



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Περιβαλλοντικό αποτύπωμα των οχημάτων

&

Εναλλακτικές λύσεις για την ανακύκλωσή τους»



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΟΥΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2023

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

ΤΣΟΥΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Περίληψη

Το αυτοκίνητο κυριαρχεί στη ζωή του πλανήτη με τη φυσική του παρουσία για περισσότερο από έναν αιώνα. Λόγω της κρίσιμης λειτουργίας του στην προώθηση του βιοτικού επιπέδου και της προόδου του ανθρώπου, ο άνθρωπος είναι ψυχολογικά και πρακτικά εξαρτημένος από αυτό. Παρά την τεχνική πρόοδο, ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτού του προϊόντος είναι ότι καταναλώνει φυσικούς πόρους και εκπέμπει ρύπους καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, από την κατασκευή και τη χρήση μέχρι το τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ζημία που προκαλεί η κλιματική αλλαγή στο περιβάλλον. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να περιγράψει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των οχημάτων και να προτείνει υποκατάστατα για την ανακύκλωσή τους.

Abstract

With its physical presence, the car has dominated life on the planet for more than a century. Human being's dependence on it is both practical and psychological because of its critical role in promoting human being's standard of living and progress. The fact that it uses natural resources and produces pollutants throughout its life cycle, from production and use to the end of its useful life, is a major negative element despite its technological progress. It has a major role in causing the environmental damage caused by climate change. The purpose of this paper is to present the environmental footprint of vehicles and to propose alternatives for recycling them.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	3
Abstract	3
Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 1 ^ο : Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.....	7
1.1 Ο κύκλος ζωής των οχημάτων	7
1.2 Ρύποι των οχημάτων	8
1.3 Ρύποι της ανακύκλωσης των οχημάτων.....	10
1.4 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα της αυτοκινητοβιομηχανίας.....	16
1.5 Αναγκαιότητα ανακύκλωσης	21
1.6 Ο ρόλος των καταλυτικών μετατροπέων	24
1.7 Προβλήματα στην ανακύκλωση των καταλυτικών μετατροπέων	29
Κεφάλαιο 2 ^ο : Εργασίες ανάκτησης παλαιών οχημάτων και μετάλλων	31
2.1 Αποδοχή και αποθήκευση απορριφθέντων οχημάτων	31
2.2 Απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών	32
2.3 Αποσυναρμολόγηση οχημάτων για χρήσιμα ή ανακυκλώσιμα μέρη.....	33
2.4 Αποθήκευση οχημάτων & Ανάπτυξη της διάθεσης οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους.....	34
2.5 Αποθήκευση επικίνδυνων υγρών και υλικών	35
2.6 Υγεία, ασφάλεια και προστασία των εργαζομένων και του περιβάλλοντος.....	36
Κεφάλαιο 3 ^ο : Εναλλακτικοί τρόποι ανακύκλωσης μερών των οχημάτων	39
3.1 Κινητήρες	39
3.2 Κιβώτιο ταχυτήτων.....	39

3.3 Μέρη των αυτοκινήτων	40
3.4 Ελαστικά.....	42
3.5 Μπαταρίες	42
Κεφάλαιο 4 ^ο : Βιώσιμα οχήματα.....	43
4.1 Βιώσιμα εξαρτήματα αυτοκινήτων	45
4.2 Το μέλλον της αυτοκινητοβιομηχανίας	47
Κεφάλαιο 5 ^ο : Νομικό πλαίσιο σε Ελλάδα και Ευρώπη.....	49
5.1 Ανακύκλωση οχημάτων στην Ευρώπη	49
5.2 Ανακύκλωση οχημάτων στην Ελλάδα.....	51
5.3 Εταιρείες ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα	52
Συμπεράσματα.....	58
Βιβλιογραφία.....	60

Εισαγωγή

Το αυτοκίνητο έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην πρόοδο του πολιτισμού από την εφεύρεσή του στα τέλη του 19ου αιώνα. Έφερε άμεσα τους ανθρώπους κοντά, διευκόλυνε τα ταξίδια και την επικοινωνία και τελικά "δυναμίτισε" το ανθρώπινο γένος, το περιβάλλον και τον πλανήτη. Το αυτοκίνητο προσφέρει μια εκπληκτική αίσθηση ανεξαρτησίας, αφού συμμετέχει σε όλες τις εκφάνσεις της καθημερινής ζωής. Η δημιουργία και η χρήση του αυτοκινήτου, ωστόσο, είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για το περιβάλλον, τη βιοποικιλότητα και, εν τέλει, τη διατήρηση του πλανήτη, καθιστώντας εμφανές ότι αυτή η ελευθερία είναι ψεύτικη και μετατρέπεται σε αιχμαλωσία. Αν και αποτελεί απαραίτητο κομμάτι της καθημερινότητας του ανθρώπου, η χρήση του πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μην θέτει σε κίνδυνο την επιβίωσή του (Κατσιρέλου, 2012).

Η ανακύκλωση είναι απαραίτητη για την επίτευξη της βιωσιμότητας μέσω της εξοικονόμησης πρωτογενών υλικών και της μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία αποτελεί τη βασική αρχή για τη σωτηρία του κόσμου. Ως αποτέλεσμα, έχει δημιουργηθεί ένα πολύ σημαντικό δίκτυο επιχειρήσεων διαχείρισης στερεών αποβλήτων και ανακύκλωσης υλικών. Οι επιχειρήσεις αυτές δραστηριοποιούνται στον δευτερογενή τομέα της πράσινης περιβαλλοντικής επιχειρηματικότητας και ασχολούνται με υλικά και απόβλητα, συμπεριλαμβανομένων των αυτοκινήτων, όταν αυτά φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους, είτε φυσικά λόγω γήρανσης είτε λόγω τεχνικών προβλημάτων που τα καθιστούν άχρηστα. End of Life Vehicles (ELVs), ή End of Life Vehicles (E.L.V.) στα αγγλικά, είναι η ονομασία που δίνεται σε αυτά τα αυτοκίνητα (Κατσιρέλου, 2012).

Ένα από τα προβλήματα του αιώνα μας όσον αφορά τη μείωση της ρύπανσης και της κατανάλωσης ενέργειας και υλικών είναι η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων με εκατοντάδες μικρομεσαίες επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο να ασχολούνται με αυτή την προσπάθεια (Kovacs & Haidegger, 2006). Ο Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (Ε.Ο.Α.Ν.) στην Ελλάδα εγκρίνει τα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης της χώρας για κάθε προϊόν και παρακολουθεί την εξέλιξή της στον τομέα αυτό. Από την ίδρυσή του το 2004, το σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Οχημάτων Ελλάδας (ΕΔΟΕ), το οποίο δραστηριοποιείται στην ανακύκλωση αυτοκινήτων, υποχρεούται να ενημερώνει το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας για τις ποσότητες διαφόρων και περιβαλλοντικά επιβλαβών υλικών που παράγονται από τα ΕΔΟΕ (μπαταρίες, λιπαντικά έλαια, ελαστικά,

πλαστικά κ.λπ.). Ορισμένα από αυτά τα υλικά ανακυκλώνονται ως ανταλλακτικά, ενώ άλλα μεταφέρονται σε επιχειρήσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνα σκουπίδια και άλλα ανακυκλώνονται ομαδικά. Σε διεθνές επίπεδο, η σημασία της ανάκτησης, της ανακύκλωσης και της διάθεσης των Ο.Τ.Κ.Ζ αυξάνεται (Κατσιρέλου, 2012).

Οι δημοτικές επιχειρήσεις ανακύκλωσης οφείλουν να εκτελούν δύο βιώσιμες εργασίες. Ενδείκνυται να αφαιρούν επιβλαβή υλικά και σπαταλημένους πόρους από το περιβάλλον ανακυκλώνοντας αυτοκίνητα, αλλά πρέπει επίσης να τηρούν περιβαλλοντικούς κανονισμούς στις δικές τους δραστηριότητες. Σύμφωνα με μελέτες, είναι ζωτικής σημασίας να λαμβάνεται υπόψη η οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα αυτών των επιχειρήσεων κατά την αξιολόγηση της διαχείρισης των ΟΤΚΖ τους (Pan & Li, 2016). Τα αυτοκίνητα είναι συσκευές υψηλής τεχνολογίας με αναρίθμητα εξαρτήματα από επιβλαβείς ενώσεις όπως λιπαντικά, διαλύματα οξέων, αντιψυκτικά και δεκάδες ανακυκλώσιμα υλικά όπως χάλυβας, χαλκός, καουτσούκ κ.λπ. Έτσι, η διαχείριση των ΟΤΚΖ είναι απαραίτητη τόσο για τη διατήρηση του περιβάλλοντος όσο και για την εξοικονόμηση πόρων και προκύπτει ότι η παράνομη διαχείριση των ΟΤΚΖ αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την επίτευξη αυτού του στόχου (Li et al., 2016).

Κεφάλαιο 1^ο: Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα

1.1 Ο κύκλος ζωής των οχημάτων

Το πρόσωπο και κατά κάποιο τρόπο η πορεία του κόσμου έχουν αλλάξει ως αποτέλεσμα των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) και ειδικότερα του αυτοκινήτου. Δεν χρειάζεται περαιτέρω εξέταση για να καταλάβουμε πόσο σημαντικά είναι τα αυτοκίνητα σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας, διότι είναι αδύνατο να φανταστούμε τη ζωή χωρίς αυτά. Από την άλλη πλευρά, έχει εκθέσει την ανθρωπότητα σε νέα ζητήματα και απειλές. Η ανάπτυξη, η χρήση και η απόρριψη των οχημάτων έχουν σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ρύπανση από το εργοστάσιο είναι παρούσα κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας με τη μορφή καυσαερίων, υγρών αποβλήτων και υπολειμμάτων κατεργασίας. Εκπέμπουμε επιβλαβή αέρια (CO NO_x, SO₂, HCs), υγρά, στερεά, αέρια του θερμοκηπίου (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα) και ηχορύπανση κατά τη χρήση του εξοπλισμού (Κατσιρέλου, 2012).

Περίπου το 25% του βάρους ενός οχήματος στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του -στην καλύτερη περίπτωση μετά από επεξεργασία- παράγει 2-3 εκατομμύρια τόνους σκουπιδιών

ετησίως (στην ΕΕ) και απορρίπτεται σε χωματερές, μολύνοντας συχνά το έδαφος και τα υπόγεια ύδατα. Το 10% της συνολικής ποσότητας επικίνδυνων σκουπιδιών που παράγονται ετησίως στην ΕΕ αντιπροσωπεύεται από αυτή την ποσότητα. Λόγω του αυξανόμενου αριθμού οχημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά κάθε χρόνο, τα απόβλητα αυτά αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον. Από τα προαναφερθέντα, είναι προφανές ότι ένα αυτοκίνητο είναι εξίσου χρήσιμο και ρυπογόνο. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αυτοκινήτων πρέπει να μειωθούν ενεργά καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, προκειμένου να παραμείνουν μια βιώσιμη μέθοδος μεταφοράς στον εικοστό πρώτο αιώνα. Παρόλο που οι κατασκευαστές αυτοκινήτων, οι κυβερνήσεις και η επιστημονική κοινότητα εργάζονται πάνω σε αυτό το ζήτημα εδώ και δεκαετίες και τα αυτοκίνητα σήμερα είναι αναμφίβολα πιο φιλικά προς το περιβάλλον, τα προβλήματα εξακολουθούν να υφίστανται και να επιδεινώνονται καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα αυτοκίνητα ως μέσο μεταφοράς, διανύοντας όλο και περισσότερα χιλιόμετρα στο δρόμο (Bazatu et al., 2015).

1.2 Ρύποι των οχημάτων

Η ιδέα της ρύπανσης συνδέεται τόσο με πολιτικές όσο και με οικονομικές ανησυχίες. Όλοι διακήρυτταν ότι το περιβάλλον πρέπει να διαφυλαχθεί και ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα προς αυτή την κατεύθυνση μόλις εισήχθη το φαινόμενο της ρύπανσης του περιβάλλοντος με τη βιομηχανική ανάπτυξη, την ανάπτυξη των εργοστασίων κ.λπ. Υπάρχουν πολυάριθμοι τρόποι για να οριστεί η ρύπανση. Ακολουθεί ένας αρχικός ορισμός. Με άλλα λόγια, η βλάβη συνδέεται με τη ρύπανση. Ο όρος αυτός, ωστόσο, εγκαταλείφθηκε γρήγορα, καθώς υπονοούσε ότι οι ρύποι ή όλες οι βλαβερές εκπομπές και αγαθά θα έπρεπε να απομακρυνθούν πλήρως, πράγμα δύσκολο ή και αδύνατο, διότι θα απαιτούσε δαπάνες και επενδύσεις που δεν θα επηρέαζαν άμεσα τις επιχειρήσεις. Ως αποτέλεσμα, οι έννοιες της βλάβης και του κινδύνου βλάβης για τον άνθρωπο και το περιβάλλον συνδυάστηκαν. Τα υποπροϊόντα και οι εκπομπές όλων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που αποτελούν απειλή τόσο για τους ανθρώπους όσο και για το περιβάλλον (Cossu, 2015).

Με άλλα λόγια, δημιουργήθηκε μια σύνδεση μεταξύ του κινδύνου και της ρύπανσης. Κίνδυνος είναι η πιθανότητα αύξησης της βλάβης. Αυτός ο κίνδυνος είναι διαφορετικός, διότι δεν έχει καθοριστεί ούτε το χρονικό πλαίσιο εντός του οποίου αναμένεται να συμβεί η βλάβη ούτε η φύση της βλάβης. Ακόμη και αυτός ο ορισμός, ο οποίος στην πραγματικότητα απαιτούσε από τις επιχειρήσεις να καταβάλλουν σημαντικά χρηματικά ποσά για σημαντικές

μειώσεις της ρύπανσης, δεν μπορούσε να αντέξει για πολύ καιρό. Ως εκ τούτου, εισήχθη η φράση "άμεσος κίνδυνος βλάβης" και στη συνέχεια καθορίστηκαν τα έννομα αγαθά που διακυβεύονται από αυτή τη βλάβη - η ζωή και η ευημερία των πολιτών. Αυτά τα δύο δικαιώματα -η ζωή και η υγεία- μαζί με άλλα, όπως η προσωπική ανάπτυξη, η ελευθερία, η ασφάλεια, η εκπαίδευση, η απασχόληση κ.ο.κ., κατοχυρώνονται από το Σύνταγμά μας, το οποίο χρησιμεύει ως ο υπέρτατος νόμος κάθε κράτους, καθώς και από τα συντάγματα όλων των δημοκρατικών κρατών σε όλο τον κόσμο. Ως αποτέλεσμα της υποχρέωσης του κράτους να υπερασπίζεται και να προασπίζεται τα ατομικά δικαιώματα των πολιτών ή τα ανθρώπινα δικαιώματα, οι πολίτες έχουν αυτομάτως το δικαίωμα να αναμένουν από το κράτος να προασπίζεται τα δικαιώματά τους (Cossu, 2015).

Περισσότερα από 200 εκατομμύρια αυτοκίνητα κυκλοφορούν σήμερα στους ευρωπαϊκούς δρόμους, επιτρέποντας σε πολυάριθμες κατηγορίες επιβατών να ταξιδεύουν ελεύθερα. Ωστόσο, τα αυτοκίνητα θεωρούνται ότι έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη και τα αέρια του θερμοκηπίου, τη φωτοχημική ρύπανση, τον θόρυβο και τη μόλυνση του εδάφους. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων εργάζονται σκληρά τα τελευταία χρόνια για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των οχημάτων τους, ανταποκρινόμενοι στην πίεση του κοινού, καθώς και επειδή το θεωρούν ως έξυπνη στρατηγική μάρκετινγκ. Τελικά, η προσπάθεια αυτή έχει οδηγήσει σε έναν αγώνα δρόμου κυρίως λόγω του ανταγωνισμού για την κατάκτηση του μεγαλύτερου μεριδίου της αγοράς για τα φιλικά προς το περιβάλλον οχήματα. (Cossu, 2015).

Πρωτογενείς & Δευτερογενείς ρύποι

Οι πρωτογενείς εκπομπές προέρχονται από την εξάτμιση του αυτοκινήτου και αποτελούνται από ουσίες που βρίσκονται στα καυσαέρια. Οι δευτερογενείς εκπομπές, από την άλλη πλευρά, είναι υποπροϊόντα της αλληλεπίδρασης ή του μετασχηματισμού των πρωτογενών εκπομπών και δεν απελευθερώνονται από την εξάτμιση του οχήματος.

Πρωτογενείς εκπομπές, λοιπόν, είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του θείου (SO₂), ο μόλυβδος (Pb) και οι υδρατμοί (H₂O). Στις πρωτογενείς εκπομπές οι ρυπαντές CO, HC και NO_x ενδιαφέρουν περισσότερο (Hu & Wen, 2015).

Αέριοι ρύποι σε MEK.

Το Άζωτο - N_2 είναι ένα αέριο που είναι άκαυστο, άχρωμο, άοσμο και μη τοξικό. Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του αέρα στην ατμόσφαιρά μας ($N_2 = 78\%$, $O_2 = 21\%$, άλλα αέρια = 1%) και είναι αυτό που λαμβάνει ο κινητήρας από τον αέρα εισαγωγής. Η πλειονότητα του αζώτου απελευθερώνεται ως καυσαέρια στην καθαρή του μορφή. Μόνο ένα μικρό μέρος μετατρέπεται σε οξειδία του αζώτου όταν προστίθεται οξυγόνο (NO , N_2O_3 και NO_2).

Το Οξυγόνο - O_2 είναι ένα άγευστο, άοσμο, άχρωμο και μη τοξικό αέριο. Είναι το σημαντικότερο στοιχείο της ατμόσφαιρας. Εισάγεται στον κινητήρα μέσω του φίλτρου αέρα και είναι ζωτικής σημασίας για την καύση.

Το Νερό - H_2O απορροφάται από το φίλτρο αέρα μαζί με τον αέρα (υγρασία αέρα). Επιπλέον, παράγεται από την καύση και απομακρύνεται με εξάτμιση ως σταγονίδια νερού κατά τη φάση προθέρμανσης λόγω συμπύκνωσης κατά την ψυχρή καύση. Είναι ένα μη τοξικό μέρος του καυσαερίου (Hu & Wen, 2015).

1.3 Ρύποι της ανακύκλωσης των οχημάτων

Η ιδέα της ρύπανσης συνδέεται τόσο με πολιτικές όσο και με οικονομικές ανησυχίες. "Η δυσμενής μεταβολή των φυσικοχημικών ή βιολογικών συνθηκών ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή/και η βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη βλάβη στην ευημερία, την ποιότητα ζωής και την υγεία των ανθρώπων και των άλλων ειδών του πλανήτη", σύμφωνα με τον ορισμό της ρύπανσης. Οι φυσικοί πόροι, οι ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της αναψυχής, και τα υλικά και πολιτιστικά θεμέλια της ζωής είναι όλα ευαίσθητα στη ρύπανση. Η χημική, η ενεργειακή (θερμική, ραδιενεργή κ.λπ.), η βιολογική, η αισθητική, η ακουστική, η γενετική (π.χ. από την εισαγωγή γενετικά τροποποιημένων ζώων) και η βιολογική ρύπανση αποτελούν παραδείγματα ρύπανσης. Υπάρχουν αμέτρητοι παράγοντες που συμβάλλουν στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Ένας από αυτούς, η οδήγηση, συμβάλλει σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση επειδή απελευθερώνει αέρια που είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία (όπως οξειδία του αζώτου και του θείου, διοξείδιο του άνθρακα και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις), καθώς και στερεά απόβλητα από την αντικατάσταση ή την επισκευή εξαρτημάτων του αυτοκινήτου, όπως λάδι, ελαστικά, νερό (π.χ. υγρό υαλοκαθαριστήρων), πλαστικό, μεταλλικά εξαρτήματα κ.λπ. (Hu & Wen, 2015).

Παρ' όλα αυτά, όταν τα αυτοκίνητα δεν είναι πλέον "ενεργά", παρατηρείται μεγαλύτερη μόλυνση του περιβάλλοντος. Τα γερασμένα και εγκαταλελειμμένα αυτοκίνητα

προκαλούν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς απελευθερώνουν στο περιβάλλον όλα τα δηλητηριώδη υγρά που περιέχουν, έχουν λαμαρίνες που σκουριάζουν και πλαστικά εξαρτήματα που αποσυντίθενται, ενώ αποτελούν επίσης πηγή ρύπανσης. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων εργάζονται σκληρά τα τελευταία χρόνια για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων τους, ανταποκρινόμενοι στην κοινωνική πίεση και επειδή πιστεύουν ότι αυτό θα ενισχύσει τις πωλήσεις τους.

Σε κάθε στάδιο της ανάπτυξής τους, συμπεριλαμβανομένης της σύλληψης, της παραγωγής, της χρήσης στο δρόμο και της απόρριψης στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, τα οχήματα έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον. Κατά τη χρήση τους, εκπέμπουν καυσαέρια ενώ καταναλώνουν ενέργεια και πρώτες ύλες. Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται όταν τα καυσαέρια των οχημάτων απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει έμμεσο αντίκτυπο τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στο κλίμα του πλανήτη.

Όταν εισέρχονται ουσίες (ρύποι) που δεν υπάρχουν κανονικά στην ατμόσφαιρα, αναφέρεται ως ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι τρεις κύριες ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η βιομηχανία, οι μεταφορές και τα νοικοκυριά. Εκτός από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται επίσης από φυσικές διεργασίες, όπως ηφαιστειακά αέρια, σωματίδια άμμου, μικροοργανισμοί κ.λπ. Σε σύγκριση με τις ανθρωπογενείς ουσίες, το ποσοστό των φυσικών ουσιών είναι ελάχιστο (Hu & Wen, 2015).

Με βάση τον παραπάνω ορισμό, οι ουσίες που ευθύνονται για την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι οι εξής:

1. Παράγωγα του θείου και του αζώτου (SO₂ & NO_x)
2. Μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO & CO₂)
3. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)
4. Ο μόλυβδος (Pb) και
5. Διάφορα άλλα στερεά σώματα

Οι πρωτογενείς εκπομπές προέρχονται από την εξάτμιση του αυτοκινήτου και αποτελούνται από ουσίες που βρίσκονται στα καυσαέρια. Αντί να προέρχονται από την εξάτμιση του οχήματος, οι δευτερογενείς εκπομπές είναι υποπροϊόντα της αλληλεπίδρασης ή της τροποποίησης των πρωτογενών εκπομπών. Ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ)

κατατάσσει τις ουσίες που βλάπτουν τη στιβάδα του όζοντος στα επικίνδυνα απόβλητα και κατά την ανάκτησή τους πρέπει να τηρούνται οι νόμοι που διέπουν τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων (ανάκτηση, ανακύκλωση, ποιοτική αποκατάσταση και θερμική καταστροφή) (Kollioroulos et al., 2014).

Οι πρωταρχικοί ρύποι που περιλαμβάνονται στην αξιολόγηση και διαχείριση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα είναι:

- Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)
- Αιθάλη
- Αιωρούμενα σωματίδια (SPM)
- Μόλυβδος (Pb)
- Όζον (O₃)
- Οξειδία του αζώτου (NO_x)
- Βενζόλιο (C₆H₆)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)
- Κάδμιο (Cd)
- Αρσενικό (As)
- Νικέλιο (Ni)
- Υδράργυρος (Hg)
- Μαύρος καπνός (BS)
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) (Kollioroulos et al., 2014)

Τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου ονομάζονται «αέρια θερμοκηπίου» (GHG). Το πρωτόκολλο του Κιότο αναφέρεται σε έξι αέρια θερμοκηπίου:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- Μεθάνιο (CH₄)

- Πρωτοξείδιο του αζώτου (N₂O)
- Υδροφθοράνθρακες (HFC)
- Υπερφθοριωμένοι υδρογονάνθρακες
- Εξαφθοριούχο θείο (SF₆) (Kollioroulos et al., 2014)

Η καταλληλότερη μέθοδος διάθεσης πρέπει να χρησιμοποιείται για τα οχήματα που έχουν φτάσει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, επειδή αποτελούν τους μεγαλύτερους περιβαλλοντικούς κινδύνους στη σημερινή κοινωνία. Το υπόλοιπο ένα τέταρτο των πρώτων υλών, κυρίως τα μέταλλα, δεν μπορούν να ανακυκλωθούν, να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακτηθούν, σε σύγκριση με τα άλλα τρία τέταρτα (κυρίως πλαστικά). Επειδή κάνουν τα αυτοκίνητα ελαφρύτερα και συνεπώς καταναλώνουν λιγότερα καύσιμα, το πλαστικό χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει το μέταλλο σε όλο και περισσότερα οχήματα. Η ανακύκλωση οχημάτων έχει μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο, εκτός από το να συμβάλλει στον μετριασμό πολλών αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στην πραγματικότητα, το περιβάλλον επηρεάζεται λιγότερο αρνητικά από την αποτελεσματική επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων (γυαλί, πλαστικό, υγρά πετρελαίου, μπαταρίες, μέταλλα κ.λπ.), την επεξεργασία (τήξη, συμπίεση) και την ανάκτηση για την παραγωγή άλλων αγαθών, καθώς και τη χρήση τους ως πηγή ενέργειας. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την αδιάκριτη εναπόθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής ή στο περιβάλλον χωρίς τις απαραίτητες διαδικασίες απολύμανσης (Kollioroulos et al., 2014).

Λόγω των πολλών υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα, τα οχήματα που φτάνουν στο τέλος της διάρκειας ζωής τους και απορρίπτονται θέτουν σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα. Οι ρύποι από την ανακύκλωση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους κατηγοριοποιούνται στον κωδικό 16 01 του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (ΕΚΑ) και περιλαμβάνουν τα εξής:

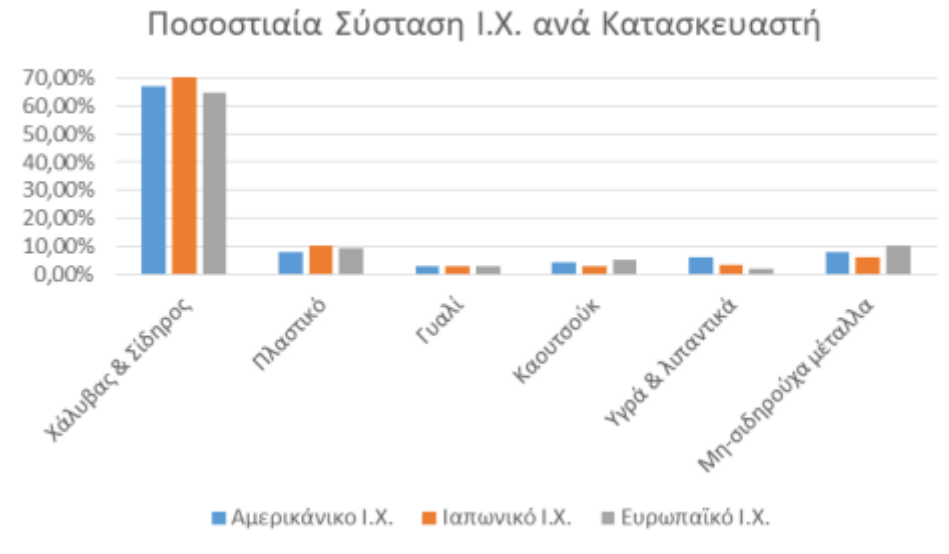
- Ελαστικά στο τέλος του κύκλου ζωής τους (16 01 03)
- Οχήματα στο τέλος του χρόνου ζωής τους (16 01 04*)
- Οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, τα οποία δεν έχουν ούτε υγρά, ούτε άλλα επικίνδυνα συστατικά στοιχεία (16 01 06)
- Φίλτρα λαδιού (16 01 07*)

- Κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν υδράργυρο (16 01 08*)
- Κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν PCB (16 01 09*)
- Εκρηκτικά κατασκευαστικά στοιχεία (π.χ. αερόσακοι – 16 01 10*)
- Τακάκια φρένων που περιέχουν αμίαντο (16 01 11*)
- Τακάκια φρένων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 16 01 11
- Υγρά φρένων (16 01 13*)
- Αντιψυκτικά υγρά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες (16 01 14*)
- Αντιψυκτικά υγρά εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο (16 01 15)
- Δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου (16 01 16)
- Το 75% των εξαρτημάτων των αυτοκινήτων είναι κατασκευασμένα από μέταλλα (σασί και εξαρτήματα - 16 01 17)
- Σιδηρούχα μέταλλα τύπου M (16 01 18) (2014) (Kolliorou et al.)
- Τα πλαστικά μέρη (16 01 19), τα οποία είναι δύσκολο να βιοδιασπαστούν και, επιπλέον, ορισμένοι τύποι πλαστικών θεωρούνται τοξικοί, παρουσιάζουν προβλήματα κατά την απόρριψή τους στο περιβάλλον. Τονίζεται ότι καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, η χρήση πλαστικών υλικών αυξάνεται, καθώς με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πιο αεροδυναμική μορφή του αυτοκινήτου. Επιπλέον, κάνοντας το αυτοκίνητο ελαφρύτερο, ενισχύεται η ενεργειακή απόδοση του οχήματος. Τυπικές περιπτώσεις είναι:
 - Πολυεστέρας: Αυτή είναι η ουσία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ζωνών ασφαλείας.
 - ABS: Τα καλύμματα του κώνου του τιμονιού και οι κεντρικές κονσόλες είναι κατασκευασμένα από αυτό το ισχυρό πλαστικό.
 - Πολυπροπυλένιο: Αυτό το μαλακό πλαστικό χρησιμοποιείται για την κατασκευή των προφυλακτήρων, πολλών εξαρτημάτων του κινητήρα, του εξωτερικού καλύμματος της μπαταρίας και πολλών μικρών εσωτερικών τεμαχίων (Pan & Li, 2016).
- Γυαλί (16 01 20)

- Επικίνδυνα κατασκευαστικά στοιχεία εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στα σημεία 16 01 07 έως 16 01 11, στο σημείο 16 01 13 και στο σημείο 16 01 14 (16 01 21)
- Κατασκευαστικά στοιχεία μη προδιαγραφόμενα άλλως (16 01 22)
- Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως (16 01 99) (Pan & Li, 2016).

Οι προαναφερθείσες πληροφορίες καταδεικνύουν πόσο δραστικά έχει εξελιχθεί η σύνθεση των αυτοκινήτων με την πάροδο των ετών. Ένα σύγχρονο αυτοκίνητο πρέπει να αποπνέει αξιοπιστία και ταυτόχρονα να συνδυάζει άνεση, ασφάλεια και στυλ με ελάχιστη κατανάλωση καυσίμων και προσιτές τιμές. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει μια διαδεδομένη επιθυμία το αυτοκίνητο να έχει τις λιγότερες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Πολλά από τα μεταλλικά μέρη ενός αυτοκινήτου έχουν αντικατασταθεί ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου, των απαιτήσεων για μειωμένη χρήση καυσίμων και της αυξημένης ασφάλειας. Τα πλαστικά, η χρήση των οποίων αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, τείνουν να επωφελούνται από αυτές τις εξελίξεις (Pan & Li, 2016).

Τα πλαστικά είναι ανθεκτικά, ελαφριά, ευέλικτα και ευπροσάρμοστα, γεγονός που τους προσδίδει ορισμένες επιθυμητές ιδιότητες. Η ποσότητα του πλαστικού που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα έχει αυξηθεί κατά 114% την τελευταία εικοσαετία, από 30 κιλά σε 70-100 κιλά σήμερα. Ωστόσο, μόλις το 9,3% του συνολικού βάρους του οχήματος αποτελείται από πλαστικά. Επίσης, το βάρος των αυτοκινήτων έχει μειωθεί ως αποτέλεσμα της αξιοποίησής τους, με 100 κιλά να αντικαθιστούν 200-300 κιλά συμβατικών υλικών. Και αυτή η υποκατάσταση υποδηλώνει όχι μόνο μείωση του βάρους καθεαυτού, αλλά και μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, μείωση της χρήσης λιπαντικών και τελικά μεγάλη μείωση των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα. Τα πλαστικά, από την άλλη πλευρά, εγκυμονούν κινδύνους κατά το στάδιο της επεξεργασίας του οχήματος. Η θερμική επεξεργασία τους μπορεί να παράγει επικίνδυνους ρύπους και η ανακύκλωσή τους δεν είναι ιδιαίτερα εξελιγμένη (Sakai et al., 2014).



Διάγραμμα 1: Ποσοστιαία σύσταση I.X. ανά κατασκευαστή. Πηγή: Google Scholar

1.4 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα της αυτοκινητοβιομηχανίας

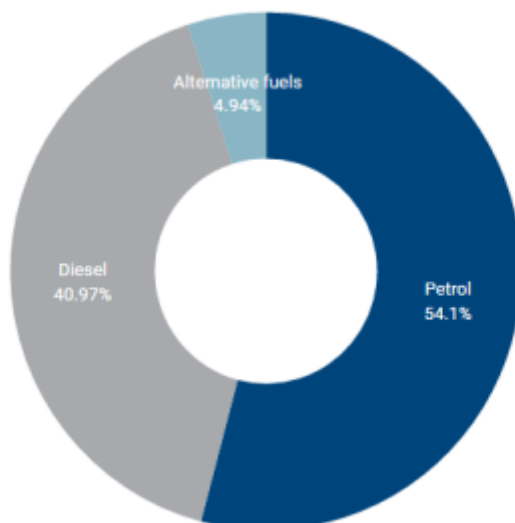
Τα αυτοκίνητα καταναλώνουν πολλή ενέργεια προτού φτάσουν στον ανοιχτό δρόμο. Η παραγωγή αυτοκινήτων αφήνει ένα τεράστιο αποτύπωμα, επειδή υλικά όπως ο χάλυβας, το καουτσούκ, το γυαλί, τα πλαστικά, τα χρώματα και πολλά άλλα πρέπει να δημιουργηθούν πριν ένα νέο αυτοκίνητο είναι έτοιμο να κυκλοφορήσει. Ομοίως, το τέλος της ζωής ενός αυτοκινήτου δεν σηματοδοτεί το τέλος των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων. Τα πλαστικά, τα τοξικά οξέα της μπαταρίας και άλλα προϊόντα μπορεί να παραμείνουν στο περιβάλλον. Ευτυχώς, οι σωροί των σκουπιδότοπων γίνονται πολύ μικρότεροι από ό,τι στο παρελθόν. Περίπου τα τρία τέταρτα του σημερινού μέσου αυτοκινήτου, συμπεριλαμβανομένου του μεγαλύτερου μέρους του χαλύβδινου πλαισίου, μπορούν να ανακυκλωθούν. Το κόστος παραγωγής, ανακύκλωσης και διάθεσης για το περιβάλλον είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ποσοτικά και σε μεγάλο βαθμό πέρα από τον έλεγχο των περισσότερων καταναλωτών. Είναι επίσης αλήθεια ότι το μεγαλύτερο μέρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός αυτοκινήτου, ίσως το 80 έως 90 τοις εκατό, θα οφείλεται στην κατανάλωση καυσίμων και στις εκπομπές ατμοσφαιρικής ρύπανσης και αερίων του θερμοκηπίου που σύμφωνα με τους επιστήμονες του κλίματος οδηγούν στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Ευτυχώς, το επίπεδο

αυτής της επίπτωσης είναι σε μεγάλο βαθμό υπό τον έλεγχο του οδηγού (Mamalis et al., 2013).

Τα πετρελαιοειδή εγείρουν περιβαλλοντικές προειδοποιήσεις ακόμη και πριν καούν. Η εξόρυξή τους από τη γη είναι μια ενεργοβόρα διαδικασία που μπορεί να βλάψει τα τοπικά οικοσυστήματα. Η μεταφορά των καυσίμων μπορεί επίσης να καταναλώσει πολλή ενέργεια και να δημιουργήσει περιστασιακά μια περιβαλλοντική καταστροφή, όπως μια πετρελαιοκηλίδα. Καθώς η παγκόσμια ζήτηση αυξάνεται και οι μη συμβατικές πηγές καυσίμων, όπως οι άμμοι πετρελαίου, γίνονται πιο οικονομικά βιώσιμες, οι οικολογικές επιπτώσεις της εξόρυξης πετρελαίου μπορεί επίσης να αυξηθούν δραματικά. Αυτός είναι ένας ακόμη λόγος για τον οποίο η αποδοτικότητα των καυσίμων είναι τόσο σημαντική (Mamalis et al., 2013).

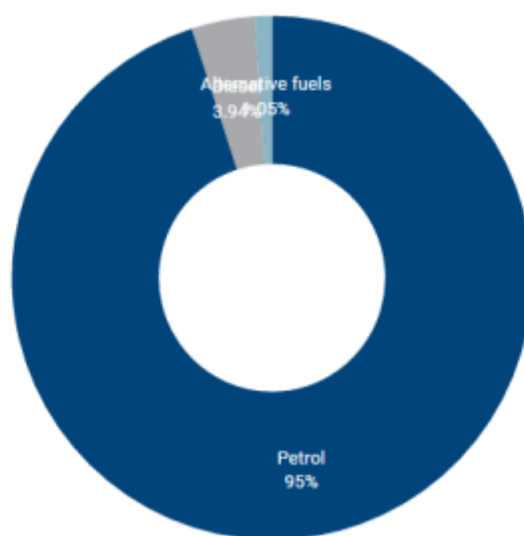
Τα οχήματα είναι οι μεγαλύτεροι υπονομευτές της ποιότητας του αέρα στην Αμερική, καθώς παράγουν περίπου το ένα τρίτο της συνολικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης των ΗΠΑ. Το νέφος, το μονοξείδιο του άνθρακα και άλλες τοξίνες που εκπέμπονται από τα οχήματα είναι ιδιαίτερα ανησυχητικά, επειδή αφήνουν εξατμίσεις στο επίπεδο του δρόμου, όπου οι άνθρωποι αναπνέουν τον μολυσμένο αέρα απευθείας στους πνεύμονές τους. Αυτό μπορεί να καταστήσει τις εκπομπές των αυτοκινήτων ακόμη πιο άμεσο πρόβλημα για την υγεία από τις τοξίνες που εκπέμπονται ψηλά στον ουρανό από τα βιομηχανικά καυσαέρια.

Ένα επιβατικό αυτοκίνητο συνήθως χωράει έναν ή δύο επιβάτες, αν και περιστασιακά μπορεί να χωρέσει έως και εννέα άτομα, συμπεριλαμβανομένου του οδηγού. Ο χάλυβας και το πλαστικό είναι τα δύο κύρια στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή αυτοκινήτων, και τα δύο αυτά υλικά χρειάζονται τη χρήση μετάλλων και πετρελαίου, που είναι φυσικοί πόροι που δεν είναι ανανεώσιμοι. Συνεπώς, οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των οχημάτων ξεκινούν ήδη πριν από τη συγκομιδή των πρώτων υλών και συνεχίζονται με την υψηλή κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την επεξεργασία τους, καθώς και με τη ρύπανση που προκαλεί ο τομέας της αυτοκινητοβιομηχανίας. Εκτείνονται επίσης στη λειτουργία του αυτοκινήτου, στη συντήρηση στα συνεργεία όπου παράγονται διάφορα είδη σκουπιδιών και στην τελική απόρριψη, διότι το αυτοκίνητο έχει αντίκτυπο στο περιβάλλον σε όλα τα στάδια της ύπαρξής του (Ζέρβας & Ραψομανίκης, 2005).



Εικόνα 1: Στόλος οχημάτων Ε.Ε. ανάλογα με τον τύπο καυσίμων. Πηγή: ACEA, 2014

Περίπου το 98% των αυτοκινήτων χρησιμοποιούσαν βενζίνη ή ντίζελ το 2006, σύμφωνα με το I.F.P., με δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις εκπομπές καυσαερίων που περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, οξείδια του θείου και στερεά σωματίδια. Στην Ευρώπη, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούνται για την κίνηση της πλειονότητας των οχημάτων- από τα επιβατικά αυτοκίνητα, το 54,1% χρησιμοποιεί βενζίνη, το 40,97% χρησιμοποιεί ντίζελ και το 4,94% χρησιμοποιεί άλλα καύσιμα. Η κατανομή για την Ελλάδα είναι 95% βενζίνη, 3,94% ντίζελ και 1,05% εναλλακτικά καύσιμα (A.C.E.A., 2014).



Εικόνα 2: Στόλος οχημάτων Ελλάδας ανάλογα με τον τύπο καυσίμων. Πηγή: A.C.E.A., 2014.

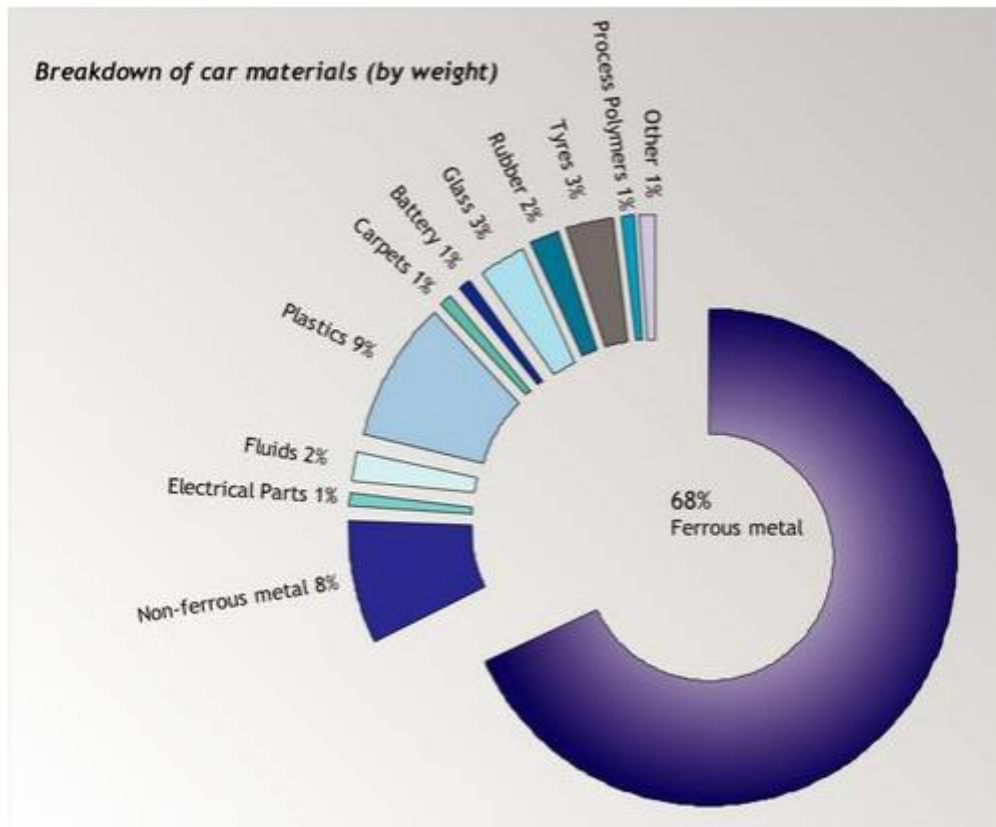
Περίπου το 25% των εκπομπών CO₂ αποδίδεται γενικά στον τομέα των μεταφορών (A.E.E., 2014), με τα επιβατικά αυτοκίνητα να αντιπροσωπεύουν το 12% των εκπομπών αυτών (Σ.Ε.Α.Α.,2014). Με την ανάπτυξη της φωτοχημικής ομίχλης ή του γνωστού σε όλους μας νέφους στις πόλεις, την υπερθέρμανση του πλανήτη, την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και τη συνολική κλιματική αλλαγή, μπορούμε να κατανοήσουμε τη "συμβολή" τους στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή, η οδήγηση συμβάλλει σε πρόωρους θανάτους παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων 600.000 στην Ευρώπη, επιδεινώνοντας καταστάσεις όπως οι καρδιακές παθήσεις, το άσθμα και η βρογχίτιδα. Τα τροχαία ατυχήματα, τα οποία σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας είχαν ως αποτέλεσμα 1,25 εκατομμύρια θανάτους παγκοσμίως το 2015 (Smink, 2006), δυστυχώς θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή και με έναν άλλο τρόπο: Το γεγονός ότι ο ήχος των κινητήρων δεν είναι η πιο ευχάριστη μουσική συμφωνία που ακούγεται, καθιστά το αυτοκίνητο πηγή δυσάρεστης ηχορύπανσης με συνοδευτικές επιπτώσεις στην υγεία. Παρόλο που το επίπεδο θορύβου στα σύγχρονα αυτοκίνητα έχει μειωθεί κατά 90% σε σύγκριση με τα αυτοκίνητα παλαιότερης τεχνολογίας (Σ.Ε.Α.Α.), εξακολουθεί να επηρεάζει 125 εκατομμύρια ανθρώπους στην Ευρώπη, δηλαδή έναν στους τέσσερις, και προκαλεί διαφόρων ειδών διαταραχές, όπως προβλήματα ύπνου, 43.000 εισαγωγές σε νοσοκομεία ετησίως και 10.000 πρόωρους θανάτους από καρδιακές παθήσεις. Και καθώς καταλαμβάνει με γοργούς ρυθμούς τον απαραίτητο χώρο στους δρόμους, στους χώρους στάθμευσης και στις αυλές των σπιτιών, μπορούμε να το βρούμε παντού ως πηγή ορατής ρύπανσης. Στην πραγματικότητα, έχουμε τροποποιήσει τις συνθήκες διαβίωσής μας για να εξυπηρετήσουμε τις επιθυμίες μας για ταξίδια με το αυτοκίνητο. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η συνεχής ανάπτυξη του οδικού δικτύου για την κυκλοφορία των οχημάτων βλάπτουν άμεσα τη φύση και τη βιοποικιλότητα, καθώς διαιρούν φυσικές περιοχές και αποδυναμώνουν τα οικοσυστήματα. Το αυτοκίνητο είναι μια πραγματική μάστιγα της ζωής στην πόλη, καθώς, εκτός από τη ρύπανση του αέρα, ασφυκτιά στο αστικό περιβάλλον στο οποίο ζούμε καθημερινά (Smink, 2006). Επιπλέον, είναι ο τρόπος με τον οποίο "δραπετεύουμε" ταυτόχρονα από τη φύση. Στην πλειονότητα των διαφημίσεων οχημάτων εμφανίζονται οδηγοί να διασχίζουν εντυπωσιακά, παρθένα, γραφικά τοπία, ενώ τους συνοδεύουν πουλιά και άλλα άγρια πλάσματα. Για να είμαστε σαφείς, το αυτοκίνητο

είναι συνήθως παγιδευμένο σε πυκνή κυκλοφορία, οπότε ούτε το περιβάλλον ούτε ο οδηγός κερδίζουν από αυτή τη φανταστική ανεξαρτησία. Ευτυχώς, όμως, η συνεχής τεχνολογική πρόοδος και η τεχνολογία της πληροφορικής επηρεάζουν σημαντικά και την αυτοκινητοβιομηχανία, η οποία αποτελεί βασικό βιομηχανικό επενδυτή στην έρευνα και την ανάπτυξη, οδηγώντας σε μεγαλύτερη άνεση, ενεργειακή απόδοση, ασφάλεια και αποδοτικότητα, ενώ παράλληλα μειώνεται ο αριθμός των θυμάτων τροχαίων ατυχημάτων, η ρύπανση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και το κόστος παραγωγής. Στο πλαίσιο αυτό, γίνονται προσπάθειες να μειωθεί η ποσότητα της ρύπανσης που παράγεται από τα αυτοκίνητα και η εξάρτησή τους από τα προβληματικά ορυκτά καύσιμα με τη χρήση βιοκαυσίμων και φιλικών προς το περιβάλλον ηλεκτρικών οχημάτων. Η θερμοδυναμική ενέργεια που παράγεται από την καύση του υγρού καυσίμου στον κινητήρα και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα του ηλεκτροκινητήρα είναι δύο πρόσθετες πηγές ενέργειας που η υβριδική τεχνολογία αναμειγνύει και αξιοποιεί για την παροχή κίνησης στους τροχούς. Αυτός ο τύπος κίνησης εκπέμπει λιγότερο CO₂ από την παραδοσιακή κίνηση μόνο με καύσιμο. Καθώς διαθέτουν φωτοβολταϊκά πάνελ στην οροφή που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό και στη συνέχεια σε κινητική ενέργεια, έχουν επίσης αναπτυχθεί αυτοκίνητα με ηλιακή ενέργεια. Με κινητήρες καθαρών, αποδοτικών και υψηλής ποιότητας αυτοκινήτων να την τροφοδοτούν (18,4 εκατομμύρια αυτοκίνητα από τα 91,5 εκατομμύρια που παρήχθησαν παγκοσμίως το 2015, ή 20%), η Ευρώπη ηγείται της παγκόσμιας προσπάθειας για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα μέλη της Ένωσης Ευρωπαίων Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (A. C. E. A.) έχουν δεσμευτεί να μειώσουν περαιτέρω τις εκπομπές CO₂ από τα νέα αυτοκίνητα, από 37,5% λιγότερες σήμερα σε σχέση με δύο δεκαετίες πριν, σε 42% έως το 2021 σε σχέση με το 2005 (A. C. E. A., 14-6-2016). Ένα ολοκαίνουργιο αυτοκίνητο στην Ευρώπη απελευθέρωσε κατά μέσο όρο 119,6g CO₂/km το 2015. Η σχετική νομοθεσία της ΕΕ, η οποία κατατάσσει τα αυτοκίνητα ανάλογα με τις εκπομπές ρύπων τους σε μια κλίμακα που ονομάζεται "EURO" (1 έως 6), και η οποία στοχεύει στη μείωση των εκπομπών CO₂ στα 95g CO₂/km στα καινούργια αυτοκίνητα μέχρι το 2021 -μια μείωση που είναι ήδη 4% χαμηλότερη από το 2012 (I.F.P.E.N., 2016)- κατευθύνει την προσπάθεια για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των κινητήρων. Αλλά ένα αυτοκίνητο είναι κάτι περισσότερο από έναν κινητήρα και ένα καύσιμο. Το αμάξωμά του, που είναι ο πρωταρχικός του οργανισμός, διαθέτει περίπλοκα εξαρτήματα διεύθυνσης, ανάρτησης, φρένων και μετάδοσης κίνησης. Διαθέτει επίσης χώρο για επιβάτες και αποσκευές (Gerrard & Kandlikar, 2007).

1.5 Αναγκαιότητα ανακύκλωσης

Με την εφεύρεσή του, το αυτοκίνητο "απελευθέρωσε" τον άνθρωπο και του πρόσφερε απεριόριστες ευκαιρίες για ανάπτυξη και εξέλιξη, αλλά τελικά τον κράτησε σε καθεστώς υποτέλειας καθ' όλη τη διάρκεια της ύπαρξής του. Οι επιπτώσεις του αυτοκινήτου ξεκινούν από τη στιγμή της παραγωγής του με τον τρόπο παραγωγής του στο εργοστάσιο, περνούν στην κίνηση και την ύπαρξή του στο φυσικό και αστικό περιβάλλον και συνεχίζονται ακόμη και όταν έχει εξυπηρετήσει τον σκοπό του και είναι καιρός να αποσυρθεί από την ενεργό δράση, σε αντίθεση με τα ζώα που αρχικά χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος για την κίνηση και τη μεταφορά, τα οποία δεν επιβάρυναν το περιβάλλον ούτε κατά τη διάρκεια ούτε στο τέλος της ζωής τους, πέρα από τα επακόλουθα της διατροφής τους. Ανάλογα με τον λόγο για τον οποίο ένα αυτοκίνητο τίθεται εκτός λειτουργίας, ο χρόνος αυτός διαφέρει για κάθε όχημα. Λόγω της ηλικίας του, συνήθως έχει φτάσει στα όρια των δυνατοτήτων του. Ωστόσο, μπορεί να τελειώσει νωρίτερα, αν καταστραφεί σε ατύχημα, έχει σημαντική δυσλειτουργία, απαιτεί ακριβές επισκευές ή ακόμη και αν ο ιδιοκτήτης του δεν το χρειάζεται πλέον. Τα οχήματα αυτά αναφέρονται ως οχήματα τέλους κύκλου ζωής (O.T.K.Z.) ή στα αγγλικά End of Life Vehicles (E.L.V.), ανεξάρτητα από τον λόγο για τον οποίο αποσύρθηκαν από τον δρόμο. Λόγω του γεγονότος ότι βρίσκονται σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής τους, αρχίζουν να αναδύονται και άλλα ζητήματα που είναι εξίσου σημαντικά με εκείνα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους (Pan & Li, 2016). Μια απλή μέθοδος είναι η εμφάνιση κάποιων αυτοκινήτων που αφήνονται σε δυσπρόσιτες τοποθεσίες ή ακόμα και "παρκαρισμένα" σε απομονωμένους δρόμους, όπου ριζώνουν φυσικά και έχουν αρνητικές επιπτώσεις. Καταλαμβάνουν χώρο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και να εκτιμηθεί στις πολυσύχναστες πόλεις μας, αποτελούν πρωτίστως πηγή ορατής ρύπανσης, αλλά και πηγή μόλυνσης, επειδή χρησιμεύουν ως καταφύγιο για τρωκτικά και έντομα. Λόγω της πιθανότητας διασποράς και διαρροής επικίνδυνων υλικών και τοξικών υγρών που περιέχονται σε αυτά, όπως καύσιμα, λάδια μηχανών, υγρά φρένων, μόλυβδος, υδράργυρος κ.ά., είναι εύκολα ικανά να υποβαθμίσουν το περιβάλλον για τους αποδέκτες εδάφους και νερού. Εξίσου σημαντική είναι και η οικονομική επιβάρυνση που προκαλούν στους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης, οι οποίοι συνεχίζουν να παρέχουν τις αντίστοιχες υπηρεσίες που είναι επιφορτισμένοι με τη συλλογή και μεταφορά των O.T.K.Z. σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης (Pan & Li, 2016). Οι ιδιοκτήτες πολλών αυτοκινήτων τα παραχωρούν σε μη εξουσιοδοτημένες επιχειρήσεις με σημαντικό οικονομικό όφελος, γεγονός που αποτελεί ένα

άλλο ζήτημα που ανακύπτει. Εκεί, τα αυτοκίνητα αποσυναρμολογούνται και αφαιρούνται τα επιθυμητά, πολύτιμα εμπορικά μέρη. Τα υπόλοιπα εξαρτήματα μένουν αδιατάρακτα και αχρησιμοποίητα, ενώ παρ' όλα αυτά βλάπτουν το περιβάλλον με τους τρόπους που αναφέρονται παραπάνω. Επιπλέον, δεν πρέπει να αγνοούμε το γεγονός ότι πολλοί από τους πόρους που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των αυτοκινήτων προέρχονται απευθείας από τη φύση. Τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους αποτελούν επίσης πηγή "πρώτων υλών", καθώς περιέχουν μεγάλες ποσότητες χρήσιμων υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν και να προστεθούν ξανά στη διαδικασία κατασκευής με φθηνότερο κόστος από ό,τι όταν κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά, διατηρώντας έτσι τους φυσικούς πόρους και την ενέργεια. Κατά συνέπεια, εκτός από τη ρύπανση που παράγουν, συμβάλλουν επίσης στην εξάντληση των φυσικών πόρων παραμένοντας αναξιοποίητα και ανεπαρκώς αξιοποιημένα. Η σύνθεση των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των σύγχρονων αυτοκινήτων εξετάστηκε σε μια μελέτη που διεξήχθη το 2001 από τη βρετανική οργάνωση ανακύκλωσης Automotive Consortium on Recycling and Disposal (A.C.O.R.D. annual report, 2001). Η μελέτη αυτή αποκάλυψε ότι ελαφρύτερα υλικά, όπως ανακυκλώσιμα πλαστικά και αλουμίνιο, χρησιμοποιούνται πλέον στη θέση των βαρύτερων στην κατασκευή των σύγχρονων αυτοκινήτων. Σύμφωνα με τους Zoboli κ.ά., το 1965, τα σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (2% αλουμίνιο) και τα πλαστικά εξαρτήματα αποτελούσαν το 82% του βάρους του μέσου αυτοκινήτου της εποχής. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, το πλαστικό είχε ανέβει στο 10%, ενώ η χρήση μετάλλων στην παραγωγή αυτοκινήτων είχε μειωθεί στο 75% (4,5% αλουμίνιο). Η χρήση ελαφρύτερων υλικών στην κατασκευή μειώνει επίσης την κατανάλωση καυσίμων και τη ρύπανση, καθώς τα βαρύτερα αυτοκίνητα παράγουν περισσότερο CO₂ σύμφωνα με μετρήσεις (Ζέρβας και Ραψομανίκης, 2005).



Εικόνα 3: Σύσταση των υλικών ενός αυτοκινήτου σε ποσοστά επί %. Πηγή: A.CO.R.D. annual report, 2001.

Τα δεδομένα του Σχήματος 3 σχετικά με τη σύνθεση των υλικών ενός αυτοκινήτου καθιστούν ακόμη πιο σαφές ότι πρόκειται για ένα εξαιρετικά πολύπλοκο προϊόν, και ανάλογα με τα ζητήματα που σχετίζονται με τη χρήση και την παραγωγή του, η ελεύθερη διάθεσή του στο περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα (Amatayakul & Ramnäs, 2001).

Είναι επίσης ζωτικής σημασίας να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα του αυξανόμενου αριθμού αυτοκινήτων. Σύμφωνα με την A.C.E.A., η μέση ηλικία του στόλου στην ΕΕ και ο αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων που χρησιμοποιούνται, 192,2 εκατομμύρια ήταν σε χρήση στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2004. Το 2014, υπήρχαν 5.355.445 επιβατικά οχήματα στην Ελλάδα, με 387.939 να είναι ηλικίας κάτω των πέντε ετών, 1.349.275 να είναι ηλικίας μεταξύ πέντε και δέκα ετών και 3.618.231 να είναι ηλικίας άνω των δέκα ετών. Οι μελλοντικοί στόλοι εγκαταλελειμμένων οχημάτων θα είναι σημαντικά μεγαλύτεροι ως αποτέλεσμα της αύξησης του ορίου ηλικίας και της αύξησης του πληθυσμού των αυτοκινήτων, επιβαρύνοντας περαιτέρω το περιβάλλον. Επειδή τα εγκαταλελειμμένα

αυτοκίνητα αποτελούν μια προσιτή και μεγάλη προμήθεια πρώτων υλών, όπως προαναφέρθηκε, η ανάγκη διαχείρισης του παραπάνω όγκου αυτοκινήτων καθίσταται αναγκαία τόσο για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος όσο και για οικονομικούς λόγους (Amatayakul & Ramnäs, 2001).

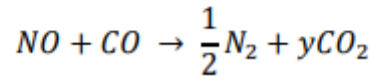
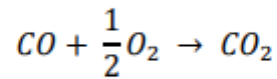
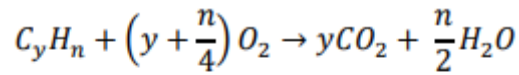
1.6 Ο ρόλος των καταλυτικών μετατροπέων

Το 1961 τέθηκαν σε εφαρμογή οι πρώτοι επίγειοι περιορισμοί στην εκπομπή επικίνδυνων καυσαερίων. Αυτό έγινε στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, όπου επιβλήθηκε νόμος για τον περιορισμό των εκπομπών καυσαερίων από το κάλυμμα του στροφάλου. Με ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 1964, η νομοθεσία επέβαλε ότι αυτά τα λεγόμενα blow-by αέρια πρέπει να επιστρέφουν στο σύστημα εισαγωγής του κινητήρα. Το λεγόμενο ELEVEN TEST MODE, από το οποίο προήλθε το πλέον γνωστό SEVEN TEST MODE, ήταν ένα πρόγραμμα δοκιμών για τις εκπομπές καυσαερίων που δημιούργησαν οι Αμερικανοί τεχνικοί το 1956 και απαγόρευε την κυκλοφορία οποιουδήποτε οχήματος που δεν τηρούσε τις απαιτήσεις του Seven Gas Test του 1966. Ωστόσο, αυτό δεν αποτελεί εγγύηση, καθώς ο ίδιος ο καταλυτικός μετατροπέας θα μπορούσε να γεράσει πρόωρα ή ακόμη και να παρουσιάσει πρόωρη φθορά. Καταλύτες με περισσότερα από 100.000 χιλιόμετρα αλλά άψογη απόδοση είναι ακόμα δυνατό να βρεθούν. Στην ουσία, ο καταλύτης έχει άπειρη διάρκεια ζωής. Ο νόμος είναι σαφής σε αυτό το θέμα. Ο καταλυτικός μετατροπέας θεωρείται ασφαλής εφόσον κάνει σωστά τη δουλειά του και καθαρίζει τα καυσαέρια συμμορφούμενος με τα χαμηλά πρότυπα εκπομπών. Όταν υπολείπεται των απαιτήσεων, πρέπει να αντικατασταθεί αμέσως. με την ισχύ της κάρτας ελέγχου καυσαερίων, η οποία απαιτείται εδώ και περίπου δύο χρόνια και ισχύει για ένα (1) έτος από την ημερομηνία έκδοσης (Pan & Li, 2016), τα όρια αυτά είναι πλέον σαφώς κατανοητά στο έθνος μας. η αυξανόμενη χρήση των αυτοκινήτων έχει δώσει στους ανθρώπους πρόσβαση σε βολικές μετακινήσεις που ήταν πριν αδιανόητες για τους ανθρώπους. Ωστόσο, η ευρεία χρήση των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης έχει επίσης σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι κινητήρες των αυτοκινήτων λειτουργούν με την καύση υδρογονανθράκων, είτε πρόκειται για καύσιμο ντίζελ είτε για αμόλυβδη βενζίνη. Τα καύσιμα αυτά αποτελούνται κυρίως από παραφίνες και αρωματικούς υδρογονάνθρακες, οι οποίοι όταν καίγονται ανεπαρκώς παράγουν αέρια παραπροϊόντα που είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Οι τρεις κύριοι ρύποι που εκλύονται από έναν κινητήρα ως αποτέλεσμα της ατελούς καύσης είναι οι υδρογονάνθρακες (HC), τα οξειδία του αζώτου (NOx) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Όταν το 1970

τέθηκε σε ισχύ στις ΗΠΑ ο περιβόητος νόμος για τον καθαρό αέρα, άρχισαν να λαμβάνονται μέτρα για τη μείωση των εκπομπών ρύπων τόσο εκεί όσο και στην Ιαπωνία και την Ευρώπη. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία της τεχνολογίας που χρησιμοποιεί καταλυτικούς μετατροπείς για την επεξεργασία και τον έλεγχο των ρύπων που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Οι τριαδικοί καταλύτες χρησιμοποιούνται από το 1975, όταν αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά οι καταλυτικοί μετατροπείς, ως αποτέλεσμα των τεχνολογικών εξελίξεων και των συνεχών απαιτήσεων για την ελαχιστοποίηση των ατμοσφαιρικών ρύπων (Amatayakul & Ramnäs, 2001).

Συνήθως, η μολυβδούχος βενζίνη, η ανεπαρκής τροφοδοσία, η κακή ανάφλεξη και η γήρανση είναι οι κύριοι εχθροί του καταλύτη. Επειδή ο μόλυβδος συσσωρεύεται στους πόρους του καταλύτη και εμποδίζει τη διέλευση των καυσαερίων, εμποδίζεται η οξειδωση, γεγονός που αναιρεί τον σκοπό του καταλύτη. Λόγω των προβλημάτων τροφοδοσίας και ανάφλεξης του ρεύματος, είναι δυνατόν να εισέλθει κάποιο άκαυστο καύσιμο στους σωλήνες της εξάτμισης και του καταλύτη. Ως αποτέλεσμα, η θερμοκρασία του καταλύτη αυξάνεται από περίπου 800 βαθμούς Κελσίου σε 1200 βαθμούς Κελσίου, που είναι το σημείο τήξης του ροδίου, ως αποτέλεσμα της ανάφλεξης του καυσίμου. Το κεραμικό συστατικό του καταλύτη λιώνει ως αποτέλεσμα, καθιστώντας το άχρηστο. Η πίεση ενός καταλυτικού αυτοκινήτου για να ξεκινήσει απαγορεύεται για τον ίδιο ακριβώς λόγο (εισροή άκαυστου καυσίμου στον καταλυτικό μετατροπέα). Τέλος, όσον αφορά τη γήρανση των καταλυτικών μετατροπέων, δεν μπορούμε παρά να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι, εφόσον δεν γεμίζουμε ποτέ το αυτοκίνητό μας σε αξιόπιστο πρατήριο καυσίμων και δεν είμαστε ποτέ σίγουροι για την ποιότητα του καυσίμου που χρησιμοποιούμε, ο καταλυτικός μετατροπέας του αυτοκινήτου μας κάποια στιγμή αστοχεί. Αυτή είναι η λογική πίσω από τη σύστασή μας για περιορισμό της διάρκειας ζωής του καταλύτη στα 100.000 χιλιόμετρα (Amatayakul & Ramnäs, 2001).

Η ταυτόχρονη μετατροπή όλων των ρύπων των καυσαερίων, όπως οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες, το μονοξείδιο του άνθρακα και τα οξείδια του αζώτου, σε λιγότερο επικίνδυνες και περιβαλλοντικά αποδεκτές ενώσεις, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό και το άζωτο, είναι η βάση για τη λειτουργία των καταλυτών τροδικών καταλυτών (TWCs). Ειδικότερα, οι TWCs επιτυγχάνουν ταυτόχρονη αναγωγή των NOx σε N₂ και οξείδωση των HCs και του CO σε H₂O και διοξείδιο του άνθρακα. Οι πρωταρχικές αντιδράσεις που εμφανίζονται περιλαμβάνουν:



Αρχικά, το ενδιαφέρον για την καταλυτική δραστηριότητα των καταλυτικών μετατροπέων οφειλόταν κυρίως σε οικονομικές εκτιμήσεις, εστιάζοντας σε μη ευγενή μέταλλα, όπως Ni, Cu, Co και Fe. Ωστόσο, σύντομα κατέστη σαφές ότι μόνο τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου (PGMs), παρά την ακριβή τιμή τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καταλυτικούς μετατροπείς οχημάτων με ικανοποιητικό τρόπο. Τα PGMs επιλέχθηκαν ως ενεργοί καταλύτες στα αυτοκίνητα λόγω τριών βασικών παραγόντων:

1. Διαθέτουν την απαραίτητη καταλυτική δραστηριότητα για τη γρήγορη μετατροπή των ρύπων σε αβλαβή αέρια.
2. Κατασκευάζονται από υλικά που μπορούν να αντέξουν τις δηλητηριώδεις επιδράσεις των χημικών ουσιών που έχουν απομείνει (S, P, κ.λπ.) στα καυσαέρια.
3. Λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητάς τους στις υψηλές θερμοκρασίες, είναι λιγότερο πιθανό να αδρανοποιηθούν λόγω θερμικών φαινομένων (Haneda et al., 2017).

Έχουν την ακόλουθη καταλυτική δραστηριότητα ειδικά όταν χρησιμοποιούνται σε καταλυτικούς μετατροπείς οχημάτων:

Λευκόχρυσος (Pt). Ο λευκόχρυσος λειτουργεί καλά ως αναγωγικό μέσο των NOx σε αέριο άζωτο με μικρότερη δραστηριότητα και ως εξαιρετικός καταλύτης για την οξείδωση του CO και των HCs.

Pd ή παλλάδιο. Σύμφωνα με τους Haneda και συν. (2017), το παλλάδιο είναι καλός καταλύτης για την οξείδωση των HCs και καλός καταλύτης για την οξείδωση του CO.

(Rh) Ρόδιο. Λόγω της σχεδόν πλήρους απορρόφησης του μονοξειδίου του αζώτου, το ρόδιο αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για τη διάσπαση των NOx.

Η ποσότητα και η αναλογία των μετάλλων Pt, Pd και Rh που χρησιμοποιούνται στους καταλύτες αυτοκινήτων ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος, τον κατασκευαστή, το

έθνος και το έτος παραγωγής του κινητήρα του οχήματος. Σε έρευνα ανακυκλωμένων καταλυτικών μετατροπέων από την ελληνική αγορά (δείγμα 40.000 κεραμικών και 4000 μεταλλικών μετατροπέων) βρέθηκε ότι κατά μέσο όρο 1,913 γραμμάρια PGMs σε έναν κεραμικό καταλυτικό μετατροπέα και 1,68 γραμμάρια PGMs σε έναν μεταλλικό καταλυτικό μετατροπέα. Αυτό συγκρίνεται με την εκτιμώμενη παγκόσμια μέση περιεκτικότητα σε PGMs στους καταλυτικούς μετατροπείς αυτοκινήτων, η οποία εκτιμάται σε 4-5 γραμμάρια ανά καταλυτικό μετατροπέα. Η διαφορά, ωστόσο, μπορεί να είναι σημαντική, κυμαινόμενη από 1gr σε μικροσκοπικά αυτοκίνητα έως 15gr PGMs ή και περισσότερο σε μεγάλα, βαρέα οχήματα. Τα PGMs που προστίθενται σε κάθε καταλύτη μπορεί να φαίνονται ασήμαντα σε σύγκριση με το συνολικό βάρος του (1%wt), αλλά δεδομένης της ζήτησης για αυτά τα μέταλλα, φαίνεται ότι οι καταλυτικοί μετατροπείς χρησιμοποιούν τα περισσότερα PGMs παγκοσμίως. Σύμφωνα με την ανάλυση αγοράς της JM για το 2018, αναμένεται ότι οι εφαρμογές καταλυτικών μετατροπέων αυτοκινήτων θα αντιπροσωπεύουν το 41% της παγκόσμιας ζήτησης για πλατίνα, το 84% της ζήτησης για παλλάδιο και το 84% της ζήτησης για ρόδιο (Haneda et al., 2017).

Το γεγονός ότι οι καταλυτικοί μετατροπείς χάνουν τελικά την αποτελεσματικότητά τους λόγω γήρανσης αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα. Λόγω πολυάριθμων λόγων που αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου, η απενεργοποίηση ή η απενεργοποίηση ενός καταλυτικού μετατροπέα αυτοκινήτου είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που προκαλεί μείωση της αποτελεσματικότητας των ενεργών καταλυτικών κέντρων. Οι καταλύτες αυτοκινήτων λειτουργούν σε περιβάλλοντα με θερμοκρασίες μεταξύ 800 και 900 oC (Haneda et al., 2017).

Αυτό οδηγεί σε μια σειρά φαινομένων χημικού, θερμικού και μηχανικού χαρακτήρα που συνεπάγονται την αργή υποβάθμιση της δραστηριότητας του καταλύτη. Τα φαινόμενα αυτά επιδεινώνονται από το μείγμα καυσίμων και λιπαντικών που χρησιμοποιούνται στους κινητήρες των οχημάτων, καθώς και από μια ενδεχόμενη απορρύθμιση του κινητήρα. Οι ακόλουθοι είναι οι κύριοι λόγοι για τους οποίους απενεργοποιείται ένας καταλυτικός μετατροπέας οχήματος: (Haneda et al., 2017).

(α) Θερμική Απενεργοποίηση

Μια φυσική διαδικασία γνωστή ως θερμική απενεργοποίηση του καταλύτη έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της ενεργού καταλυτικής επιφάνειας ως αποτέλεσμα της αύξησης των κρυσταλλιτών της καταλυτικής φάσης και της κατάρρευσης της πορώδους δομής του καταλυτικού φορέα. Η συσσωμάτωση των κρυσταλλιτών της ενεργού φάσης του καταλύτη

(Pt, Pd και Rh) και του καταλυτικού φορέα (γ -Al₂O₃ και άλλα οξειδία, π.χ. CeO₂). διευκολύνεται από τις υψηλές θερμοκρασίες (> 900 °C), την ατμόσφαιρα που υπάρχει στα καυσαέρια των αυτοκινήτων, καθώς και από τις μεταβολές μεταξύ οξειδωτικών και αναγωγικών συνθηκών. Ενώ η συσσωμάτωση της καταλυτικής επικάλυψης που προκαλείται από τη μετάβαση του γ -Al₂O₃ σε μια πιο κρυσταλλική φάση, το α -Al₂O₃, προκαλεί κατάρρευση του πορώδους και γρήγορη μείωση της ειδικής επιφάνειας, η συσσωμάτωση των ενεργών μετάλλων υποδηλώνει μείωση της δραστηριότητας του καταλύτη (Haneda et al., 2017).

(β) Χημική απενεργοποίηση ή Δηλητηρίαση

Η δηλητηρίαση του καταλύτη προκαλείται από την εναπόθεση διαφόρων χημικών ουσιών στην επιφάνειά του, είτε ως αποτέλεσμα της φθοράς των μηχανικών εξαρτημάτων του συστήματος εξάτμισης είτε ως ρύπων στο ρεύμα εισόδου των καυσαερίων, κυρίως φωσφόρου (P) και θείου (S), που είναι οι κυριότεροι. Οι ουσίες αυτές, οι οποίες είναι επίσης γνωστές ως ρύποι ή δηλητήρια, μπορούν να προσκολληθούν στην επιφάνεια του φορέα καταλύτη και να φράξουν τους πόρους του, μειώνοντας την ικανότητα διάχυσης των αντιδρώντων (καυσαερίων), ή να αλληλεπιδράσουν με τα PGMs και να δημιουργήσουν επιφανειακά είδη που είναι είτε εντελώς ανενεργά είτε λιγότερο ενεργά. Μπορούν γενικά να προσδιοριστούν τρεις τυπικές μέθοδοι δηλητηρίασης του καταλύτη:

(i) χημική δηλητηρίαση, κατά την οποία οι "μολυσματικοί παράγοντες" αλληλεπιδρούν χημικά με τον φορέα και/ή τις ενεργές καταλυτικές φάσεις

(ii) φυσική δηλητηρίαση, κατά την οποία οι "προσμίξεις" κατακάθονται στους πόρους του καταλυτικού φορέα

(iii) καταλυτική αναστολή, μια διαδικασία σε πραγματικό χρόνο που διαρκεί όσο οι "μολυσματικές ουσίες" είναι παρούσες στο αέριο ρεύμα καυσίμου.

Δίνοντας στον κινητήρα του αυτοκινήτου τις κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας, η δηλητηρίαση του καταλύτη μπορεί στην πραγματικότητα να αντιμετωπιστεί και οι επιπτώσεις της να μειωθούν (Yakoumis et al., 2018).

Η μέθοδος της μηχανικής απενεργοποίησης.

Η τριβή (τριβή) που επιβάλλουν τα καυσαέρια στην καταλυτική επίστρωση προκαλεί απώλεια καταλυτικής μάζας, η οποία οδηγεί σε μηχανική απενεργοποίηση του καταλύτη. Οι μονόλιθοι των καταλυτικών μετατροπών δέχονται τα καυσαέρια με εξαιρετικά υψηλές

ταχύτητες, γεγονός που προκαλεί ταχείες μεταβολές στη σύνθεση και τη θερμοκρασία. Οι διαδικασίες αυτές επιταχύνουν την απώλεια μάζας του καταλύτη, η οποία οδηγεί στην απενεργοποίησή του. Ο κεραμικός μονόλιθος μπορεί να ραγίσει ή να σπάσει ως αποτέλεσμα των κραδασμών του δρόμου, ή μπορεί να λιώσει υπό ορισμένες συνθήκες λειτουργίας, εμποδίζοντας τους αγωγούς ροής καυσαερίων του μονόλιθου. Αυτές οι μηχανικές απενεργοποιήσεις του καταλύτη περιλαμβάνουν επίσης το φράξιμο του κεραμικού μονόλιθου (Yakoumis et al., 2018).

1.7 Προβλήματα στην ανακύκλωση των καταλυτικών μετατροπέων

Είναι αναπόφευκτο να επιδεινωθεί η απόδοση του καταλυτικού μετατροπέα. Οι καταλύτες που έχουν χάσει την καταλυτική τους δράση ή έχουν φθαρεί θα πρέπει να διαχειρίζονται με λογική και οικολογικά αποδεκτή διαχείριση. Οι ακόλουθες παράγραφοι παρέχουν μια επισκόπηση των τριών γενικών εναλλακτικών λύσεων για τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων καταλυτών, οι οποίες απαριθμούνται κατά φθίνουσα σειρά σπουδαιότητας. Το ποια από αυτές τις τρεις τεχνικές επιλέγεται για τη διαχείριση του καταλυτικού μετατροπέα εξαρτάται από την έκταση της απενεργοποίησης του καταλύτη καθώς και από τη συνολική κατάσταση του μετατροπέα (Yakoumis et al., 2018).

(α) Αναγέννηση του καταλύτη

Η πρώτη στρατηγική διαχείρισης είναι η αναζωογόνηση της καταλυτικής δραστηριότητας των απενεργοποιημένων καταλυτών. Σε περιπτώσεις όπου τα ενεργά καταλυτικά μέταλλα παρουσιάζουν συσσώρευση επικίνδυνων χημικών ουσιών, εναπόθεση άνθρακα και κοκ ή παραγωγή πυρόλυσης, ένας καταλύτης συνήθως αναγεννάται. Στόχος της αναγέννησης του καταλύτη είναι η ανακατανομή των κρυσταλλιτών πολύτιμων μετάλλων με την εξάλειψη των επιβλαβών ουσιών από την επιφάνειά τους. Η διαδικασία απενεργοποίησης ενός καταλύτη επηρεάζει τόσο την ικανότητά του να επανενεργοποιείται όσο και τις συγκεκριμένες μεθόδους αναγέννησης που μπορούν να εφαρμοστούν (Yakoumis et al., 2018).

Η πιο δημοφιλής μέθοδος καθαρισμού της καταλυτικής επιφάνειας περιλαμβάνει την έκπλυση του απενεργοποιημένου καταλύτη με αραιά διαλύματα ήπιων οργανικών οξέων (οξαλικό, οξικό ή κιτρικό οξύ). Στην ίδια κατεύθυνση, η επαναφορά συσσωματωμένων καταλυτών έχει μελετηθεί με τεχνικές που βασίζονται στη θερμική επεξεργασία του καταλύτη

υπό ροή αερίων O₂, H₂ ή H₂O για την απομάκρυνση του εναποτιθέμενου κοκ και των ενώσεων Cl₂ και χλωρίου, με ελπιδοφόρα αποτελέσματα (Yakoumis et al., 2018).

(β) Ανακύκλωση καταλύτη

Αν και η διάρκεια ζωής ενός καταλύτη είναι περιορισμένη και η αναγέννηση δεν θα μπορέσει τελικά να αναζωογονήσει την καταλυτική δραστηριότητα, η διαδικασία αναγέννησης μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές για να παραταθεί η ωφέλιμη ζωή του καταλύτη. Στην περίπτωση αυτή, ο καταλύτης αναφέρεται ως φθαρμένος ή παλαιός. Τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου (PGMs) Pt, Pd και Rh, μεταξύ άλλων, εξακολουθούν να υπάρχουν σε σημαντικές ποσότητες σε έναν εξαντλημένο καταλύτη, καθιστώντας τον πολύτιμη πηγή για τη δευτερογενή παραγωγή αυτών των μετάλλων. Τρεις διαφορετικοί τύποι τεχνολογίας έχουν αναπτυχθεί για την ανάκτηση των Pt, Pd και Rh από χρησιμοποιημένους καταλύτες: υδρομεταλλουργική, πυρομεταλλουργική και μέθοδοι αεριοποίησης των PGMs μέσω επιλεκτικής χλωρίωσης. Σήμερα, οι πυρομεταλλουργικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται βιομηχανικά για την εξαγωγή PGMs από καταλυτικούς μετατροπείς αυτοκινήτων. Στα χυτήρια χαλκού ή νικελίου, οι χρησιμοποιούμενοι καταλύτες τροφοδοτούνται ως πρόσθετα στους καμίνους τήξης (Calvin, 2003).

(γ) Η ασφαλής διάθεση του καταλυτικού μετατροπέα.

Η τελευταία επιλογή διαχείρισης των χρησιμοποιημένων καταλυτών είναι η διάθεση των καταλυτών, η οποία χρησιμοποιείται μόνο όταν οι εναλλακτικές λύσεις δεν είναι ούτε πρακτικές ούτε οικονομικά βιώσιμες. Εκτός από το γεγονός ότι έχει σημαντική ποσότητα πολύτιμων μετάλλων, ένας χρησιμοποιημένος καταλύτης περιέχει επίσης πολλές επικίνδυνες χημικές ουσίες. Λόγω των τοξικών υλικών που περιέχουν, όπως το χρώμιο, ο μόλυβδος, ο κασσίτερος κ.λπ., η απόρριψη και η ασφαλής διάθεση των καταλυτών μπορεί να είναι μια δαπανηρή επιχείρηση (Yakoumis et al., 2018).

Κεφάλαιο 2^ο: Εργασίες ανάκτησης παλαιών οχημάτων και μετάλλων

2.1 Αποδοχή και αποθήκευση απορριφθέντων οχημάτων

Κατά την παραλαβή των εγκαταλελειμμένων οχημάτων και την έναρξη της διαδικασίας διάσωσης, είναι επιτακτική ανάγκη να διενεργηθεί ενδελεχής οπτική εξέταση του αυτοκινήτου για τον εντοπισμό τυχόν διαρροών. Πρέπει να οριστεί ένας καθορισμένος χώρος για τον έλεγχο των αυτοκινήτων κατά την άφιξή τους στις εγκαταστάσεις. Ο παρών χωροταξικός τομέας οφείλει να περιλαμβάνει προληπτικά μέτρα κατά της μόλυνσης του εδάφους και του νερού σε περίπτωση διαρροής υγρών από οχήματα. Είναι σκόπιμο να δρομολογηθεί άμεσα η αποσυναρμολόγηση και η επεξεργασία των εγκαταλελειμμένων αυτοκινήτων, ώστε να μειωθεί η διάρκεια αποθήκευσης και να μετριαστεί η πιθανότητα οικολογικής ρύπανσης που προκαλείται από διαρρέοντα υγρά. Τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από τη ζώνη κατακράτησης λόγω ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, των βροχοπτώσεων, των χιονοπτώσεων κ.λπ.) δεν πρέπει να αλλοιώνονται. Σε περίπτωση που η περιοχή αναγνωρίζεται ότι διαθέτει μολυσμένες επιφάνειες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές συλλογής και διαχείρισης της απορροής (Tian & Chen, 2016). Παρά ταύτα, ενδέχεται να είναι απαραίτητη η προμήθεια άδειας απόρριψης νερού για την εγκατάσταση από τον περιφερειακό φορέα διακυβέρνησης. Όταν εξετάζεται η αποδοχή ή η αποθήκευση εγκαταλελειμμένων αυτοκινήτων:

- Συνιστάται η διενέργεια επιθεώρησης των εγκαταλελειμμένων αυτοκινήτων για πιθανή διαρροή υγρών.
- Εξασφάλιση για την άμεση αντιμετώπιση τυχόν τυχαίων διαρροών και την τακτοποίησή τους.
- Η ορθή διάθεση τυχόν ρυπασμένων εδαφών ή υλικών καθαρισμού είναι επιβεβλημένη και συνιστάται τα υλικά αυτά να ταξινομούνται ως επικίνδυνα απόβλητα, εκτός αν αποδειχθεί το αντίθετο.
- Στόχος είναι η μείωση της διάρκειας που μεσολαβεί από τη στιγμή της απόκτησης ενός οχήματος μέχρι τη στιγμή της αποσυναρμολόγησής του και της επεξεργασίας του. (Tian & Chen, 2016).

2.2 Απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών

Το αρχικό στάδιο του χειρισμού ενός εγκαταλελειμμένου αυτοκινήτου περιλαμβάνει την εξαγωγή όλων των επικίνδυνων υγρών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που προέρχονται από τις δεξαμενές καυσίμων, τα κιβώτια ταχυτήτων, τα ψυγεία και τις μονάδες υδραυλικού τιμονιού, καθώς και κάθε εξαρτήματος που διαρρέει υγρά, όπως αναφέρεται από τους (Wong et al., 2018). Για τη διασφάλιση της ασφαλούς αφαίρεσης όλων των επικίνδυνων στοιχείων, συνιστάται η αφαίρεση της μπαταρίας και των υγρών με συγκεκριμένη σειρά:

1. Μπαταρία.
2. Ψυκτικά μέσα.
3. Βενζίνη ή πετρέλαιο ντίζελ.

Στη συνέχεια, θα πρέπει επίσης να αφαιρεθούν τα ακόλουθα υγρά με οποιαδήποτε σειρά:

- Λάδι και Φίλτρο Λαδιού του Κινητήρα
- Ψυκτικό Υγρό
- Υγρό Μηχανικού Κιβωτίου Ταχυτήτων -διαφορικού
- Υγρό Αυτομάτου Κιβωτίου Ταχυτήτων
- Υγρό Φρένων
- Υγρό Υδραυλικού Τιμονιού
- Δοχείο υγρού καθαριστικού παμπρίζ (Wong et al., 2018).

Τα ακόλουθα επικίνδυνα υλικά θα πρέπει επίσης να απομακρύνονται πριν από τη σύνθλιψη ή τον τεμαχισμό του σκελετού του οχήματος:

- Διακόπτες υδραργύρου [βρίσκονται στα φρένα αντιμπλοκαρίσματος (ABS) και στα φώτα].
- Μόλυβδος (σύνδεσμοι μπαταρίας και βαρίδια τροχών) (Wong et al., 2018).

Ο καθορισμένος χώρος για την εξαγωγή των υγρών και την αποσυναρμολόγηση των οχημάτων θα πρέπει να διαθέτει στιβαρή, αδιαπέραστη βάση, όπως σκυρόδεμα ή ελαστική

επένδυση, ώστε να παρέχει μια εύκολη επιφάνεια καθαρισμού και να αποτρέπει την ακούσια διαρροή υγρών από τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι επιτακτική ανάγκη να παρέχεται κάλυψη του χώρου, ώστε να προστατεύεται από τις κακές καιρικές συνθήκες και να αποφεύγεται η πιθανότητα να εκχυθούν επικίνδυνα υλικά στο περιβάλλον. Σε περίπτωση που ο χώρος αποτελείται από μια ακάλυπτη πλατφόρμα από σκυρόδεμα, είναι επιτακτική ανάγκη το υψόμετρο της εν λόγω πλατφόρμας να είναι επαρκές ώστε να αποφεύγεται η πλημμύρα κατά τη διάρκεια επεισοδίων βροχόπτωσης, όπως διατυπώνεται από τους (Wong et al., 2018).

Μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για μειονεκτικές ή προσωρινές περιοχές είναι η εκτέλεση εργασιών σε υπαίθριες εγκαταστάσεις κατά τη διάρκεια ξηρών και εύκρατων συνθηκών αποκλειστικά πάνω σε μια μη πορώδη πλατφόρμα εργασίας. Η προσωρινή εγκατάσταση που προορίζεται για την ανάκτηση υγρών οχημάτων θα έπρεπε να περιλαμβάνει μια επιφάνεια εργασίας που αποτελείται από υλικά όπως επένδυση πολυαιθυλενίου ή κόντρα πλακέ. Είναι απαραίτητο να υπάρχει έτοιμο απόθεμα απορροφητικών υλικών για την άμεση αντιμετώπιση τυχόν ακούσιων διαρροών. Είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλιστεί ότι όλες οι διαρροές αποκαθίστανται αποτελεσματικά και ότι τυχόν μολυσμένα εδάφη ή καθαριστικά μέσα πρέπει να διατίθενται κατάλληλα ως επικίνδυνα απόβλητα, εκτός εάν έχουν διεξαχθεί αυστηρές δοκιμές που επιβεβαιώνουν ότι τα εν λόγω υλικά δεν είναι επικίνδυνα ή ότι έχουν προσδιοριστεί ως μη επικίνδυνα απόβλητα (Chen et al., 2010).

2.3 Αποσυναρμολόγηση οχημάτων για χρήσιμα ή ανακυκλώσιμα μέρη

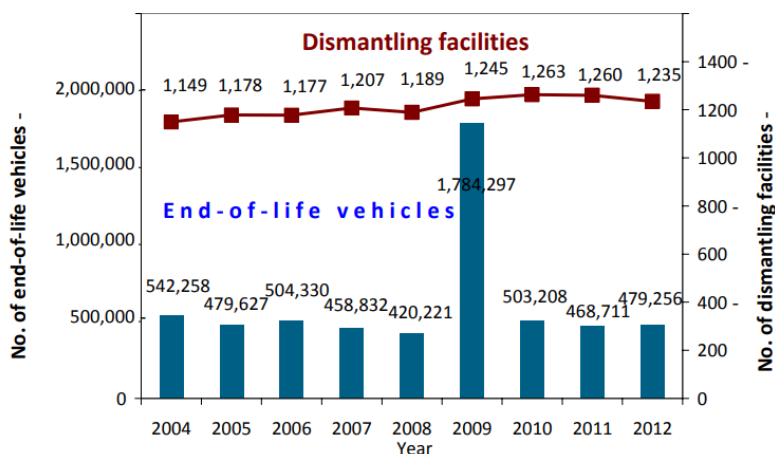
Μετά την επιτυχή εξάλειψη όλων των επικίνδυνων συστατικών, είναι επιτακτική ανάγκη να διακριθούν και να εξαλειφθούν όλα τα χρήσιμα ή επαναχρησιμοποιήσιμα συστατικά. Η υπολειμματική αξία των επαναχρησιμοποιήσιμων ή ανακυκλώσιμων συστατικών ενός παροπλισμένου αυτοκινήτου παραμένει και μετά την παύση της λειτουργικής του βιωσιμότητας. Υπό την προϋπόθεση της βέλτιστης κατάστασης, μια πληθώρα συστατικών του κινητήρα και σημαντικών συσκευών μπορούν να ανακτηθούν, να ανακατασκευαστούν και να πωληθούν σε εγκαταστάσεις συντήρησης αυτοκινήτων ή σε άτομα που αναλαμβάνουν προσπάθειες αναζωογόνησης οχημάτων. Αρκετές επιχειρήσεις ανακύκλωσης μετάλλων επιβάλλουν την εξάλειψη της πλειοψηφίας, αν όχι όλων, των πλαστικών και ταπετσαρισμένων συστατικών πριν από τον τεμαχισμό ή τη σύνθλιψη του αμαξώματος (Bellman & Khare, 2000).

2.4 Αποθήκευση οχημάτων & Ανάπτυξη της διάθεσης οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους

Όταν όλα τα επικίνδυνα υλικά και τα χρήσιμα ή ανακυκλώσιμα μέρη έχουν αφαιρεθεί πλήρως από ένα απορριπτόμενο όχημα, αυτό αναφέρεται συνήθως ως "φορητό". Ως κύτη ορίζονται τα περιβλήματα μεγάλων χρήσιμων αντικειμένων, συνήθως οχημάτων ή σκαφών. Τα κουφάρια οχημάτων μπορεί να είναι δύσκολο να μετακινηθούν και να καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος του ειδικού χώρου. Κατά την αποθήκευση των φορητών οχημάτων, να υπενθυμίζεται ότι:

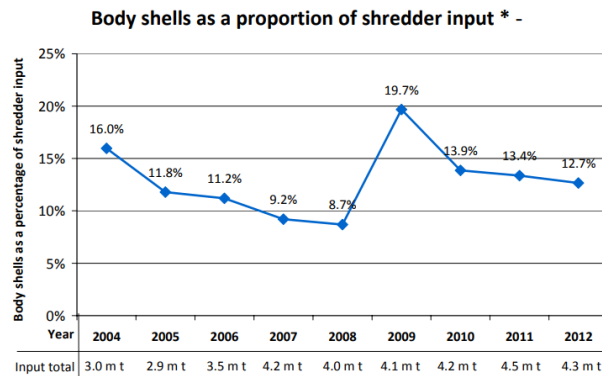
- Τα φορητά οχήματα πρέπει να αποθηκεύονται μόνο αφού απομακρυνθούν όλα τα επικίνδυνα υλικά.
- Απαιτείται καθαρισμός τυχόν παρατεταμένων κηλίδων ή διαρροών που παρατηρούνται γύρω από τα οχήματα (Tian & Chen, 2014).

Μεταξύ 2004 και 2008, ο αριθμός των οχημάτων τέλους κύκλου ζωής μειώθηκε από 0,54 εκατομμύρια σε 0,42 εκατομμύρια, αυξήθηκε σε 1,78 εκατομμύρια το 2009 ως εφάπαξ αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής προμοδότησης, και έκτοτε μειώθηκε και πάλι περίπου στο επίπεδο πριν από το 2009 (ELV Directive, 2012).



Διάγραμμα 2: Αριθμός οχημάτων τέλους κύκλου ζωής. Πηγή: ELV Directive, 2012

Το 2008, το μερίδιο των κελυφών αμαξωμάτων στις εγκαταστάσεις τεμαχισμού που επεξεργάζονται κελύφη αμαξωμάτων έφθασε σε νέο χαμηλό 8,7 %. Ως αποτέλεσμα των επακόλουθων επιπτώσεων της περιβαλλοντικής προμοδότησης, το ποσοστό αυτό ανήλθε σε 12,7 % το 2012, ελαφρώς χαμηλότερο από ό,τι τα δύο προηγούμενα έτη (ELV Directive, 2012).



Διάγραμμα 3: Αριθμός κελυφών. Πηγή: ELV Directive, 2012

2.5 Αποθήκευση επικίνδυνων υγρών και υλικών

Είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλίζεται ότι τα επικίνδυνα υγρά και άλλες επικίνδυνες ουσίες αποθηκεύονται σε δοχεία που μπορούν να σφραγιστούν και να διαχωριστούν κατάλληλα. Συνιστάται τα εν λόγω δοχεία να αποθηκεύονται εντός της καθορισμένης ζώνης αποσυναρμολόγησης οχημάτων, κατά προτίμηση σε τιμεντένια πλατφόρμα. Αυτό θα διευκολύνει την εύκολη πρόσβαση στα δοχεία κατά τη διαδικασία εξαγωγής υγρών από τα αυτοκίνητα. Μετά τη συμπλήρωση της μέγιστης χωρητικότητάς τους, τα επικίνδυνα υλικά απαιτούν μεταφορά σε κατάλληλη εγκατάσταση διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων. Είναι επιτακτική ανάγκη να σημειωθεί ότι η απόρριψη επικίνδυνων ουσιών και υγρών που μοιάζουν με αυτά που υπάρχουν στα εγκαταλελειμμένα αυτοκίνητα θα έπρεπε να αποφεύγεται με κάθε κόστος, καθώς θα μπορούσε να οδηγήσει σε περιβαλλοντική υποβάθμιση η διάθεση σε κοινόχρηστο κάδο απορριμμάτων, όπως υποστηρίζουν οι Anh et al., 2020

Πρόσθετες βέλτιστες μεθοδολογίες για την αποθήκευση περιλαμβάνουν:

- Συνιστάται ο χώρος αποθήκευσης να είναι θωρακισμένος ώστε να διασφαλίζεται η προστασία από δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

- Συνιστάται η τοποθέτηση των δοχείων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες σε αδιαπέραστες επιφάνειες.
- Συνιστάται η αποθήκευση των καυσίμων σε κατάλληλα αεριζόμενο εσωτερικό χώρο ή σε υπαίθριο χώρο που προστατεύεται από τα στοιχεία του περιβάλλοντος.
- Συμβουλή από τα φύλλα γρήγορης αναφοράς που βρίσκονται στο παράρτημα Α για τις κατάλληλες διαδικασίες σχετικά με τη διαχείριση και τη διατήρηση κάθε επικίνδυνης ουσίας (Anh et al., 2020).

2.6 Υγεία, ασφάλεια και προστασία των εργαζομένων και του περιβάλλοντος

Η διαδικασία αποσυναρμολόγησης μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες επικίνδυνες ουσίες, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των εργαζομένων και του κοινού. Συνεπώς, είναι επιτακτική ανάγκη οι εργοδότες να εγγυηθούν ότι το εργατικό δυναμικό τους είναι ικανό σε ασφαλείς μεθοδολογίες λειτουργίας της εγκατάστασης. Σε αυτές περιλαμβάνονται διακριτές προϋποθέσεις χειρισμού και αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών, αρχική ιατρική βοήθεια και πρωτόκολλα έκτακτης ανάγκης. Οι εργοδότες πρέπει οπωσδήποτε να εφοδιάζουν τους εργαζομένους τους με τον απαιτούμενο εξοπλισμό ατομικής προστασίας (PPE), ώστε να διασφαλίζουν την ασφαλή εκτέλεση των εργασιακών τους καθηκόντων. Ο εξοπλισμός ατομικής προστασίας και τα είδη ασφαλείας που πρέπει να διατηρούνται στις εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν:

- Εγκεκριμένες μπότες ασφαλείας (με ατσάλινο δάκτυλο).
- Γυαλιά ματιών.
- Γάντια.
- Σταθμός πλύσης ματιών.
- Κουτί πρώτων βοηθειών.
- Πυροσβεστήρας.
- Φόρμες εργασίας (Anh et al., 2020).

Συνιστάται η απομάκρυνση των αντικειμένων από τα οχήματα να γίνεται με συγκεκριμένη σειρά από τους εργαζόμενους, ώστε να αποφεύγονται τόσο οι τραυματισμοί όσο και οι περιβαλλοντικές ζημιές:

1. Για να απενεργοποιηθεί το όχημα, συνιστάται η αποσύνδεση της μπαταρίας.
2. Εξαγωγή ψυκτικών μέσων για την αποφυγή ακούσιας απόρριψης στο περιβάλλον.
3. Συνιστάται η εξαγωγή της βενζίνης σε επαρκώς αεριζόμενο χώρο για να αποφευχθεί η συσσώρευση ατμών και να μειωθεί η πιθανότητα ανάφλεξης ή πυροδότησης.
4. Απομάκρυνση τυχόν πρόσθετων επικίνδυνων ουσιών (Anh et al., 2020).

Η πτυχή της δημόσιας ασφάλειας πρέπει να λαμβάνεται δεόντως υπόψη κατά την εκτέλεση εργασιών αποσυναρμολόγησης. Οι τυπικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν:

- Έκθεση σε δυνητικά επιβλαβή υλικά αποβλήτων.
- Περιπτώσεις ακούσιας απώλειας της ισορροπίας με αποτέλεσμα την πτώση ενός ατόμου στο έδαφος, που συνήθως αναφέρονται ως σκοντάφτοντας, γλιστρώντας και πέφτοντας.
- Η μελέτη που διεξήχθη από τους Anh et al.,(2020) αφορά το αντικείμενο των πυρκαγιών και των εκρηκτικών υλών.
- Είναι επιτακτική ανάγκη να διατηρηθεί η εμπιστευτικότητα του χώρου της επιχείρησης αποσυναρμολόγησης κατά τις κανονικές ώρες λειτουργίας. Είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλίζεται η ασφάλεια του χώρου στο τέλος κάθε ημέρας, ώστε να αποκλείεται η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση του κοινού.

Η πράξη της συσσώρευσης και της διατήρησης επικίνδυνων ουσιών εντός των χώρων δημιουργεί την πιθανότητα οικολογικής ρύπανσης. Συνιστάται η τήρηση των ακόλουθων βέλτιστων μεθοδολογιών για την αποτροπή πιθανής διαρροής και ρύπανσης:

- Είναι απαραίτητο να διασφαλίζεται ότι όλα τα επικίνδυνα υλικά αποθηκεύονται σε δοχεία που έχουν εγκριθεί για τους σκοπούς αυτούς και ότι τα δοχεία αυτά είναι εφοδιασμένα με καπάκια που σφραγίζουν με ασφάλεια.
- Συνιστάται όλα τα δοχεία που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες να βρίσκονται σε θέση χωρίς συστήματα αποστράγγισης και να είναι εξοπλισμένα με δικλίδες ασφαλείας για την αποτροπή ενδεχόμενης ρύπανσης του εδάφους και των υδάτων σε περίπτωση διαρροής υγρών από τα δοχεία.

- Είναι επιτακτική ανάγκη να προσδιορίζονται κατάλληλα όλα τα δοχεία με το αντίστοιχο περιεχόμενό τους, ώστε να αποφεύγεται κάθε πιθανή διασταυρούμενη μόλυνση των ανακτηθέντων υγρών.
- Εκκένωση της βενζίνης από την περιοχή αποσυναρμολόγησης σε κατάλληλα αεριζόμενο χώρο.
- Συνιστάται η εξαγωγή των ψυκτικών υγρών μετά την αφαίρεση της μπαταρίας, αλλά πριν από οποιαδήποτε άλλα εξαρτήματα ή υγρά, προκειμένου να αποφευχθεί ακούσια διαρροή στο περιβάλλον.
- Συνιστάται η συνεχής χρήση σταγονόμετρων για τη σύλληψη τυχόν υγρών του οχήματος που μπορεί να στάζουν.
- Είναι ανάγκη να διασφαλιστεί ότι οι περιοχές που προορίζονται για τη συγκράτηση επικίνδυνων αποβλήτων είναι αδιαπέραστες ως προς την απορροή.
- Είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλιστεί η διαθεσιμότητα κιτ διαρροών στις εγκαταστάσεις.
- Συνιστάται η διατήρηση αποθέματος ασβέστη ή σόδας με διττανθρακικό άλας για την αντιμετώπιση τυχόν ακούσιας διαρροής οξέος μπαταρίας.
- Είναι επιτακτική ανάγκη να απορρίπτονται σωστά οι τυχόν χρησιμοποιημένες ουσίες αποκατάστασης διαρροών ως επικίνδυνα απόβλητα.

Για την τήρηση των προαναφερθέντων βέλτιστων μεθοδολογιών, είναι επιτακτική ανάγκη να διατηρεί κανείς στη διάθεσή του τον ακόλουθο εξοπλισμό ασφαλείας:

- Σύμφωνα με τους Wong(2018), πυροσβεστήρες να υπάρχουν σε όλα τα κτίρια της εγκατάστασης.
- Για τη διασφάλιση της ασφάλειας συνιστάται η χρήση ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού, όπως γάντια από νιτρίλιο ή λατέξ και προστατευτικά γυαλιά.
- Υλικά με υψηλή απορροφητικότητα, όπως υφασμάτινα πανιά, πετσέτες και πριονίδι.
- Δοχεία που προορίζονται για τη συγκράτηση των απορριπτόμενων αποβλήτων και των χρησιμοποιημένων απορροφητικών υλικών.
- Εργαλεία για την εκσκαφή και/ή το χειρισμό υλικών μπορεί να περιλαμβάνουν φτυάρια και/ή κουτάλες.

- Η βιβλιογραφία προτείνει τη χρήση εξειδικευμένων προϊόντων καθαρισμού βιομηχανικών διαρροών που είναι προσαρμοσμένα ώστε να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά την απομάκρυνση ελαίων και διαλυτών, λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεκριμένες λειτουργίες της εγκατάστασης (Wong et al., 2018).

Η σημασία της διασφάλισης της ασφάλειας του χώρου δεν πρέπει υποτιμηθεί. Οι εγκαταστάσεις που ασχολούνται με την επεξεργασία εγκαταλελειμμένων αυτοκινήτων είναι ευάλωτες σε πράξεις βανδαλισμού και κλοπής. Επιπλέον, τα υλικά και ο εξοπλισμός που είναι αποθηκευμένα στις εγκαταστάσεις μπορούν να αποτελέσουν πιθανούς κινδύνους για μη εξουσιοδοτημένα άτομα. Κατά συνέπεια, είναι εξαιρετικά σημαντικό να διασφαλιστεί ότι όλες οι συσκευές είναι ασφαλισμένες και δεν είναι προσιτές στον γενικό πληθυσμό. Συνιστάται η ασφαλής αποθήκευση όλων των υλικών που θεωρούνται επικίνδυνα, καθώς και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την αποσυναρμολόγηση οχημάτων, σε καθορισμένο και φυλασσόμενο χώρο. Συνιστάται η ασφάλιση όλων των μηχανημάτων, συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού θραύσης, σε καθορισμένη θέση στο τέλος κάθε ημέρας για να μειωθεί ο κίνδυνος πιθανής βλάβης (Wong et al., 2018).

Κεφάλαιο 3^ο: Εναλλακτικοί τρόποι ανακύκλωσης μερών των οχημάτων

3.1 Κινητήρες

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παλαιές μηχανές έχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης ή επαναχρησιμοποίησης με μυριάδες τρόπους. Πρωτίστως, είναι αξιοσημείωτο ότι ο κινητήρας ενός οχήματος που διαλύεται δεν σημαίνει απαραίτητα ότι είναι εντελώς μη λειτουργικός. Συχνά, είναι εφικτό να τον αποσπάσει κανείς απευθείας από το αυτοκίνητό του και να τον μεταφέρει σε ένα άλλο.

Παρά τη λειτουργική τους απαξίωση, οι κινητήρες μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για ανταλλακτικά εξαρτήματα ή να ανακυκλωθούν πλήρως για το μεταλλικό τους θραύσμα (Dursun et al., 2020).

3.2 Κιβώτια ταχυτήτων

Η χρήση των οχημάτων και των αυτοκινήτων παρουσιάζει μια συνεχή κλιμάκωση στην Τουρκία, καθώς και σε άλλα έθνη σε όλο τον κόσμο. Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη το 2020, η προβλεπόμενη αύξηση του ποσοστού ιδιοκτησίας αυτοκινήτων στην Τουρκία αναμένεται να ξεπεράσει τα 200 ανά 1.000 άτομα. Η κλιμακούμενη ποσότητα των αυτοκινήτων επιδεινώνει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, παράλληλα με την κυκλοφοριακή συμφόρηση, που επικρατεί σε περιοχές με αυξημένη πληθυσμιακή πυκνότητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους (ELVs) και, κατά συνέπεια, την αύξηση της ανθρωπογενούς περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Ο πρωταρχικός στόχος των σχετικών κανονισμών στην Τουρκία που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και τα αυξημένα ποσοστά ανάκτησης των ELV είναι να αντιμετωπιστούν τα επικίνδυνα απόβλητα που προέρχονται από ένα ελάχιστο όριο. Ο στόχος είναι να διατηρηθούν οι υποχρεωτικοί στόχοι επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης στην Τουρκία κατά τη δεκαετία του 2020, όπως αναφέρεται από τους Dursun και συν (2020).

Η διαδικασία της ανακύκλωσης αλουμινίου μέσω απόξεσης προσφέρει σημαντικά οφέλη στην πρωτογενή παραγωγή αλουμινίου, συμπεριλαμβανομένου του μειωμένου κόστους παραγωγής και της χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας. Μπορεί να υποστηριχθεί ότι ο ρόλος που διαδραματίζει το αλουμίνιο στη συνολική αλυσίδα εφοδιασμού είναι όλο και πιο σημαντικός. Το ποσοστό της παραγωγής δευτερογενούς υλικού από αλουμίνιο έχει παρουσιάσει μια συνεχή ανοδική τάση σε παγκόσμια κλίμακα, με πρόσφατη αύξηση σε ποσοστό άνω του 40% στην περιοχή της Δυτικής Ευρώπης. Χρησιμοποιημένα θραύσματα αλουμινίου από διάφορες πηγές και απόβλητα οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους (ELV), τόσο από το εξωτερικό όσο και από το εσωτερικό, προμηθεύτηκαν και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή νέων προϊόντων. Τα κιβώτια ταχυτήτων κινητήρων ELV χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα σε αυτή τη διαδικασία. Μετά την ολοκλήρωση των διαδικασιών εκκαθάρισης και αποσυναρμολόγησης, τα αυτοκίνητα υποβάλλονται συνήθως σε συμπίεση και στη συνέχεια αποστέλλονται στην εγκατάσταση τεμαχισμού για κονιοποίηση (Dursun et al., 2020).

3.3 Μέρη των αυτοκινήτων

- Μίξες και εναλλάκτες

Ο καθοριστικός ρόλος της μίζας και του εναλλάκτη στη λειτουργική αποτελεσματικότητα του κινητήρα ενός αυτοκινήτου δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Σε περίπτωση δυσλειτουργίας, η αντικατάσταση του εν λόγω στοιχείου μπορεί να είναι μια δαπανηρή προσπάθεια. Ωστόσο, μια εναλλακτική λύση είναι η επιλογή υπηρεσιών ανακατασκευής, σε αντίθεση με την προμήθεια μιας ολοκαίνουργιας μονάδας, όπως προτείνουν οι Peden et al., 2004.

Αδιαμφισβήτητη ένδειξη ότι χρήζουν μόνιμης αντικατάστασης είναι η εκδήλωση καφέ απόχρωσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπως και όλα τα μεταλλικά συστατικά του αυτοκινήτου, οι μίζες και οι εναλλάκτες μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν εκτενώς στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης της γειτονιάς.

- **Μοκέτες και πατάκια**

Παρόμοια με τα καλύμματα δαπέδου που βρίσκονται σε οικιακούς χώρους, τα χαλιά αυτοκινήτων μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν. Εκτός από τη δυνατότητα δωρεάς ή πώλησης των χρησιμοποιημένων χαλιών, είναι επίσης δυνατή η μεταφορά τους σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης, όπου μπορούν να υποβληθούν σε διαδικασία μετατροπής και να επαναχρησιμοποιηθούν σε εναλλακτικά προϊόντα.

Η ετήσια συσσώρευση αποβλήτων χαλιών στις χωματερές ανέρχεται στο εντυπωσιακό ποσό των 2,2 δισεκατομμυρίων κιλών. Ως εκ τούτου, είναι εξαιρετικά σημαντικό να αποφεύγεται η συμβολή σε αυτή την ήδη διογκούμενη δυσπραγία (Yang et al., 2005).

- **Προβολείς**

Η δυνατότητα ανακύκλωσης των απαρχαιωμένων προβολέων του οχήματος εξαρτάται από την ειδική ταξινόμησή τους. Συνιστάται να μεταφέρονται οι λαμπτήρες σε μια καθορισμένη εγκατάσταση ανακύκλωσης, όπου μπορεί κάποιος να λάβει εξειδικευμένη καθοδήγηση σχετικά με τη βέλτιστη μέθοδο διάθεσης για τους συγκεκριμένους λαμπτήρες (Yang et al., 2005).

- **Ιμάντες και αλυσίδες**

Σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, μπορεί κανείς να παρατηρήσει έναν ιμάντα που κινεί διάφορα εξαρτήματα, όπως τον εναλλάκτη και τον συμπιεστή του κλιματισμού. Ορισμένα οχήματα διαθέτουν επίσης ιμάντα χρονισμού, αν και αυτός μπορεί περιστασιακά να αντικατασταθεί από αλυσίδα. Είναι επιβεβλημένη η περιοδική αντικατάσταση των ιμάντων, ωστόσο όσοι κρίνονται σε καλή κατάσταση μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Οι

αλυσίδες χρονισμού παρουσιάζουν υψηλό βαθμό ανθεκτικότητας και διαθέτουν τη δυνατότητα πολλαπλών χρήσεων (Yang et al., 2005).

3.4 Ελαστικά

Τα ελαστικά αποτελούν βασικό συστατικό κάθε αυτοκινήτου, ωστόσο, όταν προκύπτει η ανάγκη αντικατάστασης, είναι απαραίτητο να διατίθενται με περιβαλλοντικά υπεύθυνο τρόπο. Ορισμένες αντιπροσωπείες ή εγκαταστάσεις επισκευής αυτοκινήτων επιλέγουν την αποτέφρωση των ελαστικών ως μέσο διάθεσης, ωστόσο, η μέθοδος αυτή έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή επιβλαβών ρύπων στην ατμόσφαιρα και, ως εκ τούτου, συνιστάται η αποφυγή αυτής της πρακτικής. Αντ' αυτού, συνιστάται να μεταφέρονται σε ένα αξιόπιστο κέντρο ανακύκλωσης που μπορεί να διασφαλίσει τη σωστή ανακύκλωση και τη μετατροπή τους σε κάτι καινούργιο (Arelia, 2018).

Η μη βιοδιασπώμενη φύση των ελαστικών καθιστά αναγκαία την ανακύκλωσή τους, καθώς η διάθεσή τους σε χώρους απόρριψης θα οδηγούσε σε σημαντική κατάληψη του χώρου. Η καύση των ελαστικών ρυπαίνει τον αέρα με τοξίνες και παράγει εύφλεκτα απόβλητα. Τα ελαστικά που έχουν εξαχθεί σε καλή κατάσταση μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για εναλλακτικά οχήματα ή να ανακατασκευαστούν και να αναζωογονηθούν για να προκύψουν νέα ελαστικά. Οι έμποροι παλαιών ελαστικών συχνά βλέπουν τα δωρεάν παλιά ελαστικά ως πολύτιμο πόρο.

Τα ελαστικά που θεωρούνται μη επαναχρησιμοποιήσιμα μπορούν να υποβληθούν σε διαδικασίες ανακύκλωσης και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθούν ως καύσιμα, συνθετικός χλοοτάπητας παιδικών χαρών και ασφαλτος από καουτσούκ για αυτοκινητόδρομους. Προτείνεται η μεταφορά των παλαιών ελαστικών στο πλησιέστερο κέντρο ανακύκλωσης για την καταπολέμηση της συσσώρευσης περιττών απορριμμάτων (Arelia, 2018).

3.5 Μπαταρίες

Η μπαταρία του αυτοκινήτου είναι ένα ζωτικής σημασίας και εύκολα ανακυκλώσιμο εξάρτημα, το οποίο μπορεί συχνά να επαναχρησιμοποιηθεί ακόμη και όταν δεν υπάρχει το όχημα λόγω της βέλτιστης λειτουργικότητάς του. Παρά τη δυσλειτουργία της μπαταρίας,

κρύβει σημαντική ποσότητα ανακυκλώσιμων συστατικών, όπως το πλαστικό, που μπορούν να εξαχθούν. Αποτελεί, μάλιστα, παράβαση του νόμου η απόρριψη μιας μπαταρίας αυτοκινήτου στα οικιακά απορρίμματα. Η παρουσία μόλυβδου, ενός τοξικού και επικίνδυνου για το περιβάλλον στοιχείου, είναι η βασική αιτία (Arelia, 2018).

Η παρουσία μόλυβδου και άλλων χημικών συστατικών στις μπαταρίες αυτοκινήτων και σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο σε περίπτωση απόρριψής τους σε χωματερή. Σε πολλές πολιτείες, είναι υποχρεωτικό για τα συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων να επιστρέφουν τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες είτε στους αρχικούς κατασκευαστές είτε σε καθορισμένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης για ασφαλή διάθεση. Αρκετές πολιτείες έχουν θεσπίσει νομοθεσία που παρέχει κίνητρα σε άτομα που ανταλλάσσουν τις παλιές μπαταρίες των αυτοκινήτων τους με νέες.

Πολλές μπαταρίες αυτοκινήτων βρίσκονται σε κατάσταση ευρωστίας και διαθέτουν τη δυνατότητα πλήρους επαναχρησιμοποίησης. Κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης, η μπαταρία υποβάλλεται σε σφυρόμυλο ο οποίος την κονιοποιεί αποτελεσματικά σε μικροσκοπικά θραύσματα. Τα προαναφερθέντα θραύσματα κατευθύνονται προς ένα δοχείο, όπου οι πιο πυκνές ουσίες, όπως ο μόλυβδος, κατακάθονται στο κατώτερο στρώμα με σκοπό την απορρόφηση, επιτρέποντας έτσι την απομάκρυνση του πλαστικού που βρίσκεται στην κορυφή. Η διαδικασία περιλαμβάνει τη μετατροπή του πλαστικού σε μικρά, κυλινδρικά σφαιρίδια, τα οποία στη συνέχεια προμηθεύονται οι κατασκευαστές με σκοπό την κατασκευή νέων περιβλημάτων μπαταριών. Ο μόλυβδος υφίσταται διαδικασία τήξης και στη συνέχεια βρίσκεται χρησιμότητα με τη μορφή πλακών και άλλων συστατικών των μπαταριών. Η διαδικασία μετατροπής παλαιών οξέων μπαταριών σε θειικό νάτριο χρησιμοποιείται για την εφαρμογή του στους τομείς των απορρυπαντικών, του γυαλιού και των υφασμάτων (Arelia, 2018).

Κεφάλαιο 4^ο: Βιώσιμα οχήματα

Τα βιώσιμα οχήματα, γνωστά και ως πράσινα οχήματα ή φιλικά προς το περιβάλλον, είναι οχήματα σχεδιασμένα ώστε να έχουν ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον και να μειώνουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Αυτά τα οχήματα χρησιμοποιούν συνήθως

προηγμένες τεχνολογίες και εναλλακτικές πηγές ενέργειας για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των καυσίμων.

Ακολουθούν ορισμένα παραδείγματα βιώσιμων οχημάτων:

1. Ηλεκτρικά οχήματα (EVs): Τα ηλεκτρικά οχήματα κινούνται με ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Παράγουν μηδενικές εκπομπές καυσαερίων και είναι συνήθως πιο ενεργειακά αποδοτικά σε σύγκριση με τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE). Τα ηλεκτρικά οχήματα γίνονται όλο και πιο δημοφιλή και οι εξελίξεις στην τεχνολογία των μπαταριών έχουν βελτιώσει την εμβέλεια και τις επιδόσεις τους (International Energy Agency, 2020).

2. Υβριδικά οχήματα: Τα υβριδικά οχήματα συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα και μια μπαταρία. Χρησιμοποιούν την αναγεννητική πέδηση και τον ηλεκτροκινητήρα για να βοηθήσουν τον κινητήρα, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων. Ορισμένα υβριδικά οχήματα, τα οποία ονομάζονται υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα με πρίζα (PHEV), μπορούν επίσης να φορτίζονται από εξωτερική πηγή ενέργειας.

3. Οχήματα κυψελών καυσίμου υδρογόνου: Τα οχήματα κυψελών καυσίμου χρησιμοποιούν αέριο υδρογόνο ως καύσιμο και το μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας χημικής αντίδρασης στην κυψέλη καυσίμου. Εκπέμπουν μόνο υδρατμούς και έχουν μεγαλύτερη αυτονομία οδήγησης σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα. Ωστόσο, η υποδομή υδρογόνου εξακολουθεί να είναι περιορισμένη, γεγονός που αποτελεί πρόκληση για την ευρεία υιοθέτηση (International Council on Clean Transportation, 2021).

4. Οχήματα βιοκαυσίμων: Τα βιοκαύσιμα προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές, όπως η φυτική ύλη ή τα απόβλητα βιομάζας. Τα οχήματα ευέλικτου καυσίμου μπορούν να λειτουργούν με μείγμα βενζίνης και βιοαιθανόλης, ενώ ορισμένα πετρελαιοκίνητα οχήματα μπορούν να χρησιμοποιούν βιοντίζελ. Τα βιοκαύσιμα μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αν και το περιβαλλοντικό τους αντίκτυπο εξαρτάται από την πηγή και τις μεθόδους παραγωγής.

5. Οχήματα που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια: Τα ηλιακά οχήματα χρησιμοποιούν ηλιακούς συλλέκτες για τη μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία τροφοδοτεί τον κινητήρα του οχήματος. Ενώ τα ηλιακά αυτοκίνητα βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο και έχουν περιορισμένες πρακτικές εφαρμογές, η ηλιακή ενέργεια μπορεί

να χρησιμοποιηθεί για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, μειώνοντας την εξάρτηση από το δίκτυο (European Environment Agency, 2021).

6. Κοινόχρηστα αυτοκίνητα και υπηρεσίες κινητικότητας: Οι βιώσιμες μεταφορές περιλαμβάνουν επίσης την αλλαγή του τρόπου χρήσης των οχημάτων. Τα προγράμματα κοινής χρήσης αυτοκινήτων και οι υπηρεσίες μετακίνησης που παρέχουν κοινές διαδρομές με ηλεκτρικά ή υβριδικά οχήματα μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του αριθμού των αυτοκινήτων στους δρόμους και να προωθήσουν τη βιώσιμη κινητικότητα (Picatoste et al., 2022).

Εκτός από αυτές τις τεχνολογίες οχημάτων, οι βιώσιμες μεταφορές περιλαμβάνουν επίσης υποστηρικτικές υποδομές, όπως σταθμούς φόρτισης, σταθμούς ανεφοδιασμού με υδρογόνο και την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την τροφοδοσία αυτών των οχημάτων.

Συνολικά, η μετάβαση σε βιώσιμα οχήματα είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την προώθηση ενός καθαρότερου και πιο βιώσιμου μέλλοντος (Picatoste et al., 2022).

4.1 Βιώσιμα εξαρτήματα αυτοκινήτων

Τα βιώσιμα ανταλλακτικά αυτοκινήτων είναι εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε οχήματα τα οποία σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με έμφαση στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αυτά τα εξαρτήματα αποσκοπούν στη μείωση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αυτοκινητοβιομηχανίας με την ενσωμάτωση φιλικών προς το περιβάλλον υλικών, αποτελεσματικών διαδικασιών κατασκευής και βελτιωμένων μεθόδων διάθεσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Ακολουθούν ορισμένα παραδείγματα βιώσιμων ανταλλακτικών αυτοκινήτων:

1. Ανακυκλώσιμα ή ανακυκλωμένα υλικά: Τα βιώσιμα εξαρτήματα αυτοκινήτων μπορούν να κατασκευαστούν από ανακυκλώσιμα ή ανακυκλωμένα υλικά, όπως ανακυκλωμένα πλαστικά, μέταλλα ή ίνες. Τα υλικά αυτά συμβάλλουν στη μείωση της ζήτησης νέων πρώτων υλών, στη διατήρηση των πόρων και στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων (Picatoste et al., 2022).

2. Υλικά βιολογικής προέλευσης: Τα εξαρτήματα αυτοκινήτων μπορούν να παραχθούν με υλικά βιολογικής βάσης που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές, όπως

πλαστικά φυτικής προέλευσης, φυσικές ίνες ή βιοσύνθετα υλικά. Τα υλικά αυτά έχουν χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά πλαστικά με βάση το πετρέλαιο και μπορούν να είναι βιοδιασπώμενα ή κομποστοποιήσιμα.

3. Ελαφριά υλικά: Ελαφριά εξαρτήματα, όπως αλουμίνιο, μαγνήσιο ή πολυμερή ενισχυμένα με ίνες άνθρακα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντικατάσταση βαρύτερων εξαρτημάτων στα οχήματα. Το μικρό βάρος συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας των καυσίμων και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μειώνοντας την ενέργεια που απαιτείται για την κίνηση του οχήματος (Picatoste et al., 2022).

4. Ενεργειακά αποδοτική κατασκευή: Τα βιώσιμα εξαρτήματα αυτοκινήτων μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας ενεργειακά αποδοτικές διαδικασίες που ελαχιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η εφαρμογή καθαρότερων τεχνολογιών κατασκευής, η βελτιστοποίηση των γραμμών παραγωγής και η μείωση των αποβλήτων μπορούν να συμβάλουν στην πιο βιώσιμη παραγωγή εξαρτημάτων (Muha & Perosa, 2018).

5. Ανακατασκευασμένα ή επισκευασμένα ανταλλακτικά: Τα ανακατασκευασμένα ή επισκευασμένα ανταλλακτικά αυτοκινήτων περιλαμβάνουν την ανακατασκευή μεταχειρισμένων εξαρτημάτων σε μια κατάσταση σαν καινούργια. Η διαδικασία αυτή παρατείνει τη διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων και μειώνει την ανάγκη για νέα κατασκευή, εξοικονομώντας ενέργεια και πόρους (Picatoste et al., 2022).

6. Σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση: Τα βιώσιμα εξαρτήματα αυτοκινήτων μπορούν να σχεδιαστούν με γνώμονα την αποσυναρμολόγηση και την ανακύκλωση. Λαμβάνοντας υπόψη την ευκολία αποσυναρμολόγησης και διαχωρισμού των υλικών, καθίσταται ευκολότερη η ανακύκλωση ή η ανάκτηση πολύτιμων εξαρτημάτων και υλικών στο τέλος του κύκλου ζωής ενός οχήματος.

7. Βιώσιμη συσκευασία: Η συσκευασία που χρησιμοποιείται για τα εξαρτήματα αυτοκινήτων μπορεί επίσης να είναι κατασκευασμένη από φιλικά προς το περιβάλλον υλικά, όπως ανακυκλωμένο ή ανακυκλώσιμο χαρτόνι ή βιοδιασπώμενα πλαστικά. Η μείωση των αποβλήτων συσκευασίας και η χρήση βιώσιμων υλικών συσκευασίας συμβάλλουν στις συνολικές προσπάθειες βιωσιμότητας (Tao et al., 2021).

Οι κατασκευαστές και οι προμηθευτές της αυτοκινητοβιομηχανίας υιοθετούν όλο και περισσότερο βιώσιμες πρακτικές και ενσωματώνουν αυτά τα βιώσιμα εξαρτήματα

αυτοκινήτων στα οχήματά τους. Με την εφαρμογή αυτών των μέτρων, η βιομηχανία στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης πόρων, στην ελαχιστοποίηση της παραγωγής αποβλήτων και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με την κατασκευή και τη χρήση των αυτοκινήτων (Picatoste et al., 2022).

4.2 Το μέλλον της αυτοκινητοβιομηχανίας

Η πρόβλεψη του μέλλοντος της αυτοκινητοβιομηχανίας αποτελεί πρόκληση λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως οι τεχνολογικές εξελίξεις, οι κανονιστικές αλλαγές, η δυναμική της αγοράς και οι προτιμήσεις των καταναλωτών. Ωστόσο, διάφορες τάσεις και εξελίξεις παρέχουν πληροφορίες για το τι μπορεί να επιφυλάσσει το μέλλον για την αυτοκινητοβιομηχανία:

1. Ηλεκτρικά και αυτόνομα οχήματα: Η στροφή προς τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) και την τεχνολογία αυτόνομης οδήγησης αναμένεται να συνεχιστεί. Οι κυβερνήσεις παγκοσμίως εφαρμόζουν αυστηρότερους κανονισμούς για τις εκπομπές ρύπων και παρέχουν κίνητρα για την επιτάχυνση της υιοθέτησης των EV. Η πρόοδος στην τεχνολογία των μπαταριών, η αύξηση των υποδομών φόρτισης και η βελτίωση της εμβέλειας και της οικονομικής προσιτότητας των EV είναι πιθανό να οδηγήσουν στην αγορά τους. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτόνομης οδήγησης εξελίσσεται με ταχείς ρυθμούς, με τα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα να γίνονται σταδιακά όλο και πιο συνηθισμένα στους δρόμους (Tao et al., 2021).

2. Κοινόχρηστη κινητικότητα και συνδεσιμότητα: Η άνοδος των υπηρεσιών κοινής κινητικότητας, όπως οι υπηρεσίες μεταφοράς και κοινής χρήσης αυτοκινήτων, αναμένεται να συνεχιστεί. Η αυξανόμενη αστικοποίηση, οι αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με το κόστος ιδιοκτησίας οχημάτων και η ευκολία των μεταφορών κατά παραγγελία οδηγούν στη δημοτικότητα της κοινής κινητικότητας. Οι υπηρεσίες αυτές είναι πιθανό να ενσωματωθούν με ηλεκτρικά και αυτόνομα οχήματα, παρέχοντας αποτελεσματικές και βιώσιμες επιλογές μεταφοράς. Τα χαρακτηριστικά συνδεσιμότητας, όπως η επικοινωνία οχήματος με όχημα (V2V) και οχήματος με υποδομή (V2I), θα ενισχύσουν την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και τις εξατομικευμένες εμπειρίες.

3. Βιωσιμότητα και περιβαλλοντικά ζητήματα: Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες και οι στόχοι βιωσιμότητας θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος της αυτοκινητοβιομηχανίας. Τα αυστηρότερα πρότυπα εκπομπών ρύπων, οι κανονισμοί που ευνοούν τα ηλεκτρικά οχήματα, τα οχήματα κυψελών καυσίμου υδρογόνου και η αυξανόμενη

ζήτηση των καταναλωτών για φιλικές προς το περιβάλλον μεταφορές θα ωθήσουν τους κατασκευαστές να εστιάσουν στην αειφορία. Η χρήση ελαφρών υλικών, ανανεώσιμων και ανακυκλωμένων εξαρτημάτων και ενεργειακά αποδοτικών διαδικασιών κατασκευής θα γίνει πιο διαδεδομένη (Casals et al., 2017).

4. Ψηφιοποίηση και ανάλυση δεδομένων: Η αυτοκινητοβιομηχανία θα συνεχίσει να αγκαλιάζει την ψηφιοποίηση και την ανάλυση δεδομένων. Τα συνδεδεμένα αυτοκίνητα, η ενσωμάτωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και η προηγμένη ανάλυση θα επιτρέψουν στους κατασκευαστές οχημάτων να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις επιδόσεις των οχημάτων, τη συμπεριφορά των οδηγών και τις προτιμήσεις των πελατών. Τα δεδομένα αυτά θα οδηγήσουν σε βελτιώσεις στον σχεδιασμό οχημάτων, τη συντήρηση και τις εξατομικευμένες υπηρεσίες, οδηγώντας σε βελτιωμένες εμπειρίες πελατών και βελτιστοποιημένες λειτουργίες (Patella et al., 2019).

5. Κινητικότητα ως υπηρεσία (MaaS): Η κινητικότητα ως υπηρεσία είναι μια αναδυόμενη έννοια που συνδυάζει διάφορους τρόπους μεταφοράς, όπως η δημόσια συγκοινωνία, η κοινή χρήση διαδρομών και η κοινή χρήση ποδηλάτων, σε μια ενιαία ολοκληρωμένη πλατφόρμα. Το MaaS αποσκοπεί στην παροχή απρόσκοπτων, κατά παραγγελία λύσεων μεταφοράς που είναι βολικές, οικονομικά αποδοτικές και βιώσιμες. Η έννοια αυτή είναι πιθανό να κερδίσει έδαφος καθώς οι πόλεις αναζητούν τρόπους για την αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, τη μείωση των εκπομπών και τη βελτίωση της αστικής κινητικότητας (Casals et al., 2017).

6. Μετατόπιση των μοντέλων ιδιοκτησίας: Το παραδοσιακό μοντέλο ατομικής ιδιοκτησίας αυτοκινήτων αναμένεται να υποστεί αλλαγές. Οι νεότερες γενιές, ιδίως, δείχνουν λιγότερο ενδιαφέρον για την ιδιοκτησία αυτοκινήτου και προτιμούν μοντέλα που βασίζονται στην πρόσβαση. Οι συνδρομητικές υπηρεσίες, η κοινή χρήση αυτοκινήτων και οι επιλογές χρηματοδοτικής μίσθωσης θα κερδίσουν πιθανώς δημοτικότητα, καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι δίνουν προτεραιότητα στην ευελιξία και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας έναντι της ιδιοκτησίας οχήματος (Patella et al., 2019).

7. Αναδιαμόρφωση των αλυσίδων εφοδιασμού: Η μετάβαση στα ηλεκτρικά και αυτόνομα οχήματα θα απαιτήσει σημαντικές αλλαγές στην αλυσίδα εφοδιασμού της αυτοκινητοβιομηχανίας. Η παραγωγή μπαταριών, η υποδομή φόρτισης και οι προηγμένοι αισθητήρες και ηλεκτρονικά συστήματα θα αποτελέσουν κρίσιμα στοιχεία. Τα δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας θα εξελιχθούν για να καλύψουν τη ζήτηση για νέες τεχνολογίες και

οι συνεργασίες μεταξύ παραδοσιακών αυτοκινητοβιομηχανιών, εταιρειών τεχνολογίας και παρόχων ενέργειας θα διαμορφώσουν το τοπίο του κλάδου (Hernandez et al., 2017).

Ενώ αυτές οι τάσεις παρέχουν μια ματιά στο μέλλον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο ρυθμός και η έκταση αυτών των αλλαγών μπορεί να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και να εξαρτώνται από παράγοντες όπως η ανάπτυξη υποδομών, η πολιτική υποστήριξη και η αποδοχή από τους καταναλωτές. Η αυτοκινητοβιομηχανία θα γίνει πιθανότατα μάρτυρας ενός μετασχηματισμού που θα καθοδηγείται από την τεχνολογία, τη βιωσιμότητα και τις μεταβαλλόμενες προτιμήσεις κινητικότητας, οδηγώντας σε ένα πιο συνδεδεμένο, ηλεκτρικό και αυτόνομο μέλλον (Patella et al., 2019).

Κεφάλαιο 5° : Νομικό πλαίσιο σε Ελλάδα και Ευρώπη

5.1 Ανακύκλωση οχημάτων στην Ευρώπη

Η ανακύκλωση οχημάτων στην Ευρώπη είναι μια καθιερωμένη διαδικασία που αποσκοπεί στην υπεύθυνη διαχείριση των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους και στην ανάκτηση πολύτιμων υλικών με παράλληλη ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει εφαρμόσει κανονισμούς και οδηγίες για την προώθηση βιώσιμων πρακτικών ανακύκλωσης οχημάτων και τη διασφάλιση της ορθής επεξεργασίας των ELV.

Νομικό πλαίσιο: Η οδηγία της ΕΕ για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (2000/53/ΕΚ) καθορίζει τις απαιτήσεις για τη διάθεση και την ανακύκλωση των ELV. Καθορίζει στόχους για την ανακύκλωση των ELV και θέτει κατευθυντήριες γραμμές για την επεξεργασία των επικίνδυνων ουσιών στα οχήματα. Τα κράτη μέλη είναι υπεύθυνα για την εφαρμογή και την επιβολή αυτών των κανονισμών (Quintili & Castellani, 2020).

Συλλογή και απορρύπανση των ELV: Τα ELV συλλέγονται μέσω εγκεκριμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας (ATF) ή καθορισμένων συστημάτων ανάκτησης. Οι εγκαταστάσεις αυτές αποσυναρμολογούν τα οχήματα, αποστραγγίζουν τα υγρά και αφαιρούν επικίνδυνα υλικά, όπως μπαταρίες, αερόσακους και ψυκτικά μέσα. Αυτή η διαδικασία απορρύπανσης εξασφαλίζει τον ασφαλή χειρισμό και τη διάθεση των δυνητικά επιβλαβών ουσιών.

Τα ELV υποβάλλονται σε διαδικασία ανακύκλωσης και ανάκτησης για την εξαγωγή πολύτιμων υλικών και τη μείωση των αποβλήτων. Υλικά όπως ο χάλυβας, το αλουμίνιο, ο

χαλκός και τα πλαστικά ανακτώνται και ανακυκλώνονται. Τα ποσοστά ανακύκλωσης για τα ELV ρυθμίζονται, με ελάχιστο στόχο το 85% κατά βάρος του οχήματος να ανακτάται και το 95% κατά βάρος να ανακυκλώνεται (Balaram, 2019).

Τεμαχισμός και κατακερματισμός: Μετά την απομάκρυνση, τα ELV συνήθως τεμαχίζονται και κατακερματίζονται για τον διαχωρισμό των διαφόρων εξαρτημάτων και υλικών. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη χρήση ισχυρών τεμαχιστικών μηχανημάτων και τεχνικών διαλογής για το διαχωρισμό των σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων, των πλαστικών και άλλων υλικών (Quintili & Castellani, 2020).

Περιβαλλοντικές εκτιμήσεις: Η ανακύκλωση οχημάτων στην Ευρώπη δίνει προτεραιότητα σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Οι εγκαταστάσεις πρέπει να συμμορφώνονται με τα περιβαλλοντικά πρότυπα, όπως η ορθή διαχείριση των αποβλήτων, η επεξεργασία των επικίνδυνων ουσιών και τα μέτρα πρόληψης της ρύπανσης. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο έδαφος, τον αέρα και το νερό κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης.

Ευθύνη του παραγωγού: Η οδηγία της ΕΕ καθιερώνει την αρχή της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού (EPR). Οι κατασκευαστές οχημάτων είναι υπεύθυνοι για τη χρηματοδότηση του κόστους συλλογής, απομάκρυνσης και ανακύκλωσης των ELV. Αυτό ενθαρρύνει τους κατασκευαστές να σχεδιάζουν οχήματα με γνώμονα την ανακυκλωσιμότητα και προωθεί τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών στα νέα οχήματα (Quintili & Castellani, 2020).

Πιστοποίηση και υποβολή εκθέσεων: Οι εγκαταστάσεις που εμπλέκονται στην ανακύκλωση των ELV πρέπει να λαμβάνουν τις απαραίτητες άδειες και πιστοποιήσεις για να διασφαλίζουν τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς. Υπόκεινται σε επιθεωρήσεις και ελέγχους για να επαληθεύεται η τήρηση των περιβαλλοντικών προτύπων. Τα κράτη μέλη υποβάλλουν επίσης εκθέσεις για τα ποσοστά και την πρόοδο της ανακύκλωσης των ELV στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Έρευνα και καινοτομία: Η συνεχιζόμενη έρευνα και καινοτομία στην ανακύκλωση οχημάτων εστιάζει στη βελτίωση των διαδικασιών, στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και στην εξεύρεση τρόπων για την περαιτέρω αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης και ανάκτησης. Αυτό περιλαμβάνει τη διερεύνηση καινοτόμων τεχνικών για το διαχωρισμό των υλικών, την προώθηση των αρχών της κυκλικής οικονομίας και την εξεύρεση νέων εφαρμογών για τα ανακυκλωμένα υλικά (Balaram, 2019).

Η ανακύκλωση οχημάτων στην Ευρώπη αποτελεί ουσιαστικό μέρος της κυκλικής οικονομίας, με στόχο την ανάκτηση πολύτιμων πόρων, τη μείωση των αποβλήτων και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τα ELV. Οι ισχύοντες κανονισμοί και πρωτοβουλίες συμβάλλουν στη βιώσιμη διαχείριση του κύκλου ζωής των οχημάτων και υποστηρίζουν τη μετάβαση προς μια πιο φιλική προς το περιβάλλον αυτοκινητοβιομηχανία (Quintili & Castellani, 2020).

5.2 Ανακύκλωση οχημάτων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η ανακύκλωση οχημάτων ρυθμίζεται και διέπεται από την εθνική νομοθεσία και ευθυγραμμίζεται με τις απαιτήσεις της οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Ακολουθεί μια επισκόπηση της διαδικασίας ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα:

Εξουσιοδοτημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας (ATF): Η Ελλάδα έχει δημιουργήσει ένα δίκτυο εγκεκριμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τον ορθό χειρισμό και την ανακύκλωση των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Οι εγκαταστάσεις αυτές αδειοδοτούνται και ρυθμίζονται από το ελληνικό Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Κατσιρέλου, 2012).

Συλλογή ELV: Τα ELV μπορούν να παραδίδονται σε ATF ή να συλλέγονται μέσω καθορισμένων συστημάτων ανάκτησης. Οι εγκεκριμένες μάντρες, οι διαλύτες οχημάτων και τα σημεία συλλογής διευκολύνουν τη συλλογή των ELV σε όλη τη χώρα.

Απορρύπανση: Κατά την άφιξή τους σε εγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας, τα ELV υποβάλλονται σε απομάκρυνση των ρύπων για την απομάκρυνση των επικίνδυνων ουσιών και υγρών. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την αποστράγγιση και ανακύκλωση του λαδιού κινητήρα, των υγρών μετάδοσης, των υγρών φρένων, του ψυκτικού υγρού και άλλων υγρών που υπάρχουν στο όχημα. Πραγματοποιείται επίσης η αφαίρεση των μπαταριών, των αερόσακων και άλλων επικίνδυνων εξαρτημάτων (Κατσιρέλου, 2012).

Αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση: Μετά την απομάκρυνση των ρύπων, τα ELV αποσυναρμολογούνται για την ανάκτηση πολύτιμων εξαρτημάτων και υλικών. Τα χρήσιμα μέρη, όπως κινητήρες, κιβώτια ταχυτήτων και ηλεκτρονικά συστήματα μπορούν να ανακατασκευαστούν ή να μεταπωληθούν. Τα υπόλοιπα υλικά συμπεριλαμβανομένων των

σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων, των πλαστικών και άλλων ανακυκλώσιμων υλικών, διαχωρίζονται για ανακύκλωση.

Τεμαχισμός και κατακερματισμός: Τα εναπομείναντα αμάξια ή αμαξώματα συνήθως τεμαχίζονται και κατακερματίζονται για τον περαιτέρω διαχωρισμό των υλικών. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί εξειδικευμένα μηχανήματα για τη μείωση του οχήματος σε μικρότερα κομμάτια και το διαχωρισμό των σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων από άλλα υλικά.

Ανακύκλωση υλικών: Τα ανακτηθέντα υλικά, όπως μέταλλα (χάλυβας, αλουμίνιο, χαλκός), πλαστικά και άλλα ανακυκλώσιμα εξαρτήματα, αποστέλλονται σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης για περαιτέρω επεξεργασία. Τα υλικά αυτά μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν σε διάφορες βιομηχανίες, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, οι κατασκευές και η μεταποίηση.

Περιβαλλοντικές εκτιμήσεις: Οι εγκαταστάσεις ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα πρέπει να συμμορφώνονται με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, συμπεριλαμβανομένων των πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων, της κατάλληλης επεξεργασίας επικίνδυνων ουσιών και των μέτρων ελέγχου της ρύπανσης. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης (Κατσιρέλου, 2012).

Υποβολή εκθέσεων και συμμόρφωση: Οι εγκεκριμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας οφείλουν να τηρούν αρχεία και να αναφέρουν τις δραστηριότητές τους στις αρμόδιες αρχές. Υπόκεινται σε επιθεωρήσεις και ελέγχους για να διασφαλίζεται η συμμόρφωση με τις νομικές απαιτήσεις και τα περιβαλλοντικά πρότυπα.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένες λεπτομέρειες των διαδικασιών και των εγκαταστάσεων ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα ενδέχεται να διαφέρουν. Ωστόσο, το γενικό πλαίσιο ακολουθεί τις κατευθυντήριες γραμμές που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την προώθηση υπεύθυνων και βιώσιμων πρακτικών ανακύκλωσης οχημάτων, διασφαλίζοντας τον ορθό χειρισμό των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους και την ανάκτηση πολύτιμων πόρων (Κατσιρέλου, 2012).

5.3 Εταιρείες ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα

Στο έθνος μας, μια οργανωμένη προσπάθεια διάλυσης παρωχημένων αυτοκινήτων εμφανίστηκε για πρώτη φορά μεταξύ 1990 και 1993. Χιλιάδες παλιά, κακοσυντηρημένα

αυτοκίνητα αντικαταστάθηκαν από νέα, εξοπλισμένα με τεχνολογίες κατά της ρύπανσης, ως αποτέλεσμα της πολιτικής της απόσυρσης. Τα οχήματα αυτά καταστράφηκαν σε ένα μικρό αριθμό εγκαταστάσεων διάλυσης αυτοκινήτων που τηρούσαν απλώς τους πιο βασικούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Οι εγκαταστάσεις αυτές μετέτρεψαν 500.000 αυτοκίνητα σε παλιοσίδηρα μέσα σε τρία χρόνια χωρίς να λάβουν τις απαραίτητες προφυλάξεις για τη διατήρηση του περιβάλλοντος. Η απολύμανση ήταν μια συνήθης πρακτική που γινόταν περισσότερο για την ασφάλεια των καταστροφών παρά για περιβαλλοντικές ανησυχίες. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 μέχρι πρόσφατα, ένα μικρό ποσοστό του συνολικού αριθμού των οχημάτων που κυκλοφορούν στους δρόμους - μεταξύ 0,6% και 0,8% - έχει αποσυρθεί από την κυκλοφορία στη χώρα μας λόγω ατυχημάτων και γήρανσης που τα έχουν καταστήσει άχρηστα και ανεπανόρθωτα. Τα στοιχεία δείχνουν ότι πρόκειται για μια πολύ μικρή ποσότητα (Ζέρβας & Ραψομανίκης, 2005).

Το έθνος μας έχει εκατοντάδες χιλιάδες εγκαταλελειμμένα αυτοκίνητα διασκορπισμένα στην επικράτειά του, κυρίως στις πόλεις, ως αποτέλεσμα των κενών στο νομικό σύστημα και της ανικανότητας να τεθούν σε εφαρμογή περιορισμοί. Περίπου 25.000 αυτοκίνητα μένουν αφύλακτα κάθε χρόνο, σύμφωνα με στοιχεία του ΣΕΑΑ (Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων), ενώ συνολικά στην Ελλάδα υπάρχουν περισσότερα από 500.000 εγκαταλελειμμένα οχήματα. Η πλειονότητα αυτών φαίνεται να έχει "στα χαρτιά" ανακληθεί προσωρινά σύμφωνα με διάταξη του υπουργείου Μεταφορών που δίνει τη δυνατότητα στον ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου να παραδώσει προσωρινά τις πινακίδες κυκλοφορίας, προκειμένου να αποφύγει την καταβολή τελών κυκλοφορίας. "Ένα αυτοκίνητο θεωρείται περιουσιακό στοιχείο και οι ιδιοκτήτες του δύσκολα θα το παραδώσουν, ακόμη και αν δεν το χρησιμοποιήσουν ποτέ ξανά", υποστηρίζει ο κ. Βοναζούντας. Εξαιτίας αυτού, πολλοί άνθρωποι καταχρώνται τον νόμο αυτό αφήνοντας εγκαταλελειμμένα αυτοκίνητα στους δημοτικούς δρόμους. Περισσότερα από 40.000 αυτοκίνητα πιστεύεται ότι έχουν εγκαταλειφθεί από τους ιδιοκτήτες τους μόνο στην Αθήνα, με προφανείς αρνητικές επιπτώσεις τόσο στη ρύπανση όσο και στη μακροχρόνια χρήση ακριβών θέσεων στάθμευσης. Οι ακόλουθες πτυχές της ελληνικής πραγματικότητας θα μπορούσαν να τονιστούν ως τα κύρια χαρακτηριστικά της:

- Ελάχιστες απαιτήσεις αποταξινόμησης. Η τρέχουσα θεσμική δομή για τον αποχαρκτηρισμό ενός οχήματος ρυθμίζεται από ασαφείς κανόνες που επιτρέπουν συνεχείς προσωρινούς αποχαρκτηρισμούς και την προσωρινή ακινητοποίηση του οχήματος οπουδήποτε για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η

διαδικασία για τη δίωξη των ιδιοκτητών που μπλοκάρουν δημόσιο χώρο με εγκαταλελειμμένα αυτοκίνητα είναι επίσης ασαφής. Στην πραγματικότητα, εάν ο ιδιοκτήτης του εγκαταλελειμμένου αυτοκινήτου εντοπιστεί, θα του επιβληθεί πρόστιμο για τα έξοδα μεταφοράς του αυτοκινήτου σε εγκατάσταση ανακύκλωσης. Το "πρόστιμο" δεν υπερβαίνει τα 100 ευρώ, αν και μπορεί να φτάσει τα 3.000 ευρώ σε άλλα κράτη της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένης της Πορτογαλίας (Κοντζίνος, 2014).

- Παράνομα διαλυτήρια οχημάτων. Οι ελεύθεροι επαγγελματίες που ασχολούνται με την πώληση μεταχειρισμένων ανταλλακτικών και εξοπλισμού συλλέγουν παλιά ή κατεστραμμένα οχήματα (Ζέρβας & Ραψομανίκης, 2005) Τα συγκεντρώνουν και τα επεξεργάζονται σε τοποθεσίες με χαλαρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς.
- Η πλειονότητα των επιχειρήσεων διάλυσης αυτοκινήτων είναι 'μέτριες' επιχειρήσεις που δεν διαθέτουν τα απαιτούμενα μηχανήματα και τις απαραίτητες προφυλάξεις ασφαλείας.
- Μάντρες οι οποίες συλλέγουν ΟΤΚΖ σε δυσπρόσιτες και άγνωστες περιοχές. Η άνευ όρων εγκατάλειψη ενός οχήματος επιτρέπεται από την προαναφερθείσα χαλαρή θεσμική δομή, αλλά δεν υπάρχει καμία άλλη σαφώς καθορισμένη ή τουλάχιστον εύκολα προσβάσιμη θέση για την αποθήκευση ενός ΟΤΚΖ. Ακόμη και τα πιο νομοταγή και ενημερωμένα άτομα αναγκάζονται να αφήσουν το όχημά τους σε δημόσιο χώρο λόγω άγνοιας των νομικών απαιτήσεων.
- Χαμηλός βαθμός περιβαλλοντικής συνείδησης. Σε αντίθεση με άλλα προϊόντα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, δεν υπήρξε ξεχωριστή εκστρατεία για την εκπαίδευση και την προώθηση της ανακύκλωσης και της προστασίας του περιβάλλοντος για τα αυτοκίνητα. Ως εκ τούτου, είναι λογικό οι περισσότεροι άνθρωποι να μην θεωρούν σημαντική αλήθεια ότι κάθε εγκαταλελειμμένο όχημα αποτελεί πηγή ρύπανσης που βλάπτει την ανθρώπινη υγεία και μειώνει την ποιότητα ζωής.
- Συναισθηματικοί λόγοι. Παρά την κατάσταση των οχημάτων τους πολλοί άνθρωποι δυσκολεύονται να τα αποχωριστούν, κάτι που μπορεί να ακούγεται ασυνήθιστο. Είναι της άποψης ότι το όχημά τους δεν πρέπει να καταστραφεί παρά το γεγονός ότι στις περισσότερες περιπτώσεις έχει ελάχιστη έως μηδαμινή εμπορική αξία (Κοντζίνος, 2014).

Τον Αύγουστο του 2001 το ελληνικό κοινοβούλιο ψήφισε το νόμο 2939 για την οργάνωση της ανάκτησης και ανακύκλωσης των απορριμμάτων στη χώρα μας. Τα καθήκοντα των διαχειριστών συσκευασιών και "λοιπών προϊόντων" καθορίζονται από το νόμο 2939/01 (ΦΕΚ 179 Α) «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων - Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις». Επιπλέον, καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις για την οργάνωση συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών, καθώς και οι αρχές της πρόληψης, της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης. Άλλα είδη περιλαμβάνουν παλιά ελαστικά αυτοκινήτων, ορυκτέλαια, μπαταρίες και συσσωρευτές, ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, υλικά εκσκαφών και κατεδαφίσεων, έντυπο υλικό και οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (ΟΤΚΖ). Οι στόχοι που καθορίζονται για τη διαχείριση των ΟΤΚΖ είναι σύμφωνοι με το γράμμα της οδηγίας 2000/53/ΕΚ. Ο Ε.Ο.Ε.Σ.Δ.Α.Π., ο οποίος υπάγεται στον έλεγχο του Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε., είναι νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου με πλήρη διοικητική και οικονομική αυτοτέλεια και δεν έχει κερδοσκοπικό χαρακτήρα. Η στρατηγική για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων είναι αυτό για το οποίο κυρίως προορίζεται (Κοντζίνος, 2014).

Δεν υπήρχε οργανωμένη διαχείριση των ΟΤΚΖ στην Ελλάδα. Εξαιτίας αυτού, ο ΣΕΑΑ άρχισε να ερευνά το πρόβλημα των ΟΤΚΖ το 2002 με σκοπό την πλήρη αξιοποίηση της ευρωπαϊκής τεχνογνωσίας για την ανάπτυξη ενός συστήματος ανακύκλωσης αυτοκινήτων. Κατά τη διάρκεια της έρευνας του ΣΕΑΑ για τις ΟΤΚΖ, η οποία διεξήχθη την άνοιξη του 2002 σε συνεργασία με εμπειρογνώμονες ΟΤΚΖ που εργάζονταν για βασικές βιομηχανίες της ΕΕ, η επιδίωξη για την αξιοποίηση των βέλτιστων ευρωπαϊκών πρακτικών παρέμεινε.

Η ίδια έρευνα ανέδειξε δύο πρακτικές ως τις προτιμότερες μεθόδους για τη δημιουργία και διαχείριση συστημάτων ανακύκλωσης ή εναλλακτικής διαχείρισης ΟΤΚΖ, δηλαδή συστημάτων όπου η συλλογή των ΟΤΚΖ είναι δωρεάν: Το υψηλότερο δυνατό επίπεδο χρήσης απορριμμάτων. Στην Ελλάδα, με την έναρξη λειτουργίας του συστήματος της **Εναλλακτικής Διαχείρισης Οχημάτων Ελλάδος (ΕΔΟΕ)**, τον Δεκέμβριο του 2004, ο ρυθμός ανακύκλωσης των ΟΤΚΖ παρουσιάζει μία αυξητική τάση. Εκτός από τους ιδιώτες κατόχους παλαιών αυτοκινήτων και οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης έχουν δραστηριοποιηθεί πλήρως και έχουν συμβάλει στην απομάκρυνση των εγκαταλελειμμένων παλαιών αυτοκινήτων από τους δρόμους των πόλεων.

Το σύστημα ανακύκλωσης της ΕΔΟΕ συνεργάζεται και με άλλα συλλογικά συστήματα ανακύκλωσης, όπου παραδίδονται υλικά όπως ορυκτέλαια, ελαστικά και συσσωρευτές ενώ τα υπόλοιπα επικίνδυνα απόβλητα παραδίδονται σε εταιρείες διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων. Ένα ποσοστό, σχεδόν **75%**, των **ΟΤΚΖ** αποτελείται από **χρήσιμα μέταλλα** τα οποία ανακυκλώνονται σε αντίστοιχες βιομηχανίες. Τέλος κάποια εξαρτήματα πωλούνται σαν μεταχειρισμένα ανταλλακτικά (επαναχρησιμοποίηση).

Σύμφωνα με το **άρθρο 11 παράγραφο 2β του ΠΔ 116/2004** το αργότερο την 1η Ιανουαρίου 2015, για όλα τα ΟΤΚΖ, η επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση αυξάνεται τουλάχιστον στο 95% κατά μέσο βάρος ανά όχημα και ανά έτος. Εντός των ίδιων χρονικών ορίων, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση αυξάνεται τουλάχιστον στο 85% κατά μέσο βάρος ανά όχημα και ανά έτος.

Η ανακύκλωση των ΟΤΚΖ έχει ιδιαίτερη περιβαλλοντική σημασία. Οι επιπτώσεις από την μη ορθή ανακύκλωση οχημάτων αφορούν τη ζημιά που μπορεί να προκληθεί από τα επικίνδυνα απόβλητα που εμπεριέχονται στα οχήματα. Τα υλικά αυτά μπορούν να προκαλέσουν περιβαλλοντική υποβάθμιση στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες.

Το όφελος της ανακύκλωσης οχημάτων είναι διπλό. Αφενός απελευθερώνεται πολύτιμος ελεύθερος δημόσιος χώρος στάθμευσης από τα μεγάλα αστικά κέντρα και αποτρέπεται η διαρροή των επικίνδυνων υλικών που περιέχονται σε αυτά στο περιβάλλον. Αφετέρου δίνεται η δυνατότητα επανάκτησης υλικών και μετάλλων τα οποία επαναχρησιμοποιούνται (eoan.gr).

Χαρακτηριστικά, η Ισπανία και η Γαλλία με μικρές διαφορές αποτελούν τα καλύτερα παραδείγματα εφαρμογής των προαναφερόμενων πρακτικών. Τα συστήματα και των δύο αυτών χωρών εγγυώνται ότι, τουλάχιστον για το μεσοπρόθεσμο μέλλον, θα είναι σε θέση να συμμορφωθούν με την οδηγία, ενώ παράλληλα θα λειτουργούν σε μια ελεύθερη αγορά χωρίς να απαιτούν εξωτερική χρηματοδότηση είτε από δημόσιο είτε από ιδιωτικό φορέα. Ενδεικτικά, η Ισπανία διαθέτει επί του παρόντος μια ισχυρή και καλά αναπτυγμένη επιχείρηση αποσυναρμολόγησης που εξασφαλίζει ότι όλα τα ΟΤΚΖ της χώρας είτε αποκτώνται από τον τελευταίο ιδιοκτήτη είτε παραλαμβάνονται δωρεάν. Ο κλάδος αυτός πουλάει επίσης καλά εκτός της ΕΕ. (Κοντζίνος, 2014).

Η νομική βάση για τη διαχείριση των ΟΤΚΖ καθορίζεται στο Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ) 116 (ΦΕΚ 81Α/05.03.04). Καθορίζει, σύμφωνα με τις κατευθύνσεις της οδηγίας 2000/53/ΕΚ για τα ΟΤΚΖ, τα μέτρα, τις απαιτήσεις και τα προγράμματα για την εναλλακτική

διαχείριση των ΟΤΚΖ, των χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών τους και των απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπέων.

Οι παράγραφοι του Προεδρικού Διατάγματος δίνουν προτεραιότητα στην πρόληψη της παραγωγής σκουπιδιών από αυτοκίνητα. Επιπλέον, επιδιώκουν την ανάκτηση των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους και των ανταλλακτικών τους μέσω επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και άλλων μέσων. Θέλουν επίσης να μειώσουν την ποσότητα των απορριμμάτων που πρέπει να απορριφθούν.

Το ίδιο το ΠΔ ορίζει την ιδέα της εναλλακτικής διαχείρισης, η οποία χρησιμεύει ως ο κόμβος γύρω από τον οποίο δομείται η νέα νομοθεσία, ως εξής Η "εναλλακτική διαχείριση" αναφέρεται στις δραστηριότητες συλλογής, παραλαβής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης, ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, των απορριπτόμενων εξαρτημάτων και των απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπέων, προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν ή να υποστούν επεξεργασία, ανάλογα με την περίπτωση, και στη συνέχεια να επανέλθουν στο ρεύμα της αγοράς.

Ο νέος νόμος (2018/858 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 30ής Μαΐου 2018) καλύπτει όλα τα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των εξαρτημάτων τους, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά και οικονομικά βιώσιμο (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2018). Αυτό ισχύει ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο ένα όχημα έχει φροντιστεί ή επισκευαστεί καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του ή από το αν είναι εξοπλισμένο με εξαρτήματα που κατασκευάστηκαν από τον κατασκευαστή (αλλά των οποίων η τοποθέτηση ως ανταλλακτικά ή ανταλλακτικά συμμορφώνεται με τη σχετική εθνική ή κοινοτική νομοθεσία) (Κοντζίνος, 2014).

Συμπεράσματα

Τα οχήματα έχουν σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής, της χρήσης και της διάθεσης. Ακολουθούν ορισμένες βασικές πτυχές των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων:

Κατασκευή: Αυτό μπορεί να συμβάλει στην αποψίλωση των δασών, στην εξάντληση των πόρων και στη ρύπανση. Επιπλέον, οι διαδικασίες κατασκευής δημιουργούν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και απόβλητα (Notter et al., 2010).

Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές: Κατά τη φάση της χρήσης, τα οχήματα καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα, συμβάλλοντας στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Οι εκπομπές από τα οχήματα συμβάλλουν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή και σε ζητήματα ποιότητας του αέρα.

Παραγωγή αποβλήτων: Στο τέλος της ζωής τους, τα οχήματα παράγουν σημαντικά απόβλητα μέσω της διάθεσης. Αυτό περιλαμβάνει τόσο τα εξαρτήματα του οχήματος όσο και τα υγρά. Εάν δεν γίνει σωστή διαχείριση, τα απόβλητα αυτά μπορεί να μολύνουν το έδαφος και τις πηγές νερού.

Για τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των οχημάτων, υπάρχουν διάφορες εναλλακτικές λύσεις και επιλογές ανακύκλωσης:

Ηλεκτρικά οχήματα (EVs): Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν κερδίσει δημοτικότητα λόγω της δυνατότητάς τους να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική ενέργεια ως πηγή καυσίμου, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα των μεταφορών. Ωστόσο, τα περιβαλλοντικά οφέλη των EVs εξαρτώνται από την πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Hawkins et al., 2013).

Υβριδικά οχήματα: Τα υβριδικά οχήματα συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα, με αποτέλεσμα χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα. Αν και εξακολουθούν να βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα, η αποτελεσματικότητά τους μπορεί να συμβάλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Δημόσιες συγκοινωνίες και συνδυασμός αυτοκινήτων: Η ενθάρρυνση της χρήσης συστημάτων δημόσιων συγκοινωνιών ή η οργάνωση πρωτοβουλιών για τη συγκέντρωση αυτοκινήτων μπορεί να συμβάλει στη μείωση του αριθμού των οχημάτων στους δρόμους, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές και την κυκλοφοριακή συμφόρηση (Filote et al., 2020).

Βελτίωση της αποδοτικότητας των καυσίμων: Οι κυβερνήσεις και οι κατασκευαστές αυτοκινήτων μπορούν να συνεργαστούν για τη θέσπιση και την εφαρμογή αυστηρότερων προτύπων αποδοτικότητας καυσίμων. Με τη βελτίωση των μέσων χιλιομέτρων ανά γαλόνι (ή λίτρο ανά χιλιόμετρο) των οχημάτων, η κατανάλωση καυσίμων και οι εκπομπές μπορούν να μειωθούν.

Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση εξαρτημάτων οχημάτων: Στο τέλος της ζωής τους, τα οχήματα μπορούν να ανακυκλωθούν για την ανάκτηση πολύτιμων υλικών, όπως μέταλλα, πλαστικά και γυαλί. Τα προγράμματα και οι εγκαταστάσεις ανακύκλωσης μπορούν να διασφαλίσουν την ορθή διάθεση των οχημάτων και των εξαρτημάτων τους, μειώνοντας την κατανάλωση αποβλήτων και πόρων. Η επαναχρησιμοποίηση εξαρτημάτων και κατασκευαστικών στοιχείων μπορεί επίσης να παρατείνει τη διάρκεια ζωής τους και να μειώσει την ανάγκη για νέα παραγωγή (Wolfram et al., 2021).

Ανακύκλωση μπαταριών: Καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα γίνονται όλο και πιο διαδεδομένα, η ανακύκλωση των μπαταριών είναι ζωτικής σημασίας για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Τα προγράμματα ανακύκλωσης μπορούν να ανακτήσουν πολύτιμα υλικά από τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες, όπως το λίθιο, το κοβάλτιο και το νικέλιο, μειώνοντας την ανάγκη για νέα εξόρυξη και εξόρυξη πόρων.

Βιώσιμα υλικά και σχεδιασμός: Οι κατασκευαστές οχημάτων μπορούν να διερευνήσουν τη χρήση βιώσιμων υλικών και να υιοθετήσουν πρακτικές σχεδιασμού φιλικές προς το περιβάλλον. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών, την ελαφρύτερη κατασκευή οχημάτων για τη βελτίωση της αποδοτικότητας καυσίμου και τη διασφάλιση ευκολότερης αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης στο τέλος της ζωής τους (Gagliardi et al., 2021). Επίσης τα οφέλη των σύνθετων υλικών πρέπει να μελετηθούν. Για παράδειγμα η χρήση σύνθετων υλικών συνίσταται στην αυτοκινητοβιομηχανία καθώς με αυτό τον τρόπο η κατασκευή του αυτοκινήτου είναι ελαφρύτερη γεγονός που οδηγεί σε μειωμένα καύσιμα.

Με την εφαρμογή αυτών των εναλλακτικών λύσεων και πρακτικών ανακύκλωσης, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των οχημάτων μπορεί να μειωθεί σημαντικά, συμβάλλοντας σε ένα πιο βιώσιμο σύστημα μεταφορών.

Βιβλιογραφία

- Amatayakul, W. and O. Ramnäs, (2001). Life cycle assessment of a catalytic converter for passenger cars. *Journal of Cleaner Production*. 9(5): p. 395-403.
- Anh, H. Q., Watanabe, I., Minh, T. B., Tue, N. M., Viet, P. H., & Takahashi, S. (2020). Polychlorinated biphenyls in settled dusts from an end-of-life vehicle processing area and normal house dusts in northern Vietnam: Occurrence, potential sources, and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 728, 138823.
- Apelian, K. D. (2018) *Automotive aluminum recycling at end of life: a grave-to-gate analysis*. Center for Resource Recovery and Recycling (CR3) Metal Processing Institute Worcester Polytechnic Institute 100 Institute Rd., Worcester, MA 01609 U.S.A
- Balaram, V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 10(4), 1285-1303.
- Bellmann, K., & Khare, A. (2000). Economic issues in recycling end-of-life vehicles. *Technovation*, 20(12), 677-690.
- Buzatu T, Petrescu M.I, Ghica V.G, Buzatu M, Iacob G., (2015), Processing oxidic waste of lead-acid batteries in order to recover lead, *Chemical Engineering*, vol. 10, (1), p.125-132.
- Calvin Bartholomew, (2003). “Catalyst deactivation and regeneration”, *KirkOthmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 5, 2003, pp. 303-313.
- Casals, L. C., García, B. A., Aguesse, F., & Iturrondobeitia, A. (2017). Second life of electric vehicle batteries: relation between materials degradation and environmental impact. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, 82-93.

Chen, K. C., Huang, S. H., & Lian, I. W. (2010). The development and prospects of the end-of-life vehicle recycling system in Taiwan. *Waste management*, 30(8-9), 1661-1669.

Cossu R, Lai T., (2015), Automotive shredder residue (ASR) management: An overview, *Waste Management* 45, p. 143–151

Cossu R., Lai T., (2013), Washing treatment of Automobile Shredder Residue (ASR), *Waste Management*, 33, p.1770-1775

Dursun, Ş., Ölmez, H., Uysal, M. E., Demirbaş, E., & Mecit, A. K. S. U. (2020). Aluminum Gearbox of Vehicle Engine Recycling. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 3(2), 68-72.

European Environment Agency. (2021). Electric vehicles and renewable energy: Exploring synergies and assessing impacts. <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-and-renewable-energy>

Filote, C., Felseghi, R. A., Raboaca, M. S., & Aşchilean, I. (2020). Environmental impact assessment of green energy systems for power supply of electric vehicle charging station. *International Journal of Energy Research*, 44(13), 10471-10494.

Gagliardi, F., La Rosa, A. D., Filice, L., & Ambrogio, G. (2021). Environmental impact of material selection in a car body component–The side door intrusion beam. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128528.

Gaines L, (2014), The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course, *Sustainable materials and technology*, 1-2, p.2-7.

Gerrard, J. and Kandlikar, M., (2007). Is European end-of-life vehicle legislation living up to expectations? Assessing the impact of the ELV Directive on ‘green’ innovation and vehicle recovery. *Journal of Cleaner Production*. 15, 17-27.

Haneda, M., et al., (2017). *Three-way catalytic performance and change in the valence state of Rh in Y-and Pr-doped Rh/ZrO₂ under lean/rich perturbation conditions*. *Catalysis Communications*, 2017. 90: p. 1-4.

Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G., & Strømman, A. H. (2013). Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of industrial ecology*, 17(1), 53-64.

- Hernandez, M., Messagie, M., Hegazy, O., Marengo, L., Winter, O., & Van Mierlo, J. (2017). Environmental impact of traction electric motors for electric vehicles applications. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, 54-65.
- Hu, S. and Wen, Z., (2015). Why does the informal sector of end-of-life vehicle treatment thrive? A case study of China and lessons for developing countries in motorization process. *Resources, Conservation and Recycling*, 95, 91–99
- International Energy Agency. (2020). Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive? <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- Kolliopoulos G, Balomenos E, Giannopoulou I, Yakoumis I, Pantias D., (2014), Behavior of Platinum Group Metals during Their Pyrometallurgical Recovery from Spent Automotive Catalysts, *Open Access Library Journal*. 1: e736. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1100736>
- Kovacs, G. and Haidegger, G., (2006). Agent-based solutions to support car recycling. In: *Mechatronics, IEEE International Conference on*. 282 –287.
- Kumar, S. and Putnam, V., (2008). Cradle to cradle: reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. *Int J Prod Econ*, 115 (2), 305–315.
- Li, W., Bai, H., Yin, J., He and Xu, H., (2016). Life cycle assessment of end-of-life vehicle recycling processes in China - take Corolla taxis for example, *Journal of Cleaner Production*, 117 (2016) 176-187.
- Mamalis, A. G., Spentzas, K. N., & Mamali, A. A. (2013). The impact of automotive industry and its supply chain to climate change: Some techno-economic aspects. *European Transport Research Review*, 5(1), 1-10.
- Muha, R., & Perosa, A. (2018). Energy consumption and carbon footprint of an electric vehicle and a vehicle with an internal combustion engine. *Transport Problems*, 13.
- Notter, D. A., Gauch, M., Widmer, R., Wager, P., Stamp, A., Zah, R., & Althaus, H. J. (2010). Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles.
- Pan, Y. and Li, H. (2016). Sustainability evaluation of end-of-life vehicle recycling based on emergy analysis: a case study of an end-of-life vehicle recycling enterprise in China, *Journal of Cleaner Production*, 131, 219-227.
- Pan, Y. and Li, H. (2016). Sustainability evaluation of end-of-life vehicle recycling based on

- Patella, S. M., Scrucca, F., Asdrubali, F., & Carrese, S. (2019). Carbon Footprint of autonomous vehicles at the urban mobility system level: A traffic simulation-based approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 74, 189-200.
- Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, Mathers C, (2004), *World report on road traffic injury prevention*, World Health Organization, Geneva.
- Picatoste, A., Justel, D., & Mendoza, J. M. F. (2022). Circularity and life cycle environmental impact assessment of batteries for electric vehicles: Industrial challenges, best practices and research guidelines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169, 112941.
- Quintili, A., & Castellani, B. (2020). The energy and carbon footprint of an urban waste collection fleet: A case study in central Italy. *Recycling*, 5(4), 25.
- Sakai Shi-ichi et al, (2014), An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems, *Waste Management* 16, p.1-20
- Santini A. et al, (2011), End of life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency, *Waste Management* 31, p.498-494
- Smink, C.K., (2006). Vehicle recycling regulations: lessons from Denmark. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1135-1146.
- Tao, Y., Rahn, C. D., Archer, L. A., & You, F. (2021). Second life and recycling: Energy and environmental sustainability perspectives for high-performance lithium-ion batteries. *Science advances*, 7(45), eabi7633.
- Tian, J., & Chen, M. (2014). Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles. *Waste management*, 34(2), 458-467.
- Tian, J., & Chen, M. (2016). Assessing the economics of processing end-of-life vehicles through manual dismantling. *Waste Management*, 56, 384-395.
- Tuddenham, M., Hempen, S. and Bongaerts, J.C. (1996). *End of life vehicles (ELV): current basic data reflecting the overall ecological and economic context of the ELV issue*. Institute for European Environmental Policy Making.
- Wolfram, P., Tu, Q., Heeren, N., Pauliuk, S., & Hertwich, E. G. (2021). Material efficiency and climate change mitigation of passenger vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 25(2), 494-510.

Wong, Y. C., Al-Obaidi, K. M., & Mahyuddin, N. (2018). Recycling of end-of-life vehicles (ELVs) for building products: Concept of processing framework from automotive to construction industries in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 190, 285-302.

Yakoumis, I., et al. (2018). *Real life experimental determination of platinum group metals content in automotive catalytic converters. in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing.

Yang Y, Xiao Y, Zhou B, Reuter MA, (2005). Aluminium Recycling: Scrap Melting and Process Simulation. *Proceedings of John Floyd International Symposium: Sustainable Developments in Metals Processing, Ed. M. Nilmani, AusIMM, 3-6th July 2005, Melbourne, Australia*, pp. 150-160.

Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (2020). Οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής. <https://www.eoan.gr/%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CE%BF%CF%87%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF%CF%82-%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%85-%CE%B6%CF%89%CE%AE%CF%82-%CE%BF%CF%84%CE%BA%CE%B6/>

Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, (2014). *ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*, Αθήνα.

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2018). ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2018/858 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 30ής Μαΐου 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0858&from=BG>

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, (2015). *Το ευρωπαϊκό περιβάλλον — Κατάσταση και προοπτικές 2015: Συνθετική έκθεση*. ΕΟΠ, Κοπεγχάγη.

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, (2015). *Το ευρωπαϊκό περιβάλλον — Κατάσταση και προοπτικές 2015: Συνθετική έκθεση*. ΕΟΠ, Κοπεγχάγη.

Ζέρβας Ε., Ραγομανίκης Σ., (2005). *Επίδραση του βάρους και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου στις εκπομπές CO2 των ΙΧ αυτοκινήτων*, Ecole des Mines de Nantes, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

Ζέρβας, Ε. και Ραψομανίκης, Σ., (2005), *Επίδραση του βάρους και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου στις εκπομπές CO₂ των ΙΧ αυτοκινήτων*.

International Council on Clean Transportation. (2021). Electric Vehicles: Literature Review of Technology Costs and Carbon Emissions. <https://theicct.org/publications/electric-vehicles-literature-review>

Κατσιρέλου, Ι. (2012), Εναλλακτική διαχείριση οχημάτων τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ), *Οικονομία*, 50, 20-21.

Κοντζίνος, Β. Η. (2014). *Ανακύκλωση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους*.