



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΓΚΙΩΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΠΑΠΑΡΟΥΝΑΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΦΙΑΜΕΓΚΟΥ ΕΛΕΝΗ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στον ρόλο των Πολύτιμων Μετάλλων στους Καταλυτικούς Μετατροπείς βενζινοκίνητων οχημάτων και την συμβολή τους στον Κύκλο Ζωής του Καταλυτικού Μετατροπέα. Ο Κύκλος Ζωής ενός συστήματος αποτελεί γενικότερα ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο πεδίο έρευνας με ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον. Στην παρούσα εργασία έγινε σημαντική προσπάθεια ώστε να προσδιοριστούν τα περιβαλλοντικά οφέλη και επιπτώσεις που προκύπτουν από τον Κύκλο Ζωής ενός Καταλυτικού Μετατροπέα, εστιάζοντας στην συμβολή των Πολύτιμων Μετάλλων σε αυτήν την διαδικασία.

Στο πρώτο μέρος μελετώνται οι Καταλυτικοί Μετατροπείς ως προς την λειτουργία τους και τη δομή τους και γίνεται αναλυτική αναφορά στα Πολύτιμα Μέταλλα. Στο δεύτερο μέρος ακολουθεί η θεωρητική αναφορά στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής, στην συνέχεια εξετάζεται η Ανάλυση Κύκλου Ζωής ενός τυπικού Καταλυτικού Μετατροπέα και η συμβολή των Πολύτιμων μετάλλων σε αυτόν τον Κύκλο. Τέλος αναπτύσσονται τα περιβαλλοντικά οφέλη και επιπτώσεις που προκύπτουν από την χρήση Πολύτιμων μετάλλων στους Καταλυτικούς μετατροπείς.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μας κ. Ελένη Φιαμέγκου, εργαστηριακή συνεργάτη του τμήματος Μηχανολογίας για την αμέριστη και πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της Εργασίας. Επίσης ευχαριστούμε θερμά τις οικογένειες και τους οικείους μας για την εμπιστοσύνη και την σημαντική στήριξη και, βοήθεια που μας προσέφεραν για την πραγματοποίηση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας.

Γκιώνης Γεώργιος
Παπαρούνας Θεοφάνης

Δεκέμβριος 2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στον λειτουργικό ρόλο των Πολύτιμων Μετάλλων (ΠΜ) στους Καταλυτικούς Μετατροπείς (ΚΜ) βενζινοκίνητων οχημάτων και την συμβολή τους στον Κύκλο Ζωής (ΚΖ) αυτών. Σκοπός της Εργασίας είναι η παράθεση χρήσιμων πληροφοριών σχετικά με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) ενός ΚΜ καθώς και η αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων / ωφελειών που προκύπτουν από την χρησιμοποίηση των Πολύτιμων Μετάλλων (ΠΜ) στον ΚΜ.

Η ανάπτυξη του θέματος πραγματοποιείται σε δύο μέρη που αποτελούνται συνολικά από εννέα κεφάλαια. Στο πρώτο μέρος περιλαμβάνονται τα πέντε πρώτα κεφάλαια και στο δεύτερο μέρος τα υπόλοιπα τέσσερα. Η εργασία ολοκληρώνεται με την σύνοψη των βασικών συμπερασμάτων σε μια σύντομη ανεξάρτητη παράγραφο.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στους ΚΜ. Αρχικά προσδιορίζεται η αναγκαιότητα της χρήσης τους ως απόρροια της εξαιρετικά σημαντικής συμβολής των οχημάτων στην μόλυνση του περιβάλλοντος και της επιτακτικής ανάγκης μείωσης των αέριων εκπομπών σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές. Στην συνέχεια παρατίθεται ο ορισμός και αναλύεται η δομή και η σύσταση ενός τυπικού ΚΜ βενζινοκίνητηρα και τέλος εξετάζονται κάποια επιπρόσθετα συστήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αρχικά δίνεται ο ορισμός των ΠΜ ενώ μια πιο εκτενής αναφορά λαμβάνει χώρα για το Ρόδιο (Rh), το Παλλάδιο (Pd) και την Πλατίνα (Pt) καθώς αποτελούν τα ΠΜ που χρησιμοποιούνται στους ΚΜ. Ακολουθεί αναφορά στην εξόρυξη και την επεξεργασία των ΠΜ συμπεριλαμβάνοντας και τα Σπάνια Γαία και τέλος το κεφάλαιο κλείνει με τις εμφανίσεις των μετάλλων της ομάδας της Πλατίνας στην Ελλάδα και τον Κόσμο.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσονται αναλυτικά οι εφαρμογές των ΠΜ και στην συνέχεια γίνεται αναφορά στην εφαρμογή τους στους ΚΜ. Τέλος εξετάζεται ο λειτουργικός τους ρόλος, περιγράφοντας τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα για την μετατροπή των αέριων ρύπων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο εξετάζεται η ισχύουσα κατάσταση σχετικά με την χρήση των ΠΜ στους ΚΜ. Πιο συγκεκριμένα στο σημείο αυτό γίνεται αναφορά σε νέες τεχνολογίες και καινοτομίες των ΚΜ που βασίζονται σε κάποια δραστική αλλαγή των περιεχομένων ΠΜ των είτε ως προς την δομή της διάταξής τους είτε ως προς γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο του πρώτου μέρους μελετώνται οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία καθώς και στο περιβάλλον από την χρήση των ΠΜ στους ΚΜ. Επίσης ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στην συμβολή των ΠΜ στο κόστος ενός ΚΜ και εκτιμώνται τα οικονομικά οφέλη που τυχόν υπάρχουν κατά την λειτουργία του οχήματος τα οποία απορρέουν από την χρήση ΠΜ.

Το έκτο κεφάλαιο αποτελεί την αρχή του δεύτερου μέρους της παρούσας Εργασίας και σε αυτό αναπτύσσεται το θεωρητικό μέρος της ΑΚΖ. Το κεφάλαιο ξεκινά με την ιστορική αναδρομή και την εξέλιξη της ΑΚΖ. Ακολουθούν τα στάδια και ο ορισμός. Στην συνέχεια αναπτύσσεται η σημασία, η αξιολόγηση, η πορεία σε διεθνές επίπεδο και το κόστος μιας μελέτης ΑΚΖ. Τέλος παρατίθενται χρήσιμα συμπεράσματα για την ΑΚΖ.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρατίθεται μια ολοκληρωμένη μελέτη ΑΚΖ ενός τυπικού ΚΜ επιβατικού αυτοκινήτου σύμφωνα με τα τέσσερα στάδια SETAC (Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry). Στο πρώτο στάδιο γίνεται ο προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης. Στο δεύτερο γίνεται η απογραφή των δεδομένων. Στο τρίτο στάδιο πραγματοποιείται η εκτίμηση των επιπτώσεων και το τέταρτο και τελευταίο στάδιο αποτελείται από την εκτίμηση βελτιώσεων.

Στο όγδοο κεφάλαιο μελετάται η επίδραση του τρόπου παραγωγής των ΠΜ στην ΑΚΖ του ΚΜ. Αρχικά εξετάζεται η συμβολή των ΠΜ στην συνολική απαιτούμενη πρωτογενή ενέργεια για την κατασκευή ενός ΚΜ. Ακολουθούν οι τρόποι παραγωγής των ΠΜ και τέλος γίνεται αναφορά στην επίδραση της χρήσης ανακυκλωμένων μετάλλων στον ΚΖ του ΚΜ.

Το ένατο κεφάλαιο αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της Εργασίας και ασχολείται με την επίδραση που έχει η σχετική νομοθεσία στην χρήση πρωτογενούς ενέργειας κατά την φάση κατασκευής ενός ΚΜ. Αρχικά εξετάζονται οι απαιτήσεις κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά την παραγωγή ενός ΚΜ ως επακόλουθο της ισχύουσας νομοθεσίας στην εκάστοτε περίπτωση. Στην συνέχεια αναφέρεται η επίδραση της αυστηρότητας των προδιαγραφών στις χρησιμοποιούμενες ποσότητες ΠΜ. Το κεφάλαιο κλείνει με την αναφορά των πρότυπων των εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα επιβατικά οχήματα.

Τέλος μια σύντομη σύνοψη των βασικότερων συμπερασμάτων, που απορρέουν από την παρούσα εργασία, όσον αφορά στον ρόλο και στην συμβολή των ΠΜ στον ΚΖ ενός ΚΜ ακολουθεί ως ανεξάρτητη παράγραφος μετά την ολοκλήρωση του δεύτερου μέρους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	viii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ.....	ix
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ	x
ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ.....	xi

ΜΕΡΟΣ Α

1. ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1.2 Προσδιορισμός του προβλήματος της ρύπανσης και η συμβολή των καυσαερίων των αυτοκινήτων σε αυτό	1
1.1.3 Η Εμφάνιση του ΚΜ ως Αποτέλεσμα της Αναγκαιότητας Θέσπισης Προδιαγραφών Αέριων Εκπομπών	1
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΜ.....	3
1.3 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΜ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ	4
1.4 ΕΙΔΗ ΚΜ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	7
i. Διοδικοί - Οξειδωτικοί.....	8
ii. Τριοδικοί (αρρύθμιστοι – ρυθμιζόμενοι).....	9
iii Διπλής κλίνης (συνδυασμός αναγωγικού – οξειδωτικού)	10
1.5 ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΜ	10

2. ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΜ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	11
2.2 ΤΑ ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΤΩΝ ΚΜ.....	12
2.2.2 Παλλάδιο (Pd).....	12
2.2.3 Πλατίνα (Pt).....	14
2.2.4 Ρόδιο (Rh).....	16

2.3	ΕΞΟΡΥΞΗ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΜ.....	17
2.3.2	Παλλάδιο (Pd).....	17
2.3.3	Πλατίνα (Pt).....	20
2.3.4	Ρόδιο (Rh).....	22
2.4	ΣΠΑΝΙΑ ΓΑΙΑ.....	23
2.5	ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΙΝΑΣ.....	24
2.6	ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΙΝΑΣ.....	26

3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	29
3.2	ΠΑΛΛΑΔΙΟ.....	30
3.3	ΠΛΑΤΙΝΑ.....	32
3.4	ΡΟΔΙΟ.....	35
3.5	ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΤΟΥΣ ΚΜ.....	36
3.5.2	Εφαρμογή των ΠΜ στους ΚΜ.....	36
3.5.2.2	Παλλάδιο.....	36
3.5.2.3	Πλατίνα.....	37
3.5.2.4	Ρόδιο.....	37
3.6	Ο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΠΜ ΣΤΟΥΣ ΚΜ.....	38

4. ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	41
4.2	ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΜ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΠΜ.....	43
4.2.2	Καινοτομίες τριοδικών ΚΜ.....	43
4.2.3	Η εισαγωγή του χρυσού ως μέσο κατάλυσης στα συστήματα ΚΜ.....	43
4.3	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΜ.....	44
4.4	ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟΥΣ ΚΜ.....	47

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

5.1	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΜ ΣΤΟΥΣ ΚΜ.....	51
5.2	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΜ ΣΤΟΥΣ ΚΜ.....	52

5.3 ΣΥΜΒΟΛΗ ΠΜ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΟΣ ΚΜ	53
5.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΜ	54

ΜΕΡΟΣ Β

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

6.1 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	55
6.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	55
6.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	58
6.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑ SETAC.....	60
6.4.2 Συνοπτική αναφορά των τεσσάρων βασικών σταδίων της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	60
6.4.2.2 Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης	62
6.4.2.3 Απογραφή δεδομένων	64
6.4.2.4 Εκτίμηση επιπτώσεων	68
6.4.2.5 Εκτίμηση των βελτιώσεων	70
6.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	73
6.6 Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΑΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟ	75
6.7 Η ΠΟΡΕΙΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.....	77
6.8 ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	77
6.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79

7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ SETAC

7.1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ SETAC	81
7.1.2 1 ^ο ΣΤΑΔΙΟ: Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης ..	81
7.1.2.2 <i>Επιδίωξη</i>	81
7.1.2.3 <i>Αντικείμενο</i>	81
7.1.2.4 <i>Υποθέσεις και περιορισμοί</i>	83
7.1.2.5 <i>Λειτουργική μονάδα</i>	84
7.1.2.6 <i>Εκτίμηση ποιότητας δεδομένων</i>	84
7.1.3 2 ^ο ΣΤΑΔΙΟ: Απογραφή δεδομένων	85

7.1.3.2 Καθορισμός και οριοθέτηση του συστήματος.....	85
7.1.3.3 Διάγραμμα ροής διεργασίας.....	87
7.1.4 3 ^ο ΣΤΑΔΙΟ: Εκτίμηση Επιπτώσεων.....	93
7.1.4.2 Ταξινόμηση.....	93
7.1.4.3 Χαρακτηρισμός.....	94
7.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	98
8. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΚΜ	
8.1 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΜ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΚΜ.....	101
8.2 ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΜ.....	102
8.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΠΜ ΣΤΟΝ ΚΖ ΤΟΥ ΚΜ.....	109
9. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΚΜ	
9.1 Η ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΟΣ ΚΜ ΩΣ ΕΠΑΚΟΛΟΥΘΟ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ.....	125
9.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ.....	130
9.2.2 Επιβατικά οχήματα.....	130
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	133
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	137

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Καταλυτικός μετατροπέας	3
Εικόνα 2: Θέση καταλυτικού μετατροπέα (πλάγια όψη)	4
Εικόνα 3: Καταλυτικός μετατροπέας με κεραμικό μονόλιθο	6
Εικόνα 4: Καταλυτικός μετατροπέας με μεταλλικό μονόλιθο	7
Εικόνα 5: Διοδικός - Οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας	8
Εικόνα 6: Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας	9
Εικόνα 7: Καταλυτικός μετατροπέας διπλής κλίνης	10
Εικόνα 8: Παλλάδιο	12
Εικόνα 9: Πλατίνα	14
Εικόνα 10: Ρόδιο	16
Εικόνα 11: Ρωσικό ορυχείο Norilsk Nickel	19
Εικόνα 12: Ορυχείο Bushveld Complex στη Νότιο Αφρική	21
Εικόνα 13: Επεξεργασία μεταλλεύματος στη Βόρεια Αμερική	22
Εικόνα 14: Εμφανίσεις στην Ελλάδα	25
Εικόνα 15: Εμφανίσεις στον κόσμο	27
Εικόνα 16: Καταλυτικός μετατροπέας	42
Εικόνα 17: Δομή και διάταξη Προηγμένης Τεχνολογίας ΚΜ Αυτοκινήτων	45
Εικόνα 18: Δομή και διάταξη υλικών Εμπορικού ΚΜ Αυτοκινήτων	45
Εικόνα 19: «Εξυπνος» Καταλυτικός Μετατροπέας Daihatsu	48
Εικόνα 20: Λεπτό στρώμα οσμίου	52
Εικόνα 21: Τα στάδια του κύκλου ζωής	58
Εικόνα 22: Τα στάδια της μεθοδολογίας κατά SETAC	59
Εικόνα 23: Γενικό διάγραμμα ροής επεξεργασίας – Καθορισμός συστήματος	65
Εικόνα 24: Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων	67
Εικόνα 25: Στάδια και εφαρμογές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	74
Εικόνα 26: Αναπαράσταση ενός συστήματος Κύκλου Ζωής	75
Εικόνα 27: Γενικό διάγραμμα ροής του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος	76
Εικόνα 28: Διάγραμμα ροής διεργασίας	88
Εικόνα 29: Παράδειγμα Δομής ΚΜ με Ευρωπαϊκό και Γερμανικό πρότυπο	128

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Γράφημα 1: Συγκεντρωτικό γράφημα κυριότερων ρύπων ανά κατηγορία.....	2
Γράφημα 2: Εφαρμογές Σπάνιας Γαίας.....	23
Γράφημα 3: Στοιχεία εφαρμογών Παλλαδίου κατά το έτος 2006	31
Γράφημα 4: Στοιχεία εφαρμογών Πλατίνας κατά το έτος 2006.....	33
Γράφημα 5: Τυπική συμπεριφορά εμπορικού και προηγμένης τεχνολογίας ΚΜ. Σύγκριση των θερμοκρασιών έναυσης	46
Γράφημα 6: Ποσόστωση απαιτούμενης πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ενός ΚΜ βάσει των δομικών του στοιχείων.....	101
Γράφημα 7: Απαιτούμενη Ενέργεια για Πλατίνα, Παλλάδιο και Ρόδιο Πρωτογενούς και Δευτερογενούς παραγωγής	103
Γράφημα 8: Ποσό Εκπομπών Διοξειδίου του θείου (SO ₂) για Πλατίνα, Παλλάδιο και Ρόδιο Πρωτογενούς και Δευτερογενούς παραγωγής.....	104
Γράφημα 9: Κατανάλωση Πρωτογενούς ενέργειας κατά την φάση παραγωγής i) ΚΜ από 100% ΠΜ Πρωτογενούς παραγωγής καθώς και ii) ΚΜ από 100% ΠΜ Δευτερογενούς παραγωγής (Σύμφωνα με το Γερμανικό πρότυπο D3)	105
Γράφημα 10: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκφρασμένες σε μονάδες ΜΠΦ, σύμφωνα με την μέθοδο EPS για ανακυκλωμένα Πολύτιμα Μέταλλα σε ποσοστό 10% και 90%	111
Γράφημα 11: Συνολικό Περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για την μέθοδο EPS.....	113
Γράφημα 12: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκφρασμένες σε μονάδες ET – Points, σύμφωνα με την μέθοδο Environmental Theme (ET method) για ανακυκλωμένα Πολύτιμα Μέταλλα σε ποσοστό 10 και 90%	115
Γράφημα 13: Συνολικό Περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για την μέθοδο ET.....	117
Γράφημα 14: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκφρασμένες σε μονάδες ECO – Points, σύμφωνα με την μέθοδο Eco - scarcity για ανακυκλωμένα Πολύτιμα Μέταλλα σε ποσοστό 10 και 90%	119
Γράφημα 15: Συνολικό Περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για την μέθοδο ECO - Scarcity	120
Γράφημα 16: Συνολικό περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για τις τρεις μεθόδους χαρακτηρισμού	122

Γράφημα 17: Κατανάλωση Πρωτογενούς ενέργειας κατά την διάρκεια παραγωγής ΚΜ (Γερμανικό πρότυπο D3 και Ευρωπαϊκό E2 για πρωτογενή επεξεργασία Πολύτιμων μετάλλων).....	126
Γράφημα 18: Περιβαλλοντικά φορτία που προκαλούνται από έναν ΚΜ κατά την διάρκεια της λειτουργίας του.....	129

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Βασικές ιδιότητες Παλλαδίου.....	13
Πίνακας 2: Βασικές ιδιότητες Πλατίνας.....	15
Πίνακας 3: Βασικές ιδιότητες Ροδίου.....	17
Πίνακας 4: Παγκόσμια παραγωγή ανά χώρα σε κιλά.....	28
Πίνακας 5: Κόστος πολύτιμων μετάλλων.....	54
Πίνακας 6: Υπόδειγμα χρήσης δεικτών ποιότητας δεδομένων.....	64
Πίνακας 7: Ενδεικτική ταξινόμηση των επιπτώσεων.....	69
Πίνακας 8: Παράδειγμα αριθμητικού μητρώου εκτίμησης 5 x 5.....	72
Πίνακας 9: Η σύνθεση υλικών ενός τυπικού κεραμικού τριοδικού Καταλυτικού μετατροπέα.....	82
Πίνακας 10: Μέσος όρος των εκπομπών της εξάτμισης ενός σουηδικού αυτοκινήτου χωρίς ΚΜ και με ΚΜ.....	86
Πίνακας 11: Περιβαλλοντικά οφέλη και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που εμφανίζονται στον Κύκλο Ζωής ενός Καταλυτικού Μετατροπέα.....	90
Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα των περιβαλλοντικών φορτίων.....	94
Πίνακας 13: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οφέλη από την μέθοδο EPS.....	95
Πίνακας 14: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οφέλη από την μέθοδο Environmental Theme).....	96
Πίνακας 15: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οφέλη από την μέθοδο Eco – scarcity.....	97
Πίνακας 16: Μέθοδοι ανάκτησης μετάλλων από καταλυτικά συστήματα.....	106
Πίνακας 17: Πρότυπα εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για επιβατικά βενζινοκίνητα οχήματα (κατηγορία M1) g/km.....	131

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΥΡΙΩΝ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

Σύμβολο	Ελληνική Ορολογία	Αγγλική Ορολογία
km	Χιλιόμετρο	Kilometer
t	Τόνοι	Tons
g	Γραμμάρια	Grams
kg	Κιλά	Kilogram
cm	Εκατοστό	Centimeter
mm	Χιλιοστό	Millimeter
pa	Πασκάλ	Pascal
J	Τζάουλ	Joule
M	Μέγα	Mega
lit	Λίτρα	Liters
\$	Δολάριο	Dollar
€	Ευρώ	Euro
oz	Ουγγιά	Ounce
p	Λίβρα	Pound
ppm	Μέρη ανά εκατομμύριο	Part per million

HC	Υδρογονάνθρακας	Hydrocarbon
CO	Μονοξειδίο του άνθρακα	Carbon Monoxide
NO _x	Οξειδία του αζώτου	Oxides of Nitrogen
O ₂	Οξυγόνο	Oxygen
CO ₂	Διοξειδίο του άνθρακα	Dioxide of coal
H ₂ O	Νερό	Water
N ₂	Άζωτο	Nitrogen
N ₂ O	Διοξειδίο του αζώτου	Dioxide of nitrogen
Al ₂ O ₃	Αλουμίνιο	Aluminum
CH ₄	Μεθάνιο	Methane
Zn	Ψευδάργυρος	Zinc
Mn	Μαγγάνιο	Manganese
Pb	Μόλυβδος	Lead
C ₂ H ₄	Αιθυλένιο	Ethylene
MgO	Μαγνήσιο	Magnesium
SiO ₂	Διοξειδίο του πυριτίου	Silicon dioxide
ZrO ₂	Διοξειδίο του ζirkονίου	Zirconium dioxide
CeO ₂	Οξειδίο του δημητρίου	Cerium oxide
NaHO	Υδροξειδίο του νατρίου	Hydroxide of sodium

ΚΜ	Καταλυτικός μετατροπέας	Catalytic Converter
ΠΜ	Πολύτιμο μέταλλο	Precious Metal
ΑΚΖ	Ανάλυση Κύκλου Ζωής	Life Cycle Assessment
ΚΖ	Κύκλος Ζωής	Life Cycle
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση	European Union
ΑΠΜ	Ανακυκλωμένα Πολύτιμα Μέταλλα	Recycled Precious Metals
ΕΟΚ	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα	European Economic Community

Pt	Λευκόχρυσος (Πλατίνα)	Platinum
Pd	Παλλάδιο	Palladium
Rh	Ρόδιο	Rhodium
PGM	Μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου	Platinum group metals
PGE	Στοιχεία της ομάδας του λευκόχρυσου	Platinum group elements
REPA	Πόροι και περιβαλλοντικές αναλύσεις	Resource and environmental analysis
EPA	Υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος	Environmental protection agency
SETAC	Κοινωνία και περιβαλλοντική τοξικολογία και εφαρμοσμένη χημεία	Society and environmental toxicology and applied chemistry
ISO	Διεθνής οργανισμός προτύπων	International standards organization
MLCC	Κεραμικοί πυκνωτές πολλαπλών στρώσεων	Multiple Layers Ceramic Capacitors
GWP	Παγκόσμια Υπερθέρμανση Πλανήτη	Global Warming Potential
POCP	Δημιουργία Φωτοχημικού Οζοντος	Photochemical Ozone Creation Potential
NM VOC	Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	Non-methane volatile organic compounds

ΜΕΡΟΣ Α

1. ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.2 Προσδιορισμός του προβλήματος της ρύπανσης και η συμβολή των καυσαερίων των αυτοκινήτων σε αυτό

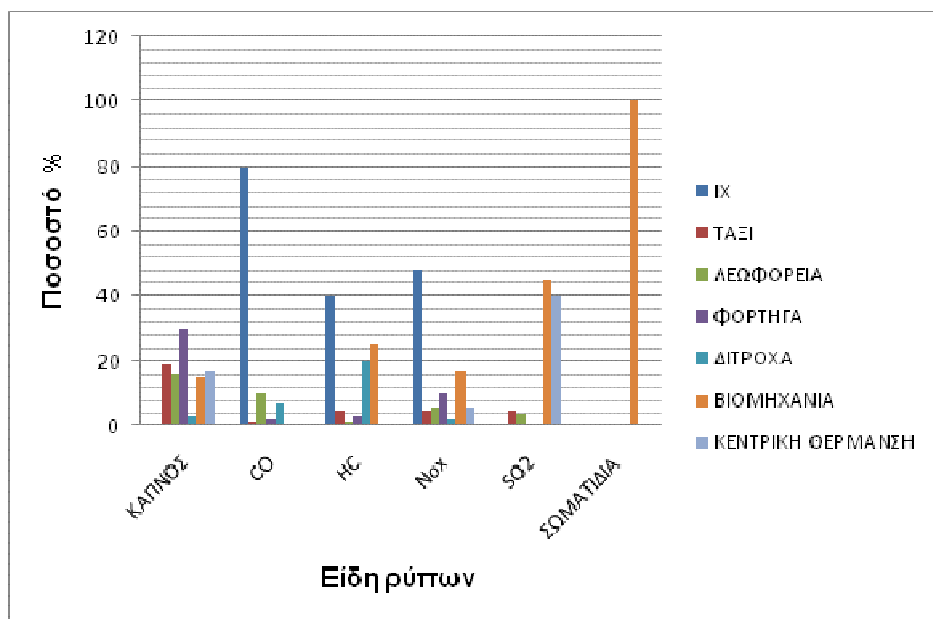
Το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα οχήματα εντοπίστηκε τα τελευταία 50 χρόνια. Έκτοτε αναζητήθηκαν λύσεις για τον περιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων. Μια από τις λύσεις που δόθηκαν στο πρόβλημα ήταν η μετατροπή των ρύπων αυτών σε ουσίες λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον και τον άνθρωπο με τη χρήση ΚΜ. Είναι αυτονόητο πως με την κυκλοφορία ολοένα και περισσότερων αυτοκινήτων το πρόβλημα της εκπομπής των ρύπων επιδεινώνεται με ραγδαίους ρυθμούς. Όμως χάρη στην τεχνολογική πρόοδο οι ΚΜ εξελίσσονται σημαντικά μειώνοντας έτσι τους εκπεμπόμενους ρύπους. Αν αναλογιζόταν κανείς σε παγκόσμια κλίμακα συνολικά το πλήθος των οχημάτων (επιβατικών και μη) τελευταίας τεχνολογίας καθώς και αυτά παλαιότερης τεχνολογίας, που κυκλοφορούν σήμερα θα μπορούσε να κατανοήσει την συμβολή της αυτοκίνησης στην ρύπανση του περιβάλλοντος.

Οι κυριότερες ουσίες που επιβαρύνουν το περιβάλλον προερχόμενες από την καύση του καυσίμου στα οχήματα είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες ($H_x C_y$), τα Οξειδία του αζώτου (NO_x), οι Ενώσεις του μολύβδου και τα αιωρούμενα σωματίδια (Γράφημα 1).

1.1.3 Η Εμφάνιση του Καταλυτικού Μετατροπέα ως Αποτέλεσμα της Αναγκαιότητας Θέσπισης Προδιαγραφών Αέριων Εκπομπών

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η αυτοκίνηση αποτέλεσε και αποτελεί μία από της σημαντικότερες πηγές εκπομπής βλαβερών αέριων ρύπων για το περιβάλλον και κατ' επέκταση για την ανθρώπινη υγεία, κρίθηκε επιτακτική η ανάγκη θέσπισης προδιαγραφών, με στόχο τον καθορισμό των επιτρεπόμενων ποσοστών εκπομπής καυσαερίων σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι «περιορισμοί» αυτοί οδήγησαν τις αυτοκινητοβιομηχανίες στην ανάπτυξη ενός μηχανισμού μετατροπής των καυσαερίων σε αβλαβή αέρια, γνωστό μέχρι σήμερα με τον όρο «Καταλυτικός Μετατροπέας» (ΚΜ).

Πιο συγκεκριμένα η ιστορία των ΚΜ ξεκινά το 1974 με την πρώτη εμφάνιση τους στις Η.Π.Α μετά από μια υποχρεωτική δια νόμου απαίτηση της μείωσης των εκπομπών των υδρογονανθράκων (HC) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στην Καλιφόρνια την δεκαετία του 1960. Η Ευρώπη άρχισε να εμπλέκεται στην παραγωγή και τη χρήση τους μόλις το 1984, ενώ στην Ελλάδα άρχισαν να παρουσιάζονται το 1987. Αυτά τα χρόνια η χρήση τους φυσικά επεκτεινόταν λόγω των περιορισμών που θεσπίστηκαν από τα διάφορα κράτη και με την τροποποίηση της βενζίνης που προέβλεπε πλέον τη χρήση αμόλυβδης. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν αλλά και το σύνολο αυτών που παράγονται είναι καταλυτικά, χρησιμοποιούν δηλαδή, στις εξατμίσεις τους ΚΜ. Αναμφίβολα όμως η εξέλιξη των ΚΜ συνεχίζεται ραγδαία, λόγω των συνεχών αυξανόμενων απαιτήσεων στην απόδοσή τους, εφόσον οι κανόνες και οι περιορισμοί που θέτονται είναι συνεχώς αυστηρότεροι.



Γράφημα 1: Συγκεντρωτικό γράφημα κυριότερων ρύπων ανά κατηγορία

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΜ [8]

Συχνά γίνεται σύγχυση μεταξύ του όρου «καταλύτης» και του όρου «ΚΜ», ουσιαστικά πρόκειται για δύο διαφορετικές έννοιες προερχόμενες από τον χώρο της χημείας και από τον χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας αντιστοίχως.

Στο χώρο της χημείας, ουσίες που παραβρίσκονται σε μια χημική αντίδραση και την επιταχύνουν, χωρίς όμως να παίρνουν μέρος σε αυτήν ονομάζονται καταλύτες. Ο καταλύτης λοιπόν είναι ένα στοιχείο που κάτω από κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας με την παρουσία του βοηθάει στην πραγματοποίηση μιας αντίδρασης, χωρίς ο ίδιος να λαμβάνει μέρος σ' αυτή. Όταν η διαδικασία της αντίδρασης τελειώνει, ο καταλύτης δεν έχει μεταβληθεί και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά.

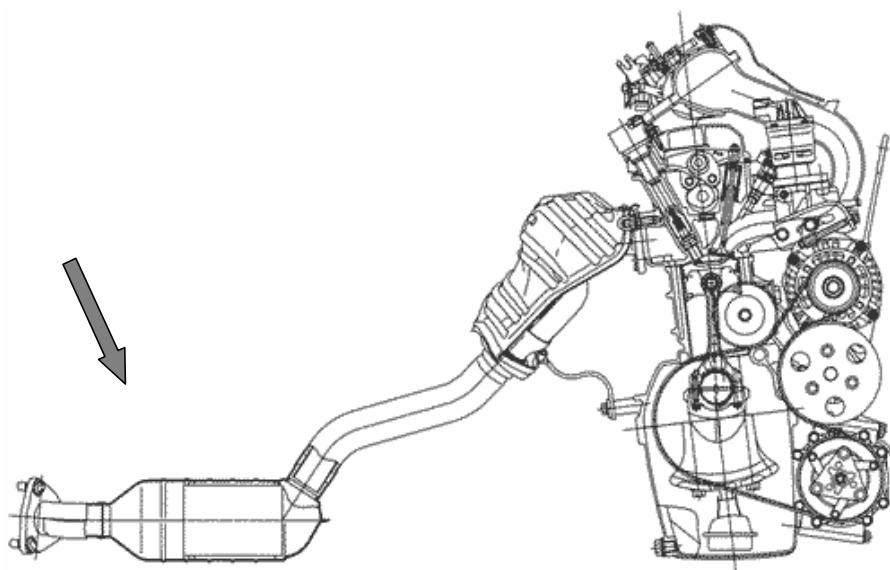
Από την άλλη μεριά στον χώρο του αυτοκίνητου η χρήση του όρου καταλύτης αντιστοιχεί σε μια ομάδα ευγενών μετάλλων, που αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου μηχανισμού. Ο μηχανισμός αυτός γνωστός και ως «Καταλυτικός Μετατροπέας» μετατρέπει την σύσταση των παραγόμενων καυσαερίων, μέσω χημικών αντιδράσεων σε αβλαβή για το περιβάλλον και τον άνθρωπο αέρια. Ο τρόπος λειτουργίας και ο ρόλος του μηχανισμού αυτού επιτρέπει την ονομασία του ως Καταλυτικού Μετατροπέα (ΚΜ) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Καταλυτικός μετατροπέας

1.3 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΜ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ [7]

Ο ΚΜ τοποθετείται στο σύστημα εξάτμισης του αυτοκινήτου όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 πολύ κοντά στη μηχανή έτσι ώστε να διατηρείται σε υψηλή θερμοκρασία.



Εικόνα 2: Θέση Καταλυτικού Μετατροπέα (πλάγια όψη)

Γενικά η εξωτερική μορφή όλων των ειδών ΚΜ βενζινοκινητήρων ανεξαρτήτως από τις διαφοροποιήσεις, που μπορεί να έχουν στην εσωτερική τους δομή, είναι παρόμοια με αυτή του σιγαστήρα (καζανάκι εξάτμισης). Η διαμόρφωση της εσωτερικής δομής των ΚΜ είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη μετατροπή των καυσαερίων σε αβλαβή αέρια. Κάτι τέτοιο απαιτεί τόσο μεγάλη διάρκεια όσο και μεγάλη επιφάνεια επαφής μεταξύ των καυσαερίων και των στοιχείων κατάλυσης του ΚΜ. Οι τρεις βασικές κατηγορίες ΚΜ, που απαιτώνται βάση της εσωτερικής τους δομής είναι: α) ΚΜ με αντικαθιστάμενα σφαιρίδια, β) ΚΜ με κεραμικό μονόλιθο και γ) ΚΜ με μεταλλικό μονόλιθο.

Στις ακόλουθες παραγράφους αναφέρονται εν συντομία τα βασικά χαρακτηριστικά των παραπάνω δομών ΚΜ.

α) ΚΜ Αντικαθιστάμενων Σφαιριδίων:

Σε αυτή την περίπτωση η εσωτερική δομή του ΚΜ αποτελείται από μια μάζα σφαιριδίων τα οποία είναι κατασκευασμένα από αδρανή υλικά και έχουν μια λεπτή μεταλλική επικάλυψη με καταλυτικές ιδιότητες όπως είναι για παράδειγμα η πλατίνα, το παλλάδιο και το ρόδιο. Τα σφαιρίδια δημιουργούν μέσα στο δοχείο του καταλυτικού μετατροπέα μια πορώδη μάζα, διαμέσου της οποίας περνούν τα καυσαέρια, που όταν εφάπτονται με τη σειρά τους με την πλατίνα (ή το εκάστοτε καταλυτικό στοιχείο) οδηγούν στις σχετικές χημικές αντιδράσεις. Τα σφαιρίδια όμως δημιουργούν μεγάλη αντίθλιψη δηλαδή πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής, και ενεργοποιούνται με καθυστέρηση. Έχουν επίσης και μεγάλη αντίσταση στην ροή των καυσαερίων.

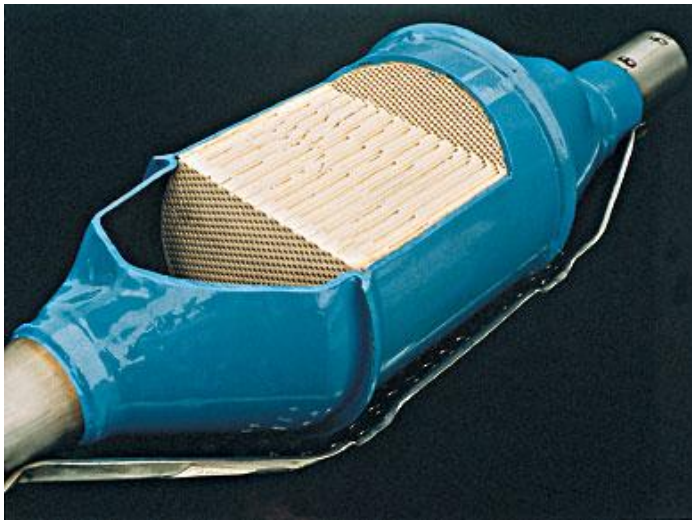
β) & γ) ΚΜ Κεραμικού/ Μεταλλικού Μονόλιθου:

Οι δύο αυτές κατηγορίες ΚΜ στο εσωτερικό τους φέρουν είτε, κεραμικό είτε μεταλλικό μονόλιθο διαμορφωμένο με εξαιρετικά λεπτούς σωλήνες, οι οποίοι δίνουν την αίσθηση κυψελοειδούς δομής. Η διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών σε αυτή την φάση εκτός από υλικό του μονόλιθου επίσης, έγκειται στην διάταξη και στην γεωμετρία των σχηματιζόμενων καναλιών παράμετροι που επηρεάζουν άμεσα την απόδοση του ΚΜ. Έτσι στην περίπτωση του κεραμικού μονόλιθου, (Εικόνα 3) που είναι συνήθως κορδίτης σε εύπλαστη μορφή, τα κανάλια δημιουργούνται από διαμήκεις παράλληλες σωληνώσεις, που μπορεί να είτε τετραγωνικής είτε, εξαγωνικής διατομής επιτυγχάνοντας ένα μέσο όρο 400 καναλιών ανά τετραγωνική ίντσα και πάχος τοιχώματος 0.15mm.

Αντιθέτως στην περίπτωση μεταλλικού μονόλιθου (Εικόνα 4) τα δημιουργούμενα κανάλια σχηματίζουν ένα μεταλλικό πλέγμα με μεταβλητή πληθώρα κυψελίδων, διαφόρων σχημάτων. Η συνηθέστερη μορφή του αποτελείται από δύο στρώματα ελασμάτων (κυματοειδή ελάσματα), τοποθετημένα σε ένα άλλο ενδιάμεσο κυκλικό έλασμα. Ο μεταλλικός φορέας κατασκευάζεται από ελάσματα ανοξειδωτού χάλυβα, πάχους 0.01mm, που σχηματίζουν πλέγμα 400 καναλιών ανά τετραγωνική ίντσα.

Πάνω στον μονόλιθο (είτε κεραμικός είτε μεταλλικός) στερεώνονται τα μεταλλικά καταλυτικά στοιχεία (ευγενή μέταλλα) του ΚΜ με την χρήση μιας ενδιάμεσης επίστρωσης αλουμίνης (Al_2O_3) (μεταξύ μονόλιθου και καταλυτικών στοιχείων). Σημειώνεται πως η αλουμίνα είναι απαραίτητη διότι, πέρα από την χρησιμότητα της ως μέσω στήριξης αυξάνει την επιφάνεια επαφής των καυσαερίων με τα ευγενή μέταλλα βελτιώνοντας έτσι την απόδοση του ΚΜ.

Τέλος στην περίπτωση του κεραμικού μονόλιθου μεταξύ του μονόλιθου και του εξωτερικού περιβλήματος παρεμβάλλεται μια προστατευτική ψάθα, η οποία περιβάλλει τον μονόλιθο προστατεύοντας τον από τους κραδασμούς και τις μεγάλες διαστολές- συστολές του εξωτερικού μεταλλικού καλύμματος. Σημειώνεται η προστατευτική ψάθα στον μεταλλικό μονόλιθο απουσιάζει δεδομένου ότι η στήριξη γίνεται απευθείας στο μεταλλικό κέλυφος καθώς δεν υπάρχει ιδιαίτερη διαφορά διαστολής μεταξύ μονόλιθου και κελύφους.



Εικόνα 3: Καταλυτικός μετατροπέας με κεραμικό μονόλιθο



Εικόνα 4: Καταλυτικός μετατροπέας με μεταλλικό μονόλιθο

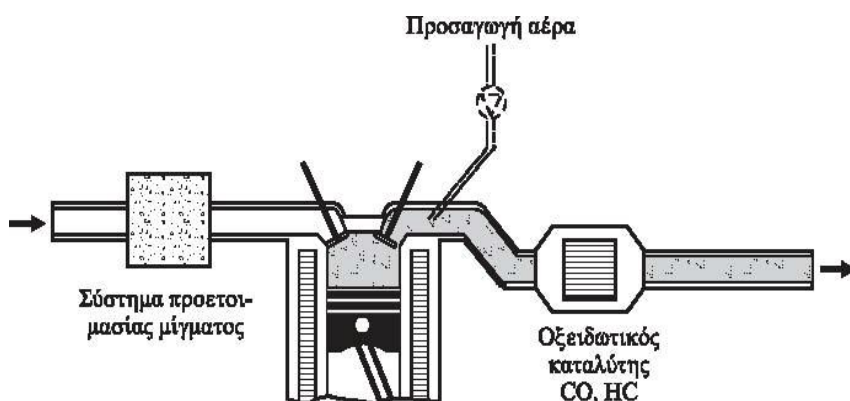
1.4 ΕΙΔΗ ΚΜ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ [7]

Μπορούμε να διαχωρίσουμε τους ΚΜ στις εξής κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους:

- i. Διοδικί - Οξειδωτικοί (Εικόνα 5)
- ii. Τριοδικί (αρρύθμιστοι – ρυθμιζόμενοι) (Εικόνα 6)
- iii. Διπλής κλίνης (συνδυασμός αναγωγικού – οξειδωτικού) (Εικόνα 7)

ι. Διοδικί - Οξειδωτικοί

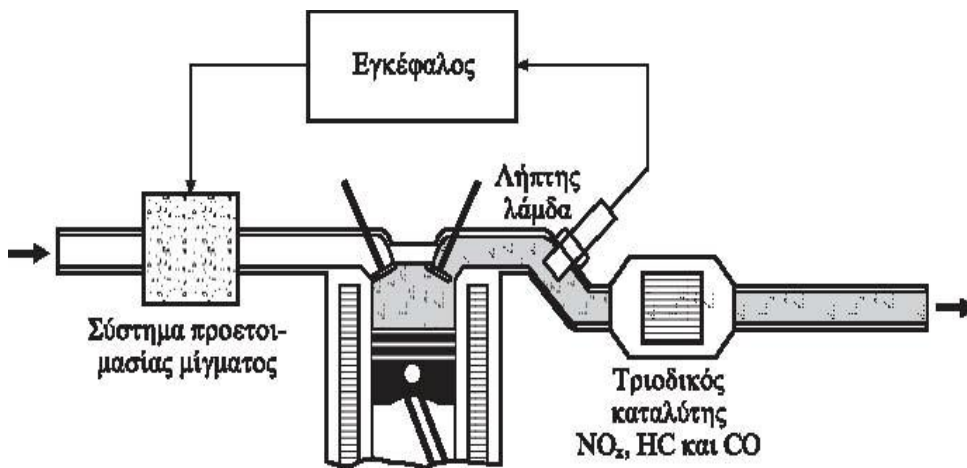
Ο διοδικός ΚΜ ονομάζεται και οξειδωτικός εξ αιτίας των αντιδράσεων οξείδωσης που πραγματοποιεί. Αυτή η κατηγορία αποτελεί μια εναλλακτική λύση έναντι των απλών θερμικών μετατροπών, που εξουδετερώνουν μόνο το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τους άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC). Ενώ από τη μία πετυχαίνουν μεγάλη μείωση των παραπάνω ρυπαντών, από την άλλη αυξάνουν τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x), λόγω των υψηλών θερμοκρασιών στις οποίες γίνονται οι αντιδράσεις. Υπό κανονικές συνθήκες οι διοδικί ΚΜ χρησιμοποιούνται σε μηχανές που λειτουργούν με φτωχό μείγμα, αφού εκεί οι εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές. Για την αντιμετώπιση των οξειδίων του αζώτου υπάρχουν λύσεις όπως η επανακυκλοφορία των καυσαερίων. Όταν σε ειδικές περιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε μηχανές στις οποίες το μίγμα είναι πλούσιο, για να μπορέσουμε να επιτύχουμε χαμηλά ποσοστά οξειδίων του αζώτου πρέπει στην αρχή να παρέχουμε πρόσθετη ποσότητα αέρα με τη χρήση αντλίας, έτσι ώστε να υπάρχει επάρκεια οξυγόνου στον καταλυτικό μετατροπέα για την πραγματοποίηση της οξείδωσης.



Εικόνα 5: Διοδικός - Οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας

ii. Τριοδικό (αρρυθμιστοί – ρυθμιζόμενοι)

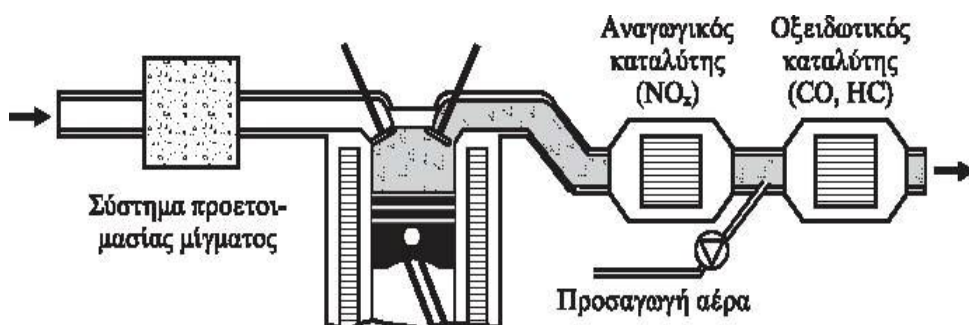
Οι ρυθμιζόμενοι τριοδικοί ΚΜ είναι γνωστοί και ως «τριοδικοί ΚΜ κλειστού συστήματος ρύθμισης». Χαρακτηρίζονται έτσι από την παρουσία ή όχι του λήπτη λάμδα (λ), ο οποίος δημιουργεί αντίστοιχα το κλειστό ή ανοικτό σύστημα ρύθμισης. Βασικό χαρακτηριστικό των ρυθμιζόμενων τριοδικών ΚΜ έναντι των αρρυθμιστων είναι η πραγματοποίηση και των τριών αντιδράσεων ταυτόχρονα. Εν αντιθέσει οι αρρυθμιστοί ΚΜ πραγματοποιούν αρχικά τις αντιδράσεις αναγωγής και στην συνέχεια τις αντιδράσεις οξειδωσης. Για να πραγματοποιηθούν και οι δύο τύποι αντιδράσεων επαρκώς πρέπει το μίγμα αέρα – καυσίμου να πλησιάζει το τέλειο μίγμα, για να είναι αυτό εφικτό είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ενός συστήματος φεκασμού των καυσίμων ή η χρήση ενός ηλεκτρονικά ελεγχόμενου συστήματος τροφοδοσίας, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί το κλειστό σύστημα ρύθμισης.



Εικόνα 6: Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας

iii. Διπλής κλίνης (συνδυασμός αναγωγικού – οξειδωτικού)

Στους ΚΜ διπλής κλίνης, ο οξειδωτικός ΚΜ συνδυάζεται με έναν αναγωγικό που σκοπό έχει να περιορίσει τις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου.



Εικόνα 7: Καταλυτικός μετατροπέας διπλής κλίνης

1.5 ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΜ [13] – [14]

Ανεξάρτητα από τους βασικούς τύπους ΚΜ που αναφέραμε και εξετάσαμε παραπάνω, συναντάμε και άλλους που χρησιμοποιούνται κατά περιπτώσεις. Αξίζει να αναφέρουμε μερικούς όπως: ο μικρός ΚΜ οξειδωσης, ο οποίος τοποθετείται πολύ κοντά στον κινητήρα και οξειδώνει ένα μέρος των καυσαερίων, ενώ τα υπόλοιπα τα οξειδώνει ο κυρίως καταλύτης. Ένα άλλο σύστημα καταλυτικού μετατροπέα είναι ο τριοδικός και ο διοδικός μαζί που αποτελούν μια μονάδα. Βρίσκονται σε ένα κοινό κέλυφος και συνεργάζονται για να μπορέσουν να καλύψουν τις απαιτήσεις οχημάτων με κυβισμό πάνω από 5 lit αυτού του είδους οι ΚΜ βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στις Η.Π.Α. Αντίθετα σε αυτοκίνητα με μικρό κυβισμό συναντάμε τον καταλυτικό μετατροπέα και την εξάτμιση τοποθετημένα στο ίδιο καζανάκι. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μικροί σε κυβισμό κινητήρες παράγουν χαμηλή ποσότητα ρυπογόνων ουσιών και όπως είναι λογικό έχουν μικρότερες απαιτήσεις. Τέλος έχει παρουσιαστεί το φαινόμενο να χρησιμοποιούνται διπλά συστήματα ΚΜ (δύο ΚΜ μαζί), με έναν κοινό ή δύο ανεξάρτητους λήπτες (λ).

2. ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΜ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ [11]

Τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου (platinum group metals ή αλλιώς και **PGM**), είναι μια οικογένεια έξι μετάλλων που έχουν παρόμοιες ατομικές δομές, που οδηγούν σε κάποια ομοιότητα στις χημικές, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες. Τα μέταλλα αυτά είναι ο Λευκόχρυσος ή αλλιώς η γνωστή μας Πλατίνα (Pt), το Ιρίδιο (Ir), το Όσμιο (Os), το Παλλάδιο (Pd), το Ρόδιο (Rh), το Ρουθίνιο (Ru) και ανήκουν στην VIII Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα μαζί με το Σίδηρο (Fe), το Νικέλιο (Ni) και το Κοβάλτιο (Co). Έχουν παρόμοια γεωχημική συμπεριφορά και έχουν τη τάση να συγκεντρώνονται μαζί στη φύση. Εμφανίζονται ως κράματα ή ενώσεις στις αποθέσεις μεταλλοφόρων κοιτασμάτων, που συνδέονται μερικές φορές με το χρυσό, το νικέλιο, το χαλκό και το χρώμιο. Τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου (PGM), μαζί με το Χρυσό (Au) και το Ασήμι (Ag), είναι ταξινομημένα ως **ΕΥΓΕΝΗ ΜΕΤΑΛΛΑ** λόγω της υψηλής αντίστασής τους στην οξειδωση και τη διάβρωση.

Τα PGM έχουν εξαιρετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες που τα έχει καταστήσει απαραίτητα στο σύγχρονο βιομηχανικό κόσμο. Έχουν άριστες καταλυτικές ιδιότητες, χρησιμοποιούνται ευρέως στη χημική βιομηχανία και μέσα στους ΚΜ των αυτοκινήτων. Η μεγάλη έλλειψη των PGM τα καθιστά σαν **ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ**. Η παραγωγή του Λευκόχρυσου αντιστοιχεί μόλις στο 1/13 της παγκόσμιας παραγωγής του Χρυσού (που είναι ένα σπάνιο μέταλλο). Παγκοσμίως, παράγεται 5 εκατομμύρια φορές περισσότερος Σίδηρος από ότι ο Λευκόχρυσος.

Σε παλαιότερες εποχές η τιμή των ΠΜ, παρουσίαζε μικρές διακυμάνσεις. Για αυτό το λόγο πριν από την εξάπλωση των τραπεζών, οι άνθρωποι συνήθιζαν να αποθησαυρίζουν τις οικονομίες τους σε ΠΜ. Τα τελευταία χρόνια η διακύμανση της τιμής των ΠΜ είναι τόσο έντονη, που έπαψε η επένδυση σε αυτά να είναι ένα συντηρητικό αποταμιευτικό καταφύγιο, και έγιναν ένα επιθετικό πεδίο για τζογάρισμα. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε πώς η τιμή του χρυσού κυμαίνεται σήμερα στις 30.000 €/kg, ο Λευκόχρυσος στις 40.000 €/kg, το Παλλάδιο στις 14.000 €/kg και το Ρόδιο βρίσκεται σταθερά πάνω από τα 60.000 €/kg!

Στις αρχές του 21ου αιώνα, οι τιμές των ΠΜ αυξήθηκαν σημαντικά και η επαναχρησιμοποίηση (ανακύκλωση) τους έγινε όλο και πιο ελκυστική. Σαν γενικός κανόνας λοιπόν ένα μέταλλο θεωρείται πολύτιμο αν είναι σπάνιο. Η ανακάλυψη νέων πηγών του μεταλλεύματος ή οι βελτιώσεις στον τομέα της εξόρυξης ή του εξευγενισμού είναι διαδικασίες που μπορεί να προκαλέσουν μείωση στην αξία ενός πολύτιμου μετάλλου. Το 'καθεστώς' του όρου πολύτιμο μπορεί επίσης να καθορίζεται ανάλογα με την ζήτηση και την τιμή αγοράς.

2.2 ΤΑ ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΤΩΝ ΚΜ

2.2.2 Παλλάδιο (Pd) [9] – [10]

A) Γενικά: Το παλλάδιο (Εικόνα 8) είναι σπάνιο μέταλλο και ακριβό και δείχνει ασυνήθιστες ιδιότητες. Οι ειδικές χημικές και φυσικές ιδιότητες αυτού του μετάλλου χρησιμοποιούνται για μια σειρά από διαφορετικές βιομηχανικές εφαρμογές. Το παλλάδιο όπως και άλλα ΠΜ χρησιμοποιείται ευρέως σε "πράσινες" εφαρμογές, ιδιαίτερα σε ΚΜ για την αυτοκινητοβιομηχανία. Ωστόσο, η αγορά είναι πολύ μικρή και οι τιμές είναι ιδιαίτερα ευμετάβλητες.



Εικόνα 8: Παλλάδιο

B) Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά: Το παλλάδιο είναι το λιγότερο πυκνό και αυτό με το χαμηλότερο σημείο τήξης από τα μέταλλα της ομάδας της πλατίνας. Είναι ένα μεταλλικό στοιχείο χρώματος ασημί-άσπρου που δεν θαμπώνει στον αέρα. Όταν δημιουργείται, είναι μαλακό και όλκιμο. Όταν όμως το επεξεργαστούμε κατάλληλα μπορούμε να αυξήσουμε σημαντικά την αντοχή και την σκληρότητά του. Η υψηλή θερμοκρασία το κάνει ανθεκτικό στη διάβρωση και στην οξείδωση. Επίσης χρησιμοποιείται και ως καταλύτης για αντιδράσεις υδρογόνωσης και αφυδρογόνωσης (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Βασικές ιδιότητες Παλλαδίου

Παλλάδιο	
Χημικό σύμβολο	Pd
Ατομικός αριθμός	46
Ατομικό βάρος	106,4
Κρυσταλλική δομή	κεντροκυβική
Πυκνότητα	12.02 g/cm ³
Σημείο τήξεως	1554 ° C
Σημείο ζέσης	3140 ° C
Vickers σκληρότητα	41 Mpa
Ηλεκτρική αντίσταση	9,93 microhm σε 0 ° C
Θερμική αγωγιμότητα	76 watts / Μετρητής / ° C
Αντοχή σε εφελκυσμό	17 kg/mm ²
Ηλεκτρονική ρύθμιση	[Kr] 4d10
Ισότοπα	6

Γ) Ιστορία – Προέλευση: Ο W.H. Wollaston, Βρετανός χημικός, ανακάλυψε το 1803 το παλλάδιο. Πήρε το όνομά του από τον αστεροειδή "Παλλάς", ο οποίος ανακαλύφθηκε περίπου την ίδια ώρα, και από την ελληνική ονομασία "Παλλάς", θεά της σοφίας. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται από τον Wollaston στο διαχωρισμό των PGM 's θεωρούνται η βάση για τη σύγχρονη μεταλλουργία. Ένα από τα πιο σημαντικά εμπόδια για μια πιο ευρεία χρήση του παλλαδίου στην ιστορία ήταν η περιορισμένη προσφορά. Προς το παρόν, η διαθεσιμότητα του παλλαδίου είναι συγκεντρωμένη σε λίγες περιοχές στον κόσμο, κυρίως στη Ρωσία και τη Νότιο Αφρική. Αυτή η συγκέντρωση της παραγωγής, γεμίζει την αγορά με τις αβεβαιότητες σχετικά με τις τιμές και τη διαθεσιμότητα της προσφοράς.

Δ) Ποιότητα: Το παλλάδιο θεωρείται μητρικό μέταλλο, αν και ποτέ δεν είναι 100% καθαρό. Αυτό συμβαίνει συνήθως λόγω των κραμάτων και των προσμίξεων με την πλατίνα, τα μεταλλεύματα και τα άλλα στοιχεία της ομάδας της πλατίνας. Το παλλάδιο, όπως όλα τα μέταλλα, εμφανίζεται σε ηφαιστειακά πετρώματα. Επίσης βρέθηκε να συνδέεται με χαλκό και νικέλιο. Στη βιομηχανία το παλλάδιο χρησιμοποιείται συχνά με την προσθήκη άλλων μετάλλων, συμπεριλαμβανομένων και των άλλων PGM' s. Τα σήματα ποιότητας για το παλλάδιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αντικείμενα που το 95% αποτελείται από παλλάδιο ή το 90% αποτελείται από παλλάδιο και το 5% από πλατίνα, ιρίδιο, ρουθίνιο, ρόδιο, όσμιο ή χρυσό. Ωστόσο, το πρότυπο καθαρότητας είναι 99,95%. Το παλλάδιο παίρνει διάφορες μορφές όταν ενώνεται με κράματα μετάλλων, για παράδειγμα κράματα παλλαδίου και χρυσού χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κοσμημάτων.

2.2.3 Πλατίνα (Pt) [9] – [10]

A) Γενικά: Η πλατίνα (Pt) που είναι πιο ευρέως γνωστό με τον όρο Λευκόχρυσος (Εικόνα 9) είναι ένα σπάνιο και ακριβό μέταλλο και έχει ορισμένες ιδιότητες που το καθιστούν μοναδικό. Οι ειδικές χημικές και φυσικές ιδιότητες αυτού του μετάλλου το καθιστούν βασικό μέταλλο σε πολλές εφαρμογές. Η πλατίνα είναι γνωστή ως περιβαλλοντικό μέταλλο. Είναι γεγονός ότι, περίπου το 20% των αγαθών που κατασκευάζονται στον κόσμο περιέχουν πλατίνα ή έχουν παραχθεί με τη χρήση πλατίνας.



Εικόνα 9: Πλατίνα

B) Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά: Η πλατίνα είναι ένα από τα πυκνότερα και βαρύτερα μέταλλα, είναι ιδιαίτερα εύπλαστη και όλκιμη. Είναι εξαιρετικά ανθεκτική στην οξείδωση και στη διάβρωση των υψηλών θερμοκρασιών καθώς και πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Επίσης είναι ένας ισχυρός καταλύτης. Η πλατίνα που είναι κατά κύριο λόγο όπως και όλα τα ευγενή μέταλλα αδρανές στοιχείο, είναι δυνατό να διαλυθεί σε ειδικά διαλύματα. Αυτό το ΠΜ έχει αργυρό - λευκό χρώμα το οποίο δεν μεταβάλλεται (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Βασικές ιδιότητες Πλατίνας

Πλατίνα	
Χημικό σύμβολο	Pt
Ατομικός αριθμός	78
Ατομικό βάρος	195,09
Κρυσταλλική δομή	Κεντροκυβική
Πυκνότητα	21,45 g/cm ³
Σημείο τήξεως	1769 ° C
Σημείο ζέσης	3827 ° C
Vickers σκληρότητα	41 Mpa
Ηλεκτρική αντίσταση	9,85 microhm.cm σε 0 ° C
Θερμική αγωγιμότητα	73 watts / Μετρητής / ° C
Αντοχή σε εφελκυσμό	14 kg/mm ²
Ηλεκτρονική ρύθμιση	[Xe] 4f145d96s1
Ισότοπα	6

Γ) Ιστορία – Προέλευση: Η πλατίνα πήρε το όνομα της από την ισπανική λέξη *platina* που σημαίνει ασημί. Μετά την εισαγωγή της στην Ευρώπη τον 18ο αιώνα η πλατίνα έγινε αντικείμενο ενδιαφέροντος για τους επιστήμονες, λόγω των ειδικών ιδιοτήτων της. Στο 1751, αναγνωρίστηκε ως το έβδομο στοιχείο. Φαίνεται ότι ο βρετανός χημικός W.H. Wollaston ήταν το πρώτο πρόσωπο που μπόρεσε να πάρει ένα δείγμα καθαρής πλατίνας στις αρχές της δεκαετίας του 1800.

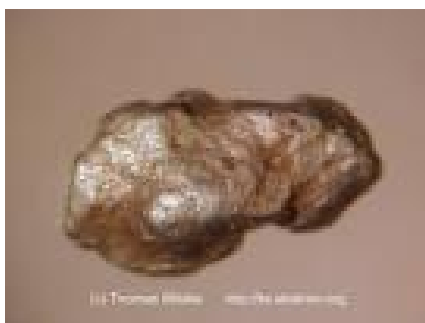
Κατά τη διάρκεια του Β 'Παγκοσμίου Πολέμου η διαθεσιμότητα της πλατίνας ήταν περιορισμένη, δεδομένου ότι κρίθηκε ως στρατηγικό υλικό. Η χρήση της πλατίνας για τις περισσότερες μη στρατιωτικές εφαρμογές απαγορεύθηκε. Μετά τον πόλεμο, η κατανάλωση της πλατίνας αυξήθηκε λόγω της καταλυτικής της ιδιότητας. Η αύξηση της ζήτησης συνεχίστηκε με την εξέλιξη των μοριακών τεχνικών για τη μετατροπή της διύλισης πετρελαίου. Στη δεκαετία του 1970 η ζήτηση αυτή μεγάλωσε ακόμα περισσότερο χάρη στην εισαγωγή των αυτοκινήτων σε πρότυπα εκπομπών αερίων ρύπων των ανεπτυγμένων χωρών.

Ένα από τα πιο σημαντικά εμπόδια για μια πιο εκτεταμένη χρήση της πλατίνας στην ιστορία ήταν και παραμένει η περιορισμένη προσφορά. Αυτή τη χρονική περίοδο τα αποθέματα της πλατίνας είναι συγκεντρωμένα σε λίγες περιοχές στον κόσμο, κυρίως στη Νότια Αφρική και τη Ρωσία. Ωστόσο, κατά τις τελευταίες δεκαετίες νέα ορυχεία έχουν ανοίξει και εξελεγχόμενες τεχνικές εξόρυξης πλατίνας έχουν αναπτυχθεί. Η πλατίνα πλέον αποτελεί ένα μέταλλο μεγάλης σημασίας για πολλούς τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας.

Δ) Ποιότητα: Σαν μητρικό στοιχείο ποτέ δεν είναι 100% καθαρό. Όταν εξορύσσεται, η πλατίνα είναι ακάθαρτη και συνήθως περιέχει μικρές ποσότητες άλλων στοιχείων. Κατά κύριο λόγο απαντάται με την μορφή βόλων ή κόκκων σε πολύμορφη σύσταση που περιέχουν 80 έως 90% καθαρή πλατίνα, με 3 έως 11% σίδηρο. Στα κοσμήματα η πλατίνα είναι κυρίως επεξεργασμένη σε μια τάξη του 95% που φέρει τη σφραγίδα του χαρακτηριστικού γνωρίσματος Pt 950. Αυτός ο βαθμός καθαρότητας έρχεται σε αντίθεση με τα άλλα ΠΜ όπως ο χρυσός, ο οποίος είναι συνήθως μεταξύ 33 και 75%.

2.2.4 Ρόδιο (Rh) [9] – [10]

Α) Γενικά: Το ρόδιο (Rh) (Εικόνα 10) είναι ένα χημικό στοιχείο και αποτελεί ένα από τα μέταλλα της ομάδας της πλατίνας. Χρησιμοποιείται σε κράματα με την πλατίνα αλλά και ως καταλύτης. Είναι συνήθως από τα πιο ακριβά ΠΜ.



Εικόνα 10: Ρόδιο

Β) Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά: Το ρόδιο είναι ένα άσπρο - ασημί σκληρό και ανθεκτικό μέταλλο, το οποίο έχει υψηλό δείκτη ανάκλασης. Το ρόδιο όταν θερμαίνεται απορροφά οξυγόνο από την ατμόσφαιρα στο σημείο τήξης του, αλλά για τη στερεοποίηση του το οξυγόνο απελευθερώνεται. Έχει υψηλότερο σημείο τήξης και χαμηλότερη πυκνότητα από την πλατίνα. Είναι εντελώς αδιάλυτο σε νιτρικό οξύ και διαλύεται σε ειδικά υδατικά διαλύματα. Το ρόδιο αν και ανήκει στην ένατη ομάδα του περιοδικού πίνακα, έχει μια άτυπη διαμόρφωση σε σύγκριση με τα υπόλοιπα στοιχεία της σειράς αυτής(Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Βασικές ιδιότητες Ροδίου

Ρόδιο	
Χημικό σύμβολο	Rh
Ατομικός αριθμός	45
Ατομικό βάρος	103
Κρυσταλλική δομή	κεντροκυβική
Πυκνότητα	12,41 g/cm ³
Σημείο τήξεως	1964 ° C
Σημείο ζέσης	3965 ° C
Vickers σκληρότητα	1246 Mpa
Ηλεκτρική αντίσταση	43,3 microhm σε 0 ° C
Θερμική αγωγιμότητα	150 watts / Μετρητής / ° C
Ισότοπα	7

Γ) Ιστορία – προέλευση: Το ρόδιο είχε ανακαλυφθεί το 1803 και αυτό από τον W.H. Wollaston, αμέσως μετά την ανακάλυψη του παλλαδίου. Έκανε αυτήν την ανακάλυψη στην Αγγλία χρησιμοποιώντας μετάλλευμα πλατίνας που πιθανώς να προερχόταν από τη Νότια Αμερική. Η διαδικασία προέβλεπε την διάλυση του μεταλλεύματος μέσα σε ειδικά υδατικά διαλύματα για την εξουδετέρωση των οξέων με υδροξείδιο του νατρίου (NaHO). Στη συνέχεια λάμβανε χώρα η καθίζηση της πλατίνας παρουσία χλωρίου του αμμωνίου. Μετά από το πλύσιμο με αιθανόλη αυξήθηκε το κόκκινο ίζημα που είχε αντιδράσει με τον ψευδάργυρο. Αυτό το κόκκινο ίζημα αποτέλεσε τελικά το ρόδιο μέταλλο.

2.3 ΕΞΟΡΥΞΗ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΜ

2.3.2 Παλλάδιο (Pd) [9] – [10]

Α) Κοιτάσματα – αποθέματα: Περισσότερο από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής του παλλαδίου είναι συγκεντρωμένο σε δύο μόνο χώρες: τη Ρωσία και τη Νότια Αφρική. Η Ρωσία και μόνο αντιπροσωπεύει περισσότερο από τα δύο τρίτα της συνολικής παραγωγής παλλαδίου.

Τρεις είναι οι πηγές του παλλαδίου από τη Ρωσία: το ορυχείο Norilsk Nickel (Εικόνα 11) το Gokhgran (Ρωσικό απόθεμα ΠΜ και πολύτιμων λίθων) και η Ρωσική Κεντρική Τράπεζα.

Η Norilsk-Talnakh είναι η κυριότερη περιοχή παραγωγής στη Ρωσία, με την εταιρεία Norilsk Nickel να είναι από τις μεγαλύτερες στον κόσμο. Ωστόσο, το παλλάδιο που εξορύσσεται από την εταιρεία αυτή βρίσκεται μακριά από την εκπλήρωση της τρομακτικά αυξανόμενης παγκόσμιας ζήτησης. Στην Norilsk-Talnakh τα ορυχεία ανήλθαν στο ανώτατο επίπεδο της παραγωγής στα τέλη του 1980. Ωστόσο, στις αρχές της δεκαετίας του ενενήντα η παραγωγή μειώθηκε κυρίως λόγω

του χαμηλού επιπέδου των επενδύσεων καθώς και της μείωσης της παραγωγικής ικανότητας. Ως αποτέλεσμα των υψηλότερων τιμών του παλλαδίου στα τέλη της προηγούμενης δεκαετίας, η Norilsk Nickel επένδυσε για να βελτιώσει τις εισπράξεις από τα PGM's, γεγονός που οδήγησε σε αυξήσεις των διυλισμένων PGM παραγωγής.

Η Ρωσία είναι επίσης η μόνη χώρα που έχει σημαντικά αποθέματα παλλαδίου, αν και θεωρείται ότι το επίπεδό τους έχει μειωθεί σημαντικά. Το πραγματικό επίπεδο των ρωσικών αποθεμάτων παλλαδίου αποτελεί κρατικό μυστικό.

Η δεύτερη σημαντικότερη εταιρία εξόρυξης παλλαδίου ανά τον κόσμο είναι η Bushveld Complex στη Νότιο Αφρική, όπου μέταλλα της ομάδας της πλατίνας εξορύσσονται ως πρωτογενή προϊόντα. Το παλλάδιο επίσης εξορύσσεται σε μικρότερες ποσότητες σε Ηνωμένες Πολιτείες και Καναδά. Οι εταιρείες εξόρυξης στη Νότιο Αφρική και τη Βόρειο Αμερική στοχεύουν στην ανάπτυξη των σχεδίων επέκτασης τα οποία θα οδηγήσουν σε μελλοντική αύξηση της παραγωγής του παλλαδίου. Οι εταιρείες λόγω της ανάγκης μεγάλων επενδύσεων για την κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής και τη μακροπρόθεσμη επιβίωση τους απαιτούν μεγάλες δαπάνες, προκειμένου να χρηματοδοτήσουν την έρευνα και την παραγωγή.

Η επεξεργασία του μεταλλεύματος με άλεση, η επίπλευση και η τήξη είναι διεργασίες που τις αναλαμβάνουν ορυχεία. Ο περαιτέρω εξευγενισμός μπορεί να λάβει χώρα σε διυλιστήρια. Νέες εξελίξεις στην εξερεύνηση στη Βόρεια Αμερική, λαμβάνουν χώρα ως αποτέλεσμα της αλματώδους ανάπτυξης της αγοράς παλλαδίου. Αυτή είναι η απάντηση στις ασταθείς ρωσικές προμήθειες που συνοδεύονται από τις υψηλότερες τιμές του παλλαδίου.

B) Εξόρυξη – Επεξεργασία: Η εξόρυξη και η επεξεργασία των μετάλλων της ομάδας της πλατίνας αποτελεί ένα ευρύ πεδίο για την έρευνα με συνέπεια οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα αυτό είναι συνεχώς αναπτυσσόμενες. Νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται συνεχώς για να μειωθεί το λειτουργικό κόστος και να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα στην ανάκτηση μετάλλων. Για να αυξηθεί η εξόρυξη και η αξιοποίηση των μετάλλων, κάποια ορυχεία της Νότιας Αφρικής χρησιμοποιούν τρυπάνια - εξέδρες, ώστε να πραγματοποιούν αρκετές τρύπες με τη μία. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία επεξεργασίας μας δίνουν τη δυνατότητα για καλύτερη επιφανειακή εκμετάλλευση. Η έρευνα και η τεχνολογία εστιάζουν στη μηχανοποίηση των μεθόδων εξόρυξης για να αποφεύγονται εκρηκτικές εξορυκτικές διαδικασίες με επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον, μία εναλλακτική διαδικασία για τη λειτουργία των διυλιστηρίων ερευνάται και αναπτύσσεται. Υπάρχουν επίσης νέες διαδικασίες που προσπαθούν να διαχωρίσουν τα PGM's από τα βασικά μέταλλα όσο το δυνατόν νωρίτερα. Στη Ρωσία, ιδίως στην Norilsk Nickel, μια σειρά από προγράμματα νέων τεχνολογιών έχουν εισαχθεί από το 1997-98 με στόχο τον εκσυγχρονισμό των διαδικασιών παραγωγής.

Το επίπεδο όμως της αυτοματοποίησης και μηχανοποίησης είναι ακόμα χαμηλό ενώ το συνολικό κόστος παραγωγής στην Norilsk Nickel είναι υψηλότερο σε σύγκριση με την κατανάλωση ενέργειας και των υλικών.



Εικόνα 11: Ρωσικό ορυχείο Norilsk Nickel

Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι υψηλότερες από ό, τι σε άλλα μέρη του κόσμου. Τον Απρίλιο του 1999 η Norilsk Nickel ξεκίνησε ένα δεκαετές σχέδιο ανάπτυξης για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ανάπτυξη της εταιρείας εξόρυξης και των μεταλλουργικών εργασιών παραγωγής και υποδομών. Ο στόχος ήταν να κλείσει ασύμφωρες μονάδες παραγωγής για την μείωση του κόστους. Το πρόγραμμα αυτό θεωρούσε ότι είναι αναγκαίο να διατηρηθούν τα απλά υφιστάμενα επίπεδα παραγωγής. Η εξέλιξη του σχεδίου περιλαμβάνει νέες τεχνολογίες μηχανήματα στη μονάδα του Talnakh, γεγονός που επιτρέπει ένα υψηλότερο ποσοστό των μεταλλευμάτων που εξορύσσεται στο Talnakh να επεξεργάζονται σε τοπικό επίπεδο, αντί να αποστέλλονται σε άλλα εργοστάσια, έτσι ο απώτερος στόχος ήταν η βελτίωση των εισπράξεων.

2.3.3 Πλατίνα (Pt) [9] – [10]

A) Κοιτάσματα – αποθέματα: Ενώ η ζήτηση αυξάνεται συνεχώς, η προμήθεια είναι εξαιρετικά περιορισμένη και οι πηγές παραγωγής πλατίνας είναι αρκετά σπάνιες. Στην πραγματικότητα, περισσότερο από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής πλατίνας είναι συγκεντρωμένο σε δύο περιοχές, στη Νότια Αφρική και τη Ρωσία. Επιπλέον, δεν υπάρχουν περισσότερες από δέκα σημαντικές εταιρείες εξόρυξης πλατίνας στον κόσμο.

Το Bushveld Complex στη Νότιο Αφρική (Εικόνα 12) είναι η κύρια περιοχή παραγωγής, με την εταιρία Amplats ως ηγέτη του κλάδου. Ο άλλος σημαντικός τομέας είναι η Norilsk περιοχή στη Ρωσία. Η Ρωσία είναι επίσης η μόνη χώρα με σημαντικά αποθέματα σε πλατίνα, αν και θεωρείται ότι το επίπεδο έχει μειωθεί σημαντικά. Η πλατίνα επίσης, εξορύσσεται σε μικρότερες ποσότητες στις Ηνωμένες Πολιτείες, τον Καναδά και τη Ζιμπάμπουε. Σύμφωνα με ορισμένες εκτιμήσεις, αν σταματούσε η εξόρυξη της σήμερα, τα υφιστάμενα αποθέματα θα διαρκέσουν περίπου ένα έτος. Ωστόσο, προκειμένου να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη ζήτηση, οι περισσότερες εταιρείες εξόρυξης αναπτύσσουν σχέδια επέκτασης.

Οι εταιρείες χρειάζονται μεγάλα ποσά για την κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής και απαιτούνται μεγάλες δαπάνες, προκειμένου να χρηματοδοτήσουν την εξερεύνηση και την παραγωγή. Η επεξεργασία του μεταλλεύματος με άλεση, η επίπλευση και η τήξη είναι διαδικασίες που όπως και στην περίπτωση του παλλαδίου τις αναλαμβάνουν ορυχεία. Ο περαιτέρω εξευγενισμός μπορεί να λάβει χώρα και σε διυλιστήρια. Κύριοι φορείς στον κλάδο της πλατίνας είναι μεγάλες επιχειρήσεις. Από την πλατίνα που είναι ΠΜ προκύπτει ένα βιομηχανικό μέταλλο. Έτσι οι εταιρείες αυτές έχουν διαφορετικά τμήματα που ασχολούνται με τη διύλιση, την έρευνα και την ανάπτυξη νέων εφαρμογών ώστε να προκύψουν νέες επενδυτικές δραστηριότητες.

B) Εξόρυξη – επεξεργασία: Για την εξόρυξη και την παραγωγή της πλατίνας συναντάται και εδώ ένα ευρύ πεδίο ερευνών και ανάπτυξης με τις τεχνολογικές εξελίξεις να αυξάνονται ραγδαία. Η αποτελεσματικότητα της εξόρυξης της πλατίνας είναι ακόμη σε χαμηλά επίπεδα και η βελτίωση των μεθόδων εξόρυξης θα οδηγούσε σε σημαντικά κέρδη. Νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται συνεχώς για να μειωθεί το λειτουργικό κόστος και να αυξηθεί η αξιοποίηση της πλατίνας.



Εικόνα 12: Ορυχείο Bushveld Complex στη Νότιο Αφρική

2.3.4 Ρόδιο (Rh) [9] – [10]

A) Κοιτάσματα – αποθέματα: Αποθέματα του ροδίου βρίσκουμε στη Νότιο Αφρική, στα Ουράλια όρη και στην Βόρεια Αμερική (Εικόνα 13). Ο κύριος εξαγωγέας ροδίου είναι η Νότια Αφρική με το επίπεδο της εξαγωγής να φθάνει το 80%, ακολουθούμενη από την Ρωσία. Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή στο στοιχείο αυτό είναι μόνο περίπου 25 τόνους, ενώ υπάρχουν πολύ λίγες πηγές ροδίου που φέρουν ανόργανα συστατικά. Από τον Οκτώβριο του 2007, το κόστος του ροδίου ήταν περίπου οκτώ φορές μεγαλύτερο από αυτό του χρυσού, 450 φορές περισσότερο από το ασήμι, καθώς και 27.250 φορές περισσότερο από το χαλκό κατά μονάδα βάρους. Το 2008 η τιμή αυξήθηκε λίγο πάνω από 10.000 δολάρια ανά ουγγιά (≈ 25 gram). Το 3^ο τρίμηνο του 2008, η πτώση της οικονομίας είχε ως αποτέλεσμα την πτώση των τιμών κατακόρυφα κάτω από τα 1000 δολάρια ανά ουγγιά.

B) Εξόρυξη – επεξεργασία: Η βιομηχανική εξόρυξη ροδίου είναι πολύπλοκη διαδικασία, γιατί το μέταλλο εμφανίζεται σε μεταλλεύματα και αναμιγνύεται με άλλα μέταλλα, όπως το παλλάδιο, το ασήμι, την πλατίνα και το χρυσό. Βρίσκεται συνήθως σε μεταλλεύματα πλατίνας και λαμβάνεται ως αδρανή λευκό μέταλλο.



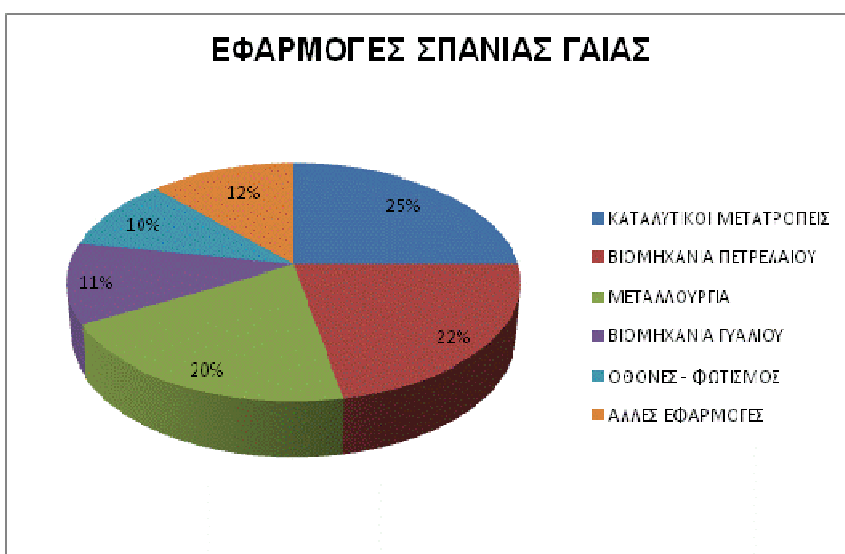
Εικόνα 13: Επεξεργασία μεταλλεύματος στη Βόρεια Αμερική

2.4 ΣΠΑΝΙΑ ΓΑΙΑ [10]

Α) Γενικά: Στη χημεία Σπάνιες Γαίες καλούνται τα μέταλλα (χημικά στοιχεία) τα οξειδία των οποίων είναι γαιώδους μορφής και κλήθηκαν έτσι λόγω της εξαιρετικής σπανιότητάς τους. Το γεωλογικό ινστιτούτο των Η.Π.Α. υπολόγισε πως η συνολική συγκέντρωση οξειδίων Σπάνιας Γαίας (Γής) σε ολόκληρο τον πλανήτη ανέρχεται σε 88 εκατ. Τόνους κατά το έτος 2007.

Β) Παγκόσμια παραγωγή και συγκέντρωση: Το ποσό των οξειδίων Σπάνιας Γαίας που εξορύχτηκε κατά το έτος 2007 σε όλο τον κόσμο ανέρχεται στους 124.000 τόνους. Σχεδόν το 95% προήλθε από την Κίνα καθώς αυτή αποτελεί τον ηγέτη της τεχνολογίας στην επεξεργασία των οξειδίων Σπάνιας Γαίας. Η Σπάνια Γαία εξάγεται σε συνθέσεις και όχι ως αυτοτελή προϊόν και όπως είναι λογικό διαχωρίζεται στην συνέχεια.

Γ) Παγκόσμια ζήτηση: Η απαίτηση για οξειδία Σπάνιας Γής τα επόμενα χρόνια εκτιμάται περίπου στους 130.000 τόνους. Ποσό αυξημένο σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως το 1953 η παγκόσμια παραγωγή άγγιξε τους 1.000 τόνους, ενώ το 2003 έφθασε τους 83.000 τόνους.



Γράφημα 2: Εφαρμογές Σπάνιας Γαίας

Δ) Τρέχουσες εφαρμογές: Η χρήση των 16 περίπου διαφορετικών ειδών Σπάνιας Γής καλύπτει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών. Σύμφωνα με έρευνες του γεωλογικού ινστιτούτου των Η.Π.Α. παρατίθεται το ακόλουθο γράφημα.(Γράφημα 2)

Ε) Οικονομικά στοιχεία: Δεν υπήρξε καμία ομοιόμορφη τάση στις διακυμάνσεις των τιμών τις τελευταίες δεκαετίες με αποτέλεσμα να μην έχουμε σαφή εικόνα για τις τιμές της Σπάνιας Γής. Πάντα οι τιμές καθορίζονταν από τα αποθέματα και την παγκόσμια ζήτηση. Αναμφίβολα όμως ως σπάνιο υλικό η τιμή του είναι ιδιαίτερα αυξημένη.

ΣΤ) Συμπεράσματα: Λόγω της υψηλής συγκέντρωσης Σπάνιας Γής στην Κίνα υπάρχει μια δυσαναλογία για την επεξεργασία της στην παγκόσμια μεταλλουργία. Οι έρευνες που θα ακολουθήσουν δεν θα πρέπει να εξετάσουν την Σπάνια Γή ως σύνολο γιατί αποτελείται από διαφορετικά είδη στην σύνθεση της με αποτέλεσμα το καθένα από αυτά να έχει διαφορετικές εφαρμογές. Επιπλέον οι έρευνες θα πρέπει να κρατηθούν μακριά από περιοχές στις οποίες βρίσκονται ραδιενεργά κοιτάσματα όπως το θόριο. Τέλος η έρευνα στις νέες τεχνολογίες ανακύκλωσης που εξετάζουν τη διαφορετική σύσταση της Σπάνιας Γής σχετικά με τα χημικά χαρακτηριστικά και τη συγκεκριμένη αξία τους είναι ένας απαραίτητος στόχος για το μέλλον.

2.5 ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΙΝΑΣ

[17]

Στο Βουρινό έχουν εντοπιστεί ορυκτά και μέταλλα της ομάδας της πλατίνας μέσα σε ένα υδρομαγματικό κοιτάσμα χρωμίτη. Η περιοχή ανήκει στην Πελαγική ζώνη που βρίσκεται μέσα σε ένα ωκεάνιο οφειολιθικό σύμπλεγμα. Τα ορυκτά που αναγνωρίστηκαν ήταν λαουρίτης, κυπροϊριδίτης και κράματα οσμίου, ιριδίου και ροδίου. Στο Τριάδι Θεσσαλονίκης έχουν εντοπιστεί ορυκτά και μέταλλα της ομάδας της πλατίνας, επίσης μέσα σε ένα υδρομαγματικό κοιτάσμα χρωμίτη όπως και στην Σκύρο. Τα ορυκτά που αναγνωρίστηκαν ήταν λαουρίτης και σπεριλλίτης.

Στην περιοχή του ποταμού Αλιάκμονα βρέθηκαν ψήγματα ορυκτών της ομάδας της πλατίνας. Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν κράματα οσμίου, ιριδίου, ροδίου και πλατίνας. Τα ορυκτά αυτά βρίσκονται σε προσχωματικά κοιτάσματα μαζί με χρυσό. Αναγνωρίστηκαν το οσμυρίδιο, ο κυπροϊριδίτης, ο λαουρίτης, ο σπεριλλίτης και άλλα (Εικόνα 14).

ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Εικόνα 14: Εμφάνισεις στην Ελλάδα

2.6 ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΙΝΑΣ

[17]

Όπως έχουμε ειδη αναφέρει τα P.G.M. τα συναντάμε μέσα σε υδρομαγματικά κοιτάσματα. Οι σπουδαιότερες χώρες παραγωγής είναι η Νότιος Αφρική, Η.Π.Α., η Ρωσία και κατά δεύτερο λόγο ο Καναδάς και η Ζιμπάμπουε (Εικόνα 15).

Το βασικό σύμπλεγμα του Bushvelt βρίσκεται στη Νότιο Αφρική κοντά στο Rustenburg και είναι ένα από τα μεγαλύτερα κοιτάσματα χρωμίου (Cr) στον κόσμο. Έχει έκταση 95.000τμ και τα αποθέματα του είναι περίπου 6.000 εκ. τόνοι. Από το 1970-1980 τα κέρδη έφτασαν στα 240 εκ. δολάρια. και τα 145 εκ. δολάρια. προήλθαν από τα P.G.M. Τα κοιτάσματα του χρωμίτη είναι στρωματόμορφα και εναλλάσσονται με βασικά και υπερβασικά πετρώματα. Έχουν πάχος από λίγα εκατοστά έως 2 μέτρα. Μέσα στο κοιτάσμα του χρωμίτη εντοπίστηκαν και P.G.M. .Η παραγωγή των P.G.M. στο Bushvelt αποτελεί το 50% της παγκόσμιας παραγωγής (Πίνακας 4).

Στις Η.Π.Α. εκμετάλλευση των P.G.M. έχουμε στη νότια Μοντάνα στο Stillwater από την εταιρία Stillwater Mining Company. Τα P.G.M. βρίσκονται μαζί με ένα κοιτάσμα στρωματόμορφου χρωμίτη. Τα χρωμιτοφόρα στρώματα είναι περίπου 14 με πάχος από λίγα εκατοστά έως 4 μέτρα. Στη Ρωσία εκμετάλλευση των P.G.M. έχουμε στο Taimyr Peninsula στη Σιβηρία από την εταιρία Norilsk Nickel. P.G.M. έχουν εντοπιστεί και στο Monhegorsk . Τα P.G.M. βρίσκονται μαζί με Χρωμίτη μέσα σε Γάβρους, Νορίτες, Πυροξενίτες, Δουνίτες. Τα ορυκτά που έχουν εντοπιστεί είναι Κοτουσκίτης, Ιρίδιο, Αιματίτης, Χρυσός, Χρωμίτης, Χαλκοπυρίτης κ.α. Στον Καναδά έχουν εντοπιστεί P.G.M. στο Hawk Ridge μαζί με κοιτάσματα Χρωμίτη, Χαλκού και Νικελίου, καθώς και στη Monitoba.

ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ



Εικόνα 15: Εμφανίσεις στον κόσμο

Πίνακας 4: Παγκόσμια παραγωγή ανά χώρα σε κιλά

ΧΩΡΑ	2000	2001	2002	2003	2004
ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΣ					
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	171	174	200	225	230
ΚΑΝΑΔΑΣ	6.300	7.400	7.400	6.900	7.000
ΚΟΛΟΜΒΙΑ	340	675	661	1.375	1.400
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	440	510	508	505	500
ΙΑΠΩΝΙΑ	782	791	762	770	780
ΠΟΛΩΝΙΑ	21	20	20	20	20
ΡΩΣΙΑ	34.000	35.000	35.000	36.000	36.000
ΣΕΡΒΙΑ	5	5	5	5	5
Ν.ΑΦΡΙΚΗ	115.000	130.000	133.000	151.000	160.000
Η.Π.Α.	3.000	3.500	4.500	4.000	4.100
ΖΙΜΠΑΜΠΟΥΕ	505	520	2.300	4.400	4.400
ΣΥΝΟΛΟ	160.000	180.000	185.000	205.000	215.000

ΧΩΡΑ	2000	2001	2002	2003	2004
ΠΑΛΛΑΔΙΟ					
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	812	828	810	820	830
ΚΑΝΑΔΑΣ	10.000	11.700	11.500	10.800	12.000
ΙΑΠΩΝΙΑ	4.700	4.800	5.600	5.500	5.600
ΠΟΛΩΝΙΑ	12	12	12	12	12
ΡΩΣΙΑ	71.000	72.000	73.000	74.000	74.000
ΣΕΡΒΙΑ	25	25	25	20	20
Ν.ΑΦΡΙΚΗ	55.800	62.600	64.200	72.700	78.500
Η.Π.Α.	10.300	12.100	14.800	14.000	13.700
ΖΙΜΠΑΜΠΟΥΕ	366	371	1.900	3.100	3.500
ΣΥΝΟΛΟ	153.000	164.000	172.000	181.000	188.000

ΧΩΡΑ	2000	2001	2002	2003	2004
ΑΛΛΑ PGM					
ΚΑΝΑΔΑΣ	720	720	700	800	800
ΡΩΣΙΑ	14.100	14.500	14.500	14.600	14.600
Ν.ΑΦΡΙΚΗ	36.500	35.800	42.000	50.000	48.000
ΖΙΜΠΑΜΠΟΥΕ	40	42	480	760	810
ΣΥΝΟΛΟ	51.400	51.100	57.400	65.800	64.500

ΟΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	364.000	395.000	414.000	452.000	467.000
---------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά στις γενικές εφαρμογές και χρήσεις των τριών ΠΜ (ρόδιο, πλατίνα, παλλάδιο), συμπεριλαμβανομένης και της χρήσης τους στους ΚΜ. Ο τομέας της ηλεκτρονικής, η οδοντιατρική, τα κοσμήματα, η χημεία, η βιομηχανία πετρελαίου, η υαλουργία, οι κυψέλες καυσίμου, η ιατρική, τα μηχανικά εξαρτήματα μηχανολογικών δομών οι χρηματοοικονομικές αγορές (επενδύσεις) καθώς επίσης και οι ΚΜ των οχημάτων όπως προαναφέρθηκε αποτελούν τα βασικότερα πεδία εφαρμογών των εν λόγω ΠΜ. Σημειώνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό (φτάνοντας το ~ 80% σε ορισμένες περιπτώσεις) των ΠΜ προς χρήση απορροφάται από την αυτοκινητοβιομηχανία για την κατασκευή των ΚΜ.

Παρά το ευρύ φάσμα εφαρμογών τους τα ΠΜ είναι εξαιρετικά σπάνια λόγω του μικρού αριθμού των περιοχών εξόρυξής τους σε συνδυασμό με τα λιγιστά κοιτάσματα τους. Αυτό επιφέρει διάφορα προβλήματα γιατί από την μία τα καθιστά εξαιρετικά ακριβά, και από την άλλη είναι δύσκολο να καλυφθεί όλο αυτό το ευρύ πεδίο εφαρμογών. Αρκεί σε αυτό το σημείο να συνυπολογιστεί η ραγδαία αύξηση της κατασκευής οχημάτων κατά συνέπεια και των ΚΜ, όπου καταναλώνεται και το μεγαλύτερο ποσοστό. Για αυτόν τον λόγο οι αυτοκινητοβιομηχανίες στρέφονται σε εναλλακτικούς ΚΜ με ελάττωση του ποσοστού των ΠΜ σε αυτούς ή ακόμα και εντελώς απαλλαγμένους από την χρήση τους, με σκοπό κυρίως την μείωση του κόστους.

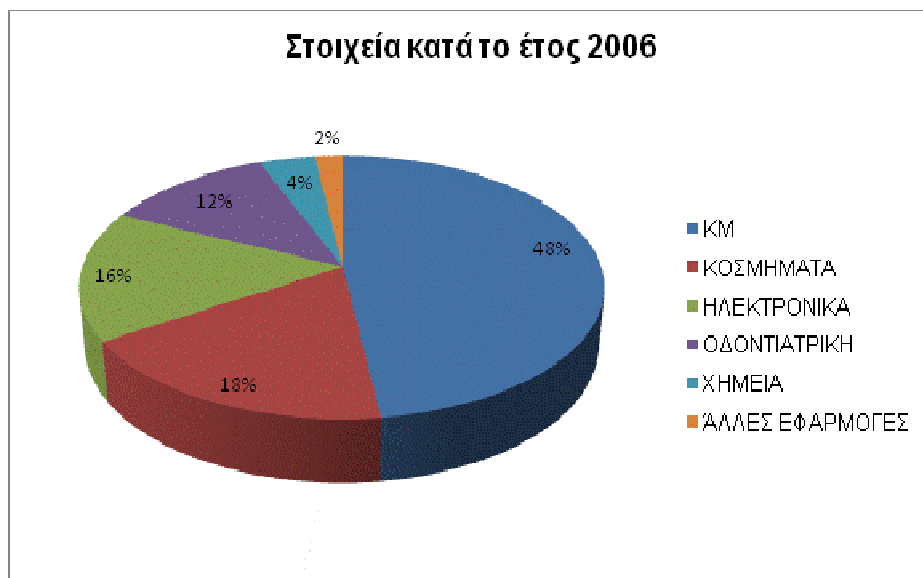
3.2 ΠΑΛΛΑΔΙΟ [12]

ΓΕΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ:

Αν και το παλλάδιο θεωρείται ΠΜ και χρησιμοποιείται αρκετά σε κοσμήματα, οι πιο σημαντικές εφαρμογές του παλλάδιου είναι βιομηχανικής φύσης (Γράφημα 3).

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ:

Ενδεικτικά αναφέρεται πως η ζήτηση του παλλάδιου για ηλεκτρονικές εφαρμογές έφτασε το 21% της συνολικής ζήτησης του το 1999, το ποσοστό αυτό παρουσιάζεται ελαφρώς μειωμένο από το 2002 και μετά όπου ο τομέας των ηλεκτρονικών καλύπτει μόνο το 15% της συνολικής ζήτησής του. Το παλλάδιο χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή κεραμικών πυκνωτών πολλαπλών στρώσεων (MLCC). Οι MLCC χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά εξαρτήματα για κυψελοειδή τηλέφωνα, στα φαξ και στα ηλεκτρονικά οικιακής χρήσης. Άλλες ηλεκτρονικές χρήσεις του παλλάδιου είναι για συνδέσεις ανοιχτών πλαισίων στα ηλεκτρονικά κυκλώματα, καθώς και τα υβριδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Είναι όμως ιδιαίτερα ακριβό όπως και τα υπόλοιπα ΠΜ και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την αντίδραση της ηλεκτρονικής βιομηχανίας στις υψηλές τιμές. Έτσι με σύμμαχο την πρόοδο της τεχνολογίας μειωθεί η χρήση του παλλάδιου στους MLCC. Η βιομηχανία, ειδικά στην Ιαπωνία και τη Βόρειο Αμερική, έχει ήδη αρχίσει να χρησιμοποιεί κοινά μέταλλα, ιδιαίτερα το νικέλιο, ως εναλλακτική λύση. Η ζήτηση του παλλάδιου για αυτή την εφαρμογή έχει χάσει μερίδιο αγοράς από προϊόντα νικελίου. Το 2002, παρά την πτώση των τιμών του παλλάδιου, οι παγκόσμιες πωλήσεις ηλεκτρονικών υπολογιστών παρέμειναν αδύναμες λόγω της μειωμένης οικονομικής ανάπτυξης, αυτό συνέβαλε όπως ήταν λογικό και στη χαμηλή ζήτηση του παλλάδιου.



Γράφημα 3: Στοιχεία εφαρμογών Παλλαδίου κατά το έτος 2006

ΤΟΜΕΑΣ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ:

Το παλλάδιο χρησιμοποιείται ευρέως στα οδοντιατρικά κράματα. Η δημοτικότητα του παλλαδίου στην οδοντιατρική βασίζεται στο γεγονός ότι τα κράματα παλλαδίου είναι προσαρμόσιμα και συνεπώς εύκολο να εργαστείς με αυτά, είναι ισχυρά και δεν αμαυρώνονται με τον αέρα. Ωστόσο, η πρόσφατη αύξηση της τιμής του παλλαδίου είχε ως αποτέλεσμα να στραφούν σε φθηνότερα μέταλλα, όπως χρυσό ή άλλα κράματα. Μεταρρυθμίσεις στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης στην Ιαπωνία και τη Γερμανία, έχουν επίσης επηρεάσει τη ζήτηση των κραμάτων παλλαδίου. Ως αποτέλεσμα, τα οδοντιατρικά εργαστήρια αναζητούν κατάλληλα υποκατάστατα για το παλλάδιο.

ΤΟΜΕΑΣ ΚΟΣΜΗΜΑΤΩΝ:

Το παλλάδιο έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς και στην αργυροχρυσοχοΐα για την κατασκευή κοσμημάτων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του είτε ως στοιχείο του λευκόχρυσου. Ο λευκόχρυσος επιτυγχάνεται όταν το παλλάδιο προστίθεται στο χρυσό, με ή χωρίς άλλα στοιχεία. Το κίτρινο χρώμα του χρυσού γίνεται εντελώς λευκό. Το παλλάδιο χρησιμοποιείται επίσης στην ωρολογοποιία.

ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΕΙΑΣ:

Το παλλάδιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή βασικών και ειδικών χημικών προϊόντων, όπως ειδικά επεξεργασμένο οξύ που χρησιμοποιείται στην κατασκευή τεχνητών ινών. Το παλλάδιο βρίσκει επίσης ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία λιπασμάτων. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή νιτρικού οξέος και για την παρασκευή τεχνητών λιπασμάτων.

3.3 ΠΛΑΤΙΝΑ [12]**ΓΕΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ:**

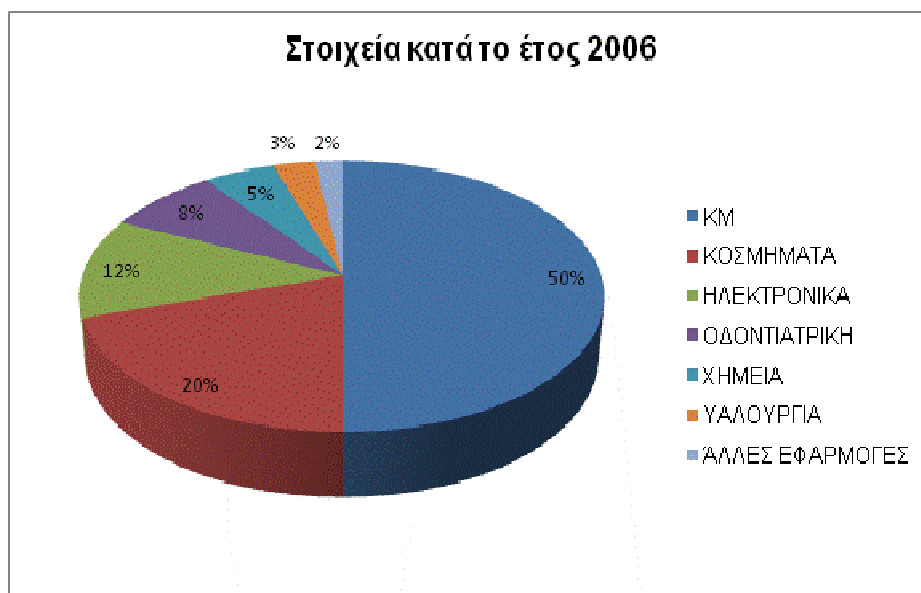
Η πλατίνα έχει πολλές και βασικές εφαρμογές, ενώ οι νέες χρήσεις της είναι συνεχώς αναπτυσσόμενες (Γράφημα 4).

ΤΟΜΕΑΣ ΚΟΣΜΗΜΑΤΩΝ:

Αυτό το μέταλλο είναι πολύτιμο για την ομορφιά του και την καθαρότητα του, σε συνδυασμό με τις ιδιαίτερες ιδιότητες του. Αν και στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ είναι κανονικής καθαρότητας 95%, σε ορισμένες χώρες, η καθαρότητα είναι δυνατόν να καθορίζεται στο 85%. Το χρώμα, η δύναμη, η σκληρότητα και η αντοχή του είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτού του μετάλλου στα κοσμήματα.

Παρέχει ένα ασφαλές περιβάλλον για τα διαμάντια και άλλες πολύτιμες πέτρες, ενισχύοντας την ιδιαιτερότητά τους. Επιπλέον, η ευελιξία είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τους σχεδιαστές κοσμημάτων.

Ο λευκόχρυσος θεωρείται ως το πιο διαδεδομένο και σημαντικότερο ΠΜ για την «Νέα Χιλιετία». Η ζήτηση της πλατίνας στα κοσμήματα αυξάνεται σταθερά για δύο δεκαετίες (1980-1999). Η παγκόσμια αγορά πλατίνας για κοσμήματα είχε, εδώ και καιρό, κέντρο την Ιαπωνία, όπου η πλατίνα είναι ιδιαίτερα δημοφιλής και της μόδας. Ωστόσο, η αγορά αυτή έχει επηρεαστεί από την κατάσταση της ιαπωνικής οικονομίας κατά τα τελευταία χρόνια. Εν τω μεταξύ η ζήτηση της πλατίνας έχει αυξηθεί κατακόρυφα στην Κίνα, η οποία ξεπέρασε την Ιαπωνία. Το λευκό μέταλλο έχει καταστεί ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην Κίνα με αποτέλεσμα την ευρεία ανάπτυξή της. Η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική έχουν αναπτύξει επίσης ένα μεγάλο πεδίο αγοράς και εφαρμογών στηριζόμενο στην πλατίνα.



Γράφημα 4: Στοιχεία εφαρμογών Πλατίνας κατά το έτος 2006

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ:

Η πλατίνα χρησιμοποιείται στην παραγωγή των σκληρών δίσκων των ηλεκτρονικών υπολογιστών και στην επικάλυψη καλωδίων οπτικών ινών. Ο αυξανόμενος αριθμός των προσωπικών υπολογιστών έχει θετική επίδραση στη ζήτηση πλατίνας. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν τα θερμοστοιχεία, τα οποία μετρούν τη θερμοκρασία στο γυαλί και στο χάλυβα, και σε βιομηχανίες ημιαγωγών ή υπέρυθρων ανιχνευτών για στρατιωτικές και εμπορικές εφαρμογές. Χρησιμοποιείται επίσης στους κεραμικούς πυκνωτές πολλαπλών στρώσεων.

ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΕΙΑΣ:

Η πλατίνα χρησιμοποιείται σε λιπάσματα και εκρηκτικά ως καταλύτης για την καταλυτική μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικό οξύ. Χρησιμοποιείται επίσης για την κατασκευή σιλικόνης για την αεροδιαστημική βιομηχανία, την αυτοκινητοβιομηχανία και τον κατασκευαστικό τομέα. Στο τομέα των καυσίμων, είναι σημαντική ως πρόσθετο βενζίνης για την ενίσχυση της καύσης και τη μείωση των εκπομπών των κινητήρων. Επιπλέον, είναι ένας καταλύτης για την παραγωγή στοιχείων για τα οικιακά απορρυπαντικά.

ΤΟΜΕΑΣ ΥΑΛΟΥΡΓΙΑΣ:

Η πλατίνα χρησιμοποιείται και σε εξοπλισμό υαουργίας. Επίσης χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενισχυμένου πλαστικού και γυαλιού για οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD).

ΤΟΜΕΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ:

Η πλατίνα θεωρείται ως ένα ελκυστικό επενδυτικό όχημα και ως ένας καλός τρόπος για την αντιστάθμιση και την μείωση του πληθωρισμού. Αυτή η προσέλκυση επενδύσεων για την πλατίνα εξαπλώνεται σε όλο τον κόσμο και βασίζεται στην σχετική σπανιότητά της, την ιστορική απόδοση της τιμής της και την μοναδικότητά της.

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ:

Η πλατίνα χρησιμοποιείται ως καταλύτης για την διύλιση πετρελαίου στην πετρελαιοβιομηχανία.

ΤΟΜΕΑΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ:

Η πλατίνα χρησιμοποιείται σε αντικαρκινικά φάρμακα και στην τοποθέτηση εμφυτευμάτων. Χρησιμοποιείται επίσης σε μορφή κραμάτων για οδοντιατρικές αποκαταστάσεις.

ΤΟΜΕΑΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ :

Τα περισσότερα οχήματα στη Βόρεια Αμερική χρησιμοποιούν την πλατίνα στα μπουζί τους. Ακόμα και στην Ευρώπη οι υψηλές απαιτήσεις ανθεκτικότητας έχουν οδηγήσει σε αύξηση του ποσού της πλατίνας που χρησιμοποιούνται στα μπουζί.

ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:

Οι κυψέλες καυσίμου είναι συσκευές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης ως εναλλακτική λύση για τους κινητήρες εσωτερικής καύσης στα οχήματα. Η χρήση των κυψελών καυσίμου επιφέρει περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Είναι πιο ενεργειακά αποδοτικές και παράγουν αμελητέες ποσότητες ρύπανσης. Στις περισσότερες κυψέλες καυσίμου εφαρμόζεται η τεχνολογία παραγωγής ενέργειας από υδρογόνο και οξυγόνο με τη χρήση καταλυτών πλατίνας. Η χρήση της πλατίνας σε κυψέλες καυσίμου φαίνεται να

είναι μία από τις εφαρμογές της πλατίνας με τις καλύτερες προοπτικές για την μελλοντική ζήτηση.

3.4 ΡΟΔΙΟ [12]

ΓΕΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ:

Το ρόδιο χρησιμοποιείται για τη σκλήρυνση και τη βελτίωση της αντοχής των υλικών στη διάβρωση. Βρίσκει εφαρμογές στην παραγωγή ινών, γυαλιού, και θερμοστοιχείων. Ακόμα χρησιμοποιείται στην αεροναυπηγική και στην παραγωγή σπινθηριστών. Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν την χρησιμοποίησή του ως ηλεκτρική επαφή λόγω της χαμηλής ηλεκτρικής αντίστασης. Επίσης χρησιμοποιείται για την κατασκευή οπτικών μέσων όπως λυχνίες ροδίου. Ακόμα βρίσκει ευρεία χρήση σε κοσμήματα και διακοσμητικά. Είναι ένας πολύ χρήσιμος καταλύτης σε ορισμένες βιομηχανικές διαδικασίες. Εφαρμόζεται σε καταλύτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν το βενζόλιο. Λειτουργεί και σαν φίλτρο στις μαστογραφίες και σε ανιχνευτές νετρονίων που χρησιμοποιούνται σε πυρηνικούς αντιδραστήρες για την μέτρηση της ροής των νετρονίων, μία μέθοδο που απαιτεί ένα ψηφιακό φίλτρο για να καθοριστεί το τρέχον επίπεδο της ροής νετρονίων. Τέλος χρησιμοποιείται σε υψηλής ποιότητας στυλό κ πένες.

3.5 ΠΟΛΥΤΙΜΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΤΟΥΣ ΚΜ [12]

3.5.2 Εφαρμογή των ΠΜ στους ΚΜ

Τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου (PGM) όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (στην παράγραφο 1.2 του 1^{ου} κεφαλαίου) αποτελούν πρωτογενή δομικά συστατικά των ΚΜ των οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα το παλλάδιο, το ρόδιο, η πλατίνα καθώς επίσης και τα σπάνια γαία με μικρότερη συχνότητα χρησιμοποιούνται ως καταλύτες (επιταχυντές ή επιβραδυντές) της χημικής αντιδράσεως που λαμβάνει χώρα στον ΚΜ για την μετατροπή των ρυπογόνων αερίων (CO, NOx, SOx) σε αβλαβή για το περιβάλλον και τον άνθρωπο αέρια (CO₂, H₂O κτλ.).

3.5.2.2 Παλλάδιο

Η αυτοκινητοβιομηχανία αποτελεί τον βασικότερο κλάδο εφαρμογών του παλλαδίου. Ενδεικτικά αναφέρεται πως το 2006 το 49% της συνολικής ζήτησης του παλλαδίου προήλθε από την βιομηχανία οχημάτων για την χρήση του κατά κύριο λόγο στους ΚΜ. Η ζήτηση για το παλλάδιο σε ΚΜ αυτοκινήτων άρχισε να αυξάνεται σημαντικά στην δεκαετία του εβδομήντα, όταν εισήχθη στη νομοθεσία των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας με στόχο την μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων από την αυτοκίνηση. Από τότε πολλές άλλες χώρες πήραν μέρος σε αυτή την πολιτική.

Επιπλέον, κατά τη δεκαετία του 1990, η ζήτηση αυξήθηκε και αυτό οφείλεται κυρίως στο χαμηλότερο κόστος και στην καλύτερη απόδοση των αυτοκινήτων. Τα τελευταία χρόνια η ζήτηση για το παλλάδιο σε ΚΜ αυτοκινήτων έχει επίσης παρουσιάσει σημαντική άνοδο στις αναπτυσσόμενες χώρες, που εισήγαγαν νέους κανονισμούς για το περιβάλλον. Οι κανονισμοί αυτοί έθεσαν αυστηρότερες προδιαγραφές μειώνοντας περαιτέρω τα επιτρεπόμενα όρια των εκπομπών αέριων ρύπων των οχημάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ΚΜ μεγαλύτερης απόδοσης οδηγώντας στην χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων παλλαδίου και κατ' επέκταση ΠΜ. Οι εξελίξεις στην αγορά του παλλαδίου στις αρχές της δεκαετίας του 2000, οδήγησαν σε ιδιαίτερα υψηλές τιμές το 2000 και στις αρχές του 2001. Συνέπεια αυτών των αλλαγών ήταν η μείωση της ζήτησης κατά 46% το 2002 σε σχέση με αυτή που καταγράφηκε για το έτος 2000. Όσον αφορά στον τομέα των ΚΜ οχημάτων την τελευταία δεκαετία παρατηρήθηκε μείωση της χρήσης του παλλαδίου κατά 50%. Αυτό αφενός οφείλεται στην διακύμανση των τιμών τα έτη 2000 -2001 αφετέρου όμως λόγοι όπως οι παρακάτω συνέβαλλαν εξίσου σημαντικά:

α) Οι επιτυχείς προσπάθειες των εταιρειών για τη μείωση του φορτίου των αυτοκινήτων, βελτιώνοντας εκ των προτέρων τις εκπομπές συστημάτων και τον σχεδιασμό σε ότι αφορά τον έλεγχο του κινητήρα.

β) Η διεύθυνση των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων (που χρησιμοποιούν καταλύτες που βασίζονται στην πλατίνα) φτάνοντας το 40% στην Ευρώπη .

γ) Προβλήματα στα αποθέματα παλλαδίου των βιομηχανιών οχημάτων στην Βόρεια Αμερική.

δ) Η αύξηση της ανάκτησης των αυτοκινήτων κατά σχεδόν 61% το 2002, λόγω των μετάλλων στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη.

3.5.2.3 Πλατίνα

Όπως και στην περίπτωση του παλλαδίου η αυτοκίνηση αποτελεί έναν από τους βασικότερους κλάδους απορρόφησης της εξορυσσόμενης πλατίνας. Το 2006 χρήση της πλατίνας στα αυτοκίνητα ανήλθε στο 51% της συνολικής ζήτησής της, έναντι του σημαντικά μικρότερου ποσοστού περί του 25% που παρατηρήθηκε το 2000. Αξίζει να σημειωθεί πως κατά τη δεκαετία του 1990, υπήρξε η υποκατάσταση της πλατίνας από παλλάδιο σε ΚΜ αυτοκινήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες, κυρίως λόγω του σχετικά χαμηλότερου κόστους του και της καλύτερης απόδοσής του. Αντιθέτως στην Ευρώπη η πλατίνα ήταν περισσότερο διαδεδομένη και χρησιμοποιούταν ευρέως, καθώς αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο των συστημάτων κατάλυσης των κινητήρων ντίζελ. Τα τελευταία χρόνια η ζήτηση πλατίνας στον τομέα των ΚΜ έχει παρουσιάσει σημαντική αύξηση στις αναπτυσσόμενες χώρες που εισήγαγαν νέα νομοθεσία για το περιβάλλον. Η ζήτηση της πλατίνας αναμένεται να αυξηθεί καθώς αυστηρότερες προδιαγραφές εκπομπών των ρύπων και κανονισμοί έχουν εγκριθεί.

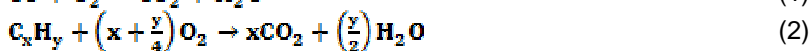
3.5.2.4 Ρόδιο

Το ρόδιο αποτελεί το τρίτο στην σειρά πιο διαδεδομένα χρησιμοποιούμενο ΠΜ στους ΚΜ οχημάτων. Σημειώνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής του ροδίου απορροφάται από την αυτοκινητοβιομηχανία προς χρήση του ως καταλυτικό μέσο στους ΚΜ. Πιο συγκεκριμένα το 2007 το 81% της παγκόσμιας παραγωγής του ροδίου καταναλώθηκε για την παραγωγή τριοδικών ΚΜ. Το ρόδιο παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα άλλα μέταλλα όπως η πλατίνα, στη μείωση των οξειδίων του αζώτου.

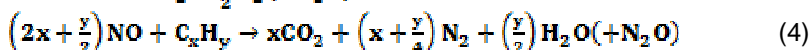
3.6 Ο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΠΜ ΣΤΟΥΣ ΚΜ [7]

Οι κυριότερες αντιδράσεις μετατροπής ρύπων που λαμβάνουν χώρα σε ένα ΚΜ είναι οι ακόλουθες:

Αντιδράσεις οξειδωσης:



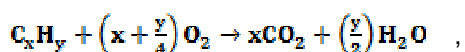
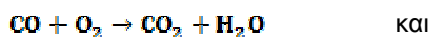
Αντιδράσεις αναγωγής:



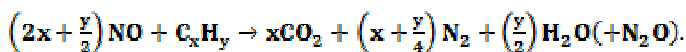
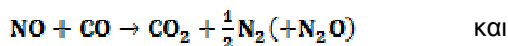
Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται μια πιο λεπτομερής αναφορά στον ρόλο κάθε ενός από τα τρία ΠΜ (Pt, Pd και Rh) στις αντιδράσεις μετατροπής που λαμβάνουν χώρα σε έναν ΚΜ.

ΠΛΑΤΙΝΑ:

Η πλατίνα είναι έξοχος καταλύτης για την μετατροπή των CO και των υδρογονανθράκων διαμέσου των αντιδράσεων οξειδωσης



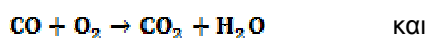
αλλά εμφανίζει ασήμαντη δραστηριότητα και πολύ χαμηλή $\text{N}_2 / \text{N}_2\text{O}$ – εκλεκτικότητα για τις αντιδράσεις αναγωγής των NO_x .



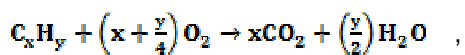
Έναντι του παλλαδίου και του ροδίου η πλατίνα παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη αντίσταση στην δηλητηρίαση (απενεργοποίηση) του ΚΜ που προκαλείται λόγω της παρουσίας διάφορων προσμίξεων στα καυσαέρια.

ΠΑΛΛΑΔΙΟ:

Το παλλάδιο είναι ένας καλός καταλύτης οξειδωσης του CO,



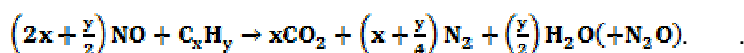
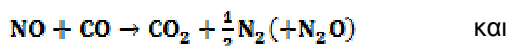
ακόμα καλύτερος για την οξείδωση των υδρογονανθράκων,



Η αναγωγική του δράση δεν είναι τόσο άσχημη όσο της πλατίνας, εντούτοις δεν είναι επαρκής για να αποτελέσει την επιθυμητή λύση.

ΡΟΔΙΟ:

Το ρόδιο είναι το συστατικό κλειδί για την διάσπαση των οξειδίων του αζώτου, εφόσον έχει την ικανότητα της σχεδόν ολοκληρωτικής διασπαστικής ρόφησης του NO, εμφανίζοντας έτσι ισχυρή δραστικότητα στις αντιδράσεις.



4. ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, που όπως έχει είδη αναφερθεί (παράγραφος 1.1.2 του 1^{ου} κεφαλαίου) αποτελούν στις μέρες μας το μεγαλύτερο πρόβλημα ρύπανσης της ατμόσφαιρας του πλανήτη με τις γνωστές επιπτώσεις σε παγκόσμια κλίμακα, όπως φαινόμενο θερμοκηπίου, καταστροφή στρατοσφαιρικού όζοντος, φωτοχημικό νέφος και λοιπά, αντιμετωπίζονται όμως με την τεχνολογία των Εμπορικών Τριοδικών ΚΜ. Οι εμπορικοί ΚΜ (Εικόνα 16) για να επιτύχουν την ταυτόχρονη μετατροπή των τριών βασικών ρύπων του αυτοκινήτου, μονοξείδιο του άνθρακα, οξειδία του αζώτου και άκαυστων υδρογονανθράκων, βασίζονται στην συνδυασμένη χρήση τριών πολύτιμων (ευγενών) μετάλλων, της πλατίνας, του παλλαδίου και του ροδίου. Η καλά εγκαθιδρυμένη αυτή τεχνολογία, όπως έχει δείξει η εμπειρία χρήσης τους για περισσότερα από 20 χρόνια, σχετίζεται με κάποια σημαντικά προβλήματα.

Το κόστος των εμπορικών τριοδικών ΚΜ κρίνεται σχετικά υψηλό. Εκτός των άλλων λεπτομερειών, το υψηλό τους κόστος είναι και επακόλουθο της αναπόφευκτης χρήσης του σπάνιου και ακριβού ροδίου στην σύνθεσή τους. Η χρήση του είναι απαραίτητη καθόσον είναι το στοιχείο κλειδί για την μετατροπή των οξειδίων του αζώτου, για την οποία τα άλλα ευγενή μέταλλα πλατίνα και παλλάδιο που περιέχει ο τριοδικός ΚΜ δεν είναι ικανά. Ο συνδυασμός των τριών αυτών ΠΜ στην σύνθεση του τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα σχετίζεται και με κάποια επιπρόσθετα προβλήματα.

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα είναι η δημιουργία συσσωματωμάτων (κραμάτων) κυρίως μεταξύ παλλαδίου και ροδίου λόγω των εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών (>800°C) που αναπτύσσονται στον ΚΜ κατά την διέλευση των θερμών καυσαερίων. Το φαινόμενο της συσσωμάτωσης των ΠΜ είναι υπεύθυνο για την μείωση της αποδοτικότητας τους ή ακόμα σε πολλές περιπτώσεις και για την αναστολή της λειτουργίας τους απενεργοποιώντας τελικά των ΚΜ.



Εικόνα 16: Καταλυτικός μετατροπέας

Οι τριοδικοί ΚΜ δεν είναι απόλυτα εκλεκτικοί στην μετατροπή των οξειδίων του αζώτου προς το αβλαβές άζωτο, εφόσον σημαντικό ποσοστό από αυτό μετατρέπεται στο μη επιθυμητό μονοξείδιο του αζώτου. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι ένα πολύ δραστικό μόριο στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην καταστροφή του όζοντος.

4.2 ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΜ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΠΜ [13] – [14]

4.2.2 Καινοτομίες τριοδικών ΚΜ

Έχουν αναπτυχθεί καινοτόμοι τριοδικοί ΚΜ, που βρίσκονται στο στάδιο της επίδειξης, οι οποίοι αντιπαρέχονται τα προβλήματα των σημερινών τριοδικών ΚΜ. Αυτοί οι ΚΜ είναι πολλαπλάσια ενεργότεροι των σημερινών και απόλυτα αποδοτικοί στην αναγωγή των οξειδίων του αζώτου ακόμα και με μικρότερη φόρτιση ευγενούς μετάλλου, γεγονός που τους κάνει πιο οικονομικούς. Ακόμα πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι είναι πολύ απλούστερης σύνθεσης. Περιέχουν ένα μόνο ευγενές μέταλλο, την πλατίνα, το οποίο όμως είναι κατάλληλα ενισχυμένο με αποτέλεσμα να εμφανίζει πολλαπλάσια ενεργότητα στις αντιδράσεις οξειδωσης του μονοξειδίου του άνθρακα και των υδρογονανθράκων αλλά και στις αντιδράσεις αναγωγής των οξειδίων του αζώτου. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι πλέον απαραίτητη η χρήση του σπάνιου και ακριβού ροδίου και έτσι έχουμε έναν ακόμη παράγοντα μείωσης του κόστους. Επίσης, το γεγονός της ύπαρξης ενός μόνο ευγενούς μετάλλου κάνει την διαδικασία ανακύκλωσής τους εξαιρετικά ευκολότερη έναντι αυτής των σημερινών ΚΜ.

4.2.3 Η εισαγωγή του χρυσού ως μέσο κατάλυσης στα συστήματα ΚΜ

Μια συμφωνία μεταξύ ενός φορέα που ελέγχει την παγκόσμια διακίνηση χρυσού και μιας μεγάλης βιομηχανίας αλλάζει τα δεδομένα στην αγορά των μετάλλων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ΚΜ αυτοκινήτων κι επισφραγίζει μια νέα τεχνολογία. Η Διεθνής Επιτροπή Χρυσού (World Gold Council), φορέας υπεύθυνος για τη ρύθμιση της διεθνούς ζήτησης σε χρυσό, και η βιομηχανία Nanostellar, η οποία ειδικεύεται στην ανάπτυξη τεχνολογιών και συστημάτων που ελέγχουν τις εκπομπές καυσαερίων των μηχανών εσωτερικής καύσης, προχώρησαν σε συμφωνία μακράς διάρκειας.

Η Διεθνής Επιτροπή Χρυσού επένδυσε κεφάλαιο στην εταιρία με σκοπό τη στήριξη της εισαγωγής μιας νέας τεχνολογίας στην αγορά, η οποία θα οδηγήσει σε αύξηση της βιομηχανικής ζήτησης χρυσού. Η Nanostellar ανακοίνωσε πρόσφατα ότι ανέπτυξε ένα νέο καταλύτη με χρυσό σε συνδυασμό με λευκόχρυσο και παλλάδιο. Το νέο προϊόν ονομάζεται NS Gold και μπορεί να συγκρατήσει τα επιβλαβή αέρια καύσης μέχρι και 40% περισσότερο από ότι οι κοινοί ΚΜ καθαρής πλατίνας που χρησιμοποιούνται σήμερα, το οποίο συνεπάγεται σημαντικά κέρδη για τις αυτοκινητοβιομηχανίες.

Το κύριο πλεονέκτημα του νέου προϊόντος είναι το σημαντικά μικρότερο κόστος κατασκευής, μιας και η τιμή αγοράς του λευκόχρυσου ανέρχεται περίπου στο διπλάσιο εκείνης του χρυσού. Το ενδεχόμενο της χρήσης χρυσού σε τέτοιες εφαρμογές είχε τεθεί εδώ και καιρό, αλλά οι τεχνικές δυσκολίες που αφορούσαν κυρίως την αντοχή των καταλυτών είχαν αποκλείσει το χρυσό από το κατασκευαστικό αυτό πεδίο. Η Nanostellar και άλλες βιομηχανίες παραγωγής υλικών κατασκευής ΚΜ εισήγαγαν τα τελευταία χρόνια το παλλάδιο, το οποίο μείωσε σημαντικά το κόστος των ΚΜ, μιας και η πλατίνα είναι τέσσερις φορές ακριβότερη.

Εκπρόσωπος της Διεθνούς Επιτροπής Χρυσού δήλωσε ότι έγινε σειρά δοκιμών από ανεξάρτητο φορέα και τα αποτελέσματα πιστοποιούν ότι, αν η νέα τεχνολογία γίνει δεκτή από την αγορά, θα οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της βιομηχανικής ζήτησης σε χρυσό, η οποία το 2006 ανήλθε σε 458 t.

4.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΜ [7]

Η επιστήμη της Περιβαλλοντικής κατάλυσης δραστηριοποιείται με ενδιαφέρον στην ανάπτυξη νέων ΚΜ που θα έχουν ενισχυμένη απόδοση. Οι προσπάθειες εντοπίζονται κυρίως στις παρακάτω κατευθύνσεις:

α) Στην ενίσχυση των καταλυτικών ιδιοτήτων των ευγενών μετάλλων, σε αντιδράσεις που λαβαίνουν μέρος στον ΚΜ, με την χρήση ενεργών φορέων.

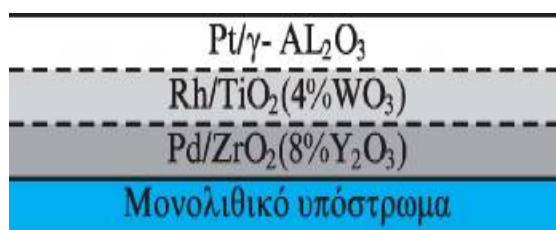
β) Στην ενίσχυση των καταλυτικών ιδιοτήτων των ευγενών μετάλλων με την χρήση προωθητών.

γ) Χρήση προσθέτων ουσιών στην ενδιάμεση επίστρωση που επαυξάνουν την ενεργότητα, αντοχή και εκλεκτικότητα των ευγενών μετάλλων.

δ) Ανεύρεση εντελώς νέων ΚΜ.

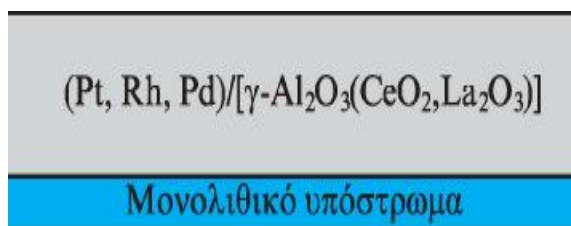
Οι ενεργοί φορείς που χρησιμοποιούνται στην ετερογενή κατάλυση για την διασπορά των ενεργών φάσεων των καταλυτών αλληλεπιδρούν με αυτούς (αλλαγές στην ενεργότητα, εκλεκτικότητα). Σε μία μελέτη της επίδρασης διαφόρων κοινών φορέων επί των καταλυτικών ιδιοτήτων των μετάλλων πλατίνας, παλλαδίου και ροδίου παρατηρήθηκαν έντονες αυξήσεις των ρυθμών και της εκλεκτικότητας από ορισμένους φορείς.

Έτσι σχεδιάστηκε ένας Προηγμένης Τεχνολογίας ΚΜ Αυτοκινήτων (ΠΤ-ΚΜΑ) (Εικόνα 17) που είναι σημαντικά φθηνότερος και αποτελεσματικότερος έναντι των εμπορικών (Εικόνα 18).



Εικόνα 17: Δομή και διάταξη Προηγμένης Τεχνολογίας ΚΜ Αυτοκινήτων

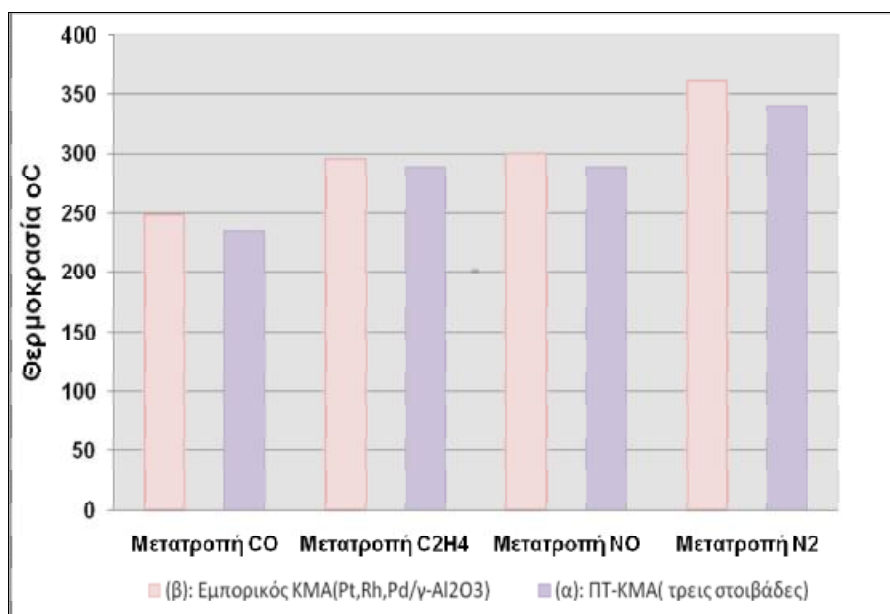
Η τοποθέτηση του ενεργού στρώματος Pt/ γ -Al₂O₃ στην εξώτατη στοιβάδα προστατεύει τα ευαίσθητα σε δηλητηρίαση μέταλλα ρόδιο και παλλάδιο που αποτελούν τα κατώτερα στρώματα στον ΠΤ-ΚΜΑ.



Εικόνα 18: Δομή και διάταξη υλικών Εμπορικού ΚΜ Αυτοκινήτων

Ο ΚΜ του εμπορίου υφίσταται με την χρήση του μια σημαντική πτώση ενεργότητας οφειλόμενη σε σύντηξη των ενεργών φάσεων των μετάλλων που βρίσκονται σε επαφή, αντίθετα ο ΠΤ-ΚΜΑ δεν υπόκειται σε τέτοια φαινόμενα εφόσον τα πολύτιμα (ευγενή) μέταλλα βρίσκονται σε σαφώς διαχωρισμένα στρώματα.

Όπως γίνεται φανερό από το Γράφημα 5 η μειωμένη ενεργότητα του εμπορικού ΚΜ έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση μεγαλύτερων θερμοκρασιών έναυσης για την επίτευξη των αντιδράσεων μετατροπής των αέριων ρύπων έναντι του ΠΤ-ΚΜΑ. Η ενίσχυση (>10 φορές) των καταλυτικών ιδιοτήτων των μετάλλων πλατίνας, παλλαδίου και ροδίου από τους ενεργούς φορείς στους οποίους υποστηρίζονται, επιτρέπει την σημαντική μείωση του φορτίου τους. Τέλος ο ΠΤ-ΚΜΑ έχει μια καινοτομία στον σχεδιασμό του. Το μεταλλικό κάνιστρο που τοποθετείται είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται με ευκολία η αντικατάσταση του περιεχομένου του.



Γράφημα 5: Τυπική συμπεριφορά εμπορικού και προηγμένης τεχνολογίας ΚΜ. Σύγκριση των θερμοκρασιών έναυσης.

4.4 ΠΜ ΚΑΙ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟΥΣ ΚΜ [15]

Η χρήση της νανοτεχνολογίας είναι πλέον γεγονός στην κατασκευή των ΚΜ, και όπως είναι φυσικό έχει πολλαπλά οφέλη. Έχει επιτευχθεί σημαντική μείωση της περιεκτικότητας των ΠΜ αλλά και της παράτασης διάρκειας ζωής των ΚΜ. Οι πιο πολλές από αυτές τις νέες τεχνολογίες βρίσκονται ένα βήμα πριν εφαρμοστούν μαζικά στην παραγωγή. Παρακάτω παρατίθενται μερικές πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στους ΚΜ. Σε αυτό το σημείο αξίζει να τονίσουμε ότι οι πρωτοπόροι σε αυτόν τον τομέα είναι κυρίως οι Ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η Daihatsu, η Nissan και η Mazda.

«Έξυπνος» ΚΜ Daihatsu

Ο ΚΜ είναι αυτός που αναλαμβάνει να μειώσει τις ποσότητες των ρύπων με τη βοήθεια χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του, και συγκεκριμένα στην επιφάνεια ΠΜ, όπως το παλλάδιο και η πλατίνα (λευκόχρυσος) που βρίσκονται εκεί με τη μορφή μικροσωματιδίων. Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των μικροσωματιδίων, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των μετάλλων που έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια και τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το «καθάρισμα» που επιτυγχάνει ο ΚΜ. Ο ΚΜ είναι τοποθετημένος κάτω από τη μηχανή του αυτοκινήτου και είναι φυσικά εκτεθειμένος στις εξαιρετικά ψηλές θερμοκρασίες που έχουν τα καυσαέρια καθώς βγαίνουν από τους θαλάμους καύσης. Η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει υπό συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας, ακόμα και τους 1.000 βαθμούς Κελσίου.

Όμως τα ΠΜ, όπως το παλλάδιο, γίνονται ευπαθή σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών και ενώνονται με άλλα σωματίδια που βρίσκονται κοντά τους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων σωματιδίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της καθαριστικής τους δράσης, με το πέρασμα του χρόνου.

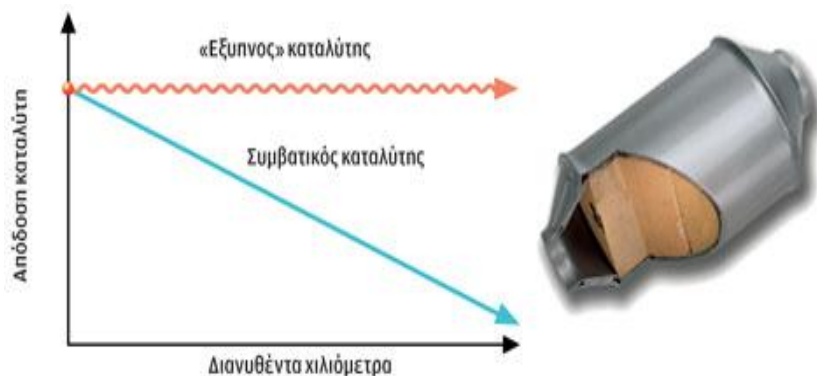
Προκειμένου να αντισταθμιστεί αυτή η μείωση της καταλυτικής δράσης, οι ΚΜ περιέχουν σχετικά μεγάλες ποσότητες ΠΜ. Καθώς δε οι προδιαγραφές εκπομπής καυσαερίων γίνονται διαρκώς αυστηρότερες, έχει αυξηθεί παγκοσμίως και η κατανάλωση ΠΜ, τα οποία χρησιμοποιούνται επίσης και σε άλλους, ευρύτερους τομείς, όπως η βιομηχανία ηλεκτρονικών και η χημική βιομηχανία. Χρησιμοποιούνται για παράδειγμα στην οδοντιατρική. Επειδή, λοιπόν, τα ΠΜ είναι ακριβά και η διαθεσιμότητά τους περιορισμένη, η μείωση της κατανάλωσής τους στο χώρο του αυτοκινήτου είναι επιβεβλημένη.

Για να ανταποκριθεί σε αυτή την απαίτηση, γνωστή Ιαπωνική βιομηχανία αυτοκινήτων, σε συνεργασία με οργανισμούς όπως η Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας της Ιαπωνίας, διεξήγαγε έρευνες που απώτερο στόχο τους είχαν την εξεύρεση ενός τρόπου αποτροπής του φαινομένου που είναι γνωστό ως «διόγκωση σωματιδίων».

Τελικά, η εταιρεία κατάφερε να αναπτύξει μία μέθοδο νανοτεχνολογίας, με την οποία τα ΠΜ ιονίζονται, σε ατομικό επίπεδο, μέσα σε κεραμικούς κρυστάλλους, τύπου περοβσκίτη (ορυκτό τιτανίου).

Σύμφωνα με τα μέχρι τότε δεδομένα, η μέθοδος αυτή δεν θα είχε αποτέλεσμα και δεν θα μπορούσε να αποτρέψει τη μείωση της απόδοσης των ΚΜ. Ωστόσο, συνέβη κάτι ιδιαίτερα ενδιαφέρον. Ταυτόχρονα με την κυκλική αλλαγή των συστατικών των καυσαερίων, τα ιόντα των μετάλλων έμπαιναν στους κεραμικούς κρυστάλλους και έβγαιναν από αυτούς κατ' επανάληψη, σαν να είχαν νοημοσύνη, ενώ παράλληλα δεν μεγεθύνονταν.

Η λειτουργία αυτοαναγέννησης έδωσε τη δυνατότητα να διατηρηθεί η αρχική καταλυτική απόδοση και επέτρεψε μία σημαντική μείωση της κατανάλωσης και των τριών ευπαθών, σπανίων και ΠΜ: του παλλάδιου, του ρόδιου και του λευκόχρυσου. (Εικόνα 19)



Εικόνα 19: «Εξυπνος» Καταλυτικός Μετατροπέας Daihatsu

ΚΜ και νανοτεχνολογία

Εξ 'αιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε ΠΜ οι ΚΜ καθίστανται πλέον «πολύτιμοι». Γι αυτό τον λόγο οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσπαθούν να ερευνήσουν μεθόδους οι οποίες θα μειώσουν την περιεκτικότητα των ΠΜ χωρίς όμως να επηρεαστεί η λειτουργία και η απόδοση των ΚΜ.

Σημαντικό ρόλο σε αυτήν την προσπάθεια κατέχει πλέον η νανοτεχνολογία. Η Mazda έχει αναπτύξει έναν ΚΜ ο οποίος έχει περίπου 70 με 90% λιγότερο ποσοστό ΠΜ στην σύνθεσή του! Παρά την πρωτοφανή μείωση της περιεκτικότητας των μετάλλων η απόδοσή του δεν έχει επηρεαστεί στο ελάχιστο!

Στο παρελθόν τα σωματίδια ΠΜ έρχονταν σε επαφή με το βασικό υλικό και εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών μειωνόταν σημαντικά η επιφάνεια τους. Κατ επέκταση μειωνόταν σταδιακά και η απόδοση του ΚΜ. Λόγω λοιπόν της μείωσης της επιφάνειας οι κατασκευαστές αναγκάζονταν να χρησιμοποιούν μεγαλύτερες ποσότητες μετάλλων κάτι το οποίο είναι οικονομικά ανέφικτο. Τώρα όμως οι επιστήμονες εφάρμοσαν μια νέα μέθοδο σύμφωνα με την οποία τοποθετούν σωματίδια με διάμετρο 5 νανόμετρα!

Έτσι τα πολύ μικρά πλέον σωματίδια ενσωματώνονται στο βασικό υλικό χωρίς όμως να επηρεάζεται η επιφάνεια τους κατά την λειτουργία του ΚΜ. Με αυτόν τον τρόπο παρατείνεται η διάρκεια ζωής του ΚΜ και χρησιμοποιείται μικρότερη ποσότητα ΠΜ. Προς αυτήν την κατεύθυνση κινείται και η Nissan.

Αυτή η νέα καινοτομία δεν έχει εφαρμοσθεί ακόμα μαζικά όμως έχουν σημειωθεί σημαντικά βήματα προόδου προς αυτήν την κατεύθυνση.

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΜ

5.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΜ ΣΤΟΥΣ ΚΜ [16]

Οι ΚΜ προβληματίζουν τους επιστήμονες σε ότι αφορά τις πιθανές επιπτώσεις τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Η τεχνολογία, που ομολογουμένως έχει συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση των προβλημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, πιθανότατα να μην είναι τόσο αθώα για τον άνθρωπο, αφού έρευνες έδειξαν ότι τα εκπεμπόμενα μέταλλα λευκόχρυσου, που αποτελούν την βάση κατασκευής των ΚΜ, εισέρχονται μέσω της τροφικής αλυσίδας στον οργανισμό, προκαλώντας βλάβες στα επιθηλιακά κύτταρα των πνευμόνων, ενώ έχουν καταγραφεί βλάβες και στο DNA. Όπως προκύπτει από έρευνες, η αύξηση των καταλυτικών αυτοκινήτων την τελευταία 25ετία έχει συμβάλει μέσω των εκπεμπόμενων μετάλλων της ομάδας του λευκόχρυσου στη ρύπανση των εδαφών, του αέρα και των φυτών, που βρίσκονται παραπλεύρως των οδών υψηλής κυκλοφορίας.

Πειράματα έδειξαν ότι τα άλατα της πλατίνας, του παλλαδίου και του ροδίου είναι ιδιαίτερος τοξικά, ενώ, ειδικότερα, το παλλάδιο και το ρόδιο θεωρούνται καρκινογόνα. Κάποιες ενώσεις λευκόχρυσου είναι ιδιαίτερος ισχυρές και μπορεί να προκαλέσουν εμφάνιση άσθματος, ρινοεπιπεφυκίτιδας ή ηπιότερα συμπτώματα, κνίδωση φακών επαφής, σε εργαζομένους στην κατασκευή ΚΜ και στην επεξεργασία ΠΜ.

Μία ακόμη σοβαρή επίπτωση είναι το εξαιρετικά λεπτό στρώμα οσμίου (Εικόνα 20) με το οποίο έχει καλυφθεί ο πλανήτης όπως αποκαλύπτουν οι ερευνητές εξ αιτίας των εξατμίσεων των καταλυτικών αυτοκινήτων. Η ολοένα αυξανόμενη χρήση των ΚΜ έχει εξαπλώσει σε μεγάλο ποσοστό το όσμιο παγκοσμίως. Το όσμιο είναι ένα μεταλλικό χημικό στοιχείο που ανήκει στην ομάδα μετάλλων του λευκόχρυσου και είναι από τα σκληρότερα στοιχεία που βρίσκονται στη φύση. Έχει υψηλή τοξικότητα, είναι το πλέον δύστηκτο μέταλλο της ομάδας του και προσβάλλει τους πνεύμονες, το δέρμα και τους οφθαλμούς ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις



Εικόνα 20: Λεπτό στρώμα οσμίου

Αν και προς το παρόν δεν προκύπτουν λόγοι ανησυχίας επειδή η ποσότητα οσμίου είναι ελάχιστη, ορισμένοι επιστήμονες ανησυχούν για τα αυξανόμενα επίπεδα μετάλλων της ομάδας του λευκόχρυσου και τονίζουν ότι θα χρειαστεί μια εκτενέστερη παρακολούθηση. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι ακόμα και αν δεν αποδειχθεί ότι υπάρχει πρόβλημα, οι μετρήσεις των επιπέδων των μετάλλων της ομάδας του λευκόχρυσου, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ανιχνευτές ρύπων για τη μελέτη περιβαλλοντικών διαδικασιών, όπως τα ωκεάνια ρεύματα.

5.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΜ ΣΤΟΥΣ ΚΜ [16]

Από το 1970 τοποθετήθηκαν σε πολλά αυτοκίνητα ΚΜ για να κρατήσουν τα οξειδία του αζώτου και το μονοξείδιο του άνθρακα μακριά από την ατμόσφαιρα. Οι ΚΜ δημιούργησαν όμως, αυξημένη ζήτηση της πλατίνας, η οποία έχει τις δικές της περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η τήξη της πλατίνας μπορεί να απελευθερώσει στην ατμόσφαιρα μέταλλα όπως το όσμιο.

Τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου απελευθερώνονται στη ατμόσφαιρα από τους ΚΜ κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα, τα εν λόγω μέταλλα μπορούν να διαλυθούν στο νερό και να απορροφηθούν πιο εύκολα από ότι είχε εκτιμηθεί στο παρελθόν, από τα φυτά, τα ζώα και το έδαφος.

Οι ρύποι επίσης των καταλυτικών αυτοκινήτων βρίσκονται ήδη γύρω μας, σε αυξημένες μάλιστα συγκεντρώσεις σε σχέση με το εξωτερικό, αποκαλύπτοντας τα προβλήματα που υπάρχουν στη συντήρηση και στην αλλαγή των καταλυτών. Έρευνες που πραγματοποίησαν δύο λέκτορες του Εργαστηρίου Οικολογίας και Προστασίας του Περιβάλλοντος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου ανίχνευσαν στο χώμα και σε φυτά δίπλα σε λεωφόρους της Αθήνας αξιόλογες συγκεντρώσεις μετάλλων που προέρχονται από τους ΚΜ.

Τα καυσαέρια επίσης διαβρώνουν τις επιφάνειες των καταλυτών, απελευθερώνοντας τα μέταλλα αυτά στην ατμόσφαιρα. Η διασπορά τους με τη βοήθεια του αέρα και του νερού είναι μεγάλη, ενώ έχει παρατηρηθεί ακόμα και όξινη βροχή με τα στοιχεία αυτά! Όσο μεγαλύτερη είναι η χρήση και η φθορά των ΚΜ προφανώς τόσο μεγαλύτερη είναι και η διασπορά των συγκεκριμένων μετάλλων.

5.3 ΣΥΜΒΟΛΗ ΠΜ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΟΣ ΚΜ [11]–[17]

Στους ΚΜ όπως είναι γνωστό συναντώνται τρία είδη ΠΜ, η πλατίνα, το ρόδιο και το παλλάδιο. Η συγκέντρωσή τους σε έναν τυπικό ΚΜ επιβατικού αυτοκινήτου με κινητήρα βενζίνης ανέρχεται σε περίπου 3 γραμμάρια και για τα τρία μέταλλα. Αν και πρόκειται για μια πολύ μικρή ποσότητα το κόστος είναι πολύ μεγάλο και είναι απόλυτα λογικό αν αναλογιστεί κανείς τη σπανιότητά τους καθώς και τα εξαιρετικά λιγοστά αποθέματά τους στην φύση. (Πίνακας 5)

Από τα τρία αυτά ΠΜ το παλλάδιο κατέχει το μικρότερο ποσοστό με περίπου 0,375 γραμμάρια. Φέρει επίσης την μικρότερη τιμή εκ των τριών, η οποία ανέρχεται – σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες ενημερώσεις- στα 14.000 ευρώ ανά κιλό καθαρού επεξεργασμένου μετάλλου έτοιμο για χρήση. Σύμφωνα με αυτήν την αναλογία προκύπτει ότι για 0,375 γραμμάρια αντιστοιχούν 5,25 ευρώ. Στην επόμενη θέση με το μεγαλύτερο ποσοστό συγκέντρωσης απαντάται η πλατίνα. Το ποσοστό συγκέντρωσης της πλατίνας ισούται περίπου με 0,75 γραμμάρια, με την τιμή της να αγγίζει τα 42.000 ευρώ ανά κιλό. Άρα για 0,75 γραμμάρια πλατίνας απαιτούνται 31,5 ευρώ. Το πιο ακριβό ΠΜ αναδεικνύεται το ρόδιο κατέχοντας και την πρώτη θέση στην αναλογία συγκέντρωσης με 1,875 γραμμάρια και τιμή να φθάνει τα 70.000 ευρώ ανά κιλό. Με αυτά τα δεδομένα προκύπτει ότι το ρόδιο σε έναν ΚΜ κοστίζει περίπου 131,25 ευρώ! Άρα τα τρία γραμμάρια ΠΜ κοστίζουν μαζί σχεδόν 170 ευρώ. Όμως εννοείται πως αυτή η τιμή δεν είναι η πραγματική και αυτή που αντιστοιχεί στο κόστος κατασκευής ΚΜ.

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες και οι μεγάλες εταιρείες κατασκευής ΚΜ αγοράζουν τα πολύτιμα μέταλλα σε μικρότερες τιμές καθώς προμηθεύονται ΠΜ σε πολύ μεγάλες ποσότητες προς μαζική παραγωγή ΚΜ. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως το κόστος αγοράς ενός τυπικού ΚΜ κυμαίνεται από 250 έως 400 ευρώ. Όπως γίνεται αντιληπτό δεν μπορούν τα ΠΜ να κατέχουν τόσο μεγάλο ποσοστό κόστους, όπως τα 170 ευρώ που προαναφέρθηκε. Κλείνοντας μπορεί να αναφερθεί ότι η συνολική ποσότητα των ΠΜ ενός ΚΜ αντιστοιχεί στο 0,15% του συνολικού βάρους του.

Βάσει των ανωτέρω τα ΠΜ απαντώνται σε έναν ΚΜ με τις ακόλουθες αναλογίες: πλατίνα – ρόδιο 5:1 και πλατίνα παλλάδιο 2,5:1.

Πίνακας 5: Κόστος ΠΜ

α/α		Βάρος (gram)	Κόστος (€/kg)	Κόστος (€/Μετ.)
1	Παλλάδιο	0,375	14.000	5,25
2	Πλατίνα	0,75	42.000	31,5
3	Ρόδιο	1,875	70.000	131,25

5.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΜ

Σε ότι αφορά την χρήση των ΠΜ στους ΚΜ κατά την λειτουργία του αυτοκινήτου δεν υπάρχει κάποιο οικονομικό όφελος. Πρέπει όμως ο ΚΜ να ελέγχεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα για τυχόν φθορές και δυσλειτουργίες (καθώς βρίσκεται εκτεθειμένος) γιατί οποιαδήποτε βλάβη θα σημαίνει και σημαντική χρηματική επιβάρυνση για την αντικατάσταση του.

Επίσης σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε ότι η χρησιμοποίηση των τριών αυτών ΠΜ στους ΚΜ έχει επικρατήσει εδώ και πολλές δεκαετίες ως η μόνη λύση στην αντιμετώπιση των βλαβερών ουσιών για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως το κόστος και το κέρδος από την χρήση τους περνούν σε δεύτερη φάση αφού η αναγκαιότητα τους στην κατάλυση είναι επιβεβλημένη.

ΜΕΡΟΣ Β

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

6.1 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ [2]

Η μελέτη της ΑΚΖ αποτελεί ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό τη συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου και εξόδου των ενεργειακών ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας του προϊόντος ή του συστήματος εξυπηρέτησης κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής.

Είναι ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σαν στόχο έχει να αποτιμήσει τις επιπτώσεις από την χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.

Το πολύ ισχυρό αυτό εργαλείο μπορεί να συμβάλλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων, να βοηθήσει τους κατασκευαστές να αναλύσουν τις διεργασίες τους και να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης και να διευκολύνει τους καταναλωτές παρέχοντάς τους τις πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

Η ΑΚΖ ως εργαλείο αναπτύχθηκε ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία. Στην Ευρώπη η ανάπτυξή της συνδυάστηκε με την εξάπλωση της οικολογικής σήμανσης (Κανονισμός ΕΟΚ 880/92): Η θέσπιση κριτηρίων για την απονομή οικολογικού σήματος σε ένα προϊόν προϋποθέτει την διενέργεια ΑΚΖ του προϊόντος. Μέχρι σήμερα το Ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα έχει απονεμηθεί σε 192 προϊόντα. Σε διεθνές επίπεδο αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη εξάπλωση της ΑΚΖ μέσω της ένταξής της στη σειρά προτύπων ISO 14000. Το ISO 14040 είναι το πρότυπο που αναφέρεται στην ΑΚΖ ως εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και αναπτύσσεται ιδιαίτερα τον τελευταίο καιρό σε παγκόσμια κλίμακα.

6.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ [1]

Η ΑΚΖ ξεκινά στη δεκαετία του 1960. Η ανησυχία επί της πεπερασμένης ποσότητας των πρώτων υλών και των ενεργειακών αποθεμάτων αποτέλεσε την αφετηρία για την εύρεση μεθόδων αθροιστικού υπολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας και για τη μελέτη αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Ο Harold Smith, σε μία από τις πρώτες σχετικές έρευνες, υπολόγισε τη συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κατά την παραγωγή χημικών προϊόντων (και ενδιάμεσων). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής παρουσιάστηκαν το 1963 στο Παγκόσμιο Συνέδριο Ενέργειας (World Energy Conference). Λίγο αργότερα, μελέτες παγκόσμιας κλίμακας που προέβλεπαν της επίδραση της αύξησης του πληθυσμού της γης στη ζήτηση πρώτων υλών και πηγών ενέργειας δημοσιεύθηκαν στο «The Limits of Growth» και στο «A Blueprint of Survival». Οι προβλέψεις, λοιπόν, των ανωτέρω μελετών για γρήγορη μείωση των ορυκτών καυσίμων και αλλαγή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη υπέδειξαν την ανάγκη για περισσότερο λεπτομερείς και ακριβείς υπολογισμούς των ενεργειακών απαιτήσεων των βιομηχανικών διεργασιών αλλά και των αποβλήτων που οι τελευταίες παράγουν. Κατά την περίοδο αυτή, πραγματοποιήθηκαν δώδεκα περίπου μελέτες με στόχο την εκτίμηση του κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφόρων πηγών ενέργειας.

Το 1969 πραγματοποιήθηκε μία μελέτη από την εταιρεία Coca-Cola που θεωρήθηκε ως ο πρόδρομος των σύγχρονων μεθόδων ΑΚΖ. Η εν λόγω εταιρεία ανέθεσε στο «Midwest Research Institute» τη διεξαγωγή έρευνας σχετικής με την τυποποίηση των προϊόντων της. Η έρευνα επιδίωξε την εύρεση νέων υλικών εμφιάλωσης, των οποίων η χρήση θα οδηγούσε στη μείωση των ενεργειακών απωλειών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και την αξιολόγηση των υλικών που ήδη χρησιμοποιούνταν. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, και άλλες εταιρείες, τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ, πραγματοποίησαν παρόμοιες μελέτες. Αξίζει να σημειωθεί πως τα πορίσματα των συγκεκριμένων ερευνών δεν δημοσιεύθηκαν εν αντιθέσει με αντίστοιχες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από κρατικούς ή δημόσιους φορείς.

Η μέθοδος ποσοτικοποίησης της χρήσης Φυσικών Υλικών Πόρων και πηγών ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή προϊόντων, όπως αυτή εφαρμόστηκε στις ΗΠΑ, έγινε γνωστή ως REPA (Resource and Environmental Analysis). Στην Ευρώπη οι αντίστοιχες έρευνες έγιναν γνωστές ως έρευνες οικολογικού ισοζυγίου (Ecobalances). Από το 1970 έως το 1975 πραγματοποιήθηκαν περίπου 15 εργασίες βάσει της μεθόδου REPA. Κατά την περίοδο αυτή έγιναν και οι πρώτες προσπάθειες τυποποίησης της μεθοδολογίας των εν λόγω μελετών. Στην εξέλιξη των μεθοδολογιών αυτών συνεισέφεραν η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA – Environmental Protection Agency) και μερικοί σημαντικοί εκπρόσωποι της βιομηχανίας.

Αξίζει να αναφερθεί η προσπάθεια του I. Boustead, ο οποίος εν έτη 1972 (στο Ηνωμένο Βασίλειο) υπολόγισε τη συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κατά την παραγωγή διαφόρων συσκευασιών υγρών τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων συσκευασιών από γυαλί, πλαστικό, αλουμίνιο και χάλυβα. Τα επόμενα έτη, ο Boustead βελτίωσε τη μεθοδολογία του με στόχο να μπορεί να εφαρμοστεί και σε ποικίλα άλλα υλικά, και το 1979 εξέδωσε το “ Handbook of Industrial Energy Analysis”.

Το ίδιο έτος, ιδρύθηκε η Εταιρεία Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (SETAC Society for Environmental Toxicology and Chemistry). Μεταξύ των στόχων αυτής είναι η ανάπτυξη της μεθοδολογίας της Α.Κ.Ζ. Το ίδιο έτος οι Boustead και

Hancock δημοσίευσαν μία μελέτη στην οποία περιγράφεται μία μεθοδολογία ενεργειακής ανάλυσης, στην οποία καθορίστηκαν κριτήρια που η αξιοποίησή τους διευκολύνει την περιβαλλοντική σύγκριση διαφορετικών ενεργειακών πηγών.

Είναι ευνόητο πως η ανάπτυξη της ΑΚΖ συμβάδιζε με την κλιμάκωση της πετρελαϊκής κρίσης. Από τις αρχές της δεκαετίας '80, το ενδιαφέρον για την ΑΚΖ έπεφτε σταδιακά λόγω της εξασθένησης της επίδρασης που ασκούσε η ενεργειακή κρίση. Το ανωτέρω φαινόμενο ήταν περισσότερο εμφανές στις ΗΠΑ και λιγότερο στην Ευρώπη. Αυτό οφειλόταν, κυρίως, στην ίδρυση της Περιβαλλοντικής διεύθυνσης (Environmental Directorate) από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το έτος 1985 η διεύθυνση αυτή εξέδωσε Οδηγία για τις Συσκευασίες Υγρών Τροφίμων (Liquid Food Container Directive), με αποτέλεσμα την πραγματοποίηση μελετών που εστίαζαν κυρίως στην κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών κατά την παραγωγή των συσκευασιών αλλά και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επέρχονταν από την απόρριψή τους στο περιβάλλον.

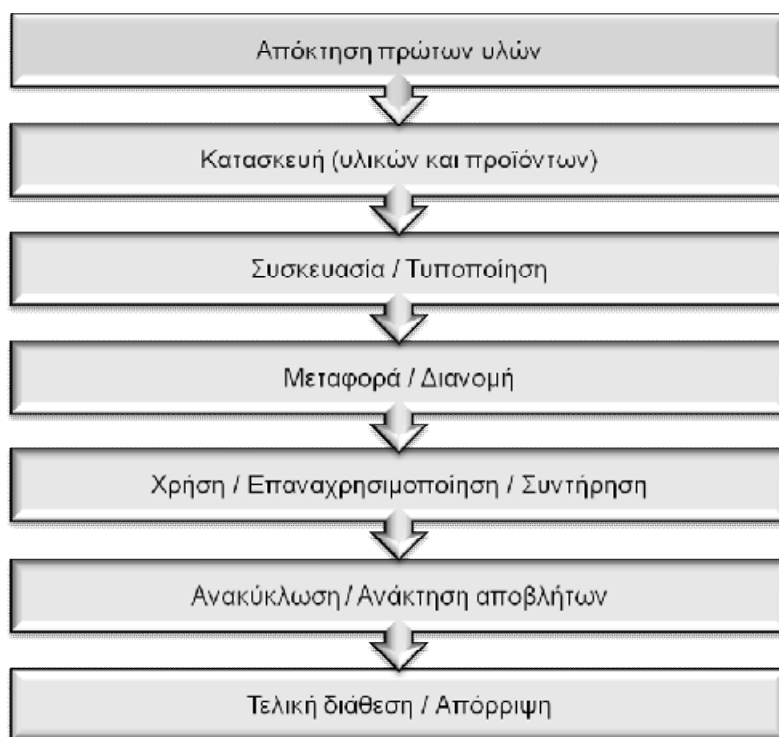
Προς τα τέλη της δεκαετίας του '80, όταν το ενδιαφέρον για τα προβλήματα διάθεσης των αστικών απορριμμάτων άρχισε να γίνεται ιδιαίτερα έντονο, η ΑΚΖ ανέκυψε πάλι ως μέθοδος προσέγγισης και ανάλυσης περιβαλλοντικών ζητημάτων τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη. Αξίζει να σημειωθεί πως εκείνη την περίοδο άρχιζε να αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό η ανακύκλωση των συσκευασιών.

Το 1990 μια ΑΚΖ που διεξήχθη από τον Arthur D. Little αναφορικά με τις βρεφικές πάνες και χρηματοδοτήθηκε από την Procter & Gamble, αποτέλεσε ορόσημο στις σχετικές μελέτες. Η έρευνα έδειξε ότι οι πάνες μιας χρήσεως δεν ήταν τελικά τόσο επιβλαβείς για το περιβάλλον συγκριτικά με τις παραδοσιακές πάνες από ύφασμα. Μέχρι εκείνη τη στιγμή το κοινό διατηρούσε την αντίληψη ότι οι πάνες μιας χρήσης καταλάμβαναν πολύ χώρο από τις χωματερές όπου αυτές απορρίπτονταν και ως εκ τούτου ήταν περιβαλλοντικά πιο επιβλαβείς από τις υφασμάτινες. Όμως η σχετική μελέτη έδειξε ότι οι πάνες μιας χρήσεως παράγουν 90 φορές περισσότερα στερεά απορρίμματα (περίπου το 2% των συνολικών αστικών απορριμμάτων), ενώ οι υφασμάτινες παράγουν 10 φορές περισσότερα υγρά απόβλητα και καταναλώνουν τριπλάσια ενέργεια.

Επίσης, το 1991 οι υπόνοιες και η ανησυχία πως η ΑΚΖ χρησιμοποιείται ως μέσο προώθησης προϊόντων οδήγησαν τις δικαστικές αρχές των ΗΠΑ να καταδικάσουν τη χρήση ΑΚΖ ως εργαλείο marketing ωστόσο αναπτυχθούν κοινές μεθοδολογίες και κοινά εργαλεία αξιολόγησης. Αυτή η δράση, σε συνδυασμό με πιέσεις περιβαλλοντικών οργανώσεων, οδήγησε στην ανάπτυξη προτύπων ΑΚΖ από διεθνείς οργανισμούς όπως η SETAC και ο ISO.

6.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ [1]

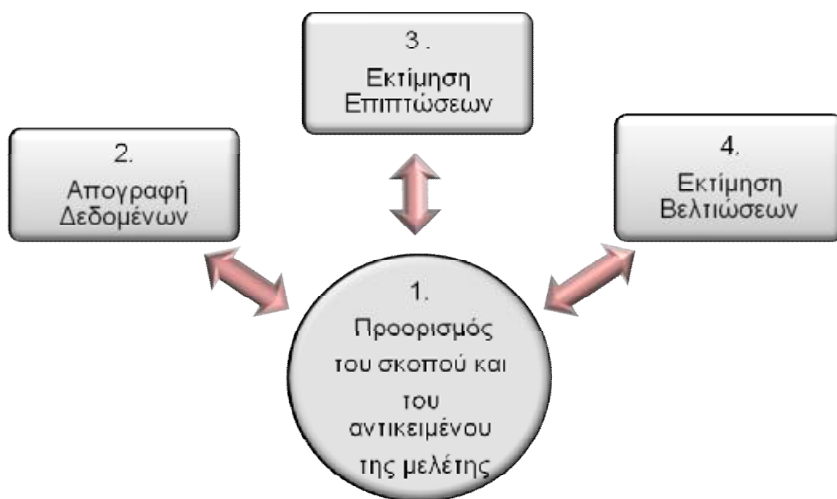
Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος από την αρχή της δημιουργίας του έως το τέλος της ζωής του και αποτελείται από τα παρακάτω στάδια: απόκτηση πρώτων υλών, κατασκευή, συσκευασία / τυποποίηση, μεταφορά / διανομή, χρήση / επαναχρησιμοποίηση / συντήρηση, ανακύκλωση / ανάκτηση αποβλήτων και τελική διάθεση / απόρριψη. (Εικόνα 21)



Εικόνα 21: Τα στάδια του κύκλου ζωής

Το πλαίσιο μεθοδολογίας της ΑΚΖ το οποίο προτείνει SETAC (Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry) αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια (Εικόνα 22):

1. Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης
2. Απογραφή δεδομένων
3. Εκτίμηση επιπτώσεων
4. Εκτίμηση βελτιώσεων



Εικόνα 22: Τα στάδια της μεθοδολογίας κατά SETAC

6.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑ SETAC [1]

Η ΑΚΖ είναι μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από τη χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων. Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας, εξαγωγή και επεξεργασία πρώτων υλών, κατασκευή, μεταφορά και διανομή, χρήση, επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση, ανακύκλωση και τελική απόρριψη.

6.4.2 Συνοπτική αναφορά των τεσσάρων βασικών σταδίων της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Στο πρώτο στάδιο προσδιορίζεται ο σκοπός της μελέτης, η λειτουργική μονάδα αυτής και η διαδικασία για την εξασφάλιση της άρτιας πραγμάτωσης της μελέτης. Επίσης, καθορίζονται τα όρια του μελετηθέντος συστήματος και οι παραδοχές που θα ληφθούν υπόψη. Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που απαιτούνται για την υποστήριξη των ακόλουθων σταδίων θα πρέπει να εντοπιστούν κατά το εν λόγω στάδιο. Παραδείγματος χάρη, θα πρέπει σ' αυτό το στάδιο να καθοριστούν οι κατηγορίες επιπτώσεων, ούτως ώστε η συλλογή δεδομένων να είναι συμβατή με τις ανάγκες του σταδίου ανάλυσης επιπτώσεων. Σημειώνεται, ακόμη, πως όσο αναπτύσσεται η ΑΚΖ τόσο αναδεικνύεται η σημαίνουσα αξία του σταδίου αυτού.

Ακολουθεί το στάδιο της απογραφής δεδομένων του κύκλου ζωής. Στο στάδιο αυτό ποσοτικοποιούνται η χρήση πρώτων υλών, η χρήση ενέργειας και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του μελετηθέντος συστήματος. Δηλαδή, ποσοτικοποιούνται όλες οι ροές (ύλης, ενέργειας) που εισέρχονται και εξέρχονται από το σύστημα μελέτης. Παραδείγματος χάρη, για τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, η ανάλυση λαμβάνει υπόψη όλα τα στάδια του κύκλου ζωής κάθε συστατικού του μελετηθέντος προϊόντος. Σ' αυτά περιλαμβάνονται η απόκτηση και η χρήση πρώτων υλών, συμπεριλαμβανομένων και των ενεργειακών πηγών, οι διεργασίες μετατροπής των πρώτων υλών σε χρήσιμα υλικά, η παραγωγή και η μεταποίηση των προϊόντων που προέρχονται από τα προαναφερθέντα υλικά, η μεταφορά των υλικών διαμέσου των επιμέρους διεργασιών, η παραγωγή του μελετηθέντος προϊόντος, η διανομή και η χρήση αυτού και η τελική απόθεσή του (συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης, της καύσης ή της ταφής αυτού).

Η απογραφή δεδομένων κύκλου ζωής πραγματοποιείται στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη για περισσότερα από 30 χρόνια. Ως εκ τούτου η βασική μεθοδολογία αυτής είναι πια ευρέως αποδεκτή. Το συγκεκριμένο στάδιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς αποτελεί τη βάση για τη διενέργεια οιασδήποτε ποσοτικοποιημένης ανάλυσης επιπτώσεων. Εφόσον δε δύναται η πραγματοποίηση του σταδίου της ανάλυσης επιπτώσεων, τότε τα αποτελέσματα της απογραφικής τεχνικής της ΑΚΖ μπορούν να αξιοποιηθούν απ' ευθείας για τη διενέργεια του τελευταίου σταδίου, μη λαμβάνοντας, δηλαδή, υπόψη τις επιπτώσεις (των αποτελεσμάτων της απογραφής) στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Εφόσον οι ροές εσόδου και εξόδου του συστήματος ποσοτικοποιηθούν από το στάδιο της απογραφής του κύκλου ζωής, είναι δυνατή η πραγματοποίηση του επόμενου σταδίου, της ανάλυσης επιπτώσεων κύκλου ζωής. Ουσιαστικά, η ανάλυση επιπτώσεων κύκλου ζωής συνίσταται σε τρία στάδια: στην ταξινόμηση, στον χαρακτηρισμό και στην αξιολόγηση. Αρχικώς, δηλαδή, ταξινομούνται τα δεδομένα του σταδίου της απογραφής σε κατηγορίες, με κριτήρια τις επιπτώσεις αυτών. Για παράδειγμα, η χρήση ορυκτών καυσίμων μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία επιπτώσεων «εξάντληση πεπερασμένων πόρων».

Χαρακτηρισμό αποτελεί η διαδικασία βελτίωσης των μοντέλων μετατροπής των δεδομένων της απογραφής σε περιγραφικά στοιχεία περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Έτσι, για παράδειγμα, τα δεδομένα της απογραφής για τις ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου, που συνιστούν δεδομένα εξόδου του μελετηθέντος συστήματος, θα πρέπει να μετατραπούν σε μονάδες σχετικές με την αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η αξιολόγηση είναι το στάδιο κατά το οποίο οι συνεισφορές των διαφόρων ειδικών κατηγοριών των επιπτώσεων σταθμίζονται κατάλληλα, ώστε να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους.

Αντίθετα με την απογραφή δεδομένων κύκλου ζωής, στην εκτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής παρουσιάστηκαν αρκετά ζητήματα διχογνωμίας και αμφισβήτησης σχετικά με τη μεθοδολογία και τις προδιαγραφές που πρέπει να εφαρμόζονται κατά την πραγμάτωση αυτής. Έτσι, στις αρχές της δεκαετίας του '90 επιχειρήθηκε, από διεθνείς οργανισμούς όπως η SETAC και ο ISO (International Standards Organization) η ανάπτυξη μίας ενιαίας μεθοδολογικής προσέγγισης.

Σήμερα, έχουν εκδοθεί προδιαγραφές ISO για την ΑΚΖ στη σειρά 14000 για την περιβαλλοντική διαχείριση και συγκεκριμένα οι εξής :

- International Standard ISO 14040 (1997): Environmental management – Life Cycle Assessment- Principles and framework.
- International Standard ISO 14041 (1998): Environmental management – Life Cycle Assessment- Goal and scope definition and inventory analysis.
- International Standard ISO 14042 (2000): Environmental management – Life Cycle Assessment - Life Cycle Impact Assessment.
- International Standard ISO 14043 (2000): Environmental management – Life Cycle Assessment- Life Cycle Interpretation.

Στο στάδιο της εκτίμησης βελτιώσεων, τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιούνται ως βάση για τη λήψη αποφάσεων που θα οδηγήσουν σε συγκεκριμένες δραστηριότητες. Παραδείγματος χάρη, στη λήψη αποφάσεων περιλαμβάνεται η επιλογή αλλαγής ενός προϊόντος ή μίας διεργασίας, με στόχο, φυσικά, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

6.4.2.2 Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης

Στόχος: Σε αυτό το αρχικό στάδιο της ΑΚΖ πρέπει να οριστεί αρχικά η επιδίωξη της μελέτης όπως επίσης και η επιδιωκόμενη χρήση των αποτελεσμάτων τα οποία θα προκύψουν. Είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν ποιες πληροφορίες απαιτούνται, σε ποιο βαθμό ανάλυσης, για ποιο σκοπό και εν τέλει ποια απόφαση θα στηριχθεί στα αποτελέσματά που προκύπτουν. Ένα συμβατό παράδειγμα είναι εάν τα αποτελέσματα μιας ΑΚΖ θα χρησιμοποιηθούν για εσωτερικές εφαρμογές σε μια επιχείρηση ή αν τα αποτελέσματα χρησιμοποιηθούν εξωτερικά, για παράδειγμα, να επηρεάσουν το δημόσιο συμφέρον.

Αντικείμενο: Σε μια ΑΚΖ πρέπει το αντικείμενο της μελέτης να καθορίζει το σύστημα, τα όρια, τις απαιτήσεις δεδομένων, τις υποθέσεις και τους περιορισμούς. Είναι απαραίτητο το εύρος της ανάλυσης να ταυτίζεται με τον διατυπωμένο σκοπό. Όλα τα όρια και οι παράμετροι θα πρέπει να διατυπώνονται ξεκάθαρα και με σαφήνεια, συμπεριλαμβανομένης και της γεωγραφικής έκτασης και του χρόνου. Τέλος σε αυτό το στάδιο μια εκτίμηση της μεταβλητότητας και της ρευστότητας των δεδομένων κρίνεται απαραίτητη.

Λειτουργική μονάδα: Κατά την διατύπωση του σκοπού για την αποφυγή ασαφειών όπως επίσης και για να ξεκαθαριστεί η βάση του αντικειμένου η λειτουργική μονάδα αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα. Είναι ένα μέτρο απόδοσης του συστήματος. Θα πρέπει να είναι πλήρως κατανοητή, καθορισμένη και σχετική με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα λειτουργικών μονάδων είναι: η ποσότητα καθαριστικών που απαιτούνται για τον καθαρισμό ενός αυτοκινήτου, η συσκευασία που χρησιμοποιείται για την διάθεση μιας συγκεκριμένης ποσότητας φαγητού και άλλα.

Εκτίμηση ποιότητας δεδομένων: Ανάμεσα στα δεδομένα εισόδου και εξόδου μιας μελέτης, η σχέση και ο βαθμός αξιοπιστίας ταυτίζονται με την ποιότητα των δεδομένων της ΑΚΖ. Οι στόχοι μιας συγκεκριμένης ποιότητας δεδομένων πρέπει να διατυπώνονται ξεκάθαρα και με μεγάλη σαφήνεια κατά το στάδιο του προσδιορισμού του σκοπού και του αντικειμένου της συνολικής μελέτης. Δηλαδή η χρησιμότητα και η αξιοπιστία της ΑΚΖ εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα δεδομένων, η οποία επηρεάζεται με την σειρά της από τους εξής παράγοντες: την πηγή των δεδομένων, την μέθοδο συλλογής, τον τρόπο παραγωγής τους, το κόστος και το χρόνο συλλογής. Οι πηγές των δεδομένων χωρίζονται σε «πρωτογενείς» (για τα δεδομένα που συλλέγονται για ειδικές διαδικασίες) και «δευτερογενείς» (για αυτά που συλλέγονται από αναφορές ή άλλες δημοσιευμένες πηγές). Έτσι οι πηγές των δεδομένων προέρχονται από: βιομηχανικές και κρατικές αναφορές, δεδομένα εργαστηριακών δοκιμών, βιβλία αναφοράς, δημοσιεύσεις και βάσεις δεδομένων, λίστες θεσμοθετημένων ορίων, συμβούλους και εμπορικούς συνδέσμους καθώς και παρόμοιες μελέτες ΑΚΖ.

Η συλλογή των δεδομένων με την σειρά της μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα: μέσες τιμές, μικτά δεδομένα, σταθερά δεδομένα και κοινωνικοποιημένα δεδομένα. Επίσης μπορούμε να παράγουμε δεδομένα με τους εξής τρόπους: ακριβείς μετρήσεις, εκτιμήσεις δείγματα και διάφορα μοντέλα υπολογισμών.

Η ποιότητα των δεδομένων (Πίνακας 6) που έχουν συλλεχθεί για μια ΑΚΖ εξαρτάται από την προσπάθεια και τον χρόνο που έχει αφιερωθεί στην μελέτη και την διαθεσιμότητα τους. Άρα οι στόχοι της ποιότητας δεδομένων πρέπει να καθοριστούν από την αρχή της διαδικασίας για να εξασφαλιστεί ένας ικανοποιητικός αριθμός φυσικών πόρων οι οποίοι προσδιορίζονται στην μελέτη. Οι στόχοι της ποιότητας των δεδομένων βρίσκονται σε συμφωνία με ειδικούς δείκτες. Αυτοί μπορεί να είναι είτε ποιοτικοί είτε ποσοτικοί. Επιλέγονται ανάλογα με τον σκοπό της ΑΚΖ και τις μεθοδολογίες που έχουν ορισθεί για την μελέτη.

Πίνακας 6: Υπόδειγμα χρήσης δεικτών ποιότητας δεδομένων

Δείκτες	Σκοπός Μελέτης	Βελτίωση εσωτερικής παραγωγής	Αξιολόγηση προϊόντος	Πρώθηση προϊόντος
Ποσοτικοί Δείκτες				
1	Ακρίβεια	+	+	+
2	Πληρότητα	+	+	+
3	Κατανομή		+	+
4	Ομοιογένεια			+
5	Σχέσεις αλληλεξάρτησης			+
6	Αβεβαιότητα			+
Ποιοτικοί Δείκτες				
1	Αλληλουχία	+	+	+
2	Εφαρμοσιμότητα		+	+
3	Συγκρισιμότητα		+	+
4	Αναγνώριση ιδιομορφιών			+
5	Αντιπροσωπευτικότητα		+	+
6	Ικανότητα αναπαραγωγής	+	+	+
7	Διαθεσιμότητα			+

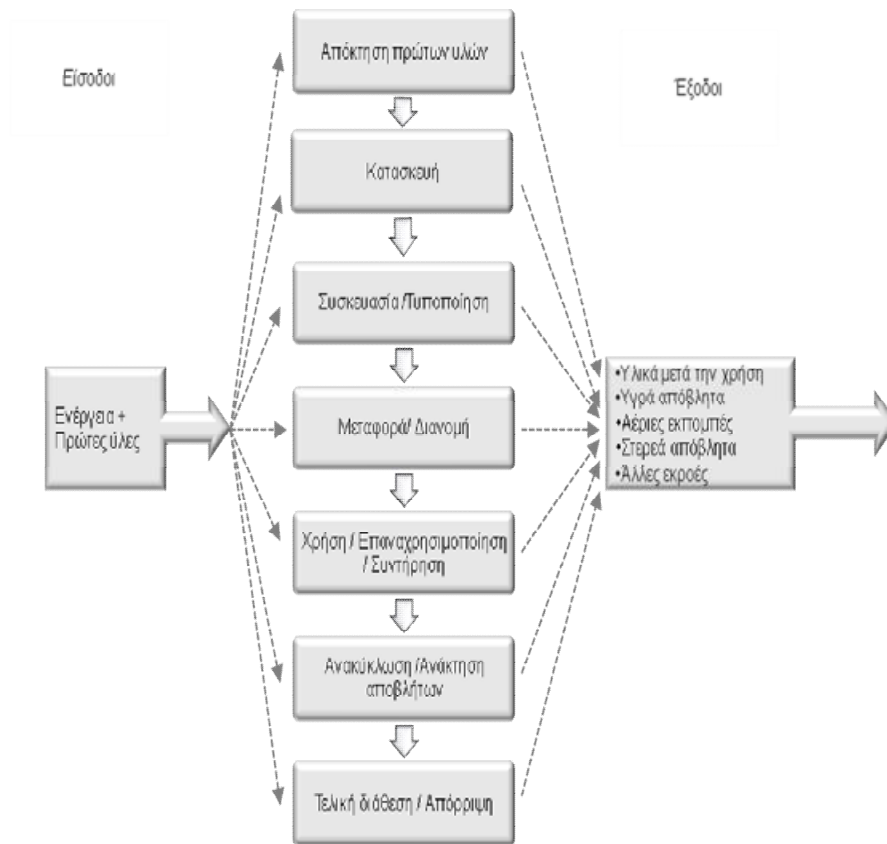
6.4.2.3 Απογραφή δεδομένων

Καθορισμός και οριοθέτηση του συστήματος: Οι βασικές αρχές ενός παραδείγματος ΑΚΖ που περιγράφονται στην συνέχεια, απευθύνονται σε κάθε δραστηριότητα που περιλαμβάνει την άμεση ή έμμεση χρήση ενέργειας ή μάζας.

Κατά το στάδιο της απογραφής δεδομένων κάθε προϊόν θα πρέπει να παρουσιάζεται σαν ένα σύστημα. Ως σύστημα ορίζεται ένα σύνολο από διεργασίες που συνδέονται υλικά ή ενεργειακά και εκτελεί κάποια καθορισμένη λειτουργία, όπως για παράδειγμα μια διαδικασία κατασκευής, μια διαδικασία μεταφοράς ή μια διαδικασία εξόρυξης καυσίμων. Το σύστημα διαχωρίζεται από αυτά που το περιβάλλουν μέσω κάποιων ορίων. Ολόκληρη η περιοχή έξω από τα όρια αναφέρεται ως 'το περιβάλλον του συστήματος'.

Κάθε σύστημα μοιάζει με ένα κουτί, με το σύνολο των διεργασιών να περικλείεται μέσα σε αυτό. Το περίγραμμα του κουτιού επισημαίνει τα όρια του συστήματος και διαχωρίζει το σύστημα από τον περιβάλλοντα χώρο του. Το περιβάλλον του συστήματος είναι η πηγή όλων των ροών που εισέρχονται στο σύστημα και η καταβόθρα όλων των ροών που εξέρχονται από αυτό.

Η απογραφή των δεδομένων είναι μια ποσοτική περιγραφή όλης της ροής μάζας και ενέργειας δια μέσου των ορίων του συστήματος.



Εικόνα 23: Γενικό διάγραμμα ροής επεξεργασίας – Καθορισμός συστήματος

Διάγραμμα ροής επεξεργασίας (Εικόνα 23): Ο καλύτερος τρόπος για να παρουσιάσει κανείς τα στοιχεία που βρίσκονται σε ένα σύστημα είναι η δημιουργία ενός διαγράμματος ροής στο οποίο να αναπτύσσονται όλοι οι τρόποι διασύνδεσης των υποσυστημάτων. Για τα περισσότερα βιομηχανικά συστήματα, ένα διάγραμμα ροής αποτελείται από τρεις βασικές ομάδες διεργασιών: τη σειρά της βασικής παραγωγής, την παραγωγή βοηθητικών υλών, και τις βιομηχανίες παραγωγής καυσίμου.

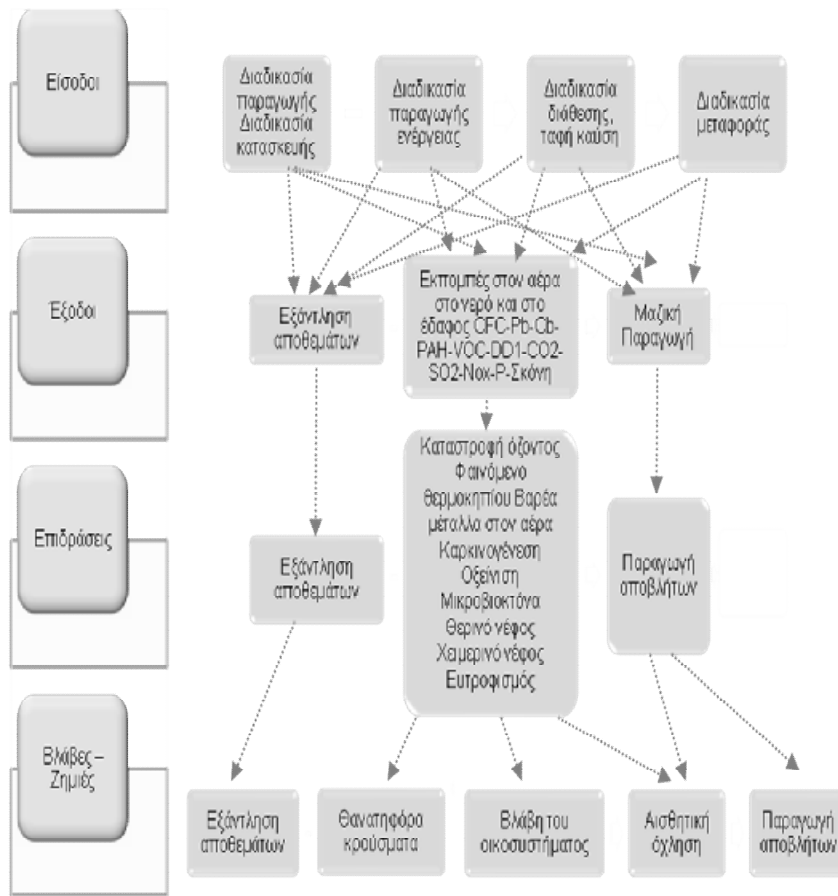
Η σειρά της βασικής παραγωγής συχνά είναι η ευκολότερη να προσδιοριστεί. Όμως η ανάλυση ακόμα και των απλών συστημάτων απαιτεί δεδομένα από μια μεγάλη ποικιλία βιομηχανιών, κάποιες από τις οποίες αποκλίνουν από τη σειρά βασικής παραγωγής. Ένα απλό διάγραμμα ροής δείχνει όλα τα κύρια στοιχεία κατά την διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Αυτό βοηθάει στην αναγνώριση των ορίων του συστήματος.

Στο στάδιο της απογραφής δεδομένων θα πρέπει να προσδιοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Εικόνα 24) του εκάστοτε συστήματος. Η περιβαλλοντική επίπτωση ενός προϊόντος είναι δυνατό να περιγραφεί με διάφορους τρόπους, αλλά γενικά καταλήγει στον υπολογισμό της επίπτωσης του προϊόντος εξετάζοντας στις εξόδους, τις επιπτώσεις ή καταστροφές που προκαλούνται σε μια ή περισσότερες φάσεις του κύκλου ζωής. Κάνοντας μια εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος, οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές αντίστοιχα μπορούν να διακρίνουν ποια φάση του προϊόντος έχει την μεγαλύτερη επίπτωση. Αυτή η πληροφορία μπορεί να οδηγήσει στον εντοπισμό πολύ σημαντικών προβλημάτων και σε ποιο στάδιο της ζωής του προϊόντος συμβαίνουν.

Το σύστημα θα πρέπει να καθορίζεται, όχι μόνο με βάση την λειτουργία του, αλλά και αναφορικά με άλλους σχετικούς παράγοντες όπως πηγές εισερχομένων στοιχείων, γεωγραφικές θεωρήσεις, και χρονικά όρια. Έτσι οι πηγές των δεδομένων για τον υπολογισμό της απογραφής πρέπει να εναρμονίζονται με αυτούς τους παράγοντες. Για να συλλεχθούν τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα ενός συστήματος, το σύστημα πρέπει να διασπαστεί σε μια αλληλουχία διεργασιών ή ακόμα και υποσυστημάτων. Καθένα από αυτά έχει ως είσοδο μια διεργασία που προηγείται, ενώ η έξοδος του υποσυστήματος υπολογίζεται ως είσοδος για την επόμενη διεργασία που ακολουθεί. Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει αναφορά στον βαθμό της υποδιαίρεσης του συνολικού συστήματος σε επιμέρους διαδικασίες ο οποίος καθορίζεται συχνά από την διαθεσιμότητα των δεδομένων και τις απαιτήσεις που δημιουργούνται κατά τον προσδιορισμό του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης ΑΚΖ.

Σε ότι αφορά το σύστημα το οποίο βρίσκεται υπό μελέτη είναι πολύ σημαντικό να προσδιοριστούν με σαφήνεια τα βοηθητικά δεδομένα εισόδου. Οι παραδοχές πρέπει να είναι ξεκάθαρα διατυπωμένες στην τελική έκθεση της μελέτης ΑΚΖ. Τα βοηθητικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί θα πρέπει να εισέρχονται στο σύστημα εξαρχής και να υπολογίζονται ως εισοδοί του πρώτου υποσυστήματος.

Στις συνολικές εξερχόμενες ροές θα πρέπει να συνεκτιμώνται και η απόρριψη στο περιβάλλον όπως η καύση ή η ταφή. Τέλος σε ένα σύστημα θα πρέπει να περιλαμβάνονται όλες οι διαδικασίες μεταφοράς.



Εικόνα 24: Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων

6.4.2.4 Εκτίμηση επιπτώσεων

Η εκτίμηση επιπτώσεων στην ΑΚΖ είναι συνήθως μια ποσοτική ή και ποιοτική διεργασία που χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει και να εκτιμήσει τις αρνητικές συνέπειες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προσδιορίζονται κατά την φάση της απογραφής. Ακόμη και σήμερα δεν υπάρχουν κοινές αποδεκτές μεθοδολογίες για την εκτίμηση των επιπτώσεων. Αυτή όμως αναμφισβήτητα αποτελείται από τα τρία παρακάτω κοινώς αποδεκτά βήματα: ταξινόμηση, χαρακτηρισμός και αξιολόγηση.

Ταξινόμηση: Κατά την ταξινόμηση οι πληροφορίες από την απογραφή των δεδομένων συναρτώνται με τις διάφορες δυνατές κατηγορίες επιπτώσεων. Αυτό συμβαίνει με τέτοιο τρόπο ώστε κάτι που εισέρχεται να μπορεί να συμπεριληφθεί σε περισσότερες κατηγορίες. Οι επιπτώσεις ταξινομούνται σε τρία επίπεδα προστασίας: της εξάντλησης φυσικών πόρων, της ανθρώπινης υγείας, και της υγείας του οικοσυστήματος.

Εξετάζοντας τις επιπτώσεις από την εξάντληση των φυσικών πόρων, οι φυσικοί πόροι μπορούν να αναπτυχθούν στις ακόλουθες κατηγορίες: μη ανανεώσιμοι, δηλαδή φυσικοί πόροι που μόνο ένα περιορισμένο απόθεμα τους είναι διαθέσιμο, ανανεώσιμοι, δηλαδή ροές φυσικών πόρων όπως είναι ο αέρας και βιοτικοί, δηλαδή πόροι που συνδέονται με την χλωρίδα και την πανίδα όπως γεωργικοί και δασικοί πόροι.

Εξετάζοντας τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία τίγονται θέματα ασφάλειας υπό τον όρο 'οξείες επιπτώσεις' (από ατυχήματα, εκρήξεις, πυρκαγιές) και ασθενειών υπό τον όρο 'μακροπρόθεσμες επιπτώσεις' (καρκίνος).

Στα πλαίσια της υγείας του οικοσυστήματος εξετάζονται οι επιπτώσεις στις υποκατηγορίες της δομής, της λειτουργίας και της βιοδιασπαστικής ικανότητας με την ακόλουθη ανάλυση:

- Δομή: πληθυσμός, κοινότητα και οικοσύστημα, επίπεδα διατροφής, και φυσικό περιβάλλον
- Λειτουργία: παραγωγικότητα, διεργασία (κύκλοι άνθρακα, θείου, αζώτου)
- Βιοδιασπαστική ικανότητα: καταστροφή φυσικού περιβάλλοντος, σπάνια είδη και υπό εξαφάνιση (Πίνακας 7).

Πίνακας 7: Ενδεικτική ταξινόμηση των επιπτώσεων

	Παράδειγμα ειδικών κατηγοριών επιπτώσεων	Φυσικοί Πόροι	Ανθρώπινη Υγεία	Υγεία οικοσυστήματος
Εξάντληση φυσικών πόρων				
1	Εξάντληση μη βιοτικών πόρων	+	(+)	(+)
2	Εξάντληση βιοτικών πόρων	+	+	+
Μόλυνση				
1	Καταστροφή όζοντος		(+)	
2	Φαινόμενο θερμοκηπίου		(+)	+
3	Ανθρώπινη δηλητηρίαση			
4	Οικολογική δηλητηρίαση		+	+
5	Δημιουργία φωτοχημικού νέφους			
6	Όξυνση		(+)	
7	Ευτροφισμός		+	
Υποβάθμιση τοπίου				
1	Χρήση εδάφους		+	

+ άμεση επίπτωση

(+) έμμεση επίπτωση

Χαρακτηρισμός: Ο χαρακτηρισμός είναι το βήμα στο οποίο πραγματοποιείται η ανάλυση – ποσοτικοποίηση, και το άθροισμα των επιπτώσεων (αυτών που προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο). Είναι σαφές ότι το βήμα αυτό θα πρέπει να στηρίζεται με πλήρη επιστημονική γνώση των περιβαλλοντικών διεργασιών.

Μια μέθοδος για να εξεταστεί ο χαρακτηρισμός είναι να συσχετιστούν οι πληροφορίες από την απογραφή των δεδομένων κατά ένα γενικό τρόπο με υπάρχοντα περιβαλλοντικά όρια. Υπάρχουν επίσης προσεγγίσεις που προσπαθούν να μοντελοποιήσουν την έκθεση και τις επιπτώσεις και να παρουσιάσουν αυτά τα μοντέλα σε συγκεκριμένη θέση. Πρόσφατα δόθηκε πολλή προσοχή στην ανάπτυξη και χρήση ισοδύναμων όρων για τις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων, όπως την ενδεχόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη και την ενδεχόμενη καταστροφή του όζοντος.

Μια ακόμη ανάπτυξη της φάσης του χαρακτηρισμού είναι η κοινωνικοποίηση του συνόλου των δεδομένων ανά κατηγορία επιπτώσεων σε σχέση με το πραγματικό μέγεθος των επιπτώσεων που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία σε κάποια δεδομένη περιοχή. Έτσι διευκολύνεται η συγκρισιμότητα των δεδομένων πάνω στις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων, ώστε να αποτελέσει μια βάση για το επόμενο βήμα.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το στάδιο του χαρακτηρισμού μπορούν να αναφέρονται ως το 'προφίλ επιπτώσεων', αποτελούμενο από ένα πλήθος από μετρήσεις και περιγραφές επιπτώσεων. Συχνά όμως μπορεί να χρειάζονται πληροφορίες τύπους επιπτώσεων οι οποίοι δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν.

Αξιολόγηση: Η αξιολόγηση είναι το στάδιο στο οποίο οι διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων συγκρίνονται μεταξύ τους με απώτερο σκοπό μια πιο ειδική ερμηνεία και πρόσθεση των δεδομένων της εκτίμησης επιπτώσεων. Αν για παράδειγμα συγκρίνονται δύο ή περισσότερα συστήματα με σκοπό ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα πρέπει να αξιολογηθούν οι διαθέσιμες κατηγορίες επιπτώσεων. Δεν μπορεί να διατυπωθεί με σαφήνεια ποιο σύστημα έχει τις λιγότερο βλαβερές επιπτώσεις στο περιβάλλον, εάν ένα σύστημα συνεισφέρει λιγότερο στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, ενώ κάποιο άλλο θέτει σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία από τοξικές εκπομπές, εκτός εάν μπορεί να ιεραρχηθεί με κάποιο τρόπο η σημασία των κατηγοριών των επιπτώσεων.

Η ιεράρχηση των κατηγοριών επιπτώσεων είναι μια διαδικασία συσχέτισης αξιών, που βασίζεται σε μια αποτίμηση του πόσο επιβαρύνουν το περιβάλλον. Αυτή η αποτίμηση οπωσδήποτε εκφράζει κοινωνικές αξίες και προτιμήσεις.

Η αξιολόγηση μπορεί να καταστεί πιο σαφή και ορθολογιστική διεργασία μέσω των θεωρητικών τεχνικών λήψης αποφάσεων. Αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούν κρίσεις ειδικών αλλά και εισαγωγές πληροφοριών από ενδιαφερόμενες ομάδες ή και άτομα που έχουν προσληφθεί. Σε αυτό το σημείο μπορούμε να διαχωρίσουμε ποσοτικές και ποιοτικές διεργασίες. Σε μια ποσοτική διεργασία συγκεκριμένοι συντελεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αθροίσουν τις επιπτώσεις.

Σε μια ποιοτική διαδικασία, οι συντελεστές παραμένουν ενδεχόμενοι και τα επιχειρήματα που οδηγούν στην λήψη μιας απόφασης για κάποια περιβαλλοντική αντιμετώπιση θα πρέπει κατόπιν να δηλωθούν. Αν και έχει αναγνωριστεί ότι καμιά εφαρμογή της ΑΚΖ δεν απαιτεί την χρήση των θεωρητικών τεχνών λήψης αποφάσεων, τα εργαλεία δείχνουν να υπόσχονται πολλά κατά την εφαρμογή τους σε αυτό το πεδίο.

6.4.2.5 Εκτίμηση των βελτιώσεων

Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο της ΑΚΖ που αφορά την εκτίμηση των βελτιώσεων, τα αποτελέσματα που προκύπτουν χρησιμοποιούνται ως βάση για την λήψη και τον προσδιορισμό αποφάσεων που θα οδηγήσουν σε συγκεκριμένες δραστηριότητες, που θα ωφελήσουν την βιομηχανία και το περιβάλλον.

Η εκτίμηση των βελτιώσεων σύμφωνα με το SETAC ορίζεται ως εξής: « Η εκτίμηση των βελτιώσεων αποτελεί μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και δυνατοτήτων για την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που συνδέεται με την χρήση ενέργειας και πρώτων υλών και τις περιβαλλοντικές εκπομπές καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων. Η ανάλυση

αυτή είναι δυνατό να περιέχει τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά μέτρα βελτίωσης, όπως αλλαγές στο προϊόν, στη διεργασία και το σχεδιασμό, στη χρήση των πρώτων υλών, στην χρήση από τον καταναλωτή και στην διαχείριση των απορριμμάτων».

Η απογραφή των δεδομένων με τη σειρά της χρησιμοποιείται για να αποκαλύψει σημεία που επιδέχονται βελτίωση. Είσοδοι και έξοδοι βελτιωμένης αποδοτικότητας καθώς και έξοδοι που λαμβάνουν υπόψη τους περιβαλλοντικά κριτήρια μπορούν να προσφέρουν δυνατότητες που λαμβάνουν υπόψη τους την περιβαλλοντική βελτίωση ανά λειτουργική μονάδα. Επιπλέον με κάποιες απόψεις η εκτίμηση των βελτιώσεων δεν αποτελεί κομμάτι το οποίο μπορεί να τυποποιηθεί, όσο κάθε μία και όλες μαζί οι εφαρμογές της ΑΚΖ διαφοροποιούνται μεταξύ τους. Με αυτή την υπόθεση, δεν υπάρχουν απόλυτοι κανόνες που μπορούν να εφαρμοσθούν σε αυτό το σημείο. Κοινός παρανομαστής όμως είναι το εξής: ότι μπορεί να μετρηθεί, μπορεί να διαχειριστεί και να βελτιωθεί.

Μέθοδος εκτίμησης βελτιώσεων - Αριθμητικό μητρώο εκτίμησης 5 x 5 (Πίνακας 8): Παρακάτω περιγράφονται τα στάδια της ΑΚΖ για ένα τυπικά σχεδιασμένο προϊόν. Το πρώτο στάδιο, που αφορά την εξόρυξη πρώτων υλών και την προκατασκευή απαρτίζεται από προμηθευτές, οι οποίοι αντλούν κυρίως πόρους και παράγουν διάφορα υλικά και εξαρτήματα. Το δεύτερο στάδιο, της κατασκευής υπάγεται στον έλεγχο των κατασκευαστών. Στο τρίτο στάδιο της συσκευασίας και μεταφοράς συνδέεται με ένα παγκόσμιο δίκτυο προμηθευτών. Το τέταρτο στάδιο, της χρήσης του πελάτη επηρεάζεται από το πώς σχεδιάζονται τα προϊόντα και την επίδραση των κατασκευαστών σε αυτά. Το τελευταίο στάδιο είναι αυτό της ανακύκλωσης ή της τελικής διάθεσης που αφορά φορείς άλλους εκτός από τους κατασκευαστές.

Το δεύτερο και τρίτο στάδιο είναι αυτά στα οποία περιοριζόταν η περιβαλλοντική ευθύνη, όμως σήμερα το προϊόν οφείλει να ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στα πέντε στάδια της ΑΚΖ.

Το αριθμητικό μητρώο εκτίμησης 5 x 5 σχετίζεται με στάδια της ΑΚΖ καθώς και με τους 5 βασικούς τομείς περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος. Σε ένα τέτοιο αριθμητικό μητρώο εκτίμησης 5 x 5 εφαρμόζεται η εξής διαδικασία: Ο μελετητής εξετάζει τον σχεδιασμό του προϊόντος, την κατασκευή, την συσκευασία, την χρήση του και το σενάριο της τελικής διάθεσης και βαθμολογεί κάθε στοιχείο του πίνακα με έναν ακέραιο αριθμό, από το 0 μέχρι το 4. Άρα σε κάθε στοιχείο του πίνακα τοποθετείται ένας βαθμός αξιολόγησης που παριστάνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα στάδια της αναλυτικής καταγραφής στοιχείων και της εκτίμησης των επιδράσεων κατά την ΑΚΖ.

Η διαδικασία που περιγράφεται σε αυτό το σημείο είναι πολύ ιδιαίτερη καθώς χαρακτηρίζεται ως 'ημιποιοτική', αφού δεν σχετίζεται με ποσοτικές και επιλεκτικές διαδικασίες της ΑΚΖ και ο μελετητής καθοδηγείται από την εμπειρία, από σχεδιαστικές και κατασκευαστικές μελέτες και άλλες πληροφορίες.

Αφού λοιπόν πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση για κάθε στοιχείο του αριθμητικού μητρώου, ο συνολικός βαθμός περιβαλλοντικής υπευθυνότητας του προϊόντος (R_{ERRPT}), υπολογίζεται ως το άθροισμα των βαθμών του συνόλου των στοιχείων του αριθμητικού μητρώου $R_{ERRPT} = \sum_i \sum_j M_{ij}$, όπου M_{ij} : βαθμός αριθμητικού

μητρώου (i,j) . Ο $M_{ij} \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ και τα $i, j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$. Εφόσον υπάρχουν 25 στοιχεία, το περιβαλλοντικό ιδανικό προϊόν έχει συντελεστή 100.

Πίνακας 8: Παράδειγμα αριθμητικού μητρώου εκτίμησης 5 x 5

Τομείς περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος j	Επιλογή υλικών	Χρήση ενέργειας	Στερεά απορρίμματα	Υγρά απόβλητα	Αέριες εκπομπές
Στάδια ζωής i					
Απόκτηση πρώτων υλών / Προκατασκευή	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)
Κατασκευή	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)
Συσκευασία / Μεταφορά	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
Χρήση	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)
Ανακύκλωση / Τελική διάθεση	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)

Η απλή τοποθέτηση ενός βαθμού M_{ij} από το 0 έως το 4 για κάθε στοιχείο (i, j) του αριθμητικού μητρώου οδηγεί έμμεσα στο συμπέρασμα ότι όλα τα στοιχεία του πίνακα έχουν την ίδια βαρύτητα. Μια επιλογή, η οποία αυξάνει την χρησιμότητα της εκτίμησης είναι η χρησιμοποίηση λεπτομερών πληροφοριών για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ώστε να τοποθετηθούν συντελεστές βαρύτητας στα στοιχεία του αριθμητικού μητρώου. Για παράδειγμα, ένα συγκεκριμένο προϊόν μπορεί να προκαλεί τις περισσότερες επιπτώσεις του κατά το στάδιο της χρήσης του και λιγότερες κατά το στάδιο της εξόρυξης των πρώτων υλών, οπότε το στάδιο της χρήσης θα ληφθεί περισσότερο υπόψη απ' ό,τι πριν και το στάδιο της εξόρυξης θα ληφθεί υπόψη σε μικρότερο βαθμό. Μια απόφαση για παράδειγμα ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί μεγαλύτερο κίνδυνο από τα υγρά απόβλητα, θα σήμαινε αυξημένη βαρύτητα στη χρήση ενέργειας και αντίστοιχα μειωμένη βαρύτητα της στήλης με τα υγρά απόβλητα.

Στην συνέχεια παρατίθεται ένα δείγμα από ερωτήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διαμορφωθούν οι λίστες ελέγχου κάθε ενός στοιχείου του αριθμητικού μητρώου εκτίμησης. Οι λίστες ελέγχου και αξιολόγησης διαφέρουν από προϊόν σε προϊόν, και παρακάτω παρατίθεται ένα μόνο παράδειγμα.

Στοιχείο αριθμητικού μητρώου βελτίωσης προϊόντος: (1,1)

Στάδιο: Εξόρυξη πρώτων υλών / Προκατασκευή

Τομέας περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος: Επιλογή υλικών

- Είναι όλα τα υλικά τα λιγότερο τοξικά και τα περιβαλλοντικώς προτιμότερα;
- Είναι το προϊόν σχεδιασμένο, ώστε να ελαχιστοποιεί την χρήση των υλικών που υπάρχουν σε περιορισμένα απόβλητα;
- Είναι το προϊόν σχεδιασμένο, ώστε να χρησιμοποιεί ανακυκλωμένα υλικά, όπου αυτό είναι εφικτό;

Στοιχείο αριθμητικού μητρώου βελτίωσης προϊόντος: (1,2)

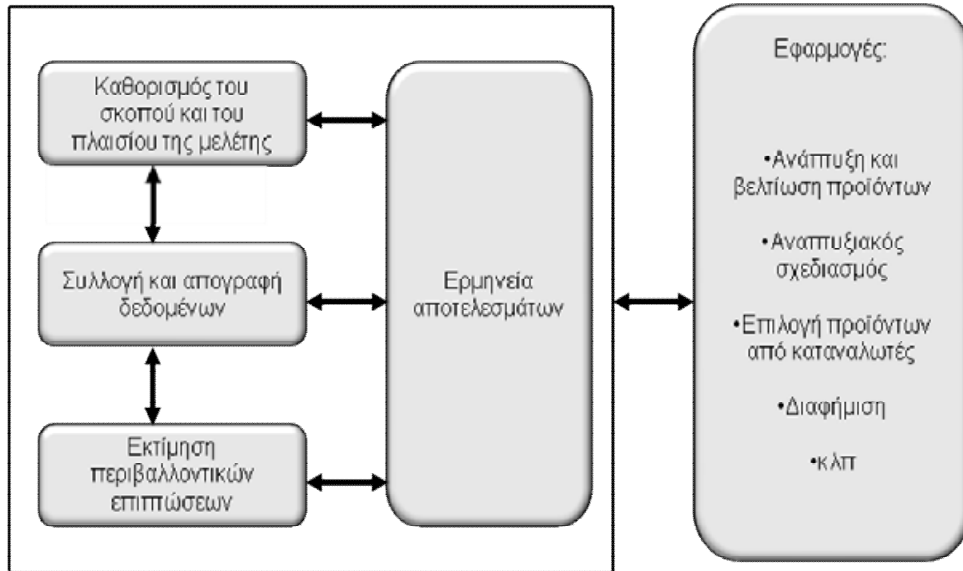
Στάδιο: Εξόρυξη πρώτων υλών / Προκατασκευή

Τομέας περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος: Χρήση Ενέργειας

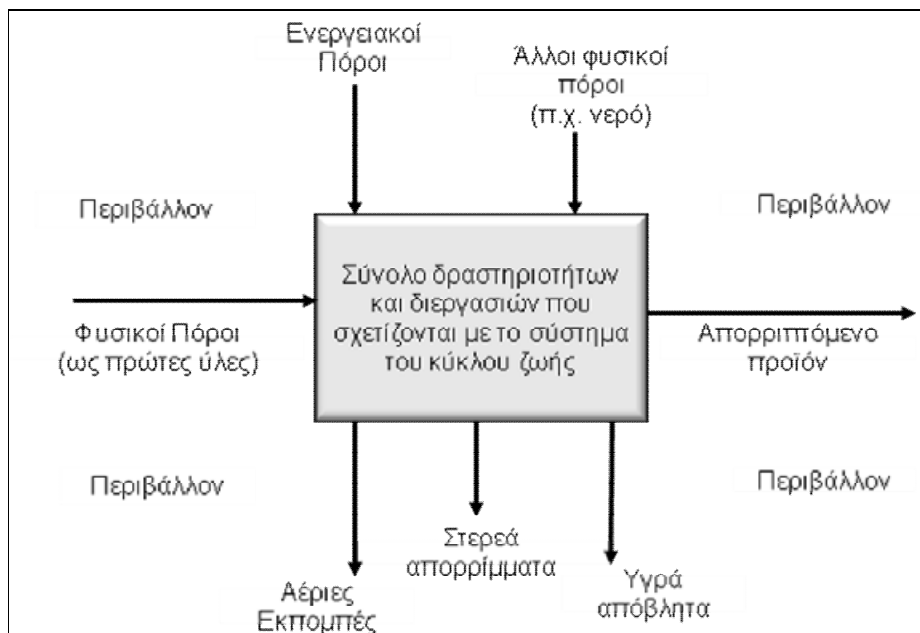
- Είναι το προϊόν σχεδιασμένο, ώστε να ελαχιστοποιεί την χρήση υλικών των οποίων η εξόρυξη είναι ενεργειακά δαπανηρή;
- Αποφεύγει ο σχεδιασμός του προϊόντος τη χρήση υλικών των οποίων η μεταφορά στην μονάδα απαιτεί σημαντική χρήση ενέργειας;
- Αποφεύγει ο σχεδιασμός του προϊόντος την παραγωγή αποβλήτων, των οποίων η ανακύκλωση είναι ενεργειακά δαπανηρή;

6.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ [2]

Στις περισσότερες περιπτώσεις η ΑΚΖ χρησιμοποιείται για την συλλογή πληροφοριών με σκοπό την σύγκριση ανταγωνιστικών προϊόντων, που χρησιμοποιούνται για τις ίδιες εργασίες, κατά την αξιολόγηση τροποποιήσεων που πρόκειται να γίνουν σε κάποιο προϊόν για να γίνει πιο φιλικό απέναντι στο περιβάλλον. Η ΑΚΖ είναι σημαντική γιατί ξεκαθαρίζεται αν οι αλλαγές που έγιναν στην διαδικασία παραγωγής ή αν το προϊόν που προτιμήθηκε από κάποιο άλλο έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος συνολικά και καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Πολλές φορές γίνονται τροποποιήσεις με σκοπό την βελτίωση του προϊόντος ή της διαδικασίας παραγωγής του χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές παρενέργειες που μπορεί να συνεπάγονται αυτές. Οποιαδήποτε αλλαγή στο προϊόν ή στη διαδικασία παραγωγής του, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα μια ανεπιθύμητη χειροτέρευση σε κάποιο άλλο σημείο της διαδικασίας παραγωγής, εκτός κι αν εκπονηθεί μια μελέτη ΑΚΖ. Ο εντοπισμός αυτών των ανεπιθύμητων αλλαγών ανάμεσα στα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής (Εικόνα 25) του προϊόντος είναι η βασική ιδέα της ΑΚΖ.(Εικόνα 26)



Εικόνα 25: Στάδια και εφαρμογές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής



Εικόνα 26: Αναπαράσταση ενός συστήματος Κύκλου Ζωής

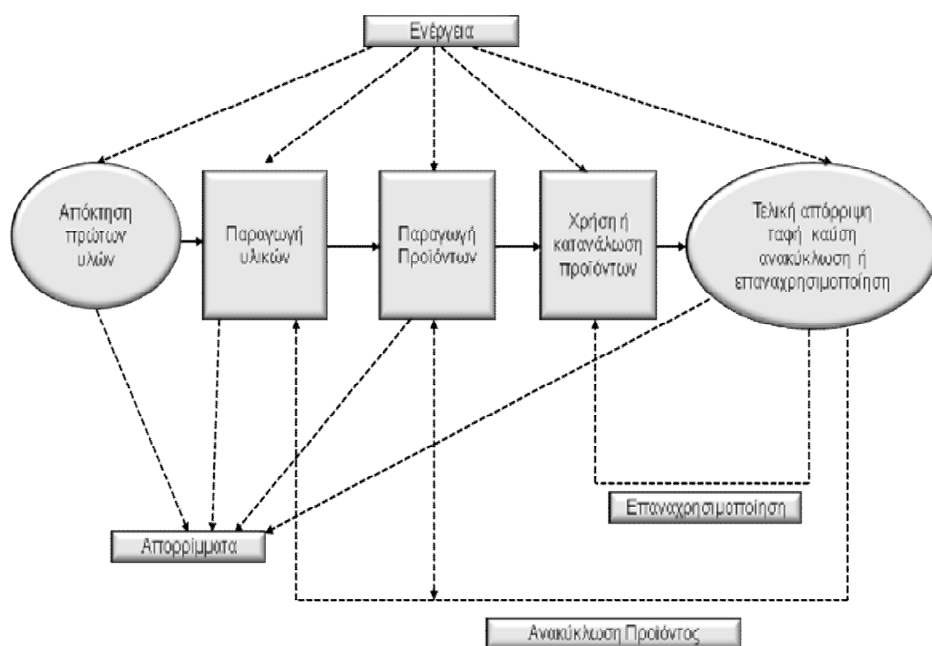
6.6 Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΑΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟ [2]

Το μεγάλο ενδιαφέρον που εκδηλώθηκε την δεκαετία του 1990 για την ΑΚΖ από τις κυβερνήσεις, τα πανεπιστήμια και την ιδιωτική βιομηχανία, ακολουθήθηκε από ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την αξιολόγηση, του αντίκτυπου που έχουν οι ενέργειες και τα προϊόντα τους στο περιβάλλον. Το 1990 τα εργαστήρια της SETAC διαπίστωσαν ότι η μεθοδολογία του καταλόγου απογραφής είναι κατά πολύ αναπτυγμένη από την αξιολόγηση αντίκτυπου και άρα αυτή που χρησιμοποιείται περισσότερο. Οι μελετητές στην πλειοψηφία τους χρησιμοποιούν το ίδιο πλάνο για την ΑΚΖ με μικρές διαφοροποιήσεις. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι γιατί ουσιαστικά η ΑΚΖ είναι μια μεγάλη σχέση ισορροπίας ανάμεσα σε υλικά και ενέργεια γύρω από το αντικείμενο που μελετάμε. Ο στόχος είναι να καταγραφούν όλα τα υλικά, στις διάφορες μορφές τους, που μπαίνουν και βγαίνουν από το σύστημα. Η ΑΚΖ απαιτεί για να είναι επιτυχημένη ένα μεγάλο όγκο που θα πρέπει όμως να είναι αξιόπιστα και διαθέσιμα. Η έλλειψη δεδομένων είναι ο κύριος λόγος που έχει διεξαχθεί τόσο μικρός αριθμός μελετών.

Πολλές προσπάθειες γίνονται για την ανάπτυξη βάσεων δεδομένων οι οποίες να είναι εύχρηστες και έτσι στο κοντινό μέλλον η μελέτη ΑΚΖ να είναι μια εύκολη υπόθεση.

Ένα άλλο πρόβλημα στην ΑΚΖ, το οποίο οι ερευνητές εξακολουθούν να μελετούν, είναι η ανάγκη για την ανάπτυξη μιας γενικότερα αποδεκτής μεθοδολογίας για την αξιολόγηση αντίκτυπου. Η αξιολόγηση αντίκτυπου είναι αυτή που 'μεταφράζει' τις εκπομπές, που επισημαίνονται από τον κατάλογο απογραφής, στις επιπτώσεις που έχουν, στην ανθρώπινη υγεία, στα φυτά, στα ζώα και στο περιβάλλον. Οι προσπάθειες που έχουν γίνει για την ανάπτυξη μιας αναλυτικής και κατανοητής μεθόδου για την αξιολόγηση αντίκτυπου είναι πολλές και συνεχίζονται ακόμα.

Μια άλλη περιοχή όπου η ΑΚΖ μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι στον σχεδιασμό ενός προϊόντος πριν ακόμα αυτό κατασκευαστεί. Η ΑΚΖ εισάγει και την προστασία του περιβάλλοντος σαν έναν από τους παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό του προϊόντος, όπως η απόδοση, το κόστος και η ικανοποίηση του νομικού πλαισίου αλλά και της κουλτούρας και των προτιμήσεων του αγοραστή (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Γενικό διάγραμμα ροής του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος

6.7 Η ΠΟΡΕΙΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ [2]

Για την ανάπτυξη των βασικών αρχών της ΑΚΖ, που οδήγησαν στο πλαίσιο που χρησιμοποιείται σήμερα, συνεργάστηκαν ιδιωτικές επιχειρήσεις και κρατικοί φορείς σε παγκόσμιο επίπεδο, ανταλλάσσοντας πληροφορίες δεδομένα και τεχνογνωσία. Οι σημαντικότερες προσπάθειες έγιναν από τις χώρες της Νότιας Αμερικής και Δυτικής Ευρώπης.

Η ΑΚΖ είναι μια μέθοδος που συνεχώς αναπτύσσεται και βελτιώνεται και που γίνεται ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια των σχεδιαστών προϊόντων και των υπευθύνων παραγωγής. Μέχρι σήμερα, εξαιτίας της πολυπλοκότητας της χρησιμοποιούσαν μόνο από ειδικούς. Σταδιακά όμως η ΑΚΖ χρησιμοποιείται και σε γενικότερες εφαρμογές, καθώς η μεθοδολογία της γίνεται ολοένα και περισσότερο γνωστή και τα απαραίτητα για την διεξαγωγή της δεδομένα είναι πιο προσιτά. Η κοινή λογική λέει ότι οι εταιρίες που θα χρησιμοποιήσουν την ΑΚΖ θα κερδίσουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα απέναντι στους ανταγωνιστές τους αφού θα καταφέρουν με αυτόν τον τρόπο να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν το κοινωνικό τους πρόσωπο και την φήμη τους. Αν και το ενδιαφέρον για την συστηματική αποτίμηση και καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχει παρουσιάσει διακυμάνσεις από χρόνο σε χρόνο το συνεχόμενο ενδιαφέρον και τα κίνητρα για την πρόληψη της μόλυνσης έχουν δημιουργήσει την ανάγκη για μια επανεξέταση των προϊόντων, διεργασιών και λειτουργιών με την μέθοδο της ΑΚΖ.

6.8 ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ [2]

Η ΑΚΖ σαφέστατα συνιστά ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος ή μίας διεργασίας. Παρόλα αυτά, συχνά, τα αποτελέσματα μίας τέτοιας ανάλυσης δεν μπορούν να υιοθετηθούν από τους αρμόδιους για τη λήψη σχετικών αποφάσεων εξαιτίας αιτιών οικονομικής φύσεως. Παραδείγματος χάρη, κατά την σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων δύο προϊόντων (Α και Β), που διατελούν την ίδια χρήση, διαπιστώνεται πως το προϊόν Α παρουσιάζει σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις εν συγκρίσει με το προϊόν Β. Από την άλλη, όμως, το προϊόν Α παρουσιάζει πολύ μικρότερο οικονομικό κόστος κατά την παραγωγή του και γενικότερα κατά τον κύκλο ζωής του. Το γεγονός αυτό, ως είναι αναμενόμενο, καθιστά δυσχερή την επιλογή ενός εκ των δύο προϊόντων. Ως εκ τούτου, μία τελική απόφαση απαιτεί την συνεκτίμηση του οικονομικού κόστους παράλληλα με το περιβαλλοντικό κόστος ενός προϊόντος.

Για την αντιμετώπιση των ανωτέρω προβλημάτων έχει εισαχθεί η Ανάλυση Κόστους ΚΖ (Life Cycle Costing), η οποία συνιστά μία μεθοδολογία μέσω της οποίας είναι δυνατός ο συνδυασμός της ΑΚΖ με τις οικονομικές παραμέτρους του ΚΖ, όπως το κόστος ΚΖ, προϊόντων ή διεργασιών.

Ως κόστος ΚΖ ενός προϊόντος ορίζεται το άθροισμα όλων των οικονομικών εξόδων που απαιτούνται από το αρχικό στάδιο παραγωγής αυτού έως το τέλος του αξιοποιήσιμου χρόνου ζωής του. Μεταξύ της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής και της Ανάλυσης Κόστους ΚΖ παρουσιάζονται τέσσερις βασικές διαφορές. Πρωτίστως, διαφέρουν ως προς την οπτική γωνία με την οποία προσεγγίζουν το μελετηθέν προϊόν. Συγκεκριμένα, η ΑΚΖ αποσκοπεί στο ευρύτερο κοινωνικό όφελος ενώ η Ανάλυση Κόστους ΚΖ αξιοποιείται με γνώμονα τα οικονομικά οφέλη περιορισμένων κοινωνικών συνόλων ή/και μεμονωμένων ατόμων (π.χ. μίας επιχείρησης). Δευτερευόντως, τα δύο προαναφερθέντα μεθοδολογικά εργαλεία επικεντρώνονται σε διαφορετικές δραστηριότητες. Ενώ η ΑΚΖ ασχολείται με τις διεργασίες και τα στάδια που σχετίζονται με το φυσικό κύκλο ζωής ενός προϊόντος, η Ανάλυση Κόστους ΚΖ επικεντρώνεται στα οικονομικά κόστη που επέρχονται κατά τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Ακόμη αναφέρονται σε διαφορετικές ροές και σε διαφορετικές μονάδες. Η ΑΚΖ χρησιμοποιεί φυσικές μονάδες, αναφέρεται σε ροές υλικών και ενέργειας και επικεντρώνεται σε ρυπαντικά φορτία. Αντίθετα, η Ανάλυση Κόστους ΚΖ αναφέρεται σε ροές οικονομικών κοστών και χρησιμοποιεί οικονομικά μεγέθη. Τέλος, μεταξύ των δύο περιπτώσεων ο χρόνος έχει διαφορετικό ρόλο. Ενώ στην ΑΚΖ είτε αγνοείται η χρονική διάρκεια είτε χρησιμοποιείται ένας πάγιος χρονικός ορίζοντας, στην Ανάλυση Κόστους ΚΖ ο χρόνος συνιστά μία παράμετρο μείζονος σημασίας. Με στόχο την άμβλυνση των ανωτέρω διαφορών και τον αποτελεσματικό συνδυασμό των δύο μεθοδολογικών εργαλείων έχουν προταθεί διάφοροι μέθοδοι και δείκτες, που παρουσιάζουν συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

6.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι κύριοι στόχοι στους οποίους αποβλέπει κανείς με την διεξαγωγή μιας ΑΚΖ είναι:

- Η διατύπωση με σαφήνεια μιας εικόνας των αλληλεπιδράσεων μεταξύ μιας δραστηριότητας και του περιβάλλοντος.
- Η κατανόηση της αλληλεξάρτησης που χαρακτηρίζει την φύση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
- Η λήψη αποφάσεων με την βοήθεια πληροφοριών, που καθορίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων και προτείνουν δυνατότητες για περιβαλλοντικές βελτιώσεις.

Η ΑΚΖ είναι ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης που αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Η αξιοπιστία του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από:

- τον τρόπο μοντελοποίησης και τον βαθμό απλοποίησης των υπό εξέταση συστημάτων
- το σύνολο των παραδοχών και υποθέσεων που χρησιμοποιούνται σε κάθε βήμα της ανάλυσης και
- την διαθεσιμότητα σύγχρονων και αξιόπιστων δεδομένων.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει κατανοητό το γεγονός ότι η παρούσα εργασία δεν αποτελεί αυτούσια μελέτη Ανάλυσης Κύκλου Ζωής λόγω πολλών και σημαντικών παραμέτρων που επηρεάζουν μια τέτοια μελέτη. Τέτοιου είδους παράμετροι, όπως γίνεται φανερό στο παρόν κεφάλαιο (Κεφάλαιο 6) αποτελούν, ο τεράστιος όγκος πληροφοριών, η χρήση εξειδικευμένων προγραμμάτων, η πρόσβαση σε κατάλληλες επιστημονικές βιβλιοθήκες και έως εκ τούτου το μεγάλο χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να αποδοθεί σωστά μια Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Βάσει των παραπάνω μια σωστή και ολοκληρωμένη ΑΚΖ θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο έρευνας μεταπτυχιακών ή και διδακτορικών διατριβών.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς και το σκοπό της παρούσας πτυχιακής εργασίας στην ανάλυση που ακολουθεί διερευνάται η συμβολή των ΠΜ στον ΚΖ του ΚΜ μέσω της εκτίμησης και των αποτελεσμάτων διαφόρων εργασιών που προέκυψαν κατόπιν εκτενούς βιβλιογραφικής αναζήτησης.

7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ SETAC [3]

7.1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ SETAC

7.1.2 1^ο ΣΤΑΔΙΟ: Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης

Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζεται η επιδίωξη της μελέτης, το αντικείμενο της μελέτης, ορίζεται η λειτουργική μονάδα και καθορίζεται η διαδικασία για την ποιοτική εξασφάλιση της μελέτης.

7.1.2.2 *Επιδίωξη*

Η επιδίωξη αυτής της μελέτης είναι να εκτιμήσει τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο που προκύπτει από την ΑΚΖ ενός ΚΜ καθώς και τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν λόγω της μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα από την εξάτμιση.

7.1.2.3 *Αντικείμενο*

Από τα υπάρχοντα σχέδια και τεχνικές για καταλυτικό έλεγχο των εκπεμπόμενων ρύπων στα επιβατικά αυτοκίνητα προκύπτει πως, ο τριοδικός ΚΜ με κεραμικό μονόλιθο είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο καταλυτικά συστήματα σήμερα. Σε αυτή την εργασία εξετάζεται ένα τυπικός τριοδικός ΚΜ κεραμικού μονόλιθου που ανήκει σε ένα σουηδικό επιβατικό αυτοκίνητο. Αποτελείται συνολικά από τρία μέρη: α) από τον κεραμικό μονόλιθο ο οποίος φέρει την επίστρωση αλουμίνιας (Al_2O_3) με τον καταλύτη (ευγενή μέταλλα), β) την προστατευτική ψάθα (μεταλλικό πλέγμα) η οποία περιβάλλει τον μονόλιθο., γ) το εξωτερικό κέλυφος υψηλής ποιότητας χάλυβα για αντίσταση στην διάβρωση. Ο Πίνακας 9 παρουσιάζει την αντιπροσωπευτική δομή ενός τυπικού ΚΜ που χρησιμοποιείται στα σουηδικά επιβατικά οχήματα άνω της μεσαίας κατηγορίας. Το ποσό της μέσης κατανάλωσης του αυτοκινήτου είναι περίπου 3.4 MJ/km ή ισοδύναμα 0.1 lit/km.

Πίνακας 9: Η σύνθεση υλικών ενός τυπικού κεραμικού τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα

	Κεραμικός μονόλιθος	Συνολικό βάρος
Καταλυτική ενίσχυση	Ορυκτά (κρυσταλλική φάση)	2 x 0.7 kg
	Mg O 14%	
	Al ₂ O ₃ 36%	
	SiO ₂ 50%	
Ψάθα	Κεραμικό πλέγμα	2 x 0.25 kg
Επίστρωση	Μεταλλικά οξειδία	0.17 kg
	Al ₂ O ₃ 10%	
	CeO ₂ 20%	
	ZrO ₂ 70%	
	Πολύτιμα μέταλλα	2 g
	Pt, Pd, Rh	
1:14: 1		
Προστατευτικό κάλυμμα ΚΜ	Χάλυβας	5 kg
Συνολικό βάρος		7.2 kg

Καθορισμός και οριοθέτηση του συστήματος

Γεωγραφικά όρια

Ο ΚΜ της παρούσας εργασίας κατασκευάζεται στην Αγγλία χρησιμοποιώντας ΠΜ τα οποία εξορύσσονται και παράγονται σε ορυχεία που βρίσκονται στην Νότιο Αφρική. Οι πρώτες ύλες όπως ο κεραμικός μονόλιθος και το μεταλλικό πλέγμα κατασκευάζονται στην Γερμανία. Ο χάλυβας κατασκευάζεται στην Σκωτία ενώ ο ΚΜ τοποθετείται και χρησιμοποιείται στην Σουηδία. Οι απενεργοποιημένοι ΚΜ ανακυκλώνονται στην Σουηδία αλλά τα ΠΜ ανακτώνται και εξευγενίζονται (καθαρίζονται) σε εργοστάσια στην Αγγλία. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μελετώνται σε κάθε περιοχή που παίρνουν μέρος οι δραστηριότητες του ΚΜ.

Χρονικά όρια

Ο ΚΜ που εξετάζεται κατασκευάστηκε στην Σουηδία το 1997-1998. Στοιχεία που αναφέρονται στην δομή του καταλύτη, στην φάση της χρήσης του καθώς και στην φάση της ανακύκλωσης είναι βασισμένα στο έτος 1998-1999. Η εξόρυξη και η παραγωγή των ΠΜ είναι βασισμένα σε δεδομένα του 1995. Τέλος στοιχεία σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προέρχονται από την παραγωγή ενέργειας και την μεταφορά είναι βασισμένα στο 1991-1994.

7.1.2.4 Υποθέσεις και περιορισμοί

Η παραγωγή των πρώτων υλών για τον ΚΜ όπως η επίστρωση και ο κεραμικός μονόλιθος περικλείονται στα όρια του συστήματος αλλά η εξαγωγή και η μεταφορά των αντίστοιχων πρώτων υλών δεν περιλαμβάνονται στο σύστημα δεν είναι διαθέσιμα και είναι αμελητέα. Αντίθετα η εξόρυξη και η παραγωγή των ΠΜ καθώς και η παραγωγή του χάλυβα συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα. Επίσης στοιχεία σχετικά με την εξαγωγή και την παραγωγή των φορέων ενέργειας συμπεριλαμβανομένων του ηλεκτρισμού και των καυσίμων δεν παραλείπονται.

Για να μπορεί ο ΚΜ να μειώνει αποτελεσματικά του εκπεμπόμενους ρύπους, ένας αισθητήρας οξυγόνου και ένα ηλεκτρονικό πρόγραμμα διαχείρισης καυσίμου απαιτείται για τον έλεγχο της σύνθεσης των αερίων του συστήματος εξάτμισης καθώς και για την τροφοδοσία του αέρα, αντίστοιχα. Αυτός ο αισθητήρας αποτελείται από ένα ηλεκτρολυτικό κύτταρο από πλατίνα. Ωστόσο οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συμβαίνουν στον κύκλο ζωής του αισθητήρα οξυγόνου και του σχετικού συστήματος ελέγχου δεν συμπεριλαμβάνονται στην παρούσα μελέτη.

7.1.2.5 Λειτουργική μονάδα

Η αξιολόγηση και η σύγκριση του συνολικού περιβαλλοντικού αντίκτυπου καθώς και τα οφέλη είναι βασισμένα στην λειτουργική μονάδα ενός ΚΜ πέρα των 160.000 km λειτουργίας. Αυτό είναι το πιστοποιημένο όριο ζωής του ΚΜ από τον κατασκευαστή καθώς και το όριο στην παρούσα μελέτη. Πάνω από αυτό το όριο είναι φυσικό ο ΚΜ να παρουσιάζει βλάβες ή δυσλειτουργίες λόγω τυχαίων επιδράσεων ή μηχανικών προβλημάτων.

7.1.2.6 Εκτίμηση ποιότητας δεδομένων

Ο ΚΖ ενός ΚΜ περιλαμβάνει πολλά ανταγωνιστικά επιχειρηματικά πεδία όπως κατασκευαστές αυτοκινήτων, ΠΜ και μονόλιθων. Μέρος των στοιχείων που απαιτούνται για αυτή την μελέτη επομένως δεν είναι προσβάσιμα. Τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στην παρούσα εργασία αποκτήθηκαν από την διεθνή βιβλιογραφία, από άμεση επικοινωνία μεταξύ ατόμων, από εκτιμήσεις ειδικών της βιομηχανίας καθώς και από στοιχεία της βάσης δεδομένων της ΑΚΖ.

Νότιος Αφρική και Ρωσία είναι οι κυρίαρχες χώρες στην παραγωγή και την εξόρυξη ΠΜ. Τα δεδομένα για την εξόρυξη και την παραγωγή των ΠΜ στην Ν.Α. έχουν τα περισσότερα συλλεχθεί και καταγραφεί. Έτσι στην εν λόγω μελέτη τα αντίστοιχα δεδομένα έχουν προέρθει από βιβλιογραφική συλλογή δεδομένων μια μεγάλης εταιρείας εξόρυξης ΠΜ στην Ν.Α. το 1995.

Στοιχεία σχετικά με την κατασκευή ΚΜ και των πρώτων υλών τους όπως ο μονόλιθος, το μεταλλικό πλέγμα και το εξωτερικό περίβλημα βασίζονται κυρίως σε βιβλιογραφικά δεδομένα.

Βιβλιογραφία χρησιμοποιείται επίσης και για την άντληση πληροφοριών σχετικά με την παραγωγή και κατασκευή χάλυβα. Στοιχεία και πληροφορίες για την ανακύκλωση καταλυτικών συστημάτων προέρχονται από μια Σουηδική εταιρία ανακύκλωσης. Στοιχεία για την μεταφορά που αφορούν στην φάση της ανακύκλωσης εκτιμήθηκαν επίσης από την ίδια εταιρεία. Δεδομένα για την ανάκτηση και το καθάρισμα των ΠΜ από τους απενεργοποιημένους ΚΜ εκτιμώνται από δεδομένα όμοιων διαδικασιών κατά την πρωτογενή παραγωγή τους.

Δεδομένα για την δόμηση των ΚΜ προτείνονται από έναν Σουηδό ειδικό στους καταλύτες. Οι εκπομπές των εξατμίσεων των αυτοκινήτων και η μείωση των εκπομπών αυτών, εκτιμώνται από το Σουηδικό Κέντρο για δοκιμές αυτοκινήτων και από του ειδικούς των καταλυτών των αυτοκινήτων. Οι αποστάσεις και ο ρυθμός των μεταφορών πέρα του σταδίου ανακύκλωσης εκτιμώνται και βασίζονται στην εξακρίβωση των θεωρούμενων τοποθεσιών παρασκευής.

7.1.3 2^ο ΣΤΑΔΙΟ: Απογραφή δεδομένων

7.1.3.2 Καθορισμός και οριοθέτηση του συστήματος

Σε αυτό το σημείο θα γίνουν οι απαιτούμενες υποθέσεις για τον ποσοτικό προσδιορισμό της μάζας και της ενέργειας του υπό εξέταση συστήματος. Άλλωστε η *Απογραφή Δεδομένων* όπως ορίζει και η θεωρία ΑΚΖ είναι μια ποσοτική περιγραφή όλης της ροής μάζας και ενέργειας δια μέσου των ορίων του συστήματος. Στην παρούσα μελέτη γίνεται αναφορά όλου του κύκλου διεργασιών από την παραγωγή των πρώτων υλών έως και το στάδιο ανακύκλωσης του καταλυτικού συστήματος.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Παραγωγή ηλεκτρισμού στη Νότιο Αφρική

Ο ηλεκτρισμός στη Νότιο Αφρική κυρίως προέρχεται από σταθμούς με λιγνίτη. Εκτιμάται πως οι σταθμοί καύσης λιγνίτη είναι η μοναδική πηγή ενέργειας για την εξόρυξη και την παραγωγή ΠΜ στην Ν. Αφρική.

Μεταφορά

Το ποσό της κατανάλωσης καυσίμου και οι ρύποι που απελευθερώνονται κατά την διάρκεια της μεταφοράς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι βασισμένες στην βάση δεδομένων της ΑΚΖ.

Αυξημένη κατανάλωση καυσίμου

Όταν οι ροές των καυσαερίων διαμέσου του κεραμικού μονόλιθου εισέλθουν στην εξάτμιση, ο ΚΜ προκαλεί ένα συγκεκριμένο ποσό πτώσης πίεσης (αντίθληψης), που έχει ως αποτέλεσμα μια αυξημένη κατανάλωση καυσίμου έτσι ώστε να ξεπεραστεί η πτώση πίεσης. Αυτό εξετάζεται και αναφέρεται ως απώλεια ενέργειας που οφείλεται στον ΚΜ. Το ποσοστό της αύξησης της κατανάλωσης κυμαίνεται από 0,5 έως 3%. Αυτός είναι ένας από του λόγους που σε πολλά καταλυτικά οχήματα στην Σουηδία χρησιμοποιείται μεταλλικός μονόλιθος, μειώνοντας έτσι την αντίθληψη. Σε αυτήν την περίπτωση τα ΠΜ που θα χρησιμοποιηθούν ανέρχονται στα 3,2 gr ανά ΚΜ. Επιπλέον για την αποδοτικότερη μείωση των εκπομπών της εξάτμισης ο λόγος αέρα/ καυσίμου ενός οχήματος το οποίο διαθέτει ΚΜ, πρέπει να ρυθμιστεί έτσι ώστε να πλησιάζει την στοιχειομετρική αναλογία (π.χ. 14.7/1).

Ο συνδυασμός του μικρότερου λόγου καυσίμου και της πτώσης πίεσης ταυτόχρονα οδηγούν σε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου κατά 10%. Για την παρούσα εργασία έχει γίνει η παραδοχή της ελάχιστης κατανάλωσης καυσίμου.

Κατά συνέπεια η αύξηση της κατανάλωσης ανέρχεται σε ένα ποσό βενζίνης το οποίο δεν ξεπερνά τα 0.017 MJ/km ή ισοδύναμα τα 0.00055 lit/km. Όμως η αυξανόμενη, έστω και μικρή κατανάλωση προκαλεί και αύξηση των εκπομπών της εξάτμισης.

Τα ποσά της αύξησης, που βασίζονται στις εκπομπές καυσαερίων αυτοκινήτων παρουσιάζει ο Πίνακας 10.

Πίνακας 10: Μέσος όρος των εκπομπών της εξάτμισης ενός σουηδικού αυτοκινήτου χωρίς KM και με KM

Εκπομπές	Αυτοκίνητο (χωρίς KM) (g/km)	Σχετικές αλλαγές	Αυτοκίνητο (με KM) (g/km)	Αλλαγμένο ποσό (g/km)	Euro standard 1996 (g/km)
CO	10	-95%	0,5	-9,5	2,2
NO _x	2	-90%	0,2	-1,8	0,5
HC	0,9	-95%	0,045	-0,855	0,5
CH ₄	0,1	-70%	0,03	-0,07	0,5
CO ₂	200	+0,5%	201	+1	-
SO ₂	0,01	+0,5%	0,01005	+0,00005	-

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Παραγωγή φορέων ενέργειας

Για να καταμετρηθούν τα περιβαλλοντικά φορτία που συνδέονται με την εξαγωγή και την τελική χρήση των φορέων ενέργειας, χρησιμοποιούνται οι παράγοντες των εκπομπών ρύπων.

Παραγωγή ΠΜ

Καθώς τα ΠΜ συναντώνται στην φύση σε κοιτάσματα μαζί με άλλα μέταλλα όπως ο χαλκός και το νικέλιο, η ροή μάζας (υλικών) και ενέργειας θα πρέπει να διαιρεθεί μεταξύ των ΠΜ και αυτών των μετάλλων. Στην παρούσα μελέτη το κονδύλι προϋπολογισμού βασίζεται στην ισχύουσα μέση τιμή των μετάλλων του 1995 και θεωρείται πως θα μπορέσει να απεικονίσει τα κίνητρα της εξόρυξης του μεταλλεύματος. Η ροή ενέργειας και μάζας που αντιστοιχούν στην παραγωγή κάθε πολύτιμου μετάλλου κατανέμεται ανάλογα με την συμβολή που έχουν στις συνολικές πωλήσεις της εταιρείας εξόρυξης.

Παραγωγή χάλυβα

Η παραγωγή του χάλυβα αποτελεί μια διαδικασία πολλών σταδίων. Για τις ανάγκες της εν λόγω εργασίας η οικονομική κατανομή επιλέχθηκε βάση του που τα περιβαλλοντικά φορτία είναι προσδιορισμένα για το κάθε προϊόν σύμφωνα με την ισχύουσα τιμή και την ποσότητα παραγωγής.

Ανακύκλωση χάλυβα

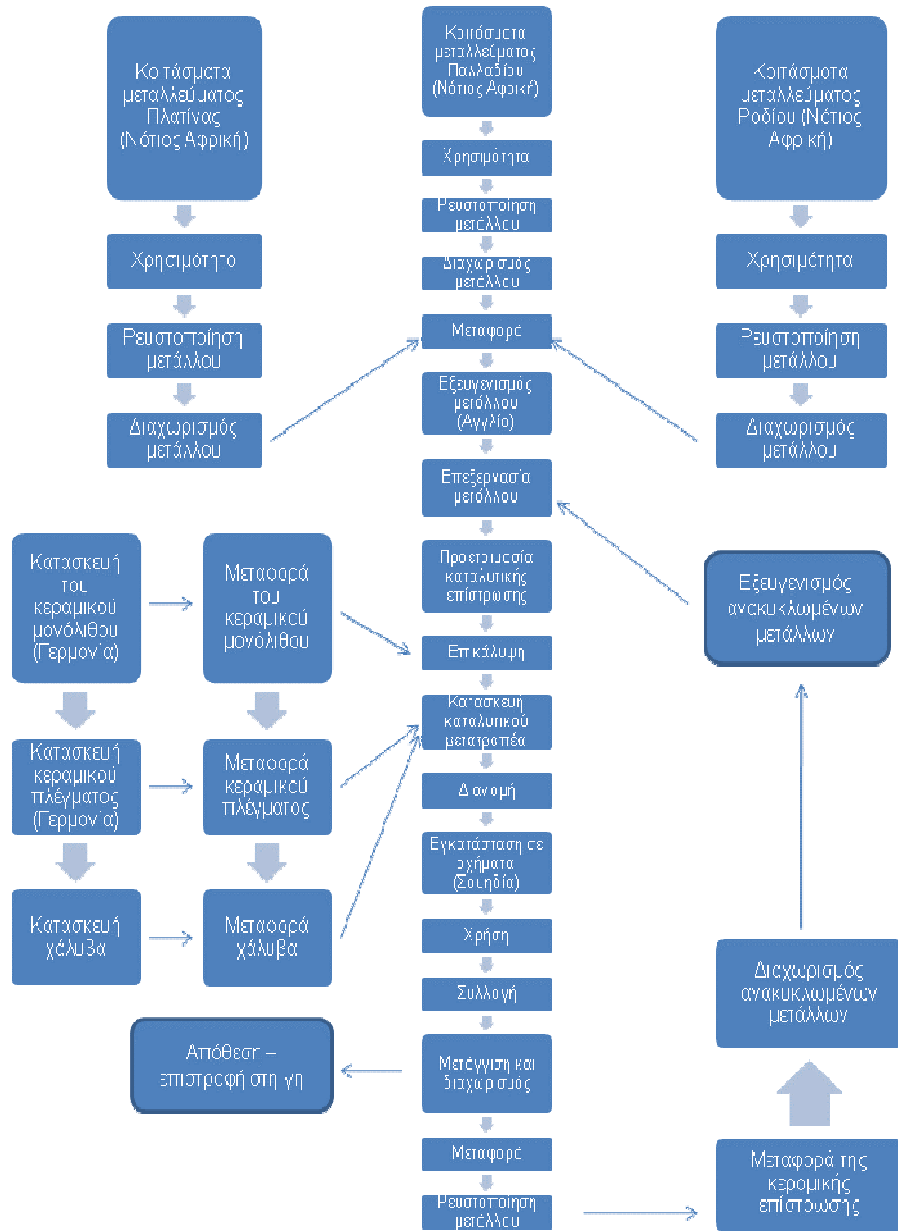
Τα υπολείμματα χάλυβα από την διαδικασία αποσυναρμολόγησης του ΚΜ ανακυκλώνονται για την δευτερογενή παραγωγή χάλυβα. Θεωρείται ότι η δευτερογενή παραγωγή ατσαλιού «κουβαλάει» όλες τις επιπτώσεις που προκύπτουν κατά την (πρωτογενή) παραγωγή του και την τελική του διάθεση μετά την φάση χρήσης του. Ως εκ τούτου η παράληψη δεδομένων που σχετίζονται με την ανακύκλωση του χάλυβα, είναι δυνατή.

Ανακύκλωση ΠΜ

Η εξόρυξη και η πρωτογενής παραγωγή των ΠΜ συνεισφέρουν σημαντικά στα περιβαλλοντικά φορτία που αναπτύσσονται στον κύκλο ζωής ενός ΚΜ. Αυτό έχει ως συνέπεια την σημαντική επίδραση του «βαθμού» ανακύκλωσης των ΠΜ στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Σημειώνεται πως το 1997 το συνολικό ποσοστό των απενεργοποιημένων ΚΜ στην Ευρώπη ανήλθε στο 10% ενώ μεγαλύτερο ήταν ποσοστό που σημειώθηκε στις Η.Π.Α κατά το ίδιο έτος. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η επίδραση της συμμετοχής δύο διαφορετικών ποσοστών ΠΜ «Δευτερογενούς» παραγωγής στον κύκλο ζωής του εν λόγω ΚΜ. Τα ποσοστά αυτά ανέρχονται στο 10% και στο 90% της συνολικής ποσότητας των ΠΜ που περιέχονται στον ΚΜ.

7.1.3.3 Διάγραμμα ροής διεργασίας

Κατά το στάδιο της απογραφής των δεδομένων ο καλύτερος τρόπος παρουσίασης των στοιχείων που απαρτίζουν ένα σύστημα (εδώ ΚΖ του ΚΜ) είναι η ανάπτυξη ενός διαγράμματος ροής (Εικόνα 28) που να παριστάνει τον τρόπο διασύνδεσης των υποσυστημάτων. Το διάγραμμα ροής δείχνει όλα τα κύρια στοιχεία κατά την διάρκεια ζωής ενός προϊόντος και βοηθάει σημαντικά στην αναγνώριση αλλά και των προσδιορισμό των ορίων του υπό εξέταση συστήματος. Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα ροής διεργασιών της παρούσας μελέτης στο οποίο διακρίνονται και οι κύριες αλλά και οι δευτερεύουσες διεργασίες.



Εικόνα 28: Διάγραμμα ροής διεργασίας

Προσδιορισμός Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων / Ωφελειών

Μέρος της διαδικασίας της ανάπτυξης του Διαγράμματος Ροής αποτελεί ο καθορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων/ωφελειών του υπό εξέταση συστήματος. Όπως είναι γνωστό από την θεωρία κατά το στάδιο της απογραφής δεδομένων θα πρέπει να προσδιοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις/ οφέλη του υπό εξέταση συστήματος. Η διαδικασία αυτή συνήθως λαμβάνει χώρα μέσω του υπολογισμού των επιπτώσεων/ ωφελειών του προϊόντος εξετάζοντας τις καταστροφές/ βελτιώσεις που προκαλούνται στις εξόδους των διαφόρων φάσεων του ΚΖ που ορίζονται από τα υποσυστήματα του Διαγράμματος Ροής.

Ο Πίνακας 11 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις/ οφέλη που προσδιορίστηκαν κατά την ΑΚΖ του εν λόγω ΚΜ όταν το 10% του συνολικού ποσού των περιεχόμενων σε αυτό ΠΜ προέρχονται από δευτερογενή παραγωγή (ανακύκλωση).

Πίνακας 11: Περιβαλλοντικά οφέλη και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που εμφανίζονται στον Κύκλο Ζωής ενός Καταλυτικού Μετατροπέα.

Παράμετροι	Ποσό περιβαλλοντικών ωφελειών	Ποσό περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Μονάδα μέτρησης
Χρήση ενεργειακών πόρων			
Ακατέργαστο πετρέλαιο	-	66	kg
Φυσικό αέριο	-	9	kg
Άνθρακας	-	11	kg
Χρήση υλικών πόρων			
PGEs	-	1,8	g
Αέριες εκπομπές			
CO	1500	0,4	kg
NO _x	290	0,3	kg
HC	140	0,2	kg
CH ₄	11	0,2	kg
CO ₂	-	390	kg
SO _x	-	0,7	kg
PGEs	-	3,2	mg
Zn	-	1,5	g
Εκπομπές υδάτων			
Zn	-	15	mg
Mn	-	1,5	mg
Pb	-	2	mg
Παραγωγή αποβλήτων			
Στερεά απόβλητα	-	253	kg
Σκουριά	-	8,3	kg
Απόβλητα	-	5,4	kg

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

- Επιπτώσεις που οφείλονται στα ΠΜ

Λόγω της σπάνιας φυσικής ύπαρξης των ΠΜ, διάφορες σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις εμφανίζονται κατά την διάρκεια της εξόρυξης και παραγωγής ΠΜ που προορίζονται για χρήση στους ΚΜ.

1) Ενεργειακές Επιπτώσεις Κατά την Φάση Εξόρυξης:

Το μέταλλευμα ΠΜ που εξορύσσεται και παράγεται στην Νότιο Αφρική εμπεριέχεται στο παραγόμενο κράμα σε πολύ μικρά ποσοστά συγκέντρωσης (8 g/ton). Για αυτόν τον λόγο η εξορυκτική και παραγωγική διαδικασία είναι περίπλοκη και απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας και υλικών πόρων έχοντας ως αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλων ποσών στερεών αποβλήτων.

Για παράδειγμα η ηλεκτρική κατανάλωση των 110 MJ/ KM χρησιμοποιείται κυρίως για την διαδικασία εξόρυξης εφόσον το μέταλλευμα βρίσκεται σε βάθος περίπου 1000m. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα ορυχεία της Νοτίου Αφρικής βασίζεται στην καύση άνθρακα. Ενδεικτικά αναφέρεται πως χρειάζονται περίπου 11kg /KM.

2) Εκπομπές Αέριων Ρύπων Κατά την Φάση Εξόρυξης:

Η καύση του άνθρακα αυξάνει σε μεγάλο ποσοστό τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και διοξειδίου του θείου (SO₂). Επίσης επισημαίνεται πως οι εκπομπές του (SO₂) στον αέρα προέρχονται κυρίως από την διαδικασία τήξης των μετάλλων κατά τον διαχωρισμό τους.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί πως οι περισσότερες από τις αέριες εκπομπές συμπεριλαμβανομένων και των μεταλλικών εκπομπών που προκαλούνται κατευθείαν από την εξόρυξη και την παραγωγή των ΠΜ δεν λαμβάνονται υπόψη σε αυτή την εργασία εφόσον τα αντίστοιχα δεδομένα δεν ήταν διαθέσιμα.

3) Αέρια Εκπεμπόμενα Σωματίδια Κατά την Φάση Χρήσης του ΚΜ:

Πέρα των υπολοίπων, κατά την οδήγηση μέρος των ΠΜ εκπέμπονται από τον καταλυτικό μετατροπέα εξαιτίας της φθοράς του μηχανισμού σε πολύ μικρά ποσά, περίπου 3.2 μg/ KM. Έτσι οι βιολογικές επιπτώσεις που οφείλονται στην αυξημένη διασπορά των σωματιδίων αυτών στην ατμόσφαιρα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη.

4) Εξάντληση των Φυσικών Πηγών Αποθεμάτων:

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δειχθεί στην εκμετάλλευση των μετάλλων που χρησιμοποιούνται ως καταλυτικά στοιχεία (πλατίνας (Pt), ρόδιου (Rh) και παλλαδίου (Pd)) λόγω της σπανιότητάς τους στην φύση. Αν και απαιτούνται περίπου μόνο 2gr/KM, η εξάντληση των αποθεμάτων αυτών των μετάλλων πιθανόν να είναι κρίσιμη στο μέλλον.

5) Υγρά και Στερεά Απόβλητα Κατά την Εξόρυξή τους:

Βάσει των δεδομένων απογραφής δεν υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις από τις εκπομπές αυτές στα ύδατα. Από την άλλη μεριά η ανάπτυξη ενός ισοζυγίου μάζας καταλήγει σε εξαιρετικά μεγάλα ποσά υγρών αποβλήτων καθώς τεράστιος όγκος νερού απαιτείται για την εξόρυξη και την παραγωγή των ΠΜ. Όσον αφορά στην δημιουργία αποβλήτων, καθώς η εξόρυξη των ΠΜ λαμβάνει χώρα φυσικά σε μικρές συγκεντρώσεις, συμπεριλαμβάνει την αφαίρεση, την διαδικασία και την διάθεση τεράστιων όγκων λίθων και αποβλήτων. Ως αποτέλεσμα, ένα πολύ μεγάλο ποσό στερεών αποβλήτων περίπου 250 kg/ KM να απελευθερώνονται. Τα απόβλητα είναι κατά κύριο λόγο από υπολείμματα πετρωμάτων κατά την διαδικασία της επεξεργασίας βελτίωσης καθώς και σκουριά από την διαδικασία τήξης των μετάλλων για τον διαχωρισμό τους.

- Επιπτώσεις από την επιπλέον κατανάλωση καυσίμου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο "*καθορισμού και οριοθέτησης του συστήματος*" για να ξεπεραστεί η υποπίεση που δημιουργείται από την παρουσία του KM επιπλέον κατανάλωση καυσίμου είναι αναγκαία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εκμετάλλευση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδηγώντας στην κατανάλωση 66kg/KM ακατέργαστου πετρελαίου και 9kg/ KM φυσικού αερίου παραπάνω κατά την φάση της χρήσης. Επίσης φυσικό αέριο χρησιμοποιείται κατά την διαδικασία καθαρισμού του ακατέργαστου πετρελαίου και την παραγωγή πρόσθετων για την βενζίνη. Η επιπρόσθετη κατανάλωση βενζίνης έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών των ρύπων όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του αζώτου (NO_x), υδρογονάνθρακες (HC) και μεθάνιο (CH₄). Επιπλέον ένα μεγάλο ποσό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που αντιστοιχεί σε 390kg/KM προκαλείται κυρίως από την επιπρόσθετη καύση βενζίνης όπως και από την καταλυτική μετατροπή του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των υδρογονανθράκων (HC) σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) από τον KM στην διάρκεια της φάσης της χρήσης.

Περιβαλλοντικά οφέλη

Σημαντικά οφέλη υπάρχουν μέσω της μείωσης των εκπομπών καυσαερίων από τις εξατμίσεις κατά την φάση χρήσης του ΚΜ. Για έναν μέσο όρο ζωής ΚΜ 160.000 Km (9-10 χρόνια) επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών καυσαερίων, η οποία ανέρχεται περίπου σε 1500kg (CO), 290kg από οξειδία του αζώτου (NO_x), 140kg από υδρογονάνθρακες (HC) καθώς και 11kg μεθάνιο (CH₄).

7.1.4 3^ο ΣΤΑΔΙΟ: Εκτίμηση Επιπτώσεων

Η εκτίμηση των επιπτώσεων σε ένα υπό εξέταση σύστημα αναφέρεται σε μια ποσοτική ή και ποιοτική διεργασία που χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει και να εκτιμήσει τις αρνητικές συνέπειες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την φάση της απογραφής. Η εκτίμηση των επιπτώσεων σε μια ΑΚΖ αποτελείται από την ταξινόμηση, τον χαρακτηρισμό και την αξιολόγηση.

7.1.4.2 Ταξινόμηση

Εφόσον διαφορετικά περιβαλλοντικά φορτία δεν μπορούν να συγκριθούν απευθείας ποσοτικά, συγκρίσεις εκτελούνται μέσω της κατηγοριοποίησης (Ταξινόμησης) των περιβαλλοντικών φορτίων, σε ειδικές κατηγορίες επιπτώσεων. Οι σχετικά εν δυνάμει συνεισφορές των εισερχομένων και των εξερχομένων στις κατηγορίες επιπτώσεων με τις οποίες συσχετίζονται, όπως το φαινόμενο θερμοκηπίου και η τρύπα του όζοντος, καθορίζονται μέσω ενός δείκτη σημαντικότητας και εκτιμώνται οι συνεισφορές για κάθε μια κατηγορία επίπτωσης.

Ο Πίνακας 12 φανερώνει τα περιβαλλοντικά οφέλη όσον αφορά στις κατηγορίες επιπτώσεων: 1) δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος (POCP) από εκπομπές HC και CO, 2) Ευτροφισμός (Eutrofication) καθώς και όξυνση (acidification), που οφείλονται στις εκπομπές NO_x, είναι ουσιαστικά μεγαλύτερες από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου εξαιτίας των αυξημένων εκπομπών CO₂ και CH₄ είναι μεγαλύτερες από τα περιβαλλοντικά οφέλη. Θα πρέπει να σημειωθεί πως το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου από τα CO₂, CH₄, CO και NO_x είναι 1, 24.5, 0, 0, αντιστοίχως. Τέλος η εξάντληση των πηγών και η δημιουργία αποβλήτων είναι επίσης σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα πρέπει να προσεχθούν.

Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά αποτελέσματα των περιβαλλοντικών φορτίων

Κατηγορίες επιπτώσεων	Ποσό μειωμένου περιβαλλοντικού φορτίου	Ποσό αυξανόμενου περιβαλλοντικού φορτίου	Μονάδες μέτρησης
GWP 100	269,5	394,9	kg CO ₂ -eq
POCP	197,9	0,2	kg Ethene
Ευτροφισμός	37,4	0,4	kg NO _x -eq
Όξινη	202	0,6	kg SO ₂ -eq
Φυσικοί πόροι	0	1,8	Επιφυλακτική χρήση
Απόβλητα	0	266,7	kg αποβλήτων

7.1.4.3 Χαρακτηρισμός

Στον χαρακτηρισμό πραγματοποιείται η ανάλυση των επιπτώσεων που ανήκουν στις κατηγορίες επιπτώσεων που ορίστηκαν σε προηγούμενα στάδια. Με άλλα λόγια ο ρόλος του χαρακτηρισμού είναι να γίνει εκτίμηση των ενδεχόμενων επιπτώσεων που μπορεί να έχουν σε μεγάλες κατηγορίες όπως η ανθρώπινη υγεία και η ποιότητα του οικοσυστήματος, οι υποκατηγορίες του υπό εξέταση συστήματος. Σε αυτό το στάδιο της παρούσας μελέτης αναπτύσσονται τρία μοντέλα αξιολόγησης στα οποία υπολογίζονται διαφορετικοί δείκτες βαρύτητας ώστε να αποδοθούν ορθότερα τα περιβαλλοντικά φορτία. Τα περιβαλλοντικά φορτία πρέπει να αποδοθούν με τη σειρά τους σε κατάλληλες μονάδες ώστε να αξιολογηθούν σωστά τα αποτελέσματα των επιπτώσεων σε αυτό το σημείο προσδιορίζεται και η σημαντικότητα του σταδίου του χαρακτηρισμού. Επίσης όπως είναι γνωστό και από την θεωρία ο τρόπος μοντελοποίησης και ο βαθμός απλοποίησης των υπό εξέταση συστημάτων συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την αξιοπιστία της ΑΚΖ.

1^η ΜΕΘΟΔΟΣ: EPS

Η πρώτη μέθοδος, καθορίζει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον σε σχέση με τις συνέπειες στον τομέα της οικολογίας, και της ανθρώπινης υγείας. Πιο συγκεκριμένα καθορίζονται πέντε «γενικά πεδία προστασίας» που αντιπροσωπεύουν ένα ευρύτερο πεδίο «το περιβάλλον». Τα πεδία αυτά προσδιορίζονται ως i) "ανθρώπινη υγεία" ii) "βιολογική ποικιλομορφία" iii) "παραγωγή" iv) "φυσικές πηγές" και v) "αισθητικές αξίες". Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις χαρακτηρίστηκαν σύμφωνα με την εκδήλωση της επιθυμίας για την προστασία των καθορισμένων ως άνω «γενικών πεδίων προστασίας»

Η παρούσα μέθοδος αξιολόγησης προτρέπει ότι η χρήση της Πλατίνας, του Ροδίου και του Παλλαδίου δεν συντρέχει ουσιαστικούς λόγους ανησυχίας. Όμως μολονότι τα μέταλλα αυτά χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες, το συνολικό ποσό των 2 γραμμαρίων περίπου που απαιτείται για έναν τυπικό καταλυτικό μετατροπέα οδηγεί στην συνολική παγκόσμια μείωση του αποθέματος.

Άλλες επιπτώσεις όπως η μείωση των ενεργειακών πόρων και οι ρύποι στην ατμόσφαιρα και στο υδάτινο περιβάλλον συμβάλλουν συλλογικά στην δημιουργία μιας μικρής μονάδας περιβαλλοντικών φορτίων. Ανάμεσα στους αέριους ρύπους το διοξείδιο του άνθρακα έχει την μεγαλύτερη συμβολή σε αυτήν την μονάδα σε αντίθεση με τους υδατινούς ρύπους οι οποίοι συμβάλουν σε μικρότερο ποσοστό. Η αξιολόγηση δείχνει ουσιαστικά τα πλεονεκτήματα που δημιουργεί η σημαντική μείωση των ρύπων όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι υδρογονάνθρακες και το μεθάνιο. Υπάρχει επομένως μια συνολική και υπολογίσιμη αποφόρτιση της συνολικής μονάδας περιβαλλοντικών φορτίων.

Συνοψίζοντας τα συνολικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα ενός τυπικού καταλυτικού μετατροπέα, σταθμίζονται σημαντικά χαμηλότερα από την συνολική μονάδα περιβαλλοντικών φορτίων, στην οποία η εξόρυξη της Πλατίνας, του Ροδίου και του Παλλαδίου που είναι μη ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι, συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό (Πίνακας 13).

Πίνακας 13: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οφέλη από την μέθοδο EPS

Επιπτώσεις – Οφέλη μεθόδου EPS				
Μονάδες Περιβαλλοντικού Φορτίου (ΜΠΦ)				
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	ΑΠΜ=10%	ΑΠΜ=90%	Περιβαλλοντικά οφέλη	Οφέλη ΜΠΦ
Πηγές ενέργειας (πετρελαίου, άνθρακα, αερίου)	38,3	38,5	CO	290
Φυσικοί πόροι υλικών (Pt, Pd, Rh)	831	144	NO _x	114
Αέριες εκπομπές (CO₂)	25,8	25,7	HC	95,8
Εκπομπές υδάτων (COD)	8,1e-4	8,6e-4	CH ₄	17,4
Απόβλητα	-	-	-	-
Σύνολο	895,1	208	-	517,2

- ΑΠΜ: Ανακυκλωμένα ΠΜ

2^η ΜΕΘΟΔΟΣ: Environmental Theme (ET)

Η δεύτερη μέθοδος περιλαμβάνει μελέτη περιβαλλοντικών αντίκτυπων σε τομείς όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη, η τρύπα του όζοντος και άλλα. Η μεθοδολογία στηρίζεται σε κρίσιμα φορτία σε μια γεωγραφική περιοχή και σε καθορισμένη χρονική περίοδο για διαφορετικές κατηγορίες επιδράσεων.

Σε ότι αφορά τα περιβαλλοντικά φορτία οι πιο σημαντικές συνεισφορές δειγμάτων αφορούν τους αέριους ρύπους, την δημιουργία αποβλήτων, και την χρήση των ενεργειακών πόρων. Σχετικά με τους αέριους ρύπους, η υπερθέρμανση του πλανήτη επηρεάζεται από το διοξείδιο του άνθρακα.

Η αξιολόγηση δείχνει σημαντικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση του καταλυτικού μετατροπέα. Και αυτά αφορούν την σημαντική μείωση των ιδιαίτερα βλαβερών ουσιών για τον ανθρώπινο οργανισμό και το περιβάλλον όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξειδία του αζώτου, οι υδρογονάνθρακες και το μεθάνιο.

Συμπερασματικά, σαν αποτέλεσμα, τα συνολικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σταθμίζονται σημαντικά υψηλότερα από τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες προέρχονται κυρίως από το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο αφορά τους αέριους ρύπους και το διοξείδιο του θείου που σχετίζεται με την δημιουργία υγρών αποβλήτων (Πίνακας 14).

Πίνακας 14: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οφέλη από την μέθοδο Environmental Theme

Επιπτώσεις – Οφέλη μεθόδου ET				
Μονάδες ET - Points				
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	ΑΠΜ=10%	ΑΠΜ=90%	Περιβαλλοντικά οφέλη	Οφέλη ET-points
Πηγές ενέργειας (πετρελαίου, άνθρακα, αερίου)	9,93e+3	1,04e+4	CO	1,25e+6
Φυσικοί πόροι υλικών (Pt, Pd, Rh)	-	-	NO _x	1,14e+6
Αέριες εκπομπές (CO ₂)	2,06e+4	2,20e+4	HC	1,03e+6
Εκπομπές υδάτων (Zn)	4,38e+2	2,70e+3	CH ₄	1,06e+4
Απόβλητα	1,11e+4	2,70e+3	-	-
Σύνολο	4,21e+4	3,73e+4	-	3,43e+6

3^η ΜΕΘΟΔΟΣ: Eco – scarcity

Η τρίτη και τελευταία μέθοδος αποτιμά κάθε περιβαλλοντικό φορτίο βασισμένη στην σχέση μεταξύ του κρίσιμου ετήσιου φορτίου και του πραγματικού ετήσιου φορτίου για ένα δεδομένο.

Η αξιολόγηση της μεθόδου υπολογίζει την παραγωγή υγρών αποβλήτων ως το πιο κρίσιμο αντίκτυπο ενώ τις άλλες επιπτώσεις τις αποτιμά ως λιγότερο σημαντικές. Η αξιολόγηση δείχνει σημαντικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την μεγάλη μείωση των αέριων ρύπων οι οποίοι μειώνονται σημαντικά με την χρήση του καταλυτικού μετατροπέα. Η μείωση επικεντρώνεται στα οξείδια του αζώτου και στους υδρογονάνθρακες καθώς για το μονοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο δεν υπάρχουν ακριβείς δείκτες και στοιχεία.

Κλείνοντας, τα συνολικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σταθμίζονται οριακά χαμηλότερα από τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφού η μέθοδος λαμβάνει σοβαρά υπόψη το ποσό των υγρών αποβλήτων που είναι ιδιαίτερα αυξημένο (Πίνακας 15).

Πίνακας 15: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οφέλη από την μέθοδο Eco – scarcity

Επιπτώσεις – Οφέλη μεθόδου ECO- scarcity				
Μονάδες Eco - points				
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	ΑΠΜ=10%	ΑΠΜ=90%	Περιβαλλοντικά οφέλη	Οφέλη ECO-points
Πηγές ενέργειας (πετρελαίου, άνθρακα, αερίου)	2,64e+3	2,73e+3	CO	-
Φυσικοί πόροι υλικών (Pt, Pd, Rh)	-	-	NO _x	1,37e+6
Αέριες εκπομπές (CO₂, SO₂)	1,83e+4	5,21e+4	HC	1,44e+6
Εκπομπές υδάτων (Zn)	2,53e+2	1,88e+3	CH ₄	-
Απόβλητα	8,92e+6	1,72e+6	-	-
Σύνολο	8,94e+6	1,78e+6	-	2,81e+6

7.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η αποτίμηση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ωφελειών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το ποσό ΠΜ που χρησιμοποιείται στον ΚΜ, την χώρα παραγωγής ΠΜ, την διαδικασία κατανομής, τους ρύπους των αυτοκινήτων, τον χρόνο λειτουργίας του ΚΜ και κατ'επέκταση του οχήματος, την υψηλή κατανάλωση καυσίμου εξ αιτίας της χρήσης ΚΜ, την ποιότητα των δεδομένων και φυσικά το ποσοστό ανακυκλωμένων ΠΜ που εμπεριέχονται στον ΚΜ.

Υπενθυμίζεται πως στην παρούσα μελέτη οι περισσότερες εκπομπές από την παραγωγή ΠΜ και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τον κύκλο ζωής του αισθητήρα οξυγόνου και των άλλων συστημάτων ελέγχου, δεν λήφθηκαν υπόψη, εφόσον τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί πως όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις/ οφέλη συμβαίνουν και χαρακτηρίζονται την χρονική διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας εργασίας.

Στην πραγματικότητα τα περιβαλλοντικά οφέλη του ΚΜ αυξάνονται ολοένα και περισσότερο με την αύξηση του χρόνου χρήσης, ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την διαδικασία της εξόρυξης και της παραγωγής των ΠΜ εμφανίζονται πριν ο ΚΜ χρησιμοποιηθεί και είναι ανεξάρτητα του χρόνου χρήσης του.

Τα δεδομένα της απογραφής δείχνουν ότι οι διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις εμφανίζονται στον κύκλο ζωής του ΚΜ και σχετίζονται με την εξόρυξη και την παραγωγή ΠΜ όπως και στην διάρκεια λειτουργίας του.

Για τον ισχύον βαθμό ανακύκλωσης οι δύο στις τρεις θεωρούμενες μεθόδους χαρακτηρισμού της παρούσας εργασίας οδηγούν στο συμπέρασμα πως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως η εξάντληση των φυσικών πόρων και η δημιουργία στερεών αποβλήτων δεν είναι λιγότερο σημαντικές από την μείωση των αέριων ρύπων που βγαίνουν από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Θα μπορούσε λοιπόν να ειπωθεί πως σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής ή ισοδύναμα των θεωρούμενων μεθόδων βαρύτητας δείχνεται πως μέρος του ΚΖ του ΚΜ είναι υπεύθυνο για διάφορες σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σημειώνεται πως όπως αναφέρει και το όνομα του, ένας ΚΜ δεν είναι τίποτε άλλο από ένας «μετατροπέας». Βάσει των ανωτέρων τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και σε επίπεδο μιας μελέτης ΑΚΖ ο ΚΜ «μετατρέπει» παρά μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Όπως φαίνεται από την μελέτη των αποτελεσμάτων η χρήση ΚΜ μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τοπικά μειώνοντας τα επίπεδα των εκπεμπόμενων ρύπων, ενώ από την άλλη μεριά αυξάνει σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε άλλες τοποθεσίες ιδίως κατά την εξόρυξη και την παραγωγή των ακατέργαστων υλικών. Αξίζει να σημειωθεί ότι άνθρωποι στις αναπτυσσόμενες χώρες που τα περιβαλλοντικά φορτία αυξάνονται, επωφελούνται από το κέρδος της παραγωγής, ενώ, επίσης αντιμετωπίζουν τις συνέπειες των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε μεγαλύτερο βαθμό καθώς και κόστος αντιμετώπισης τους.

Οι «μετατρεμμένες και μεταθεμένες» επιπτώσεις πιθανόν να εμφανιστούν σε βάθος χρόνου ως τοπικά ή ακόμα και ολικά προβλήματα ως αλυσιδωτές επιπτώσεις της λύσης του «τελειώματος του σωλήνα». Έτσι, ο τύπος του προβλήματος της μόλυνσης από τα καυσαέρια των εξατμίσεων των αυτοκινήτων μπορεί να μετατρέπεται παραμένοντας πάντα κρίσιμο το ενδεχόμενο αυτά τα περιβαλλοντικά προβλήματα να μη λυθούν ποτέ αποτελεσματικά.

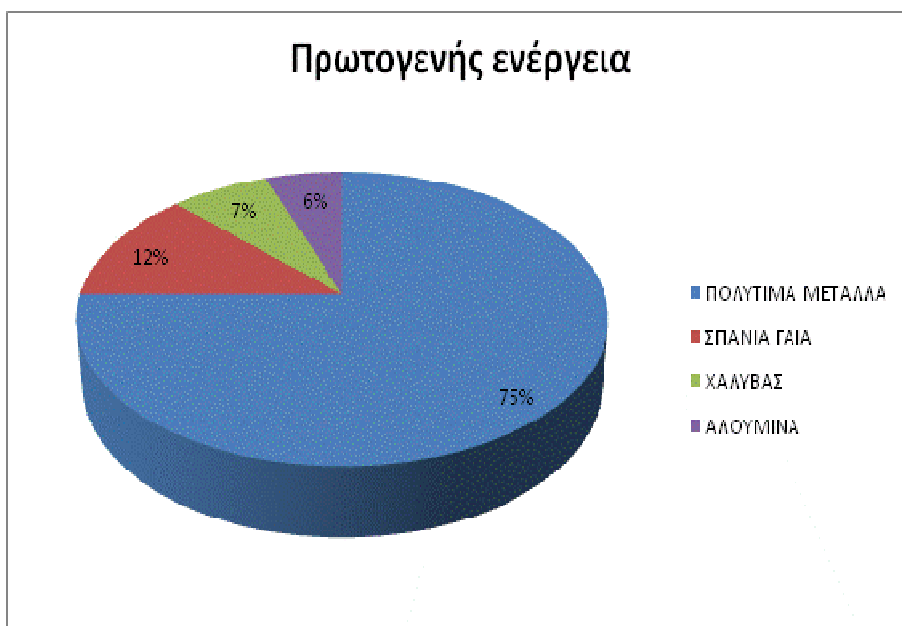
Καθώς η πρωτογενής παραγωγή των ΠΜ είναι συνδεδεμένη με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ένα αυξημένο ποσοστό ΑΠΜ θα οδηγήσει σε ουσιαστική μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Συνοψίζοντας σημειώνεται πως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συμβαίνουν σε μία μελέτη ΑΚΖ δεν πρέπει να παραβλέπονται μπροστά στα περιβαλλοντικά οφέλη με σκοπό την βελτίωση του περιβάλλοντος και της αιφόρου ανάπτυξης σε τοπικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο.

8. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

8.1 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΜ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΚΜ [4]

Το παρακάτω Γράφημα 6 αναφέρεται στο ποσοστό που κατέχουν τα ΠΜ στη συνολική απαιτούμενη πρωτογενή ενέργεια για την κατασκευή ενός ΚΜ. Όπως είναι φανερό τα ΠΜ είναι υπεύθυνα για το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας το οποίο αγγίζει το 75%.



Γράφημα 6: Ποσόστωση απαιτούμενης πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ενός ΚΜ βάσει των δομικών του στοιχείων.

8.2 ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΜ

Όπως είναι γνωστό όλα τα στοιχεία μεταλλικά και μη που βρίσκονται στη φύση με την μορφή κοιτασμάτων είτε ως μεμονωμένα στοιχεία, είτε ως μέρος κραμάτων διαφόρων στοιχείων είναι δυνατόν να αποκτηθούν απευθείας από την φύση. Στην περίπτωση αυτή τα παραγόμενα στοιχεία χαρακτηρίζονται ως στοιχεία «*πρωτογενούς παραγωγής*» καθώς δεν έχει προηγηθεί η χρήση τους και αντίστοιχα η διαδικασία ως «*πρωτογενή παραγωγή*».

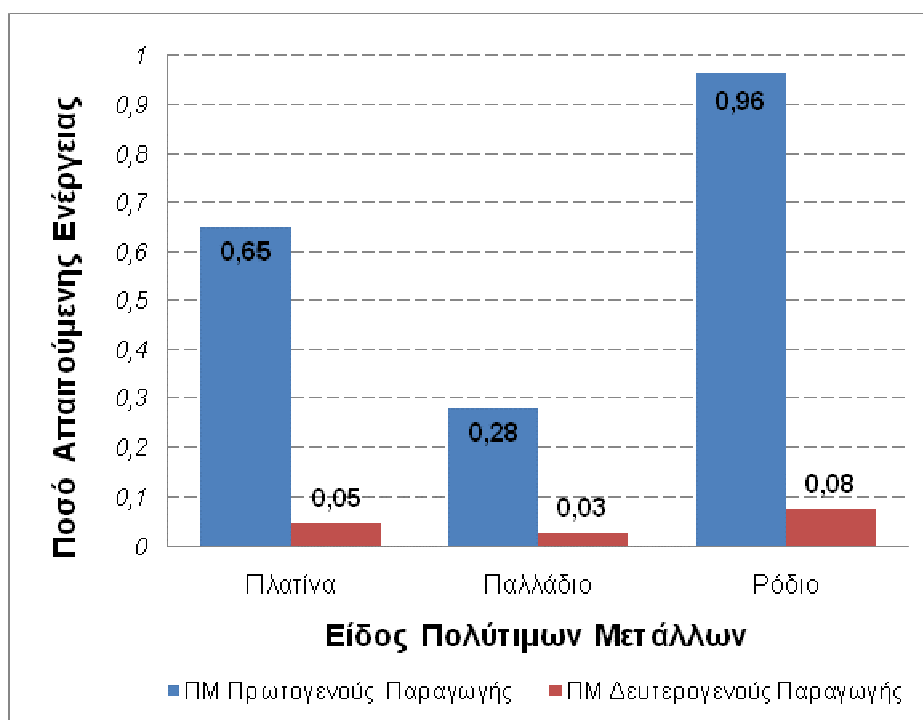
Εστιάζοντας στην περίπτωση των ΠΜ για τα οποία γίνεται λόγος στην παρούσα εργασία, κατά την «*πρωτογενή παραγωγή*» τους, η οποία περιλαμβάνει στάδια όπως η εξόρυξη, η συλλογή και η μεταφορά των πρώτων υλών, απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Η εξόρυξη αποτελεί αναπόφευκτη αλλά χρονοβόρα και κατά κύριο λόγο την περισσότερο ενεργόβορα διεργασία τις αλυσίδας των διαδικασιών της «*πρωτογενούς παραγωγής*» των ΠΜ.

Ένα μεγάλο πρόβλημα της «*πρωτογενούς παραγωγής*» είναι η διαθεσιμότητα των κοιτασμάτων και των αποθεμάτων των ΠΜ, τα οποία έχουν περιοριστεί σημαντικά ανά τον κόσμο. Χρειάζεται λοιπόν οργάνωση και συνεννόηση μεταξύ των χωρών παραγωγής ΠΜ για την ομαλή και ασφαλή διαδικασία καταμερισμού των εναπομεινάντων αποθεμάτων.

Πέρα από την «*πρωτογενή παραγωγή*» τα στοιχεία που αποτελούν μέρος μηχανισμών (μηχανολογικών, ηλεκτρικών, ηλεκτρονικών, ιατρικών συσκευών κτλ.) είναι δυνατόν να ανακτηθούν μέσω διαδικασιών ανακύκλωσης απενεργοποιημένων μηχανισμών και να επαναχρησιμοποιηθούν. Στην περίπτωση αυτή τα ανακτώμενα στοιχεία χαρακτηρίζονται ως στοιχεία «*δευτερογενούς παραγωγής*» καθώς έχει προηγηθεί η χρήση τους έστω μια φορά. Όσον αφορά στα ΠΜ η δευτερογενής παραγωγή τους συνδέεται κατά κύριο λόγο με την ανάκτηση τους από τους απενεργοποιημένους ΚΜ, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των ΠΜ «*πρωτογενούς παραγωγής*» προορίζεται για χρήση σε ΚΜ.

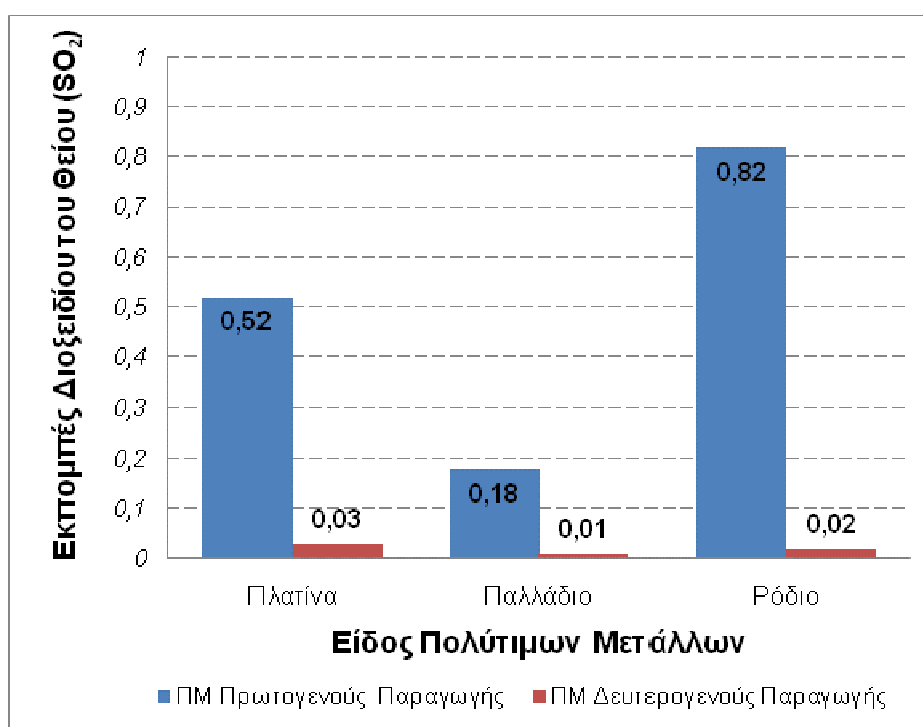
Επίσης η «*δευτερογενής παραγωγή*» είναι πολύ σημαντική γιατί χάρη σε αυτήν παρακάμπτεται η «*πρωτογενής*» διαδικασία με αποτέλεσμα να μειώνονται σε σημαντικό βαθμό οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σε αυτόν τον τομέα οι επιστήμονες και οι ερευνητές έχουν αποδώσει μεγάλο βάρος των μελετών τους εξ' αιτίας της σπουδαιότητάς του. Αποτελεί λοιπόν ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο πεδίο με αισιόδοξα αποτελέσματα.

Στο Γράφημα 7 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσά της απαιτούμενης ενέργειας κατά την «πρωτογενή» και «δευτερογενή» παραγωγή ΠΜ, που προορίζονται για χρήση σε ΚΜ, βάσει των στοιχείων που αναφέρονται στην εργασία του J. Gediga et al [4]. Όπως γίνεται φανερό κατά την «πρωτογενή παραγωγή» απαιτούνται ποσά ενέργειας έως και δεκατρείς φορές μεγαλύτερα από ότι κατά την «δευτερογενή παραγωγή». Σύμφωνα με τον μελετητή η κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος κατά την «πρωτογενή παραγωγή» είναι η παροχή πεπιεσμένου αέρα. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί την εξαιρετικά μεγάλη παρατηρούμενη διαφορά καθώς για την ψύξη του αέρα από τη μια και την συμπίεσή του από την άλλη απαιτούνται τεράστια ποσά ισχύος για την διοχέτευσή του σε βάθη από 2000 έως και 4000m. Σημειώνεται πως οι απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος θα ήταν δυνατόν να μειωθούν σημαντικά (πάνω από 60%) αν ήταν δυνατή η χρήση νερού ως κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας. Όλα αυτά μαζί με την χαμηλή συγκέντρωση μετάλλων στα κοιτάσματα συντελούν στην αύξηση του ποσού ενέργειας που απαιτείται για την εξόρυξη και την παραγωγή των ΠΜ.



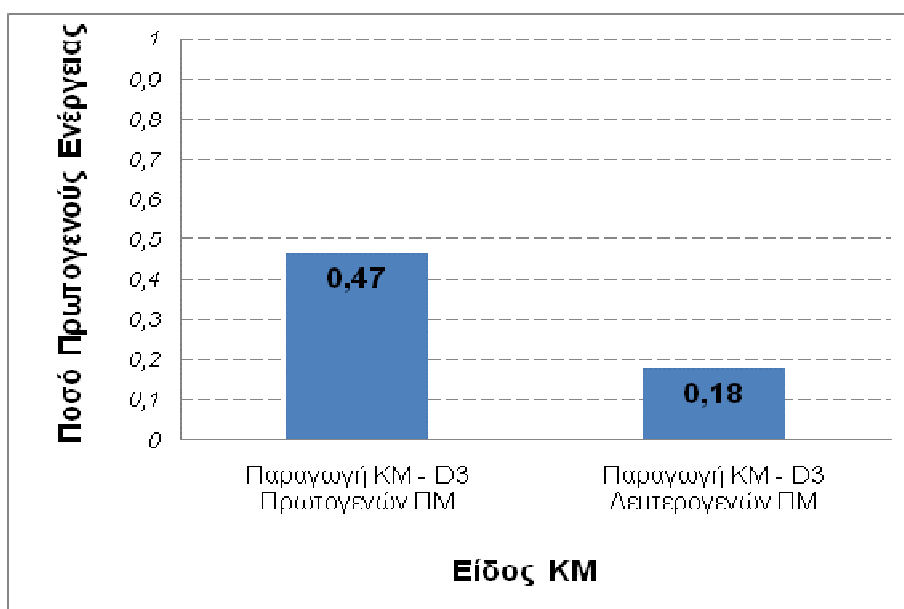
Γράφημα 7: Απαιτούμενη Ενέργεια για Πλατίνα, Παλλάδιο και Ρόδιο Πρωτογενούς και Δευτερογενούς παραγωγής

Από την άλλη μεριά η ανάκτηση των ΠΜ από την ανακύκλωση απενεργοποιημένων μηχανικών συστημάτων όπως οι ΚΜ παρουσιάζει πολύ μικρές απαιτήσεις ενέργειας καθώς αποφεύγεται το στάδιο της εξόρυξης. Επίσης όπως γίνεται φανερό στο Γράφημα 8 τα υψηλότερα ποσά κατανάλωσης ενέργειας είναι συνυφασμένα με τις ουσιαστικά μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του θείου SO_2 , καθώς η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων είναι ουσιαστικά μεγάλη.



Γράφημα 8: Ποσό Εκπομπών Διοξειδίου του θείου (SO_2) για Πλατίνα, Παλλάδιο και Ρόδιο Πρωτογενούς και Δευτερογενούς παραγωγής

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η «πρωτογενής παραγωγή» συν των άλλων ενισχύει την εξάντληση των φυσικών πόρων υλικών. Βλέποντας το ζήτημα λίγο ευρύτερα θα μπορούσε κανείς να πει πως η χρήση ΠΜ «πρωτογενούς παραγωγής» στον ΚΜ (ή και σε οποιαδήποτε μηχανισμό) επιβαρύνει σημαντικά το περιβαλλοντικό φορτίο που προκαλείται κατά τον ΚΖ του. Αυτό θα μπορούσε να δικαιολογηθεί παρατηρώντας το Γράφημα 9 [4] στο οποίο φαίνεται η κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή ενός ΚΜ, που πληροί τα όρια των προδιαγραφών του γερμανικού προτύπου D3, τόσο κατά την χρήση ΠΜ «πρωτογενούς παραγωγής» όσο κατά την χρήση ΠΜ «δευτερογενούς» παραγωγής της ίδιας απόδοσης. Όπως γίνεται φανερό η παρουσία ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» μειώνει κατά το ήμισυ τις ενεργειακές απαιτήσεις της κατασκευής του ΚΜ.



Γράφημα 9: Κατανάλωση Πρωτογενούς ενέργειας κατά την φάση παραγωγής

- i) ΚΜ από 100% ΠΜ Πρωτογενούς παραγωγής καθώς και
- ii) ΚΜ από 100% ΠΜ Δευτερογενούς παραγωγής
(Σύμφωνα με το Γερμανικό πρότυπο D3)

Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως για την υλοποίηση των γραφημάτων 7,8 και 9 αρχικά θεωρήθηκε μέγεθος αναφοράς το οποίο αυθαίρετα πήραμε ίσο με την μονάδα, καθώς τα γραφήματα προήλθαν από ποιοτικά διαγράμματα της εργασίας του J. Gediga et al [4], τα οποία δεν ήταν εκφρασμένα σε μονάδες. Το μέγεθος αυτό αντιπροσωπεύει το μέγιστο ποσό απαιτούμενης ενέργειας και εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂). Παρακάτω παρατίθεται η διαδικασία «δευτερογενούς παραγωγής» μέσω της διαδικασίας ανακύκλωσης απενεργοποιημένων ΚΜ.

ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» από την διαδικασία ανακύκλωσης απενεργοποιημένων ΚΜ [5]

Η έλλειψη του αποθέματος των ΠΜ είχε ως αποτέλεσμα την επιτακτική ανάγκη της ανάκτησης τις περιεχόμενης ποσότητάς τους στους απενεργοποιημένους ΚΜ μέσω της διαδικασίας της ανακύκλωσης. Η διαδικασία ανάκτησης των ΠΜ ακολουθεί συνοπτικά τα παρακάτω στάδια:

α) Απομάκρυνση του μεταλλικού κελύφους.

β) Άλεση και ομογενοποίηση του μονόλιθου (όχι για όλους τους τύπους καταλυτικών μετατροπέων).

γ) Προ διαχωρισμός μεταλλικών συστατικών.

δ) Εξευγενισμός και διαχωρισμός των ΠΜ. Τα προηγούμενα στάδια οδηγούν στην παραγωγή ενός στερεού ή υγρού συμπυκνώματος, που όμως απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία και καθαρισμό. Ο καθαρισμός γίνεται συνήθως σε ανεξάρτητες μονάδες και αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία.

Ο παρακάτω Πίνακας 16 αναφέρει τις κυριότερες μέθοδους ανάκτησης μετάλλων από καταλυτικά συστήματα, καθώς και τα ποσοστά ανάκτησης λευκόχρυσου, παλλαδίου και ροδίου.

Πίνακας 16: Μέθοδοι ανάκτησης μετάλλων από καταλυτικά συστήματα

α/α	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΑΝΑΚΤΗΣΗ (%)		
		Pt	Pd	Rh
1	Διαλυτοποίηση του υποστρώματος	88-94	88-96	84-88
2	Αδιάλυτο υπόστρωμα μονολιθικού ΚΜ	85-92	85-93	78-85
3	Ξηρή χλωρίωση	85-90	85-90	85-90
4	Σύντηξη	80-90	80-90	65-75
5	Συλλογή χαλκού	88-94	88-94	83-88

Στον ευρωπαϊκό χώρο έχουν ήδη εγκατασταθεί δίκτυα συλλογής και επεξεργασίας ΚΜ. Η Γερμανία, ως χώρα παραγωγής αυτοκινήτων και διαθέτοντας εργοστάσια παραγωγής ΚΜ, έχει αναπτύξει έναν μηχανισμό συγκέντρωσης και ανάκτησης των ΠΜ και ανακυκλώσιμων υλικών από τους ΚΜ. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται προσπάθειες από γερμανικής πλευράς για δραστηριοποίηση του δικτύου συλλογής και στις γύρω χώρες.

Στην Ελλάδα δεν δραστηριοποιείται κάποια μονάδα συλλογής και ανακύκλωσης ΚΜ αυτοκινήτων προς ανάκτηση των ΠΜ τους. Υπό κατάλληλες προϋποθέσεις θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα οργανωμένο δίκτυο συγκέντρωσης των απενεργοποιημένων ΚΜ, καθώς ο Οργανισμός Διαχείρισης Δημόσιου Υλικού διαθέτει κάποιες από αυτές. Όπως για παράδειγμα υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι ασφαλείας με εξοπλισμό διακίνησης και μεταφοράς υλικών. Επίσης το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο επιτρέπει την αποκλειστική διαχείριση άχρηστων υλικών του ευρύτερου δημόσιου τομέα γενικότερα. Υπάρχει σχετική εμπειρία σε διαδικασίες εκποίησης υλικών και σε μηχανισμούς απόσυρσης αυτοκινήτων.

Προκειμένου, βέβαια, να κατασκευαστεί μια μονάδα ανάκτησης των στοιχείων των ΚΜ θα πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο είναι βιώσιμη και οικονομικά συμφέρουσα. Από προηγούμενες μελέτες και με βάση τον ετήσιο διαθέσιμο αριθμό ανενεργών ΚΜ στον ελλαδικό χώρο, η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας δεν είναι συμφέρουσα. Η ανακύκλωση των τριοδικών ΚΜ είναι οριακά κερδοφόρα έως μη κερδοφόρα.

Η παρουσία τριών ευγενών μετάλλων στην σύνθεσή τους, τα οποία μάλιστα έχουν παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες, κάνει την διαδικασία ανάκτησής τους πολύ δύσκολη και υψηλού κόστους.

Το συμπέρασμα αυτό δεν σημαίνει πως θα πρέπει να ανασταλεί η προσπάθεια ανάκτησης των ΠΜ. Άλλωστε η ανάγκη συλλογής και επαναχρησιμοποίησης των σημαντικών υλικών των ΚΜ κρίνεται επιβεβλημένη, ακόμα και αν δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη ολόκληρης μονάδας στην Ελλάδα. Ιδιαίτερα σκόπιμες ενέργειες αποτελούν η συλλογή και συγκέντρωση των ανενεργών ΚΜ, η άλεση και η προετοιμασία του κεραμικού υλικού, ενώ και το μεταλλικό περίβλημα μπορεί να ανακυκλωθεί. Στη συνέχεια απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία των ανενεργών ΚΜ, που μπορεί όμως να λάβει χώρα σε οργανωμένες ευρωπαϊκές εγκαταστάσεις. Στρεφόμενοι προς αυτή την κατεύθυνση επιτυγχάνονται οι εξής ζωτικοί στόχοι:

- α) Ανάκτηση ΠΜ.
- β) Εξοικονόμηση περιορισμένων φυσικών πόρων.
- γ) Προστασία του περιβάλλοντος, καθώς ένα μέρος των απενεργοποιημένων ΚΜ στην Ελλάδα εγκαταλείπεται σε χώρους απόρριψης απορριμμάτων.
- δ) Έλεγχος επί της διασποράς και της ανεξέλεγκτης διάθεσης.
- ε) Περιορισμός των κινδύνων από τα στάδια επεξεργασίας.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα διαχείρισης ΚΜ απαιτούνται συγκεκριμένες ενέργειες:

- α) Αντικατάσταση των καταλυτικών συστημάτων, όταν παύουν να είναι αποτελεσματικά καθώς επίσης και πιο αυστηρή εφαρμογή της κάρτας ελέγχου καυσαερίων.
- β) Έλεγχος της αγοράς ανταλλακτικών καταλυτικών συστημάτων, ούτως ώστε να περιοριστεί η κυκλοφορία αναποτελεσματικών ΚΜ.
- γ) Έλεγχος της διαχείρισης των ανενεργών ΚΜ σε όλα τα στάδια.
- δ) Ανάπτυξη αποτελεσματικού συστήματος συλλογής, προώθησης και διαχείρισης των ΚΜ.

Χρήση ανακυκλωμένων ΠΜ και Πρωτογενής Ενέργεια

Η ενέργεια που απαιτείται στην πρωτογενή φάση επεξεργασίας καθώς και η εκπομπή του διοξειδίου του θείου (SO₂), είναι σχετικά υψηλή σε σύγκριση με την δευτερογενή φάση. Η κατανάλωση ενέργειας στο αρχικό τμήμα της παραγωγής όπως είναι φυσικό σχετίζεται άμεσα με τη εξορυκτική διαδικασία. Για παράδειγμα χρειάζεται ένα τεράστιο απόθεμα ενέργειας για να υποστηριχθεί το σύστημα το οποίο ψύχει και καθαρίζει τον αέρα που διοχετεύεται στο ορυχείο σε βάθη που κυμαίνονται από 2000 μέχρι και 4000 μέτρα κάτω από το έδαφος.

Επίσης η ενεργειακή απαίτηση στην πρωτογενή φάση σχετίζεται με τους φυσικούς πόρους που χρησιμοποιούνται για την ισχύ της παραγωγής όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η απαιτούμενη ενέργεια θα μπορούσε όμως να ελαττωθεί μέχρι και 60% αν η χρησιμοποίηση του νερού ήταν εφικτή, όμως σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι και τόσο οικονομικό να χρησιμοποιούμε την δύναμη του νερού.

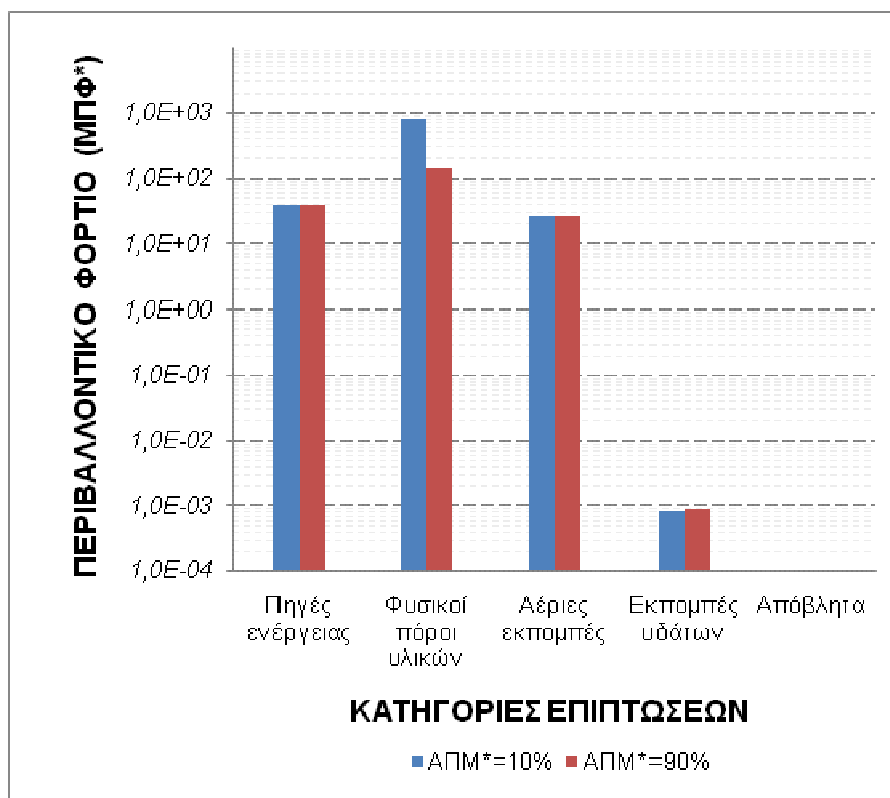
Όλα αυτά μαζί με την χαμηλή συγκέντρωση μετάλλων στα κοιτάσματα συντελούν στην αύξηση του ποσοστού ενέργειας που απαιτείται για την εξόρυξη και την παραγωγή των ΠΜ. Με την χρήση ανακυκλωμένων ΠΜ στους ΚΜ όπως είναι λογικό παρακάμπτουμε την πρωτογενή φάση και έχουμε ως αποτέλεσμα την σημαντικότερη περικοπή της απαιτούμενης ενέργειας. Στο συγκεκριμένο σημείο έχουμε τεράστιο ενεργειακό όφελος, εξετάζοντας όμως τα στάδια ανακύκλωσης των μετάλλων προκύπτει ότι και αυτά με τη σειρά τους επιβαρύνουν σε μεγάλο ποσοστό το περιβάλλον.

8.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΠΜ ΣΤΟΝ ΚΖ ΤΟΥ ΚΜ

Σε αυτό το σημείο της εργασίας βάσει των όσον προαναφέρθηκαν στην παράγραφο 8.2 για την σημαντικότητα της διαδικασίας παραγωγής («πρωτογενής» / «δευτερογενής») των ΠΜ στο συνολικό ποσό ενέργειας που απαιτείται και ως εκ τούτου στο περιβαλλοντικό φορτίο, που προκύπτει κατά την κατασκευή ενός ΚΜ, κρίνεται σκόπιμο να μελετηθεί η επίδραση του περιεχόμενου ποσοστού ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» στο ΚΖ του ΚΜ.

Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η μεταβολή του περιβαλλοντικού φορτίου συναρτήσει των διαφόρων παρατηρούμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων για δύο διαφορετικά ποσοστά περιεχόμενων ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής», όπως προκύπτει από την ΑΚΖ του ΚΜ του επιβατικού αυτοκίνητου, που μελετάται στο Κεφάλαιο 7 [3]. Από την παρατήρηση των γραφημάτων γίνεται φανερό πως τα περιβαλλοντικά φορτία έχουν μελετηθεί μέσω της θεώρησης τριών διαφορετικών Μεθόδων Βαρύτητας. Όπως είναι γνωστό μία σωστή και αντικειμενική διαδικασία "χαρακτηρισμού" απαιτεί την θεώρηση περισσότερων της μιας Μεθόδων Βαρύτητας. Στόχος κάθε μίας Μεθόδου είναι να εκτιμήσει το μέγεθος και την σοβαρότητα των επιπτώσεων, που έχουν οριστεί στο στάδιο της απογραφής για το κάθε φορά υπό εξέταση σύστημα στο περιβάλλον, θέτοντας τα δικά της «γενικά πεδία προστασίας» και τους δικούς της δείκτες βαρύτητας. Επίσης για την κάθε μία από της θεωρούμενες Μεθόδους εκτός των άλλων στην παρούσα εργασία έχει αναπτυχθεί ένα συγκριτικό γράφημα (Γράφημα 11, Γράφημα 13, Γράφημα 15) στο οποίο παρουσιάζεται το συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο όλων των επιπτώσεων, που προκύπτει για κάθε ένα από τα ποσοστά ανακυκλωμένων περιεχόμενων ΠΜ έναντι του συνολικού περιβαλλοντικού φορτίου όλων των οφελών.

Όσον αφορά στην πρώτη θεωρούμενη Μέθοδο Βαρύτητας (EPS) όπως, έχει ήδη αναφερθεί στην αντίστοιχη παράγραφο του κεφαλαίου 7, τα περιβαλλοντικά φορτία υπολογίζονται βάσει του βαθμού επιθυμίας να προφυλαχτεί κάθε ένα από τα ορισμένα «γενικά πεδία προστασίας». Επίσης υπενθυμίζεται πως στο πλαίσιο της εν λόγω μεθόδου ο μεγαλύτερος δείκτης βαρύτητας θεωρήθηκε για την εξάντληση των Φυσικών Πόρων Υλικών λόγω της σπανιότητας ΠΜ (Pt, Pd και Rh). Παρατηρώντας το Γράφημα 10 γίνεται φανερό πως η αύξηση του ποσοστού των περιεχόμενων ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» από 10% σε 90% μειώνει σημαντικά (κατά ~82%) το περιβαλλοντικό φορτίο που προέρχεται από την εξάντληση των Φυσικών Πόρων Υλικών. Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς το απαιτούμενο ποσοστό που ΠΜ που προέρχονται από «πρωτογενή παραγωγή» μειώνεται κατά 80% από την μία περίπτωση στην άλλη. Συνεχίζοντας, μεταξύ των δύο θεωρούμενων ΚΜ η διακύμανση των περιβαλλοντικών φορτίων, τα οποία προέρχονται από την χρήση μη ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τις Αέριες Εκπομπές και τις Εκπομπές Υδάτων είναι εξαιρετικά μικρή τόσο που μπορεί να θεωρηθεί και αμελητέα.

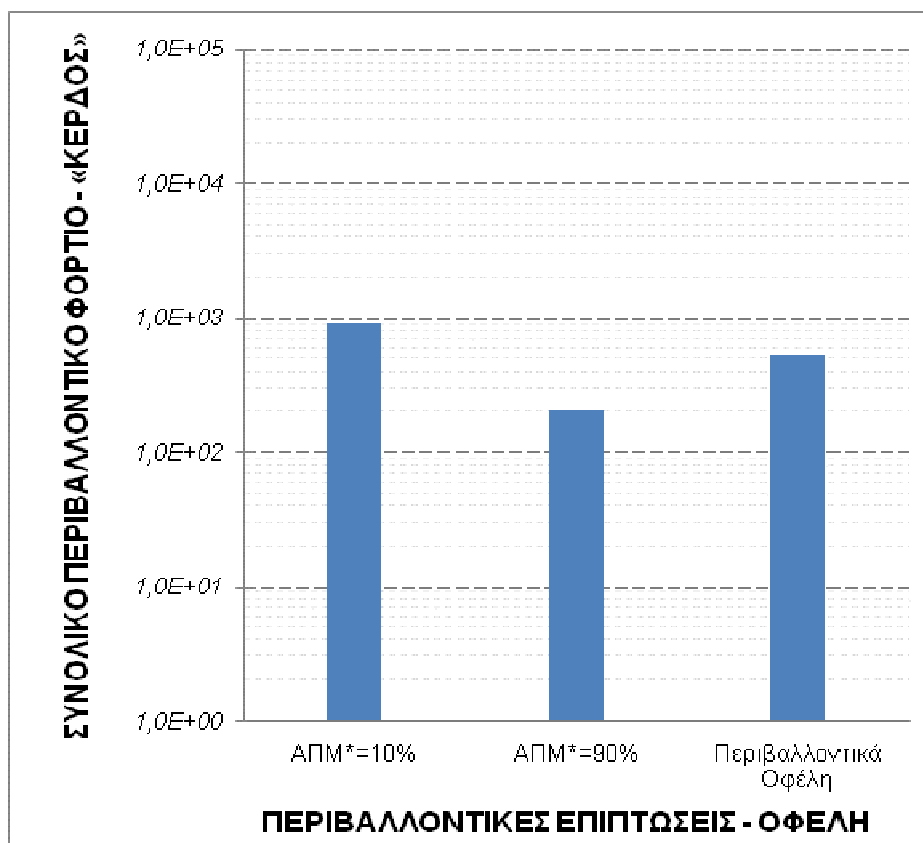


*ΜΠΦ: Μονάδες Περιβαλλοντικού Φορτίου

*ΑΠΜ: Ανακυκλωμένα ΠΜ

Γράφημα 10: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκφρασμένες σε μονάδες ΜΠΦ, σύμφωνα με την μέθοδο EPS για ανακυκλωμένα ΠΜ σε ποσοστό 10% και 90%

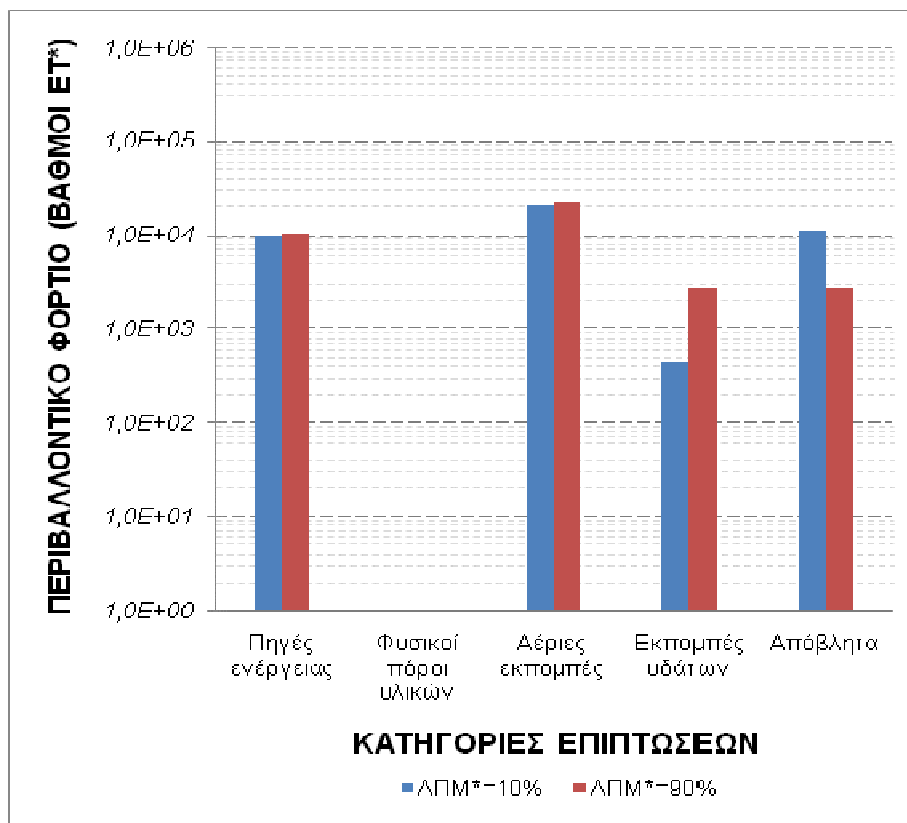
Στο Γράφημα 11 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα συνολικά περιβαλλοντικά φορτία των επιπτώσεων και για τα δύο ποσοστά ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» έναντι του συνολικού περιβαλλοντικού «κέρδους» από τα οφέλη που προκύπτουν για τον ΚΖ του ΚΜ. Όπως είναι προφανές το συνολικό περιβαλλοντικό όφελος υπολογίζεται σημαντικά μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο περιβαλλοντικό φορτίο για την περίπτωση του ΚΜ με 10% ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής». Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι στον υπολογισμό του συνολικού περιβαλλοντικού φορτίου των επιπτώσεων συνεισφέρει σημαντικά η χρήση ΠΜ «πρωτογενούς παραγωγής» μέσω της εξάντλησης των Φυσικών Πόρων Υλικών καθώς περιέχονται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό (~90%). Επίσης η μη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα διάφορα στάδια κατασκευής του ΚΜ αποτελεί έναν επιπλέον παράγοντα που συνεισφέρει σε αυτή την διαφορά. Αναμενόμενη είναι η αντιστροφή της διαφοράς μεταξύ του συνολικού περιβαλλοντικού φορτίου και του συνολικού περιβαλλοντικού «κέρδους», που παρατηρείται με την αύξηση του ποσοστού από 10% σε 90% των περιεχόμενων ανακυκλωμένων ΠΜ στον ΚΜ αφού στην περίπτωση αυτή μειώνεται σημαντικά το περιβαλλοντικό φορτίο που εισέρχεται από την εξάντληση των Φυσικών Πόρων Υλικών.



*ΑΠΜ: Ανακυκλωμένα ΠΜ

Γράφημα 11: Συνολικό Περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για την μέθοδο EPS

Το παρακάτω Γράφημα 12 παρουσιάζει τα περιβαλλοντικά φορτία των διαφόρων επιπτώσεων που υπολογίστηκαν με την μέθοδο ΕΤ. Στην περίπτωση αυτή οι δείκτες βαρύτητας των επιπτώσεων ορίζονται θεωρώντας τα «κρίσιμα» φορτία που ισχύουν για τις καθορισμένες «ειδικές κατηγορίες επιπτώσεων» σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Παρατηρώντας το γράφημα εύκολα διαπιστώνεται πως το περιβαλλοντικό φορτίο, το οποίο προέρχεται από την χρήση μη ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μειώνεται ελαφρώς όταν το ποσοστό των περιεχόμενων ΠΜ «δευτερογενούς ενέργειας» μειώνεται στο 10%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως η επιπλέον χρήση ακατέργαστου πετρελαίου και φυσικού αερίου εξαιτίας της αυξημένης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, που απαιτείται στο στάδιο της ανακύκλωσης, έχει ως αποτέλεσμα η προκαλούμενη επιβάρυνση των περιβαλλοντικών φορτίων να είναι τελικά μεγαλύτερη από το περιβαλλοντικό «κέρδος» λόγω της μείωσης των απαιτήσεων σε άνθρακα κατά την παραγωγή ΠΜ «πρωτογενούς παραγωγής». Όσον αφορά στα περιβαλλοντικά φορτία των Αέριων Εκπομπών καθώς και των Εκπομπών Υδάτων σύμφωνα με το γράφημα για το ΚΜ με το μικρότερο ποσοστό ανακυκλωμένων ΠΜ είναι ελαφρώς έως και σημαντικά μικρότερα πλησιάζοντας την μία τάξη μεγέθους. Αυτό είναι απόρροια του γεγονότος ότι στοιχεία για τις περισσότερες από τις Αέριες Εκπομπές και Εκπομπές Υδάτων δεν είναι διαθέσιμα κατά το στάδιο της «πρωτογενούς παραγωγής» με αποτέλεσμα κατά τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών φορτίων να συνεισφέρουν κατά κύριο λόγο οι εκπομπές που προέρχονται από την ανακύκλωση. Τέλος η αύξηση του ποσοστού των ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» συνεπάγεται σημαντική μείωση του περιβαλλοντικού φορτίου, που οφείλεται στην δημιουργία Στερεών Αποβλήτων καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό στερεών αποβλήτων προέρχεται από το στάδιο της εξόρυξης κατά την «πρωτογενή παραγωγή» ΠΜ.

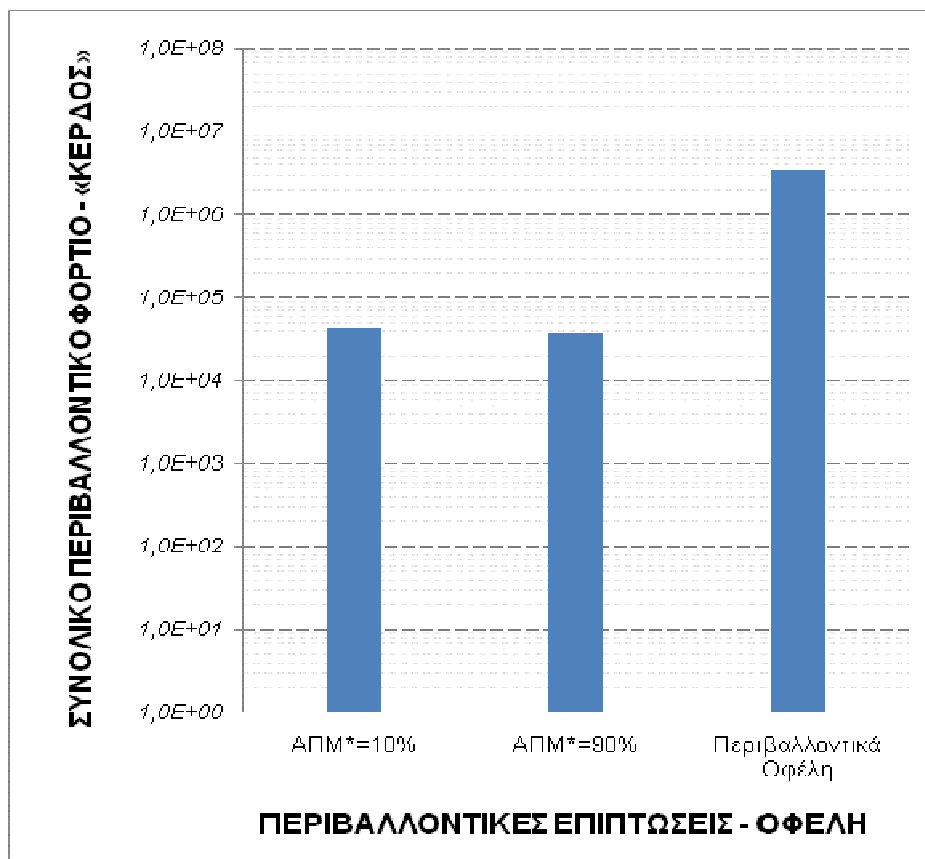


*ΒΑΘΜΟΙ ΕΤ: Βαθμοί μεθόδου ΕΤ

*ΑΠΜ: Ανακυκλωμένα ΠΜ

Γράφημα 12: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκφρασμένες σε μονάδες ET – Points, σύμφωνα με την μέθοδο Environmental Theme (ET method) για ανακυκλωμένα ΠΜ σε ποσοστό 10 και 90%

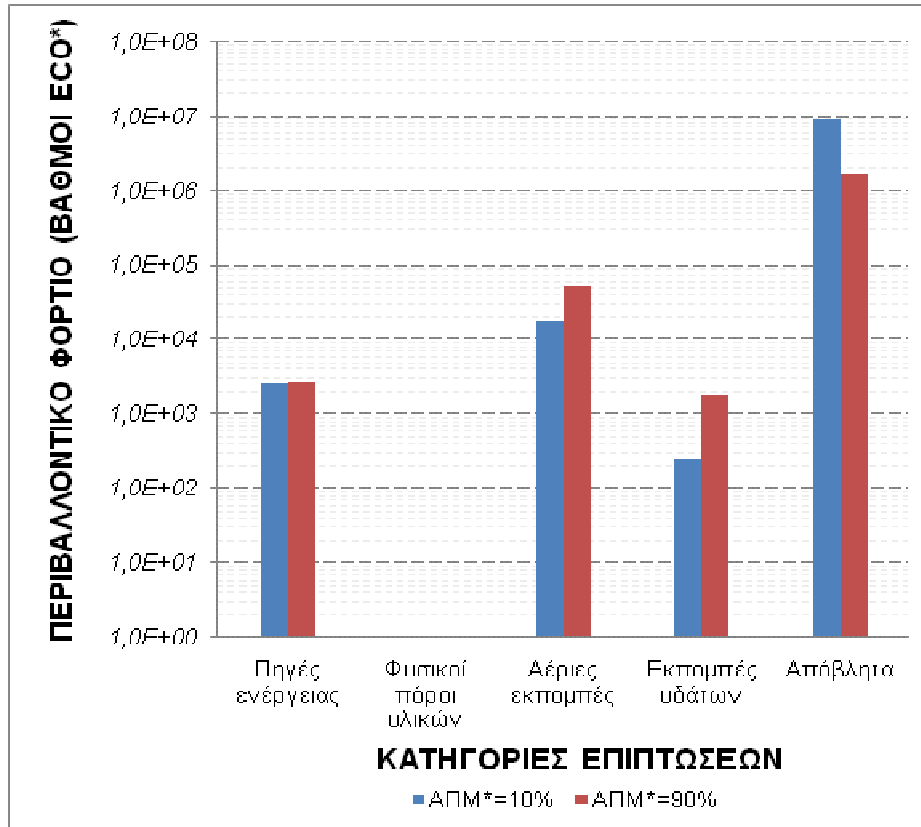
Συγκρίνοντας το συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο και το συνολικό περιβαλλοντικό «κέρδος» στο Γράφημα 13 είναι προφανής η υπεροχή του τελευταίου έναντι του προαναφερθέντος, ανεξαρτήτως από το θεωρούμενο ποσοστό των ΠΜ «πρωτογενούς παραγωγής». Από την μία μεριά αυτό οφείλεται στην σημαντική μείωση των αέριων ρύπων όπως του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και των υδρογονανθράκων (HC) τα οποία συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημειώνεται πως το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου έχει οριστεί ως μια από τις «ειδικές κατηγορίες επιπτώσεων» βάσει των οποίων υπολογίζονται τα περιβαλλοντικά φορτία/ «κέρδη». Από την άλλη, σημαντικά στο αποτέλεσμα αυτό συνεισφέρει τόσο η αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και διοξειδίου του θείου (SO₂), όσο και η αυξημένη δημιουργία Στερεών Αποβλήτων.



*ΑΠΜ: Ανακυκλωμένα ΠΜ

Γράφημα 13: Συνολικό Περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για την μέθοδο ΕΤ

Το παρακάτω Γράφημα 14 παρουσιάζει τα περιβαλλοντικά φορτία των διαφόρων επιπτώσεων που υπολογίστηκαν με την μέθοδο ECO – Scarcity. Στο γράφημα φαίνεται πως το περιβαλλοντικό φορτίο που προέρχεται από την χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι σχεδόν το ίδιο και για τα δύο ποσοστά. Αυτό πρακτικά συμβαίνει γιατί οι απαιτήσεις σε άνθρακα κατά την παραγωγή ΠΜ «πρωτογενούς παραγωγής» αντισταθμίζονται με τις αυξημένες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας στο στάδιο της ανακύκλωσης. Σχετικά με τα περιβαλλοντικά φορτία των Αέριων Εκπομπών καθώς και των Εκπομπών Υδάτων σύμφωνα με το γράφημα για τον ΚΜ με το μικρότερο ποσοστό ανακυκλωμένων ΠΜ, είναι μικρότερα έως και μία τάξη μεγέθους. Η εξήγηση που ερμηνεύει το φαινόμενο αυτό είναι πως τα στοιχεία για τις περισσότερες από τις Αέριες Εκπομπές και Εκπομπές Υδάτων δεν είναι διαθέσιμα κατά το στάδιο της «πρωτογενούς παραγωγής» με αποτέλεσμα κατά τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών φορτίων να συνεισφέρουν κατά κύριο λόγο οι εκπομπές που προέρχονται από την ανακύκλωση. Τέλος η αύξηση του ποσοστού των ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» συνεπάγεται σημαντική μείωση του περιβαλλοντικού φορτίου, που οφείλεται στην δημιουργία Στερεών Αποβλήτων καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό στερεών αποβλήτων προέρχεται από το στάδιο της εξόρυξης κατά την «πρωτογενή παραγωγή» ΠΜ.

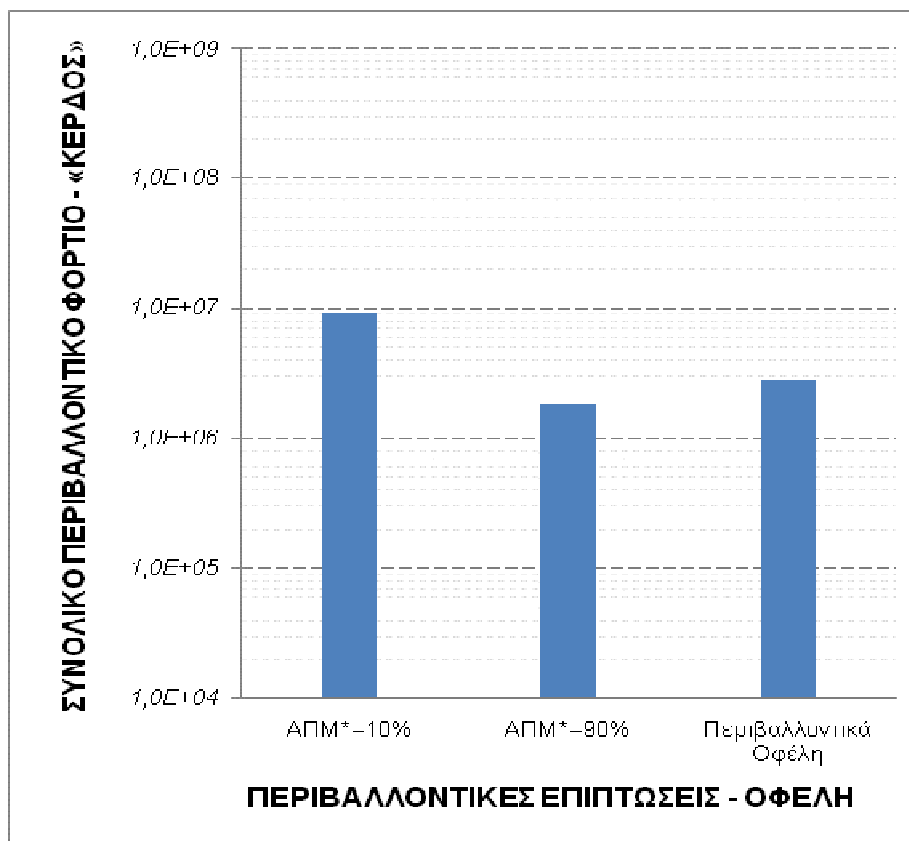


*ΒΑΘΜΟΙ ECO: Βαθμοί μεθόδου ECO - Scarcity

*ΑΠΜ: Ανακυκλωμένα ΠΜ

Γράφημα 14: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκφρασμένες σε μονάδες ECO – Points, σύμφωνα με την μέθοδο Eco - scarcity για ανακυκλωμένα ΠΜ σε ποσοστό 10 και 90%

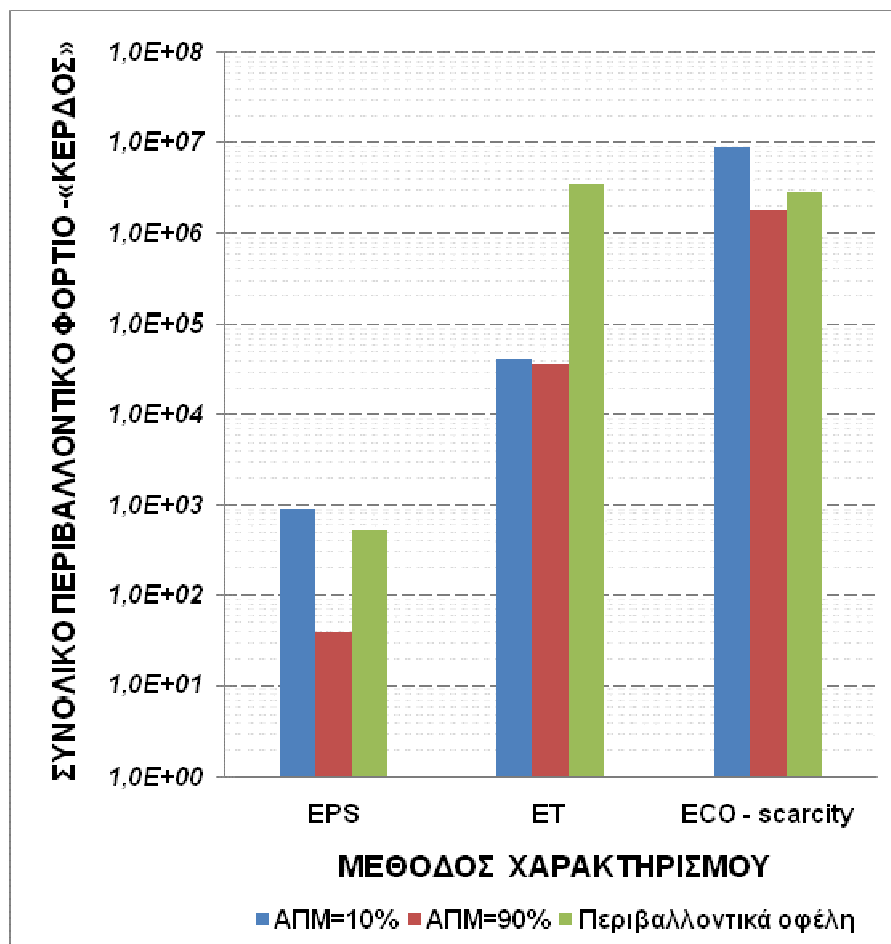
Στο παρακάτω Γράφημα 15 που ακολουθεί αναφέρονται τα συνολικά περιβαλλοντικά φορτία των επιπτώσεων και για τα δύο ποσοστά ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής» έναντι του συνολικού περιβαλλοντικού «κέρδους» από τα οφέλη που προκύπτουν για τον ΚΖ του ΚΜ. Όπως είναι φανερό το συνολικό περιβαλλοντικό όφελος όπως και στην πρώτη μέθοδο, σταθμίζεται σημαντικά μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο περιβαλλοντικό φορτίο για την περίπτωση του ΚΜ με 10% ΠΜ «δευτερογενούς παραγωγής». Αυτό συμβαίνει γιατί στον υπολογισμό του συνολικού περιβαλλοντικού φορτίου των επιπτώσεων συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό τα απόβλητα που δημιουργούνται από την χρήση ΠΜ «πρωτογενούς παραγωγής».



*ΑΠΜ: Ανακυκλωμένα ΠΜ

Γράφημα 15: Συνολικό Περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για την μέθοδο ECO - Scarcity

Στο ακόλουθο Γράφημα 16 σταθμίζονται οι συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και για τις τρεις μεθόδους αξιολόγησης για ανακυκλωμένα ΠΜ σε ποσοστό 10% και 90% καθώς και τα συνολικά περιβαλλοντικά «κέρδη». Παρατηρείται πως για την μέθοδο EPS το συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο που προέρχεται από την χρήση ΑΠΜ σε ποσοστό 10% είναι υψηλότερο από το συνολικό «κέρδος». Ενώ η χρήση ΑΠΜ με ποσοστό 90% επιβαρύνει το περιβάλλον σε μικρότερο βαθμό. Στην μέθοδο ET παρατηρείται το υψηλότερο συνολικό περιβαλλοντικό «κέρδος» σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους, ενώ τα συνολικά περιβαλλοντικά φορτία και για τα δύο ποσοστά είναι μικρότερα έως και δύο τάξεις μεγέθους από το συνολικό περιβαλλοντικό «κέρδος». Τέλος στην μέθοδο αξιολόγησης ECO – Scarcity το συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο υπερσχύει του συνολικού περιβαλλοντικού «κέρδους» χωρίς ωστόσο να σημειώνεται σημαντική διαφορά. Οι αποκλίσεις που παρουσιάζουν οι τρεις μέθοδοι αξιολόγησης μεταξύ τους οφείλεται κατά ένα μεγάλο βαθμό στα διαφορετικά κριτήρια και στους δείκτες βαρύτητας που λαμβάνουν υπόψη τους.



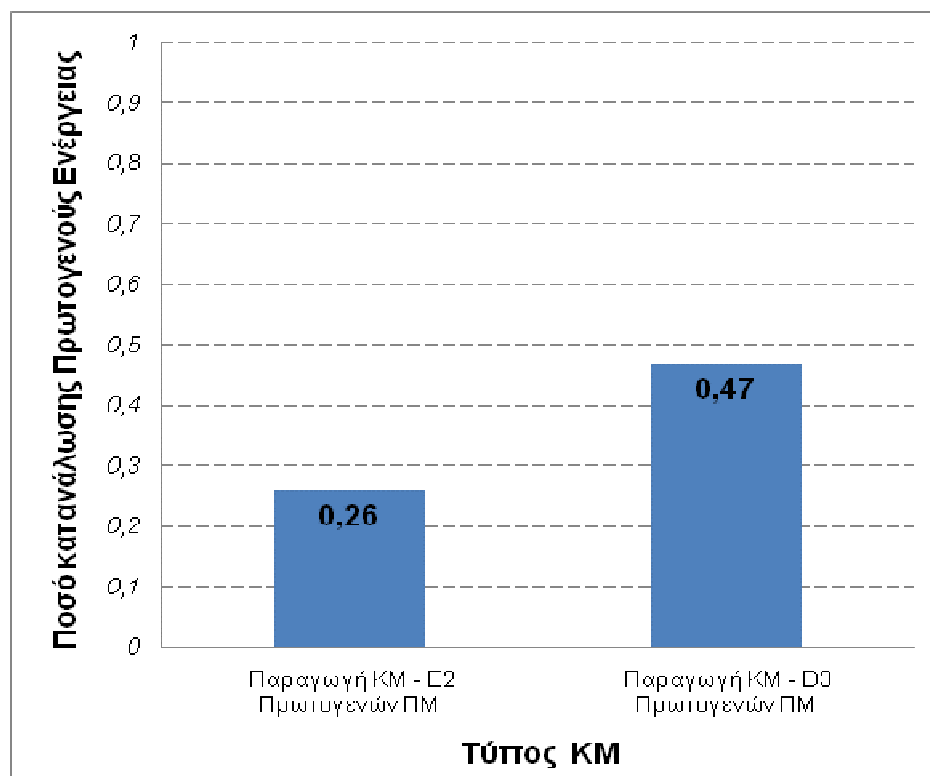
Γράφημα 16: Συνολικό περιβαλλοντικό Φορτίο – «Κέρδος» έναντι των Περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ΑΠΜ=10% - ΑΠΜ=90% και Περιβαλλοντικών ωφελειών για τις τρεις μεθόδους χαρακτηρισμού.

Σύμφωνα με τα γραφήματα που παρατέθηκαν σε αυτήν την παράγραφο, είναι δυνατό να γίνει μία συνολική αποτίμηση για τα συνολικά περιβαλλοντικά φορτία καθώς και για τα «κέρδη» τα οποία προκύπτουν από την χρήση ΠΜ «Δευτερογενούς παραγωγής» στους ΚΜ σε ποσοστό 10% και 90%. Στην μέθοδο αξιολόγησης EPS τα συνολικά περιβαλλοντικά φορτία σταθμίστηκαν υψηλότερα σε σχέση με το περιβαλλοντικό «κέρδος» όπως και στην μέθοδο ECO - Scarcity. Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στα υψηλότερα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται κατά την «Πρωτογενή» διαδικασία παραγωγής σε σχέση με την «Δευτερογενή». Στην μέθοδο ET το συνολικό περιβαλλοντικό «κέρδος» σταθμίζεται υψηλότερα σε σχέση με το περιβαλλοντικό φορτίο και για τα δύο ποσοστά (σύμφωνα με το Γράφημα 16). Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι η «Δευτερογενής» παραγωγή ΠΜ είναι ενεργειακά πιο συμφέρουσα διαδικασία από την «Πρωτογενή». Αυτό συνεπάγεται πρακτικά ότι τα ΠΜ που χρησιμοποιούνται στους ΚΜ και είναι ανακυκλωμένα στο μεγαλύτερο ποσοστό τους (90%) συμβάλλουν θετικά στον ΚΖ του ΚΜ.

9. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΚΜ

9.1 Η ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΟΣ ΚΜ ΩΣ ΕΠΑΚΟΛΟΥΘΟ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

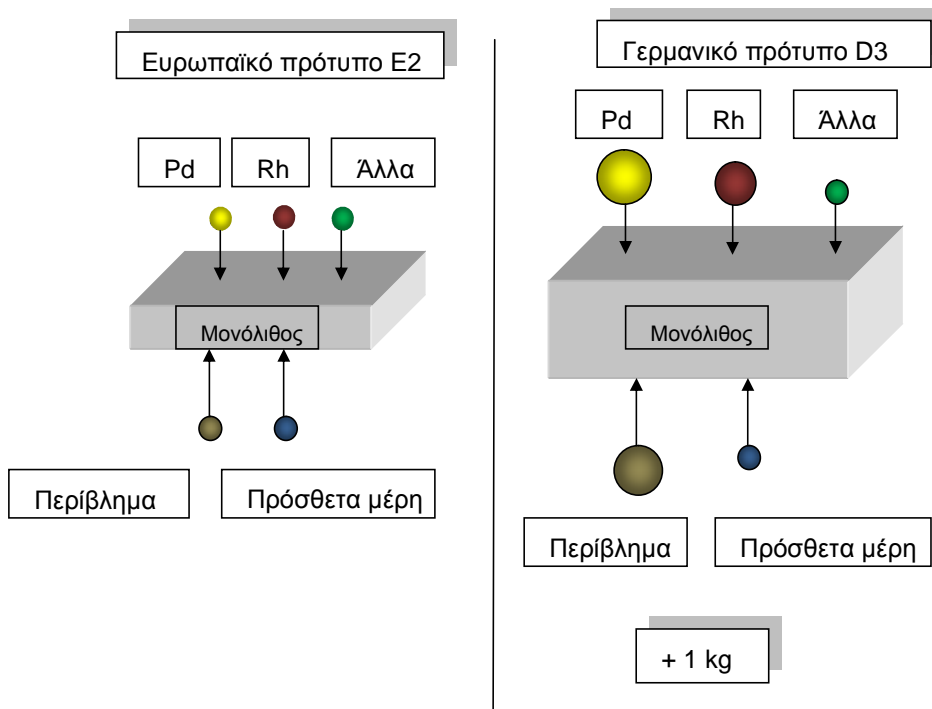
Όπως είναι φυσικό οι ΚΜ κατασκευάζονται και αυτοί όπως χιλιάδες αλλά προϊόντα στο πλαίσιο της κατάλληλης νομοθεσίας. Αυτό έχει ως φυσικό επακόλουθο η νομοθεσία να καθορίζει τις προδιαγραφές ενός ΚΜ και κατ' επέκταση πώς αυτός θα κατασκευαστεί και θα έχει απόδοση εντός των ορίων που έχουν οριστεί. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει συγκεκριμένο νομοθετικό πλαίσιο (για την Ελλάδα) το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω. Εκτός όμως από την Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν γενικότερα ανά τον κόσμο αντίστοιχες νομοθεσίες που καθορίζουν τα όρια των εκπομπών των οχημάτων άλλοτε αυστηρότερα και άλλοτε με πιο ελαστικά όρια (Γράφημα 17).



Γράφημα 17: Κατανάλωση Πρωτογενούς ενέργειας κατά την διάρκεια παραγωγής ΚΜ (Γερμανικό πρότυπο D3 και Ευρωπαϊκό Ε2 για πρωτογενή επεξεργασία πολύτιμων μετάλλων)

Η πρωτογενής ενέργεια σχετίζεται με την νομοθεσία μέσω μιας σειράς παραμέτρων. Όταν η νομοθεσία θέτει αυστηρότερα όρια εκπομπών αέριων ρύπων από τα οχήματα, οι κατασκευαστές αναγκάζονται να δημιουργούν αποδοτικότερους ΚΜ. Για να γίνει ένας ΚΜ αποδοτικότερος κύριες παράμετροι στις οποίες πρέπει να γίνει παρέμβαση είναι η μορφολογία και η περιεκτικότητα των ΠΜ (Εικόνα 29). Τα ΠΜ είναι αυτά τα οποία παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στην μείωση των εκπομπών των βλαβερών αερίων από την εξάτμιση του εκάστοτε οχήματος. Έτσι οι κατασκευαστές αναγκάζονται να αυξάνουν την ποσότητα των μετάλλων που περιέχονται στον ΚΜ, προκειμένου να εναρμονιστούν με τα νομοθετικά πλαίσια στα οποία υπάγονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απαίτηση για αύξηση των ποσοτήτων της εξόρυξης των μετάλλων και κατ'επέκταση την αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, σε αυτήν την πρωτογενή φάση επεξεργασίας. Όλα αυτά βέβαια μπορούν να αποφευχθούν όταν παρεμβάλλεται η ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων από τους απενεργοποιημένους ΚΜ και οι κατασκευαστές μπορούν να προμηθευτούν από εκεί τα απαιτούμενα ΠΜ και να τα χρησιμοποιήσουν. Ο ΚΜ τέλος, μπορεί να καταλήξει βαρύτερος και φυσικά ακριβότερος αφού θα αυξηθεί η περιεκτικότητά του σε ΠΜ.

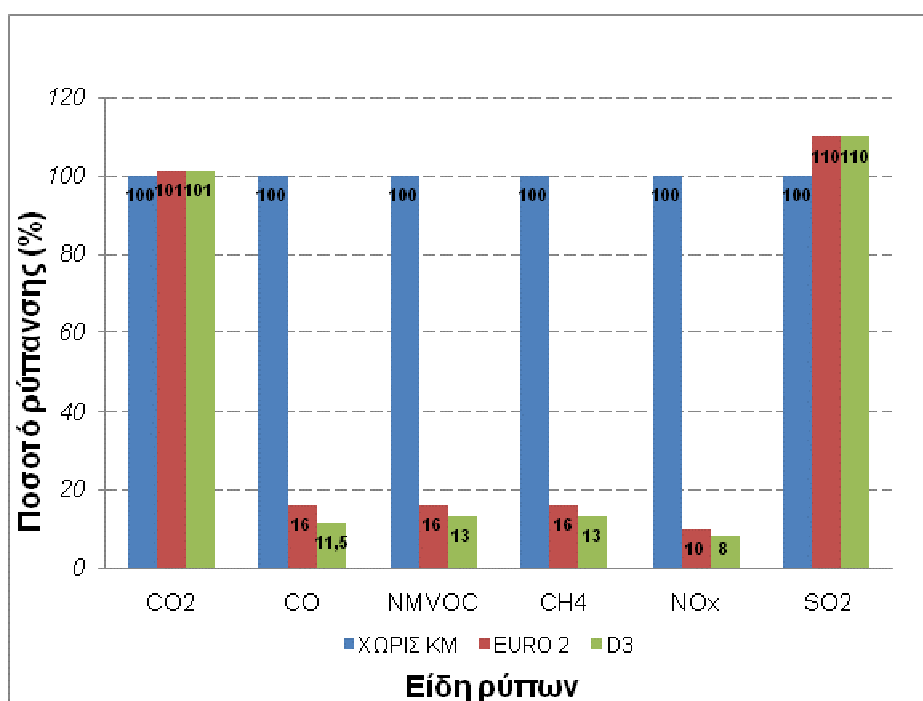
Χαρακτηριστικό παράδειγμα διάταξης και ποσότητας μετάλλων ενός ΚΜ ως επακόλουθο των νομοθετικών πλαισίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Γερμανίας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 29: Παράδειγμα Δομής ΚΜ με Ευρωπαϊκό και Γερμανικό πρότυπο αντίστοιχα

Επίδραση της αυστηρότητας των προδιαγραφών στις αέριες εκπομπές του ΚΜ

Η επίδραση που έχει η εφαρμογή αυστηρότερων προδιαγραφών στις αέριες εκπομπές ενός ΚΜ είναι ιδιαίτερα σημαντική. Αυτό φαίνεται και στο ακόλουθο γράφημα. Στην περίπτωση όπου ένα όχημα δεν είναι εφοδιασμένο με ΚΜ οι εκπομπές του αγγίζουν το 100% για κάθε επιβλαβή ουσία. Αντίθετα ανάλογα με την αυστηρότητα των προδιαγραφών επιτυγχάνεται και η αντίστοιχη μείωση.



Γράφημα 18: Περιβαλλοντικά φορτία που προκαλούνται από έναν ΚΜ κατά την διάρκεια της λειτουργίας του

Για το παραπάνω Γράφημα 18 οι τιμές που αφορούν τα πρότυπα E2 και D3 για τους ρύπους CO, NMVOC και CH₄, αποτελούν μέσες τιμές και όχι ακριβές ποσοστό. Επίσης το γράφημα αναφέρεται στον πίνακα 1 [4].

9.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ [6]

Οι απαιτήσεις για τις εκπομπές από οχήματα ελαφρού τύπου υπήρχαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση από τις αρχές τις δεκαετίας του 1970, ενώ οι πρώτες απαιτήσεις για τα βαρέως τύπου οχήματα εμφανίστηκαν στο τέλος της δεκαετίας του 1980. Τα πρότυπα ορίζονται σε μια σειρά οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπου δείχνεται η προοδευτική εισαγωγή όλο και πιο αυστηρών προτύπων.

9.2.2 Επιβατικά οχήματα

Οι κανονισμοί εκπομπών καυσαερίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νέα ελαφρού τύπου οχήματα (αυτοκίνητα και ελαφρά εμπορικά οχήματα) διευκρινίζονται στην οδηγία 70/220/EEC. Αυτή η οδηγία τροποποιήθηκε αρκετές φορές, μερικές από τις σημαντικότερες τροποποιήσεις που έγιναν είναι οι ακόλουθες:

- Πρότυπο Euro 1 (επίσης γνωστό ως EC 93): Οδηγία 91/441/EEC (επιβατικά αυτοκίνητα μόνο) ή 93/59/EEC (επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά)
- Πρότυπο Euro 2 πρότυπα (EC96): Οδηγία 94/12/EC ή 96/69/EC
- Πρότυπο Euro 3/4 (2000/2005): Οδηγία 98/69/EC, περαιτέρω τροποποιήσεις στην οδηγία 2002/80/EC
- Πρότυπο Euro 5/6 (2009/2014): Euro 5/6 «πολιτική» νομοθεσία (κανονισμός 715/2007) της 20ής Ιουνίου 2007

Τα πρότυπα του 2000/2005 συνοδεύτηκαν από εισαγωγή πιο αυστηρών κανονισμών καυσίμων που απαιτούν τον ελάχιστο αριθμό κετανίου του πετρελαίου να είναι 51 (έτος 2000), μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο στο πετρέλαιο 350 ppm το 2000 και 50 ppm το 2005, και μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο στην βενζίνη 150 ppm το 2000 και 50 ppm το 2005. Καύσιμα χωρίς θείο (≤ 10 ppm) πρέπει να είναι διαθέσιμα από το 2005, και να γίνουν υποχρεωτικά από το 2009.

Οι εκπομπές ελέγχονται σύμφωνα με την διαδικασία δυναμομέτρησης NEDC (ECE 15 και EUDC). Το έτος 2000 (Euro 3), η διαδικασία δοκιμής τροποποιήθηκε για να εξαλείψει τα 40 sec της περιόδου προθέρμανσης του κινητήρα πριν από την αρχή της δειγματοληψίας εκπομπών. Αυτή η τροποποιημένη δοκιμή ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται ως Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (New European Drive Cycle) ή ως δοκιμή MVEG – B. Όλες οι εκπομπές εκφράζονται σε g/km.

Τα πρότυπα Euro 5/6 υιοθετούν μια νέα μέθοδο μέτρησης των εκπομπών σωματιδίων (όμοια με την διαδικασία του 2007 στις Ηνωμένες Πολιτείες) που αναπτύσσεται από το UC/ECE πρόγραμμα μέτρησης των σωματιδίων (Particulate Measurement Program) και ρυθμίζει το όριο εκπομπής αριθμού σωματιδίων στο Euro 5/6 (PMP μέθοδος), εκτός από τα όρια που βασίζονται στη μάζα.

Κατά την διάρκεια της υιοθέτησης του κανονισμού Euro 5/6, τα όρια εκπομπής που βασίζονται στη μάζα θα μπορούσαν να καλυφθούν μόνο από φίλτρα σωματιδίων. Τα μελλοντικά φίλτρα που αναπτύσσονται ενώ θα πληρούν το όριο μάζας θα επέτρεπαν σε έναν υψηλό αριθμό εξαιρετικά λεπτών σωματιδίων να περάσουν οπότε τα όρια που βασίζονται στον αριθμό των σωματιδίων θα αποτρέψουν το γεγονός αυτό.

Τα πρότυπα εκπομπών για τα επιβατικά οχήματα (κατηγορίες οχημάτων M1, οχήματα για την μεταφορά επιβατών και περιλαμβάνουν μέχρι 8 θέσεις εκτός από αυτή του οδηγού) συνοψίζει ο ακόλουθος Πίνακας 17. Συμπληρωματικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι από το πρότυπο Euro 2, οι κανονισμοί της ΕΕ εισάγουν διαφορετικά όρια εκπομπής για τα οχήματα πετρελαίου. Τα οχήματα που καταναλώνουν πετρέλαιο έχουν πιο αυστηρά πρότυπα εκπομπών CO αλλά επιτρέπονται υψηλότερες εκπομπές NOx.

Πίνακας 17: Πρότυπα εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για επιβατικά βενζινοκίνητα οχήματα (κατηγορία M1) g/km

Πρότυπο	Ημερομηνία	CO	HC	HC – NO _x	NO _x	PM
Euro 1+	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}

Παράρτημα εκθετών

+: Οι τιμές στις παρενθέσεις είναι σύμφωνα με τα νόμιμα όρια παραγωγής
b: 2011.01 για όλα τα μοντέλα
c: και για τους HC χωρίς μεθάνιο 0.068 g/km
d: εφαρμόσιμο μόνο για οχήματα που χρησιμοποιούν κινητήρες αμέσου εγχύσεως
e: έχει προταθεί να αλλάξει στα 0.003 g/km χρησιμοποιώντας μέθοδο μέτρησης PMP

Μια σημαντική βελτίωση στις αποδεκτές εκπομπές σωματιδίων των επιβατικών οχημάτων της τάξεως του 80% παρατηρείται από το πρότυπο Euro 4 στο Euro 5, το οποίο σημαίνει ότι απαιτείται πιθανότατα φίλτρο σωματιδίων. Αφ' ετέρου, μόνο μια μικρή μείωση (28%) των οξειδίων του αζώτου (NO_x), έχει νομοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτό το όριο εκπομπής έχει τεθεί ώστε οι μειώσεις να μπορούν να επιτευχθούν από τα περαιτέρω εσωτερικά μέτρα στον κινητήρα.

Δεδομένου ότι τα επίπεδα του Euro 5 απαιτούν ουσιαστικά την εγκατάσταση των φίλτρων σωματιδίων στην εξαγωγή του κινητήρα, η Ευρωπαϊκή Ένωση προτίμησε να αποφύγει την υποχρέωση για την εγκατάσταση ενός πρόσθετου συστήματος οξειδίων του αζώτου, (NOx), για περαιτέρω επεξεργασία στο ίδιο στάδιο.

Μια επιπλέον σημαντική αλλαγή από το Euro 4 στο Euro 5 πρότυπο είναι ότι η περίοδος διάρκειας, κατά την οποία οι κατασκευαστές πρέπει να εξασφαλίσουν την λειτουργία των συσκευών ελέγχου της ρύπανσης, επεκτείνεται από 80.000 χλμ σε 160.000 χλμ. Αυτή η αλλαγή θα απεικονίσει πιο ρεαλιστικά την πραγματική διάρκεια ζωής των οχημάτων και θα εξασφαλίσει ότι τα συστήματα ελέγχου εκπομπών θα συνεχίσουν να λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των οχημάτων.

Στο πλαίσιο του σχεδίου για την εφαρμογή της νομοθεσίας, το πρότυπο για την αποδεκτή συγκέντρωση του αριθμού των σωματιδίων έχει τεθεί στην τιμή 5×10^{11} /km (μέθοδος PMP, δοκιμή NEDC), εφαρμόσιμο το αργότερο με την έναρξη ισχύος των επιπέδων του Euro 6 για όλες τις κατηγορίες οχημάτων.

Σχετικά με το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει υπογράψει «συμφωνίες κυρίων» με την Ευρωπαϊκή, Ιαπωνική και Κορεατική ένωση κατασκευαστών αυτοκινήτων για να μειώσει τις αντίστοιχες εκπομπές. Αυτές οι συμφωνίες αναμένονται να υιοθετήσουν αρκετά φιλόδοξους στόχους εκπομπών στα επόμενα έτη (προτεινόμενη τιμή 130g (CO₂)/km μέχρι το 2012).

Οι κανονισμοί περιλαμβάνουν επίσης διάφορες συμπληρωματικές διατάξεις όπως: τα κράτη μέλη της ΕΕ να μπορούν να εφαρμόσουν φορολογικά κίνητρα για την πρόωρη εισαγωγή των οχημάτων που συμμορφώνονται με τα μελλοντικά πρότυπα εκπομπών, τα όρια για τα αυτοκίνητα να είναι 15 g/km για το CO και 1,8 g/km για τους HC και απαίτηση για εφοδιασμό με διαγνωστικά συστήματα για τις εκπομπές (Onboard diagnostics – OBD).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη ότι σκοπός της παρούσας Εργασίας ήταν να εκτιμηθεί ο ρόλος των ΠΜ στον ΚΖ του ΚΜ και να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα από τα περιβαλλοντικά φορτία και «κέρδη» που προέρχονται από την χρήση τους στους ΚΜ, προκύπτουν τα παρακάτω χρήσιμα συμπεράσματα:

- Τα ΠΜ εκτός από την χρήση τους στους ΚΜ καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Χρησιμοποιούνται σε τομείς όπως η οδοντιατρική, η χημεία τα ηλεκτρονικά και άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.
- Είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για τον άνθρωπο και το περιβάλλον καθώς μελέτες έχουν αποδείξει ότι είναι σε μεγάλο βαθμό τοξικά και καρκινογόνα.
- Συμβάλλουν κατά μεγάλο ποσοστό στο κόστος κατασκευής ενός ΚΜ, καθώς είναι ιδιαίτερα ακριβά εξ αιτίας της σπανιότητάς τους, χωρίς ωστόσο να έχουν οικονομικά οφέλη κατά την διάρκεια λειτουργίας του ΚΜ.
- Η ΑΚΖ κρίνεται δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία καθώς προϋποθέτει συλλογή πληροφοριών από όλα τα στάδια ζωής του συστήματος. Ως εκ τούτου η μελέτη της συμβολής των ΠΜ στον ΚΖ του ΚΜ δεν μπορεί να ολοκληρωθεί στα πλαίσια μιας Πτυχιακής εργασίας. Μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ είναι δυνατό να αποτελέσει αντικείμενο Μεταπτυχιακών και Διδακτορικών Διατριβών. Γι αυτόν τον λόγο τα συμπεράσματα της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας βασίζονται στην σύγκριση αποτελεσμάτων διαφόρων εργασιών που προκύπτουν από βιβλιογραφική αναζήτηση.
- Από τον ΚΜ προκύπτει περιβαλλοντικό «κέρδος» μόνο κατά την φάση χρήσης του. Αν εξετάσουμε συνολικά τον ΚΖ του ΚΜ τα περιβαλλοντικά φορτία που δημιουργούνται είναι ιδιαίτερα αυξημένα.
- Συγκρίνοντας την «Πρωτογενή» και «Δευτερογενή» διαδικασία παραγωγής των ΠΜ, προκύπτει ότι η «Πρωτογενής» είναι πιο ενεργοβόρα αφού καταναλώνονται υψηλότερα ποσά ενέργειας σε σχέση με την «Δευτερογενή» παραγωγή ΠΜ.
- Επίσης συγκρίνοντας δύο διαφορετικά ποσοστά ΠΜ «Δευτερογενούς» παραγωγής (ΑΠΜ=10% και ΑΠΜ=90%) που περιέχονται σε έναν ΚΜ, ανάλογα με τις μεθόδους αξιολόγησης και τους δείκτες βαρύτητας που λαμβάνονται υπόψη κάθε φορά, προκύπτουν διαφορετικά συμπεράσματα.

» Στην περίπτωση της πρώτης μεθόδου αξιολόγησης (EPS), ο ΚΜ που χρησιμοποιεί ΑΠΜ=10% επιβαρύνει περισσότερο το περιβάλλον από αυτόν με ΑΠΜ=90%. Δείκτες βαρύτητας αποτελούν η εξάντληση των Φυσικών Πόρων Υλικών μέσω της χρήσης ΠΜ «Πρωτογενούς παραγωγής» και η μη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα διάφορα στάδια κατασκευής του ΚΜ.

» Στην δεύτερη μέθοδο αξιολόγησης (ET-method), το περιβαλλοντικό φορτίο για την περίπτωση του ΚΜ με ΑΠΜ=90% σταθμίζεται και εδώ χαμηλότερα από το περιβαλλοντικό φορτίο για την περίπτωση του ΚΜ με ΑΠΜ=10%. Αυτό συμβαίνει λόγω της δημιουργίας Στερεών Αποβλήτων και της αύξησης αέριων εκπομπών κατά το στάδιο της «Πρωτογενούς παραγωγής», που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

» Στην τρίτη και τελευταία μέθοδο αξιολόγησης (Eco – Scarcity), όπως και στις προηγούμενες μεθόδους, ο ΚΜ που χρησιμοποιεί ΑΠΜ=10% επιβαρύνει περισσότερο το περιβάλλον από αυτόν με ΑΠΜ=90%. Σε αυτήν την περίπτωση σημαντικό δείκτη βαρύτητας αποτελούν τα Στερεά απόβλητα που προέρχονται από την «Πρωτογενή παραγωγή» ΠΜ.

- Η περιεκτικότητα των ΠΜ στον ΚΜ καθορίζεται από την σχετική νομοθεσία. Η θέσπιση αυστηρότερων ορίων εκπομπών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της περιεχόμενης ποσότητας των ΠΜ στον ΚΜ.
- Οι ολοένα και αυξανόμενες απαιτήσεις του νομοθετικού πλαισίου οδηγούν την κατασκευή ΚΜ με καινοτομίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι ΚΜ Προηγμένης τεχνολογίας, ο «έξυπνος ΚΜ» και η χρήση νανοτεχνολογίας στα ΠΜ των ΚΜ.
- Ανάλογα με τις παραμέτρους κατά την διεξαγωγή μιας μελέτης ΑΚΖ, παραδείγματος χάρη ενεργειακά ζητήματα, αυστηρότητα προδιαγραφών αέριων εκπομπών και άλλα, προκύπτουν κάθε φορά διαφορετικά συμπεράσματα. Ένα ουσιαστικό συμπέρασμα θα μπορούσε να προκύψει μόνο μέσω μιας ολοκληρωμένης ΑΚΖ.

Κλείνοντας, μετά την εξαγωγή των συμπερασμάτων είναι δυνατό να διατυπωθούν ενδιαφέρουσες προτάσεις για την περαιτέρω μελέτη της ΑΚΖ η οποία αποτελεί ήδη ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο πεδίο επιστημονικών ερευνών και ένα σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων / ωφελειών του κάθε συστήματος που εξετάζει.

- Συμπλήρωση της παρούσας εργασίας θα μπορούσε να αποτελέσει η εκτίμηση των βελτιώσεων όσον αφορά τον ΚΖ του υπό εξέταση ΚΜ.
- Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια πλήρη διερεύνηση του ΚΖ του ΚΜ εστιάζοντας στην συμβολή των ΠΜ σε αυτόν τον κύκλο.
- Τέλος ενδιαφέρουσα πρόταση αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης της νανοτεχνολογίας στα ΠΜ σε σχέση με τον ΚΖ του ΚΜ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ-ΣΥΓΓΡΑΜΑΤΑ

1. ΜΟΥΣΙΟΠΟΥΛΟΣ Ν. – ΜΠΟΥΡΑ Α., Ανάλυση Κύκλου Ζωής, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 1999.
2. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Εργαστήριο Μεταλλογνωσίας, Ανάλυση Κύκλου Ζωής

ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

3. Wathanyu Amatayakul, Olle Ramnas, Life cycle assessment of a catalytic converter for passenger cars, Department of Chemical Environmental Science, Chalmers University of Technology, S-412 96 Gothenburg, Sweden, Journal of Cleaner Production 9 (2001) 395-403
4. J. Gediga, H. Beddies, H. Florin and M. Schuckert, University of Stuttgart K. Saur, R. Hoffmamnn PE Product Engineering GmbH Life cycle engineering of a three-way-catalyst system as an approach for Government consultation, Society of automotive engineers, Inc. 1998.
5. Σεραφειμίδης Χρυσόστομος, Ανάκτηση Πολύτιμων υλικών από απενεργοποιημένους ΚΜ, Συστήματα Διαχείρισης απορριμμάτων, Αθ. Βλάχος.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

6. <http://eur-lex.europa.eu>
7. <http://www.mech.uowm.gr>
8. <http://15tee-thess.thess.sch.gr>
9. <http://el.wikipedia.org>
10. <http://en.wikipedia.org>

11. <http://www.jewelpedia.com>
12. <http://www.unctad.org>
13. <http://www.autotriti.gr>
14. <http://www.4troxoi.gr>
15. <http://www.catalyticconverters.com/blog>
16. <http://www.econews.gr>
17. <http://www.antigold.gr>

Αλλαγή κωδικού πεδίου