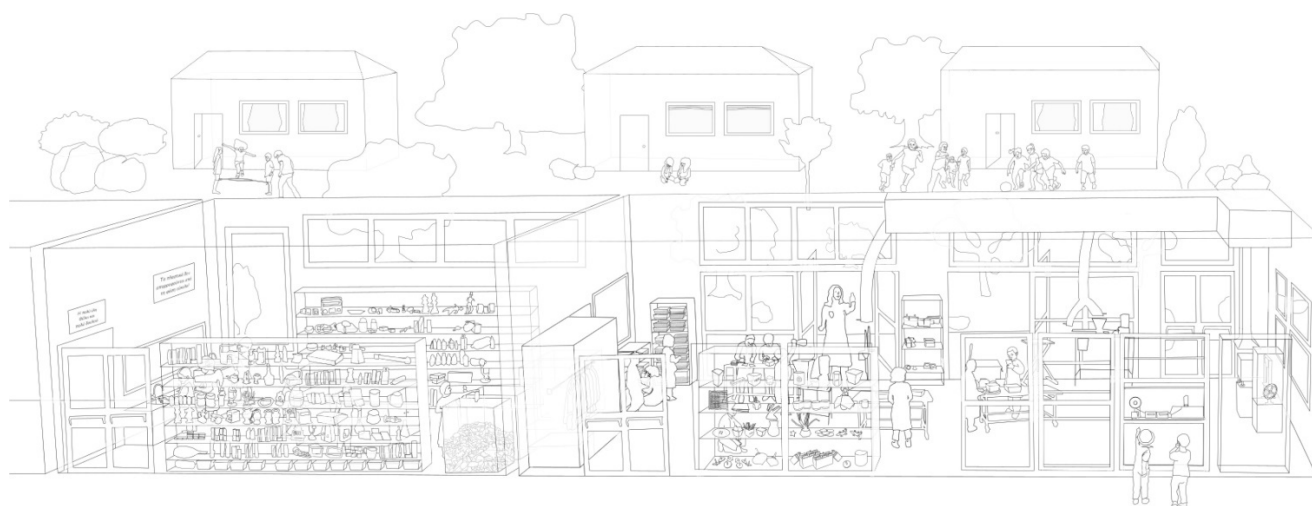
Πρέσα τοποθετημένη
σε προστατευτικό
διάφανο κάσωμα



Μηχάνημα παραγωγής filament
μέσα σε βιτρίνα

Εικόνα 10.9 – Συμπληρωματικές προτάσεις – Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

Στο προτεινόμενο παράδειγμα, τα εργαστήρια είναι όλα στο ίδιο επίπεδο και το κυρίως εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού, έχει τρεις πόρτες σε τρεις από τις τέσσερις πλευρές του, δύο διπλές μπαλκονόπορτες και πολλά παράθυρα. Σκοπός είναι το εργαστήριο να είναι όσο το δυνατόν πιο ευήλιο, ώστε να υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός, αλλά κυρίως να είναι όσο το δυνατόν πιο ευάερος ο χώρος, για να αποφεύγεται η συγκέντρωση αναθυμιάσεων. Έξω από τα παράθυρα υπάρχουν δέντρα και αρκετός ελεύθερος χώρος, ενώ στο βάθος βλέπουμε κάποια άλλα κτίρια του σχολείου.



Εικόνα 10.10 – Γενική άποψη ιδεασμού εργαστηρίων εντός σχολικής μονάδας - Σπύρος Νικολαΐδης, 2021

Τα σχέδια αυτά έχουν σκοπό να δώσουν μια πρώτη γενική εικόνα ενός εργαστηρίου ανακύκλωσης πλαστικού σε σχολική μονάδα, ώστε να αποτελέσουν μια ενδεικτική βάση του εκάστοτε συγκεκριμένου σχεδιασμού και υλοποίησης ενός τέτοιου εργαστηρίου. Φυσικά σε κάθε σχολείο λόγω διαφορετικών διαθέσιμων κτιριακών υποδομών, μπορεί το τελικό εργαστήριο να έχει τελείως διαφορετική εικόνα και κάποια εξειδικευμένη αρχιτεκτονική μελέτη θα έδινε επιπρόσθετη αξία. Παρ' όλα αυτά, τα σχέδια αυτά έχουν σκοπό να δείξουν βασικά χαρακτηριστικά που θα χρειαστεί να υιοθετήσει ένα εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού. Μιας και τα σχέδια είναι αποτέλεσμα ενός πρώτου ιδεασμού ενός τέτοιου εργαστηρίου, είναι πολύ πιθανό, αλλά και θεμιτό, να δεχθούν κριτική και να προταθούν διαφορετικά, ίσως και καλύτερα στοιχεία χωροθέτησης του εργαστηρίου.

11 Αξιολόγηση-Μελλοντικές κατευθύνσεις

Αυτή η εργασία έγινε με σκοπό να διερευνηθούν οι παράγοντες για τη δημιουργία εργαστηρίου ανακύκλωσης πλαστικού σε σχολική μονάδα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και το γενικότερο πλαίσιο λειτουργίας του. Ενώ έχουν δημοσιευτεί τα τελευταία χρόνια αρκετά στοιχεία και πληροφορίες που αφορούν εργαστήρια ανακύκλωσης πλαστικού και σχετική δραστηριοποίηση, μέσω της κοινότητας *precious plastic*, δεν έχει πέσει στην αντίληψή μου κάποια άλλη σχετική έρευνα που να αφορά εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού, για παιδιά μικρών ηλικιών. Οπότε, παρόλη την υποστήριξη της θέσης αυτής, περιέχονται διάφορα στοιχεία στην εργασία αυτή, τα οποία χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης, όπως το κατά πόσο θα μπορέσει να χωρέσει χρονικά ένα τέτοιο πρόγραμμα μέσα στο ωρολόγιο πρόγραμμα ενός σχολείου, αλλά και τι αποδοχή θα έχει ένα τέτοιο εργαστήριο από τους κηδεμόνες των παιδιών και την κοινωνία. Επίσης δεν αναπτύχθηκαν εκτενώς διάφορα τεχνικά στοιχεία, όπως ηλεκτρολογικές απαιτήσεις και γενικά χαρακτηριστικά ασφαλείας, για τα οποία θα πρέπει να υπάρξει η συμβολή κάποιου εξειδικευμένου τεχνικού ασφαλείας, ο οποίος άλλωστε είναι απαραίτητος σε κάθε περίπτωση για να αδειοδοτηθεί ένα εργαστήριο. Αυτή η έρευνα έχει σκοπό να δώσει τα κατάλληλα εργαλεία σε κάποιον που ενδιαφέρεται να δημιουργήσει ένα εργαστήριο ανακύκλωσης πλαστικού για παιδιά και ευελπιστεί να αποτελέσει θεμέλια λίθο της περαιτέρω έρευνας αλλά και της πραγμάτωσης τέτοιων εργαστηρίων σε σχολεία. Έχουν ξεδιπλωθεί και παρατεθεί όλα τα βασικά στοιχεία, ώστε να μελετηθούν και να διερευνηθούν περαιτέρω από την εκάστοτε ενδιαφερόμενη εκπαιδευτική κοινότητα, αλλά και από την κοινότητα εργαστηρίων ανακύκλωσης πλαστικού (*PreciousPlastic*). Σε αυτή τη κατεύθυνση, έχει δημιουργηθεί ιστοσελίδα, με μορφή blog, και διεύθυνση "plasticrecyclingforkids.weebly.com", σαν μια πρώτη πλατφόρμα επικοινωνίας, και καλεί όποιον ενδιαφερόμενο, να συνεισφέρει με τα σχόλια του και αν υπάρξει το ανάλογο ενδιαφέρον να δημιουργηθούν σχετικές συζητήσεις, προτάσεις και βελτιώσεις με σκοπό την καλύτερη πραγμάτωση αυτής της σχεδιαστικής πρότασης.

Περαιτέρω, επίσης, έρευνα θα μπορούσε να γίνει για συμπληρωματικές δραστηριότητες, όπως τη χρήση του shredder για τη θρυμματοποίηση άλλων υλικών. Για παράδειγμα χαρτιών και χαρτονιών ή και κλαδιών δέντρων. Με τα θρύμματα χαρτιών και χαρτονιών θα μπορούσαν να φτιαχτούν μπρικέτες μετά από πρεσάρισμα και να χρησιμοποιούνται στο τζάκι του σχολείου ενώ με τα θρυμματισμένα κλαδιά θα μπορούσε να δημιουργηθεί λίπασμα για το λαχανόκηπο και τα φυτά του σχολείου.

Αυτή η μελέτη έχει πάρει τον κύριο όγκο πληροφοριών της, σχετικά με την πρόταση που δίνει, και έγινε εφικτή λόγω του μεγάλου όγκου και εύρους γνώσης και πληροφοριών που δημοσίευσε η κοινότητα *precious plastic* ελεύθερα για όλους, μέσω της λογικής ανοιχτού κώδικα. Αντίστοιχα λοιπόν, το επόμενο βήμα που θα ακολουθήσει είναι η μετάφρασή της στα Αγγλικά και η δημοσίευσή της στην κοινότητα, με σκοπό να συζητηθούν τα όποια προβλήματα και να προταθούν βελτιώσεις, καθώς και να εμπνεύσει και δυναμικά να κινητοποιήσει περισσότερους ανθρώπους στο να ξεκινήσουν παρόμοια εγχειρήματα. Αν υπάρξει ανάλογο ενδιαφέρον και δραστηριοποίηση και ξεκινήσουν να δημιουργούνται τέτοια εργαστήρια για παιδιά, θα μπορούσε να δημιουργηθεί νέος κλάδος και στην κοινότητα, το *Precious Plastic for Kids!*

12 Βιβλιογραφία

- 4Ocean. (2017, 1 20). How Long Does it Take Trash to Decompose. Retrieved from <https://web.archive.org/web/20180925065338/https://4ocean.com/blogs/blog/how-long-does-it-take-trash-to-biodegrade>
- A. Rodriguez-Seijo, J. L.-S. (2107, 1). Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. *Environmental Pollution*, 220, 495-503. doi:10.1016/j.envpol.2016.09.092
- A.Owens, K. (2018, 2). Using experiential marine debris education to make an impact: Collecting debris, informing policy makers, and influencing students. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 804-810. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.10.004
- Amelia L.Craighilla, J. C. (1996, 8). Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 17(2), 75-96. doi:10.1016/0921-3449(96)01105-6
- American Chemical Society. (2020, 8 17). Micro- and nanoplastics detectable in human tissues. Retrieved from <https://phys.org/news/2020-08-micro-nanoplastics-human-tissues.html>
- American Chemical Society. (n.d.). Bakelite: The World's First Synthetic Plastic. *National Historic Chemical Landmark*. Retrieved 12 27, 2020, from <http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/bakelite.html>
- Amna Nawaz, L. B. (2019, 11 29). The Plastic Problem. Retrieved from <https://www.pbs.org/newshour/show/the-plastic-problem>
- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *ustainability Science*, 2, 133-140. doi:10.1007/s11625-006-0013-6
- Andrady, A. L. (2009, July). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1526), 1977-1984. doi:doi:10.1098/rstb.2008.0304
- Andrés Rodríguez-Seijo, B. S. (2019, 2). Low-density polyethylene microplastics as a source and carriers of agrochemicals to soil and earthworms. *Environmental Chemistry*, 16(1), 8-17. doi:10.1071/EN18162
- Anne Sharp, S. H. (2010, 11). Proscription and its impact on anti-consumption behaviour and attitudes: the case of plastic bags. *Journal of Consumer Behaviour*, 9(6), 470-484. doi:10.1002/cb.335
- Ansje Löhr, H. S. (2017, 10). Solutions for global marine litter pollution. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 28, 90-99. doi:10.1016/j.cosust.2017.08.009

- Arthur, C. J. (2008). . Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum . Retrieved from https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/TM_NOS-ORR_30.pdf
- Aubrey L.Woern, J. R. (2018). RepRapable Recyclebot: Open source 3-D printable extruder for converting plastic to 3-D printing filament. *HardwareX*, 4, e00026. doi:10.1016/j.ohx.2018.e00026
- B.L. Hartley, R. T. (2015). Marine litter education boosts children's understanding and self-reported actions. *Marine Pollution Bulletin*, 90, 209-217.
- Bassett, F. (2009, 8). Albany Billiard Ball Company Records, 1894-1944; bulk 1915-1944. New York, New York/Albany, USA: University of the State of New York - New York State Education Department. Retrieved from <http://www.nysl.nysed.gov/msscfa/sc22082.htm>
- Bertrand, Y. &. (2000). Δεκαπέντε παιδαγωγοί. Σταθμοί στην ιστορία της παιδαγωγικής σκέψης. *J. Houssaye*.
- Bonny L Hartley, R. C. (2015, 1). Marine litter education boosts children's understanding and self-reported actions. *Marine Pollution Bulletin*, 90(1-2), 209-217. doi:10.1016/j.marpolbul.2014.10.049
- Bonny L. Hartley, S. P. (2018, 10). Turning the tide on trash: Empowering European educators and school students to tackle marine litter. *Marine Policy*, 96, 227-234. doi:10.1016/j.marpol.2018.02.002
- Bonny L.Hartley, S. P. (2018, 8). Exploring public views on marine litter in Europe: Perceived causes, consequences and pathways to change. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 945-955. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.061>
- Boucher, J. F. (2017). *Primary microplastics in the oceans*. IUCN. doi:10.2305/IUCN.CH.2017.01.en
- Bradford, J. (2005). *Using multisensory teaching methods*.
- Cash, K. (1983). *Designing and using simulation for training* (Vols. Technical Note, 20). Massachusetts: Univ.: Amherst.
- Celluloid. (2019, 11 8). Encyclopaedia Britannica, Inc. . Retrieved 2 13, 2021, from <https://www.britannica.com/technology/celluloid>
- Chapman, L. (1993). *Διδακτικές της Τέχνης*. (Χ. Κ. Λαπουρτάς, Trans.) Αθήνα: Νεφέλη.
- Charlot, B. (1999). *Η σχέση με τη γνώση*. (Ε. Λ.-Κ. Μ. Καραχάλιος, Trans.) Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Chelsea M. Rochman, M. A.-Z. (2016, 3 7). The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology*, 97(2), 302-312. doi:10.1890/14-2070.1
- Cláudia Buhamra Abreu Romero, M. L. (2018, 1). Ethnicity and acculturation of environmental attitudes and behaviors: a cross-cultural study with Brazilians in Canada. *Journal of Business Research*, 82, 300-309. doi:10.1016/j.jbusres.2017.09.009
- CPIA. (2015, 12 16). Types of Plastic: How many Kinds of Plastics are There? (C. P. Association, Ed.) Retrieved 2021, from <https://www.globenewswire.com/news->

release/2015/12/16/796030/10158560/en/Types-of-Plastic-How-Many-Kinds-of-Plastics-are-There.html

- Defu He, Y. L. (2018, 12). Microplastics in soils: analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 163-172. doi:10.1016/j.trac.2018.10.006
- Depaepe, M. S. (2003). the canonization of Ovide Decroly as a "saint" of the New Education. *History of Education Quarterly*, 43(2), 224-228.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education*. New York.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: MacMillan.
- Dewey, J. (1980). *Εμπειρία και Εκπαίδευση*. Γλάρος.
- Dewey, J. B. (1985). *democracy and education 1916*.
- E K Liu, W. Q. (2014, 9 9). White revolution' to 'white pollution'—agricultural plastic film mulch in China. *Environmental Research Letters*, 9(9), 091001. doi:10.1088/1748-9326/9/9/091001
- Education Bureau. (2009). *Safety in School Workshops*. Hong Kong: The government of the Hong Kong special administrative region.
- Elgaaïed-Gambier, L. (2014, 12 9). Who Buys Overpackaged Grocery Products and Why? Understanding Consumers' Reactions to Overpackaging in the Food Sector. *Journal of Business Ethics*, 135(4), 683-698. doi:10.1007/s10551-014-2491-2
- Elissa Pearson, S. M. (2014, 12 15). Marine wildlife entanglement: Assessing knowledge, attitudes, and relevant behaviour in the Australian community. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2), 136-148. doi:10.1016/j.marpolbul.2014.10.014
- Erkan Ari, V. Y. (2017). Consumer attitudes on the use of plastic and cloth bags. *Environment, development and sustainability*, 19(4), 1219-1234. doi:10.1007/s10668-016-9791-x
- Esperanza Huerta Lwanga, H. G. (2016, 2 8). Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science & Technology*, 50(5), 2685-2691. doi:10.1021/acs.est.5b05478
- Esperanza Huerta Lwanga, H. G. (2017, 1). Incorporation of microplastics from litter into burrows of *Lumbricus terrestris*. *Environmental Pollution*, 220, 523-531. doi:10.1016/j.envpol.2016.09.096
- Evan Carpenter, S. W. (2017, 7). Plastic litter in streams: The behavioral archaeology of a pervasive environmental problem. *Applied Geography*, 84, 93-101. doi:10.1016/j.apgeog.2017.04.010
- Evans, N. (1994). *Experiential Learning for All*. London, New York: Casell.
- Everblock. (n.d.). Retrieved 17, 2021, from the everblock system: <https://www.everblocksystems.com/>
- G.BDerraik, J. (2002, 9). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842-852. doi:10.1016/S0025-326X(02)00220-5

- Gerhard Reese, E. A. (2017). Keep on Rockin' in a (Plastic-)Free World: Collective Efficacy and Pro-Environmental Intentions as a Function of Task Difficulty. *Sustainability*, 9(2), 1-13. doi:10.3390/su9020200
- Germaine M. Buck Louis Ph.D., R. S. (2014, 5). Urinary bisphenol A, phthalates, and couple fecundity: the Longitudinal Investigation of Fertility and the Environment (LIFE) Study. *Fertility and Sterility*, 101(5), 1359-1366. doi:10.1016/j.fertnstert.2014.01.022
- Goodyear, C. (1844, 6 15). *United States/New York Patent No. 3633*. Retrieved from https://web.archive.org/web/20150714081931/http://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/auto_ipc/us3633a.pdf
- Grossman, E. (2015, 1 15). How Plastics From Your Clothes Can End Up in Your Fish. Retrieved from <https://time.com/3669084/plastics-pollution-fish/>
- Hakkens, D. (Director). (2013). *Precious Plastic V1.0- at work* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=WwUPX5Sqi1Y>
- Hakkens, D. (Director). (2014). *€10.000 for open source development* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=yyTuGWVwf2k>
- Hakkens, D. (Director). (2016). *Backstage Paradise* [Motion Picture]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=_QAvvdKkGgY&t=1m30s
- Hakkens, D. (Director). (2016). *Precious Plastic - 3D printer Filament maker* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=j85TPjYRezl>
- Hamel, M. (2019, 5 30). *re3d.org*. Retrieved from Gigabot X Update: <https://re3d.org/gigabotx-release/>
- Haruna M. Musa, C. H. (2013, 1). Measures Aimed at Reducing Plastic Carrier Bag Use:. *Natural Environment*, 17-23. doi:10.12966/ne.06.02.2013
- Hayden K. Webb, J. A. (2012, 11 30). Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Poly(ethylene terephthalate). *Polymers*, 5(1), 1-18. doi:10.3390/polym5010001
- Hayley Bennett, K. T. (2018, 8 30). What a waste! Retrieved from <https://edu.rsc.org/feature/plastic-waste/3009361.article>
- Heusel, G. B. (1958, 8 1). Form of Personnel Organization in a Woodworking Shop. Retrieved from <https://shareok.org/bitstream/handle/11244/32202/Thesis-1958R-H595f.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Holtman, N. (Director). (2013). *Dutch Profiles: Dirk van der Kooij* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=CJ0RqJknFhU&feature=youtu.be>
- HomoFaciens (Director). (2020). *Direct granules 3D printer V2 - Hackaday Prize 2020* [Motion Picture]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=Nycx9_I9eec
- <https://projectkamp.com/>. (2018). Retrieved from <https://projectkamp.com/>: <https://projectkamp.com/>

- I.R. Santos, A. F.-K. (2005). influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. *Ocean and Coastal Management*, 48, 742-752.
- Infoplease. (2017, 1 24). Retrieved from <https://www.infoplease.com>:
<https://www.infoplease.com/encyclopedia/science/chemistry/organic/plastic>
- Ishrat Jahan Synthia, S. K. (2015, 1). An Investigation of Cosumer Attitudes Towards New Varieties of Shopping Bags: Exploring Eco-Awareness and the Possibility of Behavior Change. *The Journal of Developing Areas*, 49(5), 183-196. doi:10.1353/jda.2015.0062
- J.C. Antunes, J. F. (2013, 9 20). Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 62-69. doi:10.1016/j.ecss.2013.06.016
- J.R.BartonD, D. S. (1996). Life cycle assessment for waste management. *Waste Management*, 16(1-3), 35-50. doi:10.1016/S0956-053X(96)00057-8
- Jenna R. Jambeck, R. G. (2015, 2 13). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. doi:10.1126/science.1260352
- Jennifer Clapp, L. S. (2009, 9 24). Doing away with plastic shopping bags: international patterns of norm emergence and policy implementation. *Environmental Politics*, 18(3), 315-332. doi:10.1080/09644010902823717
- Jianfei Zhang, X. W. (2004, 8 5). A study on the biodegradability of polyethylene terephthalate fiber and diethylene glycol terephthalate. *Applied Polymer*, 93(3), 1089-1096. doi:10.1002/app.20556
- Joachim Vogt, K. R. (2014, 6 13). Recycling behaviour in healthcare: waste handling at work. *Ergonomics*, 57(4), 525-535. doi:10.1080/00140139.2014.887786
- Joana M. Veiga, T. V. (2016, 1 30). Enhancing public awareness and promoting co-responsibility for marine litter in Europe: The challenge of MARLISCO. *Marine Pollution Bulletin*, 102(2), 309-315. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.01.031
- Karin Venter, D. v. (2010, 9). Consumers' perceptions of food packaging: an exploratory investigation in Potchefstroom, South Africa. *International IJC*, 35(3), 273-281. doi:10.1111/j.1470-6431.2010.00936.x
- Katharina Vones, D. A. (2018, 6). 3D-printing 'Ocean plastic'—Fostering childrens' engagement with sustainability. *Materials Today Communications*, 16, 56-59. doi:10.1016/j.mtcomm.2018.04.001
- Katz, L. (1994). *The project approach*. ERIC Digest.
- Kerschensteiner, G. (2013). *Theorie der Bildung*. Springer-Verlag.
- Kimberly Klaiman, D. L. (2017, 3). Perceived barriers to food packaging recycling: Evidence from a choice experiment of US consumers. *Food Control*, 73, 291-299. doi:10.1016/j.foodcont.2016.08.017
- Kolb, D. A. (1981). Experiential Learning Theory and the Learning Style Inventor. *Academy of Management Review*, 2(2), 89-296.

- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Lea Marie Heidbreder, I. B. (2019, 6). Tackling the plastic problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. *Science of The Total Environment*, 668, 1077-1093. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.437
- Lee, B. J. (2019). *Tangible Ideation: How To Design For And With Children?* Aalto University.
- Li Yi, S. S. (2010). Eco-Impact of Shopping Bags: Consumer Attitude and Governmental Policies. *Journal of Sustainable Development*, 3(2), 71-83. doi:10.5539/jsd.v3n2p71
- Li Zhao, M. Q. (2017, 10). Transgenerational toxicity of nanopolystyrene particles in the range of $\mu\text{g L}^{-1}$ in the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Environmental science. Nano.*, 4(12), 2356-2366. doi:10.1039/C7EN00707H
- Lolita Rubens, P. G. (2015). Being a Hypocrite or Committed While I Am Shopping? A Comparison of the Impact of Two Interventions on Environmentally Friendly Behavior. *Environment and Behavior*, 47(1). doi:10.1177/0013916513482838
- M.B.A. Hammami, E. M.-K. (2017). Survey on awareness and attitudes of secondary school students regarding plastic pollution: implications for environmental education and public health in Sharjah city. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(25), 20,626-20,633.
- Maíra Prestes Joly, C. C. (2013, 9). Service design for social innovation: creating services from social innovation cases. *Research project about DESIS Network in Brazil*.
- Major industrial polymers. (2016, 4 21). Encyclopaedia Britannica, Inc. . Retrieved from <https://www.britannica.com/topic/industrial-polymers-468698>
- Marcus Eriksen, L. C. (2014, 12 10). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9(12), e111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913
- Mark E. Hodson, C. A.-H.-M. (2017, 3 29). Plastic Bag Derived-Microplastics as a Vector for Metal Exposure in Terrestrial Invertebrates. *Environmental Science & Technology*, 51(8), 4714-4721. doi:10.1021/acs.est.7b00635
- Matthew Cole, P. L. (2013, 5 21). Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6646-6655. doi:10.1021/es400663f
- McGill. (2011). *mcgill.ca*. (M. University, Producer) Retrieved from Workshop Safety Guidelines: <https://www.mcgill.ca/ehs/programs-and-services/workshop-safety/workshop-safety-guidelines>
- Mengting Liu, S. L. (2018). Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai. *Environmental Pollution*, 242, 855-862. doi:10.1016/j.envpol.2018.07.051
- Mercelis, J. (2012). Leo Baekeland's Transatlantic Struggle for Bakelite: Patenting Inside and Outside of America. *Technology and Culture*, 53, 366-400. doi:Mercelis, J. (2012). Leo Baekeland's Transatlantic Struggle for Bakelite: Patenting Inside and Outside of America. <https://doi.org/10.1353/TECH.2012.0067>

- Michael O. Gaylor, E. H. (2013, 10 25). Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Accumulation by Earthworms (*Eisenia fetida*) Exposed to Biosolids-, Polyurethane Foam Microparticle-, and Penta-BDE-Amended Soils. *Environmental Science & Technology*, 47(23), 13831-13839. doi:10.1021/es403750a
- National Geographic. (2019, 7 5). (J. Evers, Editor, & N. G. Caryl-Sue, Producer) Retrieved 2 2021, from <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/>
- Neky Aky, M. V. (2015). Καινοτόμες παιδαγωγικές προσεγγίσεις στην Ελληνική πραγματικότητα: Η περίπτωση του Δημοτικού Σχολείου Φουρφουρά. *Multilingual Academic Journal of Education and Social Sciences*, 3(1). doi:10.6007/MAJESS/v3-i1/1704
- Norbert. (2020, 9 1). *homofaciens.de*. Retrieved from Direct granules extruder version 2: https://homofaciens.de/technics-machines-3D-printer-Granule-Extruder-V2_en.htm
- Ofstad, S. P. (2017). Understanding the Mechanisms behind Changing People's Recycling Behavior at Work by Applying a Comprehensive Action Determination Model. *Sustainability*, 9(2). doi:10.3390/su9020204
- O'Gorman, L. (2017, 9 12). Sustainability, the Arts and Big Numbers: The Challenge of Researching Children's Responses to Chris Jordan's Images. *International Journal of Early Childhood*, 49(3), 321-332. doi:10.1007/s13158-017-0199-z
- One_army (Director). (2019). *ONE ARMY* [Motion Picture]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=IN_3SzDARKA
- One_army (Director). (2020). *Precious Plastic 4 - Fully explained* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=thhHoPJ6Y14>
- Parker, L. (2018, 6). We Made Plastic. We Depend on It. Now We're Drowning in It. *National Geographic*. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2018/06/plastic-planet-waste-pollution-trash-crisis/>
- Patents for inventions. (1876). London, United Kingdom/London: UK Patent office. Retrieved 2 13, 2021, from https://books.google.gr/books?id=0nCoU-2tAx8C&pg=PA255&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Patricia K. Madigele, G. E. (2017, 7 23). Consumer willingness to pay for plastic bags levy and willingness to accept eco-friendly alternatives in Botswana. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 15(3), 255-261. doi:10.1080/10042857.2017.1369243
- PBS (Producer). (2019). *The Plastic Problem - A PBS NewsHour Documentary* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=1RDc2opwg0I&t=20m30sI>
- Peter, M. (1994). *Drama for All*. London: David Fulton Publishers.
- Pheasant, S. (1990). *Anthropometrics*. Milton Keynes: British Standards Institution.
- Plastic Wars* (2020). [Motion Picture]. Retrieved 12 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=-dk3NOEgX7o&t=10m32s>

- Plastic, P. (2021, 1 10). *preciousplastic.com*. Retrieved from community.preciousplastic.com:
<https://community.preciousplastic.com/academy/intro.html>
- Plastics Europe. (2017). *Plastics – the Facts 2017 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Brussels. Retrieved from
https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf
- precious plastic (Writer), & One_Army (Director). (2017). *Make a durable tote bag from shitty plastic bags* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=Pp4vmfVIm2k>
- Precious Plastic. (2018). *community.preciousplastic.com*. Retrieved from how-to:
<https://community.preciousplastic.com/how-to>
- Precious Plastic. (2020, 1 7). *community.preciousplastic.com*. Retrieved from Safety and Fumes:
<https://community.preciousplastic.com/academy/plastic/safety>
- Precious Plastic. (2020, 5 15). *community.preciousplastic.com*. Retrieved from Mix workspace:
<https://community.preciousplastic.com/academy/spaces/mix>
- Precious Plastic. (2020). *preciousplastic.com*. Retrieved from Starterkits:
<https://preciousplastic.com/starterkits/showcase/mix.html>
- Precious Plastic. (2021). *community.preciousplastic.com*. Retrieved from academy:
<https://community.preciousplastic.com/academy/build/compression>
- Precious Plastic. (2021). *preciousplastics.com*. Retrieved from Precious Plastics Basic Machines:
<https://preciousplastic.com/solutions/machines/basic.html>
- Precious_Plastic (Director). (2016). *Precious Plastic - Introduction #preciousplastic (part 1)* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=dP1s7viFZHY>
- Precious_Plastic (Director). (2017). *Make plastic recycling go bananas 🍌🍌🍌* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=-TWO9gSM30Y>
- Precious_Plastic (Director). (2017). *Monthly news #1 - super rough, super quick* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=YzRk5Vpl4J0&t=443s>
- Precious_Plastic (Director). (2017). *Precious Plastic - The Story Behind* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=EPA2l1bi2pQ>
- Precious_Plastic (Director). (2017). *Precious Plastic 3 - Fully explained* [Motion Picture]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=_zpGnThAM80
- Precious_Plastic (Director). (2017). *We're on Patreon!!* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=iDuczdw9cw>
- Precious_Plastic (Director). (2018). *We're creating an army to start Precious Plastic V4!* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=XCZm2-Qurw8>

- Preston, F. (2012, 3). page 1 briefing paper A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. London: Chatham House.
- Qitech. (2021). *Qitech.de*. Retrieved from Jarvis Winder: <https://www.qitech.de/en/ind/jarvis-winder>
- R.C. Thompson, S. S. (2009, July). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973-1976. doi:doi:10.1098/rstb.2009.0054
- Rafia Afroz, A. R. (2017, 1). The knowledge, awareness, attitude and motivational analysis of plastic waste and household perspective in Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(3), 2304-2315. doi:doi: 10.1007/s11356-016-7942-0
- re3Dprinting (Director). (2019). *Gigabot X: Creating a pellet printer to 3D print using recycled plastic* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=wPmLXazhZJ0>
- Recycle Rebuild. (2020). *bazar.preciousplastic.com*. Retrieved from bazar.preciousplastic.com/moulds/: <https://bazar.preciousplastic.com/moulds/extruder-moulds/v4-open-brick-mould/>
- recyclerebuild*. (2019). Retrieved from <https://www.recyclerebuild.org/>
- Reynolds, M. V. (2008). *Experiential Learning and Management Education*. New York: Oxford University Press.
- Richardson, J. G. (2016). Tweet if you want to be sustainable: a thematic analysis of a Twitter chat to discuss sustainability in nurse education. *Journal of Advanced Nursing*, 72(5), 0186-1096.
- Rob W.Holland, H. A. (2006, 11). Breaking and creating habits on the working floor: A field-experiment on the power of implementation intentions. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42(6), 776-783. doi:10.1016/j.jesp.2005.11.006
- Robin Vanner, M. B. (2014). Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains.
- Rodriguez, F. (n.d.). Plastic. Encyclopedia Britannica. Retrieved 1 2021, from <https://www.britannica.com/science/plastic>
- Roland Geyer, J. R. (2017, 7 19). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3(7), e1700782. doi:10.1126/sciadv.1700782
- Ruthann A. Rudel, J. M. (2011, 3). Food Packaging and Bisphenol A and Bis(2-Ethylhexyl) Phthalate Exposure: Findings from a Dietary Intervention. *Environmental Health Perspectives*, 119(7), 914-20. doi:10.1289/ehp.1003170
- Ryan, V. (2006). *technologystudent.com*. Retrieved from Safety Test: <https://technologystudent.com/health1/stest1.htm>
- Sarah-Jeanne Royer, s. F. (2018, 8 1). Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLoS One*, 13(8), e0200574. doi:10.1371/journal.pone.0200574

- Scott Lambert, M. W. (2017). Microplastics are contaminants of emerging concern in freshwater environments: an overview. *Freshwater Microplastics. The Handbook of Environmental Chemistry*, 1-23. doi:10.1007/978-3-319-61615-5
- Seltenrich, N. (2015, 2 1). New link in the food chain? Marine plastic pollution and seafood safety. *Environmental Health Perspective*, 124(7), 123-A34. doi:10.1289/ehp.123-A34
- Shin Woong Kim, Y.-J. A. (2019, 6 10). A simple and efficient method for separation of low-density polyethylene films into different micro-sized groups for laboratory investigation. *Science of The Total Environment*, 668, 84-89. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.016
- Sigler, M. (2014, 11). The Effects of Plastic Pollution on Aquatic Wildlife: Current Situations and Future Solutions. *Water, Air, & Soil Pollution volume*, 225(11), 2184. doi:10.1007/s11270-014-2184-6
- Sinja Rist, N. B. (2017). Aquatic ecotoxicity of microplastics and nanoplastics: lessons learned from engineered nanomaterials. *Freshwater Microplastics. The Handbook of Environmental Chemistry*, 58, 25-49. doi:10.1007/978-3-319-61615-5_2
- Siu-Kit Yeung, W.-M. W.-Y.-Y.-F. (2017, 11 6). Comparing pedagogies for plastic waste management at university level. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(7), 1039-1059. doi:10.1108/14676371311312905
- Skynews (Producer). (2018). *Dirty Business: what really happens to your recycling* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=oRQLiXLAIU&t=30m35s>
- Somma, A. M. (2014, 12 29). *Charles Goodyear and the Vulcanization of Rubber*. Retrieved from connecticuthistory.org: <https://connecticuthistory.org/charles-goodyear-and-the-vulcanization-of-rubber/>
- Speedybrick*. (n.d.). Retrieved 1 6, 2021, from <https://www.speedybrick.com/copia-di-home>
- Stinson, S. (1987). Discoverers of Polypropylene Share Prize. *Chemical & Engineering News*, 65(10), 30. doi:10.1021/cen-v065n010.p030
- tafnstuff, s. g. (2017). *davehakkens.nl*. Retrieved from dave Hakkens forums: <https://davehakkens.nl/community/forums/topic/working-with-pet-bottles/>
- This week 50 years ago. (2007, 4 28). *New Scientist*, p. 15.
- Thomas Astrup, J. M. (2009). Incineration and co-combustion of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27(8), 789-799. doi:10.1177/0734242X09343774
- Tim Kiessling, S. S. (2017, 3). Who cares about dirty beaches? Evaluating environmental awareness and action on coastal litter in Chile. *Ocean & Coastal Management*, 137, 82-95. doi:10.1016/j.ocecoaman.2016.11.029
- Tomé Awshar Mapotse, T. K. (2017, 8). Nurturing Learners' Awareness of Littering through Environmental Campaigns: An Action Research Approach. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(10), 6909-6921. doi:10.12973/ejmste/76658

- TSE, M. (Director). (2017). *How to make a Plastic Bottle Cutter | Step by Step Tutorial* [Motion Picture]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=P72VjYf9reQ>
- Tsz Yan Cheung, L. F.-C.-M.-F. (2018). University halls plastics recycling: a blended intervention study. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 19(6), 1038-1052. doi: 10.1108/IJSHE-10-2017-0175
- W.C. Li, H. T. (2016, 10 1). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of The Total Environment*, 566-567(333-349), 333-349. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.05.084
- W.M.W. So, N. C. (2016). Learning about the types of plastic wastes: effectiveness of inquiry learning strategies. *Education*, 44(3), 311-324.
- Weisman, A. (2007). *The World Without Us*. New York: St. Martin's Thomas Dunne Books.
- Whinfield, J. r. (1941). *UK Patent No. 578079*.
- Wikipedia contributors. (2021, 2 10). celluloid. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 2 2021, from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Celluloid&oldid=1006036973>
- Wikipedia contributors. (2021, 2 6). Plastic. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 1 6, 2021, from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Plastic&oldid=1005278423>
- Wilkinson, F. (2020, 11 20). Microplastics found near Everest's peak, highest ever detected in the world. (N. Geographic, Ed.) Retrieved from <https://www.nationalgeographic.co.uk/environment-and-conservation/2020/11/microplastics-found-near-everests-peak-highest-ever-detected>
- William McDonough, M. B. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press.
- Wing-Mui Winnie So, N.-Y. I.-F. (2016). Learning about the types of plastic wastes: effectiveness of inquiry learning strategies. *International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education*, 44(3), 311-324. doi:10.1080/03004279.2014.976239
- Wurdinger, S. (2005). *Using Experiential Learning in the Classroom*. Maryland: Scarecrow Education.
- Yitian Shao, H. C. (2014). Rethinking plastic bag pollution problems in China. *Environmental Science: an Indian journal*, 9, 215-222.
- Zacharias Steinmetz, C. W. (2016, 4 15). Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Science of The Total Environment*, 550, 690-705. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.01.153
- Αγγελική Μπαστέα, Θ. Β. (2016). Πρόγραμμα Βιωματικής Μάθησης στα Τμήματα Ένταξης. *Πανελλήνιο Συνέδριο Επιστημών Εκπαίδευσης*, 725-743.
- Δεδούλη, Μ. (2001). Βιωματική μάθηση - Δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*.

- Δεδούλη, Μ. (2002). Βιωματική μάθηση - Δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης. *Επιθεώρηση εκπαιδευτικών θεμάτων*(6), 145-159.
- Καμαρινού, Δ. (2000). *Η Βιωματική Μάθηση στο σχολείο*. Ξυλόκαστρο.
- Καρακώστα, Σ. (2016, 10 29). Βιωματική μάθηση στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση. *Φιλολογικός Ιστότοπος*. Retrieved from <https://www.filologikos-istotopos.gr/2016/10/29/viomatiki-mathisi-tritovathmia/>
- Κατσαρού Ε., Τ. Β. (2003). *Από την έρευνα στη διδασκαλία*. Αθήνα: Σαββάλας.
- Κλεάνθους - Παπαδημητρίου, Μ. (1952). *Η Νέα Αγωγή. Θεωρία και Μέθοδοι*. Αθήνα.
- Λάχλου, Σ. (2015). Τα σχέδια εργασίας - δράσης στην παιδαγωγική Φρενέ. *Νέος Παιδαγωγός* , 23-24.
- Μαρξ Κ., Έ. Φ. (1982). *Μανιφέστο του Κομμουνιστικού Κόμματος*. Αθήνα: Σύγχρονη Εποχή.
- Ματσαγγούρας, Η. (1995). *Ε εξέλιξη της Διδακτικής: Επιστημολογική θεώρηση*. Αθήνα: Gutenberg.
- Ξαναθάκου, Γ. (1998). *Η δημιουργικότητα στο σχολείο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Παυλίδης, Π. (1998). Η συμβολή της παιδείας στην κοινωνική πρόοδο: μια αναφορά στις παιδαγωγικές απόψεις του ΑΣ Μακαρένκο.
- Παυλίδης, Π. (2006). Αναζητώντας τους σκοπούς της εκπαίδευσης. Για την επανεξέταση του ιδεώδους της αυτονομίας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση: Τρίμηνη Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 147, 99-127.
- Σεργή, Λ. (1987). *Δραματική Έκφραση Και Αγωγή του Παιδιού*. Αθήνα: Gutenberg.
- Τριλίβα Σ., Α. Τ. (2008). *Βιωματική Μάθηση*. Αθήνα: Τόπος.