



**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**“ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΟΔΗΓΙΩΝ 2005/32/ΕC ΚΑΙ 2009/125/ΕC ΣΤΟΥΣ  
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ”**



**Επιβλέπων Καθηγητής:** Κωνσταντίνος  
Ψωμόπουλος

**Σπουδαστής:** Κωνσταντίνος  
Χαραλαμπίδης

**ΑΜ:** 34616

**Πειραιάς**

**Ιούνιος – 2016**

Copyright © Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Οι βαθιές μου ευχαριστίες πηγαινούν στους συναδέλφους μου, Μπουζινέκη Νικόλαο, Χαλίκη Παρασκευή, Πολάκη Χρίστο, καθώς και στον επιβλέποντα καθηγητή μου Ψωμόπουλο Κωνσταντίνο. Χωρίς την παρότρυνση των παραπάνω δε θα επέστρεφα ποτέ στην ηλεκτρολογία μετά από την πολυετή απουσία μου.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες .....	iii
Περιεχόμενα .....	iv
Λίστα Εικόνων .....	vi
Λίστα Πινάκων .....	vii
Summary .....	viii
Πρόλογος .....	ix
<b>1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Περιβάλλον και Ενέργεια” .....</b>	<b>1</b>
1.1 Περιβαλλοντικές Αλλαγές .....	1
1.1.1 Ανθρώπινος Παράγοντας στη Κλιματική Αλλαγή .....	3
1.1.2 Παγκόσμια Θέρμανση .....	4
1.1.2.1 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.....	5
1.1.2.2 Συσσώρευση Διοξειδίου του Άνθρακα.....	6
1.2 Ανθρώπινη Αντίδραση .....	7
1.2.1 Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον (1972) .....	8
1.2.2 Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (1988) .....	9
1.2.3 Συνάντηση Κορυφής της Γης (1992) .....	11
1.2.3.1 Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή .....	12
1.2.4 Πρωτόκολλο του Κιότο (1992) .....	12
1.2.4.1 Ομαδοποίηση Χωρών κατά το Πρωτόκολλο .....	13
1.2.4.2 Παραρτήματα του Πρωτοκόλλου του Κιότο .....	14
1.2.5 Συμφωνία του Παρισιού (2016) .....	16
<b>2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Γενικά περι Μετασχηματιστών” .....</b>	<b>27</b>
2.1 Εισαγωγικές Πληροφορίες .....	27
2.2 Ιστορική Εξέλιξη .....	28
2.3 Αρχή Λειτουργίας.....	30
2.4 Μετασχηματιστές Διανομής.....	31
2.4.1 Δομικά Στοιχεία Μετασχηματιστών Διανομής .....	32
<b>3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Αειφορία και Οδηγία Ecodesign” .....</b>	<b>36</b>
3.1 Βιώσιμη Ανάπτυξη .....	36
3.1.1 Ανάλυση Γενικού Μοντέλου.....	37
3.1.1.1 Όφελος (οικονομικό κεφάλαιο) .....	38
3.1.1.2 Περιβάλλον (περιβαλλοντικό κεφάλαιο).....	39
3.1.1.3 Κοινωνία (κοινωνικό κεφάλαιο) .....	40
3.1.2 Ιστορική Αναδρομή Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	42
3.1.2.1 Το Κοινό μας Μέλλον (1987).....	42
3.1.2.2 Σύνοδος Κορφής της Χιλιετίας (2000).....	43
3.1.2.3 Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την Αειφόρο Ανάπτυξη (2012).....	43
3.1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....	44
3.1.3.1 Ενεργά Δίκτυα .....	44
3.1.3.2 Αιολική Ενέργεια.....	44
3.1.3.3 Βιομάζα.....	45
3.1.3.4 Γεωθερμική Ενέργεια .....	45
3.2 Ευρωπαϊκή Οδηγία Ecodesign .....	46
3.2.1 Ομάδες Προϊόντων .....	47
3.2.2 Αναφορές στους Μετασχηματιστές Διανομής .....	48
3.2.3 Αναλυτικές Οδηγίες για τους Μετασχηματιστές Διανομής .....	50
3.2.3.1 Άρθρα Κανονισμού Νο. 548/2014.....	50
3.2.3.2 Παραρτήματα του κανονισμού Νο. 548/2014.....	56
<b>4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Σύστημα Διανομής Ενέργειας και Απώλειες Αυτού” .....</b>	<b>63</b>
4.1 Το Σύγχρονο Σύστημα Διανομής Ενέργειας .....	63

4.2	Ευρωπαϊκό και Ελληνικό Δίκτυο .....	65
4.3	Απώλειες Δικτύου .....	67
4.4	Η Θέση των Μετασχηματιστών Διανομής.....	68
<b>5<sup>ο</sup></b>	<b>Κεφάλαιο “Οικολογική Σχεδίαση Μετασχηματιστών Διανομής” .....</b>	<b>70</b>
5.1	Πτυχές Οικολογικής Σχεδίασης.....	70
5.1.1	Δεδομένα από την Αγορά.....	70
5.1.2	Απώλειες Μετασχηματιστών Διανομής .....	72
5.1.2.1	Απώλειες Χωρίς Φορτίο (Σιδήρου) .....	72
5.1.2.2	Απώλειες Πλήρες Φορτίου (Χαλκού).....	73
5.1.2.3	Απώλειες Συστήματος Ψύξης.....	75
5.1.3	Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα.....	75
5.1.3.1	Εκπομπές CO2 .....	76
5.1.3.2	Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) .....	76
5.2	Τεχνολογικές Καινοτομίες .....	76
5.2.1	Πρόταση: Χρήση Άμορφου Μετάλλου .....	77
5.2.2	Πρόταση: Χρήση Πορώδους Άμορφου Μετάλλου .....	78
5.2.3	Πρόταση: Χρήση Εστέρα το Πετρελαίου .....	79
5.2.4	Πρόταση: Χρήση Υγρού Αζώτου.....	80
5.3	Αναφορά Εκτίμησης Επιπτώσεων και Δυνατότητες Εφαρμογής .....	81
5.3.1	Ελάχιστα Πρότυπα Ενεργειακής Απόδοσης (MEPS): Επιλογή E1 .....	81
5.3.2	Ελάχιστα Πρότυπα Ενεργειακής Απόδοσης (MEPS): Επιλογή E2.....	81
5.3.3	Καλύτερη Διαθέσιμη Τεχνολογία .....	82
<b>6<sup>ο</sup></b>	<b>Κεφάλαιο “Τέλος Ζωής Μετασχηματιστών και Ανακύκλωση” .....</b>	<b>83</b>
6.1	Εισαγωγικές Πληροφορίες .....	83
6.1.1	Αιτιολόγηση Ανακύκλωσης .....	83
6.1.2	Δομικά Υλικά .....	84
6.2	Ανακύκλωση και Ρύποι .....	85
6.2.1	Μέθοδοι Ανακύκλωσης και Ανακτήσιμα Υλικά.....	85
6.2.1.1	Ανακύκλωση Ατσαλιού και Ηλεκτρικού Ατσαλιού .....	86
6.2.1.2	Ανακύκλωση Χαλκού.....	87
6.2.1.3	Ανάκτηση Ορυκτέλαιου .....	88
6.2.2	Επικίνδυνοι και μη Ρύποι της Ανακύκλωσης.....	89
6.2.2.1	Ρύποι Μετάλλων .....	90
6.2.2.2	Ρύποι Μονωτικού Λαδιού .....	90
6.2.2.3	Λοιποί Ρύποι .....	91
6.3	Μελλοντικές Προβλέψεις.....	92
6.3.1	Ανακτήσιμα Υλικά για τη Δεκαετία 2020-2030 .....	93
6.3.2	Επικίνδυνοι και μη Ρύποι για τη Δεκαετία 2020-2030.....	94
<b>7<sup>ο</sup></b>	<b>Κεφάλαιο “Συμπεράσματα” .....</b>	<b>95</b>
7.1	Αναμενόμενα Αποτελέσματα Βάση MEPS επιλογές E1 και E2.....	95
7.1.1	Περιβαλλοντικά Αποτελέσματα.....	95
7.1.2	Οικονομικά Αποτελέσματα .....	96
7.2	Οφέλη και Συνέπιες Ανακύκλωσης Μετασχηματιστών Διανομής .....	97
7.3	Τελικά Συμπεράσματα.....	99
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>100</b>

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Η διαμόρφωση της θερμότητας της Γης ανά εκατομμύρια χρόνια.....	1
Εικόνα 1.2 Rachel Carson (1907-1964) .....	3
Εικόνα 1.3 Η διαμόρφωση της θερμότητας τα τελευταία χρόνια βάσει τεσσάρων επειστημονικών παραγόντων.....	4
Εικόνα 1.4 Παγκόσμια διαμόρφωση της θερμότητας τα χρόνια 1950-2014 .....	5
Εικόνα 1.5 Σχηματική αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου .....	5
Εικόνα 1.6 Η καμπύλη Keeling όπως παρατηρήθηκε μέχρι και το 2010 .....	6
Εικόνα 1.7 Έδρα Ηνωμένων Εθνών, Νέα Υόρκη. Ο κ Maurice F. Strong, γενικός γραμματέας της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον (δεξιά), δείχνει στο Γενικό Γραμματέα Ηνωμένων Εθνών U Thant ένα σχέδιο για την επίσημη αίθουσα του συνεδρίου. Στα αριστερά είναι ο κ Keith Johnson (Τζαμάικα), πρόεδρος της επιτροπής προετοιμασίας για τη διάσκεψη .....	8
Εικόνα 1.8 Σημαία των Ηνωμένων Εθνών .....	12
Εικόνα 1.9 Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου του Κιότο .....	15
Εικόνα 1.10 Μέρος του Infographic που είναι προσβάσιμο στο ευρύ κοινό.....	16
Εικόνα 2.1 Απλοποιημένη λειτουργία μετασχηματιστή .....	27
Εικόνα 2.2 Μάικλ Φαραντέι.....	28
Εικόνα 2.3 Πηγίο του Κάλαν, 1836 .....	28
Εικόνα 2.4 Μοντέλο Κλειστού Πυρήνα των Ζιπερνόφσκι, Μπλάθι και Ντέρι .....	29
Εικόνα 2.5 Κύκλωμα ιδανικού Μετασχηματιστή .....	31
Εικόνα 3.1 Το βασικό τρίπτυχο της αειφόρου ή βιώσιμης ανάπτυξης .....	37
Εικόνα 3.2 Το πλέγμα του μοντέλου βιώσιμης ανάπτυξης .....	41
Εικόνα 3.3 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκών πλακών .....	44
Εικόνα 3.4 Αρχή λειτουργίας ανεμογεννήτριας.....	45
Εικόνα 3.5 Τα χαρακτηριστικά χρώματα του συστήματος επισήμανσης της Οδηγίας Ecodesign .....	46
Εικόνα 4.1 Τυπικό ευρωπαϊκό δίκτυο .....	63
Εικόνα 4.2 Δίκτυο μεταφοράς και διανομής ενέργειας.....	64
Εικόνα 4.3 Πληθυσμός ευρωπαϊκών μετασχηματιστών ανά ονομαστική ισχύ σε διάγραμμα	66
Εικόνα 4.4 Πληθυσμός ελληνικών μετασχηματιστών ανά ονομαστική ισχύ σε διάγραμμα ...	66
Εικόνα 5.1 Ετήσια εισροή αγοράς μετασχηματιστών .....	72
Εικόνα 5.2 Απώλειες κενού φορτίου ανά μονάδα μάζας για το άμορφο μέταλλο σε σχέση με 0,18 και 0,23 χιλιοστά πάχος πορώδους ηλεκτρικού ατσαλιού .....	78
Εικόνα 5.3 Τάση διάσπασης για διάφορα μονωτικά λάδια μετά από καταμέτρηση σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60156.....	80
Εικόνα 6.1 Σύγχρονη εστία τόξου (electric arc furnace) Siemens .....	87
Εικόνα 6.2 Όψη εστίας τόξου (electric arc furnace) .....	88
Εικόνα 6.3 Τα αρχικά υλικά και τα ανακυκλώσιμα σε γράφημα, για έναν μετασχηματιστή ονομαστικής ισχύς 50 kVA .....	89
Εικόνα 7.1 Εξέλιξη εκπομπών CO <sub>2</sub> σύμφωνα με τις επιλογές E1 και E2.....	96
Εικόνα 8.2 Εξέλιξη αγοράς με και χωρίς MEPS .....	97

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1.1 Τα σενάρια αυξήσεως βαθμών κελσίου σύμφωνα με τη Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης.....	10
Εικόνα 1.2 Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που πρέπει να μειωθούν σε κάθε χώρα βάσει της Συμφωνίας του Παρισιού, αριθμητικά και ποσοστιαία. Περιλαμβάνεται μια στήλη που δείχνει την επικύρωση μέχρι και τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας .....	17
Εικόνα 3.1 Μέγιστες απώλειες φορτίου και χωρίς φορτίο για μετασχηματιστές λαδιού με το ένα τύλιγμα να παρουσιάζει τάση $U_m \leq 24$ kV και το άλλο $U_m \leq 1,1$ kV .....	56
Εικόνα 3.2 Μέγιστες απώλειες φορτίου και χωρίς φορτίο για μετασχηματιστές ξυρού τύπου με το ένα τύλιγμα να παρουσιάζει τάση $U_m \leq 24$ kV και το άλλο $U_m \leq 1,1$ kV .....	57
Εικόνα 3.3 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές λαδιού μέσης τάσεως .....	58
Εικόνα 3.4 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές ξυρού τύπου μέσης τάσεως.....	58
Εικόνα 3.5 Μέγιστες απώλειες φορτίου και χωρίς φορτίο για μετασχηματιστές λαδιού μέσης τάσεως για τοποθέτηση σε στύλους .....	59
Εικόνα 3.6 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές λαδιού υψηλής τάσεως .....	59
Εικόνα 3.7 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές υψηλής τάσεως ξυρού τύπου.....	60
Εικόνα 4.1 Πληθυσμός ευρωπαϊκών μετασχηματιστών ανά τύπο και ονομαστική ισχύς .....	65
Εικόνα 4.2 Απώλειες δικτύου ανά περιοχή .....	67
Εικόνα 4.3 Ποσοστιαίες απώλειες δικτύου σε συγκεκριμένες χώρες .....	68
Εικόνα 5.1 Σύγκριση πιθανού κόστους πυρήνα μετασχηματιστή από πορώδες άμορφο μέταλλο και άλλων παραλλαγών. Αρχικά δεδομένα σε ρουπίες.....	79
Εικόνα 6.1 Τα υλικά των μετασχηματιστών διανομής στην Ελλάδα, ανά ονομαστική ισχύ. Οι πληροφορίες δόθηκαν από τον κύριο Νίκο Τέγκο, τεχνικό διευθυντή στη Schneider Electric, μέσω προσωπικής επικοινωνίας .....	84
Εικόνα 6.2 Τα ανακυκλώσιμα υλικά (σε kg) των μετασχηματιστών διανομής, ανά την ονομαστική ισχύ τους.....	89
Εικόνα 6.3 Οι ρύποι που παράγονται (σε kg) με την ανακύκλωση των μετασχηματιστών διανομής, ανά την ονομαστική ισχύ τους. Οι ρύποι με κόκκινο αντιπροσωπεύουν επικίνδυνα (hazardous) απόβλητα .....	91
Εικόνα 6.4 Εγκατεστημένες μονάδες μετασχηματιστών διανομής στην Ελλάδα κατά τη δεκαετία 1980-1990, ανά ονομαστική ισχύς .....	92
Εικόνα 6.5 Ανακτήσιμα υλικά μέσω συστηματικής ανακύκλωσης των μετασχηματιστών διανομής για τη δεκαετία 2020-2030 .....	93
Εικόνα 6.6 Ρύποι που θα επιστρέψουν στο περιβάλλον μετά από συστηματική ανακύκλωση των μετασχηματιστών διανομής για τη δεκαετία 2020-2030. Επικίνδunami ρύποι με κόκκινο.94	

# SUMMARY

Distribution transformers constitute for a vital element of the energy distribution system of every electrical grid, both in the Hellenic sector and in a global scale. Being in use since 1882, distribution transformers have developed alongside the field of electrical engineering. However, even though they have been in use for more than a century, there is still possibility for further development when circumstances call for it.

With the latest focus from Europe and the word to sustainable development and ecological technologies, it wasn't long before distribution transformers followed with the introduction of the Ecodesign Directive, under European supervision. As it was expected, the changes in style, technological development, and market inflexion were many and significant.

Taking into account the large population of distribution transformers (about 150,000 units only in Hellas) and their irreplaceable position in the systems of energy distribution, it is a necessity to analyze these fluctuations in depth. By collecting enough reputable data we can reach to solutions with maximum results, always in accordance with the values of sustainable development.

The present thesis attempts to address a multitude of aspects concerning the ecological design of distribution transformers. It includes the analytical legal scope of the Ecodesign Directive, in addition to the actions and agreements that led to said directive. Through collected data, it analyzes the energy distribution system and its imprint on the environment. It refers to the latest technological innovations of distribution transformers, and to the results they are expected to induce to the environment and the economy. In conclusion, it includes a future progression of what may come with the systematic recycling of distribution transformers.

**Keywords:** distribution transformers, eco-design, output, environmental change, recycling, waste, requirement standards



# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι μετασχηματιστές διανομής αποτελούν βασικό στοιχείο των συστημάτων διανομής ενέργειας σε κάθε ηλεκτρικό πλέγμα τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Όντας σε χρήση από το 1882, οι μετασχηματιστές έχουν εξελιχθεί παράλληλα με τον κλάδο των ηλεκτρολόγων μηχανικών. Παρά όμως την υπέρ αιωνόβια ύπαρξη και χρήση τους, υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια ανάπτυξης της τεχνολογίας τους όταν η περιστάσεις το καθιστούν αναγκαίο.

Με την στροφή της Ευρώπης και του κόσμου τα τελευταία χρόνια στην Αειφόρο ανάπτυξη και στην οικολογική τεχνολογία, οι μετασχηματιστές δεν άργησαν να ακολουθήσουν με την εισαγωγή τους στο σταδιακό πρόγραμμα των οδηγιών Ecodesign, κάτω από ευρωπαϊκή επίβλεψη. Ως ήτο αναμενόμενο, οι αλλαγές στις τεχνοτροπίες, στην προσέγγιση της τεχνολογικής ανάπτυξης αλλά και στον πληθωρισμό τις αγοράς ήταν ραγδαίες και πολλές.

Δεδομένου του πλήθους των μετασχηματιστών διανομής (περίπου 150.000 μονάδες εγκατεστημένες μόνο στην Ελλάδα) αλλά και της αναντικατάστατης θέσης τους στην διανομή ενέργειας, είναι απαραίτητο να αναλύσουμε σε βάθος τις διακυμάνσεις αυτές. Συλλέγοντας αρκετά και έγκριτα στοιχεία μπορούμε να φθάσουμε σε λύσεις με βέλτιστο αποτέλεσμα, πιστές πάντα στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επιχειρεί να πλαισιώσει ένα μεγάλο εύρος των πτυχών της οικολογικής σχεδίασης μετασχηματιστών. Συμπεριλαμβάνει την αναλυτική νομοθεσία της Οδηγίας Ecodesign, καθώς και τις δραστηριότητες και συμφωνίες που οδήγησαν σε αυτήν. Μέσω ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων, αναλύει το σύστημα διανομής ενέργειας και το αποτύπωμα του στο περιβάλλον. Αναφέρεται στις τελευταίες τεχνοτροπίες κατασκευής μετασχηματιστών διανομής, και στα αποτελέσματα που προβλέπεται να επιφέρουν στο περιβάλλον και την οικονομία. Τέλος, συμπεριλαμβάνει μια μελλοντική πρόβλεψη για τα όσα επέλθουν με τη συστηματική ανακύκλωση των μετασχηματιστών διανομής.

**Λέξεις κλειδιά:** μετασχηματιστές διανομής, οικολογική κατασκευή, απόδοση, περιβαλλοντικές αλλαγές, ανακύκλωση, ρύποι, προαπαιτούμενα πρότυπα

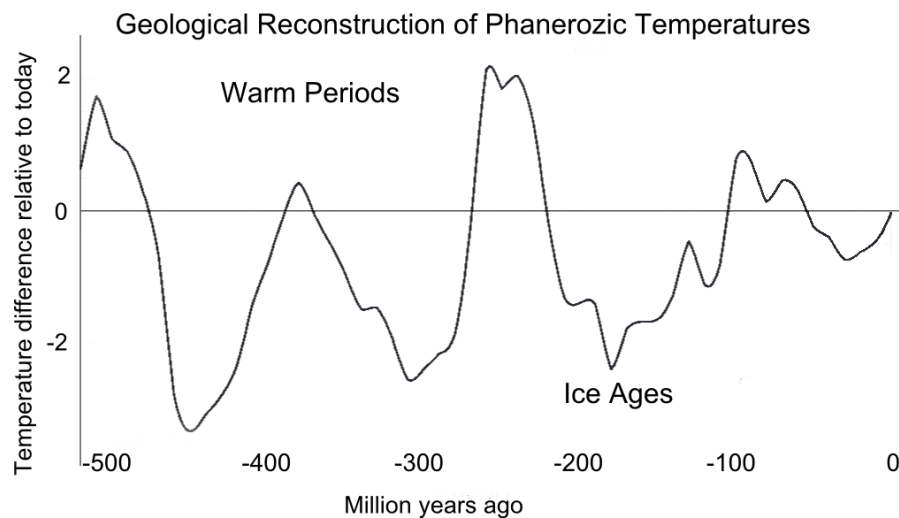
# 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## “ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ”

### 1.1 Περιβαλλοντικές Αλλαγές

Με τον όρο περιβαλλοντολογική αλλαγή αναφερόμαστε στις (αντιληπτές από τον άνθρωπο) μετατροπές στα καιρικά μοτίβα οι οποίες πραγματοποιούνται και διαρκούν κατά μεγάλες χρονικές περιόδους. Κατά την γεωλογική ιστορία του πλανήτη υπήρξαν μεταβιβάσεις σε διακριτές κλιματολογικά περιόδους οι οποίες χαρακτηρίζονται από έντονες μεταβολές στην επιφανειακή θερμοκρασία της Γης. Σε γενικές γραμμές οι μεγαλύτερες αλλαγές οριοθετούνται από διαδοχικές εποχές παγετώνων όπου ανάμεσα τους εμφανίζονται θερμότερες περιόδους (πληροφορίες από:

[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch9s9-1.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch9s9-1.html).)



Εικόνα 1.1 Η διαμόρφωση της θερμότητας της Γής ανά εκατομμύρια χρόνια (Shaviv, N. and Veizer, J. 2003)

Ως είναι προφανές, οι καιρίες αυτές αλλαγές επηρεάζουν τις πιθανότητες εμφάνισης ζωής (αλλά και τη βιωσιμότητα αυτής) σημαντικά. Βασικές υποκινήτριες δυνάμεις των περιβαλλοντικών αλλαγών είναι γενικά αποδεκτό ότι είναι οι παρακάτω (πληροφορίες από <http://know.climateofconcern.org>):

- ❖ **Ατμόσφαιρα:** Η παρουσία της ατμόσφαιρας (το σύνολο των αέριων στρωμάτων όπου συγκρατούνται γύρω από τη Γή λόγω της βαρύτητας της) προστατεύει τη ζωή στη Γή. Πρωτοεμφανίστηκε με μορφή κοντινή σε αυτή που τη γνωρίζουμε σήμερα δισεκατομμύρια χρόνια πριν λόγω των έντονων ηφαιστειακών διαταραχών και των βροχών αστεροειδών. Παίζει κύριο ρόλο στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου που θα παρουσιαστεί παρακάτω.
- ❖ **Υδρόσφαιρα:** Ο Ωκεανός (το μεγαλύτερο στοιχείο της υδρόσφαιρας) είναι εξαιρετικά σημαντικός στη μελέτη των περιβαλλοντικών αλλαγών λόγω πολλών παραγόντων. Σημαντικότεροι από αυτούς είναι η τεράστια μάζα και επιφάνεια του καθώς και η υψηλή θερμική του αδράνεια.
- ❖ **Κρυόςφαιρα:** Η κρυόςφαιρα είναι συλλογικά όλες οι περιοχές τις Γής που το νερό βρίσκεται σε στερεή μορφή. Επηρεάζει την επιφανειακή ενέργεια του πλανήτη, την υγρασία, την ροή των ωκεανών, και γενικά αλληλεπιδράει με την ατμόσφαιρα και την υδρόσφαιρα.
- ❖ **Λιθόςφαιρα:** Η επιφάνεια των στερεών υλικών του πλανήτη, τόσο στις ηπείρους όσο και στον πυθμένα της θάλασσας.
- ❖ **Βιόςφαιρα:** Η βιόςφαιρα αποτελεί το παγκόσμιο σύνολο όλων των οικοσυστημάτων. Πιο απλά μπορεί να εξηγηθεί ως το εύρος όλης της ζωής στη Γη, και θεωρείται γενικά κλειστό (με την εξαίρεση εξωγενών παραγόντων όπως η ηλιακή ακτινοβολία) και αυτοελεγχόμενο σύστημα.

Η ηλικία της Γης υπολογίζεται στα 4,54 δισεκατομμύρια χρόνια με 1% σφάλμα (Dalrymple 1991). Οι μοναδικές κινητήριες δυνάμεις των κλιματικών αλλαγών στη Γή κατά αυτή τη διάρκεια ήταν οι παραπάνω, με την σημαντική εξαίρεση αντικειμενικών παραγόντων όπως η ηλιακή ακτινοβολία και η βροχή μετεωριτών που εν τέλει προκάλεσε την παρουσία της σημερινής ατμόσφαιρας. Η βιόςφαιρα είχε την ελάχιστη ανάδραση με τις κλιματικές αλλαγές, όντας ως προαναφέρθηκε, κλειστό επί των πλείστων σύστημα.

Αυτό που θα μπορούσε να φέρει ριζική αλλαγή σε ένα σύστημα που λειτουργεί για τόσα πολλά χρόνια, είναι η απότομη εισαγωγή ενός καινούριου παράγοντα: Μια καινούρια, επιθετική εξωστρέφεια από ένα στοιχείο που μέχρι τότε αποτελούσε σχεδόν κλειστό σύστημα. Τη βιόςφαιρα. Και αυτή η αλλαγή ήρθε με τη μορφή ενός έμμεσου προϊόντος της βιόςφαιρας, τη βιομηχανική επανάσταση του ανθρώπινου γένους.

### 1.1.1 Ανθρώπινος Παράγοντας στη Κλιματική Αλλαγή

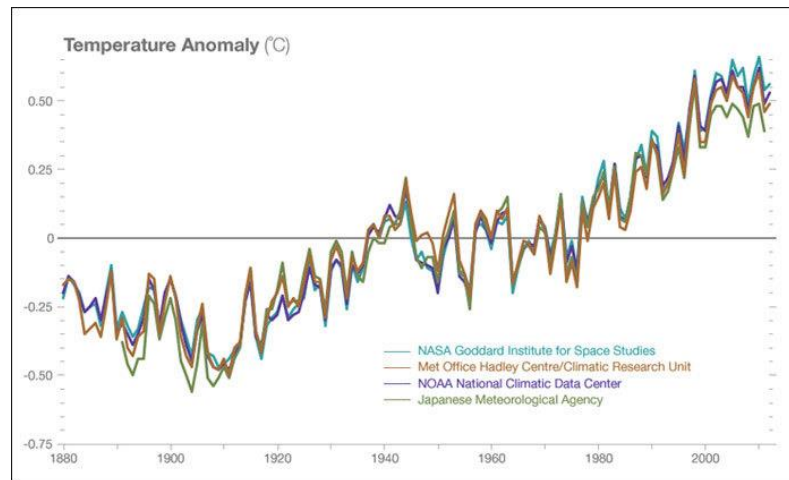
Το αντικείμενο της ανθρώπινης επίδρασης επάνω στις κλιματικές αλλαγές αποτελεί ένα μείζον θέμα της σύγχρονης εποχής, με την εγκυρότητα αυτού ακόμα να αμφισβητείται σε κάποιο βαθμό, κυρίως από παράγοντες του βιομηχανικού κεφαλαίου. Πρόκειται για μια υπόθεση που υπάρχει αρκετά νωρίτερα από σήμερα, με το βιβλίο της χημικού Rachel Carston “Σιωπηλή Άνοιξη” το 1962 να αποτελεί ένα από τα παλαιότερα αναγνωρισμένα συγγράμματα που έθεσαν τα πρώτα θεμέλια σε αυτό που πλέον ονομάζουμε αειφόρο ή βιώσιμη ανάπτυξη. Η Carston, μέσα από την έρευνα της για τα νοσογόνα αποτελέσματα των φυτοφάρμακων στο περιβάλλον (με έμφαση στα πτηνά), ήρθε στο συμπέρασμα ότι ανθρώπινη δράση ήταν μη βιώσιμη και καταστροφική για το ίδιο μας το μέλλον. Στα ίδια της τα λόγια: «Όσο πιο ξεκάθαρα μπορούμε να εστιάσουμε τη προσοχή μας στα θαύματα και στις αλήθειες του σύμπαντος γύρω μας, τόσο λιγότερο θα γευτούμε τη καταστροφή.»



*Εικόνα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο.1.2 Rachel Carson (1907-1964) (φωτογραφία Public Domain)*

Το κατά πόσο η ανθρώπινη δράση βλάπτει το περιβάλλον ήταν κάτι που αντιμετωπίστηκε με έντονο σκεπτικισμό τα επερχόμενα χρόνια. Αυτό οδήγησε σε περεταίρω καθυστέρηση εύρεσης πιθανών λύσεων, σε κάτι που κατά την επιστημονική κοινότητα ήταν νοσογόνο για το μέλλον του πλανήτη. Η άρνηση των περιβαλλοντικών αλλαγών από ανθρώπινες πράξεις αποδίδεται σε κοινωνικούς, εκπαιδευτικούς, αλλά και πολιτικούς λόγους.

Τη σημερινή εποχή το 97% της εγκεκριμένης σχετικής επιστημονικής κοινότητας συμφωνεί στη παγκόσμια θέρμανση από ανθρώπινο παράγοντα. (Cook et al.2016). Πλέον ένα αντιληπτό φαινόμενο από την πλειονότητα του ανθρώπινου είδους, αποτελεί Δαμόκλειο Σπάθα για τα προβλήματα που θα επιφέρει (ή έχει ήδη επιφέρει) στην καθημερινότητα μας και στο μέλλον της εξέλιξης μας. Όπως ανέφερε ο αναγνωρισμένος δημοσιογράφος Tom Friedman το 2014, «Το πώς θα κάνουμε τη μετάβαση σε μια σταθεροποιημένη αλλά ακόμα ευδαιμονούσα σχέση με τη Γη, είναι σίγουρα η ιστορία της εποχής μας».



Εικόνα 1.3 Η διαμόρφωση της θερμότητας τα τελευταία χρόνια βάσει τεσσάρων επιστημονικών παραγόντων (από NASA - <http://www.nasa.gov/>)

### 1.1.2 Παγκόσμια Θέρμανση

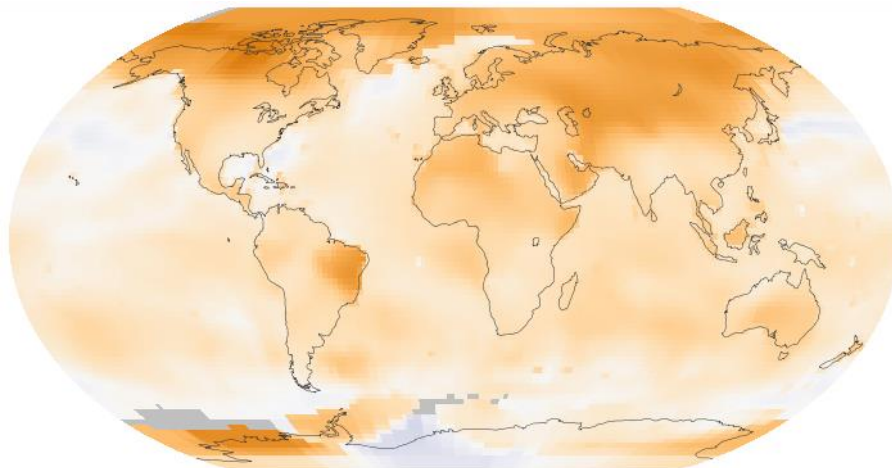
Τόσο σε αποσπάσματα των εκθέσεων της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (International Panel of Climate Change ή IPCC) όσο και στη καθομιλουμένη, ο όρος κλιματική αλλαγή (climate change) έχει γίνει σχεδόν αδιάλλακτος με τον όρο παγκόσμια θέρμανση (global warming). Η αιτία είναι ότι πρόκειται για το κατά πολύ πιο ευδιάκριτο και πιο νοσογόνο αποτέλεσμα της ανθρώπινης δράσης στο περιβάλλον.

Με τον όρο παγκόσμια θέρμανση αναφερόμαστε στην αντιληπτή αύξηση της μέσης θερμότητας της Γης τα τελευταία 100 περίπου χρόνια. Τα πιο πρόσφατα μοντέλα κλιματικών αλλαγών συμπεραίνουν ότι κατά τον 21<sup>ο</sup> αιώνα η παγκόσμια θερμότητα θα αυξηθεί κατά 0,3 με 1,7 °C επιπρόσθετους βαθμούς σύμφωνα με το βέλτιστο σενάριο και κατά 2,6 με 4,8 °C κατά το χειρίστο. (Intergovernmental Panel on Climate Change 2014) Έστω και η μικρότερη πιθανή αύξηση της μέσης θερμότητας της Γής θα είναι εξαιρετικά νοσογόνο γεγονός τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη καθημερινότητα. Πιθανά προβλήματα που έχουν υπογραμμιστεί από την IPCC και σχετικές έρευνες είναι:

- Υπάρχει μέτρια βεβαιότητα ότι το 20-35% της γνωστής χλωρίδας και πανίδας θα αντιμετωπίσει αυξημένη επικινδυνότητα εξαφάνισης εάν η μέση θερμότητα αυξηθεί κατά 1,5-2,5 °C πάνω από αυτή της χρονικής περιόδου 1980-1999. (Smith et al. 2009)
- Μόνο αύξηση κατά λίγο λιγότερο από 1 °C θα προκαλέσει αύξηση σε ξηρασίες, καύσωνες και πλημμύρες σε πολλές περιοχές με επιπρόσθετα επιβλαβή γεγονότα όπως έλλειψη νερού, αύξηση στη συχνότητα πυρκαγιών και στην επικινδυνότητα

εμφάνισης πλημμύρων. Αύξηση πάνω από 1 °C θα είναι πλέον εξαιρετικά επιβλαβής για τη δημόσια υγεία. (Smith et al. 2009)

- Φαινόμενα τα οποία μπορούν να εμφανιστούν σε βάθος χρόνου περιλαμβάνουν ακόμα και την κλιματική μετανάστευση, με επιπρόσθετες ένοπλες διαμάχες. (Hsiang, Burke and Miguel. 2013)

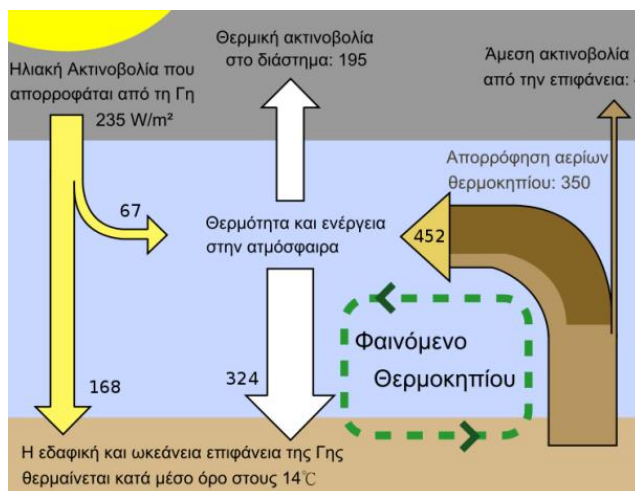


Εικόνα 1.4 Παγκόσμια διαμόρφωση της θερμότητας τα χρόνια 1950-2014. (από NASA - <http://www.nasa.gov/>)

#### 1.1.2.1 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Αυτό κάθε αυτό, το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία που κάνει της συνθήκες ζωής και εξέλιξης πάνω στον πλανήτη υπαρκτές. Η Γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία, που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 1966 W/m<sup>2</sup>, στο όριο της ατμόσφαιρας. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα.

Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της Γης. Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 32% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος), κατά 3% από τα



Εικόνα 1.5 Σχηματική αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Η αρχική εικόνα δημιουργήθηκε από τον Robert A. Rhode σαν μέρος του προγράμματος Global Warming Art).

νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό (51%) από την επιφάνεια και τους ωκεανούς (Jacob 1999). Η διαδικασία αυτή κρατάει την επιφανειακή θερμοκρασία της Γης στους 30 περίπου βαθμούς κελσίου σε ιδανικές συνθήκες. Χωρίς την παρουσία του φαινομένου του θερμοκηπίου η μέση θερμοκρασία θα ήταν περίπου  $-18^{\circ}\text{C}$ , καθιστώντας τον πλανήτη αβίωτο. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται στις κατασκευές των θερμοκηπίων, από όπου παίρνει και το όνομα του (EESC 2100. 2007). Αξίζει να σημειωθεί ότι η Γη δεν είναι ο μοναδικός πλανήτης με αυτό το φαινόμενο.

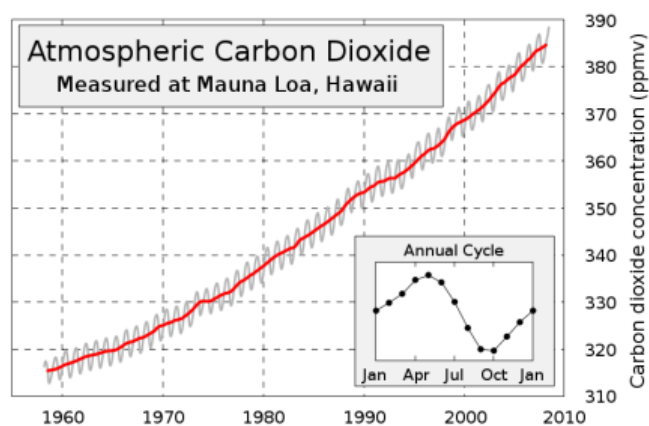
Τα τέσσερα βασικά αέρια που υποκινούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η εκάστοτε ποσοστιαία συμβολή τους είναι:

- Υδρατμοί (36-70%)
- Διοξείδιο του Άνθρακα (9-26%)
- Μεθάνιο (4-9%)
- Όζον (3-7%)

Σύμφωνα με την τελευταία περιβαλλοντική έκθεση της IPCC, τα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα έχουν φτάσει σήμερα στα υψηλότερα επίπεδα που έχουν παρατηρηθεί τα τελευταία 800.000 χρόνια. Η ίδια έκθεση υποστηρίζει για άλλη μία φορά ότι αυτό αποτελεί αποτέλεσμα των πολλαπλών ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που εκκρίνουν διοξείδιο του άνθρακα τις τελευταίες δεκαετίες. Λόγω της ολοένα και υψηλότερης συσσώρευσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, όλο και περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία παραμένει στον πλανήτη. Το αποτέλεσμα είναι το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης.

#### 1.1.2.2 Συσσώρευση Διοξειδίου του Άνθρακα

Το σημερινό ποσοστό συσσώρευσης  $\text{CO}_2$  είναι σίγουρα το περισσότερο που υπήρξε τα τελευταία 800.000 χρόνια, οπότε είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι είναι και το περισσότερο τα τελευταία 20.000.000 χρόνια (Dlugokencky and Tans. 2015). Ο βασικός παράγοντας συσσώρευσης  $\text{CO}_2$  στην ατμόσφαιρα της νεαρότερης Γης ήταν η



Εικόνα 1.6 Η καμπύλη Keeling όπως παρατηρήθηκε μέχρι και το 2010 (από [http://earthguide.ucsd.edu/eoc/special\\_topics/teach/sp\\_climate\\_change/p\\_keeling\\_curve](http://earthguide.ucsd.edu/eoc/special_topics/teach/sp_climate_change/p_keeling_curve))

ηφαιστειακή δραστηριότητα αλλά την σημερινή εποχή απελευθερώνει μόνο 130 – 230 μεγατόνους CO<sub>2</sub> τον χρόνο, που δεν είναι ούτε το 1% αυτού που απελευθερώνετε από ανθρώπινες δραστηριότητες. Πριν την βιομηχανική εποχή η παγκόσμια συσσώρευση ήταν περίπου 280 ppm (parts per million) και σήμερα φτάνει τα 392 ppm, περίπου στο 39% αύξηση λόγω του ανθρωπίνου παράγοντα. Η αύξηση αυτή οφείλετε κυρίως στην καύση των ορυκτών καυσίμων και στην αποψίλωση των δασικών εκτάσεων. Σε μορφή γιγατόνων το φαινόμενο είναι ακόμα πιο προφανές, με υπολογιστικά 334 γιγατόνους άνθρακα απελευθερωμένους σαν διοξείδιο την περίοδο 1901 – 2008 και μόνο 12 απελευθερωμένους την περίοδο 1751 – 1900. Με αυτόν τον ρυθμό υπολογίζετε ότι η μέση θερμοκρασία θα ανέβει μέχρι και 3,7° C τα επόμενα χρόνια. Το ενδεχόμενο λιώσιμο των πάγων επιφέρει κινδύνους σε πολλούς τρόπους ζωής. Από άποψη γεωργίας, πολλές περιοχές επηρεάζονται θετικά όπως άλλες αρνητικά, αλλά το ακραία και απρόβλεπτα καιρικά φαινόμενα που ακολουθούν μια ριζική αλλαγή της θερμοκρασίας δεν πρόκειται να ωφελήσουν καμία σοδιά. Αν και έχουν γίνει αρκετές προτάσεις για την απομάκρυνση του CO<sub>2</sub>, είναι κοινός αποδεκτό ότι εάν δεν περιοριστούν οι ανθρωπίνι ρύποι θα υπάρξουν καταστρεπτικές συνέπειες για το περιβάλλον.

## 1.2 Ανθρώπινη Αντίδραση

Με την ιδέα των αρνητικών συνεπειών επί του περιβάλλοντος από την ανθρωπότητα να αναδύεται υπήρξε και υπάρχει μια σταδιακή οργανωμένη αντίδραση από ανθρώπινους παράγοντες, από τις πρώτες συνεδρίες μέχρι και την Ευρωπαϊκή Οδηγία Ecodesign. Η τελευταία, δεδομένου της ερευνητικής θέσης που έχει στην παρούσα πτυχιακή εργασία, παρουσιάζεται και αναλύεται σε ξεχωριστό κεφάλαιο. Παρακάτω υπάρχει μια παρουσίαση των περιβαλλοντικών συνεδριών και πρωτοκόλλων που οδήγησαν σε αυτή, μέχρι και την πιο πρόσφατη «Συμφωνία του Παρισιού».





*Εικόνα 1.7 15 Σεπ 1971 – Έδρα Ηνωμένων Εθνών, Νέα Υόρκη. Ο κ Maurice F. Strong, γενικός γραμματέας της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον (δεξιά), δείχνει στο Γενικό Γραμματέα Ηνωμένων Εθνών U Thant ένα σχέδιο για την επίσημη αφίσα του συνεδρίου. Στα αριστερά είναι ο κ Keith Johnson (Τζαμάικα), Πρόεδρος της επιτροπής προετοιμασίας για τη διάσκεψη. (Φωτογραφία: UN Photo / Teddy Chen)*

### **1.2.1 Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον (1972)**

Η επιστημονική κοινότητα άρχισε από τις δεκαετίες του 60' και του 70' να επισημαίνει τους κινδύνους της αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την αύξηση της θερμοκρασίας. Δεν υπήρξε απήχηση για αρκετά χρόνια. Η Σουηδία ήταν η πρώτη χώρα που πρότεινε το 1986 στο Οικονομικό και Κοινωνικό Συμβούλιο του ΟΗΕ τη πραγματοποίηση μιας διάσκεψης με αντικείμενο την ανθρώπινη αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Εν τέλει η διάσκεψη έλαβε τόπο στη Στοκχόλμη τον Ιούνιο του 1972. Πέραν των προβλημάτων περί του περιβάλλοντος αξίζει να σημειωθεί ότι συζητήθηκαν πολλά κοινωνικοοικονομικά προβλήματα που απέρρεαν από την περιβαλλοντική εκμετάλλευση. Η τότε πρόεδρος της Ινδίας μίλησε για την άμεση σύνδεση της περιβαλλοντικής συνείδησης και της άνισης κατανομής του πλούτου. Αυτή η συνειδητοποίηση καθώς και η συλλογικότητα της δράσης των εθνών θεωρείται σήμερα από τους βασικούς προδρόμους που οδήγησαν στη στροφή προς τη βιώσιμη ανάπτυξη. Οι επιρροές είναι ιδιαίτερα αντιληπτές στην Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (αργότερα Ευρωπαϊκή Ένωση) όπου το επόμενο έτος συνέθεσε τη «Θέση περί Περιβάλλοντος και Προστασίας των Καταναλωτών». Κινήσεις σαν αυτές οδήγησαν σε βάθος χρόνου σε σημαντικότερες και πιο δεσμευτικές αποφάσεις, όπως το Πρωτόκολλο του Κιότο (1992) και την πιο πρόσφατη Συμφωνία του Παρισιού (2016).

( *DeSombre, Elizabeth (2006). Global Environmental Institutions. Rutledge. pp. 22–23* )

( Björn-Ola Linnér and Henrik Selin *The Thirty Year Quest for Sustainability: The Legacy of the 1972 UN Conference on the Human Environment, Paper presented at Annual Convention of International Studies Association, Portland, Oregon, USA, February 25 – March 1, 2003, as part of the panel “Institutions and the Production of Knowledge for Environmental Governance” (co-author Henrik Selin).p. 3* )

### 1.2.2 Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (1988)

Το 1988, δημιουργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) μία Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Αυτή η ομάδα παρουσίασε την πρώτη Έκθεση Αξιολόγησης το 1990 (First Assessment Report), η οποία απεικόνιζε τις απόψεις 400 επιστημόνων. Σύμφωνα με την αναφορά αυτή, το πρόβλημα της αύξησης της θερμοκρασίας ήταν υπαρκτό και όφειλε να αντιμετωπιστεί άμεσα. Τα συμπεράσματα της Διακυβερνητικής Επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC). Η IPCC δημοσίευσε ακόμα τέσσερις Εκθέσεις Αξιολόγησης μέχρι τώρα, για πέντε συνολικές δημοσιεύσεις. Κάθε δημοσίευση αποτελείται από τουλάχιστον τρία βιβλία τα οποία αντιστοιχούν στα Working Groups 1, 2 και 3 της IPCC. Συχνά επιπρόσθετα βιβλία συμπεριλαμβάνονται, και υπάρχουν φορές που ολόκληρες επιπρόσθετες αξιολογήσεις έχουν ακολουθήσει τις πέντε βασικές:

#### ❖ 1992 – Πρώτη Έκθεση Αξιολόγησης.

Αναφορά στη συσσώρευση Διοξειδίου του Άνθρακα στην ατμόσφαιρα λόγω ανθρωπίνων ενεργειών και στις παρενέργειες αυτού στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αναφορές για αύξηση της μέσης θερμοότητας κατά 0,3-0,6 °C.

#### ❖ 1996 – Δεύτερη Έκθεση Αξιολόγησης.

Αναφορά στη συνέχιση σταθερής συγκέντρωσης CO<sub>2</sub>. Παρατήρηση για την αύξηση της θερμοότητας αρκετά περισσότερο κατά τον τρέχων αιώνα απ ότι στους προηγούμενους. Αν και η κατάσταση δεν έχει εξηγηθεί ακόμα πλήρως, η έκθεση είναι κάθετη στο ότι το κλίμα θα συνεχίσει να αλλάζει.

#### ❖ 2001 – Τρίτη Έκθεση Αξιολόγησης.

Παρατήρηση πως οικοσυστήματα και πληθώρα μορφών ζωής θα επηρεαστούν αρνητικά. Η έκθεση αναφέρει ότι προσαρμογή στις αλλαγές του κλίματος θα

μπορούσε να περιορίσει τις νοσογόνες συνέπειες στο περιβάλλον αλλά όχι να σταματήσει όλη τη φθορά (παροντική και μελλοντική).

❖ **2007 – Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης.**

Η μεγαλύτερη έκθεση μέχρι τότε, με 6 χρόνια διάρκεια προετοιμασίας και πάνω από 3.000 άτομα από 130 χώρες που βοήθησαν στη σύσταση της. Η έκθεση εκφράζει ακόμα μεγαλύτερη βεβαιότητα της αρνητικής επιρροής του ανθρώπου στο περιβάλλον. Έξι πιθανά σενάρια παρουσιάστηκαν όπου εξέφραζαν την αύξηση της μέσης θερμότητας από το τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα (1980 – 99) μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> (2090 – 2099). Τα έξι σενάρια και οι αυξήσεις σε βαθμούς κελσίου ήταν οι παρακάτω:

Σενάριο Εκπομπών	Καλύτερη Εκτίμηση	Πιθανό Εύρος
B1	1.8	1.1 – 2.9
A1T	2.4	1.4 – 3.8
B2	2.4	1.4 – 3.8
A1B	2.8	1.7 – 4.4
A2	3.4	2.0 – 5.4
A1FI	4.0	2.4 – 6.4

*Πίνακας 1.1 Τα σενάρια αυξήσεως βαθμών κελσίου σύμφωνα με τη Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης (IPCC Fourth Assessment Report).*

Στη στήλη του «Πιθανού Εύρους» αναφέρεται η εγκεκριμένη γνώμη του 66% της επιστημονικής κοινότητας.

❖ **2014 – Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης.**

Η σιγουριά ότι ο ανθρώπινος παράγοντας είναι νοσογόνος προς το περιβάλλον φθάνει επίπεδα βεβαιότητας. Η έκθεση πιστοποίησε ότι όσο περισσότερο μένουμε άπραγοι, τόσο πιο εκτενής θα γίνει η ζημιά. Η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου έχει φτάσει σε σημεία που δεν έχουν ξανά παρατηρηθεί στη Γή τα τελευταία 800.000 χρόνια. Αναφορά στη συνέχιση της θέρμανσης των ωκεανών η οποία πλέον γίνεται αισθητή σε πολύ μεγαλύτερα βάθη, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η γενική υδάτινη κυκλοφορία.

Σήμερα, η IPCC αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ανθρώπινους παράγοντες υπέρ του περιβάλλοντος. Είναι συχνά από τις πρώτες και της πιο έγκυρες πηγές πληροφοριών επάνω στους περιβαλλοντολογικούς διαλόγους. Το 2007 τιμήθηκε με το Νόμπελ Ειρήνης (το οποίο μοιράστηκε με τον Άλ Γκόρ).

### 1.2.3 Συνάντηση Κορυφής της Γης (1992)

«Συνάντηση Κορυφής της Γής» (Earth Summit) ήταν ο τίτλος με τον οποίο ήταν ευρύτερα γνωστή η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, η οποία έλαβε χώρα στο Ρίο Ντε Τζανέιρο το 1992. Ακόμη ήταν γνωστή ως «Συνάντηση Κορυφής του Ρίο» ή «Συνέδριο του Ρίο». Υπήρξε η συμμετοχή 172 χωρών, με τις 116 να στέλνουν τους επί κεφαλής τους. Τα θέματα τα οποία συζητήθηκαν περιελάμβαναν:

- Συστηματικό έλεγχο των προτύπων παραγωγής - ιδιαίτερα την παραγωγή των τοξικών συστατικών, όπως ο μόλυβδος στη βενζίνη, ή δηλητηριώδη απόβλητα, συμπεριλαμβανομένων των ραδιενεργών χημικών ουσιών.
- Χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας για την αντικατάσταση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων που συνδέονται με την παγκόσμια κλιματική αλλαγή.
- Έμφαση στην εξάρτηση από δημόσια συστήματα μεταφορών με σκοπό τη μείωση των εκπομπών των οχημάτων, η συμφόρηση στις πόλεις και τα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από το μολυσμένο αέρα και καπνό.
- Η αυξημένη χρήση, παράλληλα με τη περιορισμένη προμήθεια, του νερού.

Η συνάντηση αποδείχθηκε αρκετά κρίσιμη για την αντίληψη της κλιματικής αλλαγής των εθνών, αλλά ο τρόπος που θα άλλαζε περισσότερο το μέλλον ήταν μια σειρά από νομικά έγγραφα όπου οι παραβρισκόμενοι κλίθηκαν να υπογράψουν. Το πιο βαρυσήμαντο αυτών ήταν, αδιαμφισβήτητα, η «Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή» (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC).



*Εικόνα 1.8 Η Σύμβαση-Πλαίσιο αποτελεί μια συντονισμένη κίνηση των Ηνωμένων Εθνών (εικόνα από [https://en.wikipedia.org/wiki/Flag\\_of\\_the\\_United\\_Nations](https://en.wikipedia.org/wiki/Flag_of_the_United_Nations))*

#### *1.2.3.1 Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή*

Σε σχέση με τα δεδομένα για τις διεθνείς συμφωνίες, η διαπραγμάτευση της Σύμβασης ήταν σχετικά σύντομη. Ήταν ανοικτή προς υπογραφή στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, μετά από 11 μέρες διαπραγματεύσεων (3-14 Ιουνίου 1992). Επισήμως μπήκε σε ισχύ στις 21 Μαρτίου 1994. Αποτέλεσε το πρώτο διεθνές μέτρο που αποπειράθηκε να αντισταθμίσει το παρόν περιβαλλοντικό πρόβλημα, αν και οι στόχοι του δεν είχαν απαραίτητα δεσμευτικό χαρακτήρα. Η αποστολή της Σύμβασης-Πλαίσιο εξηγείται επίσημα ως « Σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε ένα επίπεδο που θα απέτρεπε επικίνδυνη ανθρωπογενή παρεμβολή στο κλιματικό σύστημα» (Stabilize greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system).

Μέχρι και το 2015, 197 χώρες έχουν υπογράψει τη Σύμβαση-Πλαίσιο συμπεριλαμβανομένων όλων των Ηνωμένων Εθνών, της Ευρωπαϊκής Ένωσης και διαφόρων κρατών που δεν αποτελούν μέλος των Ηνωμένων Εθνών. Η Σύμβαση-Πλαίσιο έβαλε τα ερείσματα για το Πρωτόκολλο του Κιότο (1992) καθώς και για τη Συμφωνία του Παρισιού (2016), μεταξύ των άλλων.

#### **1.2.4 Πρωτόκολλο του Κιότο (1992)**

Το Πρωτόκολλο του Κιότο ήταν το αποτέλεσμα 11 ημερών δύσκολων διαπραγματεύσεων μέχρι τις 11 Δεκεμβρίου του 1997 όπου υιοθετήθηκε το πλάνο για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών στην ομώνυμη πόλη της Ιαπωνίας.

#### 1.2.4.1 Ομαδοποίηση Χωρών κατά το Πρωτόκολλο

Τα στρατόπεδα όπου χωρίστηκαν οι χώρες του κόσμου κατά την περίοδο αυτήν, χαρακτηρίζαν όπως αποδείχθηκε αργότερα την γενική στάση τους απέναντι στις συμβάσεις υπέρ του περιβάλλοντος.

- **Ευρωπαϊκή Ένωση:** αποτελείται από 25 μέλη, τα οποία συναντιούνται κατ' ιδίαν για να συμφωνήσουν σχετικά με τις κοινές θέσεις τους και αντιπροσωπεύεται από τη χώρα που έχει την προεδρία. Σημειώνεται ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πιο ενεργή ομάδα όσον αφορά στις διαπραγματεύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και πιέζει συνεχώς για τη λήψη αυστηρών μέτρων. Σημειώνεται ότι την περίοδο των διαπραγματεύσεων η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελούνταν από 15 κράτη μέλη, με αυτά όμως συμάχησαν και τα 10 νέα μέλη της διεύρυνσης.
- **«Λέσχη του Άνθρακα» (“Carbon Club”):** περιλαμβάνει τις χώρες «JUSCANZ» (από τα αρχικά των χωρών Ιαπωνία, ΗΠΑ, Καναδάς, Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία στα Αγγλικά), τις χώρες μέλη του ΟΠΕΚ, τη Ρωσία και τη Νορβηγία, στις οποίες γενικά τα συμφέροντά τους θίγονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (είτε επειδή θα πρέπει να μειώσουν την παραγωγή τους είτε επειδή προτείνεται η στροφή προς διαφορετικά καύσιμα) και κατά συνέπεια αντιτίθενται στην καθιέρωση των δικαιωμάτων και στη λήψη αυστηρών μέτρων.
- **Συμμαχία των Μικρών Νησιωτικών Κρατών (AOSIS):** είναι ένας συνασπισμός περίπου 43 μικρών νησιωτικών κρατών, τα οποία είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Τα κράτη αυτά κινδυνεύουν να εξαφανιστούν από το χάρτη εξαιτίας του μικρού τους υψομέτρου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας και επομένως απειλείται άμεσα η ίδια τους η επιβίωση. Οι χώρες της ομάδας αυτής ήταν μάλιστα οι πρώτες που πρότειναν ένα σχέδιο κειμένου κατά τη διάρκεια των διαπραγματεύσεων του πρωτοκόλλου του Κιότο ζητώντας μία μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της τάξης του 20% έως το 2005 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.
- **Λιγότερο αναπτυγμένες χώρες:** πρόκειται για 48 χώρες, οι οποίες συμμετείχαν όλο και πιο ενεργά στη διαδικασία των διαπραγματεύσεων για την αλλαγή του κλίματος, συχνά για να υπερασπιστούν τα ιδιαίτερα συμφέροντά τους και την εύθραυστη οικονομία τους, όπως για παράδειγμα την παροχή μέτρων για να μπορέσουν να προσαρμοστούν στην αλλαγή του κλίματος και να μην είναι τόσο ευάλωτες.

- **Ομάδα των 77 (G-77):** πρόκειται για εκείνες τις αναπτυσσόμενες χώρες που είναι αναδύμενες, όπως η Ινδία και η Κίνα, που θεωρούν ότι βρίσκονται σε τροχιά ανάπτυξης και ότι είναι εις βάρος τους να δεσμευτούν να περιορίσουν τις εκπομπές τους. Η δε απαίτηση των βιομηχανικών χωρών (που είναι κυρίως υπεύθυνες για τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως) να αντιμετωπιστούν επί ίσοις όροις με τις αναπτυσσόμενες χώρες τους φαίνεται άδικη και παράλογη.
- 

Εν τέλει το Πρωτόκολλο του Κιότο υπογράφηκε ως πραγμάτωση της νεώτερης Σύμβασης-Πλαίσιο. Στην πρώτη ολομέλεια των κρατών της Σύμβασης αποφασίστηκαν και επικυρώθηκαν 28 άρθρα, συμπεριλαμβάνοντας υποχρεώσεις και περιορισμούς.

#### *1.2.4.2 Παραρτήματα του Πρωτοκόλλου του Κιότο*

Τα δύο παραρτήματα που ακολούθησαν αποτελούν το βασικό όγκο του Πρωτοκόλλου, και αναφέρονται στην αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.

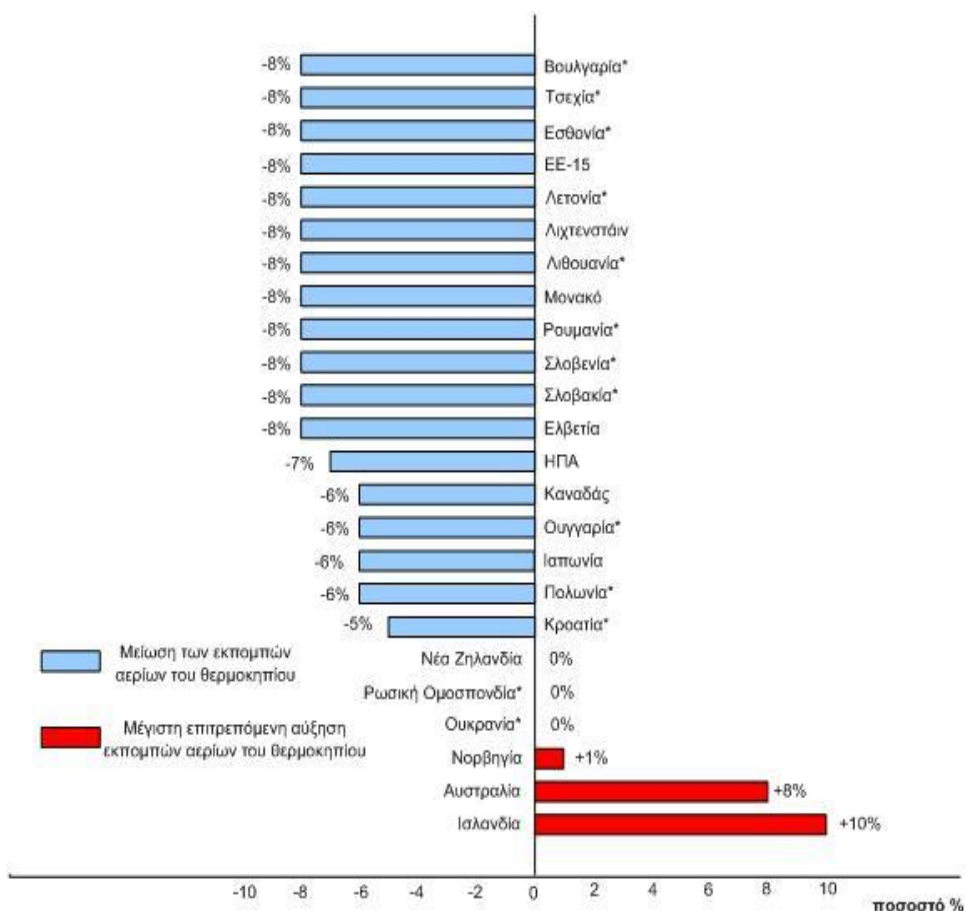
### **Παράρτημα Α**

Το Παράρτημα Α αναφέρει τα έξι αέρια που επιβαρύνουν κυρίως το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

- διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>
- μεθάνιο CH<sub>4</sub>,
- υποξείδιο του αζώτου N<sub>2</sub>O,
- υδροφθοράνθρακες HFC,
- πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες ή υπερφθοράνθρακες PFC
- εξαφθοριούχο θείο SF<sub>6</sub>.

Και κατηγοριοποιεί τις αιτίες και τις πηγές της συσσώρευσης των αερίων.

## Παράρτημα Β



\* Χώρες που διέρχονται μεταβατική περίοδο προς την οικονομία της αγοράς

Εικόνα 1.9 Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου του Κιότο (από [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/el/1/19/Kyoto%27s\\_target.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/el/1/19/Kyoto%27s_target.JPG). Η εικόνα παρέχεται από τον δημιουργό της για οποιοδήποτε σκοπό.)

Το Παράρτημα Β αναφέρει αναλυτικά και συγκεκριμένα στις δεσμεύσεις των χωρών όπου υπέγραψαν το συμβόλαιο στο Κιότο, οι οποίες ήταν ξεχωριστές για την κάθε μία λαμβάνοντας υπόψη την μεγάλη οικονομική και κοινωνική διαφοροποίηση ορισμένων χωρών. Οι οδηγίες αυτές θα έμπαιναν σε λειτουργία την πρώτη περίοδο ενεργείας του Πρωτοκόλλου (2008 – 2012). Μετά από ομιλίες στη Ντόχα του Κατάρ το 2012, ο στόχος αυτός επεκτάθηκε για το 2020. (<http://www.bbc.com/news/science-environment-20653018>)



### 1.2.5 Συμφωνία του Παρισιού (2016)

Η «Συμφωνία του Παρισιού» (L'accord de Paris, The Paris Agreement) είναι μια ακόμη συμφωνία σταδιακής φύσεως η οποία έγινε στα πλαίσια της Σύμβασης-Πλαίσιο. Οι συνθήκες και το περιεχόμενο της συζητήθηκαν στην 21<sup>η</sup> συνεδρίαση της 2.2.3.1 Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή στην ομώνυμη πόλη και αποφασίστηκαν στις 12 Δεκεμβρίου του 2015. Επίσημα υπογράφηκε στις 22 Απριλίου του 2016 (παγκόσμια ημέρα της Γής) από 177 μέλη της Σύμβασης-Πλαίσιο. Μέχρι και τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας, τα μέλη που έχουν επικυρώσει τη Συμφωνία του Παρισιού είναι 15. Η Συμφωνία του Παρισιού θα τεθεί επίσημα σε συμφωνία μόνο όταν 55 χώρες που παράγουν το 55% των αερίων του θερμοκηπίου επικυρώσουν, αποδεχθούν, εγκρίνουν ή προσχωρήσουν της συμφωνίας και αποτελεί ουσιαστικά επέκταση του Πρωτοκόλλου του Κιότο (Adoption of the Paris Agreement. 2015).



Εικόνα 1.10 Μέρος του Infographic που είναι προσβάσιμο στο ευρύ κοινό. (εικόνα από <http://www.friendsofeurope.org/greener-europe/cop21-infographic-global-climate-action-at-a-glance/>)

Οι στόχοι της συμφωνίας αναφέρονται στο 2<sup>ο</sup> άρθρο, επονομαζόμενο «Ενισχύοντας την Εφαρμογή». Είναι οι παρακάτω:

- Να διατηρηθεί η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 2 ° C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα και να συνεχιστούν οι προσπάθειες για τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας σε 1,5 ° C πάνω από τα προβιομηχανικά



επίπεδα, αναγνωρίζοντας ότι αυτό θα μειώσει σημαντικά τους κινδύνους και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.






















- Να αυξηθεί η ικανότητα προσαρμογής στις δυσμενείς επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος, να ενισχυθεί η προσαρμοστικότητα στο κλίμα και να υπάρξει ανάπτυξη με χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με έναν τρόπο που δεν απειλεί την παραγωγή τροφίμων.
- Να ταυτιστεί η χρηματική ροή με μια πορεία που θα οδηγεί προς τις χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και μια φιλική προς το κλίμα ανάπτυξη.






















Όπως και με το πρωτόκολλο του Κιότο, όλα τα μέλη και οι υπογράφωντες είχαν διαφορετικούς στόχους στη μείωση των εκπομπών των αερίων. Οι χώρες θα επιβλέπονται και θα κρίνονται πάνω στην επίτευξη των στόχων τους κάθε 5 χρόνια, με τη πρώτη περίοδο αξιολόγησης το 2023. Όπως και νωρίτερα, δε θα υπάρξουν κυρώσεις για τις χώρες που δεν έφτασαν τους στόχους τους στην αναμενόμενη χρονική περίοδο. Ακόμη, σε αντίθεση με το Πρωτόκολλο του Κιότο και της μετέπειτα μεταρρυθμίσεις της Σύμβασης-Πλαίσιο, καμία χώρα δεν υποχρεούται να βοηθήσει οικονομικά ή με κάποιον άλλον κάποια άλλη υποανάπτυκτη χώρα να πετύχει τους στόχους της.






















Υπήρξε κυμαινόμενη κριτική για τη Συμφωνία του Παρισιού. Η κυβέρνηση των νησιών Μάρσαλ ανέφερε ότι «Οι αναγραφόμενοι στόχοι δεν θα καταφέρουν να μειώσουν την αναμενόμενη αύξηση σε 1,5 ή 2 ° C και το βασικό αποτέλεσμα θα είναι να περιορίσουν τη βιομηχανική ανάπτυξη αναπτυσσόμενων χωρών». Άλλοι ανέφεραν ότι η απουσία συγκεκριμένων νομικών δεσμεύσεων θα επιφέρει ακριβώς το περιορισμένο άμεσο αποτέλεσμα που επέφερε και το Πρωτόκολλο του Κιότο (Miliman 2016).






















Οι υπογεγραμμένες χώρες, μαζί με τους ποσοστιαίους και αριθμητικούς στόχους τους, είναι οι παρακάτω:

Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Afghanistan	0.05%	19.328	-
 Albania	0.02%	6.717	-






















Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Algeria	0.30%	111.023	-
 Andorra	0.00%	522	-
 Angola	0.17%	61.611	-
 Antigua and Barbuda	0.00%	598	-
 Argentina	0.89%	332.499	-
 Armenia	0.02%	7.464	-
 Australia	1.46%	541.924	-
 Austria	0.21%	79.599	-
 Azerbaijan	0.13%	48.209	-
 Bahamas, The	0.00%	688	-
 Bahrain	0.06%	22.373	-
 Bangladesh	0.27%	99.442	-
 Barbados	0.01%	4.056	22 Απριλίου 2016
 Belarus	0.24%	89.283	-
 Belgium	0.32%	119.424	-
 Belize	0.00%	1.133	22 Απριλίου 2016
 Benin	0.02%	6.251	-
 Bhutan	0.00%	1.556	-
 Bolivia	0.12%	43.665	-
 Bosnia and Herzegovina	0.08%	31.095	-
 Botswana	0.02%	6.140	-

Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Brazil	2.48%	923.544	-
 Brunei Darussalam	n/a	n/a	n/a
 Bulgaria	0.15%	55.893	-
 Burkina Faso	0.06%	21.593	-
 Burundi	0.07%	26.474	-
 Cambodia	0.03%	12.763	-
 Cameroon	0.45%	165.725	-
 Canada	1.95%	726.051	-
 Cape Verde	0.00%	448	-
 Central African Republic	0.01%	5.225	-
 Chad	0.06%	23.427	-
 China	20.09%	7.465.862	-
 Colombia	0.41%	153.885	-
 Comoros	0.00%	551	-
 Congo, Democratic Republic of the	0.06%	22.434	-
 Congo, Republic of the	0.01%	2.065	-
 Costa Rica	0.03%	12.384	-
 Côte d'Ivoire	0.73%	271.198	-
 Croatia	0.07%	24.493	-
 Cuba	0.10%	36.340	-
 Cyprus	0.02%	8.319	-






















Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Czech Republic	0.34%	127.144	-
 Denmark	0.15%	56.001	-
 Djibouti	0.00%	1.072	-
 Dominica	0.00%	182	-
 Dominican Republic	0.07%	26.433	-
 East Timor	0.00%	1.277	-
 Egypt	0.52%	193.238	-
 El Salvador	0.03%	11.069	-
 Equatorial Guinea	n/a	n/a	n/a
 Eritrea	0.01%	3.934	-
 Estonia	0.06%	21.741	-
 Ethiopia	0.13%	47.745	-
 European Union	n/a	n/a	n/a
 Fiji	0.01%	2.710	22 Απριλίου 2016
 Finland	0.17%	62.989	-
 France	1.34%	496.761	-
 Gabon	0.02%	6.160	-
 Gambia, The	0.05%	19.383	-
 Georgia	0.03%	12.219	-
 Germany	2.56%	950.673	-
 Ghana	0.09%	33.660	-






















Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Greece	0.28%	105.111	-
 Grenada	0.00%	1.607	22 Απριλίου 2016
 Guatemala	0.04%	14.742	-
 Guinea	0.01%	5.058	-
 Guinea-Bissau	0.02%	6.078	-
 Guyana	0.01%	3.072	20 Μαΐου 2016
 Haiti	0.02%	6.683	-
 Honduras	0.03%	10.298	-
 Hungary	0.15%	57.428	-
 Iceland	0.01%	4.731	-
 India	4.10%	1.523.767	-
 Indonesia	1.49%	554.334	-
 Iran	1.30%	483.669	-
 Iraq	0.20%	72.658	-
 Ireland	0.16%	58.755	-
 Israel	0.20%	75.416	-
 Italy	1.18%	437.268	-
 Jamaica	0.04%	14.314	-
 Japan	3.79%	1.407.800	-
 Jordan	0.07%	27.752	-
 Kazakhstan	0.84%	313.442	-













Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Kenya	0.06%	21.466	-
 Kiribati	0.00%	170	-
 Korea, North	0.23%	87.330	-
 Korea, South	1.85%	688.300	-
 Kuwait	0.09%	32.373	-
 Laos	0.02%	8.898	-
 Latvia	0.03%	10.914	-
 Lebanon	0.07%	24.653	-
 Lesotho	0.01%	3.513	-
 Liberia	0.02%	8.022	-
 Libya	n/a	n/a	-
 Liechtenstein	0.00%	225	-
 Lithuania	0.05%	19.946	-
 Luxembourg	0.03%	11.142	-
 Macedonia, Republic of	0.03%	12.265	-
 Madagascar	0.08%	29.344	-
 Malaysia	0.52%	193.397	-
 Maldives	0.00%	153	22 Απριλίου 2016
 Mali	0.03%	11.743	-
 Malta	0.01%	2.788	-
 Marshall Islands	0.00%	170	22 Απριλίου 2016

Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Mauritania	0.02%	6.863	-
 Mauritius	0.01%	4.758	22 Απριλίου 2016
 Mexico	1.70%	632.880	-
 Micronesia	0.00%	174	-
 Monaco	0.00%	93	-
 Mongolia	0.05%	17.711	-
 Montenegro	0.01%	3.865	-
 Morocco	0.16%	59.700	-
 Mozambique	0.02%	8.224	-
 Myanmar	0.10%	38.375	-
 Namibia	0.01%	5.180	-
 Nauru	0.00%	19	22 Απριλίου 2016
 Nepal	0.07%	24.541	-
 Netherlands	0.53%	195.807	-
 New Zealand	0.22%	80.962	-
 Niger	0.04%	13.627	-
 Norway	0.14%	53.716	-
 Oman	0.06%	20.879	-
 Pakistan	0.43%	160.589	-
 Palau	0.00%	93	22 Απριλίου 2016
 Palestine	n/a	n/a	22 Απριλίου 2016



Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Panama	0.03%	9.708	-
 Papua New Guinea	0.01%	5.012	-
 Paraguay	0.06%	23.430	-
 Peru	0.22%	80.591	-
 Philippines	0.34%	126.879	-
 Poland	1.06%	394.892	-
 Portugal	0.18%	65.071	-
 Qatar	0.17%	61.593	-
 Romania	0.30%	110.928	-
 Russia	7.53%	2.799.434	-
 Rwanda	0.02%	6.180	-
 Saint Kitts and Nevis	0.00%	164	22 Απριλίου 2016
 Saint Lucia	0.00%	551	-
 Saint Vincent and the Grenadines	0.00%	410	-
 Samoa	0.00%	352	22 Απριλίου 2016
 San Marino	0.00%	267	-
 São Tomé and Príncipe	0.00%	99	-
 Senegal	0.05%	296.060	-
 Serbia	0.18%	66.342	-
 Seychelles	0.00%	330	22 Απριλίου 2016
 Singapore	0.13%	46.832	-

Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Slovakia	0.12%	18.166	-
 Slovenia	0.05%	18.166	-
 Solomon Islands	0.00%	294	-
 Somalia	n/a	n/a	22 Απριλίου 2016
 South Africa	1.46%	544.314	-
 South Sudan	n/a	n/a	-
 Spain	0.87%	322.003	-
 Sri Lanka	0.05%	18.797	-
 Sudan	0.18%	67.840	-
 Suriname	0.01%	3.330	-
 Swaziland	0.05%	18.658	-
 Sweden	0.15%	55.774	-
 Switzerland	0.14%	52.561	-
 Tajikistan	0.02%	8.184	-
 Tanzania	0.11%	40.506	-
 Thailand	0.64%	236.947	-
 Tonga	0.00%	245	-
 Trinidad and Tobago	0.04%	16.006	-
 Tunisia	0.11%	39.342	-
 Turkey	1.24%	459.102	-
 Tuvalu	0.00%	6	22 Απριλίου 2016

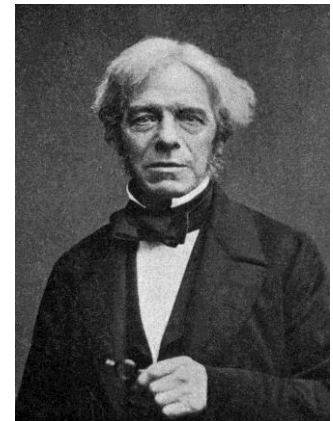
Ομάδα ή Υπογράφων	% Αέρια του Θερμοκηπίου για Επικύρωση	Εκπομπές Αερίων (αντιστοιχούν σε kg διοξειδίου του άνθρακα)	Ημερομηνία Επικύρωσης
 Uganda	0.07%	27.560	-
 Ukraine	1.04%	385.933	-
 United Arab Emirates	0.53%	195.308	-
 United Kingdom	1.55%	575.696	-
 United States	17.89%	6.649.700	-
 Uruguay	0.05%	18.237	-
 Vanuatu	0.00%	299	-
 Venezuela	0.52%	192.192	-
 Vietnam	0.72%	266.049	-
 Yemen	0.07%	25.742	-
 Zambia	0.04%	14.405	-
 Zimbabwe	0.18%	68.541	-
<b>Σύνολο</b>	<b>100%</b>	<b>37.168.339</b>	<b>15</b>

Πίνακας 1.2 Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που πρέπει να μειωθούν σε κάθε χώρα βάσει της Συμφωνίας του Παρισιού, αριθμητικά και ποσοστιαία. Περιλαμβάνεται μια στήλη που δείχνει την επικύρωση μέχρι και τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας (Adoption of the Paris Agreement. 2015).

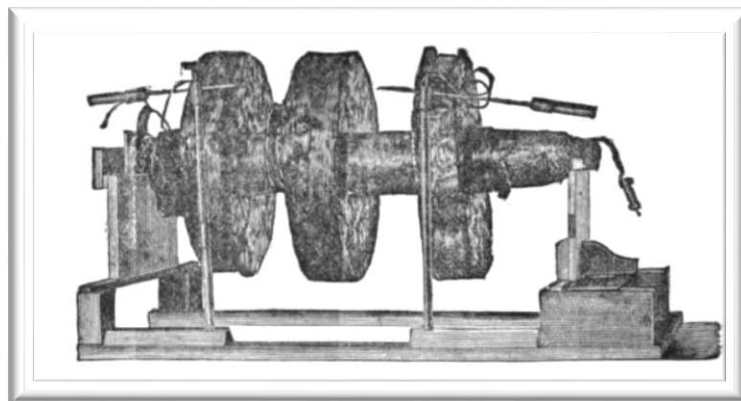


## 2.2 Ιστορική Εξέλιξη

Η πρώτη συσκευή που θα γινόταν πρόδρομος του μετασχηματιστή κατασκευάστηκε το 1831 από τον Μάικλ Φαραντέι και τον Τζόζεφ Χένρι και ήταν απλώς ένα μέρος ενός πειράματος πάνω στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Ο Φαραντέι ήταν ο πρώτος που κατέθεσε τα αποτελέσματα του πειράματος και για αυτό θεωρείται ο πρώτος παρατηρητής του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Ο πρώτος μετασχηματιστής ήταν ουσιαστικά το πηνίο ευρείας χρήσης από τον Ιρλανδό κληρικό Νικόλας Κάλαν το 1836. Ο Κάλαν παρατήρησε ότι όσες περισσότερες σπείρες έχει το δευτερεύον τυλίγμα σε σχέση με το πρωτεύον τότε θα υπάρχει μεγαλύτερη Ηλεκτρομαγνητική Ροή οπότε μεγαλύτερη Ηλεκτρεργετική Δύναμη. Τα πηνία επαγωγής της εποχής χρησιμοποιούνταν από τους επιστήμονες για να συγκρατήσουν υψηλότερη τάση από τις μπαταρίες και λειτουργούσαν με διακοπτόμενο συνεχές ρεύμα αντί για εναλλασσόμενο. Μεταξύ 1830-1870 οι προσπάθειες για δημιουργία καλύτερων επαγωγικών πηνίων, κυρίως με τη μέθοδο της συνεχούς δοκιμής αποκάλυψαν σταδιακά τις βασικές αρχές της λειτουργίας του μετασχηματιστή.



*Εικόνα 2.2 Μάικλ Φαραντέι (1791-1867) (Φωτογραφία Public Domain)*



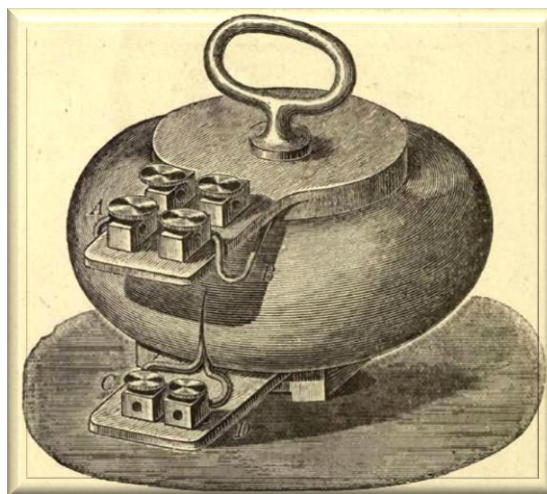
*Εικόνα 2.3 Πηνίο του Κάλαν, 1836 (Εικόνα Public Domain)*

Ο Ρώσος μηχανικός Πάβελ Γιαμπλότσκοφ εφηύρε το 1876 ένα σύστημα φωτισμού, βασισμένο σε ένα σύνολο από πηνία επαγωγής, όπου τα πρωτεύοντα τυλίγματα ήταν συνδεδεμένα σε πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, ενώ τα δευτερεύοντα μπορούσαν να συνδεθούν σε αρκετά "κεριά Γιαμπλότσκοφ" (είδος ηλεκτρικού λαμπτήρα τόξου). Στην πατέντα ισχυριζόταν ότι το σύστημα μπορούσε να "παρέχει ανεξάρτητα ισχύ σε διάφορους

λαμπτήρες, με διαφορετική ισχύ φωτεινότητας, από μία πηγή ηλεκτρικής ισχύος". Προφανώς, το πηνίο επαγωγής σε αυτό το σύστημα λειτουργούσε ως μετασχηματιστής. Οι Λουσιέν Γκολάρ και Τζον Ντίξον Γκιμπς επέδειξαν πρώτοι το 1882 στο Λονδίνο μια συσκευή με ανοιχτό πυρήνα σιδήρου που αποκαλούσαν "δευτερεύουσα γεννήτρια", ιδέα που πούλησαν στη συνέχεια στην αμερικανική εταιρεία Ουέστινγκχαους. Την ίδια συσκευή επέδειξαν και το 1884 στο Τορίνο, όπου υιοθετήθηκε για ένα ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού.

Μετά το 1880, άρχιζαν να εμφανίζονται όλο και περισσότεροι τύποι αποδοτικότερων μετασχηματιστών. Έγιναν ευρέως χρησιμοποιούμενοι και σε συνδυασμό με το ότι χρησιμοποιούσαν πλέον εναλλασσόμενο ρεύμα κρίθηκαν καθοριστικοί για την λήξη του ξακουστού «Πολέμου των Ρευμάτων» ανάμεσα στο εναλλασσόμενο ρεύμα του Νικόλαϊ Τέσλα, και το συνεχές ρεύμα του Τόμας Έντισον.

Οι Ούγγροι μηχανικοί Κάρολι Ζιπερνόφσκι, Όττο Μπλάθι και Μίτσα Ντέρι, από την εταιρεία Γκαντζ στην Βουδαπέστη δημιούργησαν το αποδοτικό μοντέλο κλειστού πυρήνα "ZBD" το 1885, βασισμένοι σε ένα σχέδιο των Γκολάρ και Γκιμπς.



*Εικόνα 2.4 Μοντέλο Κλειστού Πυρήνα των Ζιπερνόφσκι, Μπλάθι και Ντέρι.*

*(Εικόνα Public Domain)*

Ένας φυσικός της Ουέστινγκχαους, ο Ουίλλιαμ Στάνλεϊ, δημιούργησε την πρώτη εμπορική υλοποίηση μετασχηματιστή το 1885, μετά την αγορά από τον Τζορτζ Ουέστινγκχαους των πατεντών των Γκολάρ και Γκιμπς. Ο πυρήνας ήταν κατασκευασμένος από πλάκες σιδήρου σχήματος "E", οι οποίες έμπαιναν η μία μέσα στην άλλη. Αυτό το σχέδιο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο εμπόριο το 1886. Η αίτηση ευρεσιτεχνίας έκανε για πρώτη φορά

αναφορά στη λέξη "μετασχηματιστής". Ο Ρώσος μηχανικός Μικαΐλ Ντόλιβο-Ντομπροβόλσκι ανέπτυξε τον πρώτο τριφασικό μετασχηματιστή το 1889. Το 1891 ο Νικόλαϊ Τέσλα εφηύρε το πηνίο Τέσλα, ένα μετασχηματιστή συντονισμού με πυρήνα αέρα, για την παραγωγή πολύ υψηλών τάσεων σε υψηλές συχνότητες. Μετασχηματιστές ακουστών συχνοτήτων χρησιμοποιήθηκαν για τα πρώτα πειράματα της ανάπτυξης του τηλεφώνου (Πληροφορίες από <http://www.edisontechcenter.org/Transformers.html>).

### 2.3 Αρχή Λειτουργίας

Ο μετασχηματιστής βασίζεται σε δύο αρχές: πρώτον, ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να παράγει ένα μαγνητικό πεδίο και, δεύτερον, ότι ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο σε ένα τυλιγμένο σύρμα ("τύλιγμα"), επάγει διαφορά δυναμικού στα άκρα του τυλίγματος και οπότε ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Μεταβάλλοντας το ρεύμα στο πρωτεύον τύλιγμα, αλλάζει η ένταση του μαγνητικού του πεδίου. Εφόσον το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο εκτείνεται και στο δευτερεύον τύλιγμα, επάγεται διαφορά δυναμικού στα άκρα του δευτερεύοντος.

Ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από το πρωτεύον τύλιγμα δημιουργώντας μαγνητικό πεδίο. Τόσο το πρωτεύον όσο και το δευτερεύον τύλιγμα περιελίσσονται γύρω από ένα μαγνητικό πυρήνα πολύ υψηλής μαγνητικής διαπερατότητας, π.χ. από σίδηρο. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι όσο το δυνατόν περισσότερες γραμμές του μαγνητικού πεδίου που παράγει το πρωτεύον ρεύμα, βρίσκονται εντός του πυρήνα και περνούν τόσο από το πρωτεύον όσο και το δευτερεύον τύλιγμα.

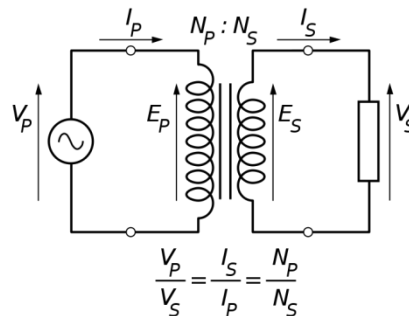
Με βάση τον νόμο επαγωγής του Φαραντέι και δεδομένου ότι λειτουργούμε σε ιδανικό Μ/Τ

θα έχουμε την εξίσωση εισόδου  $V_P = N_P \frac{d\Phi}{dt}$  και εξόδου  $V_S = N_S \frac{d\Phi}{dt}$ .

Διαιρώντας κατά μέλος έχουμε  $\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$  και σύμφωνα με τον νόμο του Ωμ:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

Οπότε εάν αυξήσουμε την τάση μειώνεται το ρεύμα και το αντίστροφο. Δεδομένου της απόδοσης του Μετασχηματιστή (ειδικά των μεγάλων μονάδων Μ/Τ διανομής) οι τύποι του ιδανικού Μ/Τ δεν απέχουν πολύ από την πραγματικότητα, τουλάχιστον συγκριτικά με άλλους τύπους ηλεκτρικών μηχανών (πληροφορίες από <http://www.electroniccircuits.gr/metaximatistes.html>).



Εικόνα 2.5 Κύκλωμα ιδανικού Μετασχηματιστή (εικόνα από [http://www.newworldencyclopedia.org/entry/File:Transformer\\_under\\_load.svg](http://www.newworldencyclopedia.org/entry/File:Transformer_under_load.svg))

## 2.4 Μετασχηματιστές Διανομής

Όταν αναφερόμαστε συγκεκριμένα στους μετασχηματιστές διανομής, αναφερόμαστε στους μετασχηματιστές που αναλαμβάνουν να διανείμουν την ηλεκτρική ενέργεια σε οικίες και επιχειρήσεις, όταν αυτή έχει ξεπεράσει το στάδιο του συστήματος μεταφοράς. Ο διαχωρισμός τους με τους μετασχηματιστές μεταφοράς έχει να κάνει με το εύρος της ονομαστικής τιμής, αλλά το πώς καθορίζεται η μέγιστη φαινόμενη ισχύ ενός μετασχηματιστή διανομής και η ελάχιστη φαινόμενη ισχύ ενός μετασχηματιστή μεταφοράς διαφέρει ανάλογα με τα κρατικά πρότυπα. Ένας μετασχηματιστής διανομής έχει σχεδόν πάντα το ρόλο του υποβιβασμού της τάσης, καθώς μετά από αυτόν τυπικά το ρεύμα καταλήγει στον τελευταίο του προορισμό για κατανάλωση.

Με την ευρεία χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και την διαρκή εξάπλωση των δικτύων μετάδοσης ηλεκτρικού ρεύματος, οι μετασχηματιστές διανομής δεν είναι μόνο απαραίτητοι για τη διατήρηση της καθημερινότητας αλλά χρειάζονται και για την εξάπλωση της τεχνολογίας και του ηλεκτρικού ρεύματος σε περιοχές όπου δεν έφτανε στο παρελθόν. Σήμερα είναι το επίκεντρο μιας διαρκώς εξελισσόμενης αγοράς και τεχνολογικών καινοτομιών. Η σημαντικότητά τους έγινε εμφανή όταν αποτέλεσαν καίριο μέρος της νομοθεσίας στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Οδηγίας Ecodesign.



### 2.4.1 Δομικά Στοιχεία Μετασχηματιστών Διανομής

Η δομή ενός τυπικού Μετασχηματιστή Διανομής έχει περάσει από πολλές μετατροπές τις τελευταίες δεκαετίες λόγω των διαφόρων αναγκών για μεταφορά του ρεύματος. Την σημερινή εποχή μπορούμε να πούμε ότι ένας Μετασχηματιστής που επεξεργάζεται μέση ή υψηλή τάση αποτελείται από (Maliotis 2009):

- ❖ Το δοχείο που περικλείει τον πυρήνα τα τυλίγματα και το λάδι ψύξης του μετασχηματιστή. Όταν τα τυλίγματα του μετασχηματιστή διαρρέονται από ρεύμα εκλύεται, κατά το γνωστό φαινόμενο Joule, θερμότητα. Έτσι έχουμε μια απώλεια ενέργειας από το χαλκό των τυλιγμάτων. Ωστόσο θερμότητα εκλύεται επίσης και από τον πυρήνα λόγω κυκλοφορίας μέσα σ' αυτόν των δυνορευμάτων. Στην περίπτωση αυτή έχουμε μια απώλεια ενέργειας από το σίδηρο του πυρήνα; Η θερμότητα που εκλύεται πρέπει να αποβάλλεται στο περιβάλλον για να μην πλησιάζει η θερμοκρασία του μετασχηματιστή σε επικίνδυνα όρια. Το μονωτικό λάδι είναι αυτό που λειτουργεί σαν ψυκτικό μέσο. Τα τυλίγματα κατασκευάζονται από σύρματα μονωμένα. Για διατομές συρμάτων μέχρι 3 τετραγωνικά χιλιοστά χρησιμοποιούνται συνήθως κυλινδρικά σύρματα ενώ για μεγαλύτερες διατομές χρησιμοποιούνται σύρματα ορθογωνικά ή τετράγωνα για εξοικονόμηση χώρου. Οι στρώσεις χωρίζονται μεταξύ τους με μονωτικό χαρτί ή άλλο κατάλληλο μονωτικό υλικό. Η τοποθέτηση και η στήριξη των σπειρών του τυλίγματος πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ικανοποιητικό ώστε να αντέχουν στις ηλεκτροδυναμικές καταπονήσεις που εμφανίζονται σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Το σώμα του πυρήνα αποτελείται από λεπτά σιδερένια ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους ηλεκτρικά. Επειδή στον πυρήνα εμφανίζεται το φαινόμενο της ανάπτυξης δυνορευμάτων με κατάλληλη κατεργασία των μετάλλων και με κατάλληλες προσμείξεις έχει επιτευχθεί η μείωση των απωλειών του πυρήνα στο ελάχιστο. Τα ελάσματα πρέπει να έχουν κατάλληλο σχήμα ώστε να μπαίνουν τα πηνία εύκολα στα ανοίγματα που σχηματίζουν κατά τη συναρμολόγησή τους. Για να μη δημιουργείται συγκεντρωμένη μαγνητική αντίσταση στο διάκενο αέρα των αρμών της συναρμολόγησης, τα ελάσματα τοποθετούνται κατά εναλλασσόμενες κατευθύνσεις. Η σχεδίαση της μορφής του πυρήνα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η όλη κατασκευή να είναι συμπαγής

και οι μαγνητικές γραμμές στον πυρήνα να έχουν το ελάχιστο δυνατό μήκος. Η ωφέλιμη διατομή ενός πυρήνα είναι περίπου το 90% της γεωμετρικής του διατομής γιατί την υπόλοιπη την καταλαμβάνουν οι μονώσεις των ελασμάτων. Το δοχείο μέσα στο οποίο τοποθετείται το συγκρότημα του πυρήνα μαζί με τα πηνία είναι ένα κατάλληλο χαλύβδινο δοχείο που είναι γεμάτο με μονωτικό λάδι το οποίο εκτός από την ψύξη του μετασχηματιστή χρησιμεύει και για τη μόνωσή του. Στο πάνω μέρος του δοχείου υπάρχει σιδερένιο καπάκι που στερεώνεται στο δοχείο περιφερειακά με βίδες. Η στεγανοποίηση του δοχείου γίνεται κατάλληλη φλάντζα. Πάνω στο καπάκι τοποθετούνται οι μονωτήρες υψηλής και μέσης τάσης, ενώ στα πλευρικά βρίσκονται κατάλληλες υποδοχές για την τοποθέτηση των ψυγείων ψύξεως του λαδιού

- ❖ Το σύστημα ψύξης. Ένας βασικός διαχωρισμός των μετασχηματιστών διανομής γίνεται με βάση τον τρόπο με τον οποίο ψύχονται. Οι περισσότεροι μετασχηματιστές τοποθετούνται σε ένα δοχείο γεμισμένο με λάδι. Το λάδι ψύχει τα πηνία και ταυτόχρονα λειτουργεί σαν ηλεκτρική μόνωση. Στο παρελθόν, το PCB (πολυχλωρικό διφαινύλιο) αντιμετωπιζόταν σαν ένα από τα πιο εξυπηρετικά μονωτικά υγρά για τους μετασχηματιστές, εξαιτίας της υψηλής του αντίστασης στην φωτιά και στις εξαιρετικές ηλεκτρικές του ιδιότητες. Τα PCBs, όμως, είναι πολύ δύσκολο να αποσυντεθούν, μπορούν να επισωρευτούν στην τροφική αλυσίδα και μπορεί να αποβούν μοιραία για την δημόσια υγεία. Επιπλέον, η καύση τους μπορεί να προκαλέσει εκπομπές που περιέχουν διοξίνες. Συνεπώς, τα περισσότερα κράτη επέβαλαν ένα πρόγραμμα για την αφαίρεση όλων των μετασχηματιστών που χρησιμοποιούν το PCB. Σήμερα, χρησιμοποιείται ορυκτό ή συνθετικό (σιλικονούχο) λάδι. Οι μετασχηματιστές που ψύχονται με λάδι έχουν την υψηλότερη αποδοτικότητα, αλλά δεν επιτρέπεται η χρήση τους σε περιβάλλον με υψηλό ρίσκο πυρκαγιάς. Σε αυτά τα μέρη χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές με ψύξη αέρα (ή αλλιώς ξηρού τύπου). Μπορούν να συνδυαστούν με εποξική ρητίνη ή εμποτισμένο χαρτί για ηλεκτρική μόνωση. Αν ένας μετασχηματιστής ξηρού τύπου εγκαθίσταται μέσα σε ένα κτίριο, τότε η θερμότητα θα πρέπει να απάγεται. Ίσως, τότε, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και τεχνητή ψύξη, π.χ. ένας

ανεμιστήρας (ή πιο προηγμένα μέσα, όπως αναφέρεται στο παρακάτω κεφάλαιο περί οικολογικής σχεδίασης).

- ❖ Τους μονωτήρες υψηλής τάσης και μέσης τάσης που χρησιμεύουν για την ασφαλή διέλευση του ρεύματος υψηλής τάσης. Οι μονωτήρες διέλευσης υψηλής τάσης είναι συνήθως τύπου πυκνωτή. Το εσωτερικό του μονωτήρα αποτελείται από μονωτικό υλικό συνήθως χαρτί στο οποίο έχουν παρεμβληθεί κύλινδροι από φύλλα κασσιτέρου ή αλουμινίου. Με τον τρόπο αυτό από τον αγωγό διέλευσης μέχρι το σώμα του μετασχηματιστή παρεμβάλλεται μια σειρά από πυκνωτές ίσης χωρητικότητας. Σκοπός των πυκνωτών αυτών είναι η ομαλή κατανομή της τάσης σε όλο το πάχος του μονωτικού για να μην καταπονούνται ηλεκτρικά ορισμένα τμήματα της μόνωσης. Αναφορικά με τους μονωτήρες μέσης τάσης δύο είναι οι βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται. Ο ένας είναι όμοιος με τους μονωτήρες υψηλής τάσης και ο άλλος συνίσταται σε έναν μονωτήρα από πορσελάνη, ο οποίος είναι γεμάτος με λάδι το οποίο επικοινωνεί υδραυλικά με το λάδι ψύξης του μετασχηματιστή.
- ❖ Το δοχείο διαστολής το οποίο χρησιμεύει για να δέχεται την αύξηση του όγκου του λαδιού όταν αυτό θερμαίνεται κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή. Στο δοχείο διαστολής υπάρχει δείκτης στάθμης λαδιού ώστε να ελέγχεται οπτικά η ποσότητα του λαδιού που υπάρχει μέσα σ' αυτό. Ο δείκτης στάθμης μπορεί είτε ένας απλός γυάλινος σωλήνας που δείχνει τη στάθμη με βάση την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, είτε ένας μαγνητικός δείκτης που καταγράφει τη στάθμη με μια κατακόρυφη σειρά από εξωτερικά διαταγμένα μαγνητάκια τα οποία ενεργοποιούνται από πλωτήρα με μεταλλικό στοιχείο που επιπλέει μέσα στο δοχείο. Η ελεύθερη στάθμη του λαδιού του δοχείου διαστολής δεν πρέπει να έρθει σε επαφή με τον αέρα της ατμόσφαιρας γιατί το λάδι θα απορροφήσει υγρασία. Για το λόγο αυτό φροντίζουμε να παρεμβάλλουμε κατάλληλα συσκευή με υγροσκοπικούς κρυστάλλους.
- ❖ Μια ασφαλιστική διάταξη η οποία τοποθετείται μεταξύ δοχείου διαστολής και του σώματος του μετασχηματιστή. Αυτή φέρει έναν πλωτήρα οπτικής και

ηχητικής σήμανσης, έναν πλωτήρα διακοπής, έναν εξαεριστικό κρουνό και έναν κρουνό αποστράγγισης και συνιστά μια διάταξη ευαίσθητη και αξιόπιστη για την προστασία ενός μετασχηματιστή από διαρροή λαδιού και υπερθέρμανση. Και τούτο γιατί αν εξαιτίας μιας διαρροής λαδιού αδειάσει το δοχείο διαστολής και κατέβει η στάθμη του λαδιού κάτω από τον πλωτήρα σήμανσης τότε θα κλείσουν οι επαφές της διάταξης Buchholtz, θα ηχήσει η σειρήνα και θα αρχίσει να αναβοσβήνει μια λάμπα. Αν συνεχιστεί η διαρροή, ο μετασχηματιστής θα υπερθερμανθεί από έλλειψη λαδιού και από την υψηλή θερμοκρασία θα δημιουργηθούν φυσαλίδες στη μάζα του λαδιού οι οποίες και θα κινήσουν τον πλωτήρα διακοπής. Εδώ έχουμε το δεύτερο επίπεδο ασφάλειας γιατί μόλις κλείσουν οι επαφές του πλωτήρα ενεργοποιείται το σύστημα αυτόματων διακοπών και βγαίνει οριστικά εκτός λειτουργίας ο μετασχηματιστής. Αν το λάδι υπερθερμανθεί από βραχυκύκλωμα ή από υπερφόρτιση διαρκείας και πάλι η ασφαλιστική διάταξη θα ενεργοποιηθεί για την προστασία του μετασχηματιστή.

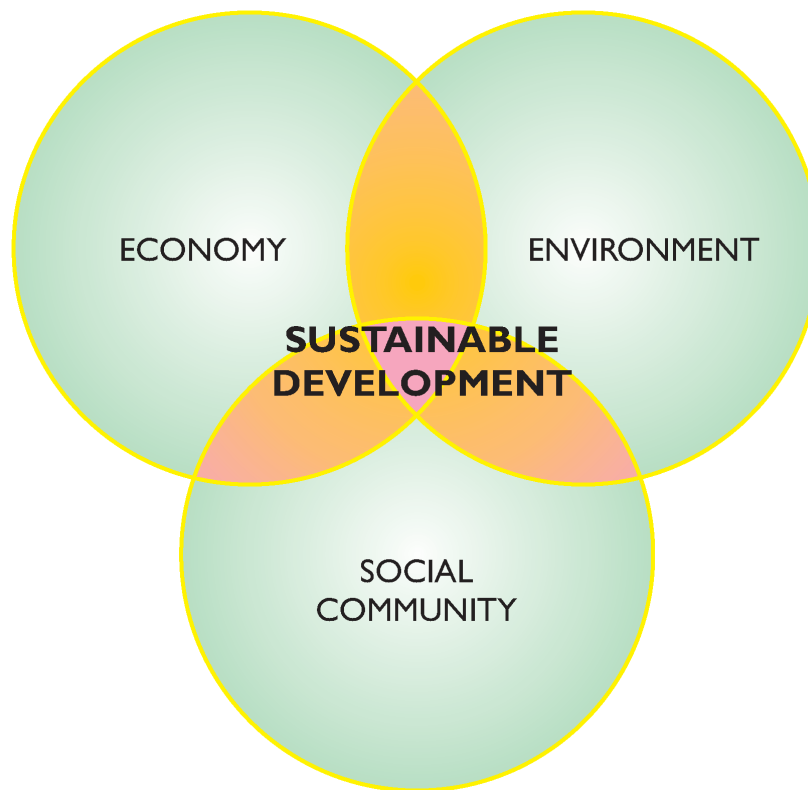
## 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### “ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΕΙΑ ECODESIGN”

#### 3.1 Βιώσιμη Ανάπτυξη

Το Πρωτόκολλο του Κιότο υποστηρίζεται από πολλούς ότι δεν ήταν όσο επιτυχημένο φαινόταν αρχικά. Αυτό επιβεβαιώνετε σε κάποιον βαθμό και από τους σημερινούς αριθμούς (το αρχικό σχέδιο έλεγε ότι το 2012 θα έπρεπε να είναι εν πλήρη ενεργεία με φανερά αποτελέσματα) και από τα πολλά σε αριθμό παρόμοια σχέδια που το ακολούθησαν όσο τα χρόνια προετοιμασίας των χωρών όσο και στην εποχή ενεργείας του. Αλλά ένας θετικός παράγοντας είναι ότι έσπρωξε περισσότερο την παγκόσμια παραγωγή στην εναλλακτική σκέψη και στην οικολογική σχεδίαση. Η βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη αναφέρετε σε ένα μοντέλο συνύπαρξης περιβάλλοντος, οικονομίας και κοινωνίας προσπαθώντας στην επίτευξη του βέλτιστου πιθανού αποτελέσματος με την λιγότερη πιθανή επιβάρυνση. Αποτελεί μία από τις πιο έγκυρες και ρεαλιστικές λύσεις σε έναν κόσμο όπου απειλείται από τις αρνητικές συνέπιες του υπερπληθυσμού και την αλόγιστή καταναλωτική συμπεριφορά. Από την δεκαετία του 90' (ειδικά μετά την επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο) η εφαρμογές της αειφόρου ανάπτυξης έχουν εμφανιστεί σε πολλές πτυχές της καθημερινότητας όπως η προώθηση χρήσης «ενεργειακά καθαρών» μορφών μετακίνησης (π.χ. ηλεκτρικά αυτοκίνητα), η «βιωσιμότερη» αναθεώρηση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, οι παρουσία περισσότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ο οικολογικός χαρακτηρισμός καταναλωτικών προϊόντων, η βιοτεχνολογία, αλλά και η επίλυση διαφορετικών προβλημάτων, όπως η εξάλειψη φυλετικών και σεξιστικών διακρίσεων στον εργασιακό τομέα. Η βιώσιμη ανάπτυξη χαρακτηρίζεται από έναν χαρακτήρα οπου σπεύδει στο να φέρει το βέλτιστο αποτέλεσμα σε όλους τους τομείς που επηρεάζει.

Αξίζει, νοηματικά, να σημειωθεί ότι ο όρος βιωσιμότητα, ο οποίος συχνά χρησιμοποιείται ταυτόσημα με τον όρο «βιώσιμη ανάπτυξη», προσδίδει κυριολεκτικά την ικανότητα ενός αντικειμένου να παραμείνει σε ζωντανή κατάσταση.



*Εικόνα 3.1 Το βασικό τρίπτυχο της αειφόρου ή βιώσιμης ανάπτυξης. (Εικόνα από [http://eastriding.limehouse.co.uk/events/2359/images/highresRGB/163780\\_1\\_0.png](http://eastriding.limehouse.co.uk/events/2359/images/highresRGB/163780_1_0.png))*

Ένας αποδεκτός ορισμός της βιώσιμης ανάπτυξης θα ήταν «Η διαδικασία της επίτευξης των στόχων της ανθρώπινης εξέλιξης και η παράλληλη διατήρηση της ικανότητας των φυσικών συστημάτων να προσφέρουν φυσικούς πόρους και υπηρεσίες οικοσυστήματος, πάνω στους οποίους η κοινωνία και οι οικονομία βασίζονται».

### **3.1.1 Ανάλυση Γενικού Μοντέλου**

Σύμφωνα με τις αρχές που έχουν δοθεί στις “Γενικές Αρχές της Βιώσιμης Ανάπτυξης” (Mock and Werncke 2011), το βασικό μοντέλο μπορεί να περιγραφεί ως ένα «Περιεκτικό σύστημα αποφάσεων με θεωρητικά απεριόριστο εύρος στις εφαρμογές του, οπύ οδηγεί από μία βάση triple-bottom-line βιωσιμότητας, σε βιώσιμα αποτελέσματα». Αν και το μοντέλο αυτό αρχικά επινοήθηκε για πολιτική μηχανική και δόμηση κτηρίων, ο τρόπος προσέγγισης του στην αειφόρο ανάπτυξη του δίνει έναν γενικό χαρακτήρα, με το μοντέλο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε σύστημα θα ήθελε να προωθήσει τη φιλοσοφία αυτή.

Το συγκεκριμένο μοντέλο, όπως συνηθίζουν τα μοντέλα βιωσιμότητας, ξεκαθαρίζει ότι προκειμένου οτιδήποτε να μπορέσει να διατηρηθεί σε βάθος χρόνου, χρειάζεται μια βέλτιστη ισορροπία των παρακάτω στοιχείων:

- ❖ **Χρησιμότητα:** Η τάση προς, ή και το ίδιο, το επιθυμητό αποτέλεσμα που πρέπει να επιτευχθεί. Αντιπροσωπεύεται στο μοντέλο από το **Όφελος (Profit)** με την έννοια του τι μπορεί να επιτευχθεί.
- ❖ **Αποτελεσματικότητα:** Η ακρίβεια και η πληρότητα επίτευξης των στόχων. Αντιπροσωπεύεται στο μοντέλο από την **Κοινωνία (People)** με την έννοια της δυνατότητας της επίτευξης αυτής.
- ❖ **Απόδοση:** Η επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος, της καλύτερης δυνατής αναλογίας εισόδου-εξόδου. Αντιπροσωπεύεται στο μοντέλο από το **Περιβάλλον (Planet)** με την έννοια της αντίληψης του περιορισμένου των πόρων.

Καθώς το πλέγμα του μοντέλου κινείται από έξω προς τα μέσα, η βασική ιδέα της εξισορρόπησης και βελτιστοποίησης του τριπτύχου όφελος – κοινωνία – περιβάλλον συνεχίζει να αναπαράγεται. Μια επί μέρους ανάλυση των στοιχείων του μοντέλου ακολουθεί. Το μοντέλο απεικονίζεται στην παραπάνω εικόνα.

#### 3.1.1.1 Όφελος (οικονομικό κεφάλαιο)

1. Δημιουργία Αξίας (Create Value): Η μεγιστοποίηση της οικονομικής αξίας των ενδιαφερομένων μελών αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο για την επιτυχία, και σε βάθος χρόνου τη γενική βιωσιμότητα, κάθε προγράμματος. Αποδοτικά και αποτελεσματικά μέσα για την παραγωγή, τη διανομή και την κατανάλωση έχουν άμεσο οικονομικό αντίκτυπο στην επιτυχία - τόσο των άμεσων οικονομικά δικαιούχων, όσο και για την κοινωνία γενικότερα.
2. Εξάλειψη Απόβλητων (Eliminate Waste): Ο προϋπολογισμός και ο έλεγχος του κόστους των ενεργειών σε κάθε έργο είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτιστοποίηση της βιωσιμότητας. Με την ανάπτυξη και την ακολουθία αποδεδειγμένα βέλτιστων εφαρμογών στον προϋπολογισμό, τον προγραμματισμό, την προσφορά / διαχείριση

των συμβολαίων, καθώς και τη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, οι αποδόσεις μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά και ουσιαστικά.

3. Αναγνώριση Αλληλεξάρτησης (Recognize Interdependence): Με τη συμπερίληψη όλων των ενδιαφερομένων σε όλο το καθορισμό του έργου και τη διαδικασία σχεδιασμού, και με την επέκταση του πεδίου εφαρμογής πέρα από τα όρια ενός συγκεκριμένου έργου για να συμπεριλάβει γειτονικές κοινότητες, την κυβέρνηση, την τοπική καμπή κτλ, υπεύθυνες ομάδες είναι σε ορθό δρόμο προς την επίτευξη των βέλτιστων οικονομικών και περιβαλλοντικών αποδόσεων των επενδύσεων. Σε βάθος χρόνου δεν μπορεί να υπάρξει κανένα οικονομικό κεφάλαιο χωρίς τη διατήρηση σχέσεων με το κοινωνικό κεφάλαιο και τη μεγιστοποίηση του.

#### 3.1.1.2 Περιβάλλον (περιβαλλοντικό κεφάλαιο)

1. Κατανόηση και Μοντελοποίηση της Φύσης (Model Nature): Η πιο αγνή και πιο πολύτιμη μορφή της περιβαλλοντικής διαχείρισης είναι η μοντελοποίηση των φυσικών συστημάτων σε όλη τα έργα μας. Όλη η βιώσιμη τεχνολογία και η νοημοσύνη που είναι απαραίτητες μπορεί να βρεθούν από την κατανόηση και την μοντελοποίηση των φυσικών βιολογικών συστημάτων μας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μελέτης των καλύτερων ιδεών της φύσης και στη συνέχεια με τη μίμηση των σχεδίων αυτών σε ενέργειες για την επίλυση των ανθρώπινων προβλημάτων. Περαιτέρω, τα ανθρώπινα όντα έχουν μια έμφυτη (και φυσικά, εξελικτική) συγγένεια με τη φύση. Σύνδεση έργων με τη φύση ισούται με επιτυχία από περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική συγκυρία.
2. Ροή Ενέργειας (Energy Flows): Η σύλληψη και αξιοποίηση των φυσικών ενεργειακών συστημάτων μας μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και βιολογικών υλικών είναι η φύση αυτής της αρχής. Η ελαχιστοποίηση του ποσού της χρήσης των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ρύπων που χρησιμοποιούνται σε όλη την κατασκευή προϊόντων, η συντήρηση και η επαναχρησιμοποίηση είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των βέλτιστων κινήσεων όταν η ενέργεια ρέει ως κατευθυντήρια αρχή.
3. Συνύπαρξη Ανθρώπων και Φύσης (Humans and Nature Co-exist): Με την ενσωμάτωση των φυσικών αρχών και ενεργειών, τα έργα μπορούν να προσφέρουν ένα βιώσιμο αποτύπωμα που όχι μόνο θα έχει μικρότερη επίπτωση, αλλά μέχρι και μια ελαφριά αποκατάσταση των επιπτώσεων. Οι άνθρωποι έχουν την ικανότητα να

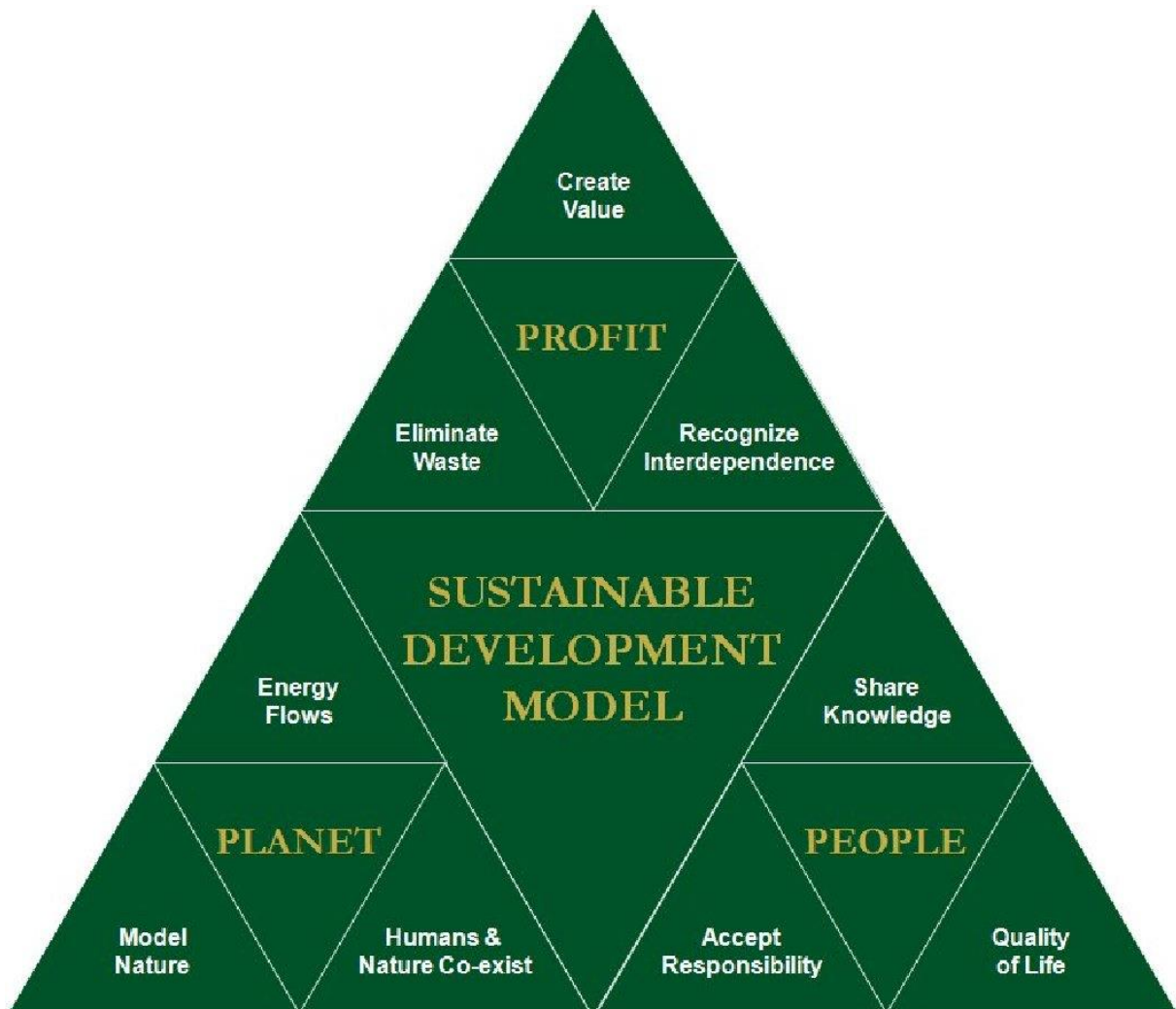


αποκαταστήσουν τα φυσικά συστήματα σε καλύτερη κατάσταση μέσω του αποτελεσματικότερου σχεδιασμού, υλοποίησης και διαχείρισης. Για ένα βιώσιμο μέλλον, οι άνθρωποι πρέπει να ενσωματωθούν αποτελεσματικά με τη φύση, όχι να είναι ξεχωριστοί από αυτή.

### 3.1.1.3 Κοινωνία (κοινωνικό κεφάλαιο)

1. Αποδοχή Ευθυνών (Accept Responsibility): Είναι ηθική ευθύνη μας να αναλάβουμε την ηγεσία πάνω στο όραμα και τις αξίες των έργων μας. Εμμένοντας σε ένα μοντέλο αποφάσεων που μεγιστοποιεί τα οικονομικά αποτελέσματα, ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αποκαθιστά υποβαθμισμένα οικοσυστήματα, και μεγιστοποιεί την ποιότητα της ζωής για την κοινότητα εντός και εκτός του πεδίου εφαρμογής του εν λόγω σχεδίου μας δίνει την ευκαιρία να παραδώσουμε μοναδικά πολύτιμες λύσεις για το μέλλον του πολιτισμού μας.
2. Ποιότητα Ζωής (Quality of Life): Εστιάζοντας στους καινοτόμους τρόπους για να υπερβούμε την ποιότητα της ζωής και τις ανάγκες όλων των ενδιαφερομένων του έργου, μπορούμε να παρέχουμε μοναδικό όφελος για τους ανθρώπους εντός και πέρα από την άμεση πεδίο εφαρμογής του εν λόγω έργου.
3. Διαμοιρασμός της Γνώσης (Share Knowledge): Χωρίς να μοιράζονται οι γνώσεις που αποκτήθηκαν μέσω της διαδικασίας ανάπτυξης των έργων σε άλλους, τα έργα μπορούν να χάσουν οικονομική και κοινωνική αξία, και μπορεί τελικά να γίνει μη υπάρξει η απαιτούμενη βιωσιμότητα κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Είναι ζωτικής σημασίας να διατηρηθεί η αρχική πρόθεση για όλα τα έργα μέσω της μεταφοράς της γνώσης σχετικά με το έργο, έτσι ώστε τα σημερινά μέλη της ομάδας του έργου να μπορούν να δράσουν πιο αποτελεσματικά μέσα από τις προσπάθειες και τα προϊόντα τους. Περαιτέρω, οι ιδιοκτήτες και τα ενδιαφερόμενα μέλη πρέπει να κατανοήσουν το αρχικό όραμα του έργου και την πρόθεση, προκειμένου να διατηρηθεί η βιωσιμότητα ενός έργου επ' αόριστον. Τέλος, η ανταλλαγή γνώσεων που αποκτήθηκε μέσω συγκεκριμένων ενεργειών σε όλο τον κόσμο θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση του βιώσιμου μέλλοντος μας για τα επόμενα έτη.

Η λογική λειτουργίας του μοντέλου αυτού βασίζεται στο ότι κάθε ένας από τους τρεις παράγοντες της τριάδας δε μπορεί να έρθει σε βέλτιστο, βιώσιμο, αποτέλεσμα χωρίς μια ξεχωριστή θέση έναντι στα άλλα δύο στοιχεία και με μία αντίληψη αυτών. Παραδείγματος χάριν, προκειμένου να επιτύχουμε σε ωφέλιμο (οικονομικά και όχι μόνο) επίπεδο βιώσιμα, θα πρέπει να αρχίσουμε υποχρεωτικά με τη δημιουργία αξίας στους πόρους μας (κάτι αναπόφευκτο για κάθε τελικό όφελος) αλλά και να διατηρήσουμε μια στάση εξάλειψης των αποβλήτων και αναγνώρισης της αλληλεξάρτησης προς το περιβαλλοντικό και το κοινωνικό κεφάλαιο αντίστοιχα.



Εικόνα 3.2 Το πλέγμα του μοντέλου βιώσιμης ανάπτυξης (Mock and Werncke 2011)

### 3.1.2 Ιστορική Αναδρομή Βιώσιμης Ανάπτυξης

#### 3.1.2.1 Το Κοινό μας Μέλλον (1987)

Μια δημοσίευση κάτω από την αιγίδα της «Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη», γνωστή και ως «Εκθεση Brundtland» (Brundtland Report). Είναι ευρέως γνωστό ως το πρώτο έγγραφο που κατέστησε δημοφιλή τον όρο βιώσιμη ανάπτυξη. Ο στόχος του ήταν η πολυμέρεια και αλληλεξάρτηση των κρατών του κόσμου, προσπαθώντας να παραμείνει στο πνεύμα της διάσκεψης της Στοκχόλμης το 1972. Υποστήριξε ότι τα περιβαλλοντικά θέματα είναι αναπόσπαστο μέρος της πολιτικής ατζέντας.

Τα επί μέρους θέματα που συζητήθηκαν ήταν:

1. Η επανεξέταση των κρίσιμων ζητημάτων του περιβάλλοντος και της ανάπτυξης και η διατύπωση καινοτόμων, συγκεκριμένων και ρεαλιστικών προτάσεων δράσης για την αντιμετώπισή τους.
2. Η ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας για το περιβάλλον και την ανάπτυξη και η αξιολόγηση και προτάσεις για νέες μορφές συνεργασίας που μπορούν να ξεφύγουν από τα υπάρχοντα (περιοριστικά) πρότυπα και τις πολιτικές επιρροές.
3. Η αύξηση του επιπέδου της κατανόησης και της δέσμευσης για δράση εκ μέρους των ιδιωτών, εθελοντικών οργανώσεων, επιχειρήσεων, ιδρυμάτων και κυβερνήσεων (1987: 347). Η Επιτροπή εστίασε την προσοχή της στους τομείς του πληθυσμού, την επισιτιστική ασφάλεια, την απώλεια των ειδών και των γενετικών πόρων, της ενέργειας, της βιομηχανίας και των ανθρώπινων οικισμών - συνειδητοποιώντας ότι όλα αυτά συνδέονται και δεν μπορούν να αντιμετωπίζονται μεμονωμένα το ένα από το άλλο.

Ακόμη, βασικοί συντελεστές του εγγράφου, αναφερόμενοι στη πλευρά της βιώσιμης ανάπτυξης, συμπεριέλαβαν την αναγνώριση ότι οι πολλές κρίσεις που αντιμετωπίζει ο πλανήτης και η κοινωνία έχουν την τάση να αλληλοσυνδέονται και να αποτελούν ουσιαστικά δομικά στοιχεία μίας, κεντρικής και μεγαλύτερης κρίσης. Ολοκλήρωσαν ότι υπάρχει η πρωτεύουσα ανάγκη της δραστηρικής συμμετοχής όλων των τομέων της κοινωνίας στη διαβούλευση και στη συλλογή αποφάσεων σχετικά με τη βιώσιμη ανάπτυξη.

### 3.1.2.2 Σύνοδος Κορφής της Χιλιετίας (2000)

Η Σύνοδος Κορφής της Χιλιετίας (Millennium Summit) ήταν συνάντηση πολλών ηγετών του κόσμου που διήρκησε από τις 6 μέχρι και τις 8 Σεπτεμβρίου 2000. Έλαβε τόπο στη Νέα Υόρκη. Ήταν η μεγαλύτερη συνάντηση ηγετών μέχρι τότε.

Σαν κεντρικό θέμα, η σύνοδος είχε τη συζήτηση επί της επίτευξης οκτώ διεθνών αναπτυξιακών στόχων. Ο 7<sup>ος</sup> από αυτούς ήταν η «εξασφάλιση της περιβαλλοντικής σταθερότητας», τραβώντας ακόμα περισσότερο το παγκόσμιο ενδιαφέρον στη βιώσιμη ανάπτυξη.

### 3.1.2.3 Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την Αειφόρο Ανάπτυξη (2012)

Η σύνοδος αυτή αποτέλεσε συνέχεια της Συνόδου Κορφής της Γής (1992) και έλαβε χώρα και αυτή στο Ρίο Ντε Τζανέιρο, 20 χρόνια αργότερα, το 2012. Οι συζητήσεις διήρκησαν από τις 13 μέχρι και τις 22 Ιουνίου. Η δεκαήμερη σύνοδο κορυφής, η οποία κορυφώθηκε με μια υψηλού επιπέδου διάσκεψη του ΟΗΕ, διοργανώθηκε από το Τμήμα των Ηνωμένων Εθνών Οικονομικών και Κοινωνικών Υποθέσεων και περιελάμβανε τη συμμετοχή 192 κρατών-μελών του ΟΗΕ, συμπεριλαμβανομένων των 57 αρχηγών κρατών και 31 αρχηγών κυβερνήσεων, επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα και άλλες ομάδες. Η απόφαση για τη διεξαγωγή του συνεδρίου έγινε από τη Γενική Συνέλευση του ΟΗΕ (ψήφισμα A / RES / 64/236, στις 24 Δεκεμβρίου 2009). Είχε ως στόχο να είναι μια διάσκεψη υψηλού επιπέδου, συμπεριλαμβανομένων των αρχηγών κρατών και κυβερνήσεων ή άλλους εκπροσώπους και καταλήγοντας σε ένα εστιασμένο πολιτικό έγγραφο όπου θα σχεδιαστεί για να διαμορφώσει την παγκόσμια περιβαλλοντική πολιτική.

(πληροφορίες από <http://www.uncsd2012.org/about.html>)

Οι βασικοί στόχοι της συνόδου ήταν τρεις:

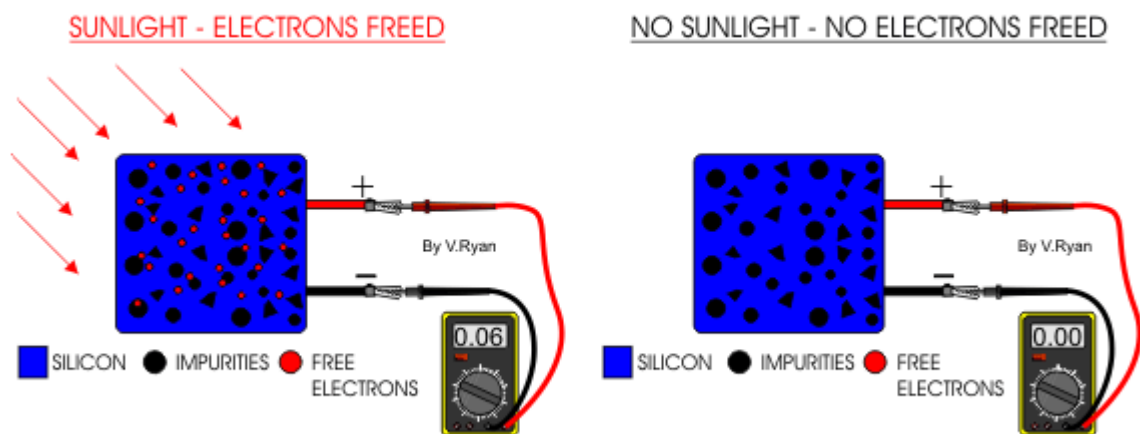
1. Η εξασφάλιση ανανεωμένης πολιτικής δέσμευσης για την αειφόρο ανάπτυξη.
2. Η αξιολόγηση των κενών της προόδου και της εφαρμογής στην εκπλήρωση των προηγούμενων δεσμεύσεων.
3. Η αντιμετώπιση νέων, αναδυόμενων, προκλήσεων.

### 3.1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία της αειφόρου ανάπτυξης είναι η εξέλιξη της χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας. Οι ανεξάντλητες και εκμεταλλεύσιμες πηγές ενέργειας όχι μόνο αποδεικνύονται πολύ οικονομικότερες από τις συμβατικές σε βάθος χρόνου αλλά και πολύ φιλικότερες προς το περιβάλλον λόγω των περιορισμένων ρύπων τους.

#### 3.1.3.1 Ενεργά Δίκτυα

Η Ηλεκτρική Ενέργεια είναι μια ευρέως γνωστή και χρησιμοποιούμενη ανανεωμένη πηγή ενέργειας. Μια αύξηση στην τεχνολογία επιτρέπει στην ηλιακή δύναμη να χρησιμοποιηθεί σε μια ευρεία ποικιλία των εφαρμογών. Υπάρχουν δύο τύποι ηλιακών πλαισίων που παράγουν τη θερμότητα στην ηλεκτρική ενέργεια. Θερμικά ηλιακά πλαίσια και τα φωτοβολταϊκά δίκτυα. Τα θερμικά ηλιακά πλαίσια μειώνουν ή αποβάλλουν την κατανάλωση αερίου και πετρελαίου, και μειώνουν τις εκπομπές κοβαλτίου. Τα φωτοβολταϊκά δίκτυα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μπορεί να τροφοδοτήσει οποιαδήποτε συσκευή. Πρόκειται για μια πιο σύνθετη τεχνολογία και είναι γενικά ακριβότερο να κατασκευαστεί από τα θερμικά ηλιακά πλαίσια.

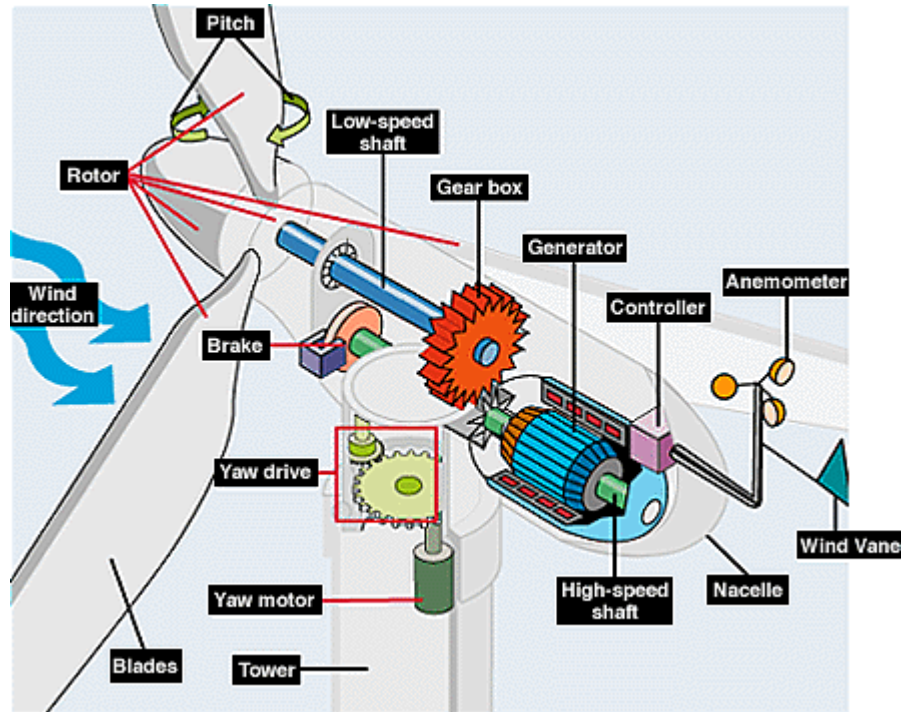


Εικόνα 3.3 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκών πλακών  
(εικόνα από <http://www.technologystudent.com/energy1/solar5.htm>)

#### 3.1.3.2 Αιολική Ενέργεια

Οι Ανεμογεννήτριες παράγουν την ενέργεια από τον αέρα και είναι μια χρήσιμη εφαρμογή για τις περιοχές που δεν έχουν τις άμεσες συμβατικές πηγές ισχύος π.χ., στις αγροτικές περιοχές με τα σχολεία και τα νοσοκομεία που χρειάζονται περισσότερη δύναμη. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να παρέχουν μέχρι 30% της ενέργειας που καταναλώνεται από μια

οικογένεια αλλά υπόκεινται στους κανονισμούς και τις τεχνικές προδιαγραφές, όπως η μέγιστη απόσταση στην οποία η δυνατότητα βρίσκεται από τη θέση της κατανάλωσης και τη αδύναμη που απαιτείται και που επιτρέπεται για κάθε ιδιοκτησία.



Εικόνα 3.4 Αρχή λειτουργίας ανεμογεννήτριας  
(Η εικόνα ανήκει στο Public Domain)

### 3.1.3.3 Βιομάζα

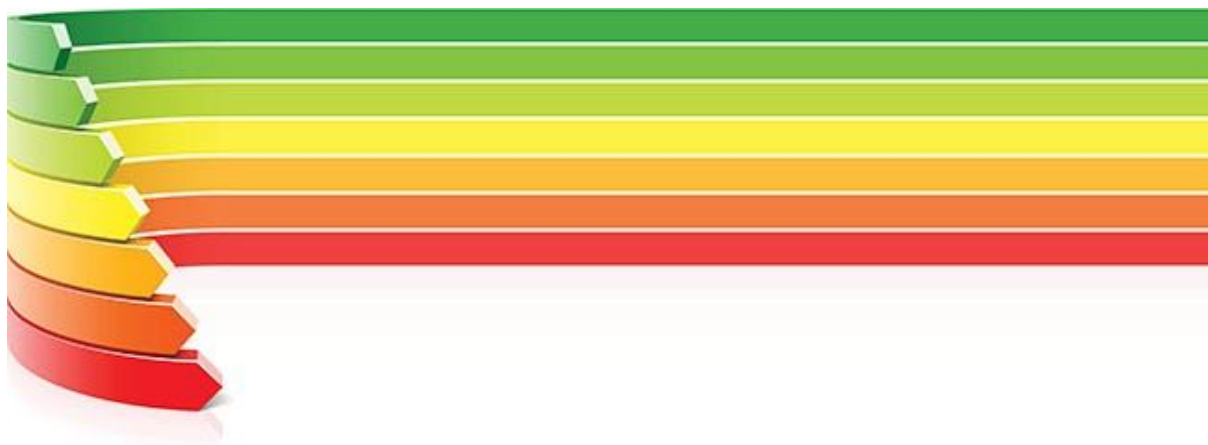
Η Βιομάζα είναι η πηγή ενέργειας που δημιουργείται από τα οργανικά υλικά που παράγονται μέσω πίεσης ή μέσω της αυθόρμητης βιολογικής διαδικασίας.

### 3.1.3.4 Γεωθερμική Ενέργεια

Η Γεωθερμική Ενέργεια λαμβάνεται με την εκμετάλλευση της θερμότητας από το έδαφος. Αυτός ο τύπος ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θερμότητα και τα δροσερά σπίτια, αυτό είναι ένα σύστημα που αποβάλλει την εξάρτηση στην εξωτερική ενέργεια και παράγει τα ελάχιστα απόβλητα. Το σύστημα είναι επίσης κρυμμένο από την όψη καθώς τοποθετείται υπόγεια καθιστώντας το ευκολότερο να ενσωματώσει σε ένα σχέδιο και είναι πιο αισθητικά αποδεκτό.

## 3.2 Ευρωπαϊκή Οδηγία Ecodesign

Μετά από αρκετά έτη συνεχούς αυξανόμενης, σε παγκόσμιο σκέλος, ζήτησης για πιο αποδοτικά προϊόντα με βλέψεις στον περιορισμό της σπατάλης ενέργειας και της κατανάλωσης πόρων, η Ευρώπη το 2005 δημιούργησε τους καίριους νομικούς περιορισμούς όπου θα έκριναν την τεχνολογία και την αγορά τα επόμενα χρόνια. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία Ecodesign 2005/32/EC, καθώς και η μετέπειτα επέκταση της 2009/125/EC, καθορίζει ένα νομοθετικό πλαίσιο μέσα στο οποίο ορίζονται υποχρεωτικές οικολογικές απαιτήσεις για όλα τα ‘ενεργειακά’ και σχετικά με την ενέργεια προϊόντα που πωλούνται και κατασκευάζονται σε όλα τα 28 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η έκταση της καθορίζεται με τη μορφή ‘ομάδων προϊόντων’, με περισσότερες από 40 τέτοιες ομάδες να καλύπτονται νομοθετικά από την Οδηγία σήμερα. Σύμφωνα με μελέτες προετοιμασίας τις οδηγίας, οι ομάδες αυτές οφείλονται για περίπου το 40% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (όπως αυτά ορίστηκαν από έγγραφα όπως η Σύμβαση-Πλαίσιο). Έχοντας θέσει συγκεκριμένους στόχους ενεργειακής απόδοσης για το 2020, η εντολή σκοπεύει στη σταδιακή αλλά και καθοριστική απομάκρυνση των λιγότερο αποδοτικών συσκευών από τις ευρωπαϊκές αγορές.



*Εικόνα 3.5 Τα χαρακτηριστικά χρώματα του συστήματος επισήμανσης της Οδηγίας Ecodesign (εικόνα από <http://www.greenbiz.it/energia/efficienza-energetica>).*

Η εισαγωγή της Οδηγίας Ecodesign άλλαξε αισθητά τα πεδία της καθημερινότητας αλλά και της βιομηχανίας. Ένας από τους έμμεσους στόχους της είναι η προώθηση ενός υγιούς αλλά και επιθετικού ανταγωνισμού στους βιομηχανικούς παράγοντες, προωθώντας την καλύτερη περιβαλλοντική και ενεργειακή απόδοση στους ιδιώτες μέσω του υποχρεωτικού

συστήματος επισήμανσης. Ακόμη, ως αναμενόμενο, υπήρξε μια εκθετική άνθηση στις τεχνολογικές καινοτομίες.

Η Οδηγία είναι συχνά αντικείμενο επεκτάσεων και ανανεώσεων. Η Οδηγία 2009/125/EC, πέρα από το να ανανεώσει το προηγούμενο περιεχόμενο, επέκτεινε το πλαίσιο της εντολής ώστε να καλύπτει με νομικούς περιορισμούς και ελάχιστη απόδοση όλα ουσιαστικά τα προϊόντα που έχουν ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας. Κάθε μία από αυτές τις ομάδες προϊόντων έχει ξεχωριστά νομικά δεσμά περί αποδοτικότητας και διαφορετικά έτη εφαρμογών των δεσμών αυτών. Αξίζει σημαντικά να αναφερθεί ότι σε αντίθεση με έτερες συμφωνίες μεγάλου εύρους (Όπως το Πρωτόκολλο του Κιότο και η Συμφωνία του Παρισιού), η Ευρωπαϊκή Οδηγία Ecodesign φέρει ποινές και κυρώσεις για όποια διακίνηση στην ευρωπαϊκή αγορά που δε τηρεί τις προϋποθέσεις αποδόσεων.

### 3.2.1 Ομάδες Προϊόντων

Οι ομάδες προϊόντων (Lots) που έχουν τεθεί ή επρόκειτο να μπουν σε ενεργεία είναι:

- **Lot 1 – Επαγγελματική ψύξη (Professional refrigeration)**
- **Lot 2 – Μετασχηματιστές (Transformers)**
- **Lot 3 – Εξοπλισμός ήχου και εικόνας (Sound and imaging equipment)**
- **Lot 4 – Βιομηχανικοί κλίβανοι (Industrial ovens and furnaces)**
- **Lot 5 – Μηχανικά εργαλεία (Machine tools)**
- **Lot 6 – Μονάδες εξαερισμού (Ventilation units)**
- **Lot 7 – Ατμολέβητες (Steam boilers)**
- **Lot 8 – Καλώδια τροφοδοσίας (Power cables)**
- **Lot 9 – Δικτυακός και βοηθητικός εξοπλισμός επιχειρήσεων και συσκευές αποθήκευσης δεδομένων (Enterprise servers, data storage and ancillary equipment)**

Όλες οι ομάδες προϊόντων συνοδεύονται από μελέτες προετοιμασίας και ημερομηνίες οπού το νομικό πλαίσιο τίθεται σε λειτουργία. Εάν υπάρχουν διαφορετικές ημερομηνίες για το ίδιο προϊόν, τότε υπάρχουν διαφορετικές οικολογικές απαιτήσεις για κάθε ημερομηνία.



### 3.2.2 Αναφορές στους Μετασχηματιστές Διανομής

‘Energy-related product’, (a ‘product’), means any good that has an impact on energy consumption during use which is placed on the market and/or put into service, and includes parts intended to be incorporated into energy-related products covered by this Directive which are placed on the market and/or put into service as individual parts for end-users and of which the environmental performance can be assessed independently;

Ελληνική απόδοση: ‘Ενεργειακό προϊόν’, εννοείται οποιοδήποτε αγαθό το οποίο έχει αντίκτυπο στην ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια της χρήσης του, το οποίο τοποθετείται στην αγορά και/ή τίθεται σε λειτουργία, και περιλαμβάνει μέλη προδιατεθειμένα για συσσωμάτωση σε προϊόντα σχετιζόμενα με την ενέργεια τα οποία καλύπτονται από την παρούσα Οδηγία, τα οποία τοποθετούνται στην αγορά και/ή τίθενται σε λειτουργία ως ξεχωριστά μέλη για τελικούς χρήστες και των οποίων οι περιβαλλοντικές επιδόσεις μπορούν να αξιολογηθούν ανεξάρτητα.

*Αναθεώρηση 2009/125/EC της Ευρωπαϊκής Οδηγίας Eco-design*

*Λίστα επηρεαζόμενων ομάδων προϊόντων*

*Άρθρο 2, Παράγραφος 1*

Το πρώτο γενικό πλάνο που περιελάμβανε τους μετασχηματιστές. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και το χρονικό παράθυρο των περιβαλλοντικών περιορισμών, σύμφωνα με αυτή την αναθεώρηση, ισχύει και για τους μετασχηματιστές που εισέρχονται στην αγορά, και για αυτούς που επρόκειτο να τεθούν σε λειτουργία, μετέπειτα οδηγία (548/2014 Άρθρο 1) ξεκαθάρισε ότι επηρεάζονται μόνο οι μετασχηματιστές που αγοράζονται μετά την έναρξη ισχύος του κανονισμού.

Transformers: Distribution transformers, Power transformers, Small transformers. High energy consumption (> 1 000 PJ/year), with very long operating time (24 hours a day); Other environmental impact of used oils, paints, etc. | High potential for energy savings (about 30% possible which is equivalent to about 15% of the electricity network losses, stock is nearing

the end of its 40-year lifetime); Potential for other environmental improvements (e.g. materials used); Third-country specifications (Energy labelling, Eco-labels, Energy Star and MEPS) indicate potential for improvement. |

Ελληνική απόδοση: Μετασηματιστές: Μετασηματιστές διανομής, Μετασηματιστές ισχύος, Μετασηματιστές μικρότερης ονομαστικής ισχύος. Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση (Παραπάνω από  $10^{16}$  Joule ανά έτος), με πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα λειτουργίας (24 ώρες την ημέρα), έτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα μέσω χρησιμοποιούμενων λαδιών, μπουjiάς κτλ. Υψηλό δυναμικό για εξοικονόμηση ενέργειας (περίπου 30% δυνατή εξοικονόμηση που αντιστοιχεί σε περίπου 15% των απωλειών του δικτύου διανομής ενέργειας, ο πληθυσμός πλησιάζει το τέλος της 40ετούς ζωής του). Δυναμικό για άλλες περιβαλλοντικές βελτιώσεις (πχ χρησιμοποιούμενα υλικά). Προδιαγραφές χωρών εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης αποδεικνύουν δυνατότητα για βελτίωση.

*Κατάρτιση του σχεδίου εργασίας υπό την Οδηγία Ecodesign COM/2008/0660*

*Ενδεικτικός κατάλογος των ομάδων προϊόντων*

*Παράρτημα I*

Στη κατάρτιση του σχεδίου εργασίας έχουμε αρκετές πολύτιμες πληροφορίες. Βλέπουμε τη βασική αιτιολόγηση πίσω από τον οικολογικό σχεδιασμό των μετασηματιστών, και είναι μια προσέγγιση που έχει βάσεις ακόμα και σήμερα. Ονομαστικά:

1. Οι μετασηματιστές (συγκεκριμένα οι μετασηματιστές διανομής) καταπονούνται με συνεχή λειτουργία (24 ώρες το 24ωρό).
2. Υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες στην εξοικονόμηση ενέργειας τους (ειδικά με εισαγωγή καινούριων καινοτομιών) και η εκπομπή ρύπων τους αποτελεί σημαντικό ποσοστό του δικτύου διανομής ενέργειας.
3. Μεγάλο μέρος του πληθυσμού (το οποίο προφανώς χαρακτηρίζεται από χαμηλότερη απόδοση από αυτή που μπορεί να επιτευχθεί σήμερα) πλησιάζει το σημείο της απόσυρσης μετά από 40 χρόνια λειτουργίας, οπότε είναι ιδανική χρονική στιγμή για εισροή καινούριων, τεχνολογικά και περιβαλλοντικά αρτιότερων, ηλεκτρικών μηχανών που θα αντικαταστήσουν τις παλιές.

### 3.2.3 Αναλυτικές Οδηγίες για τους Μετασχηματιστές Διανομής

Οι επίσημοι περιορισμοί μετασχηματιστών σε απόδοση και εκπομπή ρύπων αναφέρονται στο σχετικό έγγραφο με τίτλο “Commission Regulation (EU) No. 548/2014 on 21 May 2014 on implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to small, medium and large power transformers” (Απόφαση επιτροπής (ΕΕ) ΑΠ 548/2014 στις 21 Μαΐου 2014 σχετικά με μετασχηματιστές με μικρή, μέτρια και μεγάλη ονομαστική ισχύς, δηλαδή μικρής, μέσης και υψηλής τάσης). Η νομοθεσία αποτελείται από οκτώ άρθρα σχετικά με το εύρος του αντικειμένου και με σχετικές πληροφορίες, και από τέσσερα παραρτήματα με τους ακριβείς μέγιστους ρύπους (ξεχωριστά σε απώλειες χαλκού και σιδήρου) ανά ονομαστική ισχύ, και την ελάχιστη ποσοστιαία απόδοση ανά ονομαστική ισχύ.

#### 3.2.3.1 Άρθρα Κανονισμού Νο. 548/2014

##### **Άρθρο 1: Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής (Subject matter and scope)**

Ξεκαθαρίζει τη θέση του κανονισμού, στην εγκαθίδρυση οικολογικών προϋποθέσεων για την εισαγωγή μετασχηματιστών στην ευρωπαϊκή αγορά. Ο κανονισμός ισχύει από μετασχηματιστές ονομαστικής ισχύος 50 kVA σε 50Hz συχνότητα και πάνω, και περιλαμβάνει μόνο τους μετασχηματιστές που αγοράζονται μετά τον χρονικό περιορισμό.

Μετασχηματιστές που ΔΕΝ επηρεάζονται από τον κανονισμό είναι:

- ❖ Μετασχηματιστές οργάνων, που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να παρέχουν μετρήσεις σε όργανα, ηλεκτρονόμους και άλλες παρόμοιες συσκευές,
- ❖ Μετασχηματιστές με περιελίξεις χαμηλής τάσης που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για χρήση με ανορθωτές για παροχές συνεχούς ρεύματος DC
- ❖ Μετασχηματιστές που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να συνδέονται απευθείας σε έναν κλίβανο
- ❖ Μετασχηματιστές που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τις υπεράκτιες εφαρμογές και τα πλωτά υπεράκτιες εφαρμογές

- ❖ Μετασχηματιστές ειδικά σχεδιασμένοι για εγκαταστάσεις έκτακτης ανάγκης
- ❖ Μετασχηματιστές και αυτομετασχηματιστές που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τα συστήματα σιδηροδρόμων
- ❖ Τριφασικοί μετασχηματιστές που προορίζονται για να παρέχει ένα ουδέτερο σημείο για τους σκοπούς της γείωσης ενός συστήματος
- ❖ Μετασχηματιστές έλξης τοποθετημένα σε τροχαίο υλικό, δηλαδή μετασχηματιστές που συνδέονται σε μια γραμμή επαφής AC ή DC, απευθείας ή μέσω ενός μετατροπέα, που χρησιμοποιούνται για τις σταθερές εγκαταστάσεις σιδηροδρομικών εφαρμογών
- ❖ Μετασχηματιστές εκκίνησης, που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για την εκκίνηση κινητήρων επαγωγής τριών φάσεων έτσι ώστε να εξαιρεθούν οι πτώσης τάσης τροφοδοσίας
- ❖ Μετασχηματιστές δοκιμών, που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να χρησιμοποιηθούν σε ένα κύκλωμα για την παραγωγή μιας ειδικής τάσεως ή ρεύματος για το σκοπό της δοκιμής ηλεκτρολογικού εξοπλισμού
- ❖ Μετασχηματιστές συγκόλλησης, που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για χρήση σε συσκευές συγκόλλησης με τόξο ή εξοπλισμό συγκόλλησης με αντίσταση,
- ❖ Μετασχηματιστές που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για την προστασία από εκρήξεις και υπόγειες εφαρμογές εξόρυξης
- ❖ Μετασχηματιστές που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για εφαρμογές στα βάθη της θάλασσας
- ❖ Μετασχηματιστές μέσης τάσεως για διεπαφές (interface) μέσης τάσης έως και 5 MVA,
- ❖ Μεγάλοι μετασχηματιστές ισχύος, εφόσον αποδεικνύεται ότι για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, τεχνικά εφικτές εναλλακτικές επιλογές δεν είναι διαθέσιμες για να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις απόδοσης που ορίζονται από τον παρόντα κανονισμό
- ❖ Μετασχηματιστές μεγάλης ισχύος που επρόκειτο να αντικαταστήσουν όμοιους μετασχηματιστές σε μια εγκατάσταση που αποδεδειγμένα η εφαρμογή πιο έγκριτων από τον κανονισμό μετασχηματιστών θα προσέφερε δυσανάλογο κόστος.

## Άρθρο 2: Ορισμοί (Definitions)

Ο σκοπός του 2<sup>ου</sup> άρθρου είναι να ξεκαθαρίσει τους ορισμούς που θα χρησιμοποιηθούν στα υπόλοιπα άρθρα και στα παραρτήματα του παρόντος κανονισμού. Συγκεκριμένα:

- «Μετασχηματιστής ισχύος – Power transformer» νοείται ένα στατικό τεμάχιο του μηχανήματος με δύο ή περισσότερες περιελίξεις που, με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, μετασχηματίζει ένα σύστημα εναλλασσόμενης τάσης και ρεύματος σε ένα άλλο σύστημα εναλλασσόμενου τάσης και ρεύματος συνήθως διαφορετικών τιμών και την ίδια συχνότητα για το σκοπό της μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας.
- «Μετασχηματιστή χαμηλής ισχύος – Small power transformer» νοείται ένας μετασχηματιστής όπου η υψηλότερη τάση για τον εξοπλισμό δεν υπερβαίνει τα 1,1 kV.
- «Μετασχηματιστής μεσαίας ισχύος (Μετασχηματιστής μέσης τάσης) – Medium power transformer» νοείται ένας μετασχηματιστής όπου η τάση του εξοπλισμού είναι υψηλότερη από 1,1 kV, αλλά δεν υπερβαίνει τα 36 kV και ονομαστική ισχύ είναι ίση ή μεγαλύτερη από 5 kVA, αλλά μικρότερη από 40 MVA.
- «Μετασχηματιστής μεγάλης ισχύος (Μετασχηματιστής υψηλής τάσης) – Large power transformer» νοείται ένας μετασχηματιστής όπου η τάση του εξοπλισμού υπερβαίνει τα 36 kV και ονομαστική ισχύ είναι ίση ή μεγαλύτερη από 5 kVA, ή η ονομαστική ισχύ είναι ίση ή μεγαλύτερη από 40 MVA, ανεξάρτητα από την υψηλότερη τάση για τον εξοπλισμό.
- «Βυθισμένος μετασχηματιστής – Liquid submerged transformer» νοείται ένας μετασχηματιστής ρεύματος του οποίου το μαγνητικό κύκλωμα και οι περιελίξεις είναι βυθισμένες σε κάποιο υγρό.
- «Μετασχηματιστής ξηρού τύπου – Dry type transformer» νοείται ένας μετασχηματιστής στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα και οι περιελίξεις δεν βυθίζονται σε ένα μονωτικό υγρό.
- «Μετασχηματιστής μέσης τάσης τοποθετημένος σε πόλο (Medium power pole mounted transformer)» νοείται ένας μετασχηματιστή ισχύος με ονομαστική ισχύ έως και 315 kVA κατάλληλος για εξωτερική εγκατάσταση και έχει σχεδιαστεί για να

τοποθετηθεί επί των δομών υποστήριξης των εναέριων γραμμών ηλεκτρικής ενέργειας.

- «Μετασχηματιστές διανομής ρυθμίσεων τάσης – Voltage regulation distribution transformers» νοείται ένας μετασχηματιστής μέσης τάσης εξοπλισμένα με πρόσθετα όργανα και συστατικά, μέσα ή έξω από το δοχείο του μετασχηματιστή, τα οποία ελέγχουν αυτόματα την τάση εισόδου ή εξόδου του μετασχηματιστή για σκοπούς ρύθμισης της τάσης στο φορτίο.
- «Τύλιγμα - Winding» αναφέρεται στην συναρμολόγηση των στροφών που σχηματίζουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που σχετίζεται με μία από τις τάσεις όπου έχουν ανατεθεί στο μετασχηματιστή.
- «Ονομαστική τάση του ενός τυλίγματος – Rated voltage of a winding» ( $U_r$ ) είναι η τάση όπου εφαρμόζεται, ή αναμένεται να αναπτυχθεί, σε λειτουργία χωρίς φορτίο και αποκλειστικά στα τυλίγματα.
- «Τύλιγμα υψηλής τάσης – High voltage winding» αναφέρεται στην περιέλιξη που έχει την υψηλότερη ονομαστική τάση.
- «Υψηλότερη τάση για εξοπλισμό – Highest voltage for equipment» ( $U_m$ ) Εφαρμόσιμο όταν το τύλιγμα ενός μετασχηματιστή εμφανίζει την υψηλότερη rms τάση σε ένα τριφασικό σύστημα για το οποίο η περιέλιξη του μετασχηματιστή έχει σχεδιαστεί σε σχέση με αυτό το σκοπό.
- «Ονομαστική ισχύς – Rated Power» ( $S_r$ ) είναι μια συμβατική αξία της φαινόμενης ισχύος μια περιέλιξη, η οποία, μαζί με την ονομαστική τάση της εκκαθάρισης, καθορίζει το ονομαστικό ρεύμα του.
- «Απώλειες φορτίου – Load loss» ( $P_k$ ) σημαίνει το απορροφημένο ενεργό δύναμη στην ονομαστική συχνότητα και θερμότητα σε ένα ζεύγος περιελίξεων όταν το ονομαστικό ρεύμα ρέει μέσω του της τερματικής γραμμής ενός εκ των περιελίξεων ενώ οι άλλες περιελίξεις είναι σε βραχυκύκλωμα με κάθε τύλιγμα εφοδιασμένο με τάπες που συνδέονται με την κύρια υποκλοπή του, ενώ περαιτέρω περιελίξεις, αν υπάρχουν, είναι ανοικτού κυκλώματος.
- «Απώλειες κενού φορτίου – No-load loss» ( $P_o$ ) σημαίνει την ενεργό ισχύ που απορροφάται κατά την ονομαστική συχνότητα, όταν ο μετασχηματιστής είναι ενεργοποιημένος και το δευτερεύον κύκλωμα είναι ανοιχτό.
- «Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης – Peak Efficiency Index» (PEI) νοείται η μέγιστη τιμή του λόγου της εκπεμπόμενης φαινόμενης ισχύος ενός μετασχηματιστή μείον τις ηλεκτρικές απώλειες διά της μεταδιδόμενης φαινόμενης ισχύος του μετασχηματιστή.

### **Άρθρο 3: Απαιτήσεις Ecodesign (Eco-design requirements)**

Το άρθρο αναφέρεται στους περιορισμούς οικολογικής σχεδίασης του Παρατήματος I όπου πρέπει να ακολουθήσουν οι μετασχηματιστές όλων των ονομαστικών ισχύων.

### **Άρθρο 4: Διαπίστωση Συμμόρφωσης (Conformity Assessment)**

Διαπιστώσεις σχετικά με την ορθή λειτουργία του κανονισμού θα γίνονται εφαρμόζοντας τη διαδικασία εσωτερικού ελέγχου σχεδιασμού που ορίζεται στο παράρτημα IV της οδηγίας 2009/125 / EC ή τη διαδικασία συστήματος διαχείρισης που ορίζεται στο παράρτημα V της ίδιας οδηγίας.

### **Άρθρο 5: Διαδικασία επαλήθευσης για σκοπούς επιτήρησης της αγοράς (Verification procedure for market surveillance purposes)**

Το άρθρο ξεκαθαρίζει ότι όταν διεκπεραιώνουν τους ελέγχους επιτήρησης της αγοράς που αναφέρονται στην οδηγία 2009/125 / EC, Άρθρο 3 Παράγραφος 2, οι αντιπρόσωποι των κρατών-μελών θα εφαρμόζουν τη διαδικασία επαλήθευσης που καθορίζεται στο Παράρτημα III του παρόντος κανονισμού.

### **Άρθρο 6: Ενδεικτικά κριτήρια αξιολόγησης (Indicative benchmarks)**

Τα ενδεικτικά κριτήρια αξιολόγησης για τις καλύτερες επιδόσεις μετασχηματιστών (τεχνολογικά δυνατές τη στιγμή της έκδοσης του παρόντος κανονισμού) προσδιορίζονται στο Παράρτημα IV.

### **Άρθρο 7: Επανεξέταση (Review)**

Το άρθρο επισημαίνει ότι το αργότερο μετά 3ετίας της εφαρμογής του κανονισμού, η επιτροπή θα επανεξετάσει τον παρόντα κανονισμό, υπό το πρίσμα της τεχνολογικής προόδου και θα παρουσιάζει τα αποτελέσματα της εν λόγω επανεξέτασης στο φόρουμ διασκέψεως. Συγκεκριμένα, η αναθεώρηση θα αξιολογήσει, το λιγότερο, τα ακόλουθα θέματα:

- ❖ Τη δυνατότητα να ορίζονται οι ελάχιστες υψηλότερες τιμές του Δείκτη Απόδοσης για όλους τους μετασχηματιστές ισχύος, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με ονομαστική ισχύ κάτω των 3.150 kVA
- ❖ Τη δυνατότητα να διαχωρίσει τις απώλειες που σχετίζονται με τον πυρήνα του μετασχηματιστή από αυτές που σχετίζονται με άλλα συστατικά που έχουν να κάνουν με τη λειτουργία ρύθμισης της τάσεως
- ❖ Τη σκοπιμότητα του καθορισμού ελάχιστων απαιτήσεων απόδοσης για μονοφασικούς μετασχηματιστές, καθώς και για τις μετασχηματιστών χαμηλής ισχύς
- ❖ Εάν οι παραχωρήσεις που έγιναν για μετασχηματιστές τοποθετημένους σε πυλώνες και για ειδικούς συνδυασμούς των τυλιγμάτων για μετασχηματιστές μέσης τάσεως εξακολουθούν να είναι κατάλληλες
- ❖ Η δυνατότητα κάλυψης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, πέραν της ενέργειας στη χρησιμοποιούμενη φάση

#### **Άρθρο 8: Έναρξη ισχύος (Entry into force)**

Ο παρώντας κανονισμός θα μπει εν ενεργεία την 20 ημέρες έπειτα από τη δημοσίευση του στην Επίσημη Ημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Official Journal of the European Union).

Ο κανονισμός είναι δεσμευτικός για όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής ένωσης



### 3.2.3.2 Παραρτήματα του κανονισμού Νο. 548/2014

Τα τέσσερα Παραρτήματα επιβλέπουν πιο συγκεκριμένες πτυχές του κανονισμού, και αναλύουν τις επιτρεπόμενες απώλειες και τους τρόπους μετρήσεων αυτών. Συγκεκριμένα:

#### Παράρτημα I – Annex I

Οι ακόλουθοι περιορισμοί στους πίνακες ισχύουν για όλους τους μετασχηματιστές της αντίστοιχης ονομαστικής ισχύος και τύπου. Εξαιρέση αποτελούν οι μετασχηματιστές τροποποιημένοι για να τοποθετηθούν σε στύλους (πόλους) διανομής ρεύματος, καθώς λαμβάνουν ξεχωριστή μεταχείριση (μέχρι και την σύνταξη της παρούσας πτυχιακής εργασίας). Αυτοί οι μετασχηματιστές αντιστοιχούν στον Πίνακα 3.6. Κάθε ένας από τους ακόλουθους πίνακες φέρει τις απαραίτητες προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούν οι μετασχηματιστές ανά την ονομαστική ισχύ τους, καθώς και δύο ημερομηνίες. Ο λόγος είναι γιατί ο κανονισμός έχει δύο περιόδους (tiers) εφαρμογής. Σε ποια περίοδο αντιστοιχεί ο εκάστοτε μετασχηματιστής εξαρτάται από την ημέρα που αγοράστηκε.

*Πίνακας 3.1 Μέγιστες απώλειες φορτίου και χωρίς φορτίο για μετασχηματιστές λαδιού με το ένα τύλιγμα να παρουσιάζει τάση  $U_m \leq 24 \text{ kV}$  και το άλλο  $U_m \leq 1,1 \text{ kV}$   
(Commission Regulation (EU) No 548/2014)*

Ον. Ισχύς (kVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)		Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)	
	Μέγιστες απώλειες φορτίου Pk (W)	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο Po (W)	Μέγιστες απώλειες φορτίου Pk (W)	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο Po (W)
≤ 25	Ck (900)	Ao (70)	Ak (600)	Ao – 10 % (63)
50	Ck (1 100)	Ao (90)	Ak (750)	Ao – 10 % (81)
100	Ck (1 750)	Ao (145)	Ak (1 250)	Ao – 10 % (130)
160	Ck (2 350)	Ao (210)	Ak (1 750)	Ao – 10 % (189)
250	Ck (3 250)	Ao (300)	Ak (2 350)	Ao – 10 % (270)
315	Ck (3 900)	Ao (360)	Ak (2 800)	Ao – 10 % (324)
400	Ck (4 600)	Ao (430)	Ak (3 250)	Ao – 10 % (387)
500	Ck (5 500)	Ao (510)	Ak (3 900)	Ao – 10 % (459)
630	Ck (6 500)	Ao (600)	Ak (4 600)	Ao – 10 % (540)

Ον. Ισχύς (kVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)		Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)	
	Μέγιστες απώλειες φορτίου	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο	Μέγιστες απώλειες φορτίου	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο
	P <sub>k</sub> (W)	P <sub>o</sub> (W)	P <sub>k</sub> (W)	P <sub>o</sub> (W)
800	Ck (8 400)	Ao (650)	Ak (6 000)	Ao – 10 % (585)
1 000	Ck (10 500)	Ao (770)	Ak (7 600)	Ao – 10 % (693)
1 250	Bk (11 000)	Ao (950)	Ak (9 500)	Ao – 10 % (855)
1 600	Bk (14 000)	Ao (1 200)	Ak (12 000)	Ao – 10 % (1080)
2 000	Bk (18 000)	Ao (1 450)	Ak (15 000)	Ao – 10 % (1 305)
2 500	Bk (22 000)	Ao (1 750)	Ak (18 500)	Ao – 10 % (1 575)
3 150	Bk (27 500)	Ao (2 200)	Ak (23 000)	Ao – 10 % (1 980)

Πίνακας 3.2 Μέγιστες απώλειες φορτίου και χωρίς φορτίο για μετασχηματιστές ξυρού τύπου με το ένα τύλιγμα να παρουσιάζει τάση  $U_m \leq 24 \text{ kV}$  και το άλλο  $U_m \leq 1,1 \text{ kV}$

(Commission Regulation (EU) No 548/2014)

Ονομαστική ισχύς (kVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)		Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)	
	Μέγιστες απώλειες φορτίου	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο	Μέγιστες απώλειες φορτίου	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο
	P <sub>k</sub> (W)	P <sub>o</sub> (W)	P <sub>k</sub> (W)	P <sub>o</sub> (W)
≤ 50	Bk (1 700)	Ao (200)	Ak (1 500)	Ao – 10 % (180)
100	Bk (2 050)	Ao (280)	Ak (1 800)	Ao – 10 % (252)
160	Bk (2 900)	Ao (400)	Ak (2 600)	Ao – 10 % (360)
250	Bk (3 800)	Ao (520)	Ak (3 400)	Ao – 10 % (468)
400	Bk (5 500)	Ao (750)	Ak (4 500)	Ao – 10 % (675)
630	Bk (7 600)	Ao (1 100)	Ak (7 100)	Ao – 10 % (990)
800	Ak (8 000)	Ao (1 300)	Ak (8 000)	Ao – 10 % (1 170)
1 000	Ak (9 000)	Ao (1 550)	Ak (9 000)	Ao – 10 % (1 395)
1 250	Ak (11 000)	Ao (1 800)	Ak (11 000)	Ao – 10 % (1 620)
1 600	Ak (13 000)	Ao (2 200)	Ak (13 000)	Ao – 10 % (1 980)
2 000	Ak (16 000)	Ao (2 600)	Ak (16 000)	Ao – 10 % (2 340)
2 500	Ak (19 000)	Ao (3 100)	Ak (19 000)	Ao – 10 % (2 790)
3 150	Ak (22 000)	Ao (3 800)	Ak (22 000)	Ao – 10 % (3 420)

Πίνακας 3.3 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές λαδιού μέσης τάσεως (Commission Regulation (EU) No 548/2014)

Ονομαστική Ισχύς (kVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)	Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)
	Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης (%)	
3 150 < Sr ≤ 4 000	99,465	99,532
5 000	99,483	99,548
6 300	99,510	99,571
8 000	99,535	99,593
10 000	99,560	99,615
12 500	99,588	99,640
16 000	99,615	99,663
20 000	99,639	99,684
25 000	99,657	99,700
31 500	99,671	99,712
40 000	99,684	99,724

Πίνακας 3.4 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές ξηρού τύπου μέσης τάσεως (Commission Regulation (EU) No 548/2014)

Ονομαστική Ισχύς (kVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)	Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)
	Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης (%)	
3 150 < Sr ≤ 4 000	99,348	99,382
5 000	99,354	99,387
6 300	99,356	99,389
8 000	99,357	99,390
≥ 10 000	99,357	99,390

Πίνακας 3.5 Μέγιστες απώλειες φορτίου και χωρίς φορτίο για μετασχηματιστές λαδιού μέσης τάσεως για τοποθέτηση σε στύλους (Commission Regulation (EU) No 548/2014)

Όνομαστική Ισχύς (kVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)		Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)	
	Μέγιστες απώλειες φορτίου (W)	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο (W)	Μέγιστες απώλειες φορτίου (W)	Μέγιστες απώλειες χωρίς φορτίο (W)
25	Ck (900)	Ao (70)	Bk (725)	Ao (70)
50	Ck (1 100)	Ao (90)	Bk (875)	Ao (90)
100	Ck (1 750)	Ao (145)	Bk (1 475)	Ao (145)
160	Ck + 32% (3 102)	Co (300)	Ck + 32 % (3 102)	Co – 10 % (270)
200	Ck (2 750)	Co (356)	Bk (2 333)	Bo (310)
250	Ck (3 250)	Co (425)	Bk (2 750)	Bo (360)
315	Ck (3 900)	Co (520)	Bk (3 250)	Bo (440)

Πίνακας 3.6 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές λαδιού υψηλής τάσεως (Commission Regulation (EU) No 548/2014)

Όνομαστική Ισχύς (MVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)	Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)
	Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης (%)	
≤ 4	99,465	99,532
5	99,483	99,548
6,3	99,510	99,571
8	99,535	99,593
10	99,560	99,615
12,5	99,588	99,640
16	99,615	99,663
20	99,639	99,684
25	99,657	99,700

Ονομαστική Ισχύς (MVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)	Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)
	Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης (%)	
31,5	99,671	99,712
40	99,684	99,724
50	99,696	99,734
63	99,709	99,745
80	99,723	99,758
≥ 100	99,737	99,770

Πίνακας 3.7 Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης για μετασχηματιστές υψηλής τάσεως  
ξυρού τύπου (Commission Regulation (EU) No 548/2014)

Ονομαστική Ισχύς (MVA)	Περίοδος 1 (από 1η Ιουλίου 2015)	Περίοδος 2 (από 1η Ιουλίου 2021)
	Ελάχιστος Υψηλότερος Δείκτης Απόδοσης (%)	
≤ 4	99,158	99,225
5	99,200	99,265
6,3	99,242	99,303
8	99,298	99,356
10	99,330	99,385
12,5	99,370	99,422
16	99,416	99,464
20	99,468	99,513
25	99,521	99,564
31,5	99,551	99,592
40	99,567	99,607
50	99,585	99,623
≥ 63	99,590	99,626

## Παράρτημα II – Annex II

Το παρόν παράρτημα αναφέρεται στους τρόπους μέτρησης των απωλειών και στον τρόπο υπολογισμού του Υψηλότερου Δείκτη Απόδοσης (Peak Efficiency Index, PEI). Οι μετρήσεις των απωλειών θα γίνονται βάσει των πλέον εγκεκριμένων μεθόδων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ ο Δείκτης θα υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$PEI = 1 - \frac{2(P_0 + P_{c0})}{S_r \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}}}$$

Όπου:

**P<sub>0</sub>** είναι η μετρούμενη απώλεια στη λειτουργία χωρίς φορτίο σε ονομαστικό ρεύμα και ονομαστική συχνότητα στη θερμότητα αναφοράς

**P<sub>c0</sub>** είναι η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα ψύξης στη λειτουργία χωρίς φορτίο

**P<sub>k</sub>** είναι η μετρούμενη απώλεια στη λειτουργία με πλήρες φορτίο σε ονομαστικό ρεύμα και ονομαστική συχνότητα στη θερμότητα αναφοράς

**S<sub>r</sub>** είναι η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή ή αυτομετασχηματιστή στο οποίο βασίζεται στο P<sub>k</sub>

### Παράρτημα III – Annex III

Το παρόν παράρτημα αναφέρεται και δίνει τα επιτρεπτά όρια στη διαδικασία επαλήθευσης και αξιολόγησης των απωλειών ενός μετασχηματιστή (με φορτίο, χωρίς φορτίο και σύστημα ψύξης). Οποτε θα γίνεται έρευνα αξιολόγησης σύμφωνα με το Άρθρο 3 Παράγραφος 2 της Οδηγίας 2009/125/EC, θα πρέπει να τηρούνται όλες οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στο Παράρτημα I του παρόντα κανόνα. Συγκεκριμένα:

- Οι υπεύθυνοι των κρατών-μελών θα εξετάζουν μία μονάδα από κάθε μοντέλο.
- Οι επιδόσεις του μοντέλου θα πρέπει να βρίσκονται στα όρια που αναγράφονται στο Παράρτημα I, ή μέσα στα ποσοστά ανοχής που αναγράφονται στο παρόν Παράρτημα.
- Εάν το μοντέλο δεν τηρεί τις παραπάνω προϋποθέσεις, οι υπεύθυνοι θα πρέπει να το αναφέρουν στους υπεύθυνους άλλων κρατών-μελών και στην επιτροπή του προγράμματος το πολύ σε έναν μήνα από την μέτρηση και την παρατήρηση.

Οι παράμετροι ανοχής αναφέρουν ότι υπάρχει περιθώριο +5% των αναγραφόμενων επιτρεπτών απωλειών για τη λειτουργία χωρίς φορτίο, τη λειτουργία με φορτίο και το σύστημα ψύξης.

### Παράρτημα IV – Annex IV

Σύμφωνα με τις μελέτες προετοιμασίες, κατά τη σύνταξη του παρόντα κανόνα, η καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία για τους σχετικούς μετασχηματιστές είναι η παρακάτω (Με βάση τους συμβολισμούς Ak και Ao που βρίσκονται στους πίνακες):

- ❖ Μετασχηματιστές λαδιού μέσης τάσεως: Ak -20%, Ao -20%
- ❖ Μετασχηματιστές μέσης τάσεως ξυρού τύπου: Ak -20%. Ao -20%
- ❖ Μετασχηματιστές με πυρήνα άμορφου σιδήρου: Ak -50%, Ao-50%

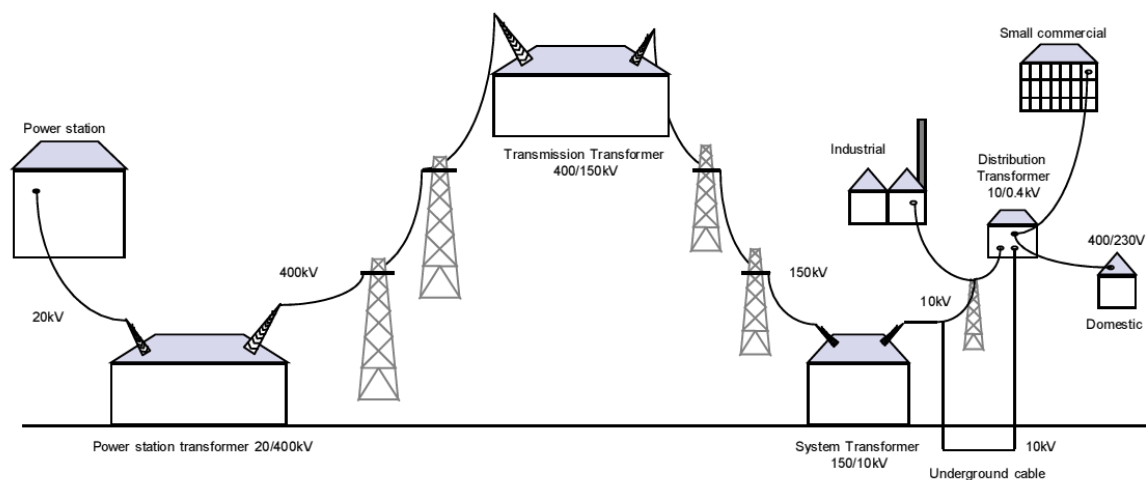
Ο σκοπός των συμβολισμών Ak και Ao είναι να υπάρχουν διαφορετικά κριτήρια προς τους πυρήνες από άμορφο σίδηρο και τους συμβατικούς, λόγω του εύρους των απωλειών.

## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΥΤΟΥ”

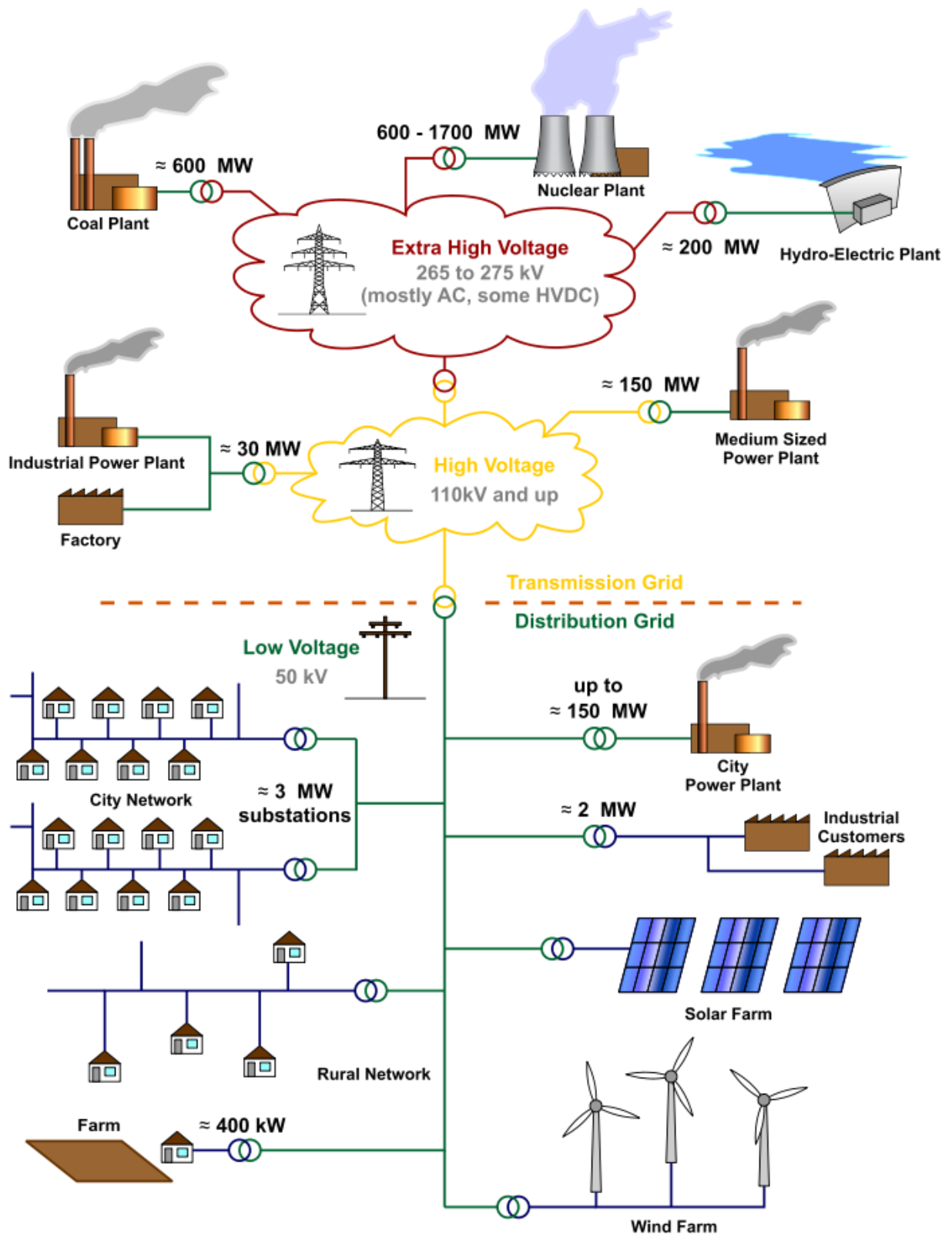
#### 4.1 Το Σύγχρονο Σύστημα Διανομής Ενέργειας

Προκειμένου να γίνει επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η κατανόηση του συστήματος διανομής ενέργειας θα πρέπει αρχικά να γίνει μια επί μέρους κατηγοριοποίηση των στοιχείων που το αποτελούν. Επί των πλείστων, ένα τυπικό ηλεκτρικό δίκτυο δεν απέχει πολύ από το απλούστερο ηλεκτρικό κύκλωμα: Έχει πηγή, έναν φορέα που μεταφέρει το ρεύμα, και κατανάλωση. Το ηλεκτρικό ρεύμα παράγεται τυπικά στα 20 kV στις μονάδες παραγωγής ενέργειας. Μετά περνάει στο δίκτυο μεταφοράς ενέργειας, αφού οι μετασχηματιστές μεταφοράς ανυψώσουν την τάση σε 110-275 kV. Ο στόχος είναι να καλυφθεί όσο μεγαλύτερη απόσταση γίνεται με υψηλή τάση, καθώς αποδεδειγμένα οι απώλειες είναι λιγότερες. Όταν το ρεύμα φθάνει στο δίκτυο διανομής, υποβιβάζεται σε 10-50 kV πριν μεταφερθεί σε έτερους μετασχηματιστές διανομής που θα το υποβιβάσουν σε 400/220 V για χρήση σε οικίες, ή 5-10 kV για χρήση από ορισμένα εργοστάσια ή άλλους παράγοντες που χρήζουν μεγαλύτερης τάσης (Moutafis, K. 2007).



Εικόνα 4.1 Τυπικό ευρωπαϊκό δίκτυο (Moutafis, K. 2007)





Εικόνα 4.2 Δίκτυο μεταφοράς και διανομής ενέργειας.  
(Αρχική εικόνα από Stefan Riepl, σχέδιο από Leon)

## 4.2 Ευρωπαϊκό και Ελληνικό Δίκτυο

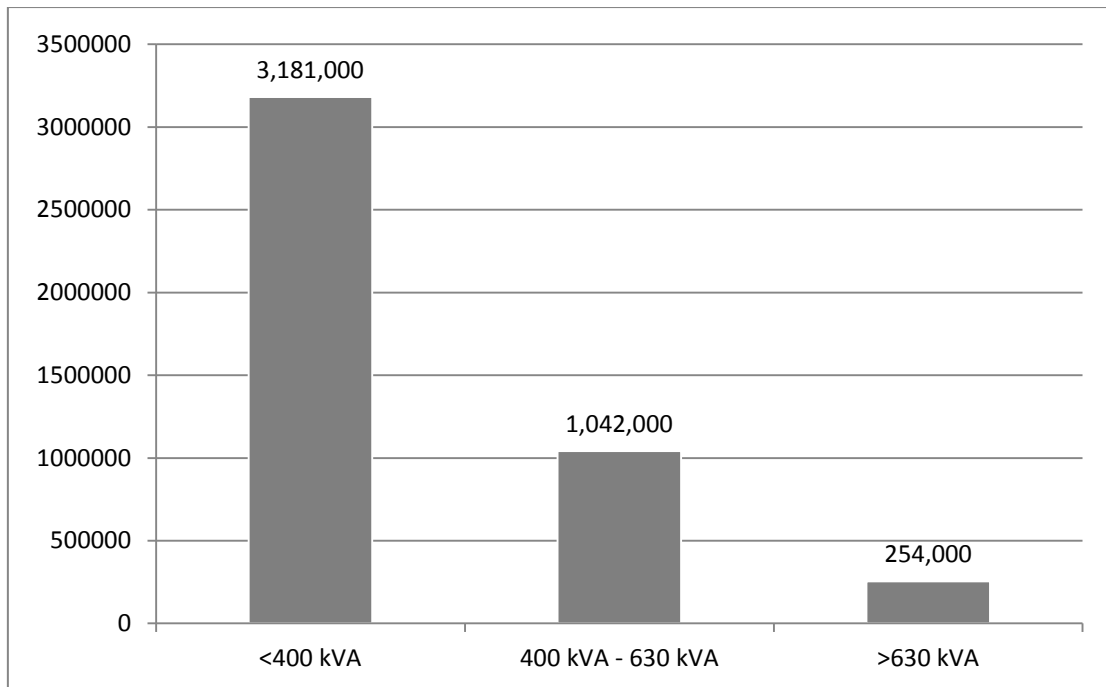
Σύμφωνα με ευρωπαϊκές μελέτες προετοιμασίας (Van Tichelen et al. 2011), επί του παρόντος πάνω από 140.000 μονάδες μετασχηματιστών εγκαθίστανται στην Ευρώπη ετησίως. Με την επέκταση του ενεργειακού δικτύου, οι εν λόγω ετήσιες εγκαταστάσεις αναμένονται να υπερβούν τις 170.000 μονάδες μέχρι το έτος 2020. Σήμερα, περισσότεροι από 4.700.000 μετασχηματιστές διανομής είναι εγκατεστημένοι στην Ευρώπη (SEED 2009) και περίπου 150.000 μονάδες σε μια χώρα όπως η Ελλάδα (Psomopoulos et al. 2014). Μόνο το 3,7% του ποσού αυτού αντανakλά μετασχηματιστές ξηρού τύπου, που χρησιμοποιούνται κυρίως από βιομηχανικά δίκτυα, παροχές σε παλαιά κτίσματα, σε σημεία όπου υπάρχει άμεσος κίνδυνος για πυρκαγιά και σε μέρη όπου υπάρχει περιορισμός χώρου. Δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου μετασχηματιστές ξηρού τύπου που χρησιμοποιείται από τις ηλεκτρικές εταιρείες, ως εκ τούτου, η οικολογική τους σχεδίαση δεν καλύπτεται στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Τα περισσότερα ηλεκτρικά δίκτυα κυριαρχούνται από μετασχηματιστές με λιγότερο από 630 kVA ονομαστική ισχύ. Η συντριπτική πλειοψηφία, αριθμητικά, των μετασχηματιστών στην Ελλάδα είναι από 50 kVA έως 250 kVA ονομαστική ισχύ.

Μια εκτίμηση για τους εγκατεστημένους μετασχηματιστές διανομής στη Δυτική Ευρώπη, ανάλογα με το είδος και την ιδιοκτησία είναι η παρακάτω:

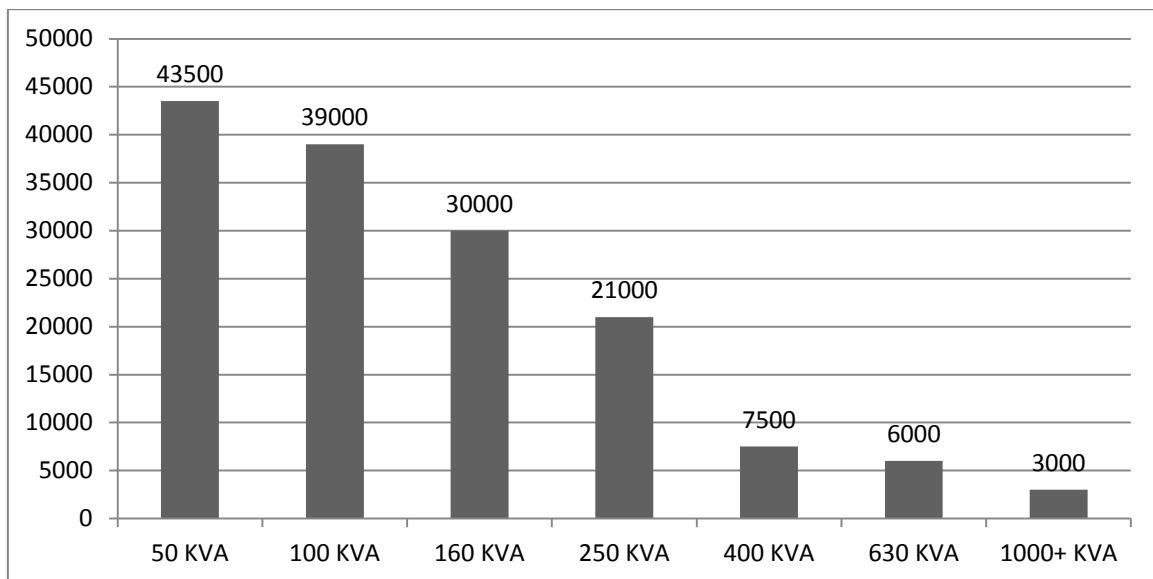
*Πίνακας 4.1 Πληθυσμός ευρωπαϊκών μετασχηματιστών ανά τύπο και ονομαστική ισχύς (SEED 2009)*

Ιδιοκτήτης	Λαδιού < 250 kVA	Λαδιού > 250 kVA	Ξηρού τύπου	Σύνολο
Δημόσιοι	1.900.000	1.100.000	---	3.000.000
Εμπορικοί	50.000	150.000	300.000	500.000
Βιομηχανικοί	50.000	350.000	100.000	500.000
Σύνολο	2.000.000	1.600.000	400.000	4.000.000

Σε γενικές γραμμές, περίπου 30-100 οικίες εξυπηρετούνται από κάθε μετασχηματιστή στις αστικές περιοχές, με ακραίες περιπτώσεις να φθάνουν πολύ περισσότερες οικίες ανα μετασχηματιστή (Watson et al. 2014).



Εικόνα 4.3 Πληθυσμός ευρωπαϊκών μετασχηματιστών ανά ονομαστική ισχύ σε διάγραμμα



Εικόνα 4.4 Πληθυσμός ελληνικών μετασχηματιστών ανά ονομαστική ισχύ σε διάγραμμα

Οι μετασχηματιστές ισχύος που ανήκουν στις δημόσιες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας αποτελούν τα 3/4 των συνολικά εγκαταστημένων μετασχηματιστών. Ο εμπορικός τομέας περιλαμβάνει γραφεία, μαγαζιά, δημόσια κτίρια, όπως τα γραφεία του κράτους, νοσοκομεία, και σχολεία. Πολλοί από τους μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται σε αυτόν τον τομέα είναι ξηρού τύπου, αφού συνήθως βρίσκονται μέσα σε κτίρια και πρέπει να υπακούν στους εθνικούς κανονισμούς της κάθε χώρας για τη δόμηση.

### 4.3 Απώλειες Δικτύου

Οι απώλειες στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως εκτιμάται ότι φτάνουν στις 1.279 TWh, ή στο 9,2% της χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας (SEED 2009). Ενώ ένα επίπεδο απωλειών είναι αναπόφευκτο, και το πεδίο των διακυμάνσεων που μπορεί να εμφανιστεί μπορεί να φτάσει από κάτι λιγότερο του 4% μέχρι και περισσότερο του 20%. Αυτή η διακύμανση δεν μπορεί να εξηγηθεί μόνο από το μέγεθος μιας χώρας, ή από το μέγεθος του ηλεκτρικού συστήματος, ή από τον πληθυσμό. Υπάρχει σταθερή μείωση των απωλειών τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά το περιθώριο περαιτέρω βελτίωσης είναι μεγάλο.

Χώρα	Χρησιμοποιούμενη ηλ. Ενέργεια (TWh)	Απώλειες Δικτύου (TWh)	Απώλειες Δικτύου (%)
Ευρώπη	3046	222	7,3
Δυτική Ευρώπη	2540	185	7,3
Πρώην Σοβιετική Ένωση	1135	133	11,7
Βόρεια Αμερική	4293	305	7,1
Λατινική Αμερική	721	131	18,6
Βραζιλία	336	61	18,3
Ασία	3913	381	9,7
Ιαπωνία	964	98	9,1
Αυστραλία / Νέα Ζηλανδία	219	21	9,5
Κίνα	1312	94	7,2
Ινδία	497	133	26,7
Αφρική	826	83	10
Σύνολο	13934	1279	9,2

Πίνακας 4.2 Απώλειες δικτύου ανά περιοχή (Moutafis 2007)

Ένα μεγάλο μέρος των απωλειών αυτό θεωρείται αναπόφευκτο, καθώς η βασική του αιτία είναι ενέργεια χαμένη στα καλώδια κατά τη μεταφορά. Το ¼ όμως των απωλειών οφείλεται στους μετασχηματιστές διανομής (SEED 2009).

<b>Χώρα</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Φιλανδία	6,2	4,8	3,6	3,7
Ολλανδία	4,7	4,2	4,2	4,2
Βέλγιο	6,5	6,0	5,5	4,8
Γερμανία	5,3	5,2	5,0	5,1
Ιταλία	10,4	7,5	7,1	7,0
Δανία	9,3	8,8	5,9	7,1
Ηνωμένες Πολιτείες	10,5	10,5	7,1	7,1
Ελβετία	9,1	7,0	7,5	7,4
Γαλλία	6,9	9,0	8,0	7,8
Αυστρία	7,9	6,9	7,9	7,8
Σουηδία	9,8	7,6	8,4	9,1
Αυστραλία	11,6	8,4	9,2	9,1
Ηνωμένο Βασίλειο	9,2	8,9	9,2	9,4
Πορτογαλία	13,3	9,8	10,0	9,4
Νορβηγία	9,5	7,1	8,2	9,8
Ιρλανδία	12,8	10,9	9,6	9,9
Καναδάς	10,6	8,2	9,2	9,9
Ισπανία	11,1	11,1	11,2	10,6
Νέα Ζηλανδία	14,4	13,3	13,1	11,5
<b>Μ.Ο.</b>	<b>9,5</b>	<b>9,1</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>
<b>Ευρωπαϊκή Ένωση</b>	<b>7,9</b>	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>

Πίνακας 4.3 Ποσοστιαίες απώλειες δικτύου σε συγκεκριμένες χώρες (Moutafis, 2007)

#### 4.4 Η Θέση των Μετασχηματιστών Διανομής

Οι μετασχηματιστές μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια από μια τάση σε μια άλλη. Αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Μετά την παραγωγή στους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς, η ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να μεταφερθεί στις περιοχές όπου καταναλώνεται. Αυτή η μεταφορά είναι πιο αποδοτική στις υψηλότερες τάσεις, και για αυτόν το λόγο η ενέργεια που παράγεται στα 10 – 30 kV

μετατρέπεται μέσω μετασχηματιστών στις τυπικές τάσεις των 220 – 400 kV, ή ακόμα υψηλότερες.

Εφόσον η πλειοψηφία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων λειτουργούν στις χαμηλότερες τάσεις, η υψηλή τάση χρειάζεται να μετατραπεί κοντά στο σημείο της χρήσης. Το πρώτο βήμα υποβιβασμού της τάσης είναι η μετατροπή στα 33 – 150 kV. Αυτή είναι συχνά η τάση στην οποία η ενέργεια παρέχεται στους μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ηλεκτρική ενέργεια περνάει από διάφορα στάδια πριν καταναλωθεί. Ένας μεγάλος αριθμός μετασχηματιστών διαφορετικών κατηγοριών και μεγεθών απαιτούνται στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής, με ένα ευρύ φάσμα τάσεων λειτουργίας. Οι μεγάλοι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται για τις υψηλές τάσεις ονομάζονται μετασχηματιστές συστήματος (system transformers), ενώ η τελική μετατροπή στη βασική τάση των καταναλωτών γίνεται διαμέσου των μετασχηματιστών διανομής (distribution transformers).

Υπάρχουν μερικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετασχηματιστών διανομής στα τοπικά, δημόσια δίκτυα διανομής, σε σύγκριση με τα βιομηχανικά δίκτυα:

- Οι βιομηχανικοί μετασχηματιστές διανομής έχουν υψηλότερη εγκατεστημένη ισχύ (1000 – 4000 kVA), ενώ οι δημόσιοι είναι γενικά μεταξύ των 15 και 1000 kVA.
- Γενικά, η μέση φόρτιση ενός βιομηχανικού μετασχηματιστή διανομής είναι υψηλότερη από ότι ενός μετασχηματιστή διανομής του δημόσιου δικτύου.
- Στη βιομηχανία, οι μετασχηματιστές ξηρού τύπου είναι πολύ πιο συνηθισμένοι από ότι στα δημόσια δίκτυα διανομής.
- Στη βιομηχανία, έχουμε συχνά υψηλά επίπεδα αρμονικών.
- Ο πληθυσμός των μετασχηματιστών στην βιομηχανία είναι νεότερος.
- Οι διακυμάνσεις φορτίου είναι μικρότερες στους βιομηχανικούς μετασχηματιστές.

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ”

#### 5.1 Πτυχές Οικολογικής Σχεδίασης

Προκειμένου να υπάρξει σφαιρική κατανόηση του αντικειμένου της οικολογικής σχεδίασης των μετασχηματιστών διανομής, θα πρέπει να υπολογιστεί το σύνολο των παραγόντων που την επηρεάζουν. Η ροή της αγοράς αφορά άμεσα τη ζήτηση, η οποία αυτόματα καθορίζει το ρυθμό παραγωγής και, μέσω των οικολογικών προϋποθέσεων, την ανάγκη για τεχνολογική εξέλιξη. Και μελετώντας τις απώλειες και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά τη λειτουργία, μπορούμε να δούμε τι χρειάζεται να αντιμετωπιστεί οπότε να φτάσουμε στο αναγκαίο βιώσιμο αποτέλεσμα.

##### 5.1.1 Δεδομένα από την Αγορά

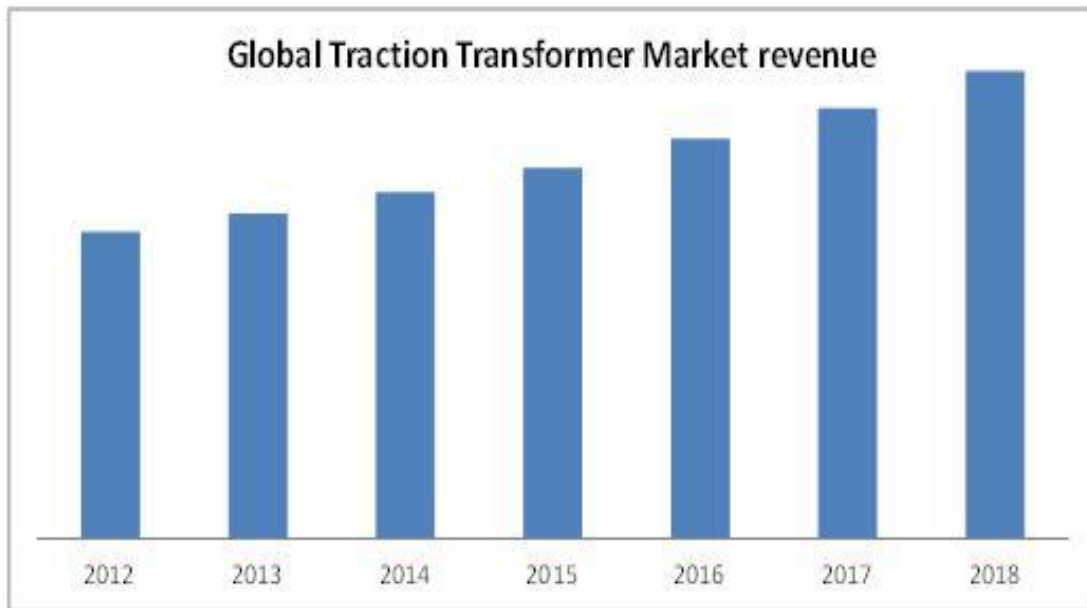
Οι βασικοί ευρωπαϊκοί φορείς του κλάδου των μετασχηματιστών διανομής και της μεταφοράς ενέργειας είναι μεγάλες διεθνείς ομάδες όπως η ABB, η Siemens, η Areva, η Schneider Electric, και ορισμένες μεγάλες / μεσαίες επιχειρήσεις, όπως Cotradis, EFACEC, Pauwels, SGB / Smit και Transfix. Κατασκευαστές μετασχηματιστών εκτός χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιλαμβάνουν τις GE, Hitachi (Ιαπωνία) και Vijai (Ινδία). Οι βασικοί προμηθευτές για χαρτί, σύρματα περιέλιξης και ηλεκτρικό ασάλι είναι ένα πλήθος από ευρωπαϊκές και μη ευρωπαϊκές εταιρείες.. Για ηλεκτρικό σίδηρο με κόκκους (Grain oriented electrical steel) υπάρχουν 4 προμηθευτές στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ThyssenKrupp Electrical Steel, Orb Electrical Steel, ArcelorMittal Frydek Mistek, Stalprodukt) και 8 παραγωγοί εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (NLMK / Ρωσία, η Nippon Steel / Ιαπωνία, JFE / Ιαπωνία, AK Steel / ΗΠΑ, ATI / ΗΠΑ, Baosteel / CHN, Wisco / CHN, Anshan / CHN, Posco / Νότια Κορέα), ArcelorMittal Inox / Βραζιλία) (Grand View Research Inc. 2014).

Ο πληθυσμός των μετασχηματιστών διανομής στην Ευρώπη είναι περίπου 4,5 εκατομμύρια μονάδες όπου τα 3,6 εκατομμύρια των μονάδων αυτών ανήκουν σε εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά μέσο όρο, τα τελευταία χρόνια, περίπου 137.000 μετασχηματιστές διανομής (Μέσης και υψηλής τάσεως) πωλούνται ετησίως στην Ευρώπη.

Μαζί με τους μικρότερους μετασχηματιστές κάτω των 25 kVA ονομαστικής ισχύος και αυτούς που υπερβαίνουν τα 20MVA, ο αριθμός των μετασχηματιστών που πωλούνται στην Ευρώπη ετησίως υπερβαίνει το όριο των 200.000 τεμαχίων που ορίζει η Οδηγία Ecodesign. Όπως έχει προαναφερθεί, σχεδόν όλοι οι μετασχηματιστές διανομής τάσης μέσης και χαμηλής ονομαστικής τάσεως είναι λαδιού. Στη βιομηχανία, περίπου το 80% των μετασχηματιστών είναι λαδιού. Συνυπολογίζεται ότι ένας οικολογικά σχεδιασμένος μετασχηματιστής θα επιστρέψει την αξία αγοράς του μετά από μερικά χρόνια λειτουργίας (Amoiralis et al. 2007).

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες από τη Grand View Research Inc (Grand View Research Inc. 2014), η εκτεταμένη αύξηση στην ενεργειακή ζήτηση πρόκειται να αποδειχθεί επιζήμια για την βιομηχανία των μετασχηματιστών διανομής. Οι παγκόσμιες αποστολές μετασχηματιστών ισχύος υπολογίζονται περίπου στις 11.352 μονάδες το 2013 και αναμένεται να φθάσουν 16.994 μονάδες το 2020, αυξάνοντας το σύνθετο ετήσιο ποσοστό αύξησης (Compound Annual Growth Rate, CAGR) κατά 5,9% από το 2014 έως το 2020. Αυτό πρόκειται να αυξήσει πρακτικά το μέγεθος της αγοράς από 18,55 δισεκατομμύρια δολάρια σε 28,22 δισεκατομμύρια δολάρια (USD) μέσα σε μόλις έξι χρόνια. Δεδομένου ότι αποτελούν μεγάλο ποσοστό των μετασχηματιστών ισχύος στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, παράλληλη αύξηση μπορεί να προβλέπεται και για τους μετασχηματιστές διανομής. Παράλληλη ανάπτυξη αναμένεται στον τομέα των κατασκευών υλικών για τους μετασχηματιστές διανομής, όπως το ορυκτέλαιο που χρησιμοποιείται για τη μόνωση. Η παγκόσμια αγορά ορυκτέλαιου για μετασχηματιστές αναμένεται να αυξηθεί από 1,76 δισεκατομμύρια δολάρια το 2013 σε 2,73 δισεκατομμύρια δολάρια το 2018, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 9,21%. Το συμβατικό ορυκτέλαιο για μόνωση μετασχηματιστών αναμένεται να λάβει ένα σημαντικό μερίδιο σε σύγκριση με σιλικονούχα και βιοδιασπώμενα έλαια μετασχηματιστών για τα επόμενα πέντε (MarketsandMarkets 2013) έτη.





*Εικόνα 5.1 Ετήσια εισροή αγοράς μετασχηματιστών  
(από [marketsandmarkets.com](http://marketsandmarkets.com))*

### **5.1.2 Απώλειες Μετασχηματιστών Διανομής**

Οι μετασχηματιστές διανομής και οι μετασχηματιστές σε γενικές γραμμές δεν αποτελούνται από κινούμενα μέρη, προσθέτοντας στο δυναμικό της αποτελεσματικότητάς τους. Δεδομένου ότι οι απώλειες του μετασχηματιστή διαφέρει ανάλογα με το φορτίο, είναι συχνά χρήσιμο να εκφράσει αυτές τις απώλειες σε όρους απώλειας χωρίς φορτίο, απώλειες πλήρες φορτίου, απώλειες μισού φορτίου, και ούτω καθεξής. Απώλειες από υστέρηση και δινορεύματα είναι σταθερές σε όλα τα επίπεδα φορτίου και κυριαρχούν συντριπτικά στη λειτουργία χωρίς φορτίο, ενώ οι μεταβλητές θερμικές απώλειες joule στα τυλίγματα κυριαρχούν όλο και περισσότερο όσο αυξάνεται το φορτίο. Η απώλειες σε λειτουργία χωρίς φορτίο μπορεί να είναι σημαντικές, έτσι ώστε ακόμη και ένας αδρανείς μετασχηματιστής αποτελεί μια διαρροή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Οι απώλειες μπορούν γενικά να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες (Belmans et al. 2005):

#### *5.1.2.1 Απώλειες Χωρίς Φορτίο (Σιδήρου)*

Ένας αφόρτιστος μετασχηματιστής υπό τάση έχει απώλειες. Το ρεύμα μαγνήτισης απαιτείται για να λειτουργεί ο πυρήνας του μετασχηματιστή στην σωστή συχνότητα του

συστήματος (50Hz). Για να επιτυγχάνεται αυτό καταναλώνεται ενέργεια. Αυτές οι απώλειες είναι γνωστές ως απώλειες πυρήνα, απώλειες κενού φορτίου ή απώλειες σιδήρου. Οι απώλειες πυρήνα εμφανίζονται όταν ο μετασχηματιστής είναι σε λειτουργία. Κατά συνέπεια αντιπροσωπεύουν μια σταθερή και επομένως σημαντική απώλεια ενέργειας για το ηλεκτρικό σύστημα. Επιπλέον, οι εναλλασσόμενες ροές στον πυρήνα παράγουν επίσης εναλλασσόμενες δυνάμεις στον πυρήνα, και ως εκ τούτου θόρυβο.

Οι απώλειες πυρήνα οφείλονται στις απώλειες υστέρησης και στις απώλειες δινορευμάτων. Οι απώλειες υστέρησης είναι ανάλογες της συχνότητας και αποδεικνύεται ότι το εμβαδόν του βρόχου υστερήσεως, είναι η ισχύς που χάνεται ανά μονάδα όγκου του υλικού του πυρήνα. Οι απώλειες δινορευμάτων εξαρτώνται από το τετράγωνο της συχνότητας, το τετράγωνο του πάχους του υλικού και από την ειδική αντίσταση.

Η ελαχιστοποίηση των απωλειών υστέρησης, μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εφαρμογής ενός υλικού που να έχει ελάχιστο εμβαδόν βρόχου υστερήσεως, ενώ η ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω δινορευμάτων επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας ενός πυρήνα από λεπτά ελάσματα υψηλής ειδικής αντίστασης. Εκτός από την σωστή επιλογή του υλικού του πυρήνα, ο τρόπος με τον οποίο ο πυρήνας του μετασχηματιστή διανομής σχεδιάζεται, κόβεται, κατασκευάζεται και συναρμολογείται, παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή αποδοτικότητα του. Αυξάνοντας το μέγεθος του πυρήνα μειώνεται η πυκνότητα του μαγνητικού πεδίου, και κατ' αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η αποδοτικότητα.

Η χρήση άμορφου σιδήρου αξίζει ειδικής αναφοράς. Οι μετασχηματιστές διανομής που χρησιμοποιούν άμορφο σίδηρο σαν υλικό για τον πυρήνα μπορούν να έχουν έως και 70% χαμηλότερες απώλειες κενού φορτίου σε σχέση με τους συμβατικούς, και πετυχαίνουν απόδοση έως και 99.7% για τις μονάδες των 1000 kVA (Vaishya et al. 2013).

#### 5.1.2.2 Απώλειες Πλήρες Φορτίου (Χαλκού)

Οι απώλειες φορτίου των μετασχηματιστών, είναι το μέρος εκείνο των απωλειών που παράγονται από το ρεύμα του φορτίου και μεταβάλλονται με το τετράγωνο του ρεύματος αυτού. Χωρίζονται σε 3 κατηγορίες :

- Απώλειες αντίστασης στα τυλίγματα των αγωγών.
- Απώλειες δινορευμάτων στα τυλίγματα των αγωγών.
- Απώλειες δινορευμάτων στα δομικά μέρη του μετασχηματιστή (δοχείο, τοιχώματα κ.τ.λ.)

Οι δύο τελευταίες κατηγορίες είναι γνωστές και ως 'επιπρόσθετες απώλειες' (extra losses).

Οι απώλειες αντίστασης ακολουθούν το νόμο του Ohm και μπορούν να μειωθούν μειώνοντας τον αριθμό των περιστροφών των τυλιγμάτων, αυξάνοντας την διατομή της κάθε περιέλιξης αυτών, ή με συνδυασμό και των δύο.

Τα δινορεύματα προκαλούνται από το γεγονός ότι δεν συνδέεται όλη η ροή που παράγεται από το ένα τύλιγμα με το άλλο τύλιγμα. Αυτή η ανεπιθύμητη διαρροή προκαλεί την τάση βραχυκύκλωσης του μετασχηματιστή. Στο παρελθόν, θεωρείτο ατέλεια προερχόμενη από την αναπόφευκτη διαρροή. Σήμερα, είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τον σχεδιαστή του συστήματος, έτσι ώστε να καθορίσει τα επίπεδα σφάλματος του συστήματος, και να επιτύχει το οικονομικότερο αποτέλεσμα για το συνδεδεμένο φορτίο.

Η πορεία των δινορευμάτων στα τυλίγματα είναι σύνθετη. Το μέγεθος της ανεπιθύμητης διαρροής εξαρτάται από τη γεωμετρία και την κατασκευή του μετασχηματιστή. Το φαινόμενο την ανεπιθύμητης διαρροής στα τυλίγματα του μετασχηματιστή έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη ακατάπαυστων ακτινικών και αξονικών μεταβολών της ροής σε όλο τον χώρο που διατίθεται. Αυτές προκαλούν τάσεις που οδηγούν το ρεύμα να ρέει κάθετα στις ροές και αυτό οδηγεί σε απώλειες. Το μέγεθος των ρευμάτων αυτών μπορεί να μειωθεί αυξάνοντας την αντίσταση του μονοπατιού διαμέσου του οποίου αυτά ρέουν, και αυτό μπορεί να επιτευχθεί μειώνοντας το συνολικό εμβαδόν διατομής των τυλιγμάτων, ή υποδιαιρώντας τον αγωγό σε μικρότερους, οι οποίοι θα έχουν επιφανειακή μόνωση, ώστε να μην επικοινωνούν αγωγή μεταξύ τους (κατά τον ίδιο τρόπο που επιτυγχάνεται η μείωση των απωλειών από δινορεύματα στον πυρήνα, μέσω της δημιουργίας ενός πυρήνα από λεπτά ελάσματα υψηλής ειδικής αντίστασης).

Πάντως, μια αύξηση της διατομής των τυλιγμάτων του αγωγού, θα αύξανε και τις απώλειες αντίστασης. Ενώ, αντίθετα, μια μείωση της διατομής αυτής, θα οδηγούσε σε αύξηση των απωλειών λόγω δινορευμάτων. Έτσι, πιο σωστή μέθοδος φαίνεται να είναι αυτή με τους πολλούς λεπτούς αγωγούς τυλιγμένους παράλληλα. Όμως, κάτι τέτοιο κοστίζει, και ο κατασκευαστής θα ήθελε να περιορίσει τον αριθμό των αγωγών αυτών. Επίσης, η επιπρόσθετη μόνωση που είναι απαραίτητη, προκαλεί πρόβλημα χώρου. Είναι προφανές ότι για έναν μετασχηματιστή με χαμηλές απώλειες αντίστασης, τα δινορεύματα είναι μικρότερο πρόβλημα από ότι ένας μετασχηματιστής με υψηλές απώλειες αντίστασης.

Πολύ μεγάλες ροές ρευμάτων (>1000 A) που παράγονται στις κεντρικές αντιστάσεις μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση των απωλειών δινορευμάτων στο δοχείο πλάι σε αυτές. Λόγω της ανεπιθύμητης διαρροής, υπάρχουν επίσης απώλειες δινορευμάτων στα δοχεία και στα τοιχώματα.

### 5.1.2.3 Απώλειες Συστήματος Ψύξης

Εμφανίζεται μόνο σε μετασχηματιστές με τα συστήματα ψύξης, και προκαλείται από την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος αυτού. Όσο μεγαλύτερες είναι οι άλλες απώλειες, τόσο περισσότερο χρειάζεται ψύξη και τόσο υψηλότερη είναι η απώλεια ψύξης. Η αντιμετώπιση ποικίλει, και μπορεί να είναι από απλή χρήση ανεμιστήρων μέχρι και πιο εκλεπτυσμένα συστήματα υγρού αζώτου.

Μια εκτίμηση της συνολικής ετήσιας απώλειας ενέργειας, εναλλακτική από αυτή σε χρήση από τους ελέγχους ποιότητας μέσω της εντολής Ecodesign, μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$$ELoss[kW] = (Po + Pk * i^2) * 8670$$

**Όπου:**

**Po** = Η απώλεια χωρίς φορτίο [σε kW].

**Pk** = Η απώλεια φορτίου [σε kW].

**i** = Η rms του μέσου φορτίου του μετασχηματιστή. Είναι η rms των στιγμιαίων φορτίων, συσσωρευτεί κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Είναι τυπικά περίπου 10% υψηλότερη από το αριθμητικό μέσο του στιγμιαίου φορτίου.

**8760** = ο αριθμός των ωρών σε ένα έτος.

Μείωση των απωλειών αυτών οδηγεί σε αυξημένη απόδοση και περαιτέρω συμμόρφωση με τα πρότυπα Ecodesign.

### 5.1.3 Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα

Ακόμα κι αν οι μετασχηματιστές διανομής (και οι μετασχηματιστές σε γενικές γραμμές) αποτελούν παράδειγμα των πιο αποδοτικών ηλεκτρικών μηχανών σε μια τέτοια κλίμακα της χρήσης, ο μαζικός πληθυσμός και η συνεχή λειτουργία ταξινομεί τους μετασχηματιστές διανομής ως έναν αρκετά δυσμενή παράγοντα στην περιβαλλοντική σταθερότητα.

### 5.1.3.1 Εκπομπές CO<sub>2</sub>

Οι Απώλειες κενού φορτίου ή πυρήνα είναι η κύρια αιτία των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε μετασχηματιστές διανομής (Kefalas and Kladas 2012). Ακόμα κι αν οι μετασχηματιστές, ακόμη και τα παλαιότερα μοντέλα, χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι, εκτός από τις περιόδους συντηρήσεων, ένας μετασχηματιστής μετατρέπει τάση συνεχώς. Περίπου 0,4 κιλά CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται για κάθε κιλοβατώρα που χρησιμοποιείται. Έτσι, ένας μετασχηματιστής 1.600 kVA με ισχύ 2.600 W δημιουργεί 274 τόνους εκπομπών CO<sub>2</sub> σε 30 χρόνια χρήσης. Το εκτιμώμενο παγκόσμιο αποτύπωμα άνθρακα των μετασχηματιστών διανομής είναι περίπου 70 megatonni ετησίως.

### 5.1.3.2 Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB)

Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) χρησιμοποιήθηκαν το 1970 ως διηλεκτρικό και μονωτικό υγρό, λόγω του μη-εύφλεκτου των χαρακτηριστικών τους. Ωστόσο, τα PCB δεν διασπώνται όταν ελευθερώνονται στο περιβάλλον και είναι εξαιρετικά τοξικά όταν καίγονται. Ακόμα κι αν είχαν απαγορευτεί ως συστατικό της μόνωσης των μετασχηματιστή διανομής, πολλοί ενεργοί μετασχηματιστές μέχρι και σήμερα εξακολουθούν να έχουν κατάλοιπα PCB, και ο εν λόγω εξοπλισμός αποτελεί μεγάλη ανησυχία. Εντελώς μετασκευή παλαιών μοντέλων ή απόσυρση τους από την χρήση θα μπορούσε να λειτουργήσει προς την κατεύθυνση επίλυσης, αλλά η διαδικασία θα πρέπει πάντα να είναι σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθεσίες περί PCB (United States Environmental Protection Agency 2014).

## 5.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες

Αυξημένη ανάγκη στην κατανομή και τη διανομή της ενέργειας έχει δικαιολογημένα οδηγήσει σε νέες τεχνολογίες, με στόχο να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα για το μέλλον του εξοπλισμού διανομής. Η σχεδίαση ενεργειακά αποδοτικών μετασχηματιστών για χαμηλότερες απώλειες απαιτεί ένα μεγαλύτερο πυρήνα, καλής ποιότητας χάλυβα πυριτίου, ή ακόμη και άμορφο μέταλλο για τον πυρήνα και πιο χοντρό σύρμα, αυξάνοντας το αρχικό κόστος. Η επιλογή της κατασκευής αντιπροσωπεύει μια προβληματική ανταλλαγή μεταξύ αρχικού κόστους και του κόστους λειτουργίας. Αξιοσημείωτες καινοτομίες στον τομέα περιλαμβάνουν:

### 5.2.1 Πρόταση: Χρήση Άμορφου Μετάλλου

Ο άμορφος σίδηρος είναι ένα κράμα που αποτελείται από 92% σίδηρο, 5% πυρίτιο, και 3% βάριο. Το υλικό αυτό δεν έχει κρυσταλλική δομή και εμφανίζει περίπου 70% χαμηλότερες απώλειες (Carlen et al. 2010) κενού φορτίου σε σχέση με τον πυριτιούχο χάλυβα που συνήθως χρησιμοποιείται για την κατασκευή του πυρήνα. Παράγεται από ταχεία στερεοποίηση (στα 106 K / s, ενώ K συμβολίζει το σταθερό ρυθμό) από τηγμένο κράμα. Το πάχος των ελασμάτων του άμορφου σιδήρου είναι 0,025 mm, δηλαδή 10 φορές λεπτότερα από το τυπικό πάχος των ελασμάτων πυριτιούχου χάλυβα. Η απουσία κρυσταλλικής δομής στο άμορφο μέταλλο επιτρέπει την εύκολη μαγνήτιση του υλικού, που οδηγεί σε μικρότερες απώλειες υστέρησης. Οι απώλειες δινορευμάτων είναι επίσης χαμηλότερες στο άμορφο μέταλλο λόγω ενός συνδυασμού μικρού πάχους και υψηλής ηλεκτρικής αντίστασης τάξης 130 μικρό ohm / cm σε σύγκριση με το 51 μικρό ohm / cm του ηλεκτρικού ατσαλιού με πόρους (Regular Grain Oriented Electrical Steel).

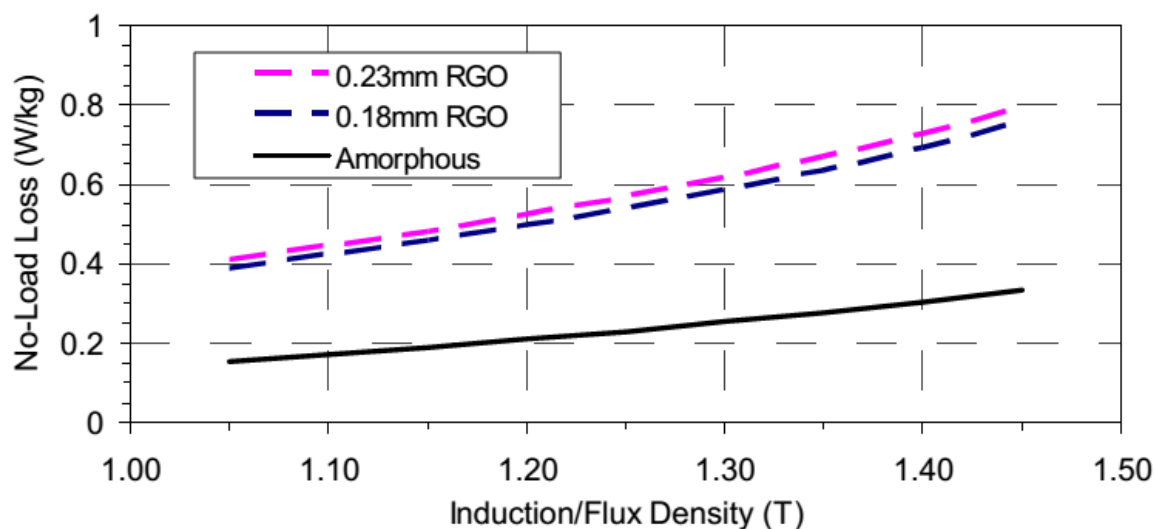
Η απόδοση των μετασχηματιστών διανομής με πυρήνα από άμορφο σίδηρο επιτρέπει την εξοικονόμηση πολύ σημαντικών ποσών ενέργειας. Εάν η χρήση άμορφου σιδήρου συνδυαστεί και με τον βέλτιστο σχεδιασμό των πηνίων, τότε πρακτικά επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση των απωλειών στους μετασχηματιστές διανομής.

Όμως, η παραγωγή πυρήνων άμορφου σιδήρου είναι τεχνολογικά σύνθετη και όπως και στα πολύ λεπτά συμβατικά χαλύβδινα ελάσματα, έτσι και εδώ υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί στις δυνατότητες για μείωση του κόστους παραγωγής. Επίσης, είναι κατάλληλοι στο μέγιστο για περιπτώσεις που είναι σχετικές σπάνιες στην Ευρώπη, όπως:

- Χώρες που έχουν υιοθετήσει την αμερικάνικη και γιαπωνέζικη πρακτική διανομής, με χρήση μικρών μετασχηματιστών διανομής συνδεδεμένους σε μονοφασικές παροχές υψηλής τάσης. Η ελκυστικότητά τους είναι ακόμα μεγαλύτερη για περιπτώσεις όπου η πληθυσμιακή πυκνότητα είναι χαμηλή.
- Όπου το φορτίο των μετασχηματιστών είναι εξαιρετικά χαμηλό. Αυτό μπορεί να συμβεί όπου νέες παροχές ηλεκτρικής ενέργειας παρέχονται για οικιακή χρήση, κυρίως σε αγροτικές περιοχές, όπου η φόρτιση περιορίζεται λόγω του χαμηλού εισοδήματος των καταναλωτών.

Υπάρχουν επίσης σημαντικά εμπόδια τόσο στην Ευρώπη, ειδικά, όσο και σε χώρες παγκοσμίως, όπου έχουν μια ήδη εδραιωμένη ή αναδυόμενη ικανότητα για παραγωγή συμβατικών μετασχηματιστών. Η κατασκευή του πυρήνα άμορφου σιδήρου θα απαιτούσε μια σημαντική επένδυση και μια αναδιάρθρωση της παρούσας βιομηχανίας. Πρέπει να

ληφθεί υπόψη ότι η κατασκευή και η επισκευή μετασχηματιστών διανομής γίνεται σχεδόν σε όλα τα κράτη και αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό τμήμα του ηλεκτρολογικού τομέα της κάθε χώρας, καθώς και της τοπικής απασχόλησης.



Εικόνα 5.2 Απώλειες κενού φορτίου ανά μονάδα μάζας για το άμορφο μέταλλο σε σχέση με 0,18 και 0,23 χιλιοστά πάχος πορώδους ηλεκτρικού ατσάλιου (Carlen et al. 2010)

### 5.2.2 Πρόταση: Χρήση Πορώδους Άμορφου Μετάλλου

Μια πιθανή εναλλακτική λύση στο υψηλό κόστος παραγωγής του άμορφου σιδήρου έχει προταθεί (Mohan and Kumar 2012). Το άμορφο υλικό έχει πολύ λιγότερες απώλειες πυρήνα σε σύγκριση με το πορώδες ηλεκτρικό μέταλλο, για το λόγο αυτό θεωρείται ως ένα καλό υποκατάστατο του. Επί του παρόντος, πολλοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν άμορφο υλικό σε μικρούς και μεσαίου μεγέθους μετασχηματιστές στη θέση του πορώδους ηλεκτρικού μετάλλου. Το κόστος της άμορφο πυρήνα μετασχηματιστή, ωστόσο, είναι σημαντικά υψηλότερο από το κόστος του πυρήνα του μετασχηματιστή με πορώδες ηλεκτρικό μέταλλο. Δυνατότητα υπάρχει να μειωθεί το κόστος του άμορφου πυρήνα μετασχηματιστή διανομής με τη χρήση ενός «πορώδους άμορφου μετάλλου» για υλικό πυρήνα στη θέση του άμορφου πυρήνα. Οι κατασκευαστές του άμορφου πυρήνα μετασχηματιστών διανομής είναι πολύ περιορισμένοι στον κόσμο για δύο λόγους, το ένα είναι το υψηλό κόστος του υλικού και άλλο είναι η τυπική ευθραυστότητα του. Λόγω της ευθραυστότητας του άμορφο πυρήνα μετασχηματιστών οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν τετράγωνη ή ορθογώνια διατομή του πυρήνα. Η χρήση πυρήνα από πορώδες άμορφο μέταλλο θα κοστίσει περίπου το μισό από

όσο ένας από άμορφο, με μια παράλληλη ελαφριά μείωση της αποδοτικότητας. Θα μπορούσε να βοηθήσει την εφαρμογή σε λιγότερο ακριβές αγορές.

	<i>Πυρήνας πορώδους ηλεκτρικού ατσαλιού</i>	<i>Πυρήνας άμορφου μετάλλου</i>	<i>Πυρήνας πορώδους άμορφου μετάλλου</i>
Απώλειες πυρήνα (Watt)	1058	43,1	600,4
Απώλειες χαλκού (Watt)	2862	2913	2913
Απόδοση σε πλήρες φορτίο με συντελεστή ισχύος 0.8	98%	98,5%	98,3%
Κόστος πυρήνα σε ευρώ	497,81	1.102,86	634,19
Κόστος πυρήνα και τυλιγμάτων σε ευρώ	1.938,99	2,580.97	2,112.30

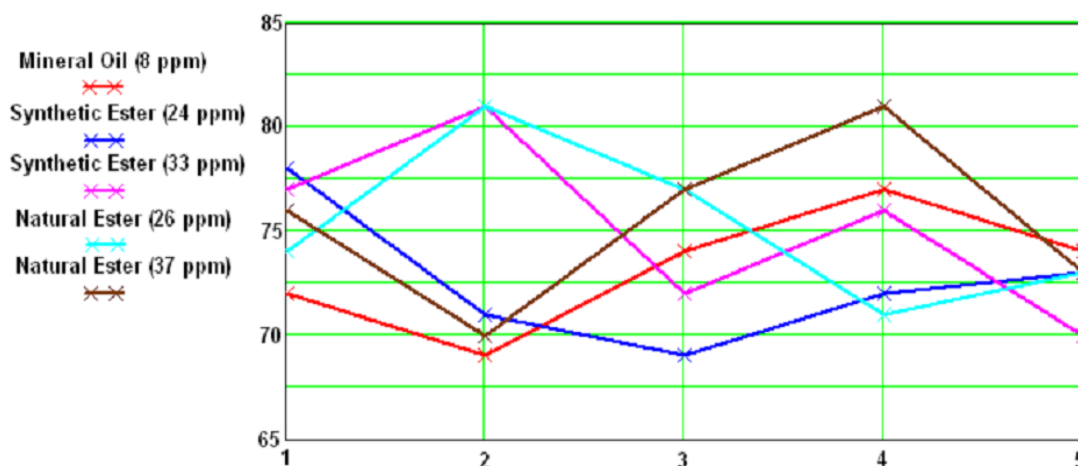
*Πίνακας 5.1 Σύγκριση πιθανού κόστους πυρήνα μετασχηματιστή από πορώδες άμορφο μέταλλο και άλλων παραλλαγών. Αρχικά δεδομένα σε ρουπίες (Mohan and Kumar 2012).*

### 5.2.3 Πρόταση: Χρήση Εστέρα το Πετρελαίου

Δίπλα στις πολλές θετικές πτυχές, όπως η υψηλότερη βιοδιασπασιμότητα, υψηλό σημείο ανάφλεξης και καλές ιδιότητες όσον αφορά την ηλεκτρική ισχύ, οι εστέρες του πετρελαίου έχουν επίσης αρνητικά χαρακτηριστικά, τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και κατά την εκμετάλλευση του μετασχηματιστή με εστέρες ως μόνωση. Οι παράμετροι για το σχεδιασμό σε χρήση με μετασχηματιστή πρέπει να βασίζονται στη γνώση για αυτά τα αρνητικά χαρακτηριστικά. Οι σχεδιαστές θα πρέπει να γνωρίζουν ότι οι εστέρες είναι ευαίσθητοι στην εμφάνιση συμπτυκνωμένης αύξησης θερμότητας, έχουν χειρότερες ιδιότητες ψύξης από ορυκτέλαιο, και μικρότερη αντοχή σε αστραπή. Το τελικό προϊόν - ένας μετασχηματιστής συμπληρωμένος με εστέρα του πετρελαίου - θα είναι στην πραγματικότητα



μια αρκετά ακριβή συσκευή, αλλά λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες οικολογικές τάσεις υπερβαίνει στην αγορά μετασχηματιστών. Η ζήτηση του εστέρα εξακολουθεί να αυξάνεται μέσα στα νέα, φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα, οπότε σε βάθος χρόνου το κόστος θα πέσει λόγω του ανταγωνισμού (Rozga 2013).



Εικόνα 5.3 Τάση διάσπασης για διάφορα μονωτικά λάδια μετά από καταμέτρηση σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60156 (Rozga 2013)

Από πλευράς μονωτικών ιδιοτήτων, η σημαντικότερη παράμετρος είναι πάντα η τάση διάσπασης. Αυτή η τάση, σύμφωνα με τα πρότυπα της IEC (Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή) 60156, καθορίζεται από την εισαγωγή του υγρού δείγματος σε ειδική συσκευή με μεταλλικά ηλεκτρόδια δημιουργώντας την ομοιόμορφη κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου και, στη συνέχεια, προσομοιώνεται η τάση διάσπασης. Η μέση τιμή έξι διασπάσεων ορίζεται ως η μέση τάση διάσπασης.

#### 5.2.4 Πρόταση: Χρήση Υγρού Αζώτου

Ένα σύστημα υγρού αζώτου θα μειώσει τις απώλειες του συστήματος ψύξης αισθητά και έχει πολύ μικρότερη εκπομπή ρύπων στο περιβάλλον από τα συμβατικά συστήματα ψύξης, αλλά το σημαντικότερο είναι ότι θα μειωθούν ή και θα εξαλειφθούν τελείως τα ατυχήματα από εκρήξεις μετασχηματιστών διανομής, ένα μεγάλο πρόβλημα για την Ελλάδα αλλά και άλλες χώρες. Εάν ο κίνδυνος της ανάφλεξης του λαδιού εξαλείφει τότε μπορούμε να αντικαταστήσουμε τους μετασχηματιστές ξυρού τύπου με τύπου ελαίου, βοηθώντας ακόμη περισσότερο την ενεργειακή απόδοση.

### **5.3 Αναφορά Εκτίμησης Επιπτώσεων και Δυνατότητες Εφαρμογής**

Η τρέχουσα κατάσταση του οικολογικού σχεδιασμού εφαρμογής που αφορά μετασχηματιστές διανομής μελετήθηκε σε βάθος στην αναφορά εκτίμησης των επιπτώσεων βάση της Οδηγίας Ecodesign του 2014 (Impact Assessment accompanying the document Draft Commission Regulation implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to small, medium and large power transformers). Βασικό συμπέρασμα ήταν ότι ένας οικολογικός κανονισμός που θα έθετε ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης (Minimum Energy Performance Standards, MEPS), για μετασχηματιστές θα διευκολύνει την ικανότητα των μονάδων να πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις. Υπήρχαν πέντε θεωρητικές επιλογές για την εν λόγω νομοθεσία και επισημαίνονται A,B,C,D και E, με το E σενάριο E να διαχωρίζεται σε πιθανές επιλογές E1 και E2. Οι επιλογές A έως D ήταν αναξιόπιστες για διάφορους λόγους, και κυρίως εξέφραζαν τις πιθανότητες απραξίας. Οι επιλογές E1 και E2 αποσκοπούν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μετασχηματιστών με τον καθορισμό επιπρόσθετων μέγιστων επιπέδων φορτίου και χωρίς φορτίο απώλειες. Η μόνη διαφορά μεταξύ τους είναι το αρχικό επίπεδο της αυστηρότητας στις ελάχιστες επιδώσεις.

Για τους σκοπούς της συγκριτικής ανάλυσης των επιπτώσεων, Επιλογές E1 και E2 χαρακτηρίζονται ως εξής σε σχέση με την επιλογή Καλύτερης Διαθέσιμης Τεχνολογίας (Best Available Technology, BAT).

#### **5.3.1 Ελάχιστα Πρότυπα Ενεργειακής Απόδοσης (MEPS): Επιλογή E1**

Αυστηρά ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης (MEPS) - Αυτή η επιλογή θα θέσει προαπαιτήσεις που θα βασίζονται στην αυστηρούς υπολογισμούς κόστους κύκλου ζωής (όπως αναφέρεται στο Παράρτημα II της Οδηγίας Ecodesign)

#### **5.3.2 Ελάχιστα Πρότυπα Ενεργειακής Απόδοσης (MEPS): Επιλογή E2**

Μέσα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης (MEPS) - Καθώς ο υπολογισμός του ελαχίστου κόστους ζωής δε θα μπορούσε να συμπεριλάβει συγκεκριμένα κόστη εγκατάστασης σχετικά με την εγκατάσταση των πιο αποδοτικών μετασχηματιστών, τα οποία μπορούν να αποδειχθούν ιδιαίτερα βαρυσήμαντα, αυτή η επιλογή θα θέτει ελάχιστους

περιορισμούς σε ένα χαμηλότερο επίπεδο αυστηρότητας από αυτό της επιλογής E1, προκειμένου να καλυφθούν τα κόστη αυτά.

### 5.3.3 Καλύτερη Διαθέσιμη Τεχνολογία

Η επιλογή αυτή θα συμπεριελάμβανε την τοποθέτηση ελαχίστων περιορισμών βασισμένων στο τι είναι τεχνολογικά δυνατών με μοντέλα μετασχηματιστών που αναπτύσσονται «Ως Σύνηθες»(Business as usual) στην αγορά. Καθώς μερικές από τις προαπαιτούμενες τεχνολογίες δεν είναι ωφέλιμες κατά τη διάρκεια μιας περιόδου αποπληρωμής, αυτή η επιλογή συμπεριλαμβάνεται καθαρά για συγκριτική ανάλυση.

Ο σκοπός της πρότασης ενός οικολογικού κανονισμού με MEPS για μετασχηματιστές είναι να προωθηθεί η ευρωπαϊκή αγορά σε μια πιο αποδοτική τεχνολογικά κατεύθυνση, καθώς οι εγκαταστημένες μονάδες σταδιακά αντικαθιστώνται μετά την απόσυρση τους και οι καινούριες συσκευές χρειάζονται να ακολουθούν ελάχιστες προαπαιτήσεις αποδόσεων. Αυτό θα βοηθούσε στην πολιτική της ενεργειακής οικονομίας, στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και στη διέγερση των τεχνολογικών καινοτομιών.

Πιο συγκεκριμένα, οι επιλογές E1 και E2 θα επιτύχουν αποτελεσματική μείωση των απωλειών των μετασχηματιστών και επακόλουθο μετριασμό του CO<sub>2</sub>, θα διορθώσουν πιθανές αδυναμίες της αγοράς και θα εξασφαλίσουν την ορθή λειτουργία της εσωτερικής αγοράς. Ακόμη, εάν ο σκοπός τους επιτευχτεί, θα επιφέρουν τη μείωση του κόστους του κύκλου ζωής των μετασχηματιστών για τους τελικούς χρήστες χωρίς να μειώνονται τα περιθώρια κέρδους των κατασκευαστών.

Το σημείο εκκίνησης για την ανάλυση των επιπτώσεων είναι η εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με τις επιλογές E1 και E2 σε σύγκριση με το Ως Σύνηθες (Business as Usual) σενάριο. Η διάρκεια ζωής ενός μετασχηματιστή είναι από 20 έως 40 χρόνια ή και περισσότερο, και τα στοιχεία εξοικονομήσεων προβλέπονται μέχρι το 2025. Λόγω του μεγάλου χρόνου ζωής των μετασχηματιστών, πιθανώς περαιτέρω εξοικονόμηση θα επιτευχθεί μετά το 2025.

## 6<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΤΕΛΟΣ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ”

#### 6.1 Εισαγωγικές Πληροφορίες

Μετά από έναν εκτιμώμενο χρόνο ζωής 30 έως 40 ετών, οι μετασχηματιστές διανομής αποσύρονται από τη λειτουργία. Μαζί με αυτούς, χάνεται ένας μεγάλος αριθμός με πιθανώς πολύτιμα υλικά, καθώς το περιβάλλον συνεχίζει να επιβαρύνεται. Το κεφάλαιο αυτό συζητά τις διαδικασίες και τα αποτελέσματα μίας θεωρητικής, συστηματικής ανακύκλωσης των αποσυρόμενων μετασχηματιστών διανομής. Στο τέλος του κεφαλαίου, υπολογίζεται μια μελλοντική πρόβλεψη για τις πιθανές απολαβές που θα υπήρχαν εάν ακολουθούσαμε συστηματική ανακύκλωση για τα επόμενα χρόνια. Συμπεριλαμβάνονται και οι ρύποι (επικίνδunami και μη) που θα επέστρεφαν στο περιβάλλον μέσω αυτής της διαδικασίας. Όπως και το υπόλοιπο εύρος της μελέτης, το κεφάλαιο εστιάζεται στους μετασχηματιστές ελαίου.

##### 6.1.1 Αιτιολόγηση Ανακύκλωσης

Υπάρχει τεράστιο δυναμικό στον τομέα της ανακύκλωσης και την αναπροσαρμογή των μετασχηματιστών διανομής, στο τέλος του κύκλου ζωής τους, αν μπορέσουμε να προσεγγίσουμε την κατάσταση με την κατάλληλους τρόπους συλλογής και εγκαταστάσεις. Ο μεγάλος πληθυσμός μετασχηματιστών διανομής (Σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό, και ελλαδικό επίπεδο) υποδεικνύει έναν μεγάλο ετήσιο αριθμό μετασχηματιστών: κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας πτυχακής εργασίας περίπου 3.000 μονάδες ιδανικά αποσύρονται ετησίως μόνο στην Ελλάδα (Psomopoulos et al. 2014). Αυτό σε συνδυασμό με τα μέταλλα που μπορούν να χαθούν μετά τον κύκλο ζωής των μετασχηματιστών (ο χαλκός αποτελεί ένα από τα πολυτιμότερα μέταλλα της σημερινής βιομηχανίας), καθιστά την ανακύκλωση των μετασχηματιστών διανομής μια εικονικά προφανείς λύση. Κατά τη διάρκεια της μελέτης θα δούμε τις πιθανές αρνητικές συνέπειες που μπορούν να επέλθουν από αυτό το εγχείρημα.

### 6.1.2 Δομικά Υλικά

Τα κύρια τμήματα του κάθε μετασχηματιστή ελαίου είναι το περίβλημα, ο πυρήνας, το έλαιο, και οι περιελίξεις. Με βάση σε διάφορα bills of materials (De Keulenaer 2006 ; Environmental Product Declaration 2003), τα βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται για τα τμήματα αυτά είναι ο σίδηρος και το ηλεκτρικό ατσάλι (γνωστό και ως χάλυβας για ηλεκτρικές εφαρμογές) για τον πυρήνα και το περίβλημα, και ο χαλκός ή το αλουμίνιο για τα τυλίγματα. Το «ηλεκτρικό ατσάλι» μια σύνθεση Si-Fe (συνήθως σιδήρου με ένα επίπεδο πυριτίου 3%) που έχει μικρή περιοχή υστέρησης και υψηλή διαπερατότητα (Buschown et al. 2001). Ο χαλκός είναι προτιμότερο ως υλικό για τις περιελίξεις. Όσον αφορά το έλαιο, βιομηχανικό ορυκτέλαιο (γνωστή και ως λάδι μετασχηματιστή) χρησιμοποιείται για μόνωση και ψύξη. Το αλουμίνιο δεν χρησιμοποιείται καθόλου για περιελίξεις στην Ελλάδα.

<b>Ονομαστική Ισχύς</b>									
<b>σε kVA</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>250</b>	<b>400</b>	<b>630</b>	<b>1.000</b>	<b>1.600</b>	<b>2.500</b>
<b>Υλικό</b>									
<b>Kg Cu</b>	55	75	90	130	160	180	250	400	770
<b>Kg Fe</b>	110	130	150	170	200	220	260	300	320
<b>Kg Έλαιο</b>	115	180	200	250	450	670	800	1.100	1.200
<b>Kg Χαρτί</b>	13	17	20	23	30	35	45	55	90
<b>Kg Μπογιά</b>	3	6	7	10	14	25	45	80	90
<b>Kg Ηλεκτρικό Ατσάλι</b>	110	165	210	290	400	550	750	1.050	1.600
<b>kg Συνολικό Βάρος</b>	<b>420</b>	<b>600</b>	<b>680</b>	<b>880</b>	<b>1.350</b>	<b>2.000</b>	<b>2.700</b>	<b>3.800</b>	<b>5.500</b>

*Πίνακας 6.1 Τα υλικά των μετασχηματιστών διανομής στην Ελλάδα, ανά ονομαστική ισχύ. Οι πληροφορίες δόθηκαν από τον κύριο Νίκο Τέγκο, τεχνικό διευθυντή στη Schneider Electric, μέσω προσωπικής επικοινωνίας*

## 6.2 Ανακύκλωση και Ρύποι

Οι μετασχηματιστές διανομής είναι ηλεκτρικές μηχανές χωρίς κινούμενα μέρη που απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και επισκευές σε σύγκριση με άλλο εξοπλισμό συνεχούς λειτουργίας. Τόσο σε ευρωπαϊκά όσο και σε παγκόσμια εγχειρίδια συντήρησης υπάρχει η προσέγγιση ότι εάν η μονάδα εγκατασταθεί σωστά, απαιτεί μόνο ετήσια συντήρηση και θα χρειαστούν πρόσθετα υλικά μόνο σε σοβαρή βλάβη του μετασχηματιστή (Transformers: 2005 - 2011). Επομένως, είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι ένας μετασχηματιστής προς απόσυρση θα έχει διατηρήσει επί των πλείστων τα υλικά με τα οποία κατασκευάστηκε, με τη σημαντική διαφορά ότι τα υλικά θα έχουν υποβαθμιστεί. Προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν τα υλικά αυτά, θα χρειαστεί να ανακυκλωθούν. Οι μετασχηματιστές διανομής έχουν σχεδιαστεί για να εμφανίζουν την υψηλότερη απόδοση τους σε περίπου 50-60% του φορτίου καθώς οι μονάδες αυτές θα πρέπει να λειτουργούν με ένα μεγάλο εύρος φορτίου (Duane Harden 2011) σε αντίθεση με τους μετασχηματιστές μεταφοράς, έτσι, ένα σημαντικό ποσοστό των μετάλλων θα ανακτηθεί στο τέλος ζωής τους.

### 6.2.1 Μέθοδοι Ανακύκλωσης και Ανακτήσιμα Υλικά

Τα μεταλλικά υλικά υποβάλλονται σε μια μακρά διαδικασία για την ανακύκλωσή τους και είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι τα ποσοστά ανακύκλωσης τους με βασίζονται σε αυτούς τους καθοριστικούς παράγοντες (Recycling Rates of Metals 2011):

- ❖ Πόσο από το παλιό μέταλλο συλλέγονται, προκειμένου να εισαχθεί στη διαδικασία της ανακύκλωσης (Old scrap Collection Rate, CR)
- ❖ Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας της ανακύκλωσης, επίσης γνωστή ως ποσοστό ανάκτησης
- ❖ Η καθαρότητα (ποιότητα) του τελικού προϊόντος (End Of Life Recycling Rate, ή EOL-RR)

Ο τρίτος παράγοντας είναι ιδιαίτερα κρίσιμος για χαλκό, λόγω της ανάγκης στο να διατηρηθούν οι μαγνητικές και θερμικές ιδιότητες του. Μια βασική, αλλά ρεαλιστική προσέγγιση θα ήταν να υποθέσουμε ότι το 75% του συνόλου των αρχικών μετάλλων θα μπορεί να ανακτηθεί (ABB Australia 2003). Το υπόλοιπο 25% αντιπροσωπεύει το ποσοστό του υλικού που θα επιστρέψει στο περιβάλλον ως απόβλητα, εκπομπές ή, στην περίπτωση των ηλεκτρικά αγώγιμων μετάλλων όπως ο χαλκός, ως πρόσμιξη ή «tramp element» (ακάθαρτο στοιχείο). Άλλο σκεπτικό πίσω από το σχετικά χαμηλό ποσοστό 75% είναι ότι, εκτός του αντιπροσωπευτικού της εξέτασης του χειρότερου δυνατού σεναρίου, το πρώτο μέρος της ανακύκλωσης είναι το ποσοστό συλλογής των παλαιών μετάλλων (CR). Μετά από δεκαετίες χρήσης σε απομακρυσμένες περιοχές, δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν όλες οι μονάδες.

#### 6.2.1.1 Ανακύκλωση Ατσαλιού και Ηλεκτρικού Ατσαλιού

Το ατσάλι είναι το πιο ανακυκλώσιμο μέταλλο στο κόσμο, και αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ευκολία των μεθόδων ανακύκλωσης του. Μια βασική γραμμή παραγωγής ατσαλιού θα χρησιμοποιούσε οπτανθρακοποίηση ή υψικαμίνους, αλλά, αφού χρησιμοποιούμε το μέταλλο από αποσυρόμενους μετασχηματιστές διανομής, θα ήταν πιο ορθό να χρησιμοποιήσουμε εστίες τόξων (electric arc furnaces). Οι σύγχρονες εστίες τόξων μπορούν να χειριστούν μέχρι και 150 τόνους μετάλλου σε μία μόνο τήξη (απαιτώντας 3-4 τήξεις το έτος για να επαναφέρουν στη παραγωγή όλο το μέταλλο των αποσυρμένων μετασχηματιστών μιας χώρας σαν την Ελλάδα) και μπορούν και να επαναφέρουν μέσω τήξης στο κύκλο παραγωγής και κράματα, όπως το ηλεκτρικό ατσάλι. Ακόμη, η αποκλειστική χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και απουσία παραδοσιακής εκκαμίνευσης αφήνει μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (πληροφορίες από [www.steelconstruction.info](http://www.steelconstruction.info)). Οι ανησυχίες των βιομηχανιών μετάλλου περί της χρήσης των εστιών τόξου για ανακύκλωση δε θα περιλαμβάνουν αυτή τη περίπτωση, καθώς η χρήση θα είναι αποκλειστικά στο τέλος ζωής των μηχανημάτων (*Metals industry publishes declaration 2006*). Ένα μέσο ποσοστό 80% του ατσαλιού επαναφέρεται. Τέλος για το ηλεκτρικό ατσάλι θα χρησιμοποιηθεί ένα ποσοστό 75%, το οποίο είναι χαμηλότερο από το ατσάλι αλλά σχετικώς υψηλό λόγω της χαμηλής συμπύκνωσης σιλικόνης στο ατσάλι και τη γενικά εύκολη απομάκρυνση της σιλικόνης από αυτό (Massot et al. 2013).

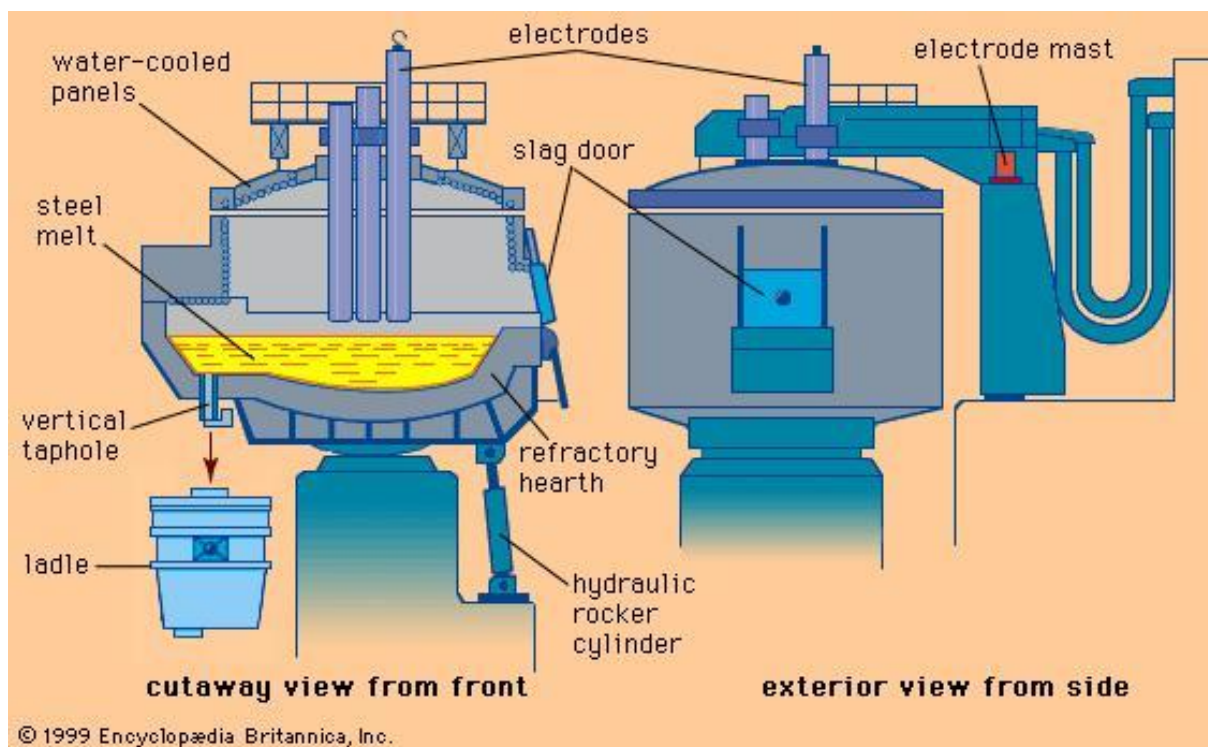


*Εικόνα 6.1 Σύγχρονη εστία τόξου (electric arc furnace) Siemens (φωτογραφία από [http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2012/industry/metals-technologies/imt201211237.htm&content\[\]=IMT&content\[\]=PDMT](http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2012/industry/metals-technologies/imt201211237.htm&content[]=IMT&content[]=PDMT))*

#### 6.2.1.2 Ανακύκλωση Χαλκού

Με τον κατάλληλο έλεγχο εισόδου (συνήθως μέσω ηλεκτρονικών αυτοματισμών) για να ελέγξει για τις ακαθαρσίες του εισαχθέν υλικού, εστίες τόξου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ανακύκλωση του χαλκού, καθώς τα ποσοστά ανάκτησης μπορεί να είναι εξαιρετικά υψηλή σε αυτές τις καταστάσεις, φτάνοντας μέχρι και 90% (Yücel 1999). Λαμβάνοντας υπόψη την προτεινόμενη ποσοστά ανάκτησης, την συνηθισμένη καθαρότητα του τελικού προϊόντος, την υψηλή καθαρότητα του χρησιμοποιούμενου χαλκού και τα EPDs, έχουμε ένα τελικό ποσοστό ανάκτησης 75%, που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτή την εργασία. Παρόμοιες διαδικασίες έχουν αποδειχθεί ότι λειτουργούν και στο αλουμίνιο (Bonnell and O'Brien 2004).

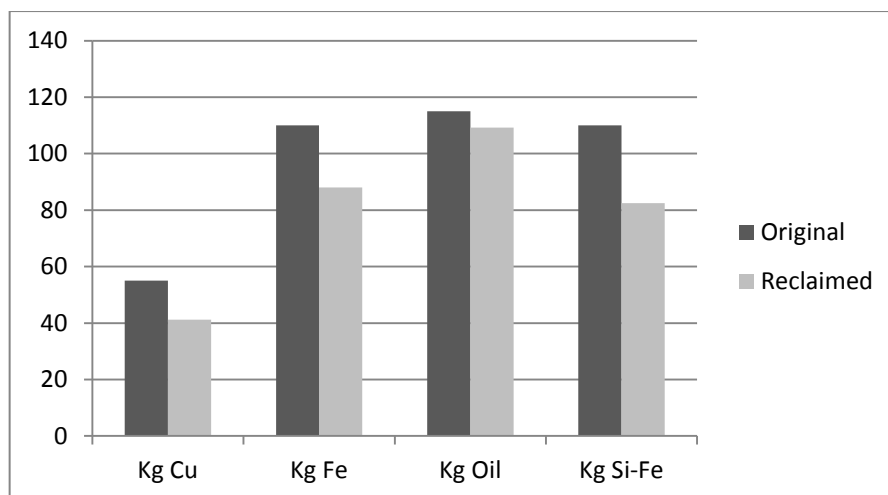




Εικόνα 6.2 Όψη εστίας τόξου (*electric arc furnace*)  
(Εικόνα από σχετικό άρθρο της *Encyclopedia Britannica*)

### 6.2.1.3 Ανάκτηση Ορυκτέλαιου

Οι βασικοί σκοποί του ορυκτέλαιου, ή ελαίου μετασχηματιστή, είναι η μόνωση και η ψύξη. Το ορυκτέλαιο έχει επιλεγεί ως να τηρεί της προϋποθέσεις για αναγέννηση (ανάκτηση) από τα ευρωπαϊκά πρότυπα (*Critical review of existing studies 2001*). Οι διαδικασίες ανακύκλωσης είναι χημικού χαρακτήρα και απαιτούν αντίστοιχες εγκαταστάσεις αν το έλαιο είναι να αναδιαμορφωθεί μαζικά. Από τις πολλές μεθόδους που είναι διαθέσιμες για ανακύκλωση ορυκτέλαιου, μια από τις προτιμότερες και πιο αξιοσημείωτες θα ήταν η χρήση μοριακών κόσκινων (*Majano and Mintova 2010*). Ο λόγος είναι ότι ο έλεγχος των πιθανών οξειδώσεων θα μειώσει την εμφάνιση του θεικού οξέος, του πιο κοινού προβλήματος του ελαίου μετασχηματιστή. Ποσοστά ανάκτησης για το έλαιο μετασχηματιστή φτάνουν το 90%.



Εικόνα 6.3 Τα αρχικά υλικά και τα ανακυκλώσιμα σε γράφημα, για έναν μετασχηματιστή ονομαστικής ισχύς 50 kVA

Ονομαστική Ισχύς (σε kVA)	50	100	160	250	400	630	1000
<b>Kg Cu</b>	41,25	56,25	67,5	97,5	120,0	135,0	187,5
<b>Kg Fe</b>	88	104	120	136	160	176	208
<b>Kg Oil</b>	109,25	171,0	190,0	237,5	427,5	636,5	760,0
<b>Kg Electrical Steel</b>	88	132	168	232	320	440	600

Πίνακας 6.2 Τα ανακυκλώσιμα υλικά (σε kg) των μετασχηματιστών διανομής, ανά την ονομαστική ισχύ τους

### 6.2.2 Επικίνδυνοι και μη Ρύποι της Ανακύκλωσης

Ένα κοινό σφάλμα σχετικά με την ανακύκλωση είναι ότι είναι η πρώτη και κύρια λύση προς το περιβαλλοντικό όφελος. Ωστόσο, η ανακύκλωση είναι μια μακρά και δαπανηρή διαδικασία από οικονομικής και περιβαλλοντικής άποψης, και σε ένα ιδανικό σύστημα θα πρέπει να προηγηθεί η μείωση του κόστους λειτουργίας και η επισκευή των υφιστάμενων μονάδων. Μετά τη διαδικασία της ανακύκλωσης των μετασχηματιστών διανομής στο τέλος ζωής, έχουμε τα εξής αρνητικά αποτελέσματα:

- Πρόσθετες εκπομπές, που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της ανακύκλωσης, θα επιβαρύνουν το περιβάλλον
- Μέρος των μετάλλων θα θεωρούνται μη ανακυκλώσιμα, ή «ακάθαρτα στοιχεία», και ως εκ τούτου απόβλητα
- Άλλα τμήματα των μετασχηματιστών διανομής δεν είναι καθόλου ανακυκλώσιμα (χρώμα, χαρτί), παράγοντας περαιτέρω απόβλητα
- Ορισμένα από τα παραγμένα απόβλητα θα κατηγοριοποιούνται ως επικίνδυνα

#### 6.2.2.1 Ρύποι Μετάλλων

Όποιο μέρος του μετάλλου δεν ολοκλήρωσε τη διαδικασία της ανακύκλωσης ως έτοιμο για χρήση μέταλλο, θα επιστρέψει στο περιβάλλον με τη μορφή ρύπων. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, αυτό συμπεριλαμβάνει μη συλλεγμένα μέταλλα ή μέταλλα στα οποία η διύλιση δεν ήταν επιτυχής. Με αυτό τον τρόπο, το 25% του χαλκού και του ηλεκτρικού ατσαλιού επιστρέφει στο περιβάλλον ως ρύπος, καθώς και το 20% του ατσαλιού.

#### 6.2.2.2 Ρύποι Μονωτικού Λαδιού

Τα απόβλητα ορυκτέλαιου είναι ένα κρίσιμο ζήτημα, όταν η ανακύκλωση ΔΑ. Ο χειρισμός του βιομηχανικού ελαίου είναι συνήθως το αντικείμενο αυστηρής ευρωπαϊκής και παγκόσμιας νομοθεσίας (An Environmental Review of Waste Oils 2004; United Nations Environmental Programme 2012) και, μετά την αύξηση της περιβαλλοντικής συνειδητοποίησης, πολλές χώρες λαμβάνουν υπόψη τις ακαθαρσίες που παραμένουν μετά την αναγέννηση. 10% του πετρελαίου δεν θα αναγεννηθεί πλήρως, και θα μπει και πάλι στο περιβάλλον ως επικίνδυνα απόβλητα. Υπάρχουν πολλοί λόγοι πίσω από το λόγω που τα απόβλητα ορυκτέλαιου κατατάσσονται επικίνδυνα, όπως το προαναφερθέν θειικό οξύ, αλλά μια άλλη πιθανή αιτία κινδύνου είναι τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB). Δεδομένου ότι πολλές από αυτές τις μονάδες έχουν κατασκευαστεί και μπει σε λειτουργία πριν από το 1990, υπάρχουν ισχυρές πιθανότητες εμφάνισης PCB (Head 2005).

### 6.2.2.3 Λοιποί Ρύποι

Η βαφή που χρησιμοποιούνται για γαλβανισμό στις περισσότερες μονάδες μετασχηματιστών διανομής θεωρείται επικίνδυνη λόγω της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας (Facilities instructions, standards and techniques 2000). Θα επιστρέψει στο περιβάλλον ως επικίνδυνο απόβλητο κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης. Το μονωτικό χαρτί που χρησιμοποιείται στη κατασκευή των μετασχηματιστών διανομής, είναι ένα κλασικό μονωτικό υλικό που δομείται από διάφορα υλικά (Särneroth 2001). Δεν υπάρχουν μεθοδολογίες για την ανακύκλωση χαρτιού μετασχηματιστών. Το χαρτί των μετασχηματιστών διανομής θα επιστρέψει ως εκ τούτου στο περιβάλλον, ως απόβλητο, μετά από τη διαδικασία ανακύκλωσης της μονάδας.

Προφανώς θα υπάρξουν και άλλες εκπομπές που θα επιβαρύνουν το περιβάλλον από την ίδια τη διαδικασία της ανακύκλωσης, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της τήξης των καμίνων ηλεκτρικού τόξου. Ωστόσο, όπως έχει επισημανθεί πολλές φορές, αυτές οι μέθοδοι είναι πολύ πιο προτιμότεροι και από περιβαλλοντικής, και ενεργειακής πλευράς από ό, τι η κατασκευή των υλικών αυτών μέσω της πρωτογενούς παραγωγής.

<b>kVA Rated power</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>250</b>	<b>400</b>	<b>630</b>	<b>1000</b>
<b>kg Cu</b>	13,75	18,75	22,5	32,5	40,0	45,0	62,5
<b>kg Fe</b>	22	26	30	34	40	44	52
<b>kg Oil</b>	5,75	9,0	10,0	12,5	22,5	33,5	40,0
<b>kg Paper</b>	13	17	20	23	30	35	45
<b>kg Paint</b>	3	6	7	10	14	25	45
<b>kg Electrical Steel</b>	22	33	42	58	80	110	150
<b>kg Total</b>	<b>87,75</b>	<b>121,0</b>	<b>145,0</b>	<b>189,5</b>	<b>250,5</b>	<b>319,5</b>	<b>432,0</b>

*Πίνακας 6.3 Οι ρύποι που παράγονται (σε kg) με την ανακύκλωση των μετασχηματιστών διανομής, ανά την ονομαστική ισχύ τους. Οι ρύποι με κόκκινο αντιπροσωπεύουν επικίνδυνα (hazardous) απόβλητα.*

### 6.3 Μελλοντικές Προβλέψεις

Οι ακόλουθες μελλοντικές προβολές αφορούν καθαρά την Ελλάδα και έχουν σα στόχο να δείξουν τα πιθανά οφέλη της ανακύκλωσης μετασχηματιστών. Η μέση τεχνική διάρκεια ζωής ενός μετασχηματιστή διανομής είναι 30 έτη (SEED 2009). Ωστόσο, προκειμένου να γίνει μια προσομοίωση του χειρότερου σεναρίου και λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι πολλοί ευρωπαϊκοί μετασχηματιστές διανομής θα φθάσουν τα 40 χρόνια χρήσης ή περισσότερο, μια πιο επιεική 40ετη προσέγγιση των ενεργών ετών θα ήταν πιο κοντά στη πραγματικότητα. Με τη χρήση των στοιχείων του εγκατεστημένου πληθυσμού της δεκαετίας 1980-1990 (Psomopoulos et al. 2014), μπορούμε να κάνουμε μια ακριβή πρόβλεψη των μετασχηματιστών που θα παροπλιστούν τη δεκαετία 2020-2030. Στη συνέχεια, συνδυάζοντας τα ποσοστά ανάκτησης με στοιχεία των υλικών, μπορούμε να υπολογίσουμε το ανακτήσιμο υλικό και τα απόβλητα που θα παραγόντουσαν από την συστηματική ανακύκλωση κάθε αποσυρόμενου μετασχηματιστή διανομής για 10 χρόνια.

Όνομαστική Ισχύς	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<b>50 kVA</b>	625	1.878	505	295	200	743	966	701	400	844	791
<b>100 kVA</b>	824	1.065	551	625	833	1.519	653	930	1.345	846	1.069
<b>160 kVA</b>	943	420	1.231	921	1.104	1.086	876	692	1.014	1.334	630
<b>250 kVA</b>	387	600	471	771	724	0	50	478	481	301	561
<b>400 kVA</b>	189	0	0	225	0	149	113	0	50	183	27
<b>630 kVA</b>	38	0	103	240	129	119	0	200	50	193	37
<b>1000</b>	0	0	0	76	0	0	0	0	40	16	19
<b>kVA</b>											
<b>Σύνολο</b>	<b>3.006</b>	<b>3.963</b>	<b>2.861</b>	<b>3.153</b>	<b>2.990</b>	<b>3.616</b>	<b>2.658</b>	<b>3.001</b>	<b>3.380</b>	<b>3.717</b>	<b>3.134</b>

*Πίνακας 6.4 Εγκατεστημένες μονάδες μετασχηματιστών διανομής στην Ελλάδα κατά τη δεκαετία 1980-1990, ανά ονομαστική ισχύς*

### 6.3.1 Ανακτήσιμα Υλικά για τη Δεκαετία 2020-2030

Στο παρακάτω πίνακα έχουμε μια ξεκάθαρη εικόνα των υλικών που μπορούν να ανακτηθούν μέσω ανακύκλωσης τα επακόλουθα χρόνια. Ακόμα και με ποσοστά σφαλμάτων, υπάρχει μια αναμενόμενη ετήσια εισροή 200 τόνων χαλκού. Σημειωτέο ότι σε αυτό το αποτέλεσμα μπορούμε να φτάσουμε μόνο με αυστηρή συλλογή των μετασχηματιστών στο τέλος ζωής και με εγκεκριμένες μεθόδους ανακύκλωσης των μετάλλων και αναγέννησης του ελαίου.

Έτος	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Υλικό</b>						
<b>Kg Cu</b>	201.326,3	224.223,8	194.745	258.315	217.631,3	223.342,5
<b>Kg Fe</b>	321.952,5	382.522,5	310.920	375.360	335.512,5	373.560
<b>Kg Ελαίου</b>	585.252,25	609.586,5	560.704,25	803.913,75	628.111,5	686.702,75
<b>Kg Ηλεκτρικού Ατσαλιού</b>	152.868	161.126	149.554	207.894	168.049	171.369
Έτος	2026	2027	2028	2029	2030	Σύνολο Δεκαετίας
<b>Υλικό</b>						
<b>Kg Cu</b>	154.143,8	201.543,8	227.748,8	252.810	201.780	<b>2.357.610</b>
<b>Kg Fe</b>	265.237,5	320.302,5	363.090	402.982,5	325.747,5	<b>142.293</b>
<b>Kg Ελαίου</b>	443.821	607.919,25	664.192,5	775.057,5	571.686,25	<b>443.821</b>
<b>Kg Ηλεκτρικού Ατσαλιού</b>	114.416	156.125	173.964	197.803	150.946	<b>1.804.114</b>

*Πίνακας 6.5 Ανακτήσιμα υλικά μέσω συστηματικής ανακύκλωσης των μετασχηματιστών διανομής για τη δεκαετία 2020-2030*

Ακόμη και αν αγνοήσουμε τα γνωστά προτερήματα της ανακύκλωσης ατσαλιού, μπορούμε να δούμε ότι τόνοι χαλκού θα είναι έτοιμοι για χρήση κάθε χρόνο. Λόγο του υψηλού ποσοστού ανάκτησης, το αναγεννημένο έλαιο θα μπορεί άμεσα να ξαναμπεί στη παραγωγή.

### 6.3.2 Επικίνδunami και μη Ρύποι για τη Δεκαετία 2020-2030

Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως παραπάνω, αλλά χρησιμοποιώντας τα ποσοστά αποβλήτων, μπορούμε να κάνουμε μια προβολή των αποβλήτων, επικίνδυνων και μη, που θα επιστρέψουν στο περιβάλλον με τη συστηματική ανακύκλωση μετασχηματιστών διανομής στο τέλος ζωής τους για τις δεκαετίες 2020-2030.

	Έτος					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Υλικό</b>						
<b>Kg Cu</b>	67.109	74.741	64.915	86.105	72.544	74.447
<b>Kg Fe</b>	85.854	102.006	82.912	100.096	89.470	99.616
<b>Kg Ελαίου</b>	30.803	32.083	29.511	42.311	33.058	36.142
<b>Kg Χαρτιού</b>	56.894	64.719	54.990	69.183	60.008	65.837
<b>Kg Βαφής</b>	20.886	20.964	20.723	31.362	23.791	24.006
<b>Kg Ηλεκτρικού Ατσαλιού</b>	50.956	53.709	49.851	69.298	56.016	57.123
<b>Kg Σύνολο</b>	312.502	348.222	302.902	398.355	334.887	357.171
	Έτος					Σύνολο Δεκαετίας
	2026	2027	2028	2029	2030	
<b>Υλικό</b>						
<b>Kg Cu</b>	51.381	67.181	75.916	84.270	67.260	785.870
<b>Kg Fe</b>	70.730	85.414	96.824	107.462	86.866	1.007.250
<b>Kg Ελαίου</b>	23.359	31.999	34.957	40.792	30.089	365.104
<b>Kg Χαρτιού</b>	45.719	56.757	64.458	71.922	56.919	667.406
<b>Kg Βαφής</b>	15.030	22.307	24.928	28.063	20.965	253.025
<b>Kg Ηλεκτρικού Ατσαλιού</b>	38.139	52.041	57.988	65.934	50.315	601.371
<b>Kg Σύνολο</b>	244.358	315.699	355.071	398.443	312.414	3.680.026

*Πίνακας 6.6 Ρύποι που θα επιστρέψουν στο περιβάλλον μετά από συστηματική ανακύκλωση των μετασχηματιστών διανομής για τη δεκαετία 2020-2030. Επικίνδunami ρύποι με κόκκινο.*

Το πιο επιζήμιο μέρος είναι τα επικίνδunami απόβλητα του ορυκτέλαιου που παραμένουν. Πρέπει να καταστραφούν υπό ευρωπαϊκή νομοθεσία

# 7<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## “ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”

### 7.1 Αναμενόμενα Αποτελέσματα Βάση MEPS επιλογές E1 και E2

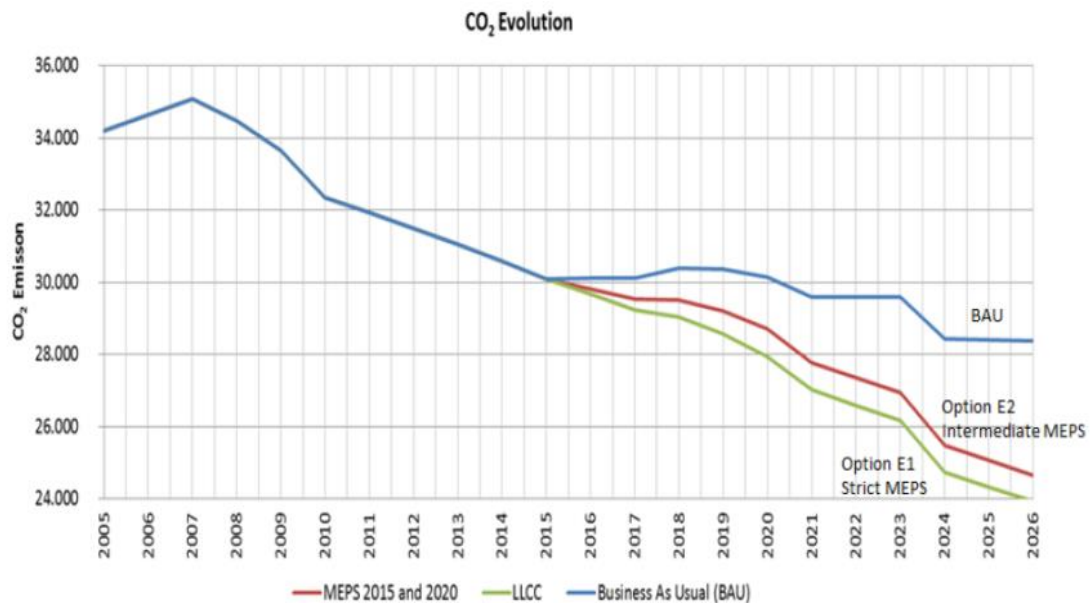
Η βέλτιστη, με τα σημερινά δεδομένα, προσέγγιση επάνω στο μέλλον των ευρωπαϊκών μετασηματιστών τείνει προς τις επιλογές E1 και E2 της Αναφοράς Εκτίμησης Επιπτώσεων (Impact Assessment Report) και στο MEPS (Minimum Energy Performance Standards). Όπως έχουν δείξει άλλες χώρες που όχι μόνο έχουν ανθούσα τεχνολογία και οικονομία στο πεδίο των μετασηματιστών διανομής (Ιαπωνία, ΗΠΑ, Κορέα), η τοποθέτηση ελαχίστων προαπαιτήσεων και ενεργειακής βαθμονομίας προσφέρει μια ευγενή ανταγωνιστικότητα στην αγορά και προωθεί τις τεχνολογικές καινοτομίες. Όσο η Ευρώπη παραμένει στάσιμη χωρίς πιο ισχυρούς οικονομικούς δεσμούς σαν ένωση στον τομέα αυτό, θα συνεχίσει να βασίζεται σε εισακτέους μετασηματιστές βλάπτοντας την εγχώρια οικονομία.

#### 7.1.1 Περιβαλλοντικά Αποτελέσματα

Η εισαγωγή MEPS σε δύο περιόδους το 2015 και το 2020 αναμένεται να φέρει τις ελάχιστες απαιτήσεις στην εσωτερική αγορά της ΕΕ σε επίπεδο συγκρίσιμο με εκείνα στις ΗΠΑ, την Ιαπωνία και άλλες αναπτυσσόμενες αγορές.

Τα πρότυπα αυτά θα δημιουργήσουν ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης των 16,2 Terawattώρων από το 2025 και ετήσια μείωση σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 3,6 μεγατόνους. Στο παρακάτω γράφημα μπορούμε να δούμε τις μελλοντικές προβλέψεις για τις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Η σύγκριση γίνεται ανάμεσα στις δύο επιλογές E1 και E2 και στην «Ως Σύνηθες» εξέλιξη, δηλαδή σε πιθανή μελλοντική ανεπηρέαστη κατάσταση από επιπρόσθετους κανονισμούς. Πλην του ότι λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> αναλογούν σε λιγότερες απώλειες, με την υιοθεσία τέτοιων κανονισμών θα είναι πιο εύκολη η συμμόρφωση σε συμφωνίες παγκόσμιας κλίμακας, όπως η Συμφωνία του Παρισιού.

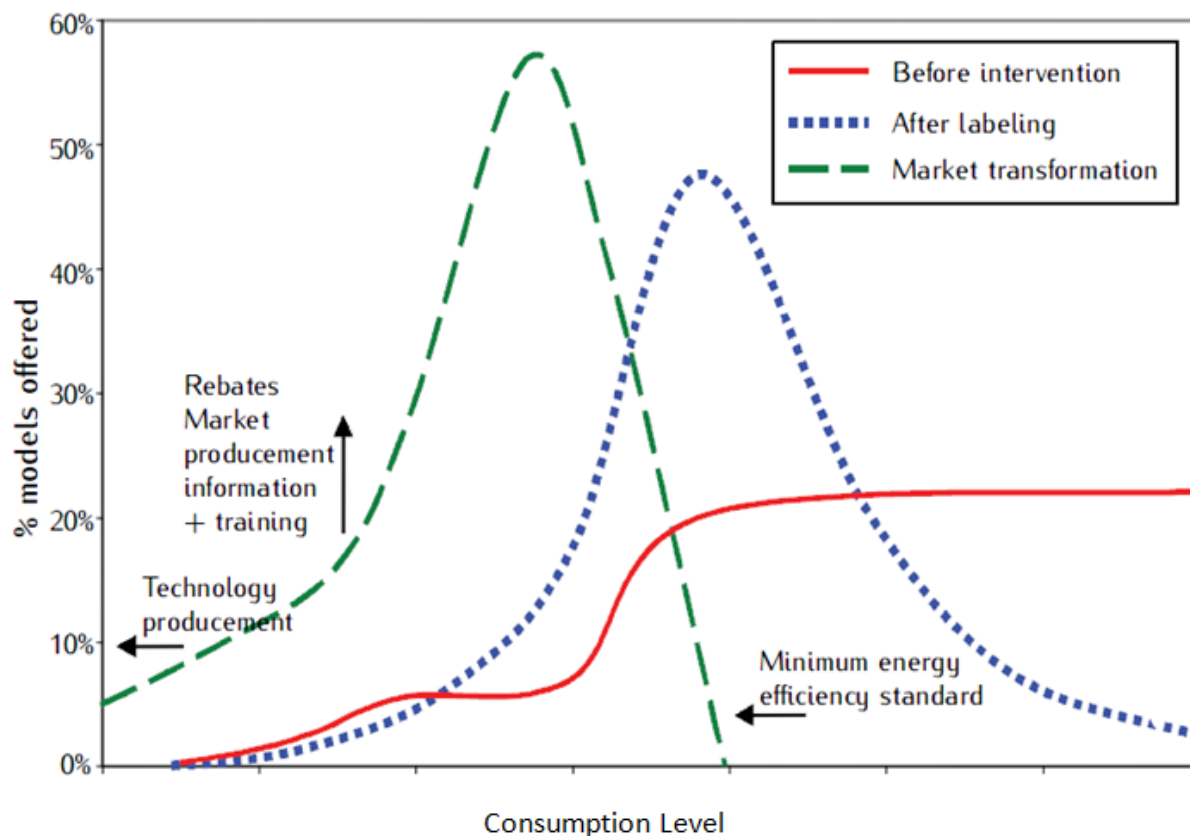




Εικόνα 7.1 Εξέλιξη εκπομπών CO<sub>2</sub> σύμφωνα με τις επιλογές E1 και E2  
(Impact Assessment 2014)

### 7.1.2 Οικονομικά Αποτελέσματα

Η μελέτη προετοιμασίας [16] έδειξε ότι υπάρχοντες οικονομικά αποδοτικές τεχνικές λύσεις επιτρέπουν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το σημερινό μέσο όρο της αγοράς. Ένας τυπικός μετασχηματιστής διανομής που συμμορφώνεται με της κατάλληλες προϋποθέσεις θα επιστρέψει το κόστος παραγωγής του μετά από 8,77 έτη λειτουργίας. Εφόσον το προσδόκιμο ζωής ενός τέτοιου μετασχηματιστή θα είναι 40 έτη, αναμένεται να επιστρέψει το κόστος παραγωγής του 4,5 φορές πριν το τέλος ζωής. Οπότε εάν γίνει κατανοητό σε ιδιώτες και επιχειρήσεις ότι σε βάθος χρόνου οι επενδύσεις τους θα πολλαπλασιαστούν, θα υπάρξει άνθηση της εγχώριας αγοράς. Ένα ζωτικό πρόβλημα που πρέπει να καταπολεμηθεί εδώ είναι η υπάρχουσα αντίληψη ότι πρέπει οι αγορές να γίνονται αποκλειστικά με βάση την αρχική τιμή. Γνωστοποιήσεις της οικονομικής αυτής πραγματικότητας σε ιδιώτες και επιχειρήσεις μπορεί να βοηθήσει. Ακόμη, η ενεργειακή σήμανση αναμένεται να ευαισθητοποιήσει την αύξηση της αγοράς σχετικά με την κατανάλωση, διευκολύνοντας τις διεθνείς συναλλαγές. Η μελλοντική πρόβλεψη της αγοράς με και χωρίς MEPS σύμφωνα με την εκτίμηση των επιπτώσεων είναι:



Εικόνα 7.2 Εξέλιξη αγοράς με και χωρίς MEPS  
(Impact Assessment 2014)

## 7.2 Οφέλη και Συνέπιες Ανακύκλωσης Μετασχηματιστών Διανομής

Αρχικά η ανακύκλωση των μονάδων στο τέλος ζωής μοιάζει ιδανική λύση σε πολλούς τομείς της βιωσιμότητας. Αν και η άποψη αυτή δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα, είναι μια λύση η οποία έρχεται με πάρα πολλές παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ όψιν. Η ανακύκλωση αυτή θα θέλει εγκαταστάσεις ανάλογες του εγχειρήματος. Οι εστίες τόξου, αν και το πλέον καταλληλότερο εργαλείο για ανακύκλωση χαλκού, είναι σύγχρονες και ακριβές μηχανές. Οι εγκαταστάσεις που αναγεννούν έλαιο μετασχηματιστή είναι αντίστοιχα ακριβές, εκλεπτυσμένες, και απαιτούν δικά τους έξοδα κατασκευής και συντήρησης. Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της διαδικασίας αυτής, η συλλογή των μονάδων που φτάνουν στο τέλος ζωής, θα χρειαστεί χρόνο και ανθρώπινο δυναμικό.

Επιπρόσθετα όλων αυτών, υπάρχουν εκ νέου ρύποι που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης. Κάποιοι από τους ρύπους αυτούς κατηγοριοποιούνται ως επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία, καθιστώντας την απομάκρυνση τους ακόμα δυσκολότερη.

Μια συστηματική και μαζική ανακύκλωση μετασηματιστών διανομής λοιπόν, αποτελεί ένα σύνολο από πολλά οφέλη αλλά και πολλές συνέπιες. Οποιαδήποτε χώρα ή παράγοντας καταπιαστεί με μια τέτοια διαδικασία θα πρέπει να μελετήσει πολύ καλά αρχικά τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντολογικές δυσκολίες που πρόκειται να συναντήσει, και να επιβεβαιώσει ότι πρόκειται για εφικτό αποτέλεσμα.

Εάν όμως επιτευχτεί η κατάλληλη δόμηση μιας τέτοιας μαζικής διαδικασίας, τα βιώσιμα οφέλη όχι μόνο θα είναι τεράστια, αλλά θα συνεχίζουν να αυξάνονται στο προβλέψιμο μέλλον.

### 7.3 Τελικά Συμπεράσματα

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία Ecodesign και οι μετέπειτα παράμετροι της άλλαξαν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε τους μετασχηματιστές και τους μετασχηματιστές διανομής στην Ευρώπη. Μετά από αναλυτική έρευνα στην (εγχώρια και μη) αγορά, στην συνεχή σχεδόν αύξηση των τεχνολογικών καινοτομιών, στον ενδεχόμενο περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> και στην σκληρή αλλά δυστυχώς απαραίτητη νομοθεσία που επιβλέπει την Ευρώπη μπορούμε να έρθουμε σε ένα συλλογικό συμπέρασμα. Η εφαρμογή της Οδηγίας ήρθε καθυστερημένα, αρχίζοντας πρακτικά να ισχύει για τους μετασχηματιστές από τον Ιούλιο του 2015 (ένα χρόνο πριν τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής), ενώ αντίστοιχες οικονομικές δυνάμεις έχουν δικά τους συστήματα ελαχίστων επιδόσεων χρόνια τώρα. Αλλά παρά το αργοπορημένο της ενέργειας αυτής, δεν μειώνεται η αξία της.

Αυτό που η Ευρώπη χρειάζεται να κάνει είναι να ρισκάρει να βασιστεί στο εγχώριο προϊόν και να αποφύγει να βασίζεται αποκλειστικά σε εισαγωγές, αλλιώς δε θα έχει ποτέ την αυτόνομη ανάπτυξη στον τομέα των μετασχηματιστών που η Οδηγία την θέλει να έχει. Δεν υπάρχει ούτε μια μονάδα παραγωγής πυρήνων άμορφου σιδήρου στην Ευρώπη, καθώς το εγχώριο εμπόριο μετασχηματιστών φθίνει (Το τελευταίο εργοστάσιο παραγωγής στην Ελλάδα έκλεισε το 2014). Αυτό που θα μπορούσε να γίνει με περεταίρω παραμέτρους της Οδηγίας, θα ήταν να υπάρχουν περίοδοι χάριτος ή άλλες επωφελείς βοήθειες στους ευρωπαϊκούς κατασκευαστές προκειμένου να καταφέρουν να ανταγωνιστούν τις εισαγωγές. Σε αυτή τη περίπτωση, περισσότεροι μηχανικοί θα είναι σε θέση όχι μόνο να προτείνουν ακόμα καλύτερες τεχνολογικές καινοτομίες, αλλά και να τις εφαρμόσουν.

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα της Οδηγίας Ecodesign για μετασχηματιστές αντανakλούν πολλές από τις χαρακτηριστικές πτυχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Είναι βασικό χαρακτηριστικό της ανθρώπινης φύσης να αναζητάει κυρίως άμεσες λύσεις για άμεσο κίνδυνο, κάτι το οποίο μπαίνει στο δρόμο της αειφορίας, με την τελευταία να χρειάζεται υπομονή και επιμονή καθώς καταπολεμάει προβλήματα που δε θα εμφανιστούν ακόμα σε μεγάλο σκέλος για δεκαετίες. Αλλά όπως καταφέραμε να υπερβούμε τη φύση μας στο παρελθόν, θα πρέπει να το κάνουμε και τώρα. Και να αναγνωρίσουμε ότι η μεγάλη δυσκολία καταπολέμησης των προβλημάτων συνήθως υποδεικνύει σημαντικές ανταμοιβές.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Adoption of the Paris Agreement. 2015. Conference of the Parties. Available:  
[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

Amoiralis Eleftherios I., Marina A. Tsili, Pavlos S. Georgilakis, and Antonios G. Kladas. 2007. “Energy Efficient Transformer Selection Implementing Life Cycle Costs and Environmental Externalities”, presented at Electrical Power Quality and Utilisation, EPQU 2007. 9th International Conference

An Environmental Review of Waste Oils Regeneration: Why the Regeneration of Waste Oils Must Remain an EU Policy Priority. 2004. Groupement Européen de l’Industrie de la Régénération – The Re-refining Industry Section of UEIL.

Belmans, Ronnie, Jan Declercq, Hans De Keulenaer, Katsuaki Furuya, Mayur Karmarkar, Manuel Martinez, Mike McDermott, Ivo Pinkiewicz. 2005. “The Potential for Global Energy Savings from High Efficiency Distribution Transformers”, Leonardo Energy

Bonnell, James, James O’ Brien. 2004. “Arc Furnace Melting and Sand Casting of Aluminum and Copper”. Report available at: <http://focusky.com/kaik/nnjg> (Last visited April 2016)

Buschown, K. H. Jürgen, Robert W. Cahn, Merton C. Flemings, Bernhard Ilchner, Edward J. Kramer, Subhash Mahajan. 2001. Encyclopedia of Materials: Science and Technology. Elsevier.

Carlen, Martin, David Xu, Johannes Clausen, Tommy Nunn, V. R. Ramanan, Douglas M Getson, “Ultra High Efficiency Distribution Transformers”. 2010. Presented at Transmission and Distribution Conference and Exposition.

Cook, John, Naomi Oreskes, Peter T Doran, William R L Anderegg, Bart Verheggen, Ed W Maibach, J Stuart Carlton, Stephan Lewandowsky, Andrew G Skuce, Sarah A Green, Dana Nuccitelli, Peter Jacobs, Mark Richardson, Bärbel Winkler, Rob Painting and Ken Rice . 2016. "Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming". IOP Publishing. doi:10.1088/1748-9326/11/4/048002

Commission Regulation (EU) No 548/2014 of 21 May 2014 on implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to small, medium and large power transformers. 2014. Documentation available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2014:152:FULL&from=EN>

Communication from the commission of the Council and the European Parliament. 2008. Documentation available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0660:FIN:en:PDF>

Critical review of existing studies and life circle analysis of the regeneration and incineration of waste oils. 2001. Taylor Nelson Sofres Consulting, European Commission.

Dalrymple, G. Brent. 1991. "The Age of the Earth". Stanford University Press Stanford, Calif.: 492

De Keulenaer, Hans. 2006. 100 kVA distribution transformer designs with increasing efficiency. Leonardo Energy.

Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment. 1972. Available: <http://legal.un.org/avl/ha/dunche/dunche.html>

Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council. 2009. Documentation available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=EN>

Dlugokencky, E, Tans, P. 2015. "ESRL Global Monitoring Division". Earth System Research Laboratory. National Oceanic & Atmospheric Administration.

EESC 2100. 2007. The Climate System.

Environmental Product Declaration: Distribution transformer 315 kVA, 11kV, 3 phase, ONAN. 2003. ABB, Australia.

Facilities instructions, standards and techniques volume 3-7: Painting of transformers and circuit breakers. 2000. United States Department of the Interior. Bureau of Reclamation.

Grand View Research Inc. 2014. "Power Transformers Market Analysis By Product (100 MVA to 500 MVA, 501 MVA to 800 MVA, 801 MVA to 1200 MVA) And Segment Forecasts To 2020". Available:  
<http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/power-transformers-market>

Head, Thomas R.. 2005. "PCBs—The Rise and Fall of an Industrial Miracle" *Natural Resources & Environment* Vol. 19, No. 4: 15-19

Hsiang SM1, Burke M, Miguel E. 2013. "Quantifying the influence of climate on human conflict." *US National Library of Medicine National Institutes of Health*. Sep 13;341(6151):1235367 doi: 10.1126/science.1235367

Impact Assessment accompanying the document Draft Commission Regulation implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to small, medium and large power transformers. 2014. European Commission.

Installation, use and maintenance manual. 2011. TESAR, Italy.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 1992. First Assessment Report.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996. Second Assessment Report.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Third Assessment Report.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Fourth Assessment Report.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Fifth Assessment Report.

Jacob, Daniel J. 1999. "Introduction to Atmospheric Chemistry". Princeton University Press Chapter 7.

Kefalas, Themistoklis D. and Antonios G. Kladas. 2012. "Reduction of Power Grid Losses by Using Energy Efficient Distribution Transformers", Materials Science Forum, Vol. 721 pp 269-274.

LOT 2: Distribution and power transformers. 2010. Tasks 1 – 7, Final Report, 2010/ETE/R/106

Magadza, Hans-Martin Fussel, A. Barrie Pittock, Atiq Rahman, Avelino Suarez, and Jean-Pascal van Ypersele. 2009. Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Reasons for Concern.

Majano G., Mintova S.. 2010. "Mineral oil regeneration using selective molecular sieves as sorbents" Chemosphere 2010 Jan 78(5): 591-598. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.10.025.

Maliatis, Giorgos. 2009. "Transformers" [Μετασχηματιστές]. Technical Magazine Power Transition [Τεχνικό περιοδικό Μετάδοση Ισχύος]. Available: <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=89>

MarketsandMarkets. 2013. "Transformer Oil Market by Types (Mineral Oil - Naphthenic & Paraffinic, Silicone, and Bio-based), Applications (Small & Large Transformers, Utility) & Geography - Global Industry Trends & Forecast to 2018" Available: <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/transformer-oil.asp>

Massot, L., A. L. Bieber, M. Gibilaro, L. Cassayre, P. Taxil, P. Chamelot. 2013. "Silicon recovery from silicon-iron alloys by electrorefining in molten fluorides". Electrochimica Acta. Volume 96: 97-102. doi: 10.1016/j.electacta.2013.02.065



Metals industry publishes declaration promoting recycling and sustainable development. 2006. European confederation of iron and steel industries. Belgium.

Miliman, Oliver. 2015. "James Hansen, father of climate change awareness, calls Paris talks 'a fraud'". [theguardian.com](http://theguardian.com).

Article available: <https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/12/james-hansen-climate-change-paris-talks-fraud>

Mock, Terry and Tony Wernke. 2011. The Universal Principles of Sustainable Development. Sustainable Land Development Initiative.

Mohan, Man and Puneet Kumar. 2012. "Distribution Transformer with Amorphous-CRGE Core: An effort to reduce the cost of Amorphous Core Distribution Transformers", Journal of Engineering & Applied Sciences; Vol. 7 Issue 6:680

Moutafis, K.. 2007 "Saving Energy in Distribution Transformers" [Εξοικονόμηση ενέργειας στους μετασχηματιστές διανομής] Bs. diss., National Technical University of Athens.

Recycling Rates of Metals: A Status Report. 2011. International Recourse Panel, United Nations Environmental Programme.

Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. 1987. Documentation available: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

Rozga, Pawel. 2013. "Properties of new Environmentally Friendly Biodegradable Insulating Fluids for Power Transformers", Presented at 1st Annual International Interdisciplinary Conference, AIIC 2013, 24-26 April, Azores, Portugal.

Särneroth, Olle. 2001. "Insulation Materials". ABB. Report available at: <https://library.e.abb.com/public/d5b8bcd1a42b581885256d9100611f34/Insulation%20Materials.pdf> (Last visited April 2016)

Selecting Energy Efficient Distribution Transformers (SEEDT): A Guide for Achieving Least-Cost Solutions. 2009. Intelligence Energy, Europe.

Shaviv, N. and Veizer, J. 2003. “Celestial driver of Phanerozoic climate.” GSA Today July: 4-10

Smith Joel B., Stephen H. Schneider, Michael Oppenheimer, Gary W. Yohe, William Hare, Michael D. Mastrandrea, Anand Patwardhan, Ian Burton, Jan Corfee-Morlot, Chris H. D.

Targosz Roman, Frangiskos V. Trapalis. 2007. “Energy efficiency of distribution transformers in Europe”. Paper presented at the 9th International Conference: Electrical Power Quality and Utilization, Barcelona 9-11 October 2007.

Text on the Kyoto Protocol. 1992. Available:  
[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

Transformers: Basics, Maintenance, and Diagnostics. 2005. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation.

United Nations Conference on Environment and Development (Earth Summit). 1992.

United Nations environmental programme: Compendium of recycling and destruction technologies for waste oils. 2012. International Environmental Technology Centre.

United States Environmental Protection Agency. 2014. “Revisions to the PCB Q and A Manual”. Available: <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/pCBS/pubs/guidance.htm>

Van Tichelen, Paul, Eefje Peeters, Liesbet Goovaerts, Marcel Stevens, Theo Geerken, An Vercalsteren. 2011. “Final Report LOT 2: Distribution and power transformers: Tasks 1 – 7”. VITO, BIOIS.

Vaishya, Ravi Kumar, Shalini Vaishya & S.K. Bajpai. 2013. "Efficiency Improvements in Transformers by Adoption of New Magnetic Material" International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 3, Issue 3.

Watson, Jeremy D., Neville R. Watson, David Santos-Marin, Scott Lemon, Alan Wood, Alan Miller, 2014. "Low voltage network modeling" Paper presented at EEA Conference & Exhibition, At Auckland, New Zealand.

Yücel, O., Sahin F. I., Sirin B., Addemir, O.. 1999. "A reduction study of copper slug in a DC furnace" Scandinavian journal of metallurgy vol. 28: 93-99

**Πειραιάς**

**Ιούνιος - 2016**