

## ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΝΑ- ΚΥΚΛΩΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΤΕΛΟΥΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.

Ευάγγελος Π. Κολτσάκης\*, Φυσικός MSc., υπ. Δρ. Α.Π.Θ..

Χαρίτων Μ. Πολάτογλου, Αναπ. Καθηγητής, τμ. Φυσικής, Σ.Θ.Ε., Α.Π.Θ..

### Περίληψη

Η αύξηση της αυτοκινητοβιομηχανίας κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχει δημιουργήσει μεγάλο ενδιαφέρον σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων των αποσυρόμενων αυτοκινήτων. Το ενδιαφέρον έγκειται στα επιβλαβή συστατικά που περιέχονται στα απόβλητα, αλλά και στα περιβαλλοντικά οφέλη και κόστη από την ανακύκλωση ή μη των υλικών. Μελετούμε στην εργασία μας ένα από τα πρώτα κέντρα ανακύκλωσης ΟΤΚΖ που έχουν ξεκινήσει τη λειτουργία τους στην Ελλάδα και καταγράφουμε τις διαδικασίες που ακολουθούνται. Συγκεκριμένα, αναπτύσσουμε ένα δυναμικά ανατροφοδοτούμενο και βελτιούμενο μοντέλο, με σκοπό τη μελέτη και βελτίωση στα εξής σημεία: στο ποσό ενέργειας που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, στο ενεργειακό περιεχόμενο των τελικών προϊόντων και στη μεγιστοποίηση της χρήσιμης ενέργειας των τελικών προϊόντων, στην εφαρμογή περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον και αποδοτικότερων τεχνολογιών, στη μείωση των αποβλήτων μέσω της μεγιστοποίησης του βαθμού ανακύκλωσης και στην ανίχνευση και συλλογή των προς αδρανοποίηση επικίνδυνων τοξικών υλικών.

## PROTYPATION OF RECYCLING PRODUCTION PROCESS OF END OF LIFE CAR

Evangelos P. Koltzakis, MSc Materials Physics

Hariton M. Polatoglou, Assoc. Prof., Physics Dept, Aristotle University of Thessaloniki

### Abstract

The increase of the automobile industry over the last years has created a lot of concern for the management of the waste of withdrawn automobiles because of the environmental physical and chemical hazardous substances contained and of the environmental costs and benefits of materials recycling. We modeled the procedures of an end of life car recycling plant and we observe, describe and record the workings in an existing certified car recycling plant as they are actually achieved through official legislated procedures that recently have been started. The recorded data analysis is significant for the improvement of stages of the procedures and for the improvement of the whole plan in the recycling plant through the optimization of the model, for the minimization of energy usage and for the improvement of the recovery of the re-usable materials.

### Εισαγωγή

Η αύξηση της παραγωγής στην αυτοκινητοβιομηχανία με την ανάπτυξη μιας μεγάλης καταναλωτικής αγοράς, σε συνδυασμό με την ελάττωση του κύκλου ζωής<sup>[1]</sup> των προϊόντων έχει προκαλέσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον<sup>[2]</sup> για τη διαχείριση<sup>[3]</sup> των υπό απόσυρση αυ-

τοκινήτων. Κι αυτό, επειδή τα αποσυρόμενα αυτοκίνητα περιέχουν συστατικά<sup>[4]</sup> επικίνδυνα για το περιβάλλον – αν αποτεθούν ανεξέλεγκτα, αλλά και επειδή η ανακύκλωση υλικών εμπεριέχει περιβαλλοντικά και ενεργειακά κόσθη<sup>[5]</sup> και οφέλη. Καθώς η ποιότητα στις διαδικασίες της διαχείρισης των αποβλήτων του είδους πρέπει να διασφαλιστεί, θεωρείται απαραίτητη η βαθιά μελέτη κάθε κρίσιμης παραμέτρου.

## 1. Η κατάσταση στην Ελλάδα σχετικά με ΟΤΚΖ

Ως Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ) ορίζονται τα παλαιά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά, που αποσύρονται από την κυκλοφορία λόγω παλαιότητας ή τέλους χρήσης. Στην Ελλάδα μέχρι πρόσφατα δεν υπήρχε συστηματική διαχείριση των ΟΤΚΖ. Στη μεγάλη τους πλειοψηφία, αυτά εγκαταλείπονταν στους δρόμους ή στην ύπαιθρο. Συλλέγονταν από τους δήμους οι οποίοι τα προωθούσαν στον ΟΔΔΥ (ή κατευθείαν σε μάντρες παλαιών σιδηρών) και στη συνέχεια αγοράζονταν είτε από μικρές επιχειρήσεις για αποσυναρμολόγηση των χρήσιμων ανταλλακτικών και εξαρτημάτων προωθώντας τα στην αγορά ως μεταχειρισμένα ανταλλακτικά, είτε συμπιέζονταν και μεταφέρονταν για τεμαχισμό. Η συγκέντρωση και επεξεργασία τους πραγματοποιείτο σε χώρους οι οποίοι στερούνταν περιβαλλοντικών προδιαγραφών και από επιχειρήσεις που δεν διέθεταν συνήθως τις απαιτούμενες άδειες.

Η διαχείριση των ΟΤΚΖ πρέπει πλέον να γίνεται σύμφωνα με το Ν 2939/2001 και τους όρους και τις προϋποθέσεις του ΠΔ 116, ΦΕΚ 81Α/5.3.04. Το ΠΔ 116 αποτελεί εφαρμογή των άρθρων 12 και 13 του Ν. 1650/86, των άρθρων 15, 16, 17, 18 και 24 του Ν. 2939/2001 και ταυτόχρονα συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/53 ΕΚ του Συμβουλίου της 18<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 2000 για τα ΟΤΚΖ. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται η πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων από τα οχήματα και επιπρόσθετα η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και οι άλλες μορφές αξιοποίησης οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους καθώς και των κατασκευαστικών του στοιχείων όπως επίσης και η βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης όλων των οικονομικών φορέων που συμμετέχουν στο κύκλο ζωής των οχημάτων και κυρίως των φορέων που συμμετέχουν άμεσα στην επεξεργασία οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Το ΠΔ καλύπτει όλα τα οχήματα, εγκαταλειμμένα οχήματα και ΟΤΚΖ περιλαμβανομένων των κατασκευαστικών τους στοιχείων καθώς επίσης και τους απενεργοποιημένους καταλυτικούς μετατροπείς τόσο των οχημάτων των οποίων τα υπόλοιπα συστήματα λειτουργούν σωστά όσο και των ΟΤΚΖ.

Για τα οχήματα που πρόκειται να διακινηθούν στην αγορά οι κατασκευαστές και σχεδιαστές έχουν τις ακόλουθες υποχρεώσεις: να μειώσουν τη χρήση επικίνδυνων ουσιών ώστε να μειωθεί η ρύπανση του περιβάλλοντος και να διευκολυνθεί η ανακύκλωσή τους, κατά το σχεδιασμό των οχημάτων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διευκόλυνση διάλυσής τους, να χρησιμοποιούνται όσο αυτό είναι εφικτό περισσότερα ανακυκλωμένα υλικά στην κατασκευή νέων οχημάτων ώστε να ενισχύεται η αγορά ανακυκλωμένων υλικών, τα υλικά και κατασκευαστικά στοιχεία που διατίθενται στην αγορά μετά την 1<sup>η</sup> Ιουλίου 2003 δεν πρέπει να περιέχουν μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο ή εξασθενές χρώμιο, πλην συγκεκριμένων εξαιρέσεων.

Οι παραγωγοί οχημάτων υποχρεώνονται να οργανώνουν ή να συμμετέχουν σε ατομικά ή συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης και να καταρτίζουν συμβάσεις με τους φορείς επεξεργασία ΟΤΚΖ. Τα συστήματα αποβλέπουν ειδικότερα: στη συλλογή των ΟΤΚΖ και την προώθησή τους σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, στην επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίηση των επεξεργασμένων ΟΤΚΖ, στη συμμόρφω-

ση με τις απαιτήσεις οι οποίες αφορούν: την προστασία του περιβάλλοντος, της υγείας, ασφάλεια και υγιεινής των καταναλωτών, την προστασία των δικαιωμάτων βιομηχανικού και εμπορικού απορρήτου και την αποφυγή εμποδίων και στρεβλώσεων στον ανταγωνισμό για τα εισαγόμενα προϊόντα.

Οι διαχειριστές και λοιποί οικονομικοί παράγοντες των οχημάτων έχουν την ευθύνη εφαρμογής των διατάξεων του Ν.2939/01. Ειδικότερα: Οι προμηθευτές: οφείλουν να παραλαμβάνουν από εγκεκριμένου χώρους το δευτερογενές υλικό των ΟΤΚΖ και να το χρησιμοποιούν για την παραγωγή νέων οχημάτων (ανακύκλωση-αξιοποίηση). Οι παραγωγοί-εισαγωγείς: να προβαίνουν σε συλλογή των ΟΤΚΖ και να μεριμνούν για τη μεταφορά του σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις. Οι διακινητές: να διακινούν τα οχήματα ή εξαρτήματα μόνο εφόσον φέρουν την ειδική επισήμανση που αναφέρεται στο παρόν ΠΔ (άρθρο 5, παρ. 4.2 εδαφ. β.2 περ. ii) και εφόσον είναι συμβεβλημένοι με σύστημα να προβαίνει σε συλλογή των ΟΤΚΖ. Οι συλλέκτες ΟΤΚΖ: να συμμετέχουν σε συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης ΟΤΚΖ. Οι κάτοχοι οχημάτων: να παραδίδουν το όχημά τους σε εγκεκριμένο σημείο συλλογής ΟΤΚΖ.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί είναι οι ακόλουθοι: Το αργότερο μέχρι την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2006 για όλα τα ΟΤΚΖ η επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση αυξάνεται στο 85% κατά μέσο βάρος ανά όχημα και ανά έτος. Στην ίδια προθεσμία η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση αυξάνεται τουλάχιστον στο 80% κατά μέσο βάρος ανά όχημα και ανά έτος. Για τα οχήματα που έχουν παραχθεί πριν την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 1980, οι στόχοι είναι τουλάχιστον 75% για την επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση και 70% για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Το αργότερο μέχρι την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 για όλα τα ΟΤΚΖ, η επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση αυξάνεται τουλάχιστον στο 95% και η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση στο 85% κατά μέσο βάρος ανά όχημα και ανά έτος.

Στην Ελλάδα έχει πλέον συσταθεί η ΕΔΟΕ<sup>[6]</sup> (Εναλλακτική Διαχείριση Οχημάτων Ελλάδος), που αποτελεί το μόνο εγκεκριμένο και αδειοδοτημένο σύστημα (απόφαση αρ.105136/ΦΕΚ907Β/17.06.04) για την εναλλακτική διαχείριση των οχημάτων ΤΚΖ. Η ΕΔΟΕ είναι μια αστική μη κερδοσκοπική εταιρία που έχει συσταθεί τον Ιανουάριο του 2004 από τους 33 επίσημους αντιπροσώπους αυτοκινήτων στην Ελλάδα, κατ' εφαρμογή του Ν.2939/2001 περί ανακύκλωσης. Σκοπός της ΕΔΟΕ είναι η συλλογική εκπλήρωση των υποχρεώσεων οι οποίες τίθενται στους Παραγωγούς αυτοκινήτων και ελαφρών φορτηγών από τον Ν.2939/2002 και το ΠΔ 116 για τα ΟΤΚΖ. Εποπτεύει ήδη δέκα σημεία ανακύκλωσης οχημάτων σε οκτώ νομούς της χώρας, ενώ προβλέπεται ως το τέλος του 2006 η κάλυψη όλης της επικράτειας. Από την έναρξη λειτουργίας του δικτύου έχει ανακυκλωθεί ο αριθμός οχημάτων που φαίνεται στον Πίνακα 1.

Έτος	Παραδομένα από κατόχους	Εγκαταλελειμμένα, παραδομένα από Δήμους	Σύνολο
2004	1077	0	1077
2005	5991	560	6551
Ως 31/1/06	202	53	255

Πίνακας 1: Ανακυκλωμένα οχήματα στην Ελλάδα

Η ετήσια ποσότητα των οχημάτων τέλους κύκλου ζωής στην Ελλάδα είναι περίπου 35.000 τόνοι εκ των οποίων ανακυκλώνεται το 75% των συλλεγομένων. Περίπου το 60% του συνόλου των κυκλοφορούντων επιβατηγών και ελαφρών φορτηγών βρίσκεται στους νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης. Η μέση ηλικία των ΟΤΚΖ στην Ελλάδα είναι γύρω στα 24,5 έτη (13 έτη είναι περίπου η μέση ηλικία του στόλου των κυκλοφορού-

ντων οχημάτων) ενώ στη Β. Ευρώπη είναι της τάξεως των 13 ετών. Είναι αξιοσημείωτο ότι η Ελλάδα μολονότι διατηρεί από τους παλαιότερους στόλους στην Ευρώπη έχει από τους χαμηλότερους ρυθμούς παραγωγής ΟΤΚΖ.

Η σύνθεση των αυτοκινήτων ανά κατηγορία υλικών μεταβάλλεται όχι μόνο από κατασκευαστή σε κατασκευαστή αλλά και από μοντέλο σε μοντέλο του ίδιου του κατασκευαστή. Ακόμα μεγαλύτερη διαφοροποίηση παρατηρείται ανάμεσα σε αυτοκίνητα με διαφορετική χρονολογία κατασκευής. Όλοι οι κατασκευαστές στην προσπάθειά τους να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις που τίθενται για μεγαλύτερη οικονομία καυσίμων, ελαφρύτερο βάρος, πιο ανθεκτικά και ασφαλή αυτοκίνητα, με συνεχώς πλουσιότερο εξοπλισμό, ανταποκρίθηκαν με την σταδιακή αντικατάσταση χαλύβδινων εξαρτημάτων από πλαστικά ή από εξαρτήματα κατασκευασμένα από ελαφρά μέταλλα. Ταυτόχρονα οι σχεδιαστικές τάσεις και η προσπάθεια για αεροδυναμικά σχήματα αύξησαν την επιφάνεια των γυάλινων επιφανειών. Για τους λόγους αυτούς τα νεότερα αυτοκίνητα περιέχουν μειωμένη αναλογία σιδηρούχων μετάλλων και αυξημένη αναλογία λοιπών υλικών και μετάλλων.

	Βάρος (kg)		% Σύνθεση	
	ARN	ANFAC	ARN	ANFAC
Ψυκτικό υγρό	3,6	5	0,4%	0,5%
Λάδια	4,9	10,3	0,5%	1,0%
Υγρά φρένων	0,3	0,5	0,0%	0,1%
Μπαταρία	13,6	12	1,5%	1,2%
Υγρό υαλοκαθαριστήρων	0,9	0,8	0,1%	0,1%
Καύσιμα	5	9	0,6%	0,9%
Αερόσακος		5,2	0,0%	0,5%
Ψυκτικό υγρό κλιματιστικού		0,9	0,0%	0,1%
Χάλυβας και μη σιδηρούχα μέταλλα	672,0	750,0	75,0%	75,0%
Γυαλιά	25,4	20,6	2,8%	2,1%
Ελαστικά	27,3	40	3,0%	4,0%
Καταλύτες		8	0,0%	0,8%
Πλαστικοί προφυλακτήρες	5,2	4,4	0,6%	0,4%
Λοιπά υλικά	137,8	133,3	15,4%	13,3%
Συνολικό μέσο βάρος οχήματος	896	1000	100,0%	100,0%
ARN: Συλλογικός φορέας ανακύκλωσης ΟΤΖ Ολλανδίας, ANFAC: Σύνδεσμος κατασκευαστών οχημάτων Ισπανίας				

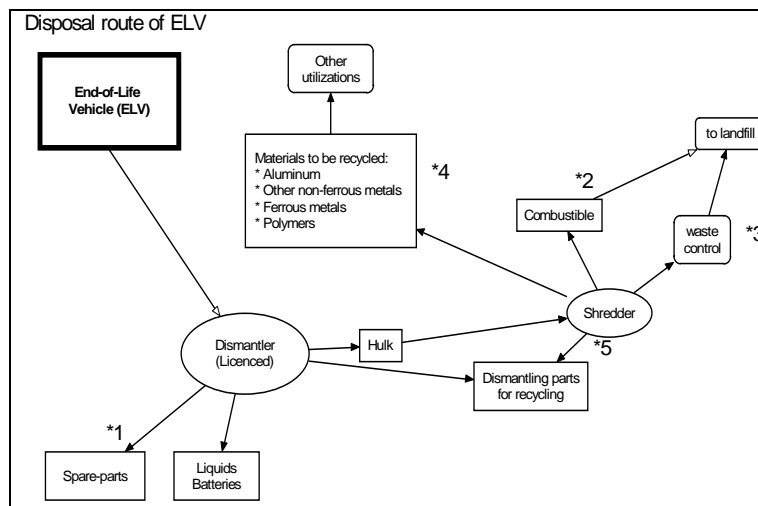
Πίνακας 2: Σύνθεση ΟΤΚΖ κατά κατηγορία υλικού

Για όλους τους παραπάνω λόγους είναι δύσκολο να προκύψει απόλυτα ακριβές συμπέρασμα για την σύνθεση των υλικών στα ΟΤΚΖ της Ελλάδας, από τα στοιχεία άλλων χωρών. Είναι πάντως γενικώς αποδεκτό ότι τα παλιότερα αυτοκίνητα θεωρούνται ευκολότερα προς ανακύκλωση αφού περιέχουν χάλυβα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 75% και ο χάλυβας ανακτάται σχεδόν ολόκληρος στην φάση του τεμαχισμού. Ως ενδεικτικά της μέσης σύνθεσης των ΟΤΚΖ, παρατίθεται ο Πίνακας 2 που έχει προκύψει από μελέτες σε άλλες χώρες της ΕΕ.

## 2. Η εργασία μας

Στην παρούσα εργασία μας παρουσιάζεται μελέτη των διαδικασιών<sup>[7]</sup> που ακολουθούνται σε ένα από τα πρώτα εξουσιοδοτημένα κέντρα συλλογής και ανακύκλωσης οχημάτων ΟΤΚΖ. Παρατηρούμε, καταγράφουμε και αναλύουμε τις διαδικασίες που ακολουθούνται. Η συνεχής καταγραφή και επεξεργασία των ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων αναμένεται να οδηγήσει σε απαραίτητες βελτιώσεις του συστήματος.

Το υπό μελέτη κέντρο συλλογής και ανακύκλωσης οχημάτων ΟΤΚΖ είναι εξουσιοδοτημένο από το εγκεκριμένο συλλογικό σύστημα Έναλλακτική Διαχείριση Οχημάτων Ελλάδας. Με την σύγχρονη μονάδα απορρύπανσης που έχει εγκαταστήσει και λειτουργεί αφαιρεί τα υγρά και άλλα μέρη των οχημάτων και στη συνέχεια οδηγεί το 'καθαρό' πλέον όχημα στο συγκρότημα άλεσης και διαχωρισμού όπου επιτυγχάνεται ο πλήρης διαχωρισμός και η ανακύκλωση των μεταλλικών του μερών. Συνοπτικά, η διαδικασία που ακολουθείται περιγράφεται στα ακόλουθα στάδια. Στο 1<sup>ο</sup> στάδιο, το κάθε όχημα οδηγείται στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο όπου αρχικά αφαιρούνται οι τροχοί, η μπαταρία και οι αερόσακοι. Στο 2<sup>ο</sup> στάδιο οδηγείται σε ειδικές ράμπες όπου αφαιρούνται τα καύσιμα, τα λάδια μηχανής, το σασμάν, τα αμορτισέρ, τα υγρά ψυγείου, φρένων, καθαρισμού τζαμιών και ο καταλύτης. Τα υλικά που συλλέγονται κατά τη διαδικασία απορρύπανσης τοποθετούνται σε ειδικούς συλλέκτες-δεξαμενές και στη συνέχεια προωθούνται για ανακύκλωση σε εξουσιοδοτημένες εταιρείες διαχείρισής τους. Στο 3<sup>ο</sup> (και τελικό στάδιο) το εναπομείναν «καθαρό» πλέον μέρος του οχήματος οδηγείται στο συγκρότημα άλεσης και διαχωρισμού της εταιρείας, για πλήρη διαχωρισμό και ανακύκλωση των μεταλλικών του μερών.



Διάγραμμα 1: Η διαδικασία που ακολουθεί το ΟΤΚΖ στο κέντρο συλλογής και ανακύκλωσης (σημειώνονται τα σημεία που θεωρούμε ότι επιδέχονται μελέτη προς βελτίωση).

Η ανάλυση των καταγραφόμενων στοιχείων είναι σημαντική για τη βελτίωση των διαδικασιών που ακολουθούνται. Συγκεκριμένα, αναπτύσσουμε ένα δυναμικά ανατροφοδοτούμενο και βελτιούμενο μοντέλο<sup>[8]</sup>, με σκοπό τη μελέτη και βελτίωση στα εξής σημεία: στο ποσό ενέργειας<sup>[9]</sup> που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, στο ενεργειακό περιεχόμενο των τελικών προϊόντων και στη μεγιστοποίηση της χρήσιμης ενέργειας των τελικών προϊόντων, στην εφαρμογή περισσότερο φιλικών προς το

περιβάλλον και αποδοτικότερων τεχνολογιών, στη μείωση των αποβλήτων μέσω της μεγιστοποίησης του βαθμού ανακύκλωσης και στην ανίχνευση και συλλογή των προς αδρανοποίηση επικίνδυνων τοξικών υλικών. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα υπό μελέτη κρίσιμα σημεία ελέγχου στην όλη διαδικασία.

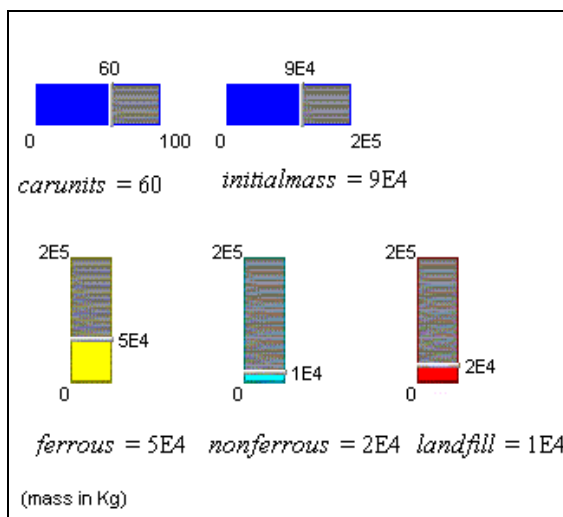
1	Χρήση της ενέργειας (ποιοτικά και ποσοτικά)
2	Υλικά απόβλητα
3	Τοξικά υλικά που πιθανώς οδηγούνται στους ΧΥΤΑ ή προς ανακύκλωση
4	Ασφάλεια και υγιεινή προσωπικού

Πίνακας 3: Κρίσιμα σημεία ελέγχου υπό μελέτη

Έχουμε σχεδιάσει ένα μοντέλο<sup>[10]</sup> που περιγράφει τις ακολουθούμενες διαδικασίες. Το μοντέλο σκοπεύει γενικότερα στη μελέτη:

- των ποσών ενέργειας<sup>[11]</sup> που δαπανώνται κατά τη διάρκεια των διαδικασιών
- τους ενεργειακούς μετασχηματισμούς που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια των διαδικασιών
- των μεταβολών στην εντροπία κατά τη διάρκεια των διαδικασιών
- του ενεργειακού περιεχομένου των τελικών προϊόντων
- της δυνατότητας ελαχιστοποίησης της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά τη διάρκεια των διαδικασιών
- της δυνατότητας μεγιστοποίησης του ενεργειακού περιεχομένου των τελικών προϊόντων
- της δυνατότητας εφαρμογής φιλικότερων προς το περιβάλλον τεχνολογιών
- των κρίσιμων σημείων ελέγχου της όλης διαδικασίας

Μέσω του μοντέλου αυτού έχουμε μέχρι τώρα αναλύσει τις απαιτήσεις για ενεργειακή κατανάλωση, καθώς και μεταβολές στην εντροπία.



Διάγραμμα 2: μοντέλο προσομοίωσης διαδικασιών

## 2.1. Προσομοίωση για την κατανάλωση ενέργειας

Το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας κατά τις διαδικασίες ανακύκλωσης καταναλώνεται (ηλεκτρική ενέργεια) κατά την άλεση και τον διαχωρισμό. Υπολογίσαμε την πραγματικά

καταναλισκόμενη ενέργεια και –με τη βοήθεια του μοντέλου προσομοίωσης- σχεδιάσαμε εναλλακτικά σενάρια (Πίνακας 4).

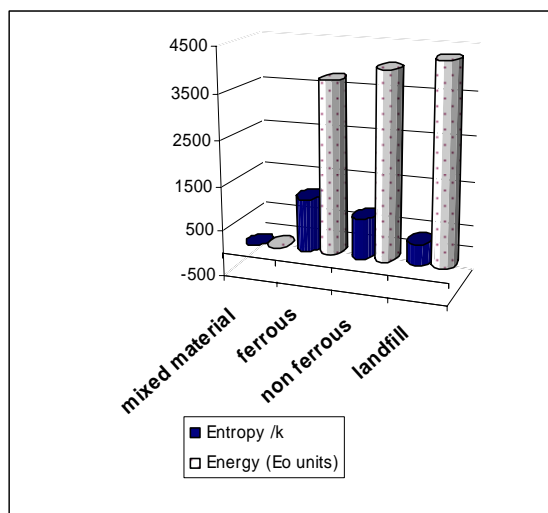
Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικά εναλλακτικά σενάρια:

- Σενάριο 1: 100% αύξηση των εισερχομένων ΟΤΚΖ. Απαιτείται επιπλέον χώρος στην εγκατάσταση, δυνατότητα on time εισόδου και εξόδου των υλικών, αύξηση προσωπικού.
- Σενάριο 2: Αύξηση του βαθμού διαχωρισμού των υλικών (κλασμάτων). Απαιτούνται έξοδα για εγκατάσταση νέων τεχνολογιών, αύξηση προσωπικού.
- Σενάριο 3: Αύξηση των κρίσιμων σημείων ελέγχου Απαιτούνται έξοδα για εγκατάσταση νέων τεχνολογιών, αύξηση προσωπικού, και επιπλέον χρόνος παραμονής κάθε ΟΤΚΖ στη γραμμή ανακύκλωσης.

Σενάριο	Συνολικό ποσό ενέργειας ανά όχημα	Ενέργεια ανά όχημα για άλεση	Ενέργεια ανά όχημα για διαχωρισμό μαγνητικών υλικών	Ενέργεια ανά όχημα για διαχωρισμό μη μαγνητικών υλικών	Ενέργεια ανά όχημα για διαχωρισμό πλαστικού/γυαλιού
Πραγματικό	43 Wh	28 Wh	6 Wh	5 Wh	4 Wh
1	36 Wh	24 Wh	4 Wh	4 Wh	4 Wh
2	48 Wh (43 Wh +5 Wh για επιπλέον διαχωρισμό)	28 Wh	6 Wh	5 Wh	4 Wh
3	45 Wh (43 Wh +2 Wh για επιπλέον εξοπλισμό ελέγχου)	28 Wh	6 Wh	5 Wh	4 Wh

Πίνακας 4: Ενεργειακή κατανάλωση σε εναλλακτικά σενάρια

## 2.2. Υπολογισμός των μεταβολών στην εντροπία



Διάγραμμα 3: Μεταβολές στην εντροπία και στην ενέργεια κατά τις διαδικασίες ανακύκλωσης

Μελετώντας τις μεταβολές στην ενέργεια και την εντροπία κατά τη διάρκεια των διαδικασιών ανακύκλωσης των ΟΤΚΖ (Διάγραμμα 3) προέκυψε ότι το μέγιστο ποσό της ενέργειας καταναλώνεται κατά την άλεση, στάδιο κατά το οποίο καταγράφεται και η μέγιστη μεταβολή στην εντροπία.

### 3. Συμπεράσματα

Η διαχείριση των ΟΤΚΖ, με τις νέες νομικές απαιτήσεις, αποτελεί μια καινοτόμο και μεγάλης κλίμακας βιομηχανική εφαρμογή. Απαιτείται πολλή μελέτη σχετικά με το ρόλο πολλών επί μέρους παραμέτρων, σχετικά με τη βελτιστοποίηση πολλών από τις διαδικασίες και μεθόδους που σήμερα ακολουθούνται, καθώς και για τον έλεγχο κρίσιμων σημείων ελέγχου στην όλη διαδικασία/διαχείριση ΟΤΚΖ. Στην εργασία μας μελετήσαμε το πρόβλημα μέσα από τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μοντέλων προσομοίωσης για την ποιοτική και ποσοτική μελέτη μετασχηματισμών ενέργειας και υλικών και διαπιστώσαμε ότι μέσω της προτυποποίησης των σχετικών υπηρεσιών, η επίτευξη των παραπάνω στόχων μπορεί να διευκολυνθεί σημαντικά.

### Βιβλιογραφία

- [1] G. Keoleian, (2003), *Life cycle optimization of automobile replacement: model and application*, Environmental Science & Technology, Vol. 37, pp. 5407-5413.
- [2] T. Graedel, (2002), *Getting serious about sustainability*, Environmental Science & Technology, Vol. 36, pp. 523-529.
- [3] A. Fricker, *Waste reduction in focus*, Futures 35 (2003) pp. 509-519.
- [4] A. Khare, (2000), *Economic issues in recycling end-of-life vehicles*, Technovation, Vol. 20, pp. 677-690.
- [5] S. Das, (1995), *Automobile recycling in the United States: energy impacts and waste generation*, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 14, pp. 265-284.
- [6] ΕΔΟΕ – Εναλλακτική Διαχείριση Οχημάτων Ελλάδος, Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο [www.edoe.gr](http://www.edoe.gr) (15/2/2006)
- [7] S. Mutz, T. Chatziavgoustis, T. Pretz, (2005), ‘Sorting of aluminum and its alloys within the European automobile recycling’, *Proceedings of 5th International Exhibition & Conference on Environmental Technology, Athens Greece, 3-6 February, C81*.
- [8] L. Averill, W. David Kelton, (2000), *Simulation Modeling and Analysis*, International Editions 2000, Singapore.
- [9] C. Koshland, (1997), *Two aspects of consumption: using an exergy-based measure of degradation to advance the theory and implementation of industrial ecology*, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 19, pp. 199-217.
- [10] E. Koltsakis, H. Polatoglou (2005). *System modeling and optimization of an end-of-life car recycling facility*. 1st International Conference on Experiments / Process / System Modelling / Simulation / Optimization, Athens, 6-9 July, 2005
- [11] E. Koltsakis, H. Polatoglou (2005). *Total quality and energy in automobile materials recycling procedures*. The Second International Exergy, Energy and Environment Symposium, 3 – 7 July 2005, Kos – Greece

### Στοιχεία συγγραφέων

1. Ευάγγελος Π. Κολτσάκης\*, Φυσικός MSc., υπ. Δρ. Α.Π.Θ., e-mail: [vangelis@auth.gr](mailto:vangelis@auth.gr)
2. Χαρίτων Μ. Πολάτογλου, Αναπ. Καθηγητής, τμ. Φυσικής, Σ.Θ.Ε., Α.Π.Θ., e-mail: [hariton@auth.gr](mailto:hariton@auth.gr), Α.Π.Θ., Σ.Θ.Ε., τμ. Φυσικής, τηλ. 2310998035.