



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Διερεύνηση και Αποτίμηση της Βιωσιμότητας Ενεργειακών  
Τεχνολογικών Επιλογών στο πλαίσιο της Κλιματικής  
Αλλαγής**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεωργία Ε. Κωνσταντακοπούλου

**Επιβλέπων :** Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Διερεύνηση και Αποτίμηση της Βιωσιμότητας Ενεργειακών  
Τεχνολογικών Επιλογών στο πλαίσιο της Κλιματικής  
Αλλαγής**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Γεωργία Ε. Κωνσταντακοπούλου

**Επιβλέπων :** Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 26<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2010.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Βασίλειος Ασημακόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010

.....  
Γεωργία, Ε. Κωνσταντακοπούλου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Γεωργία, Κωνσταντακοπούλου, 2010.

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 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 τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

# Περίληψη

Οι έντονες κλιματικές αλλαγές, η διεθνής ανησυχία για υπερθέρμανση του πλανήτη και η ολοένα αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας σε ολόκληρο τον κόσμο, με τις αντίστοιχες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθιστούν αναγκαιότητα τη λήψη δραστικών μέτρων. Ο τομέας παραγωγής ενέργειας είναι υπεύθυνος για τη μεγάλη πλειοψηφία των εκπομπών και ταυτόχρονα αντιπροσωπεύει τον τομέα με τις μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης εκπομπών. Στα πλαίσια αυτά είναι απαραίτητη η έρευνα, ανάπτυξη, εφαρμογή και διάδοση καινοτόμων τεχνολογιών τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Όμως οι τεχνολογικές επιλογές που προκύπτουν δεν είναι εξίσου κατάλληλες για όλες τις χώρες, αφού οι τεχνολογικές ανάγκες διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Επιπλέον, διαφορές μπορεί να υπάρχουν σε τεχνικούς, οικονομικούς παράγοντες, καθώς επίσης σε φυσικούς πόρους.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η παρουσίαση των παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για τη διερεύνηση και αποτίμηση της βιωσιμότητας των τεχνολογικών επιλογών στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής. Έμφαση δόθηκε στην αναλυτική περιγραφή καινοτόμων τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού. Πρόκειται για 26 τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού, όπου 2 αφορούν πυρηνικά εργοστάσια, ακολουθούν 10 τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη ορυκτά καύσιμα ή λιγνίτη, 6 φυσικό αέριο και τέλος παρουσιάζονται 8 τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Ακόμα, προτείνεται μια μεθοδολογία για την αποτίμηση των τεχνολογικών επιλογών με τη χρήση οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών δεικτών μέσω των οποίων ποσοτικοποιούνται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε τεχνολογίας στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε χώρας εφαρμογής. Οι δείκτες αυτοί είναι ιδιαίτερα σημαντικοί και καταρτίζονται από ομάδες αναλυτών, αποτελούν εισόδους σε πολυκριτηριακά συστήματα αποφάσεων και συμβάλλουν στην τελική επιλογή τεχνολογικών εφαρμογών.

Τέλος, στη διπλωματική αυτή πραγματοποιήθηκε ποσοτικοποίηση και συγκριτική παρουσίαση οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών δεικτών, για τις 26 καινοτόμες ενεργειακές τεχνολογικές επιλογές που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή, σε δύο ευρωπαϊκές χώρες, στη Γαλλία και στη Γερμανία.

**Λέξεις κλειδιά:** Κλιματική Αλλαγή, Βιώσιμη Ανάπτυξη, Βιώσιμες Ενεργειακές Τεχνολογίες, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ενεργειακοί Δείκτες,



# Abstract

The climate change, the international concern for the planet's temperature increase and the increasing energy consumption with the corresponding greenhouse gas emissions, necessitates appropriate measures adoption. The energy production sector is responsible for the majority of the emissions and represents the sector with the greatest capabilities for emission reduction. In this context research, development, deployment and diffusion of novel technologies are important for developed and developing countries. Although, the technological options that come up are not suitable for all countries since the technological needs of every country are different. Moreover, significant differences exist in technical and economical factors and in natural resources.

In this thesis, the main objective is the presentation of the factors that should be taken into account for the research and evaluation of the sustainability of the technological options under the climate change conditions. We emphasize on the description of novel technologies for electrical power production. In detail, 26 electrical power production technologies are described, where 2 are referring to nuclear power plants, 10 are referring to technologies employing mineral resources, 6 are employing natural gas and finally 8 technologies are employing renewable energy resources. Furthermore, an appropriate methodology for the evaluation of technological options is proposed employing economical, environmental and social indexes, quantifying through them the specific features of each technology under the unique conditions of deployment in each country. These indexes, provided by experts, are very important because they constitute the main inputs of a multi-criteria decision support system responsible for the selection of the best option.

Finally in this thesis, quantification and a comparative description of the 26 technologies are performed employing economical, environmental and social indexes for two European countries, Germany and France.

**Key Words:** Climate change, sustainable development, sustainable energy technologies, renewable energy resources, energy index.





# Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η αναλυτική περιγραφή καινοτόμων τεχνολογικών επιλογών στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που συμβάλλουν στη βιώσιμη ανάπτυξη. Επίσης γίνεται αναλυτική περιγραφή και ποσοτικοποίηση οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών δεικτών που διαφοροποιούνται ανάλογα με την τεχνολογική επιλογή και τη χώρα.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής ήταν ο Καθηγητής κ. Ι. Ψαρράς, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση αυτής και την δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Θα ήθελα τέλος, να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της διπλωματικής εργασίας και υποψήφια διδάκτορα Χ. Καρακώστα για την πολύτιμη υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Κωνσταντακοπούλου Ε. Γεωργία

Φεβρουάριος 2010



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup></b> .....	13
Εισαγωγή .....	13
1.1. Αντικείμενο και Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....	15
1.2. Φάσεις Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας .....	16
1.3. Δομή Διπλωματικής Εργασίας .....	19
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup></b> .....	23
Σύγχρονες Τεχνολογικές Ανάγκες και Κλιματική Αλλαγή.....	23
2.1. Τεχνολογικές ανάγκες απόρροιες της κλιματικής αλλαγής .....	25
2.2. Αξιολόγηση Τεχνολογικών Αναγκών .....	29
2.3. Επιτάχυνση Τεχνολογικής Ανάπτυξης, Εφαρμογής, Διάδοσης: Πλαίσια Δράσης ....	37
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup></b> .....	43
Περιγραφή Ενεργειακών Τεχνολογικών Επιλογών.....	43
3.1. Εισαγωγή .....	45
3.2. Πυρηνικές Τεχνολογίες .....	47
3.2.1 Αντιδραστήρας πεπιεσμένου ύδατος (EPR).....	47
3.2.2. Αντιδραστήρας ταχέων νετρονίων .....	48
3.3. Τεχνολογίες Άνθρακα και Λιγνίτη .....	50
3.4. Τεχνολογίες Άνθρακα και Λιγνίτη (Συνδυασμένος Κύκλος) .....	57
3.5. Τεχνολογίες με Φυσικό Αέριο.....	59
3.5.1. Αεριοστρόβιλος Συνδυασμένου Κύκλου (GTCC) .....	59
3.5.2. Μικρή Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (Συμπαράγωγή) .....	61
3.5.3. Κυψέλες Καυσίμων .....	62
3.6. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....	65
3.6.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση βιομάζας.....	65
3.6.2. Φωτοβολταϊκό πάρκο με μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου(Si) .....	67
3.6.3. Φωτοβολταϊκές διατάξεις ενσωματωμένες σε κτίρια.....	69
3.6.4. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακές θερμικές διατάξεις.....	71
3.6.5. Ανεμογεννήτριες .....	73
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup></b> .....	77
Ανάπτυξη Κατάλληλων Δεικτών Αποτίμησης Βιωσιμότητας Ενεργειακών Τεχνολογικών Επιλογών .....	77
4.1. Εισαγωγή .....	79
4.2 Ακολουθούμενη Μεθοδολογία.....	80
4.3. Επιλογή Βιώσιμων Τεχνολογιών και Ανάλυση των Χαρακτηριστικών τους.....	81
4.4. Ανάπτυξη και Παρουσίαση Κατάλληλων Δεικτών.....	82
4.4.1. Παρουσίαση Δεικτών .....	83
4.5 Εφαρμογή Προτεινόμενης Μεθοδολογίας – Συμπεράσματα .....	90
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup></b> .....	93
Μελέτες Περιπτώσεων Γαλλίας & Γερμανίας: Πιλοτική Εφαρμογή.....	93
5.1. Εισαγωγή.....	95
5.2. Παρουσίαση Δεικτών για Γαλλία και Γερμανία .....	95

5.3. Παρατηρήσεις – Σχόλια .....	98
<b>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup></b> .....	101
Συμπεράσματα και Προοπτικές.....	101
6.1. Συμπεράσματα.....	103
6.2. Προοπτικές .....	105
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	107
<b>Παράρτημα Α</b> .....	113
Αναλυτική Περιγραφή των Δεικτών .....	113
<b>Παράρτημα Β</b> .....	123
Αναλυτική Παρουσίαση Δεικτών Γαλλίας - Γερμανίας .....	123

# *Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>*

---

## Εισαγωγή



## 1.1. Αντικείμενο και Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης του τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Απόφασης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η ανάθεση του θέματος έγινε από τον κ. Ι. Ψαρρά, Καθηγητή της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ του ΕΜΠ.

Η *Βιώσιμη Ανάπτυξη (Sustainable Development)*, έννοια κλειδί για τον 21<sup>ο</sup> αιώνα δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί τόσο από τους επιστήμονες που ασχολούνται με θέματα ανάπτυξης και περιβάλλοντος όσο και από κάθε πολίτη που προβληματίζεται για την κατάσταση στο σύγχρονο κόσμο. Η βιώσιμη ανάπτυξη έχει πυροδοτήσει διαφωνίες σχετικά με την έννοια, την χρησιμότητα και την σκοπιμότητά της, αλλά όλοι συμφωνούν ότι αποτελεί την κοινή αφετηρία διαλόγου όλων των «ενδιαφερομένων μερών»: των εθνικών και τοπικών κυβερνήσεων, του Δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα όπως και των μη-κυβερνητικών οργανώσεων και των απλών πολιτών. Η βιώσιμη ανάπτυξη επηρεάζει σε μικρό ή σε μεγάλο βαθμό όλους τους παράγοντες της κοινωνίας, γιατί δεν πρόκειται για απλή περιβαλλοντική προστασία, αλλά για την σύγκλιση περιβαλλοντικών και αναπτυξιακών διαδικασιών που πρέπει να συντελεσθούν με αλλαγή του συστήματος αξιών.

Ο γνωστότερος ορισμός της βιώσιμης ανάπτυξης ανήκει αναμφισβήτητα στην πρωθυπουργό της Νορβηγίας Gro Harlem Brundtland. Ως πρόεδρος της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη η κ. Brundtland παρέδωσε στη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών, το 1987, την Αναφορά της με τίτλο «Το κοινό μας μέλλον» που είναι γνωστή ως “Brundtland report” στην οποία ορίζεται η βιώσιμη ανάπτυξη «ως η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες των σύγχρονων γενεών χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την ικανότητα των επόμενων γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες».

Στη Διεθνή Συνδιάσκεψη του Ρίο το 1992 από την οποία προέκυψε η Agenda 21, κείμενο βασισμένο στη συστημική μεθοδολογία, διατυπώθηκαν για πρώτη φορά και επίσημα οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Εκεί η βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται ως η ανάπτυξη που παρέχει μακροπρόθεσμα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη φροντίζοντας τις ανάγκες της παρούσας και των μελλοντικών γενεών.

Από την αρχή της εκμετάλλευσής της ενέργειας για την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων, δημιουργήθηκε η ανάγκη για τη συνεχή εξέλιξη της εκάστοτε τεχνολογίας που χρησιμοποιούνταν και την πλήρη αποκόμιση οφελών της. Έως και σήμερα αποτελεί το σημαντικότερο οικονομικό και κοινωνικό παράγοντα της ανάπτυξης των χωρών. Η αυξανόμενη ζήτηση της ενέργειας, η εξάντληση των φυσικών πόρων καθώς και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ώθησαν στη χρησιμοποίηση νέων, ανεξάντλητων και φιλικών στο περιβάλλον τεχνολογιών. Ο τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υπεύθυνος για τη μεγάλη πλειοψηφία των εκπομπών και αντιπροσωπεύει τον τομέα με τις μεγαλύτερες δυνατότητες, μείωσης εκπομπών και ταυτόχρονα βιώσιμης ανάπτυξης. Στα πλαίσια αυτά είναι απαραίτητη η έρευνα, ανάπτυξη, εφαρμογή και διάδοση καινοτόμων τεχνολογιών τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ανακύπτει όμως το πρόβλημα της αξιολόγησης των έργων για τη βιωσιμότητά τους και του καθορισμού της προτεραιότητας εφαρμογής τους σε κάθε χώρα υποδοχής. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται μέσω της TNA διαδικασίας.

Στόχος λοιπόν, της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αναλυτική παρουσίαση και αξιολόγηση εναλλακτικών έργων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και διερεύνηση της συνεισφοράς της κάθε τεχνολογίας στους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης της χώρας υποδοχής. Έμφαση θα δοθεί στη διαδικασία περιγραφής και παραμετροποίησης των παραγόντων που θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για την επιλογή των τεχνολογικών εφαρμογών και όχι στην τελική επιλογή. Δηλαδή εξετάζεται ο προσδιορισμός των δεικτών που μπορούν να αποτελέσουν εισόδους σε μια πολύ-κριτηριακή ανάλυση.

## 1.2. Φάσεις Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας

- **1<sup>η</sup> φάση:** Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και η ανάγκη για καινοτόμες προτάσεις
- Στην πρώτη φάση εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας γίνεται αναφορά στην κλιματική αλλαγή, την υπερθέρμανση του πλανήτη και τη διαρκή αύξηση της ενεργειακής ζήτησης. Τα γεγονότα αυτά καθιστούν την ανάπτυξη, εφαρμογή και εξάπλωση ενεργειακών τεχνολογικών επιλογών πιο επίκαιρες από ποτέ. Οι καινοτόμες επιλογές πρέπει να προσαρμόζονται στα ιδιαίτερα πλαίσια της εκάστοτε χώρας.



- **2<sup>η</sup> φάση:** *Παρουσίαση καινοτόμων τεχνολογικών επιλογών*

Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με καινοτόμες τεχνολογίες που είτε βρίσκονται σε στάδιο έρευνας και ανάπτυξης, είτε έχουν πρόσφατα εφαρμοστεί σε μικρή κλίμακα. Περιγράφεται η τεχνολογική διαδικασία και πρωτοπορία της κάθε τεχνολογικής επιλογής καθώς επίσης πλειάδα οικονομικών και τεχνικών δεδομένων. Επιπλέον γίνεται αναφορά στο σύνολο της τεχνολογικής διαδικασίας που απαιτείται για την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση του έργου. Τέλος εξετάζεται η επίδραση στο περιβάλλον, η κοινωνική αποδοχή, καθώς επίσης και οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι από τη διάδοση κάθε τεχνολογίας και την πιθανή εκτροπή της χρήσης της από τον πρωταρχικό της σκοπό.

- **3<sup>η</sup> φάση:** *Διερεύνηση οικονομικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών δεικτών*

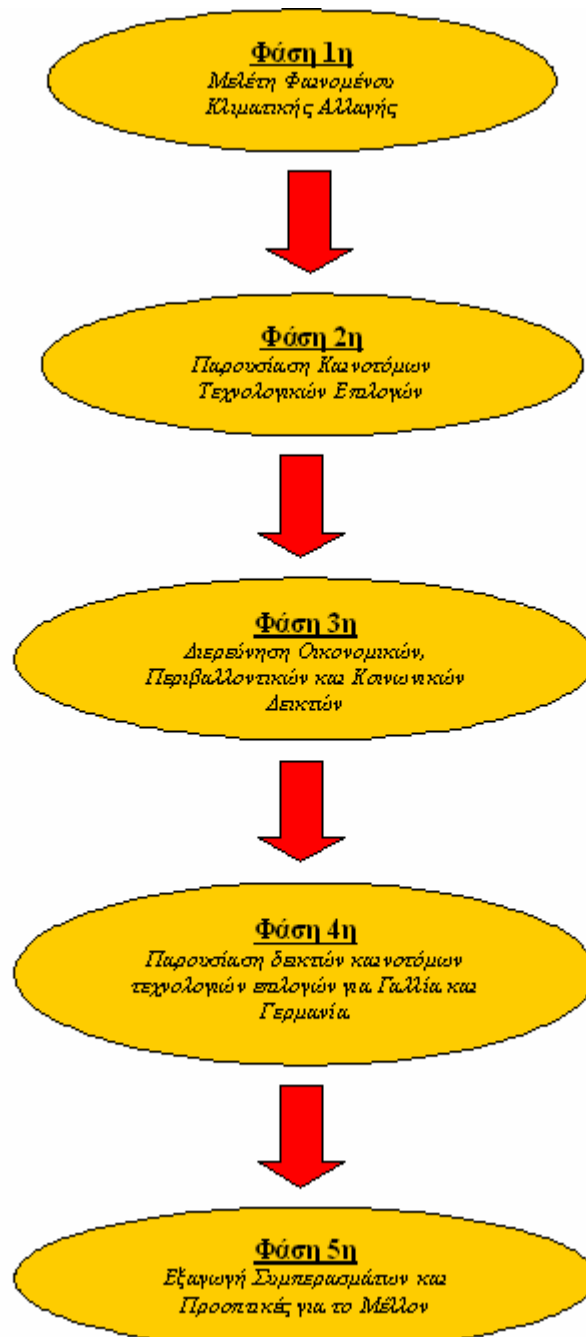
Στην 3<sup>η</sup> φάση συλλέχθηκαν πληροφορίες για το ποιοι είναι οι καθοριστικοί παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν και που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα μιας τεχνολογίας. Έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα επιλέχθηκαν 3 σημαντικοί τομείς με πληθώρα υποκατηγοριών ο καθένας. Οι τομείς αυτοί αφορούν το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία και ουσιαστικά εξετάζουν όλα τα πιθανά εμπόδια εφαρμογής μιας τεχνολογίας. Επιπλέον μπορούν να αποτελέσουν εισόδους σ' ένα πολυκριτηριακό σύστημα αποφάσεων. Δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή βιώσιμων τεχνολογιών και την απόδοση προτεραιότητας μεταξύ τους.

- **4<sup>η</sup> φάση:** *Παρουσίαση δεικτών καινοτόμων τεχνολογιών επιλογών για Γαλλία και Γερμανία*

Στη φάση αυτή γίνεται συγκριτική παρουσίαση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών δεικτών για τεχνολογικές εφαρμογές στη Γαλλία και στη Γερμανία. Εξετάζονται 2 ευρωπαϊκές χώρες διότι υπάρχουν περισσότερα βιβλιογραφικά δεδομένα που τις αφορούν. Επιπλέον οι υπό εξέταση τεχνολογικές επιλογές κατά πλειοψηφία δεν έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν. Οι αναπτυσσόμενες χώρες επιλέγονται συνήθως για μεταφορά, προσαρμογή ήδη υπαρχόντων τεχνολογικών, χωρίς αυτό να είναι δεσμευτικό.

- **5<sup>η</sup> φάση:** Εξαγωγή Συμπερασμάτων και Προοπτικές για το Μέλλον

Στην τελευταία φάση εξήχθησαν συμπεράσματα από το σύνολο της διαδικασίας που ακολουθήθηκε και εξετάστηκαν πιθανές προοπτικές εφαρμογής και επέκτασής της στο μέλλον.



Σχήμα 1.1: Φάσεις Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας

### **1.3. Δομή Διπλωματικής Εργασίας**

Αρχικά, δίδεται μια σύντομη περίληψη της διπλωματικής εργασίας, στην οποία παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια σημεία της. Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας περιεχομένων και το κύριο περιεχόμενο της διπλωματικής εργασίας, που αποτελείται από έξι κεφάλαια. Τέλος παρατίθενται η βιβλιογραφία και 2 παραρτήματα. Πιο κάτω περιγράφεται συνοπτικά το περιεχόμενο κάθε κεφαλαίου.

#### **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή**

Πρόκειται για το παρόν κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζεται συνοπτικά το θέμα της εργασίας, οι φάσεις εκπόνησης της και το περιεχόμενο κάθε κεφαλαίου.

#### **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Σύγχρονες Τεχνολογικές Ανάγκες και Κλιματική Αλλαγή**

Το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται ουσιαστικά σε 3 μικρότερα υποκεφάλαια. Το πρώτο από αυτά αναφέρεται στην κλιματική αλλαγή, στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στη διαρκή αύξηση της ενεργειακής ζήτησης. Για να αντιμετωπιστεί η πρόκληση που έχει ήδη αναλυθεί, δηλαδή η κάλυψη της ολοένα και αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης και η ταυτόχρονη μείωση των GHG εκπομπών χωρίς την δαπάνη υπέρογκων ποσών απαιτείται εντατική και εκτεταμένη ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών καθώς επίσης εκτεταμένη μεταφορά τεχνολογιών από αναπτυγμένες σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Στο δεύτερο γίνεται αναφορά στη διαδικασία αξιολόγησης τεχνολογικών αναγκών (TNA). Παρουσιάζονται ο σκοπός και οι στόχοι της TNA διαδικασίας, οι ομάδες που είναι υπεύθυνες για τη διεξαγωγή της και οι υπεύθυνοι που καλούνται να λάβουν αποφάσεις σύμφωνα με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν. Θα αναλυθεί η διαδικασία TNA σε επιμέρους βήματα και θα προσδιοριστούν παράγοντες σημαντικοί για τη συνολική θεώρηση της δεδομένης κατάστασης και την ορθότητα των τελικών αποτελεσμάτων. Επιπλέον γίνεται αναφορά στις δυσκολίες που αντιμετωπίζονται έτσι ώστε τεχνολογίες που βρίσκονται σε ερευνητικό στάδιο να υπερπηδήσουν συνήθη εμπόδια εμπορευματοποίησης και να εμφανισθούν στην αγορά.

Στο τρίτο υποκεφάλαιο παρουσιάζονται και επεξηγούνται τα στάδια της τεχνολογικής ανάπτυξης, εφαρμογής και διάδοσης για τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες είτε βραχυπρόθεσμα, είτε μακροπρόθεσμα. Ακολούθως οι δραστηριότητες για βελτίωση και επιτάχυνση της ανάπτυξης, εφαρμογής, εξάπλωσης των τεχνολογιών άμβλυνσης και προσαρμογής που έχουν τεθεί σε προτεραιότητα, έπειτα από ανάλυση για εύρεση του κατάλληλου περιβάλλοντος υλοποίησης, περιλαμβάνονται σε στρατηγική για επιτάχυνση της επίτευξης των χαμηλών εκπομπών άνθρακα στη χώρα και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια στοιχεία των εθνικών στρατηγικών.

### **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Σύγχρονες Τεχνολογικές Ανάγκες και Κλιματική Αλλαγή**

Το κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν περιγραφές 26 καινοτόμων τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον. Ειδικότερα οι τεχνολογίες θα παρουσιαστούν με βάση την τεχνική τους περιγραφή, τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες και το μίγμα που συνθέτει την τεχνολογική αλυσίδα για την παραγωγή ενέργειας. Επίσης θα παρουσιαστούν τα στοιχεία απόδοσης, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά καθώς και τα σχετικά οικονομικά στοιχεία παραγωγής για κάθε μια από τις μελετούμενες τεχνολογίες. Τέλος θα παρουσιαστεί η επίδραση στο περιβάλλον καθώς και οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι από τη διάδοση κάθε τεχνολογίας και η πιθανή εκτροπή της χρήσης της από τον πρωταρχικό της σκοπό.

### **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Ανάπτυξη κατάλληλων δεικτών για την αποτίμηση της βιωσιμότητας ενεργειακών τεχνολογικών επιλογών**

Κατά τη διεξαγωγή ενός TNA, για την αξιολόγηση βιωσιμότητας και ορθότερη απόδοση προτεραιότητας μεταξύ τεχνολογιών πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν ορισμένα αντικειμενικά κριτήρια ούτως ώστε οι τεχνολογικές προτάσεις να κριθούν βασιζόμενες σε αυτά. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια προσδιορισμού και ποσοτικοποίησης κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων. Δίνονται σαφείς ορισμοί του εκάστοτε κριτηρίου, οι μονάδες μέτρησής του και η βέλτιστη τιμή του.

### **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Πιλοτική Εφαρμογή**

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκε ποσοτικοποίηση και συγκριτική παρουσίαση των κριτηρίων που παρουσιάζονται αναλυτικά στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο για κάθε μια από τις 26

καινοτόμες τεχνολογίες που παρουσιάστηκαν στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο για 2 ευρωπαϊκές χώρες, τη Γαλλία και τη Γερμανία.

### **Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και Προοπτικές**

Το τελευταίο κεφάλαιο αφιερώνεται στην συνολική παρουσίαση των σημαντικότερων σημείων – συμπερασμάτων που προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη. Έπειτα πραγματοποιούνται κάποια σχόλια και παρατηρήσεις για τις προοπτικές που ανοίγονται στο μέλλον.

Τέλος, παρατίθενται οι Βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές στην έρευνα αυτή. Ακολουθούν τα παραρτήματα Α, Β. Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται οι ορισμοί των δεικτών για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενεργειακών τεχνολογικών επιλογών καθώς επίσης οι μονάδες μέτρησής τους και η βέλτιστη τιμή τους (min,max). Στο παράρτημα Β παρατίθενται οι τιμές των δεικτών του παραρτήματος Α για την Γαλλία και τη Γερμανία.



# *Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>*

---

## Σύγχρονες Τεχνολογικές Ανάγκες και Κλιματική Αλλαγή





## 2.1. Τεχνολογικές ανάγκες απόρροιες της κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή και η οξείδωση των ωκεανών που προκαλείται από αέρια του θερμοκηπίου (GHG) αποτελούν τα πιο σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κόσμος σήμερα. Σύμφωνα με την τέταρτη αναφορά αξιολόγησης της διακυβερνητικής επιτροπής για το κλίμα (International Panel on Climate Change), (IPCC, 2007) καμία χώρα και κανένα έθνος του κόσμου δε θα μείνει ανεπηρέαστο από την κλιματική αλλαγή και σε πολλές χώρες οι συνέπειες από τις ανθρώπινες δραστηριότητες θα είναι καταλυτικές εκτός και αν ληφθούν άμεσα μέτρα για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η συγκέντρωση GHG στην ατμόσφαιρα πρέπει να παραμείνει περίπου στο επίπεδο 450 σωματίδια ανά εκατομμύριο (ppm) έτσι ώστε να αποφευχθεί αύξηση της θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 2° C σε σχέση με την προ-βιομηχανική εποχή, αφού περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε μη αναστρέψιμες καταστροφές στο κλίμα του πλανήτη και στα οικοσυστήματα (IPCC, 2007).

Βέβαια υπάρχουν και επιστήμονες που παρουσιάζουν σενάρια χειρότερης περίπτωσης ακόμα πιο ανησυχητικά, σε σχέση με τις εκτιμήσεις του IPCC. Για παράδειγμα, στο συνέδριο της διεθνούς ένωσης πανεπιστημίων για έρευνα (IARU) με τίτλο: κλιματικές αλλαγές, παγκόσμιοι κίνδυνοι, προκλήσεις και αποφάσεις διατυπώθηκαν οι απόψεις που ακολουθούν. Σύμφωνα με πολλές παραμέτρους «κλειδιά» οι κλιματικές αλλαγές ήδη επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα, χάρις της οποίας οι κοινωνίες και οι οικονομίες αναπτύχθηκαν και ευδοκίμησαν.

Οι παράμετροι περιλαμβάνουν τη μέση θερμοκρασία, την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, την τήξη των πάγων, την οξείδωση των ωκεανών και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Υπάρχει σημαντική πιθανότητα ότι πολλές από τις προαναφερθείσες καταστάσεις θα διογκωθούν με την πάροδο του χρόνου και θα οδηγήσουν σε απότομη ή μη αναστρέψιμη κλιματική αλλαγή.

Επιπλέον, εκτός από τις εκπομπές GHG και τις κλιματικές αλλαγές σύμφωνα με αναφορά του διεθνούς ενεργειακού πρακτορείου (International Energy Agency) IEA) αναμένεται διπλασιασμός της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης μέχρι το 2030 (IEA, 2008).

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο διπλασιασμός της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης με τις επακόλουθες αυξήσεις στις εκπομπές CO<sub>2</sub> την ώρα που οι εκπομπές GHG πρέπει να μειωθούν για την αποφυγή μη αναστρέψιμων αλλαγών του κλίματος. Η ταυτόχρονη κάλυψη της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης και η μείωση των εκπομπών GHG μπορεί να επιτευχθεί με χρήση τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Πρόκειται για τεχνολογίες υλικού και γνώσης. Οι τεχνολογίες υλικού αφορούν τους τρόπους παραγωγής ενέργειας και οι τεχνολογίες γνώσης την αλλαγή συμπεριφοράς και ορθολογική χρήση της ενέργειας από το σύνολο της ανθρωπότητας



Σχήμα 2.1: Σχέση εκπομπών και ενεργειακής ζήτησης

Σύμφωνα με την αναφορά της ομάδας ειδικών μεταφοράς τεχνολογίας (Expert group on Technology Transfer (EGTT) με τίτλο: Μελλοντικές επιλογές για την ενίσχυση της ανάπτυξης, εφαρμογής και διάδοσης των τεχνολογιών της σύμβασης (EGTT, 2009), οι ανάγκες χρηματοδότησης των τεχνολογιών άμβλυνσης για την κλιματική αλλαγή εκτιμώνται από 262-670 δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο, ποσό 3 ή 4 φορές μεγαλύτερο από τα τρέχοντα παγκόσμια επενδυτικά προγράμματα. Για τις αναπτυσσόμενες χώρες το ποσό αυτό ανέρχεται σε 40-60% ή 105-402 δισεκατομμύρια δολάρια επιπλέον το χρόνο.

Την ίδια ώρα, είναι προτεραιότητα η μείωση της ευπροσβλητότητας κάθε χώρας από επιδράσεις οφειλόμενες στην κλιματική αλλαγή, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η βιωσιμότητα και η προστασία των οικοσυστημάτων. Για να επιτευχθεί η προσαρμοστικότητα κάθε χώρας στις μεταβολές απαιτούνται μέτρα ανάπτυξης υποδομών υλικών και γνώσης. Τομείς όπου

στρατηγικές προσαρμογής είναι απαραίτητες είναι οι ακόλουθοι: υγεία και κοινωνικά συστήματα, γεωργία, συστήματα παραγωγής και υποδομές όπως το ενεργειακό δίκτυο. Για την προσαρμογή τους στις επιδράσεις από την κλιματική αλλαγή ορισμένες αναπτυγμένες χώρες έχουν ήδη προβεί σε αξιολογήσεις χρήσιμες και για την ενημέρωση άλλων χωρών.

Επομένως, για την αποφυγή μη αναστρέψιμων αλλαγών άμεσα συνδεδεμένων με την κλιματική αλλαγή είναι ξεκάθαρο ότι η ανάπτυξη τεχνολογικών, πρακτικών και πολιτικών για άμβλυνση των GHG εκπομπών και η προσαρμογή σε αντίξοες επιδράσεις είναι μείζονος σημασίας. Αξίζει επιπλέον να σημειωθεί η άποψη ορισμένων ερευνητών ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα σε πράξεις ενίσχυσης της ενεργειακής τεχνολογικής ανάπτυξης και μεταφοράς και στην παροχή πηγών χρηματοδότησης που καθιστούν εφικτή την τεχνολογική μεταφορά (Bali Plan of Action, 2007).

Βέβαια δεν έχουν όλες οι χώρες τις απαραίτητες τεχνολογίες ή τη δυνατότητα να καινοτομήσουν για να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή. Οι χώρες αυτές που έχουν τεχνολογικές ελλείψεις είναι κυρίως οι αναπτυσσόμενες. Χρειάζεται να βοηθηθούν όχι μόνο για να υιοθετήσουν τις ήδη υπάρχουσες φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες, αλλά και για να αναπτύξουν την ικανότητα να ανακαλύψουν νέες τεχνολογίες και πρακτικές σε συνεργασία με άλλες χώρες. Η μεταφορά τεχνογνωσίας περιλαμβάνει όχι μόνο τη μεταφορά εξοπλισμού, αλλά και την εκμάθηση βελτιστοποιημένων πρακτικών, την παροχή πληροφοριών, την καλλιέργεια των ανθρώπινων δεξιοτήτων, ειδικά όσων κατέχουν εξειδικευμένες θέσεις ή είναι μηχανικοί. Η απόκτηση και κατανόηση εισαγόμενων τεχνολογιών και η περαιτέρω ανάπτυξή τους αποτελεί περίπλοκη διαδικασία και απαιτεί γνώσεις και προσπάθεια. Η πρόοδος της ανάπτυξης και μεταφοράς των τεχνολογιών άμβλυνσης και η προσαρμογή επιβλέπεται από τον οργανισμό UNFCCC SBSTA (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice), δηλ. το επικουρικό σώμα για επιστημονικές και τεχνολογικές συμβουλές, σε συνεργασία με τον EGTT που ασχολείται κυρίως με την ενίσχυση της τεχνολογικής μεταφοράς.

Από το 2004 και μετά ανεξάρτητες εταιρείες έρευνας αγοράς δραστηριοποιήθηκαν στη διεξαγωγή αναλύσεων τεχνολογικών θεμάτων για όλους τους τομείς εκπομπών GHG (ιδιαίτερα για τον τομέα παραγωγής ενέργειας) για να περιγράψουν τάσεις σ' ένα ταχέως εξελισσόμενο περιβάλλον. Οι εταιρείες αυτές προσφέρουν στους επαγγελματίες και τους

διαχειριστές τόσο του δημοσίου όσο και του ιδιωτικού τομέα, τις πιο σύγχρονες πληροφορίες που χρειάζονται για να λάβουν αποφάσεις και που ενδέχεται να χρησιμεύσουν στους εθνικούς φορείς που διεξάγουν TNA (αξιολόγηση τεχνολογικών αναγκών).

Για παράδειγμα: οι διεθνείς συμφωνίες για τον περιορισμό των εκπομπών και οι οικονομικές συμφωνίες, η αυξανόμενη επίγνωση της κλιματικής αλλαγής από τους διαμορφωτές πολιτικής, καθώς και οι προοπτικές υποχρεώσεων επιπλέον μείωσης των GHG εκπομπών έχουν σαν αποτέλεσμα την εφαρμογή καινοτόμων πολιτικών στις βιομηχανικές χώρες για την αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων τεχνολογιών ενέργειας και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών. Πλέον τα διαμορφούμενα πρότυπα για την προστασία του περιβάλλοντος, για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την ανάπτυξη πρωτοβουλιών μετρήσεων δικτύου και η αυξανόμενη επιθυμία των καταναλωτών για περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον ενεργειακές πρώτες ύλες οδηγούν τους ενεργειακούς παρόχους να στρέφονται στη χρήση ανανεώσιμης ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων.

Για να αντιμετωπιστεί η πρόκληση που έχει ήδη αναλυθεί, δηλαδή η κάλυψη της ολοένα και αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης και η ταυτόχρονη μείωση των GHG εκπομπών χωρίς την δαπάνη υπέρογκων ποσών απαιτείται εντατική και εκτεταμένη ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών. Παράλληλα με τις τεχνολογικές εξελίξεις υπάρχουν καινοτόμες χρηματοδοτικές λύσεις για τη μεταφορά της τεχνολογίας. Παρά την πρόοδο της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε ορισμένες χώρες, το ποσοστό που κατέχουν στην παγκόσμια αγορά είναι αμελητέο. Επιπλέον, αλλαγές μπορούν να γίνουν και σε ήδη υπάρχοντες υποδομές. Η επιλογή αυτή είναι οικονομικά πιο αποτελεσματική από ότι η κατασκευή νέας υποδομής παραγωγής ενέργειας. Οι ενεργειακά αποδοτικές επενδύσεις καθυστερούν αρκετά. Συνυπολογίζοντας τις τάσεις που περιγράφηκαν είναι γεγονός ότι έργα που αφορούν τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στη χρηματοδότηση και την εύρεση κεφαλαίου. Η εύρεση καινοτόμων χρηματοδοτικών επιλογών είναι αναγκαίο και ερευνάται επισταμένως έτσι ώστε να δοθούν κίνητρα για εισαγωγή κεφαλαίων του ιδιωτικού τομέα [Muller (2008), EGTT (2008)].

## 2.2. Αξιολόγηση Τεχνολογικών Αναγκών

Ο σκοπός του TNA είναι να προσδιορίσει, εκτιμήσει και να θέσει σε σειρά προτεραιότητας τεχνολογικές επιλογές για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης στις αναπτυσσόμενες χώρες, αυξάνοντας την προσαρμοστικότητα στην κλιματική αλλαγή και αποφεύγοντας επικίνδυνους ανθρωπογενείς παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτή. Σωστά σχεδιασμένο και εφαρμοσμένο ένα TNA μπορεί να επιτύχει πλειάδα επιπρόσθετων επιθυμητών αποτελεσμάτων. Ειδικότερα ενδέχεται να συνεισφέρει στην ενίσχυση των αναπτυσσόμενων χωρών για την απόκτηση περιβαλλοντικά βιώσιμων τεχνολογιών καλλιεργώντας σημαντικές διασυνδέσεις μεταξύ των συμμετεχόντων αναπτυσσόμενων χωρών για την υποστήριξη μελλοντικών επενδύσεων και περιορισμό των εμποδίων, διαδίδοντας τεχνολογία πρώτης προτεραιότητας μέσω των πιο σημαντικών παραγόντων της εθνικής οικονομίας. Επιπλέον ένα TNA βοηθάει στην απόκτηση ευρείας άποψης για τις τεχνολογικές ανάγκες μιας περιοχής ή ενός συνόλου κρατών, οπότε τα διεθνή προγράμματα τεχνολογικής υποστήριξης ή πρωτοβουλίες μπορεί να προσανατολισθούν σε μια πλειάδα γειτονικών κρατών ή σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η διαδικασία TNA αποτελεί βάση για προσδιορισμό περιβαλλοντικά βιώσιμων τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα (UNFCCC).

Όταν αξιολογούνται οι τεχνολογικές ανάγκες με έμφαση στη μείωση εκπομπών GHG και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι σημαντικό οι τεχνολογίες που θα επιλεγθούν να συμβαδίζουν με τις στρατηγικές ανάπτυξης της εκάστοτε χώρας. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι χωρίς να ληφθούν υπ' όψιν οι αναπτυξιακές προτεραιότητες της χώρας που θα γίνει η τεχνολογική εφαρμογή δεν θα υπάρξει βιώσιμη μεταφορά των τεχνολογιών ή ορθή χρήση των περιορισμένων πρώτων υλών. Επομένως πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν οι αναπτυξιακές ανάγκες και προτεραιότητες της εκάστοτε χώρας και στη συνέχεια να γίνει τεχνολογική αξιολόγηση. Οι προτεραιότητες αυτές θα σχηματιστούν λαμβάνοντας υπ' όψιν τις μακροπρόθεσμες οικονομικές και κοινωνικές τάσεις όπως την αυξημένη εκβιομηχάνιση και αστικοποίηση, εφ' όσον οι τάσεις αυτές έχουν επίδραση στις επακόλουθες τεχνολογικές επιλογές της εκάστοτε χώρας.

Άλλη μια σημαντική παράμετρος ενός TNA είναι ότι κατά τη δημιουργία σχεδίων και στρατηγικών για προσαρμογή και για διασφάλιση των μέγιστων αναπτυξιακών οφελών

πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν τόσο οι ήδη υπάρχουσες κλιματικές αλλαγές όσο και οι πιθανές μελλοντικές.

Μια ανάλυση που βασίζεται μόνο στις παρούσες κλιματικές συνθήκες είναι πιθανό να αποτύχει να θέσει σε προτεραιότητα τομείς που θα επηρεαστούν από μελλοντικές κλιματικές αλλαγές και τις αντίστοιχες τεχνολογικές ανάγκες. Για αυτό το λόγο προτείνεται η εκτίμηση της αναμενόμενης κλίμακας και του είδους των κλιματικών αλλαγών στη χώρα πριν αποδοθεί προτεραιότητα στις τεχνολογίες.

Για πολλές χώρες είναι ήδη γνωστές οι επιδράσεις από την κλιματική αλλαγή. Για παράδειγμα, στις εθνικές στρατηγικές ανάπτυξης πολλές χώρες περιγράφουν την ευπροσβλητότητά τους από μελλοντικές κλιματικές επιδράσεις. Κατά τη διάρκεια μιας ΤΝΑ διαδικασίας οι πληροφορίες αυτές θα συζητηθούν έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα ξεκάθαρο μακροπρόθεσμο πλαίσιο όπου θα περιλαμβάνονται οι επιδράσεις από την κλιματική αλλαγή.

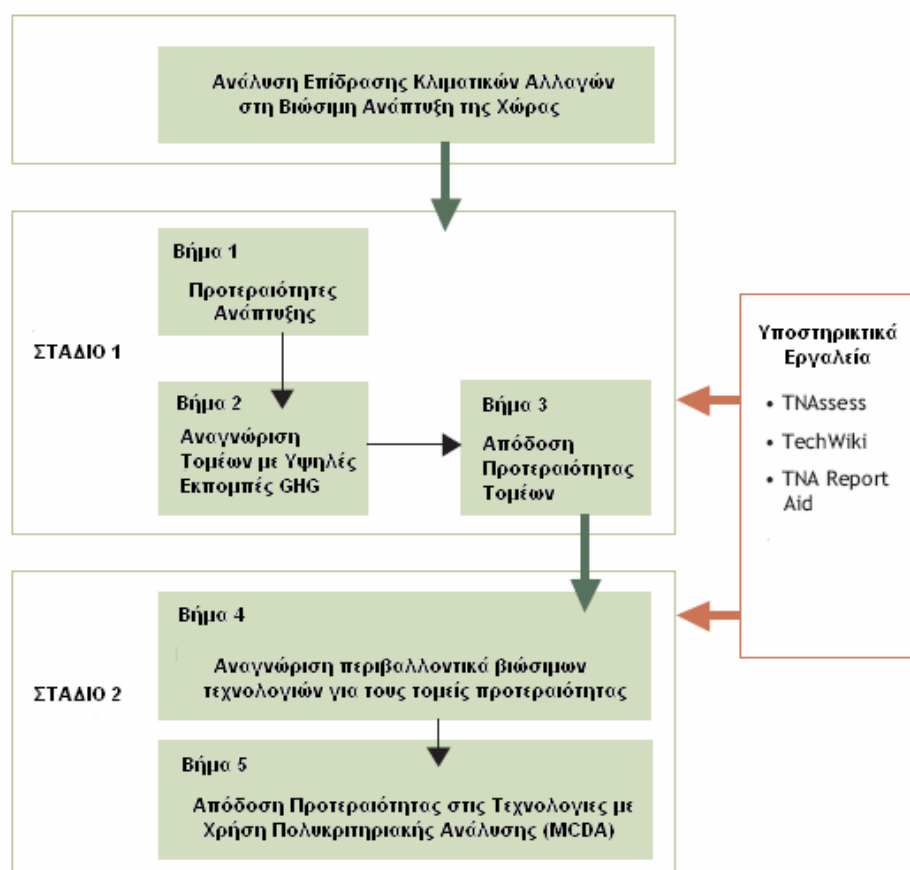
Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι τεχνολογικές ανάγκες διαφέρουν από χώρα σε χώρα, επομένως τεχνολογικές λύσεις πρέπει να δοθούν ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες της εκάστοτε χώρας. Συνεπώς οι τεχνολογικές λύσεις μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς επίσης μεταξύ των αναπτυσσόμενων και εκβιομηχανισμένων χωρών. Οι χώρες μπορεί να διαφέρουν σε τεχνικούς, οικονομικούς παράγοντες καθώς επίσης σε φυσικούς πόρους. Αξίζει να σημειωθεί ότι:

- Απαιτείται βελτιστοποίηση χρήσης των τοπικά διαθέσιμων φυσικών πόρων (τοπική βιομάζα, αυξημένη ηλιοφάνεια, μικρά υδροηλεκτρικά, χαμηλή ταχύτητα ανέμου).
- Η τεχνική πολυπλοκότητα περιορίζεται από τις δυνατότητες παραγωγής και συντήρησης των περιοχών που εξυπηρετούν.
- Η κάλυψη αναγκών γίνεται βάσει τοπικών εθίμων, τρόπου ζωής και πολιτιστικών δομών. Πρόκειται κυρίως για τεχνολογίες που απευθύνονται στον τελικό χρήστη.
- Η αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα καλύψει την εκτός δικτύου ενεργειακή ζήτηση και θα παρέχει εφεδρική ισχύ σε περιοχές με αναξιόπιστη τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος.

- Υπάρχει αντιστοίχιση κεφαλαιακού κόστους με την τοπική αγοραστική ικανότητα, ακόμα και αν αυτό οδηγεί σε μειωμένη απόδοση και λιγότερο εξελιγμένα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά.
- Η παροχή ενεργειακών υπηρεσιών οδηγεί σε ταυτόχρονη αντιμετώπιση και άλλων κρίσιμων κοινωνικών αναγκών (π.χ. η παραγωγή από βιομάζα ενισχύει την τοπική γεωργία).

Για την απόδοση προτεραιότητας μεταξύ τεχνολογικών επιλογών είναι σημαντικό να θεωρήσουμε πως τεχνολογίες ήδη υπάρχουσες και καινούργιες μπορούν να προσαρμοστούν και να χρησιμοποιήσουν τα οφέλη των προαναφερθέντων αναφορών.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται αρχικά συνοπτικά και μετέπειτα πιο αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθείται για την απόδοση προτεραιότητας σε τεχνολογίες.



Σχήμα 2.2: Στάδια Ανάλυσης Απόδοσης Προτεραιότητας

**Πίνακας 2.1: Ανάλυση πρώτου σταδίου διαδικασίας απόδοσης προτεραιότητας**

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΤΟΜΕΩΝ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ		
Βήματα	Περιγραφή	Αποτελέσματα
<b>Βήμα 1</b>	<b>Αναγνώριση προτεραιοτήτων ανάπτυξης</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Προτεραιότητα υπο το φώς της κλιματικής αλλαγής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λίστα προτεραιοτήτων ανάπτυξη που είναι συνεπείς και λαμβάνουν υπόψη τους περιβαλλοντικούς, τεχνικούς, οικονομικούς κινδύνους και αβεβαιότητες</li> </ul>
<b>Βήμα 2</b>	Αναγνώριση τομέων που έχουν σχέση με υψηλές εκπομπές ρύπων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λίστα τομέων - υποτομέων με υψηλές εκπομπές ρύπων</li> </ul>
<b>Βήμα 3</b>	Απόδοση προτεραιότητας (υπο)τομέων βάσει όρων ανάπτυξης και βιώσιμων προτεραιοτήτων άμβλυνσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τελική λίστα τομέων προτεραιότητας με μεγάλη συνεισφορά στη μείωση των εκπομπών ρύπων και τη βιώσιμη ανάπτυξη</li> </ul>

**Πίνακας 2.2: Ανάλυση δευτέρου σταδίου διαδικασίας απόδοσης προτεραιότητας**

## ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

Βήματα	Περιγραφή	Αποτέλεσμα
<b>Βήμα 4</b>	Αναγνώριση και χαρακτηρισμός τεχνολογιών σχετικών με τους τομείς προτεραιότητας <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Αναγνώριση Τεχνολογίας</li> <li>→ Εξοικείωση Τεχνολογίας</li> <li>→ Κατηγοριοποίηση Τεχνολογίας</li> </ul>	→ Ανασκόπηση τεχνολογιών ανά υποτομέα, κατηγοριοποιημένων ως έχουσες μικρή ή μεγάλη κλίμακα, βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη προσαρμοστικότητα με αιτιολόγηση επιλογής
<b>Βήμα 5</b>	Απόδοση προτεραιότητας για τις τεχνολογίες που αναγνωρίστηκαν για υλοποίηση για καθεμία από τις 4 κατηγορίες χαρτοφυλακίων τεχνολογίας <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Χρήση MCDA</li> <li>→ Αν οι λίστες των τεχνολογιών στις κατηγορίες του βήματος 5 καταστούν εκτενείς, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εργαλείο απόδοσης προτεραιότητας</li> </ul>	→ Τελικό χαρτοφυλάκιο των τεχνολογιών προτεραιότητας



### Η διαδικασία της τεχνολογικής εξοικείωσης



Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δραστηριότητες εξοικείωσης είναι ένα σημαντικό τμήμα στο Βήμα 4, συνίσταται να συνεχιστούν στο Βήμα 5 όπου μπορεί να υποστηριχθούν οι MCDA διαδικασίες

**Σχήμα 2.2: Σχηματική περιγραφή διαδικασίας τεχνολογικής εξοικείωσης**

Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα απόδοσης προτεραιότητας σε τεχνολογίες. Στο παράδειγμα αυτό γίνεται διαχωρισμός σε: περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές προτεραιότητες ανάπτυξης της χώρας.

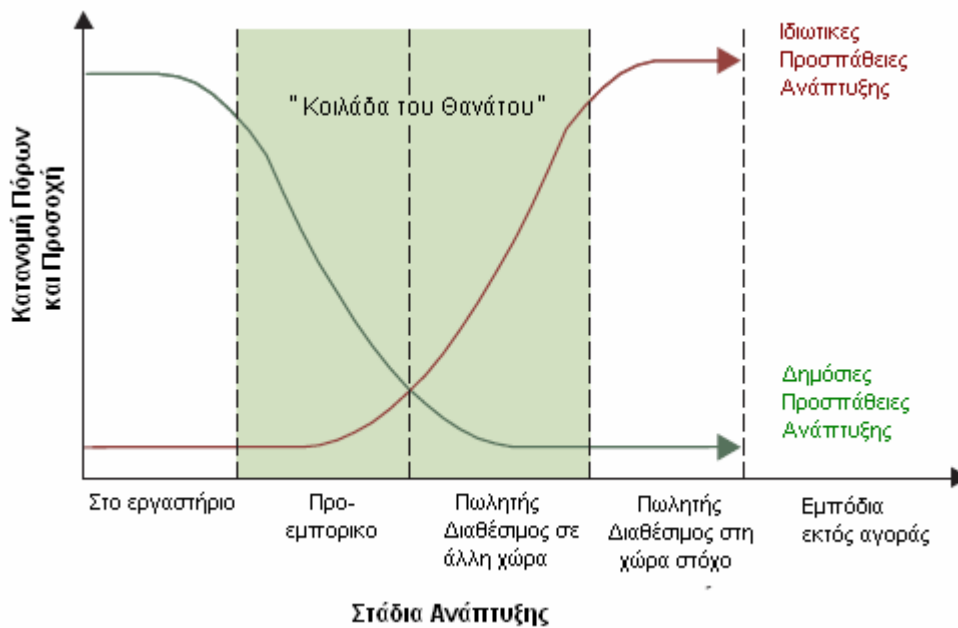
**Πίνακας 2.3: Παράδειγμα απόδοσης προτεραιοτήτων σε κάθε τομέα**

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 1	Μειωμένη μόλυση ατμόσφαιρας
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 5	Μειωμένη υποβάθμιση του εδάφους
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 8	Μειωμένη μόλυνση υδάτων
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 2	Αυξημένη ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 7	Βελτιωμένη απασχόληση
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 10	Οικονομικά προσιτός ενεργειακός εφοδιασμός
ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 3	Βελτιωμένες συνθήκες υγιεινής
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 6	Ανεπτυγμένη ενδυνάμωση
Προτεραιότητα Ανάπτυξης 9	Συνεισφορά στην εκπαίδευση

Επιπλέον το TNA μπορεί να αποδώσει προτεραιότητα σε τεχνολογίες που βασίζονται σε εθνικές αναπτυξιακές προτεραιότητες υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής αλλά οι τεχνολογίες αυτές να βρίσκονται ακόμα σε στάδιο Έρευνας και Ανάπτυξης (E&A) ή σε στάδιο πριν την εμπορευματοποίηση. Επομένως ένας διαχωρισμός πρέπει να υπάρξει μεταξύ τεχνολογιών σε βραχυπρόθεσμα διαθέσιμων (τεχνολογίες που έχουν αποδείξει την αξιοπιστία τους σε παρόμοιες συνθήκες αγοράς), σε μεσοπρόθεσμα (διαθέσιμες σε 5 χρόνια

στην αγορά) και σε μακροπρόθεσμα (τεχνολογίες που την παρούσα περίοδο βρίσκονται σε στάδιο E&A).

Ως παράδειγμα, το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει τα στάδια μιας τεχνολογίας από το ερευνητικό μέχρι το στάδιο εφαρμογής στην αγορά. Στο σχήμα διακρίνεται ο καταμερισμός εργασιών μεταξύ δημοσίου & ιδιωτικού τομέα, με τον πρώτο να δραστηριοποιείται κατά κύριο λόγο στο στάδιο E & A και τον δεύτερο κατά τη διάρκεια και μετά το προεμπορευματοποίησης στάδιο. Υπάρχουν προκλήσεις σε όλα τα στάδια, όμως οι πιο απαιτητικές αφορούν το “Valley of Death” αφού ούτε οι κυβερνήσεις, ούτε ο ιδιωτικός τομέας έχουν ξεκάθαρο κίνητρο ή μέσα για την ανάπτυξη της τεχνολογίας στο στάδιο αυτό, οπότε υποσχόμενες ιδέες μπορεί να μην υλοποιηθούν ποτέ.



Σχήμα 2.3: Επισκόπηση σταδίων ανάπτυξης τεχνολογίας από την έρευνα στην αγορά

Η “Valley of Death” αποτελεί ουσιώδες εμπόδιο για την έγκαιρη τεχνολογική εμπορευματοποίηση ανά τον κόσμο, αλλά κυρίως για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Εκτός από τα συνήθη εμπόδια εμπορευματοποίησης (π.χ. έλλειψη βιώσιμης CO<sub>2</sub> τιμής) υπάρχουν συγκεκριμένες συνθήκες στις αναπτυσσόμενες χώρες που καθιστούν την εμπορευματοποίηση των ενεργειακών τεχνολογιών ιδιαίτερα δύσκολη. Τα εμπόδια αυτά περιλαμβάνουν:

- Περιορισμένες τεχνικές ικανότητες για E & A, κατασκευή και υποστήριξη λειτουργίας και συντήρησης.
- Συνολικό κόστος επιχειρηματικής δραστηριότητας.
- Περιορισμένα δημόσια έξοδα για έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της ενέργειας.
- Ύπαρξη υποκατάστατων συμβατικών καυσίμων.
- Γενικότερες ρυθμιστικές συμφωνίες.
- Είσοδος στην αγορά.
- Θέματα πνευματικών δικαιωμάτων (IPR).
- Έλλειψη αξιόπιστης πιστοληπτικής ικανότητας.
- Πρόσβαση σε έγκαιρη χρηματοδότηση.
- Ύπαρξη λιγότερο ευκατάστατων καταναλωτών με απροθυμία να πληρώσουν για «πράσινα προϊόντα».

Ο πρωταρχικός σκοπός ενός TNA είναι η απόδοση προτεραιότητας στις τεχνολογικές επιλογές για την επίτευξη των αναπτυξιακών προτεραιοτήτων μιας χώρας με βιώσιμο τρόπο. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να δοθεί βαρύτητα σε τεχνολογίες με μικρές ή μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>. Οι συγκεκριμένοι στόχοι ενός TNA είναι οι ακόλουθοι:

- Προσδιορισμός αναπτυξιακών προτεραιοτήτων μιας χώρας βάσει των ήδη υπαρχόντων βιώσιμων αναπτυξιακών στρατηγικών και σχεδίων (όπως τομεακά σχέδια ανάπτυξης, σχέδια για τη γεωργία, στρατηγικές επιλογές για βιώσιμη ανάπτυξη παράκτιων και θαλάσσιων πόρων, σχέδια δράσης για βιώσιμη ανάπτυξη και άλλα σχέδια που αποτελούν σημαντικούς πρόδρομους της TNA διαδικασίας), εθνικών προγραμμάτων δράσης για προσαρμογή (National Adaptation Programs of Action NAPAs), εθνική επικοινωνία με το UNFCCC και στρατηγικών ανάπτυξης με χαμηλές εκπομπές άνθρακα.
- Προσδιορισμός των δεδομένων εισόδου της TNA διαδικασίας από κατάλληλη ομάδα συμμετεχόντων. Ανάπτυξη εύρωστου και διαφοροποιημένου δικτύου συμμετεχόντων για κάθε τομέα (τόσο ιδιωτικό, όσο και δημόσιο) για την ορθή διαχείριση των θεμάτων που αφορούν την τεχνολογική μεταφορά.

- Προσδιορισμός & χαρακτηρισμός των στρατηγικών τομέων για την αξιολόγηση της τεχνολογικής μεταφοράς που αντανακλούν τις εθνικές προτεραιότητες ανάπτυξης.
- Αναγνώριση και εξοικείωση με βιώσιμες τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα για την κάλυψη των εθνικών αναπτυξιακών αναγκών μέσω της επίδειξης και της λεπτομερούς πληροφόρησης για τις σχετικές τεχνολογίες.
- Επιλογή και απόδοση προτεραιότητας σε χαρτοφυλάκιο τεχνολογιών κατηγοριοποιημένων με όρους μικρής και μεγάλης κλίμακας, βραχείας και μέσο-μακροπρόθεσμης διαθεσιμότητας στο πλαίσιο των εθνικών αναπτυξιακών αναγκών, της διαθεσιμότητας των πόρων και των ευκαιριών της αγοράς.
- Επιτάχυνση καινοτομίας και διάδοσης των τεχνολογιών μέσω προσδιορισμού των δραστηριοτήτων για ανάπτυξη και υποστήριξη ικανών πλαισίων, περιλαμβάνοντας τον προσδιορισμό των ευκαιριών για διεθνείς τεχνολογικές συνεργασίες. Οι συνεργασίες αυτές βοηθούν τις αναπτυσσόμενες χώρες να συμμετάσχουν πιο ενεργά στη διαδικασία σχεδιασμού και στις δοκιμές των νέων τεχνολογιών «χαμηλού» άνθρακα. Αυτό θα βελτιώσει την ικανότητά τους για την εφαρμογή των τεχνολογιών μακροπρόθεσμα.
- Ανάπτυξη στρατηγικών σε εθνικό, τομεακό και τεχνολογικό επίπεδο για την υλοποίηση και επιτάχυνση της ανάπτυξης, εφαρμογής και διάδοσης των τεχνολογιών σε προτεραιότητα για άμβλυση και προσαρμογή.
- Δημιουργία αναφοράς όπου περιληπτικά αναφέρονται τα αποτελέσματα της προσπάθειας μαζί με σημαντικές πληροφορίες για τις τεχνολογίες που επιλέχθηκαν ως «υψηλής προτεραιότητας». Καθώς επίσης συγκεκριμένες πληροφορίες για άμεση δέσμευση και συμμετοχή των παρόχων τεχνολογίας και των ανθρώπων που είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη του έργου.

Η TNA διαδικασία διαχειρίζεται από μια εθνική ομάδα σε συνεργασία με πλειάδα συμμετεχόντων. Οι ερευνητές επιλέγονται με βάση την εμπειρία και τις γνώσεις τους και καλούνται να αποδώσουν προτεραιότητα στις τεχνολογίες. Το κύριο πόρισμα ενός TNA είναι η απόδοση προτεραιότητας σε τεχνολογίες άμβλυσης, προσαρμογής και η στρατηγική για επιτάχυνση της ανάπτυξης, εφαρμογής, διάδοσης των τεχνολογιών αυτών στη χώρα. Το πόρισμα αυτό ακολούθως μεταφέρεται στους ανθρώπους που λαμβάνουν

μέρος στη φάση της πραγματικής εφαρμογής (κοινότητες, αναλυτές σχεδίου, εθνικές και τοπικές κυβερνήσεις). Πρέπει να επισημανθεί η διαφοροποίηση ανάμεσα στη λήψη τεχνολογικών επιλογών κατά τη διάρκεια της τεχνολογικής διαδικασίας και τη φάση τεχνολογικής υλοποίησης που ακολουθεί την τεχνολογική διαδικασία. Βέβαιοι ορισμένοι συμμετέχοντες μπορούν να πάρουν μέρος και στις δυο φάσεις.

### **2.3. Επιτάχυνση Τεχνολογικής Ανάπτυξης, Εφαρμογής, Διάδοσης: Πλαίσια Δράσης**

Η επιτυχής ανάπτυξη και μεταφορά τεχνολογιών καθώς και η έγκαιρη υιοθέτησή τους αποτελούν πολύπλοκες διαδικασίες. Για την υλοποίηση αυτή απαιτούνται συγκεκριμένες εθνικές δομές, καθώς επίσης πάροχοι τεχνολογίας, ιδιώτες αναλυτές οι οποίοι εργαζόμενοι σύμφωνα με κανονισμούς και πολιτικές και χρησιμοποιώντας πληθώρα παρεχόμενων υπηρεσιών αγοράς, όπως ασφαλιστικές πρακτικές, E & A, οικονομικές υπηρεσίες θεμελιώνουν τη λειτουργία του συστήματος.

Η τεχνολογική μεταφορά εξαρτάται από την τεχνολογία και το πλαίσιο της εκάστοτε χώρας. Για παράδειγμα, μικρής κλίμακας έργα αποτελούν σημαντικό κομμάτι της οικονομίας των αναπτυσσόμενων χωρών και τείνουν να έχουν αρκετούς παίκτες στην αλυσίδα μεταφοράς, την ώρα που μεγαλύτερης κλίμακας τεχνολογίες τείνουν να έχουν μικρό αριθμό παικτών αγοράς (ENTTRANS, 2008). Μια τεχνολογία είναι κατάλληλη για τις συνθήκες μιας χώρας όταν η τεχνολογία μπορεί να προσαρμοστεί έτσι ώστε να ταιριάζει στις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη χώρα και στα εμπόδια που η εκάστοτε χώρα παρουσιάζει στην αλυσίδα εφοδιασμού.

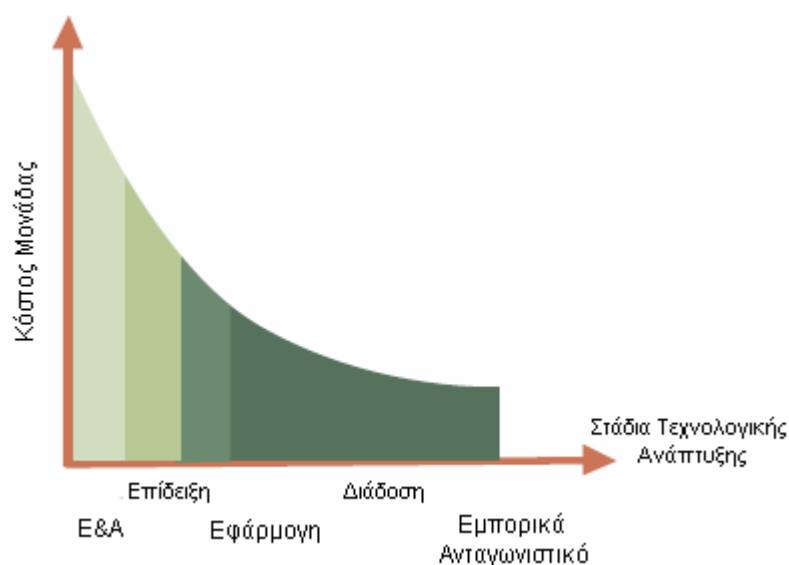
Καινοτομίες τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα μπορούν να αναπτυχθούν σε μια χώρα μεμονωμένα ή με μεταφορά τεχνολογίας μεταξύ χωρών. Στη δεύτερη περίπτωση απαιτούνται διεθνείς συμπράξεις και συνεργασίες κατά μήκος της αλυσίδας καινοτομίας, ειδικά στο σχεδιασμό και στις δοκιμές για την επιβεβαίωση ότι οι τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών είναι κατάλληλες και μπορούν να συμβάλλουν στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Συνεπώς θα αυξηθούν οι πιθανότητες βιώσιμης ανάπτυξης χάρη στη μεταφορά και υιοθέτηση τεχνολογιών. Τα οφέλη είναι πολλαπλά, όπως η ανάπτυξη δυναμικότητας, η

αύξηση ευκαιριών για εργασία και η βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί για την ενίσχυση των εθνικών «τεχνικών ικανοτήτων» για επιλογή, υιοθέτηση, αγορά, διαχείριση των κατάλληλων τεχνολογιών. Για την τεχνολογική καινοτομία και ανάπτυξη είναι προτεινόμενη η συμμετοχή των αναπτυσσόμενων χωρών από την αρχή της διαδικασίας ακολουθώντας το παράδειγμα Βραζιλιάνων επιστημόνων και τη συνεισφορά τους σε έργα βιοκαυσίμων και Κινέζων που συνεισέφεραν σε κατασκευαστικές εφαρμογές ηλιακές και αιολικές.

Τα στάδια που απαιτούνται για μια τεχνολογική καινοτομία είναι:

- Έρευνας & Ανάπτυξης (E & A).
- Επίδειξη. Τα πρωτότυπα έχουν κατασκευαστεί και έχει αποδειχθεί η αποτελεσματικότητά τους, απομένει μια τελευταία δοκιμή πριν την
- Εφαρμογή στην αγορά
- Διάδοση της τεχνολογίας στην αγορά σε επαρκείς αριθμούς, έτσι ώστε η κατασκευή και πώληση να είναι εμπορικά ανταγωνιστική.

Οι περιγραφές αυτές είναι σε γενικές γραμμές αφού στην πράξη αποτελούν αδιάσπαστη αλληλουχία όπου τα όρια μεταξύ τους εξαρτώνται από την εκάστοτε τεχνολογία και συνθήκες. Συνήθως περιγράφεται ως καμπύλη μάθησης για την τεχνολογική καινοτομία και παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 2.4: Καμπύλη μάθησης τεχνολογικής καινοτομίας

Οι τεχνολογίες με προτεραιότητα για άμβλυνση και προσαρμογή πλέον θα αναλυθούν υπό το πρίσμα των συνθηκών υλοποίησής τους στην εκάστοτε χώρα. Δηλαδή οι τεχνολογίες με προτεραιότητα που επιλέχθηκαν λόγω της μεγαλύτερης συμβολής τους στη βιώσιμη ανάπτυξη της χώρας σε συνδυασμό με σημαντικές μειώσεις των εκπομπών GHG (τεχνολογιών άμβλυνσης) ή λόγω της ευκολίας προσαρμογής σε κλιματικές αλλαγές (τεχνολογίες προσαρμογής), θα εξεταστούν σύμφωνα με τις ανάγκες για επιτυχή εφαρμογή τους και το ρόλο που θα διαδραματίσουν για το μέλλον της χώρας.

Επομένως πρέπει να εξεταστεί το κατάλληλο περιβάλλον με την ευρεία έννοια για την εφαρμογή των τεχνολογιών που βρίσκονται σε προτεραιότητα. Παρουσιάζονται επιλογές ως προς την:

- a. Υλοποίηση προγραμμάτων δραστηριοτήτων ενός συγκεκριμένου τομέα.
- b. Υλοποίηση προγραμμάτων δραστηριοτήτων μεταξύ τομέων.
- c. Υλοποίηση προγραμμάτων δραστηριοτήτων σε εθνικό επίπεδο για ανάπτυξη της τεχνολογικής καινοτομίας και υπέρβαση των εμποδίων για τις επιλεγμένες τεχνολογίες.
  - στο στάδιο E & A
  - στο στάδιο εφαρμογής
  - στο στάδιο διάδοσης

Οι συνθήκες υλοποίησης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν οι τεχνολογίες θα είναι διαθέσιμες βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Ο διαχωρισμός αυτός πρέπει να γίνει για κάθε τομέα. Έπειτα θα αναλυθούν για τις τεχνολογίες αυτές ποιες διαδικασίες είναι απαραίτητες για τη βελτίωση και επιτάχυνση της προόδου της τεχνολογικής εφαρμογής για τη λειτουργία στη χώρα.

Επιπλέον πρέπει να δοθεί προσοχή και στις τεχνολογίες γνώσης και την εισαγωγή τους. Στη συνέχεια θα παρουσιασθεί πως οι τεχνολογίες που θα αναφερθούν μπορούν να ενσωματωθούν σε στρατηγική για την ταχύτερη επίτευξη των επιθυμητών περιορισμών σε εκπομπές άνθρακα.

Για όλες τις κατηγορίες τεχνολογιών, δηλαδή για τις τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες βραχυπρόθεσμα, μακροπρόθεσμα, τις τεχνολογίες γνώσης προτείνεται να αναλυθούν οι απαραίτητες διαδικασίες για κάθε τεχνολογία και κάθε τομέα σύμφωνα με τα εξής 3 πεδία.

- *Επιτάχυνση της ανάπτυξης: Έρευνα και Ανάπτυξη*

Για όλες τις κατηγορίες τεχνολογιών απαιτούνται διαδικασίες E & A είτε για την υποστήριξη βασικής έρευνας για μακροπρόθεσμα υποσχόμενες τεχνολογίες που βρίσκονται στο στάδιο E & A στο στάδιο εφαρμογής, είτε για ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες που χρειάζεται να προσαρμοστούν και να διαδοθούν στη χώρα. Προτείνονται διεθνείς συνεργασίες με αναπτυσσόμενες χώρες για την ενίσχυση της ικανότητάς τους για E & A και των δραστηριοτήτων τους.

- *Επιτάχυνση τεχνολογικής εφαρμογής σε μια χώρα*

Η εφαρμογή επιτυγχάνεται κυρίως μέσω του ιδιωτικού τομέα. Υπάρχει η πεποίθηση ότι η διαδικασία πρέπει να είναι απλή για επενδυτές και χρήστες σε παράγοντες όπως η χρηματοδότηση, η περαιτέρω εξοικείωση με την τεχνολογία, ο τρόπος μεταφοράς και σε άλλες πρακτικές που σχετίζονται με αλυσίδες προμηθειών και προγράμματα ανάπτυξης δεξιοτήτων. Με την πεποίθηση αυτή τίθεται ζήτημα πνευματικών δικαιωμάτων Intellectual Property Rights (IPR). Η προστασία των IPR και η συνεργασία γι' αυτό το σκοπό είναι θεμελιώδης για τη βιώσιμη τεχνολογική μεταφορά. Επιπλέον διεθνείς συνεργασίες για την ανάπτυξη τεχνολογικών δεξιοτήτων αποτελούν παράγοντα «κλειδί». Τέλος η εισαγωγή των τεχνολογιών υπό συζήτηση στην αγορά εξαρτάται από το κόστος τους, τη ζήτηση που θα έχουν και τη διαθεσιμότητα χρήματος.

- *Επιτάχυνση τεχνολογικής διάδοσης σε μια χώρα*

Η επιτάχυνση της τεχνολογικής διάδοσης σε μια χώρα απαιτεί θεώρηση του συνολικού συστήματος, περιλαμβάνοντας το κατάλληλο «περιβάλλον» θεσμών, πολιτικών και κανονισμών γύρω από τη μεταφορά, την αλυσίδα αγοράς για τον εκάστοτε τομέα και τις υποστηρικτικές δραστηριότητες που επιτρέπουν τη λειτουργία της αγοράς. Ακολουθείται δηλαδή η προσέγγιση της αγοράς όπως παρουσιάστηκε από τους Albu και Griffith (2005)

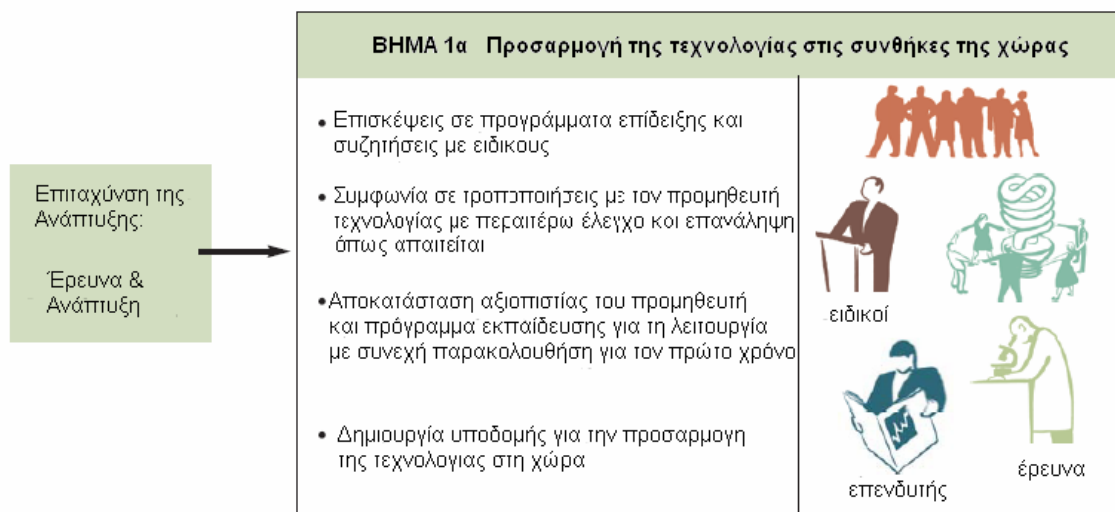


που χωρίζει την τεχνολογική διάδοση σε 3 μέρη: το περιβάλλον επιχειρηματικής δραστηριοποίησης, την αλυσίδα αγοράς και υποστηρικτικές υπηρεσίες αγοράς.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στάδια τεχνολογικής ανάπτυξης για βραχυπρόθεσμα και μέσο-μακροπρόθεσμα διαθέσιμες τεχνολογίες.

Πίνακας 2.4: Στάδια Ανάπτυξης Τεχνολογιών σε σχέση με την χρονική τους εξέλιξη

Στάδια Τεχνολογικής Ανάπτυξης	Τεχνολογία διαθέσιμη:	
	Βραχυπρόθεσμα	Μέσο προς Μακροπρόθεσμα
<b>Βήμα 1:</b> Τεχνολογική Ανάπτυξη	Βήμα 1α: Προσαρμογή της τεχνολογίας στις συνθήκες της χώρας	Βήμα 1β: Προσαρμογή της τεχνολογίας στις συνθήκες της χώρας  Βήμα 1γ: Αναγνώριση δραστηριοτήτων μιας στρατηγικής
<b>Βήμα 2:</b> Τεχνολογική Εφαρμογή	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βήμα 2α: Ανάπτυξη δικτύων και διασποράς πληροφοριών και ανάπτυξη επίγνωσης</li> <li>• Βήμα 2β: Εξοικείωση με τις νέες τεχνολογίες</li> <li>• Βήμα 2γ: Χρηματοδότηση μοντέλου για ελαχιστοποίηση κινδύνου από υλοποίηση της τεχνολογίας</li> <li>• Βήμα 2δ: Κατάλληλο μοντέλο για μετάδοση τεχνολογίας ή συνεργασία</li> <li>• Βήμα 2ε: Εκπαίδευση υποστηρικτικών δεξιοτήτων</li> </ul>	
<b>Βήμα 3:</b> Διάδοση Τεχνολογίας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βήμα 3α: Διαμόρφωση δικτύου: αρχική χαρτογράφηση της αγοράς</li> <li>• Βήμα 3β: Τύπος μεταφοράς</li> <li>• Βήμα 3γ: Χαρτογράφηση εθνικού συστήματος αγοράς για την αναγνώριση εμποδίων και αναποτελεσματικότητας.</li> <li>• Βήμα 3δ: Κατάλληλο μοντέλο για μετάδοση τεχνολογίας ή συνεργασία.</li> </ul>	



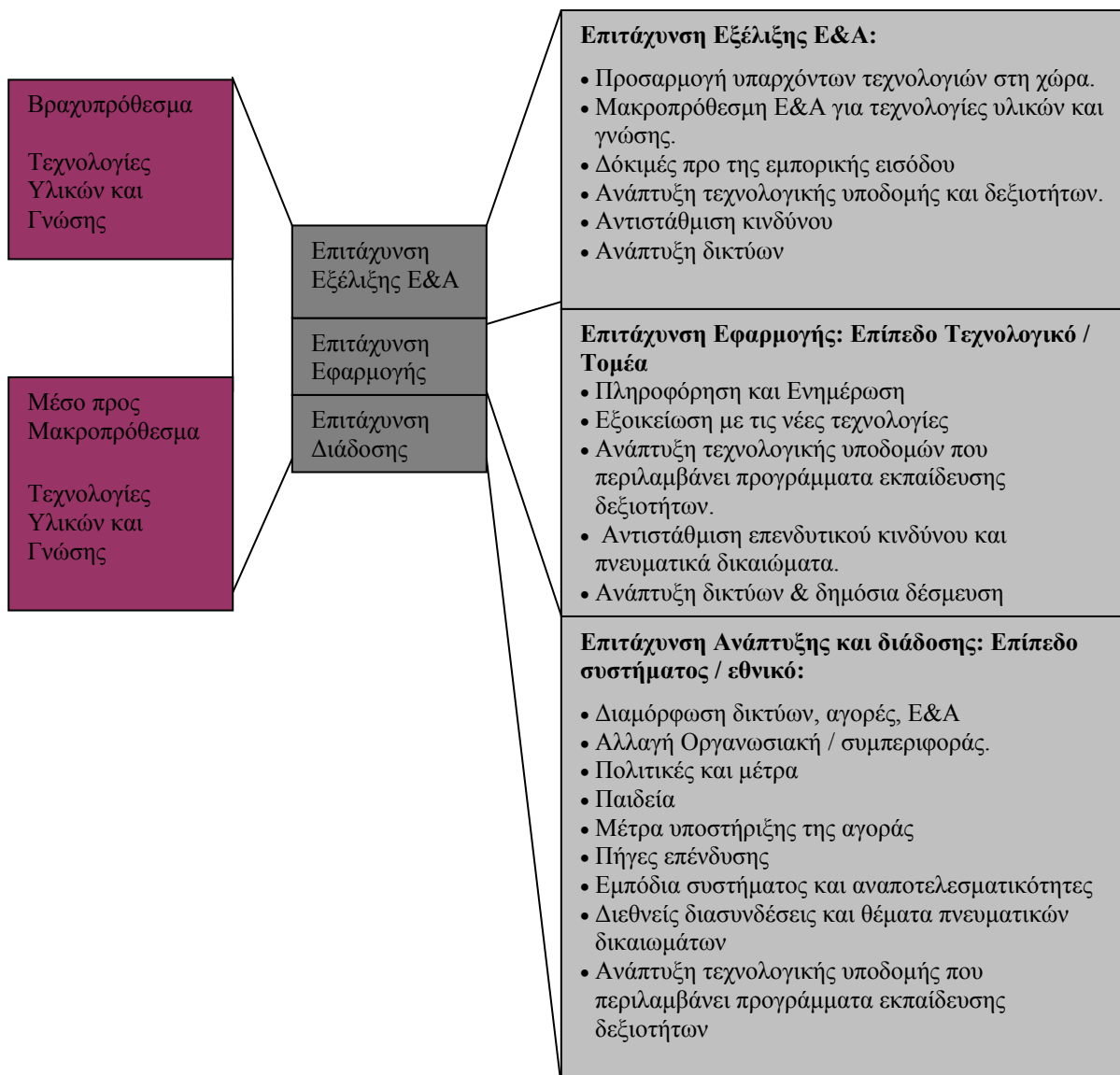
Σχήμα 2.5: Σχηματική περιγραφή του πρώτου σταδίου για την προσαρμογή της τεχνολογίας στις ανάγκες μιας χώρας σε βραχυπρόθεσμο διάστημα

Όπως έχει επισημανθεί και νωρίτερα, οι τεχνολογίες που έχουν τεθεί σε προτεραιότητα για κάθε μια από τις 4 κατηγορίες (βραχυπρόθεσμα, μακροπρόθεσμα διαθέσιμες, μικρής ή

μεγάλης κλίμακας, για κάθε τομέα) αποτελούν τις εισόδους δεδομένων για την ανάλυση, δηλαδή για το πώς η υιοθέτηση τεχνολογιών άμβλυνσης ή η προσαρμογή μέτρων πρέπει να αναπτυχθούν επιτυχώς στο πλαίσιο της χώρας που θα φιλοξενήσει τις εκάστοτε τεχνολογίες.

Στη συνέχεια οι δραστηριότητες για βελτίωση και επιτάχυνση της ανάπτυξης, εφαρμογής, εξάπλωσης των τεχνολογιών άμβλυνσης και προσαρμογής που έχουν τεθεί σε προτεραιότητα, έπειτα από ανάλυση για εύρεση του κατάλληλου περιβάλλοντος υλοποίησης, μπορούν να περιληφθούν σε στρατηγική για επιτάχυνση της επίτευξης των χαμηλών εκπομπών άνθρακα στη χώρα. Τα κύρια στοιχεία των εθνικών στρατηγικών για άμβλυνση και προσαρμογή παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Σχήμα 2.6: Κύρια στοιχεία εθνικών στρατηγικών επιτάχυνσης άμβλυνσης και προσαρμογής και ανάπτυξης δυναμικότητας**



# *Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>*

---

## Περιγραφή Ενεργειακών Τεχνολογικών Επιλογών



### 3.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια οι κοινωνικοοικονομικές μεταβολές σε συνδυασμό με το διεθνές κλίμα ανησυχίας για τις τιμές των καυσίμων και την μόλυνση του περιβάλλοντος επέδρασαν σημαντικά στην αγορά και στις τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανάγκη για προώθηση νέων μοντέλων ανάπτυξης μέσα από τις τεχνολογίες παραγωγής και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας επιβάλλουν τη μελέτη και επανεξέταση όλων των υφιστάμενων λύσεων (παραδοσιακές τεχνολογίες, ΑΠΕ, πυρηνική ενέργεια, κυψέλες καυσίμων). Θα πρέπει να τονίσουμε ιδιαίτερα τη σημασία των φαινομένων της μόλυνσης του περιβάλλοντος και την ανάγκη εξεύρεσης πράσινων λύσεων στον χώρο της ενέργειας. Έτσι λοιπόν στο κεφάλαιο αυτό θα προχωρήσουμε σε μια επισκόπηση και συνοπτική παρουσίαση των περισσότερων διαθέσιμων σήμερα τεχνολογιών για την παραγωγή ενέργειας υπό το πρίσμα συγκεκριμένων κριτηρίων.

Ειδικότερα οι τεχνολογίες θα παρουσιαστούν με βάση την τεχνική τους περιγραφή, τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες και το μίγμα που συνθέτει την τεχνολογική αλυσίδα για την παραγωγή ενέργειας. Επίσης θα παρουσιαστούν τα στοιχεία απόδοσης, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά καθώς και τα σχετικά οικονομικά στοιχεία παραγωγής για κάθε μια από τις μελετούμενες τεχνολογίες. Τέλος θα παρουσιαστεί η επίδραση στο περιβάλλον καθώς και οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι από τη διάδοση κάθε τεχνολογίας και η πιθανή εκτροπή της χρήσης της από τον πρωταρχικό της σκοπό. Πρόκειται για 26 τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού. Οι 2 πρώτες αφορούν πυρηνικά εργοστάσια, ακολουθούν 10 τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη ορυκτά καύσιμα άνθρακα ή λιγνίτη, 6 φυσικό αέριο και τέλος θα παρουσιαστούν 8 τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα:

#### *Πυρηνικές Τεχνολογίες*

- Αντιδραστήρας πεπιεσμένου ύδατος (EPR)
- Αντιδραστήρας ταχέων νετρονίων (EFR)

#### *Τεχνολογίες Άνθρακα και Λιγνίτη*

- Καύση άνθρακα

- Καύση άνθρακα με μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> μετά την καύση (post-combustion)
- Καύση άνθρακα με μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> με εισαγωγή οξυγόνου (oxy-fuel combustion)
- Καύση λιγνίτη
- Καύση λιγνίτη με μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> μετά την καύση (post-combustion)
- Καύση λιγνίτη με μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> με εισαγωγή οξυγόνου (oxy-fuel combustion)

#### *Τεχνολογίες Άνθρακα και Λιγνίτη (Συνδυασμένος Κύκλος)*

- Καύση άνθρακα (συνδυασμένος κύκλος)
- Καύση άνθρακα (συνδυασμένος κύκλος) με μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub>
- Καύση λιγνίτη
- Καύση λιγνίτη (συνδυασμένος κύκλος) με μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub>

#### *Τεχνολογίες με Φυσικό Αέριο*

- Αεριοστρόβιλος συνδυασμένου κύκλου
- Αεριοστρόβιλος συνδυασμένου κύκλου με μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub>
- Μικρή μηχανή εσωτερικής καύσης (συμπαραγωγή)
- Κυψέλες καυσίμων MCFC φυσικού αερίου (2 τεχνολογίες)
- Κυψέλες καυσίμων SOFC φυσικού αερίου

#### *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*

- Κυψέλες καυσίμων MCFC συνθετικού αερίου (το συνθετικό αέριο που χρησιμοποιείται προέρχεται από βιομάζα ξυλείας ) (\*)
- Συμπαραγωγή με βιομάζα (λεύκες)

---

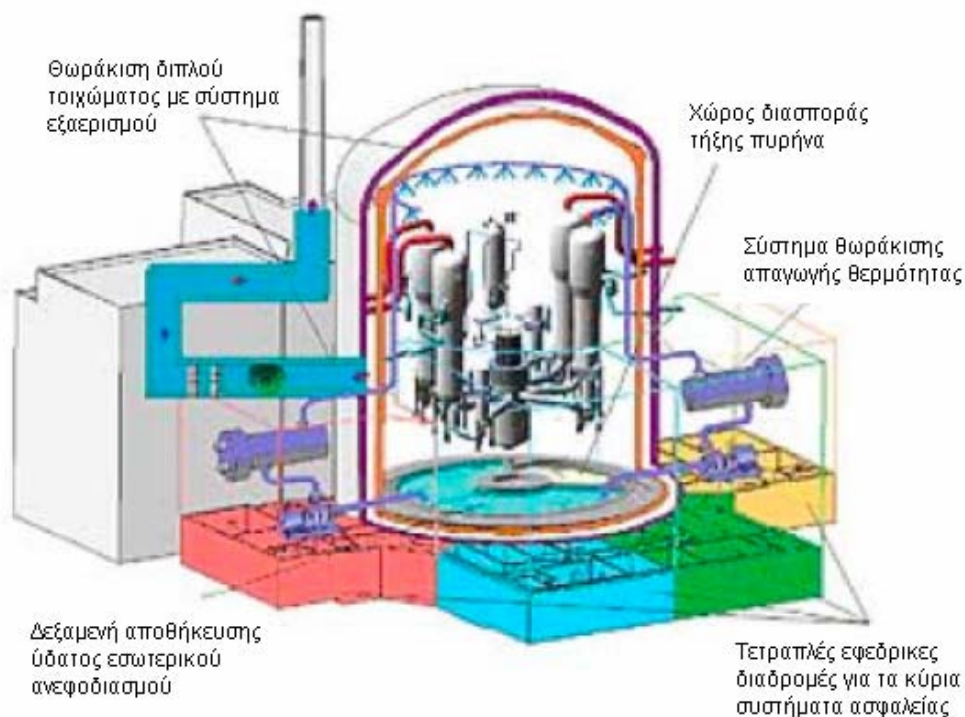
\* οι Κυψέλες καυσίμων MCFC συνθετικού αερίου (το συνθετικό αέριο που χρησιμοποιείται προέρχεται από βιομάζα ξυλείας) παρότι εντάσσονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα παρουσιαστούν μαζί με τα υπόλοιπα εξεταζόμενα είδη κυψελών καυσίμου, δηλαδή στις τεχνολογίες με φυσικό αέριο, για την ευκολότερη συγκριτική θεώρηση όλων των εξεταζόμενων κυψελών καυσίμου.

- Συμπαγωγή με βιομάζα (υπολείμματα σιτηρών)
- Φωτοβολταϊκό πάρκο με μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου(Si)
- Φωτοβολταϊκές διατάξεις πυριτίου(Si) ενσωματωμένες σε κτίρια
- Φωτοβολταϊκές διατάξεις CdTe ενσωματωμένες σε κτίρια
- Ηλιακές Θερμικές Διατάξεις
- Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα

## 3.2. Πυρηνικές Τεχνολογίες

### 3.2.1 Αντιδραστήρας πεπιεσμένου ύδατος (EPR)

Πρόκειται για τον ευρωπαϊκό αντιδραστήρα πεπιεσμένου ύδατος EPR (pressurized water reactor) τρίτης γενιάς. Έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί κυρίως από τις ARENA και EDF (Electricite de France) στη Γαλλία και από τη Siemens στη Γερμανία. Την παρούσα χρονική περίοδο δυο τέτοιοι σταθμοί είναι υπό κατασκευή ένας στην Φιλανδία και ένας στην Γαλλία.



Σχήμα 3.1: Ο αντιδραστήρας EPR

Οι τρίτης γενιάς αντιδραστήρες EPR είναι πιο αξιόπιστοι από τους προγενέστερους. Επιπλέον κατά τον σχεδιασμό τους έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα μέτρα ασφαλείας (Abu-Khader 2009). Γίνεται χρήση αρκετών ενεργητικών και παθητικών μέσων προστασίας για την αποφυγή ατυχημάτων, όπως φαίνονται και στην προηγούμενη εικόνα. Συγκεκριμένα περιλαμβάνουν τέσσερα ανεξάρτητα συστήματα ψύξης σε κατάσταση ανάγκης, καθένα από τα οποία είναι ικανό να ψύξει τον αντιδραστήρα μετά το κλείσιμο του. Επίσης υπάρχει θωράκιση περιορισμού διαρροών γύρω από τον αντιδραστήρα, επιπλέον δεξαμενή και χώρος ψύξης αν ο πυρήνας υπό συνθήκες τήξης καταφέρει να διαφύγει από τον αντιδραστήρα. Ακόμα το περίβλημα του σταθμού κατασκευάζεται από σκυρόδεμα δυο στρωμάτων συνολικού πάχους 2.6 μέτρων, σχεδιασμένο να αντέχει σύγκρουση με αεροσκάφη και εσωτερική υπερπίεση.

Ένας πυρηνικός σταθμός με EPR δέχεται ως πρώτη ύλη εμπλουτισμένο ουράνιο U235 κατά 4.9% (Massara et al. 2009). Ο σταθμός με εγκατεστημένη ισχύ 1590 MW αναμένεται να αποδώσει 1,26 E+10 kWh το χρόνο. Η απόδοση του είναι 37% και ο συντελεστής φορτίου 7916 ώρες /έτος. Το έργο κατασκευής του σταθμού απαιτεί μεγάλο χρόνο που αγγίζει τα 4.8 έτη, ενώ η διάρκεια ζωής του υπολογίζεται στα 60 έτη. Επιπλέον έχει θετική και μάλιστα αξιοσημείωτα μεγάλη καθαρή παρούσα αξία και πολύ περιορισμένο μέσο κόστος παραγωγής το οποίο είναι της τάξης των 3,01€cents/kWh. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το μέσο κόστος παραγωγής είναι μικρότερο σε σχέση με τους τρόπους παραγωγής με συμβατικά καύσιμα.

### **3.2.2. Αντιδραστήρας ταχέων νετρονίων**

Ο EFR είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας τέταρτης γενιάς που χρησιμοποιεί ταχέα νετρόνια για τη παραγωγή πυρηνικών καυσίμων και ηλεκτρισμού μέσω γεννήτριας στροβίλου συμπίεσης (Fazio et al. 2009). Ο αντιδραστήρας EFR είναι μια κατηγορία πυρηνικού αντιδραστήρα όπου η αλυσιδωτή αντίδραση σχάσης υποστηρίζεται από ταχέα νετρόνια. Ο αντιδραστήρας αυτός δε χρειάζεται διαμορφωτή νετρονίων αλλά μόνο καύσιμο το οποίο πρέπει να είναι σχετικά πλούσιο σε σχάσιμο υλικό. Η λειτουργία στηρίζεται στο φαινόμενο ότι περισσότερα νετρόνια ανά φάση παράγονται στις σχάσεις που έχουν προκληθεί από ταχέα νετρόνια συγκριτικά με αυτά που



παράγονται από τα θερμικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη περισσότερων νετρονίων από όσα απαιτούνται για την αλυσιδωτή σχάση (Raj, Rao 2009). Τα νετρόνια αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή καυσίμου καθώς και για την μετατροπή αποβλήτων μεγάλης ημιζωής σε λιγότερο προβληματικά ισότοπα, όπως συμβαίνει και στον Phenix στην Γαλλία.

Ένας πυρηνικός σταθμός με αντιδραστήρα EFR δέχεται ως πρώτη ύλη οξειδία ουρανίου. Με εγκατεστημένη ισχύ 1450 MW αναμένεται να αποδώσει 1,14E+10 kWh το χρόνο. Η απόδοση του σταθμού είναι 40% και ο συντελεστής φορτίου 7889 ώρες /έτος, στοιχεία ελαφρώς καλύτερα από τα αντίστοιχα για τον EPR. Το έργο απαιτεί μεγάλο χρόνο κατασκευής 5,5 έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 40 έτη. Επιπλέον έχει θετική και μάλιστα αξιοσημείωτα μεγάλη καθαρή παρούσα αξία και πολύ περιορισμένο μέσο κόστος παραγωγής 2,68€cents/kWh μάλιστα μικρότερο και από όλους τους υπόλοιπους τρόπους παραγωγής.

Και για τις δυο προαναφερθείσες τεχνολογίες πρώτη ύλη είναι το ουράνιο (Massara et al. 2009). Τα απόβλητά τους είναι κατά κύριο λόγο ραδιενεργά, όμως υπάρχουν και λίγα χημικά απόβλητα στο σύνολο της τεχνολογικής αλυσίδας. Την παρούσα χρονική περίοδο δεν υπάρχουν πυρηνικά εργοστάσια EPR σε λειτουργία, EFR υπάρχουν ή υπήρχαν σε αρκετές χώρες όπως τα Phenix και Superphenix στην Γαλλία. Γενικά η αποδοχή της κοινής γνώμης σε όλες τις πυρηνικές τεχνολογίες είναι πολύ περιορισμένη αφού πάντα υπάρχει ο κίνδυνος ατυχήματος, επιπλέον επικρατεί σκεπτικισμός για την ασφαλή αποθήκευση των αποβλήτων (Abu-Khader 2009) και ο φόβος για λανθασμένη χρήση της τεχνολογίας με τη δημιουργία και διάδοση πυρηνικών όπλων (Penner et al. 2008). Στην περίπτωση μάλιστα των EPR παρέμβαση στο καύσιμο τροφοδοσίας με κατάλληλη χημική διαδικασία μπορεί να παράξει πλουτόνιο. Πιθανή χρήση του τροποποιημένου καυσίμου είναι η παραγωγή “βρώμικης βόμβας”, ενός όπλου το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον από τρομοκράτες με σκοπό την μόλυνση με ραδιενέργεια μιας περιοχής. Στη βόμβα αυτή συνδυάζεται η χρήση ραδιενεργού υλικού και συμβατικών εκρηκτικών με σκοπό τη διασπορά του ραδιενεργού υλικού.

Η διαδικασία για την κατασκευή και ομαλή λειτουργία ενός πυρηνικού εργοστασίου είναι αρκετά περίπλοκη. Απαιτείται συγχρονισμός και συντονισμός πλειάδας εργασιών και μελετών για την κατασκευή, λειτουργία αλλά και κατεδάφιση του εργοστασίου μετά το πέρας της διάρκειας ζωής του, για την εύρεση και ασφαλή μεταφορά των πρώτων υλών καθώς επίσης και για τη διαχείριση των αποβλήτων. Στην περιοχή που θα κατασκευαστεί δεν επηρεάζεται η ζωή των κατοίκων σε ότι αφορά τα επίπεδα θορύβου ή την αισθητική του περιβάλλοντος εκτός και αν περιλαμβάνεται πύργος ψύξης στη διάταξη.

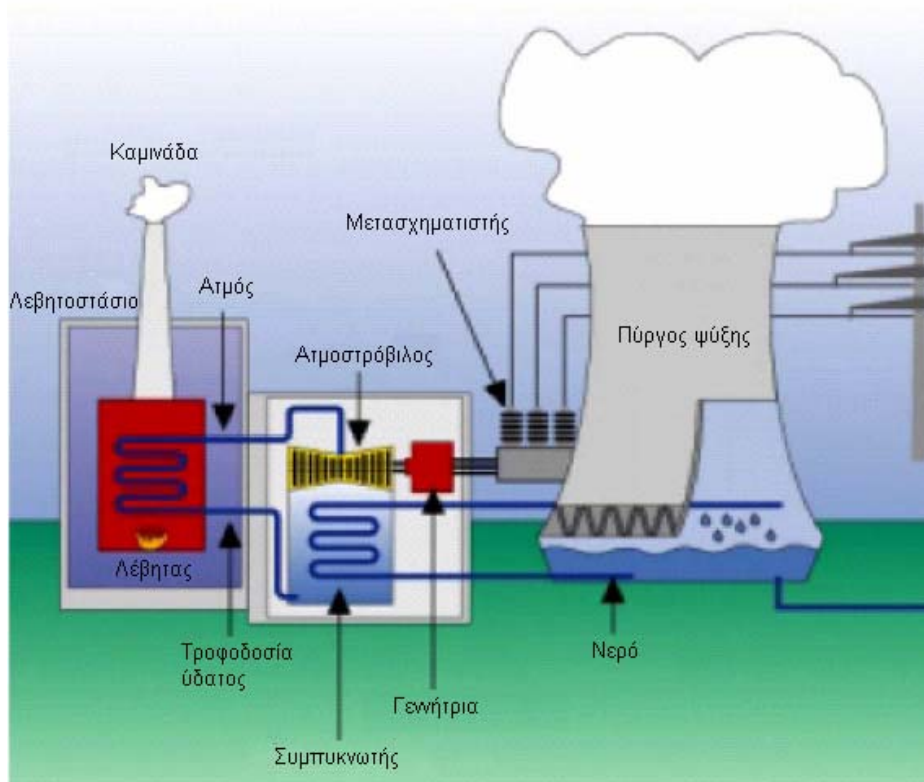
**Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά πυρηνικών τεχνολογιών**

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Πυρηνικά Εργοστάσια	
		EPR European Pressurized Reactor	EFR Sodium Fast Reactor
Τύπος καυσίμου		U235, 4.9%	Ανάμιξη οξειδίων
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.37	0.4
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	1590	1450
Συντελεστής φορτίου	Ωρες/ έτος	7916	7889
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	1.26E+10	1.14E+10
Χρόνος κατασκευής	έτη	4.8	5.5
Κόστος κ εφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	1498	1900
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	2383	2756
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	60	40
Μέσο ηλεκτροπαραγωγής κόστος	€λεπτά/ kWh	3.01	2.68

### 3.3. Τεχνολογίες Άνθρακα και Λιγνίτη

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα ή λιγνίτη ακολουθείται η εξής διαδικασία: Ο άνθρακας ή ο λιγνίτης κορνιοτοποιούνται και στη συνέχεια καίγονται σε λέβητα με τοιχώματα αγωγού ύδατος. Ο ατμός που παράγεται χρησιμοποιείται για να κινήσει τη στροβιλογεννήτρια (Ashman, Mullinger 2009). Το SO<sub>2</sub> και οι άλλες εκπομπές φιλτράρονται. Η τέφρα από τον άνθρακα και τα άλλα παραπροϊόντα ανακυκλώνονται ή τοποθετούνται στο υπέδαφος. Οι υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες στο λέβητα βοηθούν στη μεγαλύτερη απόδοση της διάταξης. Θα μελετηθούν τρεις περιπτώσεις για κάθε μια πρώτη ύλη. Οι δυο περιπτώσεις αφορούν

τη δέσμευση και αποθήκευση του CO<sub>2</sub> που παράχθηκε από την καύση ενώ στην άλλη περίπτωση δεν γίνεται διαχωρισμός των καυσαερίων. Ο διαχωρισμός και η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια της αλυσίδας παραγωγής ενέργειας, είτε πριν την καύση (pre-combustion) είτε μετά (post-combustion) είτε με διαχωρισμό οξυγόνου (oxy-fuel combustion) (Pehnt, Henkel, 2009). Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η συλλογή CO<sub>2</sub> χωρίς προσμίξεις από άλλα καυσαέρια, αφού το CO<sub>2</sub> μπορεί να αποθηκευτεί με ασφάλεια. Η δέσμευση του CO<sub>2</sub> με τη διαδικασία μετά την καύση(post-combustion) μπορεί να προστεθεί και σε ήδη υπάρχοντα εργοστάσια (Chalmers, Gibbins 2007).



**Σχήμα 3.2: Παραγωγή ενέργειας από καύση άνθρακα ή λιγνίτη**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα ή λιγνίτη έχει πολλά χημικά απόβλητα σε σχέση με άλλες τεχνολογίες. Για τη δημιουργία ενός εργοστασίου, αλλά και για το σύνολο της τεχνολογικής αλυσίδας η αποδοχή της κοινής γνώμης ορισμένες φορές είναι καταλυτικός παράγοντας. Η αποδοχή της κοινής γνώμης εξαρτάται από την παράδοση κάθε περιοχής, τους ελέγχους για τις εκπομπές καυσαερίων στην περιοχή του εργοστασίου, καθώς επίσης από τα θέματα υγείας που μπορούν να προκύψουν στους ανθρώπους που κατοικούν πλησίον των ορυχείων

(Nelson et al. 2009). Επιπλέον ο θόρυβος καθώς και η οπτική ενόχληση είναι ιδιαίτερος αυξημένοι τόσο στην περιοχή του εργοστασίου όσο και στον χώρο των ορυχείων.

### ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ CO<sub>2</sub> (Carbon Capture & Sequestration, CCS)

Το CO<sub>2</sub> μπορεί να απομονωθεί με χρήση καθαρού O<sub>2</sub> πριν την καύση, με χρήση καθαρού O<sub>2</sub> και ανακύκλωση μερικών καυσαερίων ή τέλος μπορεί να διαχωριστεί μετά το πέρας της καύσης από τα υπόλοιπα καυσαέρια.. Το δεσμευμένο CO<sub>2</sub> μπορεί να τοποθετηθεί σε γεωλογικούς σχηματισμούς στο υπέδαφος, στο βάθος ωκεανών ή να μετατραπεί σε στερεά μεταλλική μορφή (Kooznetsov et al. 2008).



Σχήμα 3.3: Επιλογές Αποθήκευσης Άνθρακα

Οι τεχνολογίες δέσμευσης CO<sub>2</sub> διακρίνονται ανάλογα με το στάδιο της διεργασίας στο οποίο απομονώνεται το CO<sub>2</sub> και είναι οι εξής

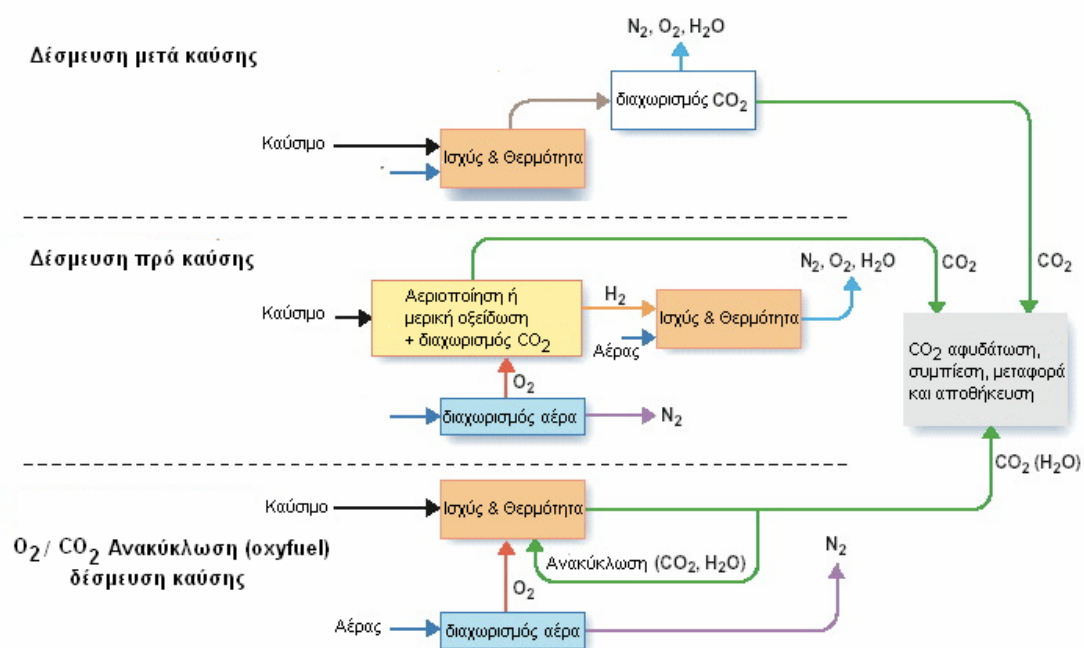
α) Τεχνολογίες δέσμευσης μετά την καύση: το CO<sub>2</sub> διαχωρίζεται από ένα αέριο μίγμα αζώτου N<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>. Η πρακτική που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ο διαχωρισμός με χημική απορρόφηση με χρήση αμινών σε στήλες απορρόφησης - αναγέννησης. Άλλες

πρακτικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν (διαχωρισμός με μεμβράνες) βρίσκονται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης τους.

β) Τεχνολογίες δέσμευσης πριν από την καύση: εδώ το  $\text{CO}_2$  απομονώνεται από αέριο μίγμα πλούσιο σε  $\text{H}_2$  προϊόν εξαέρωσης άνθρακα ή αναμόρφωσης φυσικού αερίου σε υψηλή πίεση (15-40 bar). Εδώ, η επικρατέστερη τεχνική είναι ο διαχωρισμός από το κυρίως ρεύμα με διάφορες εναλλακτικές όπως φυσική απορρόφηση, απορρόφηση με εναλλαγή πίεσης κτλ.

γ) Καύση με υψηλή συγκέντρωση  $\text{O}_2/\text{CO}_2$ : η τεχνολογία αυτή βασίζεται στο διαχωρισμό του  $\text{N}_2$  από τον αέρα καύσης και στην καύση με  $\text{O}_2$  αντί για αέρα έχοντας ως αποτέλεσμα καυσαέριο που αποτελείται από  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$  (Wall et al. 2009).

Στο σχήμα που ακολουθεί εμφανίζονται αναλυτικά οι μηχανισμοί δέσμευσης του  $\text{CO}_2$



Σχήμα 3.4: Μηχανισμοί δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα

Οι διαδικασίες αυτές βρίσκονται σε στάδιο ανάπτυξης επομένως δεν υπάρχει σαφή εικόνα για την αποδοχή τους από την κοινή γνώμη, βέβαια αναμένονται ορισμένες αντιδράσεις σε τοπικό επίπεδο κυρίως στις περιοχές τοποθέτησης του δεσμευμένου  $\text{CO}_2$  αλλά και στις περιοχές των εργοστασίων αφού θα υπάρξει μικρή αύξηση των ήδη υψηλών επιπέδων θορύβου. Ακόμα οι διαδικασίες σε ένα βαθμό παραμένουν

αμφιλεγόμενες αφού η τεχνολογική τους αλυσίδα στο σύνολό της μπορεί να παράγει είτε μειωμένα είτε και αυξημένα χημικά απόβλητα. Επιπλέον με την εγκατάσταση των τεχνολογιών αυτών μειώνεται ο βαθμός απόδοσης και αυξάνονται οι ποσότητες πρώτης ύλης που καταναλώνονται για την παραγωγή ίδιας ποσότητας ενέργεια.

Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστούν αναλυτικά ορισμένα στοιχεία για κάθε μια από τις έξι τεχνολογίες:

Ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα που έχει 600MW εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει 4,56 E+09 kWh το χρόνο. Έχει απόδοση 54% και συντελεστή φορτίου 7600 ώρες /έτος. Για την κατασκευή του απαιτούνται 3 έτη, η διάρκεια ζωής του υπολογίζεται σε 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και πολύ περιορισμένο μέσο κόστος παραγωγής που είναι 2,96€/cents/kWhe.

Ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα, αλλά και μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> μετά την καύση, με 500MW εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει 3,80 E+09 kWh το χρόνο. Έχει απόδοση 49% και συντελεστή φορτίου 7600 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3 έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και μέσο κόστος παραγωγής 3,96€/cents/kWhe.

Ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα, αλλά και μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> με εισαγωγή οξυγόνου με 500MW εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει 3,80 E+09 kWh το χρόνο. Έχει συντελεστή απόδοσης 47% και συντελεστή φορτίου 7600 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3 έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και μέσο κόστος παραγωγής 4€/cents/kWhe.

Ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση λιγνίτη έχει απόδοση 54% και συντελεστή φορτίου 7760 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3 έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει

θετική καθαρή παρούσα αξία και πολύ περιορισμένο μέσο κόστος παραγωγής 3,01€cents/kWhe

Ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση λιγνίτη, αλλά και μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> μετά την καύση έχει απόδοση 49% και συντελεστή φορτίου 7760 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και μέσο κόστος παραγωγής 4,08€cents/kWhe.

Ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση λιγνίτη, αλλά και μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> με εισαγωγή οξυγόνου έχει συντελεστή απόδοσης 47% και συντελεστή φορτίου 7760 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και μέσο κόστος παραγωγής 4,16€cents/kWhe (Hadjipaschalis et al. 2009).

Παρατηρούμε όντως ότι με την εισαγωγή τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> μειώνεται ο βαθμός απόδοσης (Feron 2009), αυξάνεται το μέσο κόστος παραγωγής ενώ δεν επηρεάζονται ο χρόνος κατασκευής και η διάρκεια ζωής του έργου (Rubin et al.).

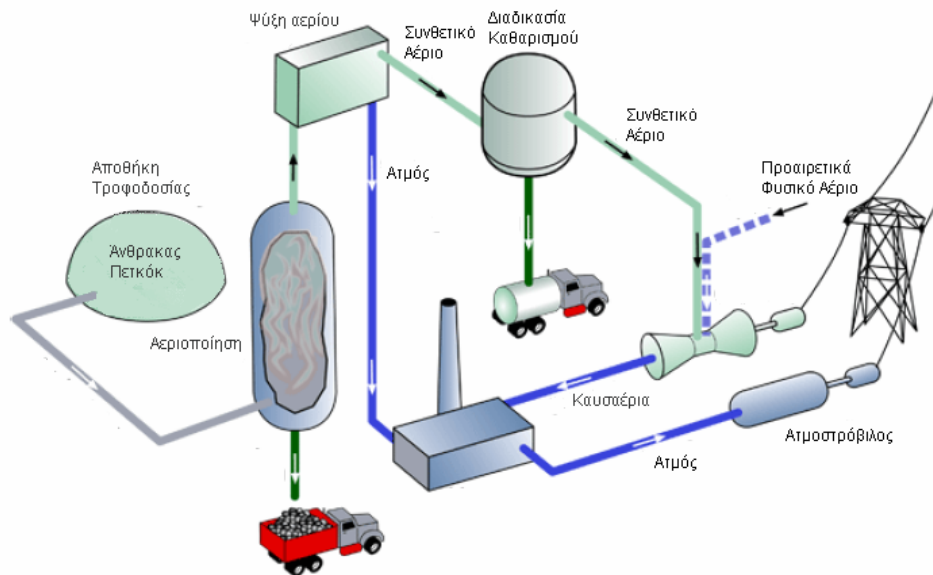
Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Advanced PC	Fossil PC – post CCS	PC – oxyfuel CCS	PL	PL – post CCS	PL – oxyfuel CCS
		Τύπος καυσίμου		άνθρακας	άνθρακας	άνθρακας	λιγνίτης
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.54	0.49	0.47	0.54	0.49	0.47
Ισχύς	MW	600	500	500	950	800	800
ηλεκτροπαραγωγής							
Συντελεστής φορτίου	Ωρες/έτος	7600	7600	7600	7760	7760	7760
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	4.56E+09	3.80E+09	3.80E+09	7.37E+09	6.21E+09	6.21E+09
Χρόνος κατασκευής	έτη	3	3	3	3	3	3
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	983	1560	1560	989	1560	1560
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	M€	590	780	780	939	1248	1248
Χρόνος ζωής εργαστασίου	έτη	35	35	35	35	35	35
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτό/ kWh	2.96	3.94	4.00	3.01	4.08	4.16

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά Τεχνολογιών με χρήση καυσίμων άνθρακα και λιγνίτη



### 3.4. Τεχνολογίες Άνθρακα και Λιγνίτη (Συνδυασμένος Κύκλος)

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου IGCC (**I**ntegrated **G**asification **C**ombined **C**ycle) με πρώτη ύλη τον άνθρακα (coal) ή το λιγνίτη (lignite) περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα και η ακολουθούμενη διαδικασία είναι η εξής: Ο άνθρακας ή ο λιγνίτης μετατρέπονται σε αέριο καύσιμο που καίγεται κατευθείαν μέσα σε μια στροβιλογεννήτρια καύσης. Η επανακτώμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για να θέσει σε κίνηση μια στροβιλογεννήτρια ατμού (Yong 2009). Θα μελετηθούν τέσσερις περιπτώσεις δυο για κάθε πρώτη ύλη, με δέσμευση και αποθήκευση στο υπέδαφος του CO<sub>2</sub> ή χωρίς (Pehnt, Henkel 2009), (Rubin et al. 2007).



Σχήμα 3.5: Παραγωγή ενέργειας από καύση άνθρακα–λιγνίτη (συνδυασμένος κύκλος)

Οι τεχνολογίες αυτές βρίσκονται σε στάδιο ανάπτυξης επομένως δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για την αποδοχή τους από την κοινή γνώμη. Αναμένεται όμως μεγαλύτερη αποδοχή συγκριτικά με τις συμβατικές τεχνολογίες άνθρακα και λιγνίτη, αφού παράγουν πολύ λιγότερα χημικά απόβλητα στο σύνολο της τεχνολογικής αλυσίδας (Nelson et al. 2009). Η τεχνολογική αλυσίδα συνίσταται από την εξόρυξη των πρώτων υλών, την μεταφορά τους και από την κατασκευή και λειτουργία του εργοστασίου. Βέβαια δεν παύουν να υφίστανται οι κίνδυνοι υγείας για τους ανθρώπους που διαμένουν πλησίον των λατομείων και οι αναμενόμενες αντιδράσεις

τους. Τέλος, ο θόρυβος και η οπτική ενόχληση είναι προφανείς στις περιοχές πλησίον των μεταλλείων και των εργοστασίων.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατίθενται στον επόμενο πίνακα:

**Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά τεχνολογιών άνθρακα και λιγνίτη (συνδυασμένου κύκλου)**

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Integrated Gasification Combined Cycle			
		IGCC coal	IGCC coal CCS	IGCC lig	IGCC lig CCS
Τύπος καυσίμου		άνθρακας	άνθρακας	λιγνίτης	λιγνίτης
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.545	0.485	0.525	0.465
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	450	400	450	400
Συντελεστής φορτίου	Ωρες/έτος	7500	7500	7500	7500
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	3.38E+09	3.00 E+09	E+09	E+09
Χρόνος κατασκευής	έτη	3	3	3	3
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	1209	1505	1209	1209
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	544	602	544	483
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	35	35	35	35
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/kWhe	6.17	7.26	6.57	6.78

Ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου με καύση άνθρακα έχει απόδοση 54,5% και συντελεστή φορτίου 7500 ώρες/έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3 έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και αυξημένο μέσο κόστος παραγωγής 6,17€/cents/kWhe.

Ένα εργοστάσιο με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου με καύση άνθρακα, αλλά και μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> έχει απόδοση 48,9% και συντελεστή φορτίου 7500 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3έτη ,ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και αυξημένο μέσο κόστος παραγωγής 7,26 €/cents/kWhe.

Ένα εργοστάσιο με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω συνδυασμένου κύκλου με καύση λιγνίτη έχει απόδοση 52,5% και συντελεστή φορτίου 75000 ώρες /έτος. Το

έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3 έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, πολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και μέσο κόστος παραγωγής 6,57€/cents/when (Huang 2008).

Ένα εργοστάσιο με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου με καύση λιγνίτη, αλλά και μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> έχει απόδοση 46,5% και συντελεστή φορτίου 75-0 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3έτη, ενώ έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 35 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία και μέσο κόστος παραγωγής 6,78€/cents/kWhe (Sturgeon et al. 2009).

### **3.5. Τεχνολογίες με Φυσικό Αέριο**

#### **3.5.1. Αεριοστρόβιλος Συνδυασμένου Κύκλου (GTCC)**

Στην παραγωγή ενέργειας συνδυασμένου κύκλου με χρήση αεριοστρόβιλου GTCC (Gas Turbine Combined Cycle) το φυσικό αέριο αναφλέγεται απευθείας στο θάλαμο καύσης της στροβιλογεννήτριας και η ανακτώμενη θερμότητα στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να κινήσει μια στροβιλογεννήτρια ατμού (Boyce, 2006). Η εγκατάσταση εργοστασίων αυτής της τεχνολογίας τυγχάνει μέτριας αποδοχής, αφού επικρατεί σκεπτικισμός για τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, τη διαχείριση των χημικών αποβλήτων αλλά κυρίως απαιτεί την αποδοχή της ύπαρξης δικτύου διανομής φυσικού αερίου για την τροφοδοσία του. Από την άλλη μιας και τα δίκτυα διανομής είναι υπόγεια περιορίζονται αισθητά τόσο το ζήτημα του επίπεδου θορύβου όσο και τα θέματα αισθητικής του τοπίου.

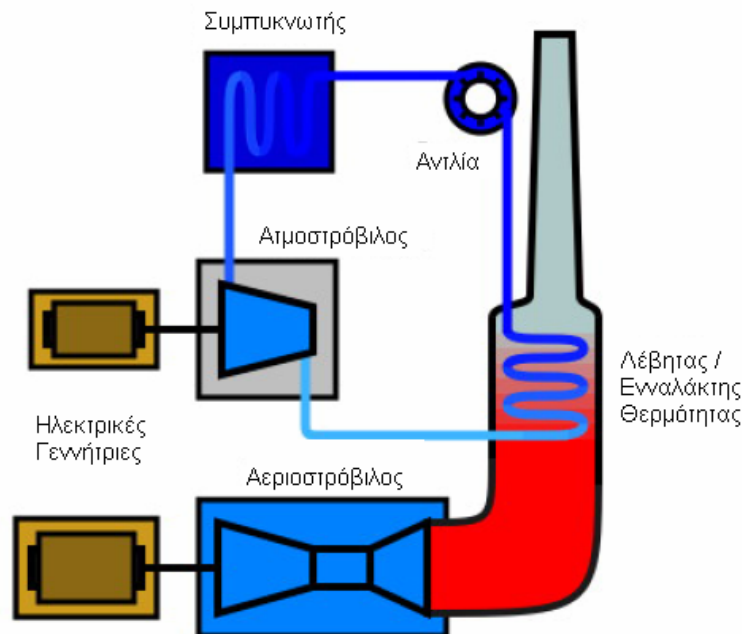
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με πρώτη ύλη φυσικό αέριο έχει απόδοση ιδιαίτερα υψηλή 65%και συντελεστή φορτίου 7200 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3έτη ,ενώ έχει μέση διάρκεια ζωής 25 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία αλλά όχι ιδιαίτερα μεγάλη και αυξημένο μέσο κόστος παραγωγής 5,99€/cents/kWhe.

Ένα εργοστάσιο με αεριοστρόβιλο συνδυασμένου κύκλου, με πρώτη ύλη φυσικό αέριο, αλλά και μηχανισμό δέσμευσης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub> έχει απόδοση ιδιαίτερα υψηλή 61%, αλλά μικρότερη όπως αναμενόταν αν δεν είχε μηχανισμό CCS και συντελεστή φορτίου 7200 ώρες /έτος. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3έτη ,ενώ έχει μέση διάρκεια ζωής 25 έτη. Επιπλέον έχει θετική καθαρή παρούσα αξία αλλά όχι ιδιαίτερα μεγάλη και αυξημένο μέσο κόστος παραγωγής πολύ υψηλό 8,69€cents/kWhe.

Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται και στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 3.4: Χαρακτηριστικά τεχνολογιών με φυσικό αέριο**

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	GTCC	GTCC CCS
		Φυσικό αέριο	Φυσικό αέριο
Τύπος καυσίμου		Φυσικό αέριο	Φυσικό αέριο
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.65	0.61
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	1000	1000
Συντελεστής φορτίου	Ώρες/έτος	7200	7200
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	7.20 E+09	7.20E+09
Χρόνος κατασκευής	έτη	3	3
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWε	440	615
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	440	615
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	25	25
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/ kWhe	5.99	8.69



**Σχήμα 3.6: Παραγωγή ενέργειας συνδυασμένου κύκλου με χρήση αεριοστροβίλου GTCC**

### 3.5.2. Μικρή Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (Συμπαραγωγή)

Πρόκειται για την περίπτωση όπου μια μικρή μηχανή εσωτερικής καύσης IC (Internal Combustion) για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η χρήση της είναι ιδανική για εφαρμογές οικιακού και εμπορικού χαρακτήρα (Jackson, 2007). Για τη λειτουργία της η μηχανή αυτή χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη φυσικό αέριο, συνθετικό αέριο ή βιομάζα. Γενικά η αποδοχή της μηχανής αυτής είναι ευρεία αφού τοποθετείται στο εσωτερικό κτιρίων, τα επίπεδα θορύβου είναι εξαιρετικά χαμηλά, τα χημικά απόβλητα είναι σχετικά περιορισμένα (Sollì et al. 2009) και δεν υπάρχει κίνδυνος για “λανθασμένη” χρήση της τεχνολογίας αυτής. Το ζήτημα αποδοχής από την κοινή γνώμη τίθεται μόνο ως προς την απαίτηση για την άντληση και μεταφορά του φυσικού αερίου καθώς επίσης και για την ποσότητα της σοδιάς που θα χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση όπου η πρώτη ύλη είναι βιοκαύσιμο.

Μια γεννήτρια συμπαραγωγής με πρώτη ύλη φυσικό αέριο έχει απόδοση 44% και συντελεστή φορτίου 5000 ώρες /έτος. Η κατασκευή της απαιτεί 1έτος ,ενώ έχει μέση διάρκεια ζωής 20 έτη. Το μέσο κόστος παραγωγής της είναι το υψηλότερο από κάθε άλλο τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 11,10€/cents/kWhe κάτι που αναμενόταν λόγω του περιορισμένου μεγέθους της διάταξης (Cho et al. 2009).

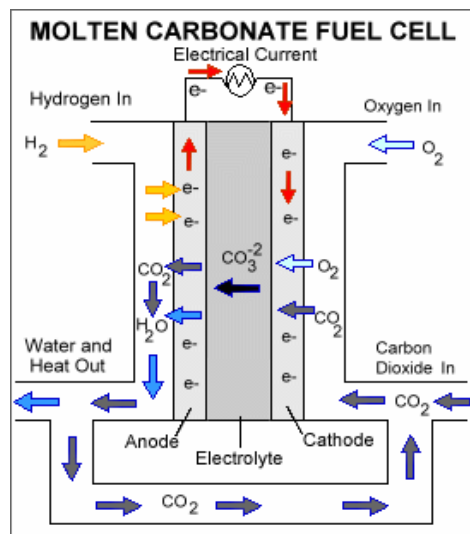
Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται πιο συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 3.5: Χαρακτηριστικά μικρών μηχανών εσωτερικής καύσης**

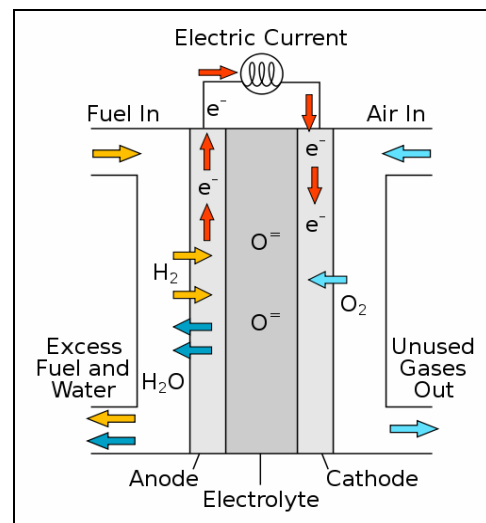
<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Μονάδες</b>	<b>IC Engine Cogeneration</b>
Τύπος καυσίμου		Φυσικό αέριο
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.44
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	0.2
Συντελεστής φορτίου	Ωρες/έτος	5000
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	1.00 E+06
Χρόνος κατασκευής	έτη	1
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	879
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	0
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	20
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/ kWhe	11.10

### 3.5.3. Κυψέλες Καυσίμων

Η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου για παραγωγή ενέργειας βασίζεται στην άμεση μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό και θερμότητα (Adamson, 2008). Η αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας γίνεται σε κατανεμημένες οικιστικές και εμπορικές εφαρμογές (Neef, 2006). Θα αναφερθούμε σε δυο είδη κυψελών καυσίμου: α) τις molten carbonate fuel cells (MCFCs) και β) τις solid oxide fuel cells (SOFCs).



Σχήμα 3.1: Molten Carbonate Fuel Cells (MCFCs)



Σχήμα 3.2: Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs)

Οι MCFCs, πρόκειται για κυψέλες καυσίμου με ηλεκτρολύτη τηγμένο ανθρακικό άλας (Cigolotti et al. 2009). Οι διατάξεις SOFCs έχουν στερεό οξειδωμένο ή κεραμικό ηλεκτρολύτη (Henne, Rudolf, 2007). Και τα δυο είδη αυτά κυψελών καυσίμου λειτουργούν σε θερμοκρασίες 600°C και άνω. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, στην άνοδο και την κάθοδο των διατάξεων δεν χρησιμοποιούνται ως καταλύτες πολύτιμα μέταλλα, άλλα υλικά σημαντικά μικρότερης αξίας που έχουν σα αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους της διάταξης. Επιπλέον, στις παραπάνω κατηγορίες κυψελών δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξωτερικός μηχανισμός για την μετατροπή του φυσικού ή συνθετικού αερίου σε υδρογόνο, σε αντίθεση με άλλες τεχνολογίες κυψελών καυσίμου που χρησιμοποιούν διαφορετικούς ηλεκτρολύτες, οπότε περιορίζεται το κόστος ακόμα περισσότερο. Το κυρίαρχο μειονέκτημα των τεχνολογιών αυτών είναι η μικρή διάρκεια ζωής κάθε κυψέλης καυσίμου, το οποίο υπολογίζεται στα 5 χρόνια ζωής (OECD, 2005). Οι

υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες λειτουργούν οι κυψέλες αυτές οδηγούν στη ταχεία διάβρωσή τους. Βέβαια γίνονται επιστημονικές μελέτες για την εξάλειψη του προβλήματος.

Για την τοποθέτηση και λειτουργία τους δεν υφίστανται προβλήματα από την κοινή γνώμη λόγω της διεσπαρμένης φύσης τους (Lee, Strand 2009) και τα σχετικά περιορισμένα χημικά απόβλητα στο σύνολο της τεχνολογικής αλυσίδας (Virkar et al. 2006). Ζητήματα τεχνολογικής αποδοχής τίθενται για το καύσιμο που χρησιμοποιείται δηλαδή για το φυσικό ή συνθετικό αέριο. Για το φυσικό αέριο ζητήματα μπορεί να προκύψουν για τις γεωτρήσεις και για τη μεταφορά του ενώ για το συνθετικό αέριο για την υλοτόμηση και μεταφορά του ξύλου. Στη συνέχεια θα μελετηθούν τέσσερις περιπτώσεις συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας με κυψέλες καυσίμων.

Κυψέλη καυσίμου MCFCs με εισαγωγή φυσικού αερίου, 0,25MW εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει 1,25 E+06 kWh το χρόνο. Έχει συντελεστή απόδοσης 50% και συντελεστή φορτίου 5000ώρες/έτος. Το έργο απαιτεί μικρό χρόνο κατασκευής μόλις 0,83 χρόνια ενώ έχει τη μικρότερη διάρκεια ζωής από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία η οποία υπολογίζεται στα 5 έτη. Η επένδυση σε κυψέλες καυσίμου έχει θετική παρούσα αξία και το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 8,74€cents/kWhe, το οποίο όμως είναι ιδιαίτερα υψηλό σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Στην περίπτωση της κυψέλης καυσίμου με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά αλλά με εισαγωγή συνθετικού αερίου ισχύουν ακριβώς τα ίδια στοιχεία με την προαναφερθείσα τεχνολογία, αλλά διαφοροποιείται μόνο το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και είναι ελαφρώς μειωμένο σε 8,44€cents/kWhe. Για κυψέλη καυσίμου με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με εισαγωγή φυσικού αερίου αλλά με εγκατεστημένη ισχύ 2 MW ο συντελεστής απόδοσης αυξάνεται σε 55%, μειώνεται το μέσο κόστος παραγωγής σε 7,29€cents/kWhe αλλά ο χρόνος κατασκευής και η διάρκεια ζωής της διάταξης παραμένουν αμετάβλητα.

Η τεχνολογία κυψελών καυσίμου SOFCs με εισαγωγή φυσικού αερίου, με εγκατεστημένη ισχύ 0.3MW και αναμένεται να αποδώσει 1,5 E+06 kWh το χρόνο. Έχει συντελεστή απόδοσης 58% και συντελεστή φορτίου 5000ώρες/έτος. Το έργο

απαιτεί μικρό χρόνο κατασκευής μόλις 0,83 χρόνια ενώ έχει τη μικρότερη διάρκεια ζωής από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία η οποία υπολογίζεται στα 5 έτη. Η επένδυση σε κυψέλες καυσίμου SOFCs έχει θετική παρούσα αξία. Το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 6,73€cents/kWhe και χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα υψηλό σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας, όμως είναι το χαμηλότερο συγκριτικά με τις υπόλοιπες τεχνολογίες κυψελών καυσίμων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως (Flower, 2006).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα στοιχεία που μόλις περιγράφηκαν

**Πίνακας 3.6: Χαρακτηριστικά τεχνολογιών κυψελών καυσίμων**

<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Μονάδες</b>	<b>Fuel Cells MCFC NG</b>	<b>MCFC wood gas</b>	<b>MCFC NG</b>	<b>SOFC NG</b>
Τύπος καυσίμου		Φυσικό αέριο	Συνθετικό αέριο	Φυσικό αέριο	Φυσικό αέριο
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.5	0.5	0.55	0.58
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	0.25	0.25	2	0.3
Συντελεστής φορτίου	Ώρες/έτος	5000	5000	5000	5000
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	1.25E+06	1.25E+06	1.00 E+07	1.50E+06
Χρόνος κατασκευής	έτη	0.83	0.83	0.83	0.83
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWhe	1544	1544	1235	1030
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	0	0	2	0
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	5	5	5	5
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/ kWhe	8.74	8.44	7.29	6.73



## 3.6. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

### 3.6.1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση βιομάζας

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με πρώτη ύλη τη βιομάζα, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία: Η βιομάζα που μπορεί να προέλθει από ξυλεία ή τα υπολείμματα της φυτικής παραγωγής, αεριοποιείται και καίγεται σε ένα λέβητα (Baratieri et al. 2009). Ο ατμός που παράγεται μετά την καύση χρησιμοποιείται για την κίνηση μιας στροβιλογεννητριάς. Τα υπολείμματα θερμότητας στη συνέχεια ανακτώνται και χρησιμοποιούνται μέσα από ένα κατάλληλο μηχανισμό HRSG (Heat Recovery Steam Generator). Ο μηχανισμός αυτός ανακτά τη θερμότητα μέσα από το ροή θερμού αερίου και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός δεύτερου ατμοστροβίλου που στη συνέχεια τροφοδοτεί μια γεννήτρια με σκοπό την παραγωγή ρεύματος (Yin et al. 2008).

Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιομάζας χρησιμοποιείται ξυλεία (λεύκες) από καλλιέργειες μικρού περίτροπου χρόνου και υπολείμματα φυτικής παραγωγής. Σχετικά με τη δασοπονία και την εκμετάλλευση δασικών καλλιεργειών για την παραγωγή βιομάζας θα πρέπει να τονιστεί ότι αυτή απαιτεί εκτεταμένη χρήση γης αλλά και υποδομές μεταφοράς της ξυλείας (Rowe et al. 2009). Από την άλλη η εκμετάλλευση των υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών δεν απαιτεί επιπλέον χρήση γης, αφού αυτά προέρχονται από υφιστάμενες καλλιέργειες παρά μονάχα υποδομές μεταφοράς τους στους χώρους μετατροπής του σε βιομάζα. Όμως η εκμετάλλευση των υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών απεμπλουτίζει το έδαφος από θρεπτικά στοιχεία και συστατικά τα οποία λειτουργούν ως λίπασμα για τις καλλιέργειες (Lattimore et al. 2009).

Η παραγωγή ενέργειας με χρήση βιομάζας δε δημιουργεί ιδιαίτερα ζητήματα σε θέματα αποβλήτων που να απαιτούν ειδική αποθήκευση παρά μόνο περιορισμένα χημικά απόβλητα από τη συνολική εκμετάλλευση της. Η αποδοχή της τεχνολογίας αυτής από την κοινή γνώμη είναι μέτρια κυρίως και εστιάζεται σε ζητήματα όπως την εγκατάσταση του εργοστασίου παραγωγής βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας.

Φυσικά αυτό προϋποθέτει και απαιτεί την αποδοχή της φυτικής παραγωγής βιομάζας αλλά και της μεταφοράς της.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής είναι ότι η διασπορά και η χρήση της δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για σκοπούς πέρα από τον αρχικό σχεδιασμό που είναι η παραγωγή ενέργειας, οπότε δε εγκυμονεί κινδύνους για την ανθρωπότητα. Επίσης, το μίγμα υλοποίησης της τεχνολογικής αλυσίδας για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα απαρτίζεται από: τη δασοπονία, τη φυτική παραγωγή, τη μεταφορά των πρώτων υλών και την κατασκευή και λειτουργία του εργοστασίου (Lattimore et al. 2009).

Τέλος, ως ζητήματα τυχόν παρενοχλήσεων από την ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής θα πρέπει να αναφερθούν η οπτική ενόχληση και οι μεταβολές τοπίου που θα προκύψουν από την κοπή των δέντρων και την κίνηση των φορτηγών οχημάτων μεταφοράς της ξυλείας, ενώ η οποία ηχητική ενόχληση σχετίζεται με τα επίπεδα θορύβου στο χώρο του εργοστασίου και με την κίνηση των οχημάτων μεταφοράς μέσα από κατοικημένες περιοχές (Rentizelas et al. 2008).

Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά δυο βασικών τύπων εργοστασίων που αξιοποιούν τη βιομάζα για την παραγωγή ενέργειας. Πρόκειται για εργοστάσια με πρώτη ύλη είτε ξυλεία από λεύκα είτε υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών. Ο συντελεστής απόδοσης και των δυο τύπων είναι 0.3. Η εγκατεστημένη ισχύς και για τους δυο τύπους 9 MW και ο συντελεστής φορτίου είναι 8000 ώρες/ έτος. Η αναμενόμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται στις 7.20E+07 kWh/έτος. Ο χρόνος κατασκευής των δύο εργοστασίων είναι 2 έτη και η διάρκεια ζωής τους εκτιμάται στα 15 χρόνια. Τέλος, σημείο διαφοροποίησης των δύο εργοστασίων είναι το μέσο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται διαφορά που οφείλεται κυρίως στην απόκλιση κόστους των πρώτων υλών. Ειδικότερα το μέσο κόστος για παραγωγή με χρήση ξυλείας είναι 7.29 €cent/ kWh και με χρήση υπολειμμάτων σιτηρών 6.51 €cent /kWh.

Τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά τεχνολογίας συμπαραγωγής με βιομάζα

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Εργοστάσια συμπαραγωγής με βιομάζα	
		Biomass CHP Poplar	CHP straw
Τύπος καυσίμου		sf λεύκες	Υπολείμματα σιτηρών
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.3	0.3
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	9	9
Συντελεστής φορτίου	Ωρες/έτος	8000	8000
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	7.20E+07	7.20E+07
Χρόνος κατασκευής	έτη	2	2
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	2280	2280
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	21	21
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	15	15
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/ kWh	7.29	6.51

### 3.6.2. Φωτοβολταϊκό πάρκο με μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου(Si)

Τα Φ/Β συστήματα ηλιακών κυψελών μετατρέπουν άμεσα το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι Φ/Β κυψέλες ανά 40 περίπου σχηματίζουν το Φ/Β πλαίσιο. Στο πλαίσιο οι κυψέλες συνδέονται στη σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση μιας επιθυμητής τάσης. Η Φ/Β γεννήτρια μιας μικρής φ/β εγκατάστασης μπορεί να αποτελείται από ένα μόνο φ/β πλαίσιο. Σε μεγαλύτερες όμως εγκαταστάσεις ομάδες περισσότερων φ/β πλαισίων τοποθετούνται σε κοινή κατασκευή στήριξης και ονομάζονται φ/β συστοιχίες.

Οι φ/β κυψέλες κατασκευάζονται από εισαγωγίμα υλικά που αποτελούνται από λεπτά στρώματα πυριτίου με διοχετευμένες προσμίξεις. Οι κύριες κατηγορίες κυψελών είναι τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία, τα πολυκρυσταλλικά και τα στοιχεία λεπτής μεμβράνης.

**Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου:** Ένα τυπικό στοιχείο αποτελείται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου. Το πάχος του είναι από 200 έως 400μm. Τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή οπότε επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακό στοιχείο. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου που κατασκευάζονται από καθαρούς κρυστάλλους (κρύσταλλοι Czochralski) είναι κυλινδρικής μορφής. Συχνά κόβονται σε τετράγωνα ώστε να είναι

εύκολη η τοποθέτησή τους στις φ/β μονάδες. Τα μονοκρυσταλλικά ηλιακά στοιχεία παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση αλλά και το υψηλότερο κόστος από όλα τα στοιχεία πυριτίου.

Η απόδοση των φ/β στοιχείων δίνεται από τον τύπο:

$$n = P_m / (H * A)$$

Όπου

H: η ένταση(πυκνότητα ισχύος) της ακτινοβολίας που δέχεται η επιφάνεια του φ/β στοιχείου

A: εμβαδόν της επιφάνειας του φ/β στοιχείου

Ο συντελεστής απόδοσης ενός φ/β στοιχείου δεν είναι σταθερός αλλά επηρεάζεται σημαντικά από τη σύσταση της ακτινοβολίας. Δηλαδή, μια δέσμη ακτινοβολίας θα προκαλέσει σε ένα στοιχείο την παραγωγή λιγότερης ηλεκτρικής ενέργειας, σε σύγκριση με μια άλλη δέσμη ίσης ισχύος αλλά πλουσιότερη σε φωτόνια με ευνοϊκότερη ενέργεια για τον ημιαγωγό, από τον οποίο είναι κατασκευασμένο το στοιχείο.

Η απόδοση του φ/β πλαισίου δίνεται από τον τύπο:

$$n_p = n * \sigma_k * \sigma_{\theta} * \sigma_r$$

όπου  $\sigma_k$  :συντελεστής κάλυψης πλαισίου

$\sigma_{\theta}$ :συντελεστής διόρθωσης για τη θερμοκρασία

$\sigma_r$ :συντελεστής διόρθωσης για τη ρύπανση

Ένα φ/β πάρκο με μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου με 46,6375MW εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει 4,59 E+07 kWh το χρόνο. Επιπλέον έχει συντελεστή φορτίου 984ώρες/έτος. Το έργο απαιτεί μικρό χρόνο κατασκευής μόλις 2 χρόνια ενώ έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 40 έτη. Θετική παρούσα αξία 40Μ€ αλλά όχι αρκετά μεγάλη συγκρινόμενη με αντίστοιχα δεδομένα για παραγωγή ηλεκτρισμού με καύση άνθρακα και μέσο κόστος παραγωγής ενέργειας 6,3 €cents/kWh και αυτό αρκετά υψηλό σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας (Rehman et al. 2007).

Η φ/β τεχνολογία συμβάλλει στην αιεφόρο ανάπτυξη αφού η πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται είναι ο ήλιος. Είναι φιλική με το περιβάλλον αφού τα χημικά απόβλητα είναι σχετικά λίγα καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής φ/β

στοιχείων (Raugei, Frank 2009) όπως επίσης και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> (Mason et al. 2005). Ιδιαίτερα σημαντικό είναι επίσης ότι δεν υπάρχουν πιθανές “κακές χρήσεις” της φ/β τεχνολογίας. Σε ότι αφορά την αποδοχή της φ/β τεχνολογίας απ’ το κοινωνικό σύνολο, γενικά δεν υπάρχουν αντιδράσεις. Αντιδράσεις έχουν εντοπιστεί κυρίως για φ/β πάρκα τοποθετημένα σε εκτάσεις γης και όχι σε κάποιο οικοδόμημα, για αισθητικούς κυρίως λόγους αφού οι διατάξεις δεν έχουν κινούμενα μέρη και δεν προκαλούν θόρυβο. Τα φ/β έχουν όμως και άλλα πλεονεκτήματα. Είναι σημαντικό ότι μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή, ότι λειτουργούν χωρίς προβλήματα κάτω απ’ όλες τις καιρικές συνθήκες και ότι είναι επεκτάσιμα ανάλογα με τις ανάγκες σε φορτίο. Τα κύρια μειονεκτήματα της φ/β τεχνολογίας δηλ. το υψηλό κόστος των φ/β κυττάρων και των συσσωρευτών αλλά και η απαίτηση χρήσης σχετικά μεγάλων επιφανειών για την εγκατάστασή τους λόγω της μικρής απόδοσης με την συνεχή πρόοδο της επιστήμης θα περιοριστούν (IEA / OECD 2006).

### 3.6.3. Φωτοβολταϊκές διατάξεις ενσωματωμένες σε κτίρια

Όμως πέρα απ’ τα φ/β πάρκα, φ/β διατάξεις μπορούν να ενσωματωθούν σε κτίρια και σε άλλες κατασκευές. Τα προϊόντα αυτά ονομάζονται building integrated pv και κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος τα τελευταία χρόνια (Pola et al. 2007). Μπορούν να δημιουργηθούν στέγες αποκλειστικά από BI PV αφού μπορούν να αντικαταστήσουν όλα τα υλικά κατασκευής μιας συμβατικής στέγης και να προσφέρουν την ίδια στεγανότητα. Επιπλέον τα συναντάμε σε μορφή κεραμιδιών και ημιδιαφανών υαλοπετασμάτων.

Ακόμα υπάρχουν και τα συστήματα ηλιακών δωμαίων ενσωματωμένα σε κτίρια, που αποτελούνται από εύκαμπτα φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε πολυμερείς στεγνωτικές μεμβράνες (Pacca et al. 2007). Για τα συστήματα αυτά δεν απαιτείται επιπρόσθετη μεταλλική κατασκευή στήριξης, οπότε μειώνεται κατά πολύ το κόστος, επιπλέον δεν απαιτείται έλεγχος στατικότητας και ξεχωριστή αντικεραυνική προστασία. Τοποθετούνται σε επίπεδα ή μικρής κλίσης δώματα βιομηχανικών, εμπορικών και μεγάλων οικιστικών κτιρίων. Τέλος, BI PV μπορούν να τοποθετηθούν και σε στέγαστρα υπαίθριων parking.



**Εικόνα 3.9: Φωτοβολταϊκές διατάξεις ενσωματωμένες σε κτίρια**

Μια εγκατάσταση BI PV με μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου με  $0,4197375\text{MW}$  εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει  $4,13 \text{ E}+0.5\text{kwh}$  το χρόνο, και έχει συντελεστή φορτίου 984 ώρες/χρόνο. Το έργο έχει μικρό χρόνο κατασκευής μόλις 6 μήνες και μεγάλη διάρκεια ζωής 40 έτη. Το κόστος παραγωγής ενέργειας  $6,92\text{€cents/kwh}$  είναι υψηλό συγκριτικά με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Όμως η μηδενική καθαρή παρούσα αξία είναι ανασταλτικός παράγοντας στην υλοποίηση μιας τέτοιας επένδυσης.

Στις φ/β διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε κτίρια πέρα απ' τις διατάξεις με μονοκρυσταλλικό πυρίτιο υπάρχουν και με CdTe που χρησιμοποιούν την τεχνολογία λεπτών μεμβρανών (thin film) (Fthenakis, Kim 2007). Χρησιμοποιώντας πολύ λεπτά στρώματα του ημιαγωγού(πάχους λίγων μικρών)το συνολικό κόστος μπορεί να μειωθεί .

Μια εγκατάσταση BI PV με CdTe (Cadmium Telluride) με  $0,839475\text{MW}$  εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει  $8.26 \text{ E}+0.5\text{kwh}$  το χρόνο, και έχει συντελεστή φορτίου 984 ώρες/χρόνο.Το έργο έχει μικρό χρόνο κατασκευής μόλις 6 μήνες και διάρκεια ζωής 35 έτη (Mohr et al. 2006). Το μέσο κόστος παραγωγής ενέργειας υπολογίζεται στα  $7,15\text{€cents/kwh}$  το οποίο είναι αρκετά υψηλό .Η επένδυση αυτή έχει θετική παρούσα αξία  $1\text{M€}$ .

Για τις φ/β διατάξεις που ενσωματώνονται σε κτίρια ισχύουν τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε ότι αφορά τη χρήση, εγκατάσταση και συντήρηση με τις φ/β διατάξεις που είναι τοποθετημένες σε εκτάσεις γης. Τα μόνα επιπλέον πλεονεκτήματα που έχουν είναι ότι δεν καταλαμβάνουν χώρους οικοπέδων που θα μπορούσαν να έχουν κάποια άλλη αξιοποίηση και επιπλέον μπορούν να βελτιώσουν την αισθητική των κτιρίων αφού αποτελούν και μια νέα αρχιτεκτονική άποψη.

Πίνακας 3.8: Χαρακτηριστικά τεχνολογίας φωτοβολιών

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Φωτοβολταϊκά		
		Solar PV-Si plant	PV-Si building	PV-CdTe building
Τύπος καυσίμου		ήλιος	ήλιος	ήλιος
Ηλεκτρική απόδοση	%	0	0	0
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	46.6375	0.4197375	0.839475
Συντελεστής φορτίου	Ώρες/έτος	984	984	984
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	4.59E+07	4.13E+05	8.26E+05
Χρόνος κατασκευής	έτη	2	0.5	0.5
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	848	927	927
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	40	0	1
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	40	40	35
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/ kWh	6.30	6.92	7.15

### 3.6.4. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακές θερμικές διατάξεις

Τα STE (solar thermal energy) δηλαδή τα συστήματα ηλιακής θερμικής ενέργειας διαφέρουν από τα φ/β συστήματα (Zondag, 2008). Στα φ/β συστήματα η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται κατευθείαν σε ηλεκτρική όμως κάτι τέτοιο δε συμβαίνει στα STE. Τα STE συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες με βάση τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στους συλλέκτες, δηλαδή σε χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα που αναπτύσσουν χαμηλή θερμοκρασία στους συλλέκτες χρησιμοποιούνται για θέρμανση πισινών. Όσα αναπτύσσουν μέση θερμοκρασία στους συλλέκτες έχουν οικιακή και εμπορική χρήση π.χ. μαγείρεμα, θέρμανση νερού. Τέλος μόνο όσα αναπτύσσουν υψηλή θερμοκρασία στους συλλέκτες χρησιμοποιούνται για ηλεκτροπαραγωγή (Charalambous et al. 2007).

Για την ηλεκτροπαραγωγή χρησιμοποιείται η ακόλουθη διαδικασία. Παραβολικά κάτοπτρα συγκεντρώνουν τις ακτίνες του ηλίου και θερμαίνουν το λάδι. Το λάδι αρχίζει να εξατμίζεται και ατμοί του οδηγούνται στη γεννήτρια από όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Συνήθως δε χρησιμοποιούνται επίπεδοι συλλέκτες αλλά παραβολικά κάτοπτρα, καθρέφτες, ανακλαστήρες. Ο λόγος της επιλογής αυτής είναι για να μειωθεί το μέγεθος της συνολικής εγκατάστασης, δηλαδή να απαιτείται λιγότερη επιφάνεια για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας του κυκλοφορούντος υγρού, αν μάλιστα επιτευχθεί και ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας του κυκλοφορούντος υγρού αυξάνεται και η απόδοση του ατμοστρόβιλου. Καθώς επίσης επιτυγχάνεται μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και μείωση του κόστους (Wilde, Regina, 2005).



**Εικόνα 3.3: Θερμικές Ηλιακές Διατάξεις**

Για την τεχνολογία αυτή υπάρχει μικρή εμπειρία. Υπάρχει στην Καλιφόρνια από το 1985 ένας σταθμός 550MW που είναι σε λειτουργία. Αυτή τη στιγμή είναι υπό κατασκευή δυο σταθμοί στη Νεβάδα και στην Ισπανία των 64MW, 100MW αντίστοιχα. Υπό μελέτη βρίσκεται η κατασκευή σταθμών στην Καλιφόρνια, στην Αίγυπτο και στην Αλγερία 553MW, 40MW, 25MW αντίστοιχα. Τέλος για την περιοχή της Καλιφόρνιας υπάρχει άλλη μια πρόταση για κατασκευή υβριδικού σταθμού ηλεκτρικής ενέργειας με θερμική ηλιακή ενέργεια 59MW. Στον υβριδικό



σταθμό η θερμότητα μεταφέρεται σε μονωμένες αποθήκες θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας και επανακτάται τη νύχτα. Θερμικό μέσο αποθήκευσης μπορεί να είναι ο συμπιεσμένος ατμός. Με τη μέθοδο αυτή είναι εφικτή η παραγωγή ηλεκτρισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας και τις συνεφιασμένες μέρες. Οπότε ο σταθμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για παραγωγή βάσης όσο και αιχμής. Επιπλέον επιτυγχάνεται μεγαλύτερη χρήση της γεννήτριας, οπότε μειώνεται και το κόστος. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και τα φ/β δεν ενοχλούν οπτικά και ηχητικά, καθώς επίσης δεν έχουν πιθανές βλαβερές χρήσεις. Το μόνο μειονέκτημα σε αυτή την τεχνολογία είναι ότι δεν υπάρχει εκτεταμένη εφαρμογή της και αντίστοιχη εμπειρία (Pitz-Paal et al. 2005).

Μια διάταξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με θερμικά ηλιακά με 400MW εγκατεστημένη ισχύ αναμένεται να αποδώσει 1,81 E+09 kWh το χρόνο. Επιπλέον έχει load factor 4518hours/year. Το έργο απαιτεί χρόνο κατασκευής 3 χρόνια ενώ έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, υπολογίζεται στα 40 έτη. Θετική παρούσα αξία 1217Μ€ και μέσο κόστος παραγωγής ενέργειας 6,31€cents/kWhe αρκετά υψηλό σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας.

Πίνακας 3.9: Χαρακτηριστικά τεχνολογίας ηλιακών θερμικών διατάξεων

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Solar - Thermal
Τύπος καυσίμου		ήλιος
Ηλεκτρική απόδοση	%	0.185
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	400
Συντελεστής φορτίου	Ωρες/έτος	4518
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	1.81E+09
Χρόνος κατασκευής	έτη	3
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	3044
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	1217
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	40
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/ kWhe	6.31

### 3.6.5. Ανεμογεννήτριες

Τα τελευταία χρόνια έχει κερδίσει σημαντικό έδαφος η ιδέα της ανάπτυξης πάρκων ανεμογεννητριών εντός της θάλασσας (offshore). Πρόκειται για μια καινοτόμο

τεχνολογική επιλογή που αξιοποιεί σειρά πλεονεκτημάτων βελτιστοποιώντας την παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο. Το παραγόμενο ρεύμα διοχετεύεται στο δίκτυο της ξηράς με υποθαλάσσια καλώδια (Iñigo Martínez de Alegria et al. 2009). Ειδικότερα, στα θαλάσσια πάρκα ανεμογεννητριών εκμεταλλευόμαστε τους ισχυρότερους ανέμους που πνέουν σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η ροή του ανέμου είναι συνεχής και ομοιόμορφη. Επιπλέον οι συνθήκες και οι λιγότεροι περιορισμοί του θαλάσσιου περιβάλλοντος επιτρέπουν την εγκατάσταση μεγαλύτερων ανεμογεννητριών, αφού λόγω της θαλάσσιας μεταφοράς η μετακίνηση των εξαρτημάτων καθίσταται ευκολότερη. Το πλεονέκτημα αυτό στηρίζεται στη μεγαλύτερη προσβασιμότητα των θαλάσσιων περιοχών. Βέβαια η διαδικασία της τοποθέτησης είναι πιο πολύπλοκη και έχει σοβαρό δείκτη δυσκολίας δεδομένου ότι απαιτείται η χρήση κατάλληλης πλατφόρμας εγκατάστασης (Dhanju, 2008). Επιπλέον η εγκατάσταση θαλάσσιων πάρκων ανεμογεννητριών είναι πολύ πιο δαπανηρή (Snyder, Kaiser 2009).

Η εγκατάσταση θαλασσιών πάρκων ανεμογεννητριών εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων δεν παράγει απόβλητα και έχει την αποδοχή της κοινής γνώμης αφού δεν ελλοχεύουν κίνδυνοι από τη διάδοση της τεχνολογίας (Firestone, Kempton 2007), ενώ οι οποίες ενοχλήσεις εξαρτώνται από την απόσταση της εγκατάστασης από την ακτή (Bishop, Miller 2007).



Εικόνα 3.4: Τοποθέτηση Ανεμογεννήτριας



Εικόνα 3.5: Πάρκο Ανεμογεννητριών

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά μιας εγκατάστασης ανεμογεννητριών. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 24 MW και ο αναμενόμενος συντελεστής φορτίου 4000 ώρες/έτος και η αναμενόμενη παραγόμενη ισχύς είναι  $9.60E+07$  kWh/έτος. Ο χρόνος κατασκευής της εγκατάστασης είναι 2 έτη και η διάρκεια ζωής της είναι 30 έτη. Τέλος το μέσο κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι 7.27 €cents/ kWh.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά περιγράφονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 3.10: Χαρακτηριστικά τεχνολογιών ανεμογεννητριών**

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Εγκατάσταση ανεμογεννητριών
		Wind
Τύπος καυσίμου		αέρας
Ηλεκτρική απόδοση	%	0
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής	MW	24
Συντελεστής φορτίου	Ώρες/έτος	4000
Ετήσια παραγωγή	kWh/έτος	$9.60 E+07$
Χρόνος κατασκευής	έτη	2
Κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	€/kWe	1130
Συνολικό κόστος κεφαλαίου (ΚΠΑ)	Μ€	27
Χρόνος ζωής εργοστασίου	έτη	30
Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	€λεπτά/ kWh	7.27



# *Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>*

---

## Ανάπτυξη Κατάλληλων Δεικτών Αποτίμησης Βιωσιμότητας Ενεργειακών Τεχνολογικών Επιλογών



## 4.1. Εισαγωγή

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάστηκαν 26 καινοτόμες τεχνολογικές επιλογές. Οι επιλογές αυτές δεν είναι όλες εξίσου κατάλληλες για την εκάστοτε χώρα. Στους πίνακες που παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο δόθηκε έμφαση στα τεχνικά χαρακτηριστικά και σε οικονομικά στοιχεία κάθε τεχνολογίας. Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην παρουσίαση της μεθοδολογίας που προτείνεται για την αξιολόγηση της εκάστοτε τεχνολογίας στα πλαίσια μιας χώρας με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η οικονομική ανάλυση παίζει σημαντικό ρόλο στην ερμηνεία και εφαρμογή της βιωσιμότητας. Με τα οικονομικά προσδιορίζεται η κατανάλωση των φυσικών και άλλων πόρων και η οικονομική δραστηριότητα, που είναι παράγων ρύπανσης.

Σήμερα, είναι γενικότερα αποδεκτό ότι η βιωσιμότητα είναι μια δυναμική διαδικασία που στηρίζεται σε τρεις «πυλώνες»: την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον. Είναι προφανές ότι πραγματοποίηση της δυναμικής διαδικασίας της βιωσιμότητας και η οικονομική ανάπτυξη (μεγέθυνση) χωρίς όρια δεν αποτελεί παρά ουτοπία. Για την κατανόηση και εφαρμογή της βιωσιμότητας είναι απαραίτητη η γνώση της δομής και της λειτουργίας των περιβαλλοντικών συστημάτων και των ανθρώπινων συστημάτων που εμπεριέχουν τα συστήματα της οικονομίας και της κοινωνίας.

Επιπλέον, τα περιβαλλοντικά και τα ανθρώπινα συστήματα δεν είναι στατικά, αλλά μεταβάλλονται και εξελίσσονται συνεχώς. Τα πρώτα εξελίσσονται αργά τα δεύτερα γρήγορα. Η αναγνώριση αυτής της βασικής διαφοράς και μόνο μας οδηγεί σε «βιώσιμους δρόμους». Θα μπορούσαμε έτσι να ορίσουμε επιγραμματικά τη βιωσιμότητα ως την αρμονική συνεξέλιξη ανθρώπινων συστημάτων και περιβαλλοντικών συστημάτων ή οικοσυστημάτων.

Στο παραπάνω πλαίσιο η αξιολόγηση βιώσιμων ενεργειακών τεχνολογιών αποτελεί πρόβλημα που οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων αντιμετωπίζουν συχνά και για το οποίο πληθώρα παραγόντων πρέπει να εξετασθεί. Για την ευκολότερη και πληρέστερη μελέτη των παραμέτρων αυτών προτείνεται η αναλυτική περιγραφή τους και η ποσοτικοποίησή τους μέσω κατάλληλων δεικτών.

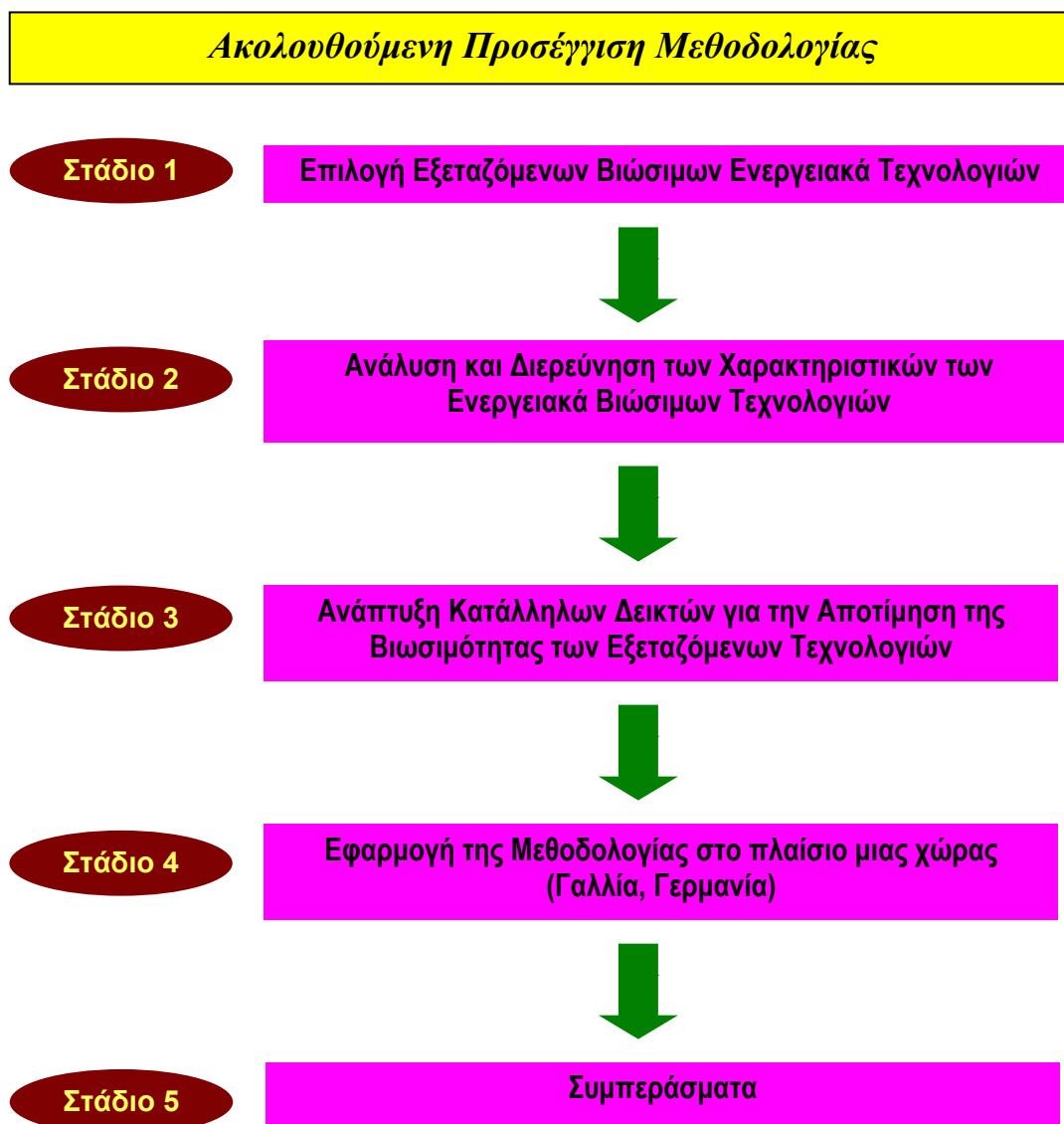
Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία γίνεται ανάλυση, διερεύνηση και ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών πρωτοπόρων

τεχνολογικών επιλογών στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να οδηγήσουν στη βιώσιμη ανάπτυξη. Στη συνέχεια τα χαρακτηριστικά αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά με χρήση κατάλληλων δεικτών.

Επομένως, στόχος της παρούσας προσέγγισης είναι η δημιουργία συνοπτικής αλλά ταυτόχρονα περιεκτικής δομής περιγραφής των ενεργειακών τεχνολογιών μέσω δεικτών που σχετίζονται με το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία.

## 4.2 Ακολουθούμενη Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που προτείνεται για την αξιολόγηση της εκάστοτε τεχνολογίας στα πλαίσια μιας χώρας με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη αναπτύσσεται στα 5 επιμέρους στάδια που παρουσιάζονται εποπτικά στο σχήμα που ακολουθεί.





### 4.3. Επιλογή Βιώσιμων Τεχνολογιών και Ανάλυση των Χαρακτηριστικών τους

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκαν προς εξέταση 26 καινοτόμες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού, όπου 2 αφορούν πυρηνικά εργοστάσια, ακολουθούν 10 τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη ορυκτά καύσιμα ή λιγνίτη, 6 φυσικό αέριο και τέλος παρουσιάζονται 8 τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Τα χαρακτηριστικά των παραπάνω τεχνολογιών αναπτύχθηκαν διεξοδικά στο προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 3: Περιγραφή ενεργειακών τεχνολογικών επιλογών), χρησιμοποιώντας μια συνοπτική και παράλληλα περιεκτική δομή περιγραφής. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η δομή αυτή.

Εξετάστηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Τύπος καυσίμου που η τεχνολογία χρησιμοποιεί
- Ηλεκτρική απόδοση
- Ισχύς ηλεκτροπαραγωγής
- Συντελεστής φορτίου
- Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Χρόνος κατασκευής του εργοστασίου ή της διάταξης
- Κόστος κεφαλαίου
- Χρόνος ζωής εργοστασίου
- Μέσο κόστος ηλεκτροπαραγωγής

Επιπλέον, έγινε αναφορά στην παρουσίαση των τεχνολογιών με βάση την τεχνική τους περιγραφή, τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες και το μίγμα που συνθέτει την τεχνολογική αλυσίδα για την παραγωγή ενέργειας, καθώς επίσης στους ενδεχόμενους κινδύνους από τη διάδοση κάθε τεχνολογίας και στην πιθανή εκτροπή της χρήσης της από τον πρωταρχικό της σκοπό. Τέλος εξετάστηκαν τα επίπεδα θορύβου, η οπτική ενόχληση και η κοινωνική αποδοχή που απολάμβανε κάθε τεχνολογία αν υπήρχε ήδη εφαρμογή της.

#### 4.4. Ανάπτυξη και Παρουσίαση Κατάλληλων Δεικτών

Έπειτα από εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα και μελέτη επιλέχθηκαν δείκτες κατάλληλοι να αξιολογήσουν τη βιωσιμότητα των τεχνολογιών τόσο σε κανονικές συνθήκες όσο και σε ιδιαίτερες περιστάσεις. Στα πλαίσια αυτά αξιολογούνται: η αξιοποίηση των φυσικών πόρων, ο σεβασμός στο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα, η ορθή διαχείριση των αποβλήτων, το κόστος παραγωγής, παράγοντες χρησιμότητας και λειτουργίας, η εξασφάλιση πολιτικής συνέχειας και νομιμότητας, ο περιορισμός του κινδύνου και ο σεβασμός στο οικιστικό περιβάλλον μέσω των ακόλουθων περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών δεικτών.

Πίνακας 4.1: Συνοπτικοί περιγραφή Δεικτών

<b>ΔΕΙΚΤΕΣ</b>		
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ</b>	<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ</b>	<b>ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πόροι               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ενέργεια                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ ορυκτά καύσιμα</li> <li>★ ουράνιο</li> </ul> </li> <li>→ ορυκτά                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ μέταλλευμα</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Κλίμα               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Εκπομπές CO<sub>2</sub></li> </ul> </li> <li>• Οικοσυστήματα               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Κανονική Λειτουργία                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ βιοποικιλότητα</li> <li>★ οικοτοξικότητα</li> <li>★ μόλυνση του αέρα</li> </ul> </li> <li>→ Σοβαρά ατυχήματα                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ Υδρογονάνθρακες</li> <li>★ Μόλυνση του εδάφους</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Απόβλητα               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Χημικά απόβλητα</li> <li>→ Ραδιενεργά απόβλητα</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πελάτες               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Κόστος παραγωγής</li> </ul> </li> <li>• Κοινωνία               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ άμεση εργασία</li> <li>→ αυτονομία καυσίμων</li> </ul> </li> <li>• Χρησιμότητα               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Χρηματοοικονομικά                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ Χρηματοοικονομικός κίνδυνος</li> <li>★ ευαισθησία καυσίμου</li> <li>★ χρόνος κατασκευής</li> </ul> </li> <li>→ Λειτουργία                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ οριακό κόστος</li> <li>★ ευελιξία</li> <li>★ διαθεσιμότητα</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πολιτική Συνέχεια               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ ασφάλεια εφοδιασμού</li> <li>→ απόθεση αποβλήτων</li> <li>→ προσαρμοστικότητα</li> </ul> </li> <li>• Πολιτική νομιμότητα               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ σύγκρουση</li> <li>→ συμμετοχή</li> </ul> </li> <li>• Κίνδυνος               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ θνησιμότητα</li> <li>★ νοσηρότητα</li> </ul> </li> <li>→ Σοβαρά ατυχήματα                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ θανατηφόρα ατυχήματα</li> <li>★ μέγιστος αριθμός θανάτων</li> </ul> </li> <li>→ Αντίληψη κινδύνου                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ κανονική λειτουργία</li> </ul> </li> <li>→ τρομοκρατία                   <ul style="list-style-type: none"> <li>★ πιθανές τρομοκρατικές ενέργειες</li> <li>★ αποτελέσματα τρομοκρατίας</li> <li>★ εξάπλωση</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Οικιστικό περιβάλλον               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ τοπίο</li> <li>→ θόρυβος</li> </ul> </li> </ul>

#### 4.4.1. Παρουσίαση Δεικτών

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται σαφείς ορισμοί των επιλεχθέντων δεικτών για τη βιωσιμότητα, καθώς επίσης οι μονάδες μέτρησης και η βέλτιστη τιμή τους. Σε ορισμένους δείκτες που λόγω της φύσης τους δεν μπορούσαν να προσδιοριστούν μονάδες μέτρησης, χρησιμοποιήθηκε διατεταγμένη κλίμακα.

Οι Περιβαλλοντικοί Δείκτες αναφέρονται αναλυτικά πιο κάτω, καθώς και στο Παράρτημα Α.

#### *Περιβαλλοντικοί Δείκτες*

##### 1.1 Πόροι - Χρήση πόρων(όχι ανανεώσιμων)

- Ενέργεια- Χρήση ενεργειακών πόρων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής
  - ✓ Ορυκτά καύσιμα - Το κριτήριο αυτό υπολογίζει τη συνολική πρωταρχική ενέργεια από ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1 kWh. Περιλαμβάνει τον συνολικό άνθρακα, φυσικό αέριο και αργό πετρέλαιο για κάθε ολοκληρωμένη τεχνολογική αλυσίδα. Παρατήρηση: χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τις τεχνολογίες καύσης άνθρακα, η συνολική πρωταρχική ενέργεια επίσης περιλαμβάνει την ενέργεια των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μεταφορά ομοίως για τις τεχνολογίες φυσικού αερίου περιλαμβάνεται το ηλεκτρικό μίγμα που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη και επεξεργασία του (Μονάδες: MJ/kWh).
  - ✓ Ουράνιο - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την πρωταρχική ενέργεια από πόρους ουρανίου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Περιλαμβάνει τη συνολική χρήση ουρανίου για κάθε ολοκληρωμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού (Μονάδες: MJ/kWh).
- Ορυκτά - Χρήση ορυκτών πόρων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής.
  - ✓ Μετάλλευμα - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τη χρήση επιλεγμένων σπάνιων μετάλλων για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Βασίζεται στη μέθοδο επίδρασης κύκλου ζωής (CLM 2001). Η χρήση μεμονωμένων μετάλλων εκφράζεται σε ισοδύναμα αντιμονίου, βασιζόμενη στην σπανιότητα των μεταλλευμάτων συγκριτικά με το μέταλλευμα αναφοράς (αντιμόνιο). (Μονάδες: Kg(Sb-eq)/kWh).

## 1.2 Κλίμα - Πιθανές επιδράσεις στο κλίμα

- Εκπομπές CO<sub>2</sub> - Το κριτήριο αυτό περιλαμβάνει τις συνολικές εκπομπές όλων των αερίων του θερμοκηπίου εκφρασμένες σε ισοδύναμα CO<sub>2</sub> για κάθε τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που προκαλούνται από τα αέρια του θερμοκηπίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού (Μονάδες: Kg(CO<sub>2</sub>-eq)/kWh).

## 1.3 Οικοσυστήματα - Πιθανές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα

- Κανονική λειτουργία - Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα από την κανονική λειτουργία
  - ✓ Βιοποικιλότητα - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την απώλεια ειδών χλωρίδας και πανίδας εξαιτίας της έκτασης γης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Ο λόγος πιθανής καταστροφής των ειδών (PDF) πολλαπλασιάζεται με την έκταση γης και τα χρόνια για κάθε πλήρη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού. (Μονάδες: PDF\*m<sup>2</sup>\*a/kWh)
  - ✓ Οικοτοξικότητα - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την απώλεια ειδών χλωρίδας και πανίδας εξαιτίας ουσιών που απελευθερώνονται στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Ο λόγος πιθανής καταστροφής των ειδών (PDF) πολλαπλασιάζεται με την έκταση γης και τα χρόνια για κάθε πλήρη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού. (Μονάδες: PDF\*m<sup>2</sup>\*a/kWh)
  - ✓ Μόλυνση του αέρα - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την απώλεια ειδών χλωρίδας και πανίδας εξαιτίας της οξείδωσης και του ευτροφισμού που προκαλείται από την μόλυνση για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Ο λόγος πιθανής καταστροφής των ειδών (PDF) πολλαπλασιάζεται με την έκταση γης και τα χρόνια για κάθε πλήρη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού. (Μονάδες: PDF\*m<sup>2</sup>\*a/kWh)
- Σοβαρά ατυχήματα - Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα από σοβαρά ατυχήματα
  - ✓ Υδρογονάνθρακες - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί ατυχήματα μεγάλων κηλίδων υδρογονανθράκων στο περιβάλλον που πιθανώς μπορούν να καταστρέψουν τα επηρεαζόμενα οικοσυστήματα. Αφορά μόνο σοβαρά ατυχήματα, εκλύσεων τουλάχιστον 10000 τόνων. (Μονάδες: t/GWeyr)
  - ✓ Μόλυνση του εδάφους - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τη μόλυνση του εδάφους εξαιτίας ατυχημάτων που οδηγούν στην απελευθέρωση ραδιενεργών ισοτόπων. Ο χώρος που μολύνθηκε υπολογίζεται με χρήση της πιθανοτικής

ανάλυσης ασφαλείας (PSA). Σημείωση: ο δείκτης αυτός αφορά την τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια. (Μονάδες: Km<sup>2</sup>/GWeyr)

#### 1.4 Απόβλητα - Πιθανές επιπτώσεις εξαιτίας των αποβλήτων

- Χημικά απόβλητα - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τη συνολική μάζα ειδικών χημικών αποβλήτων που τοποθετούνται σε υπόγειους ταμιευτήρες. Δεν αντανακλά την πραγματική ζημία στους ανθρώπους ή στην φύση και δεν αντανακλά τους περιορισμούς χρόνου που απαιτούνται για κάθε ταμιευτήρα. (Μονάδες: kg/kWh )
- Ραδιενεργά απόβλητα - Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τον όγκο του χαμηλού, μέσου και υψηλού επιπέδου ραδιενεργών αποβλήτων που αποθηκεύεται σε υπόγειους ταμιευτήρες για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Αφορά κάθε ολοκληρωμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού και δεν αντανακλά την πραγματική ζημία στους ανθρώπους ή στην φύση. Επιπλέον δεν αντανακλά τους περιορισμούς χρόνου που απαιτούνται για κάθε ταμιευτήρα. (Μονάδες: m<sup>3</sup>/kWh)

### **Οικονομικοί Δείκτες**

Οι Οικονομικοί Δείκτες αναφέρονται αναλυτικά πιο κάτω, καθώς και στο Παράρτημα Α

#### 2.1. Πελάτες - Οικονομικές επιπτώσεις στους πελάτες

- Κόστος παραγωγής - Το κριτήριο αυτό παρουσιάζει το μέσο κόστος παραγωγής ανά κιλοβατώρα για κάθε τεχνολογία, περιλαμβάνοντας το κόστος κεφαλαίου, τα κόστη των καυσίμων καθώς επίσης τα κόστη για λειτουργία και συντήρηση. Το υπολογιζόμενο κόστος αφορά την παραγωγή ηλεκτρισμού και όχι την τελική τιμή που θα πρέπει να πληρώσει ο πελάτης. (Μονάδες: EUR/MWh)

#### 2.2. Κοινωνία - Οικονομικές επιπτώσεις στην κοινωνία

- Άμεση Εργασία - Το κριτήριο αυτό δίνει τον αριθμό των εργαζομένων που σχετίζονται άμεσα με την κατασκευή και λειτουργία της τεχνολογίας παραγωγής, περιλαμβάνοντας την άμεση εργασία που σχετίζεται με την παραγωγή, συλλογή και

μεταφορά καυσίμων (όπου εφαρμόζεται). Δεν περιλαμβάνεται η έμμεση εργασία (π.χ. κατασκευή εξαρτημάτων του εργοστασίου). Η απασχόληση μετράται σε όρους ανθρωποετών εργασίας διαιρεμένων ως προς την παραγωγή. (Μονάδες: Person-years/GWh )

- Αυτονομία καυσίμων - Εταιρείες κοινής ωφελείας και οι κοινωνίες που εξυπηρετούν (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)

### 2.3. Χρησιμότητα - Οικονομικές επιπτώσεις σε εταιρείες κοινής ωφελείας

- Χρηματοοικονομικά - Χρηματοοικονομικές επιπτώσεις στην χρησιμότητα
  - ✓ Χρηματοοικονομικός κίνδυνος - Εταιρείες μπορεί να αντιμετωπίσουν σημαντικό χρηματοοικονομικό κίνδυνο αν το συνολικό κόστος για ένα καινούργιο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού είναι πολύ υψηλό σε σχέση με το συνολικό μέγεθος της εταιρίας. Για τον περιορισμό του κινδύνου αυτού οι εταιρείες οδηγούνται σε συμπράξεις ή αυξάνουν το κεφάλαιό τους σε χρηματαγορές. (Μονάδες: ΚΠΑ εκατ. €)
  - ✓ Ευαισθησία καυσίμου - Ο λόγος του κόστους καυσίμου προς το συνολικό κόστος παραγωγής κυμαίνεται από μηδενικά επίπεδα (για τα φωτοβολταϊκά), σε χαμηλά (για την πυρηνική ενέργεια) και σε υψηλά (για τους αεροστροβίλους). Ο λόγος αυτός μας δείχνει συνεπώς την ευαισθησία του κόστους παραγωγής σε πιθανή αλλαγή στις τιμές των καυσίμων. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)
  - ✓ Χρόνος κατασκευής - Η κατασκευή ενός εργοστασίου είναι ευάλωτη στις αντιθέσεις της κοινής γνώμης, με αποτέλεσμα καθυστερήσεις και άλλα προβλήματα που δημιουργούνται να οδηγούν σε αύξηση του συνολικού κόστους. Ο δείκτης αυτός επομένως αφορά τον αναμενόμενο χρόνο κατασκευής ενός εργοστασίου χρόνος που απαιτείται για τον σχεδιασμό και την αδειοδότηση δεν περιλαμβάνεται. (Μονάδες: έτη)
- Λειτουργία - Συντελεστές σχετιζόμενοι με την λειτουργία εταιρειών κοινής ωφελείας
  - ✓ Οριακό κόστος - Εταιρίες παραγωγής θέτουν τα εργοστάσια εντός ή εκτός λειτουργίας ξεκινώντας από τα εργοστάσια που έχουν χαμηλότερο κόστος βάσης προς τα εργοστάσια που έχουν υψηλότερο κόστος τις περιόδους αιχμών φορτίου. Το μεταβλητό κόστος αφορά τη λειτουργία του εργοστασίου και όχι

την κατασκευή του. Είναι ίσο με το μέσο κόστος καυσίμου και τα μεταβλητά κόστη λειτουργίας και συντήρησης ανά κιλοβατώρα. (Μονάδες: EUR-cents/kWh)

- ✓ Ευελιξία - Για να προγραμματίσουν τη λειτουργία ενός εργοστασίου παραγωγής τουλάχιστον μια μέρα πριν, οι εταιρείες χρειάζονται ευελιξία προβλέψεις για την παραγωγή που δεν μπορούν να ελέγξουν (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά) καθώς και τους αναγκαίους χρόνους εκκίνησης και τερματισμού για τα εργοστάσια που μπορούν να ελέγξουν. Ο δείκτης αυτός συνδυάζει τα δυο αυτά μέτρα προγραμματισμού, που βασίζονται στην κρίση ειδικών, περιλαμβάνοντας τη λογαριθμική φύση του χρόνου προγραμματισμού. (η διαφορά μεταξύ 1 ή 2 ωρών έγκαιρης ειδοποίησης είναι πιο σημαντική για τον προγραμματισμό από ότι η διαφορά μεταξύ 11 ή 12 ωρών. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)
- ✓ Διαθεσιμότητα - Τα εργοστάσια όλων των τεχνολογιών μπορούν να τεθούν πλήρως ή μερικώς εκτός λειτουργίας εξαιτίας είτε αστοχιών υλικού (επιβεβλημένη διακοπή λειτουργίας) είτε λόγω συντήρησης (μη επιβεβλημένη ή προγραμματισμένη ). Ο συντελεστής αυτός δείχνει το χρόνο που το εργοστάσιο μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό. Οι τμηματικές διακοπές λειτουργίας υπολογίζονται δημιουργώντας έναν ετήσιο μέσο ισοδύναμο συντελεστή διαθεσιμότητας, ίσο με την πιθανή αναμενόμενη ετήσια παραγωγή διαιρεμένη με την μέγιστη ετήσια παραγωγή σε πλήρη ισχύ. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)

### ***Κοινωνικοί Δείκτες***

Οι Κοινωνικοί Δείκτες αναφέρονται αναλυτικά πιο κάτω, καθώς και στο Παράρτημα Α

#### **3.1. Πολιτική συνέχεια**

- Ασφάλεια εφοδιασμού - Το κριτήριο αναφέρεται στη συγκέντρωση αγοράς από ενεργειακούς προμηθευτές για κάθε πρωτογενή ενεργειακό τομέα που μπορεί να οδηγήσει σε οικονομικές ή πολιτικές διαταραχές. Το κριτήριο αυτό βασίζεται στην κρίση ειδικών. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)

- Απόθεση αποβλήτων - Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στην περίπτωση όπου μια εγκατάσταση αποθήκευσης δεν είναι διαθέσιμη να παραλάβει φορτία αποβλήτων από αλυσίδα καυσίμου. Η αλυσίδα περιλαμβάνει τον ανεφοδιασμό καυσίμου, την κατασκευή του εργοστασίου και τη λειτουργία και απενεργοποίηση του εργοστασίου. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)
- Προσαρμοστικότητα - Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά κάθε τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού που μπορούν να την κάνουν ευέλικτη στην υλοποίηση τεχνικής προόδου και καινοτομιών. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)

### 3.2. Πολιτική νομιμότητα

- Σύγκρουση - Ο δείκτης αυτός αναφέρεται στις συγκρούσεις που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα . Σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά ενεργειακών συστημάτων που προκαλούν συγκρούσεις. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)
- Συμμετοχή - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι συγκεκριμένοι τύποι τεχνολογιών απαιτούν δημόσιο , συμμετοχικό σύστημα λήψεων αποφάσεων , ειδικά για άδειες ή όρια κατασκευής ή λειτουργίας. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)

### 3.3. Κίνδυνος

- Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)
  - ✓ Θνησιμότητα - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στον αυξανόμενο ρυθμό θνησιμότητας εξαιτίας της κανονικής λειτουργίας της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού και την σχετιζόμενη ενεργειακή αλυσίδα . Μετριέται σε ανθρωποέτη χαμένης ζωής (YOLL) στο σύνολο του πληθυσμού , συγκριτικά με το προσδόκιμο ζωής χωρίς την υπό αμφισβήτηση τεχνολογία. (Μονάδες: YOLL/kWh)
  - ✓ Νοσηρότητα - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στον αυξανόμενο ρυθμό ασθενειών εξαιτίας της κανονικής λειτουργίας της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού και την σχετιζόμενη ενεργειακή αλυσίδα. Μετριέται σε ανθρωποέτη επηρεασμένα από αναπηρίες (προσαρμογή ηλικίας με βάση κάποιας αναπηρίας, DALY) στο σύνολο του πληθυσμού, συγκριτικά με τη προσδόκιμη κατάσταση υγείας χωρίς την υπό αμφισβήτηση τεχνολογία. (Μονάδες: DALY /kWh)



- **Σοβαρά ατυχήματα - Κίνδυνος από σοβαρά ατυχήματα**
    - ✓ **Θανατηφόρα ατυχήματα** - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στον αριθμό θανάτων που αναμένονται για την παραγωγή μίας κιλοβατώρας ηλεκτρισμού και αφορά σοβαρά ατυχήματα με 5 ή περισσότερους θανάτους ανά ατύχημα για κάθε συγκεκριμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού. (Μονάδες: Θάνατοι /GWeyr)
    - ✓ **Μέγιστος αριθμός θανάτων** - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στο μέγιστο αριθμό θανάτων για τους οποίους μπορεί να ευθύνεται ένα μεμονωμένο ατύχημα για κάθε συγκεκριμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού. (Μονάδες: Θάνατοι /ατύχημα)
  - **Αντίληψη κινδύνου**
    - ✓ **Κανονική λειτουργία** - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στο φόβο των πολιτών για αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας της κανονικής λειτουργίας της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)
  - **Τρομοκρατία και κίνδυνοι**
    - ✓ **Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας** - Το κριτήριο αυτό υποδεικνύει την πιθανότητα επιτυχημένης τρομοκρατικής επίθεσης για κάθε τεχνολογία. Εξαρτάται από τις αδυναμίες κάθε τεχνολογίας, τις πιθανές καταστροφές και την αντίληψη του κινδύνου από την κοινή γνώμη. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)
    - ✓ **Αποτελέσματα τρομοκρατίας** - Το κριτήριο αυτό ασχολείται με τις πιθανές συνέπειες μιας επιτυχούς τρομοκρατικής επίθεσης. Εξετάζει την αποστροφή έναντι ατυχημάτων σημαντικών συνεπειών αλλά χαμηλής πιθανότητας. (Μονάδες: Αναμενόμενος αριθμός θανάτων)
    - ✓ **Εξάπλωση** - Το κριτήριο αυτό αντιπροσωπεύει την πιθανότητα ανορθολογικής χρήσης τεχνολογιών ή υλικών στην αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνικά εργοστάσια. Βασίζεται στην παρουσία και τον κίνδυνο ανορθολογικών χρήσεων ή εκτροπών.
- 3.4. Οικιστικό περιβάλλον - Ποιότητα οικιστικού περιβάλλοντος**
- **Τοπίο** - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στη συνολική λειτουργική και αισθητική επίδραση της συνολικής εγκατάστασης στο τοπίο και σχετίζεται με κάθε τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού, περιλαμβάνοντας ορυχεία, γραμμές

μεταφοράς, αγωγούς και υποδομές. Δεν περιλαμβάνεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)

- Θόρυβος - Το κριτήριο αυτό βασίζεται στα επίπεδα θορύβου που προκύπτουν από το εργοστάσιο παραγωγής, καθώς επίσης από την μεταφορά των υλικών (καυσίμων, αποβλήτων) από και προς το εργοστάσιο. (Μονάδες: Διατεταγμένη κλίμακα)

#### 4.5 Εφαρμογή Προτεινόμενης Μεθοδολογίας – Συμπεράσματα

Η προτεινόμενη μεθοδολογία είναι δυνατόν να εφαρμοστεί για μια χώρα, ώστε να βγάλουμε κατάλληλα συμπεράσματα σχετικά με την καταλληλότερη από άποψη βιωσιμότητας για τη συγκεκριμένη χώρα, τεχνολογική επιλογή για εφαρμογή. Με αυτό τον τρόπο είναι επίσης δυνατό να υποστηριχτεί ο εκάστοτε αποφασίζων της χώρας εφαρμογής.

Οι δείκτες που παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στο παρόν κεφάλαιο μπορούν να αποτελέσουν εισόδους σε ένα πολυκριτηριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων και είναι απαραίτητοι κατά τη διεξαγωγή μιας TNA διαδικασίας για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και ορθότερης απόδοσης προτεραιότητας μεταξύ των τεχνολογιών.

Ο όρος, Πολυκριτηριακό Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων, περιγράφει τυπικές μεθόδους επίλυσης που αποσκοπούν στην διεξοδική καταγραφή και επεξεργασία των πολλαπλών κριτηρίων για να βοηθήσουν μεμονωμένα άτομα ή ομάδες στην λήψη αποφάσεων. Ωστόσο γύρω από τα πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων κυκλοφορούν κάποιοι μύθοι. Προκύπτουν ερωτήματα όπως τα εξής:

- Μπορούν να δώσουν τη σωστή απάντηση στο πρόβλημά μας;
- Παρέχουν μια αντικειμενική ανάλυση η οποία θα απαλλάξει τους αποφασίζοντες από την ευθύνη του να προβούν σε αξιολογήσεις και κρίσεις;
- Αναλαμβάνουν το βάρος της λήψης της απόφασης;

Φυσικά τίποτα από τα παραπάνω δεν συμβαίνει. Μερικά από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των Πολυκριτηριακών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων είναι τα εξής:

- Αποσκοπούν στην διεξοδική καταγραφή και περιγραφή των πολλαπλών, αλληλοσυγκρουόμενων κριτηρίων – Συνθέτουν μεγάλο όγκο πληροφοριών,
- Βοηθούν στην κατάστρωση και δομή του προβλήματος,

- Στοχεύουν στο να βοηθήσουν τους αποφασίζοντες να μάθουν περισσότερα για το πρόβλημα, για το σύστημα αξιών και τις προτεραιότητες τους και μέσω οργάνωσης, σύνθεσης, κατάλληλης παρουσίασης των πληροφοριών να τους οδηγήσουν να επιλέξουν τη δράση που προτιμούν,
- Οδηγούν σε πιο εμπειριστατωμένες και αιτιολογημένες αποφάσεις,
- Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι απλά και εύκολα προσαρμόζονται κατά περίπτωση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από ένα πολυκριτηριακό σύστημα αποτελούν προσεγγίσεις αναλυτών και όχι τις τελικές επιλογές του αποφασίζοντα. Στο σημείο αυτό αξίζει να περιγραφεί το σύνολο των συμμετεχόντων που λαμβάνουν μέρος σε μια απόφαση. Σημαντικές αποφάσεις σπάνια λαμβάνονται από ένα άτομο όπως έναν υπουργό ή τον πρόεδρο μιας εταιρίας. Ακόμη και εάν η ευθύνη για την απόφαση βαραίνει ένα συγκεκριμένο άτομο, η απόφαση θα είναι προϊόν της αλληλεπίδρασης των προτιμήσεων αυτού του ατόμου και των προτιμήσεων άλλων. Έτσι πέραν των μεμονωμένων ατόμων συνήθως εμπλέκονται και άλλοι. Ένα συμβούλιο διευθυντών, μια ομάδα ειδικών ή μια εκλεγμένη επιτροπή μπορούν να συμμετέχουν στη απόφαση. Άλλες ομάδες λιγότερο σαφώς ορισμένες όπως μια επαγγελματική κοινότητα, καταναλωτές ή η κοινή γνώμη αποτελούν τους *ενδιαφερόμενους* και μπορούν να επηρεάσουν μια απόφαση. Οι παράγοντες αυτοί διαδραματίζουν ρόλο για τη λήψη μιας απόφασης και παρεμβαίνουν άμεσα μέσω των δικών τους συστημάτων αξιών για να επηρεάσουν την απόφαση. Βέβαια, υπάρχουν και κάποιοι οι οποίοι δεν συμμετέχουν ενεργά στην διαμόρφωση της απόφασης αλλά θα επηρεαστούν από αυτήν. Η δικιά τους προτίμηση πρέπει επίσης να εκτιμηθεί. Σε αυτή την κατηγορία που ονομάζεται τρίτα μέρη, εντάσσονται φορολογούμενοι, ψηφοφόροι κ.α. Στη διαδικασία λήψης μιας απόφασης οι διάφοροι συμμετέχοντες μπορεί να έχουν διαφορετικούς στόχους και συγκρουόμενα συστήματα αξιών. Έτσι σπάνια ένα μοντέλο Πολυκριτηριακών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων θα είναι εκτενές αρκετά ώστε να τους ωφελεί όλους.



# *Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>*

---

Μελέτες Περιπτώσεων  
Γαλλίας & Γερμανίας:  
*Πιλοτική Εφαρμογή*



## 5.1. Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας προσδιορίστηκαν οικονομικοί, κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί δείκτες με στόχο την πληρέστερη αποτίμηση των ενδεχομένων δυσκολιών και την εκτενέστερη και λεπτομερέστερη περιγραφή παραγόντων ικανών να επηρεάσουν τη βιωσιμότητα των τεχνολογικών επιλογών.

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται πιλοτική εφαρμογή σε 2 ευρωπαϊκές χώρες. Δύο χώρες πρωτοπόρες στην εξεύρεση τεχνολογικών λύσεων, τη Γαλλία και τη Γερμανία. Στην επιλογή αυτή συνέβαλλαν αρκετοί παράγοντες. Η ύπαρξη πληρέστερης βιβλιογραφίας αναφορικά στις 26 τεχνολογίες που εξετάζονται για τις χώρες αυτές, η πρωτοπορία σε τεχνικές υλοποιήσεις και η εξεύρεση οικονομικών επιλογών ικανών για τη χρηματοδότησή τους. Επιπλέον ρόλο διαδραμάτισε το γεγονός ότι μπορούν να αποτελέσουν πρότυπο και να συνεργαστούν για μεταφορά τεχνογνωσίας με αναπτυσσόμενες χώρες.

## 5.2. Παρουσίαση Δεικτών για Γαλλία και Γερμανία

Οι τεχνολογικές ανάγκες διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα, είτε πρόκειται για αναπτυγμένες, είτε για αναπτυσσόμενες χώρες. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε αποκλίσεις στις τιμές των δεικτών ορισμένες φορές αμελητέες και άλλες αξιοσημείωτες. Οι χώρες μπορούν να διαφέρουν ακόμα σε τεχνικούς, οικονομικούς παράγοντες καθώς επίσης και σε φυσικούς πόρους. Στη διπλωματική εργασία γίνεται ποσοτικοποιημένη και συγκριτική παρουσίαση των δεικτών για 26 καινοτόμες τεχνολογίες βιώσιμης ανάπτυξης, για τη Γαλλία και τη Γερμανία (Παράρτημα Β). Ενδεικτικά παραθέτονται

Πίνακας 5.1: Περιβαλλοντικοί Δείκτες για την περίπτωση της Γαλλίας και της Γερμανίας

1	Όνομα Κριτηρίου	Μονάδες	Solar - Thermal		PV-Si plant	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1	<b>περιβάλλον</b>					
1.1	<b>Πόροι</b>					
1.1.1	Ενέργεια					
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	2.32 E-01	-	1.43 E-01	1.74 E-01
1.1.1.2	Ουράνιο	MJ/kWh	2.00 E-02	-	4.83 E-02	5.88 E-02
1.1.2	Ορυκτά					
1.1.2.1	Μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	1.44 E-07	-	2.39 E-06	2.91 E-06
1.2	<b>Κλίμα</b>					
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	2.25 E-02	-	5.21 E-03	9.98 E-03
1.3	<b>Οικοσυστήματα</b>					
1.3.1	Κανονική λειτουργία					
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	5.22 E-03	-	3.85 E-03	4.69 E-03
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.21 E-03	-	1.95 E-03	2.38 E-03
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	5.32 E-04	-	2.29 E-04	2.78 E-04
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα					
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	-	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	0	-	0	0
1.4	<b>Απόβλητα</b>					
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	5.32 E-09	-	5.98 E-09	7.28 E-09
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	1.64 E-11	-	3.71 E-11	4.52 E-11

Πίνακας 5.2: Οικονομικοί Δείκτες για την περίπτωση της Γαλλίας και της Γερμανίας

2	Όνομα Κριτηρίου	Μονάδες	Solar - Thermal		PV-Si plant	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
2	<b>Οικονομία</b>					
2.1	<b>Πελάτες</b>					
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	63.1	-	63.0	76.6
2.2	<b>Κοινωνία</b>					
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person-years/GWh	100	-	123	123
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	10	-	10	10
2.3	<b>Χρησιμότητα</b>					
2.3.1	Χρηματοοικονομικά					
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ.παρούσα αξία	1217	-	40	40
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.00	-	0.00	0.00
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	3	-	2	2
2.3.2	Λειτουργία					
2.3.2.1	οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	0.0	-	0.00	0.00
2.3.2.2	Ευελιξία	Διατεταγμένη κλ.	2	-	2	2
2.3.2.3	Διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.52	-	0.11	0.09



Πίνακας 5.3: Κοινωνικοί Δείκτες για την περίπτωση της Γαλλίας και της Γερμανίας

Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	Solar - Thermal		PV-Si plant		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
<b>3</b>	<b>Κοινωνία</b>					
<b>3.1</b>	<b>Πολιτική συνέχεια</b>					
3.1.1.1	Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	3	-	2.5	3
3.1.1.2	Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	0	-	0	1.5
3.1.1.3	προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	4	-	4	4
<b>3.2</b>	<b>Πολιτική νομιμότητα</b>					
3.2.1.1	Σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	1	-	2	1
3.2.1.2	Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4	-	4	1.5
<b>3.3</b>	<b>Κίνδυνος</b>					
3.3.1	Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας					
3.3.1.1	Θνησιμότητα	YOLL/kWh	1.68 E-08	-	9.92 E-09	1.59 E-08
3.3.1.2	νοσηρότητα	DALY /kWh	1.48 E-08	-	9.82 E-09	1.51 E-08
3.3.2	Σοβαρά ατυχήματα					
3.3.2.1	Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	2.00 E-04	-	1.00 E-04	1.00 E-04
3.3.2.2	Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	5	-	5	5
3.3.3	Αντίληψη κινδύνου					
3.3.3.1	Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	1	-	1	1
3.3.3.2	Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	2.67	-	2.67	2.00
3.3.4	Τρομοκρατία					
3.3.4.1	Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	1	-	2	2
3.3.4.2	Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	1	-	2	2
3.3.4.3	εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	-	0	0
<b>3.4</b>	<b>Οικιστικό περιβάλλον</b>					
3.4.1.1	Τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	3	-	3	1.75
3.4.1.2	Θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	1	-	1	1

Για τα φωτοβολταϊκά πάρκα που εξετάστηκαν διεξοδικά διαφοροποιήσεις παρατηρούνται κυρίως στους περιβαλλοντικούς δείκτες και στο κόστος παραγωγής. Για τους περιβαλλοντικούς δείκτες οι διαφορές παρατηρούνται στους δείκτες αποτίμησης χημικών και ραδιενεργών αποβλήτων, στην ποσότητα εκπομπών CO<sub>2</sub> και στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, ουρανίου και μεταλλεύματος για την παραγωγή 1kWh ενέργειας. Οι τιμές των κοινωνικών δεικτών στις 2 χώρες κατά κύριο λόγο ταυτίζονται ή διαφοροποιούνται ελάχιστα.

Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται οφείλονται στη διαθεσιμότητα και ποιότητα των φυσικών πόρων, στο παράδειγμα που εξετάζεται, κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι ώρες/χρόνο λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πάρκων στη Γερμανία είναι λιγότερες, λόγω συγκεκριμένων καιρικών συνθηκών. Επιπλέον, η περιορισμένη ηλιοφάνεια καθιστά αδύνατη την ύπαρξη ηλιακών θερμικών διατάξεων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία.

### 5.3. Παρατηρήσεις – Σχόλια

Οι πίνακες που παρουσιάζονται οι δείκτες και για τις 26 καινοτόμες τεχνολογίες αναλυτικά παρατίθενται στο Παράρτημα Β. Οι διαφοροποιήσεις που επισημαίνονται πέρα από την ποιότητα και ποσότητα των διαθέσιμων φυσικών πόρων οφείλονται στο ευρύτερο περιβάλλον της περιοχής εφαρμογής και στη θερμική απόδοση (αφορά μόνο τις τεχνολογίες συμπαραγωγής). Πιο συγκεκριμένα οι επιδράσεις στη φύση, στην υγεία και ο κίνδυνος ασφάλειας εξαρτώνται από το πώς η τεχνολογία σχετίζεται με το περιβάλλον εφαρμογής, περιλαμβάνοντας την κατεύθυνση του αέρα και την ύπαρξη εν δυνάμει μολυσμένων ειδών ή πληθυσμών. Οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη θερμική απόδοση τεχνολογιών, μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της απόδοσης. Η χαμηλή απόδοση απαιτεί μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου και επηρεάζει παράγοντες σχετιζόμενους με την αλυσίδα εφοδιασμού.

Σε γενικές γραμμές μελετώντας τους δείκτες που παραθέτονται η απόκλιση τιμών μεταξύ των δεικτών Γαλλίας και Γερμανίας είναι περιορισμένη. Αν παρουσιάζονταν συγκριτικά π.χ. οι δείκτες που αφορούν τις τεχνολογικές εφαρμογές στη Γαλλία και σε μια αναπτυσσόμενη χώρα πιθανόν οι διαφορές να ήταν αξιοσημείωτες.

Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί ότι η απόδοση τιμών στους δείκτες με μονάδα μέτρησης: «διατεταγμένη κλίμακα» πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την κρίση εξειδικευμένων επιστημόνων.



# *Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>*

---

## Συμπεράσματα και Προοπτικές



## 6.1. Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι τα παρακάτω:

### *Κλιματική Αλλαγή και Σύγχρονες Τεχνολογικές Ανάγκες*

Η δεδομένη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, η κλιματική αλλαγή και η υπερθέρμανση του πλανήτη θα ενταθούν με την πάροδο των χρόνων αν δεν ληφθούν συλλογικά, σε παγκόσμιο επίπεδο, μέτρα περιορισμού της ρύπανσης. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αποτελούν τον σημαντικότερο παράγοντα ρύπανσης και η ύπαρξή τους οφείλεται κατά πλειοψηφία στις υπάρχουσες δομές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ανακύπτει, λοιπόν, η ανάγκη να εξεταστούν τεχνολογικές επιλογές για περιορισμό της κλιματικής αλλαγής.

Επιπλέον, η κάλυψη της ολοένα αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης, και η ανάγκη για μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου χωρίς τη δαπάνη υπέρογκων ποσών οδηγούν σε εκτεταμένη ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών, καθώς και σε διευρυμένη μεταφορά τεχνογνωσίας από ανεπτυγμένες σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Με σκοπό τη βέλτιστη τεχνολογική επιλογή για την εκάστοτε, συνίσταται να μελετηθούν τα στάδια τεχνολογικής ανάπτυξης, εφαρμογής και διάδοσης μιας τεχνολογίας πριν τη δημιουργία εθνικής στρατηγικής. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί και στις δυσκολίες που ανακύπτουν για την εμπορευματοποίηση μιας τεχνολογίας που βρίσκεται σε ερευνητικό στάδιο.

### *Προτεινόμενη Μεθοδολογία*

Στη διπλωματική εργασία αυτή δίνεται στη διερεύνηση και αποτίμηση βιώσιμων τεχνολογιών στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής. Πραγματοποιείται μια προσπάθεια για πλήρη και εποπτική περιγραφή των τεχνολογικών επιλογών και των παραμέτρων που τις χαρακτηρίζουν. Οι παράμετροι αφορούν οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά αλλά και την περιβαλλοντική επίδραση και την κοινωνική αποδοχή. Στο πλαίσιο αυτό ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση.

- **Διερεύνηση των τεχνολογιών:** Δόθηκε έμφαση σε τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά τους. Η ομοιογένεια στον τρόπο παρουσίασης και η δομή περιγραφής που επιλέχθηκε συμβάλλουν στην ευκολότερη θεώρηση και αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της εκάστοτε τεχνολογίας.
- **Ανάπτυξη Δεικτών:** Στο πλαίσιο της μελέτης, αξιολόγησης και αποτίμησης της βιωσιμότητας καινοτόμων τεχνολογιών είναι απαραίτητη η δημιουργία και χρήση πλήθους δεικτών που καλύπτουν τεχνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επεκτάσεις της τεχνολογίας και της χώρας εφαρμογής. Συνεπώς, οι δείκτες που αναπτύχθηκαν καλύπτουν σφαιρικά πλειάδα παραμέτρων αναφορικά με τις εξεταζόμενες τεχνολογίες και συμβάλλουν στην αποτίμηση της βιωσιμότητας που είναι και ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Η προσέγγιση του προβλήματος με τη βοήθεια της μεθοδολογίας που προαναφέρθηκε, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στην αξιολόγηση των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τη συμβολή τους στη βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς επιτρέπει την εκτίμηση ταυτόχρονα πολλών κριτηρίων. Έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαθέτουν πολλές διαφορετικές παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν.

### ***Πιλοτική Εφαρμογή σε Γαλλία και Γερμανία***

Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε ενδεικτικά για δύο χώρες τη Γαλλία και τη Γερμανία. Από την εφαρμογή αυτή προέκυψαν συγκεκριμένα συμπεράσματα τόσο για τις επιμέρους τεχνολογικές επιλογές που εξετάστηκαν όσο και για τις ίδιες τις χώρες.

Οι τιμές των δεικτών αξιολόγησης σε Γαλλία και Γερμανία δεν διαφέρουν ιδιαίτερα μεταξύ τους εκτός ιδιαίτερων περιπτώσεων όπως στις ηλιακές θερμικές διατάξεις. Λόγω της περιορισμένης ηλιοφάνειας είναι περιορισμένη η δυνατότητα αξιοποίησης ηλιακών θερμικών διατάξεων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία. Ενδεικτικά αναφέρονται σαν σύγκριση μεταξύ των δύο χωρών, ότι για τα φωτοβολταϊκά πάρκα διαφοροποιήσεις παρατηρούνται κυρίως στους περιβαλλοντικούς δείκτες και στο κόστος παραγωγής. Για τους περιβαλλοντικούς δείκτες οι διαφορές παρατηρούνται στους δείκτες αποτίμησης χημικών και ραδιενεργών αποβλήτων, στην ποσότητα εκπομπών CO<sub>2</sub> και στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, ουρανίου και μεταλλεύματος για την παραγωγή 1kWh



ενέργειας. Οι τιμές των κοινωνικών δεικτών στις δύο χώρες κατά κύριο λόγο ταυτίζονται ή διαφοροποιούνται ελάχιστα.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι από την εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι εμφανές ότι η επιλογή μιας βιώσιμης ενεργειακής τεχνολογίας εξαρτάται από πολλούς και διαφορετικούς μεταξύ τους παράγοντες και είναι φυσικά επόμενο να είναι άμεσα συνδεδεμένη και με τους σκοπούς και τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε αποφασίζοντα.

## 6.2. Προοπτικές

- ❖ Η προτεινόμενη μεθοδολογία, θα μπορούσε κάλλιστα να εξετάσει και άλλες τεχνολογικές επιλογές που καλύπτουν άλλες ανάγκες, όπως τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, τεχνολογίες ψύξης – θέρμανσης, διαχείριση αποβλήτων κλπ.
- ❖ Η μεθοδολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες χώρες (εκτός της Γαλλίας και της Γερμανίας), τόσο αναπτυγμένων, όσο και αναπτυσσόμενων. Βέβαια στις αναπτυσσόμενες χώρες ενδέχεται η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων να αποτελεί μια πολύ δύσκολη διαδικασία.
- ❖ Επιπλέον τα στοιχεία που προκύπτουν από την προτεινόμενη μεθοδολογία μπορούν να αποτελέσουν εισόδους πολυκριτηριακών συστημάτων αποφάσεων. Δηλαδή, με την απόδοση κατάλληλου βάρους σε κάθε δείκτη μπορούν να ληφθούν αξιόπιστα αποτελέσματα.
- ❖ Στο παραπάνω πλαίσιο, τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας μπορούν να υποστηρίξουν και μια TNA διαδικασία με στόχο την ορθότερη απόδοση προτεραιότητας μεταξύ των τεχνολογικών επιλογών και την υποστήριξη των επιλογών του αποφασίζοντα.



## Βιβλιογραφία

Mazen M. Abu-Khader, 2009 Recent advances in nuclear power: A review *Progress in Nuclear Energy, Volume 51, Issue 2, Pages 225-235.*

Adamson K. A. (2008) – “Fuel Cell Today: Small Stationary Survey”, Fuel Cell Today.

Albu, M. and A. Griffith, 2005, ‘Mapping the Market: A framework for rural enterprise development policy and practice’, Practical Action report [http://practicalaction.org/?id=mapping\\_the\\_market](http://practicalaction.org/?id=mapping_the_market).

Peter J. Ashman, Peter J. Mullinger, 2005. Research issues in combustion and gasification of lignite *Fuel, Volume 84, Issue 10, Pages 1195-1205*

M. Baratieri, P. Baggio, B. Bosio, M. Grigiante, G.A. Longo, 2009. The use of biomass syngas in IC engines and CCGT plants: A comparative analysis. *Applied Thermal Engineering, Volume 29, Issue 16, Pages 3309-3318.*

Ian D. Bishop, David R. Miller, 2007. Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *Renewable Energy, Volume 32, Issue 5, Pages 814-831.*

Boyce M.P. (2006) Gas turbine engineering handbook. GPP, Boston.

Hannah Chalmers, Jon Gibbins, 2007 Initial evaluation of the impact of post-combustion capture of carbon dioxide on supercritical pulverised coal power plant part load performance. *Fuel, Volume 86, Issue 14, Pages 2109-2123.*

P.G. Charalambous, G.G. Maidment, S.A. Kalogirou, K. Yiakoumetti, 2007. Photovoltaic thermal (PV/T) collectors: A review. *Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issues 2-3, Pages 275-286.*

Expert Group on Technology Transfer (EGTT), 2009, *Future Financing Options for Enhancing the Development, Deployment, Diffusion and Transfer of Technologies under the Convention*, FCCC/SB/2009/INF.1, p.11.

Heejin Cho, Rogelio Luck, Sandra D. Eksioğlu, Louay M. Chamra, 2009. Cost-optimized real-time operation of CHP systems. *Energy and Buildings, Volume 41, Issue 4, Pages 445-451.*

Viviana Cigolotti, Erica Massi, Angelo Moreno, Alessandra Poletti, Francesco Reale, 2008. Biofuels as opportunity for MCFC niche market application. *International Journal of Hydrogen Energy, Volume 33, Issue 12, Pages 2999-3003.*

Jayanta Deb Mondol, David McIlveen-Wright, Sina Rezvani, Ye Huang, Neil Hewitt, 2009. Techno-economic evaluation of advanced IGCC lignite coal fuelled power plants with CO<sub>2</sub> capture. *Fuel, Volume 88, Issue 12, Pages 2495-2506.*

Amardeep Dhanju, Phillip Whitaker, Willett Kempton, 2008. Assessing offshore wind resources: An accessible methodology. *Renewable Energy, Volume 33, Issue 1, Pages 55-64.C.*

Fazio, A. Alamo, A. Almazouzi, S. De Grandis, D. Gomez-Briceno, J. Henry, L. Malerba, M. Rieth, 2009. European cross-cutting research on structural materials for Generation IV and transmutation systems. *Journal of Nuclear Materials, Volume 392, Issue 2, Pages 316-323.*

Paul H.M. Feron, 2009. The potential for improvement of the energy performance of pulverized coal fired power stations with post-combustion capture of carbon dioxide *Energy Procedia, Volume 1, Issue 1, Pages 1067-1074.*

Jeremy Firestone, Willett Kempton, 2007. Public opinion about large offshore wind power: Underlying factors. *Energy Policy, Volume 35, Issue 3, Pages 1584-1598.*

Flower Th. (2006) – “Bringing SOFC Products to Market – an Update”. 7th European SOFC Forum, Lucerne, A081.

Vasilis M. Fthenakis, Hyung Chul Kim, 2007. CdTe photovoltaics: Life cycle environmental profile and comparisons. *Thin Solid Films, Volume 515, Issue 15, Pages 5961-5963.*

Ioannis Hadjipaschalis, George Kourtis, Andreas Poullikkas, 2009. Assessment of oxyfuel power generation technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 9, Pages 2637-2644.*

Henne, Rudolf (2007): Solid Oxide Fuel Cells: A Challenge for Plasma Deposition Processes. *JTTEE5 16:381–403*, DOI: 10.1007/s11666-007-9053-4.

Y. Huang, S. Rezvani, D. McIlveen-Wright, A. Minchener, N. Hewitt, 2008. Techno-economic study of CO<sub>2</sub> capture and storage in coal fired oxygen fed entrained flow IGCC power plants. *Fuel Processing Technology, Volume 89, Issue 9, Pages 916-925.*

Jerry Jackson, 2007. Ensuring emergency power for critical municipal services with natural gas-fired combined heat and power (CHP) systems: A cost–benefit analysis of a preemptive strategy. *Energy Policy, Volume 35, Issue 11, Pages 5931-5937.*

IARU, 2009, International Association of Research Universities (IARU) congress “Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions”, held in Copenhagen in March 2009 [http://climatecongress.ku.dk/newsroom/congress\\_key\\_messages/](http://climatecongress.ku.dk/newsroom/congress_key_messages/)

IEA, 2008, *Energy Technology Perspectives*, International Energy Agency (IEA) [http://www.iea.org/Textbase/Publications/free\\_new\\_Desc.asp?PUBS\\_ID=2012](http://www.iea.org/Textbase/Publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2012)

IEA / OECD (2006): *Energy Technology Perspectives 2006. Scenarios and Strategies to 2050*. IEA, Publications, Paris.

IPCC, 2007, *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. The Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report*, Cambridge: CUP <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>

- Joris Koornneef, Tim van Keulen, André Faaij, Wim Turkenburg, 2008. Life cycle assessment of a pulverized coal power plant with post-combustion capture, transport and storage of CO<sub>2</sub>. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 2, Issue 4, Pages 448-467.
- B. Lattimore, C.T. Smith, B.D. Titus, I. Stupak, G. Egnell, 2009. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*, Volume 33, Issue 10, Pages 1321-1342.
- Kwang Ho Lee, Richard K. Strand, 2009. SOFC cogeneration system for building applications, part 2: System configuration and operating condition design. *Renewable Energy*, Volume 34, Issue 12, Pages 2839-2846.
- Iñigo Martínez de Alegría, Jose Luis Martín, Iñigo Kortabarria, Jon Andreu, Pedro Ibañez Ereño, 2009. Transmission alternatives for offshore electrical power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 13, Issue 5, Pages 1027-1038.
- J.M Mason, V.M Fthenakis, T. Hansen and H.C. Kim, 2005. Energy payback and life Cycle CO<sub>2</sub> Emissions of the BOS in an Optimized 3,5 MW PV installation.
- Simone Massara, Philippe Tetart, David Lecarpentier, Claude Garzenne, 2009. Prospective scenarios of nuclear energy evolution on the XXIst century over the world scale. *Nuclear Engineering and Design*, Volume 239, Issue 9, Pages 1708-1717.
- N. J. Mohr, J. J. Schermer, M. A. J. Huijbregts, A. Meijer and L. Reijnders, 2006. Life Cycle Assessment of Thinfilm GaAs and GaInP/GaAs Solar Modules, Progress in Photovoltaics Research and Application.
- Muller, B., 2008, *International Adaptation Finance: The Need for an Innovative and Strategic Approach*, Oxford Institute for Energy Studies.
- Neef H.-J. (2006) – “Germany’s approach to Hydrogen and Fuel Cell Technologies” National, European, and International Networks, Jülich.
- Peter F. Nelson, Pushan Shah, Vlad Strezov, Brendan Halliburton, John N. Carras, 2009. Environmental impacts of coal combustion: A risk approach to assessment of emissions. *Fuel*, In Press, Corrected Proof.
- OECD (2005) - Prospects for hydrogen and Fuel Cells, IEA Study, Paris, France.
- Sergio Pacca, Deepak Sivaraman, Gregory A. Keoleian, 2007. Parameters affecting the life cycle performance of PV technologies and systems. *Energy Policy*, Volume 35, Issue 6, Pages 3316-3326.
- Martin Pehnt, Johannes Henkel, 2009. Life cycle assessment of carbon dioxide capture and storage from lignite power plants. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 3, Issue 1, Pages 49-66.

S.S. Penner, R. Seiser, K.R. Schultz, 2008.Steps toward passively safe, proliferation-resistant nuclear power, *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 34, Issue 3, Pages 275-287.

Pitz-Paal, Robert; Dersch, Jürgen; Milow, Barbara (Eds.) 2005: European Concentrated Solar Thermal Road-Mapping (ECOSTAR). Coordinated action sustainable energy systems SES6-CT-2003-502578. Colone.

Ivano Pola, Domenico Chianese, Angelo Bernasconi, 2007.Flat roof integration of a-Si triple junction modules laminated together with flexible polyolefin membranes. *Solar Energy*, Volume 81, Issue 9, Pages 1144-1158

Baldev Raj, K. Bhanu Sankara Rao,2009.Building on knowledge base of sodium cooled fast spectrum reactors to develop materials technology for fusion reactors. *Journal of Nuclear Materials*, Volumes 386-388, Pages 935-943

Marco Raugei, Paolo Frankl, 2009.Life cycle impacts and costs of photovoltaic systems: Current state of the art and future outlooks. *Energy*, Volume 34, Issue 3, Pages 392-399

Shafiqur Rehman, Maher A. Bader, Said A. Al-Moallem, 2007.Cost of solar energy generated using PV panels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 11, Issue 8, Pages 1843-1857.

Athanasios A. Rentizelas, Athanasios J. Tolis, Ilias P. Tatsiopoulos, 2009.Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 13, Issue 4, Pages 887-894.

Rebecca L. Rowe, Nathaniel R. Street, Gail Taylor, 2009.Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 13, Issue 1, Pages 271-290.

Edward S. Rubin, Chao Chen, Anand B. Rao ,2007.Cost and performance of fossil fuel power plants with CO<sub>2</sub> capture and storage. *Energy Policy*, Volume 35, Issue 9, Pages 4444-4454.

Brian Snyder, Mark J. Kaiser, 2009.Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy. *Renewable Energy*, Volume 34, Issue 6, Pages 1567-1578

Christian Solli, Rahul Anantharaman, Anders H. Strømman, Xiangping Zhang, Edgar G. Hertwich, 2009. Evaluation of different CHP options for refinery integration in the context of a low carbon future. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 3, Issue 2, Pages 152-160.

UNFCCC, 2007, *Bali Action Plan*, Decision 1/CP.13; FCCC/CP/2007/6/Add.1.

UNFCCC, 2007a, *Investment and Financial Flows to Address Climate Change*.

UNFCCC, 2007b, *Innovative Options for Financing the Development and Transfer of Technologies*.

Virkar A.V., Butler B., Gardiner M., Rich. J., Homel M. (2006) – “Portable Solid Oxide Fuel Cell-Based Power Source Operating on Logistic Fuels”. International Conference on Hydrogen and Fuel Cell Technologies. Ot. 26, Hamburg.

Terry Wall, Yinghui Liu, Chris Spero, Liza Elliott, Sameer Khare, Renu Rathnam, Farida Zeenathal, Behdad Moghtaderi, Bart Buhre, Changdong Sheng, Raj Gupta, Toshihiko Yamada, Keiji Makino, Jianglong Yu, 2009. An overview on oxyfuel coal combustion— State of the art research and technology development. *Chemical Engineering Research and Design, Volume 87, Issue 8, Pages 1003-1016*

Wilde, Regina 2005: Case study of a Concentrating Solar Power Plant for the Cogeneration of Water and Electricity, Diploma Thesis, DLR, RWTH Aachen.

Chungen Yin, Lasse A. Rosendahl, Søren K. Kær, 2008 Grate-firing of biomass for heat and power production. *Progress in Energy and Combustion Science, Volume 34, Issue 6, Pages 725-754*

Kim Hyun Yong, 2007 Method of gasification in IGCC system. *International Journal of Hydrogen Energy, Volume 32, Issue 18, Pages 5088-5093*

H.A. Zondag, 2008. Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, Issue 4, Pages 891-959*





# *Παράρτημα Α*

---

Αναλυτική Περιγραφή των  
Δεικτών



	Όνομασία Δείκτη	Περιγραφή	Βέλτιστη τιμή (min,max)	Μονάδες
<b>1</b>	<b>Περιβάλλον</b>			
<b>1.1</b>	<b>Πόροι</b>	Χρήση πόρων(όχι ανανεώσιμων)		
1.1.1	Ενέργεια	Χρήση ενεργειακών πόρων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής		
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	Το κριτήριο αυτό υπολογίζει τη συνολική πρωταρχική ενέργεια από ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1 kWh . Περιλαμβάνει τον συνολικό άνθρακα, φυσικό αέριο και αργό πετρέλαιο για κάθε ολοκληρωμένη τεχνολογική αλυσίδα. Παρατήρηση: χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τις τεχνολογίες καύσης άνθρακα , η συνολική πρωταρχική ενέργεια επίσης περιλαμβάνει την ενέργεια των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μεταφορά ομοίως για τις τεχνολογίες φυσικού αερίου περιλαμβάνεται το ηλεκτρικό μίγμα που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη και επεξεργασία του.	Min	MJ/kWh
1.1.1.2	Ουράνιο	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την πρωταρχική ενέργεια από πόρους ουρανίου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Περιλαμβάνει τη συνολική χρήση ουρανίου για κάθε ολοκληρωμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού.	Min	MJ/kWh
1.1.2	Ορυκτά	Χρήση ορυκτών πόρων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής.		
1.1.2.1	Μετάλλευμα	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τη χρήση επιλεγμένων σπάνιων μετάλλων για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh.Βασίζεται στη μέθοδο επίδρασης κύκλου ζωής (CLM 2001).Η χρήση μεμονωμένων μετάλλων εκφράζεται σε ισοδύναμα αντιμονίου, βασιζόμενη στην σπανιότητα των μεταλλευμάτων συγκριτικά με το μέταλλευμα αναφοράς (αντιμόνιο).	Min	Kg(Sb-eq)/kWh
<b>1.2</b>	<b>Κλίμα</b>	Πιθανές επιδράσεις στο κλίμα		
1.2.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Το κριτήριο αυτό περιλαμβάνει τις συνολικές εκπομπές όλων των αερίων του θερμοκηπίου εκφρασμένες σε ισοδύναμα CO <sub>2</sub> για κάθε τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που προκαλούνται από τα αέρια του θερμοκηπίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh	Min	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh

<b>1.3</b>	<b>Οικοσυστήματα</b>	<b>Πιθανές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα</b>		
1.3.1	Κανονική Λειτουργία	Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα από την κανονική λειτουργία.		
1.3.1.1	Βιοποικιλότητα	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την απώλεια ειδών χλωρίδας και πανίδας εξαιτίας της έκτασης γης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Ο λόγος πιθανής καταστροφής των ειδών (PDF) πολλαπλασιάζεται με την έκταση γης και τα χρόνια για κάθε πλήρη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού	Min	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh
1.3.1.2	Οικοτοξικότητα	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την απώλεια ειδών χλωρίδας και πανίδας εξαιτίας ουσιών που απελευθερώνονται στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Ο λόγος πιθανής καταστροφής των ειδών (PDF) πολλαπλασιάζεται με την έκταση γης και τα χρόνια για κάθε πλήρη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού	Min	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί την απώλεια ειδών χλωρίδας και πανίδας εξαιτίας της οξειδωσης και του ευτροφισμού που προκαλείται από την μόλυνση για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Ο λόγος πιθανής καταστροφής των ειδών (PDF) πολλαπλασιάζεται με την έκταση γης και τα χρόνια για κάθε πλήρη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού	Min	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα	Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα από σοβαρά ατυχήματα		
1.3.2.1	Υδρογονάνθρακες	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί ατυχήματα μεγάλων κηλίδων υδρογονανθράκων στο περιβάλλον που πιθανώς μπορούν να καταστρέψουν τα επηρεαζόμενα οικοσυστήματα . Αφορά μόνο σοβαρά ατυχήματα, εκλύσεων τουλάχιστον 10000 τόνων.	Min	t/GWeyr
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τη μόλυνση του εδάφους εξαιτίας ατυχημάτων που οδηγούν στην απελευθέρωση ραδιενεργών ισotόπων. Ο χώρος που μολύνθηκε υπολογίζεται με χρήση της πιθανοτικής ανάλυσης ασφαλείας (PSA). Σημείωση: ο δείκτης αυτός αφορά την τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια.	Min	Km <sup>2</sup> /GWeyr
<b>1.4</b>	<b>Απόβλητα</b>	<b>Πιθανές επιπτώσεις εξαιτίας των αποβλήτων</b>		
1.4.1	Χημικά απόβλητα	Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τη συνολική μάζα ειδικών χημικών αποβλήτων που τοποθετούνται σε υπόγειους ταμειυτήρες. Δεν αντανακλά την πραγματική ζημία στους ανθρώπους ή στην φύση και δεν αντανακλά τους περιορισμούς	Min	kg/kWh

1.4.2 Ραδιενεργά  
απόβλητα

χρόνου που απαιτούνται για κάθε ταμειυτήρα.

Το κριτήριο αυτό ποσοτικοποιεί τον όγκο του χαμηλού, μέσου και υψηλού επιπέδου ραδιενεργών αποβλήτων που αποθηκεύεται σε υπόγειους ταμειυτήρες για την παραγωγή ηλεκτρισμού 1kWh. Αφορά κάθε ολοκληρωμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού και δεν αντανακλά την πραγματική ζημία στους ανθρώπους ή στην φύση. Επιπλέον δεν αντανακλά τους περιορισμούς χρόνου που απαιτούνται για κάθε ταμειυτήρα.

Min

 $m^3/kWh$

	Όνομα κριτηρίου	Περιγραφή	Βέλτιστη τιμή (min,max)	μονάδες
2	Οικονομία			
<b>2.1</b>	<b>πελάτες</b>	<b>Οικονομικές επιπτώσεις στους πελάτες</b>		
2.1.1	Κόστος παραγωγής	Το κριτήριο αυτό παρουσιάζει το μέσο κόστος παραγωγής ανά κιλοβατώρα για κάθε τεχνολογία, περιλαμβάνοντας το κόστος κεφαλαίου, τα κόστη των καυσίμων καθώς επίσης τα κόστη για λειτουργία και συντήρηση. Το υπολογιζόμενο κόστος αφορά την παραγωγή ηλεκτρισμού και όχι την τελική τιμή που θα πρέπει να πληρώσει ο πελάτης.	Min	EUR/MWh
<b>2.2</b>	<b>κοινωνία</b>	<b>Οικονομικές επιπτώσεις στην κοινωνία</b>		
2.2.1	Άμεση εργασία	Το κριτήριο αυτό δίνει τον αριθμό των εργαζομένων που σχετίζονται άμεσα με την κατασκευή και λειτουργία της τεχνολογίας παραγωγής, περιλαμβάνοντας την άμεση εργασία που σχετίζεται με την παραγωγή, συλλογή και μεταφορά καυσίμων (όπου εφαρμόζεται). Δεν περιλαμβάνεται έμμεση εργασία (π.χ. κατασκευή εξαρτημάτων του εργοστασίου). Η απασχόληση μετράται σε όρους ανθρωποετών εργασίας διαιρεμένων ως προς την παραγωγή.	Max	Person-years/GWh
2.2.2	Αυτονομία καυσίμων	Εταιρείες κοινής ωφελείας και οι κοινωνίες που εξυπηρετούν	Max	Διατεταγμένη κλίμακα
<b>2.3</b>	<b>Χρησιμότητα</b>	<b>Οικονομικές επιπτώσεις σε εταιρείες κοινής ωφελείας</b>		
2.3.1	χρηματοοικονομικά	Χρηματοοικονομικές επιπτώσεις στην χρησιμότητα		
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εταιρείες μπορεί να αντιμετωπίσουν σημαντικό χρηματοοικονομικό κίνδυνο αν το συνολικό κόστος για ένα καινούργιο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού είναι πολύ υψηλό σε σχέση με το συνολικό μέγεθος της εταιρίας. Για τον περιορισμό του κινδύνου αυτού οι εταιρείες οδηγούνται σε συμπράξεις ή αυξάνουν το κεφάλαιό τους σε χρηματαγορές.	Min	Εκατομμύρια EUR, Καθαρή παρούσα αξία
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	Ο λόγος του κόστους καυσίμου προς το συνολικό κόστος παραγωγής κυμαίνεται από μηδενικά επίπεδα (για τα φωτοβολταϊκά), σε χαμηλά (για την πυρηνική ενέργεια) και σε υψηλά (για τους αεροστροβίλους). Ο λόγος αυτός μας δείχνει συνεπώς την ευαισθησία του κόστους παραγωγής σε πιθανή αλλαγή στις τιμές των καυσίμων.	Min	Διατεταγμένη κλίμακα

2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	<p>Η κατασκευή ενός εργοστασίου είναι ευάλωτη στις αντιθέσεις της κοινής γνώμης, με αποτέλεσμα καθυστερήσεις και άλλα προβλήματα που δημιουργούνται να οδηγούν σε άυξηση του συνολικού κόστους. Ο δείκτης αυτός επομένως αφορά τον αναμενόμενο χρόνο κατασκευής ενός εργοστασίου χρόνος που απαιτείται για τον σχεδιασμό και την αδειοδότηση δεν περιλαμβάνεται.</p>	Min	έτη
2.3.2	Λειτουργία	<p>Συντελεστές σχετιζόμενοι με την λειτουργία εταιρειών κοινής ωφελείας</p>	Min	EUR-cents/kWh
2.3.2.1	Οριακό κόστος	<p>Εταιρίες παραγωγής θέτουν τα εργοστάσια εντός ή εκτός λειτουργίας ξεκινώντας από τα εργοστάσια που έχουν χαμηλότερο κόστος βάσης προς τα εργοστάσια που έχουν υψηλότερο κόστος τις περιόδους αιχμών φορτίου. Το μεταβλητό κόστος αφορά τη λειτουργία του εργοστασίου και όχι την κατασκευή του. Είναι ίσο με το μέσο κόστος καυσίμου και τα μεταβλητά κόστη λειτουργίας και συντήρησης ανά κιλοβατώρα.</p>	Max	Διατεταγμένη κλίμακα
2.3.2.2	Ευελιξία	<p>Για να προγραμματίσουν τη λειτουργία ενός εργοστασίου παραγωγής τουλάχιστον μια μέρα πριν, οι εταιρείες χρειάζονται ευελιξία προβλέψεις για την παραγωγή που δεν μπορούν να ελέγξουν (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά) καθώς και τους αναγκαίους χρόνους εκκίνησης και τερματισμού για τα εργοστάσια που μπορούν να ελέγξουν. Ο δείκτης αυτός συνδυάζει τα δυο αυτά μέτρα προγραμματισμού, που βασίζονται στην κρίση ειδικών, περιλαμβάνοντας τη λογαριθμική φύση του χρόνου προγραμματισμού. (η διαφορά μεταξύ 1 ή 2 ωρών έγκαιρης ειδοποίησης είναι πιο σημαντική για τον προγραμματισμό από ότι η διαφορά μεταξύ 11 ή 12 ωρών.</p>	Max	Διατεταγμένη κλίμακα
2.3.2.3	Διαθεσιμότητα	<p>Τα εργοστάσια όλων των τεχνολογιών μπορούν να τεθούν πλήρως ή μερικώς εκτός λειτουργίας εξαιτίας είτε αστοχιών υλικού (επιβεβλημένη διακοπή λειτουργίας) είτε λόγω συντήρησης (μη επιβεβλημένη ή προγραμματισμένη). Ο συντελεστής αυτός δείχνει το χρόνο που το εργοστάσιο μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό. Οι τμηματικές διακοπές λειτουργίας υπολογίζονται δημιουργώντας έναν ετήσιο μέσο ισοδύναμο συντελεστή διαθεσιμότητας, ίσο με την πιθανή αναμενόμενη ετήσια παραγωγή διαιρεμένη με την μέγιστη ετήσια παραγωγή σε πλήρη ισχύ.</p>	Max	Διατεταγμένη κλίμακα

	Όνομα κριτηρίου	περιγραφή	Βέλτιστη τιμή (min,max)	μονάδες
<b>3</b>	<b>Κοινωνία</b>	<b>Ασφάλεια της κοινωνίας</b>		
<b>3.1</b>	<b>Πολιτική συνέχεια</b>	<b>Πολιτική συνέχεια</b>		
3.1.1	Ασφάλεια εφοδιασμού	Το κριτήριο αναφέρεται στη συγκέντρωση αγοράς από ενεργειακούς προμηθευτές για κάθε πρωτογενή ενεργειακό τομέα που μπορεί να οδηγήσει σε οικονομικές ή πολιτικές διαταραχές. Το κριτήριο αυτό βασίζεται στην κρίση ειδικών.	Min	Διατεταγμένη κλίμακα
3.1.2	Απόθεση αποβλήτων	Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στην περίπτωση όπου μια εγκατάσταση αποθήκευσης δεν είναι διαθέσιμη να παραλάβει φορτία αποβλήτων από αλυσίδα καυσίμου. Η αλυσίδα περιλαμβάνει τον ανεφοδιασμό καυσίμου, την κατασκευή του εργοστασίου και τη λειτουργία και απενεργοποίηση του εργοστασίου.	Min	Διατεταγμένη κλίμακα
3.1.3	προσαρμοστικότητα	Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά κάθε τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού που μπορούν να την κάνουν ευέλικτη στην υλοποίηση τεχνικής προόδου και καινοτομιών.	Max	Διατεταγμένη κλίμακα
<b>3.2</b>	<b>Πολιτική νομιμότητα</b>	<b>Πολιτική νομιμότητα</b>		
3.2.1	σύγκρουση	Ο δείκτης αυτός αναφέρεται στις συγκρούσεις που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα . Σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά ενεργειακών συστημάτων που προκαλούν συγκρούσεις	Min	Διατεταγμένη κλίμακα
3.2.2	Συμμετοχή	Το κριτήριο αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι συγκεκριμένοι τύποι τεχνολογιών απαιτούν δημόσιο , συμμετοχικό σύστημα λήψεων αποφάσεων , ειδικά για άδειες ή όρια κατασκευής ή λειτουργίας .	Min	Διατεταγμένη κλίμακα
<b>3.3</b>	<b>Κίνδυνος</b>	<b>Κίνδυνος</b>		
3.3.1	Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας	Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας		
3.3.1.1	Θνησιμότητα	Το κριτήριο αυτό βασίζεται στον αυξανόμενο ρυθμό θνησιμότητας εξαιτίας της κανονικής λειτουργίας της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού και την σχετιζόμενη ενεργειακή αλυσίδα . Μετριέται σε ανθρωποέτη χαμένης ζωής (YOLL) στο σύνολο του πληθυσμού , συγκριτικά με το προσδόκιμο ζωής χωρίς την υπό αμφισβήτηση τεχνολογία.	Min	YOLL/kWh



3.3.1.2	νοσηρότητα	Το κριτήριο αυτό βασίζεται στον αυξανόμενο ρυθμό ασθενειών εξαιτίας της κανονικής λειτουργίας της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού και την σχετιζόμενη ενεργειακή αλυσίδα. Μετρείται σε ανθρωποέτη επηρεασμένα από αναπηρίες (προσαρμογή ηλικίας με βάση κάποιας αναπηρίας , DALY) στο σύνολο του πληθυσμού , συγκριτικά με τη προσδόκιμη κατάσταση υγείας χωρίς την υπό αμφισβήτηση τεχνολογία.	Min	DALY /kWh
3.3.2	Σοβαρά ατυχήματα	Κίνδυνος από σοβαρά ατυχήματα		
3.3.2.1	Θανατηφόρα ατυχήματα	Το κριτήριο αυτό βασίζεται στον αριθμό θανάτων που αναμένονται για την παραγωγή μίας κιλοβατώρας ηλεκτρισμού και αφορά σοβαρά ατυχήματα με 5 ή περισσότερους θανάτους ανά ατύχημα για κάθε συγκεκριμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού	. min	Θάνατοι /GWeyr
3.3.2.2.	Μέγιστος αριθμός θανάτων	Το κριτήριο αυτό βασίζεται στο μέγιστο αριθμό θανάτων για τους οποίους μπορεί να ευθύνεται ένα μεμονωμένο ατύχημα για κάθε συγκεκριμένη τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού	. min	Θάνατοι /ατύχημα
3.3.3	Αντίληψη κινδύνου	Αντίληψη κινδύνου		
3.3.3.1	Κανονική λειτουργία	Το κριτήριο αυτό βασίζεται στο φόβο των πολιτών για αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας της κανονικής λειτουργίας της τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού.	Min	Διατεταγμένη κλίμακα
3.3.4	τρομοκρατία	Κίνδυνος τρομοκρατίας		
3.3.4.1	Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Το κριτήριο αυτό υποδεικνύει την πιθανότητα επιτυχημένης τρομοκρατικής επίθεσης για κάθε τεχνολογία. Εξαρτάται από τις αδυναμίες κάθε τεχνολογίας , τις πιθανές καταστροφές και την αντίληψη του κινδύνου από την κοινή γνώμη.	Min	Διατεταγμένη κλίμακα
3.3.4.2	Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Το κριτήριο αυτό ασχολείται με τις πιθανές συνέπειες μιας επιτυχούς τρομοκρατικής επίθεσης . Εξετάζει την αποστροφή έναντι ατυχημάτων σημαντικών συνεπειών αλλά χαμηλής πιθανότητας.	Min	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων
3.3.4.3	εξάπλωση	Το κριτήριο αυτό αντιπροσωπεύει την πιθανότητα ανορθολογικής χρήσης τεχνολογιών ή υλικών στην αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνικά εργοστάσια. Βασίζεται στην παρουσία και τον κίνδυνο ανορθολογικών χρήσεων ή εκτροπών.	Min	
<b>3.4</b>	<b>Οικιστικό περιβάλλον</b>	<b>Ποιότητα οικιστικού περιβάλλοντος</b>		
3.4.1.1	τοπίο	Το κριτήριο αυτό βασίζεται στη συνολική λειτουργική και αισθητική επίδραση της συνολικής εγκατάστασης στο τοπίο και σχετίζεται με κάθε τεχνολογική αλυσίδα παραγωγής ηλεκτρισμού , περιλαμβάνοντας ορυχεία, γραμμές μεταφοράς ,αγωγούς και υποδομές. Δεν περιλαμβάνεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση.	Min	Διατεταγμένη κλίμακα

## 3.4.1.2 Θόρυβος

Το κριτήριο αυτό βασίζεται στα επίπεδα θορύβου που προκύπτουν από το εργοστάσιο παραγωγής, καθώς επίσης από την μεταφορά των υλικών (καυσίμων, αποβλήτων) από και προς το εργοστάσιο.

Min

Διατεταγμένη  
κλίμακα

# *Παράρτημα Β*

---

Αναλυτική Παρουσίαση  
Δεικτών Γαλλίας - Γερμανίας



## Παράρτημα Β

Όνομα Κριτηρίου	Μονάδες	EPR		EFR		Advanced PC		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
1	<b>Περιβάλλον</b>							
1.1	<b>Πόροι</b>							
1.1.1	Ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	6.76 E-02	6.76 E-02	1.47 E-02	1.47 E-02	6.99 E+00	6.99 E+00
1.1.1.2	Ουράνιο	MJ/kWh	1.29 E+01	1.29 E+01	7.45 E-03	7.45 E-03	9.35 E-02	9.35 E-02
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	Μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	5.22 E-05	5.22 E-05	2.42 E-03	2.42 E-03	1.32 E-07	1.32 E-07
1.2	<b>Κλίμα</b>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	4.25 E-03	4.25 E-03	9.14 E-04	9.14 E-04	6.85 E-01	6.85 E-01
1.3	<b>Οικοσυστήματα</b>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	Βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.19 E-04	2.19 E-04	5.62 E-05	5.62 E-05	5.14 E-03	5.14 E-03
1.3.1.2	Οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	5.28 E-04	5.28 E-04	2.83 E-04	2.83 E-04	2.06 E-03	2.06 E-03
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.68 E-04	1.68 E-04	1.92 E-05	1.92 E-05	5.35 E-03	5.35 E-03
1.3.2	Σοβρά ατυχήματα							
1.3.2.1	Υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	3.15 E-06	1.58 E-06	6.95 E-05	3.47 E-05	0	0
1.4	<b>Απόβλητα</b>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	6.90 E-10	6.90 E-10	2.17 E-10	2.17 E-10	1.36 E-08	1.36 E-08
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	1.03 E-08	1.03 E-08	3.22 E-09	3.22 E-09	7.58 E-11	7.58 E-11

1	Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	Fossil PC – post CCS		PC – oxyfuel CCS		PL	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<b>Περιβάλλον</b>							
1.1.1	<b>Πόροι</b>							
1.1.1	Ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	7.99 E+00	7.99 E+00	8.18 E+00	8.18 E+00	7.59 E+00	7.65 E+00
1.1.1.2	Ουράνιο	MJ/kWh	2.00 E-01	2.00 E-01	2.09 E-01	2.09 E-01	3.07 E-02	5.39 E-02
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	Μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	2.75 E-07	2.75 E-07	2.62 E-07	2.62 E-07	8.80 E-08	9.76 E-08
1.2	<b>Κλίμα</b>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	1.58 E-01	1.58 E-01	8.43 E-02	8.43 E-02	7.38 E-01	7.41 E-01
1.3	<b>οικοσυστήματα</b>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	6.30 E-03	6.30 E-03	6.51 E-03	6.51 E-03	7.09 E-03	1.27 E-03
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.87 E-03	2.87 E-03	2.66 E-03	2.66 E-03	7.67 E-04	8.08 E-04
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	9.29 E-03	9.29 E-03	4.57 E-03	4.57 E-03	3.44 E-03	3.49 E-03
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.4	<b>Απόβλητα</b>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	1.58 E-08	1.58 E-08	7.27 E-09	7.27 E-09	2.13 E-08	2.13 E-08
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	1.62 E-10	1.62 E-10	1.70 E-10	1.70 E-10	4.37 E-11	4.37 E-11

1	Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	PL – post CCS		PL – oxyfuel CCS		IGCC coal	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<b>Περίβαλλον</b>							
1.1.1	<b>Πόροι</b>							
1.1.1.1	Ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	8.67 E+00	8.73 E+00	8.86 E+00	8.92 E+00	6.90 E+00	6.90 E+00
1.1.1.2	Ουράνιο	MJ/kWh	1.47 E-01	1.73 E-01	1.54 E-01	1.80 E-01	9.34 E-02	9.34 E-02
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	Μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	2.48 E-07	2.58 E-07	2.30 E-07	2.41 E-07	1.19 E-07	1.19 E-07
1.2	<b>Κλίμα</b>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	1.11 E-01	1.14 E-01	2.58 E-02	2.92 E-02	6.76 E-01	6.76 E-01
1.3	<b>οικοσυστήματα</b>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.52 E-03	2.14 E-03	1.50 E-03	2.14 E-03	5.25 E-03	5.25 E-03
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.27 E-03	1.32 E-03	1.10 E-03	1.15 E-03	1.71 E-03	1.71 E-03
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	7.59 E-03	7.65 E-03	1.65 E-03	1.70 E-03	3.88 E-03	3.88 E-03
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.4	<b>Απόβλητα</b>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	2.43 E-08	2.43 E-08	9.14 E-09	9.17 E-09	4.96 E-10	4.96 E-10
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	1.18 E-10	1.39 E-10	1.25 E-10	1.46 E-10	7.56 E-11	7.56 E-11

1	Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	IGCC coal CCS		IGCC lig		IGCC lig CCS	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<b>Περιβάλλον</b>							
1.1.1	<i>Πόροι</i>							
1.1.1	Ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	7.87 E+00	7.87 E+00	7.82 E+00	7.88 E+00	8.97 E+00	9.04 E+00
1.1.1.2	Ουράνιο	MJ/kWh	1.93 E-01	1.93 E-01	3.72 E-02	6.11 E-02	1.50 E-01	1.77 E-01
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	Μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	2.13 E-07	2.13 E-07	7.47 E-08	8.46 E-08	1.82 E-07	1.93 E-07
1.2	<i>Κλίμα</i>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	1.47 E-01	1.47 E-01	7.60 E-01	7.63 E-01	1.08 E-01	1.11 E-01
1.3	<i>οικοσυστήματα</i>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	6.39 E-03	6.39 E-03	1.02 E-03	1.59 E-03	1.86 E-03	2.50 E-03
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.07 E-03	2.07 E-03	2.53 E-03	2.57 E-03	2.98 E-03	3.03 E-03
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	4.55 E-03	4.55 E-03	2.82 E-03	2.86 E-03	3.60 E-03	3.66 E-03
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.4	<i>Απόβλητα</i>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	6.60 E-10	6.60 E-10	2.28 E-10	2.56 E-10	3.92 E-10	4.23 E-10
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	1.56 E-10	1.56 E-10	3.01 E-11	4.94 E-11	1.21 E-10	1.43 E-10



1	Όνομα κριτηρίου	μονάδες	GTCC		GTCC CCS		IC CHP	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<b>Πόροι</b>							
1.1.1	Ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	6.79 E+00	6.38 E+00	7.44 E+00	7.01 E+00	8.66 E+00	8.14 E+99
1.1.1.2	Ουράνιο	MJ/kWh	1.02 E-01	7.18 E-03	2.26 E-01	1.25 E-01	1.35 E-01	1.57 E-02
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	8.25 E-08	6.92 E-08	1.63 E-07	1.47 E-07	1.40 E-07	1.23 E-07
1.2	<b>Κλίμα</b>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	3.91 E-01	3.73 E-01	1.26 E-01	1.06 E-01	5.26 E-01	5.03 E-01
1.3	<b>οικοσυστήματα</b>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.18 E-03	1.20 E-03	2.95 E-03	1.91 E-03	2.02 E-03	1.67 E-03
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	3.83 E-04	3.09 E-04	6.34 E-04	5.54 E-04	4.05 E-04	4.00 E-04
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.10 E-03	1.15 E-03	1.29 E-03	1.35 E-03	1.49 E-03	1.55 E-03
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.4	<b>Απόβλητα</b>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	4.49 E-09	4.18 E-09	5.29 E-09	4.96 E-09	6.13 E-09	5.74 E-09
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	7.22 E-11	5.63 E-32	1.82 E-10	1.01 E-10	1.09 E-10	1.21 E-11

1	Όνομα κριτηρίου	μονάδες	Fuel Cells MCFC NG		MCFC wood gas		MCFC NG	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<b>Πόροι</b>							
1.1.1	ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	7.99 E+00	7.52 E+00	6.05 E-01	7.01 E+00	8.66 E+00	8.14 E+99
1.1.1.2	ουράνιο	MJ/kWh	1.33 E-01	2.27 E-02	3.21 E-01	1.25 E-01	1.35 E-01	1.57 E-02
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	3.19 E-07	3.05 E-07	4.34 E-07	1.47 E-07	1.40 E-07	1.23 E-07
1.2	<b>κλίμα</b>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	4.79 E-01	4.57 E-01	4.00 E-02	1.06 E-01	5.26 E-01	5.03 E-01
1.3	<b>οικοσυστήματα</b>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.89 E-03	1.84 E-03	3.81 E-01	1.91 E-03	2.02 E-03	1.67 E-03
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.36 E-03	2.21 E-03	2.71 E-03	5.54 E-04	4.05 E-04	4.00 E-04
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.26 E-03	1.32 E-03	3.35 E-03	1.35 E-03	1.49 E-03	1.55 E-03
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.4	<b>Απόβλητα</b>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	8.15 E-09	7.78 E-09	3.18 E-09	4.96 E-09	6.13 E-09	5.74 E-09
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	1.97 E-10	1.74 E-11	2.60 E-10	1.01 E-10	1.09 E-10	1.21 E-11

1	Όνομα κριτηρίου	μονάδες	SOFC NG		Biomass CHP Poplar		CHP straw	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<i>Πόροι</i>							
1.1.1	ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	7.46 E+00	7.02 E+00	2.64 E-01	2.64 E-01	1.12 E-01	1.12 E-01
1.1.1.2	ουράνιο	MJ/kWh	1.32 E-01	2.96 E-02	1.38 E-02	1.38 E-02	7.05 E-03	7.05 E-03
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	1.40 E-07	1.27 E-07	1.48 E-07	1.48 E-07	8.01 E-08	8.01 E-08
1.2	<i>κλίμα</i>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	4.42 E-01	4.22 E-01	5.31 E-02	5.31 E-02	3.28 E-02	3.28 E-02
1.3	<i>οικοσυστήματα</i>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.55 E-03	1.49 E-03	8.01 E-01	8.01 E-01	1.00 E-04	1.00 E-04
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	5.95 E-04	5.14 E-04	6.11 E-04	6.11 E-04	2.32 E-04	2.32 E-04
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.22 E-03	1.27 E-03	3.76 E-03	3.76 E-03	2.44 E-03	2.44 E-03
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km2/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.4	<i>απόβλητα</i>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	8.89 E-09	8.55 E-09	3.85 E-10	3.85 E-10	2.22 E-10	2.22 E-10
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	9.80 E-13	1.48 E-11	1.10 E-11	1.10 E-11	5.65 E-12	5.65 E-12

1	Όνομα κριτηρίου	μονάδες	PV-Si plant		PV-Si building		PV-CdTe building	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<b>Πόροι</b>							
1.1.1	ενέργεια							
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	1.43 E-01	1.74 E-01	1.39 E-01	1.69 E-01	5.86 E-02	7.13 E-02
1.1.1.2	ουράνιο	MJ/kWh	4.83 E-02	5.88 E-02	4.84 E-02	5.89 E-02	1.98 E-02	2.41 E-02
1.1.2	Ορυκτά							
1.1.2.1	μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	2.39 E-06	2.91 E-06	2.40 E-06	2.91 E-06	3.84 E-07	4.67 E-07
1.2	<b>κλίμα</b>							
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Kg(CO <sub>2</sub> -eq)/kWh	5.21 E-03	9.98 E-03	5.64 E-03	1.05 E-02	2.95 E-03	3.59 E-03
1.3	<b>οικοσυστήματα</b>							
1.3.1	Κανονική λειτουργία							
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	3.85 E-03	4.69 E-03	3.88 E-04	4.72 E-04	2.29 E-04	2.79 E-04
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.95 E-03	2.38 E-03	1.98 E-03	2.40 E-03	5.41 E-04	1.02 E-03
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	2.29 E-04	2.78 E-04	2.28 E-04	2.77 E-04	5.62 E-05	1.05 E-04
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km2/GWeyr	0	0	0	0	0	0
1.4	<b>απόβλητα</b>							
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	5.98 E-09	7.28 E-09	3.33 E-09	4.05 E-09	1.68 E-09	2.04 E-09
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	3.71 E-11	4.52 E-11	3.82 E-11	4.65 E-11	1.52 E-11	1.85 E-11

1	Όνομα κριτηρίου	μονάδες	Solar - Thermal		Wind offshore	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
1.1	<b>Πόροι</b>					
1.1.1	ενέργεια					
1.1.1.1	Ορυκτά καύσιμα	MJ/kWh	2.32 E-01	-	5.46 E-02	5.46 E-02
1.1.1.2	ουράνιο	MJ/kWh	2.00 E-02	-	9.76 E-03	9.76 E-03
1.1.2	Ορυκτά					
1.1.2.1	μετάλλευμα	Kg(Sb-eq)/kWh	1.44 E-07	-	3.56 E-06	3.56 E-06
1.2	<b>κλίμα</b>					
1.2.1.1	Εκπομπές CO <sup>2</sup>	Kg(CO <sup>2</sup> -eq)/kWh	2.25 E-02	-	2.84 E-03	2.84 E-03
1.3	<b>οικοσυστήματα</b>					
1.3.1	Κανονική λειτουργία					
1.3.1.1	βιοποικιλότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	5.22 E-03	-	1.57 E-04	1.57 E-04
1.3.1.2	οικοτοξικότητα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	1.21 E-03	-	8.76 E-04	8.76 E-04
1.3.1.3	Μόλυνση του αέρα	PDF*m <sup>2</sup> *a/kWh	5.32 E-04	-	8.67 E-05	8.67 E-05
1.3.2	Σοβαρά ατυχήματα					
1.3.2.1	υδρογονάνθρακες	t/GWeyr	0	-	0	0
1.3.2.2	Μόλυνση του εδάφους	Km <sup>2</sup> /GWeyr	0	-	0	0
1.4	<b>απόβλητα</b>					
1.4.1.1	Χημικά απόβλητα	kg/kWh	5.32 E-09	-	1.90 E-09	1.90 E-09
1.4.1.2	Ραδιενεργά απόβλητα	m <sup>3</sup> /kWh	1.64 E-11	-	7.32 E-12	7.32 E-12

	Όνομα κριτηρίου	μονάδες	EPR		EPR		Advanced PC		Fossil PC – post CCS	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>2</b>	<b>οικονομία</b>									
2.1	<i>πελάτες</i>									
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	30.1	30.1	26.8	26.8	29.6	29.6	39.4	39.4
2.2	<i>κοινωνία</i>									
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person-years/GWh	61	61	71	71	54	54	77	77
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	8	8	8	8	6	6	6	6
2.3	<i>Χρησιμότητα</i>									
2.3.1	χρηματοοικονομικά									
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ.παρούσα αξία	2383	2383	2756	2756	590	590	780	780
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.25	0.25	0.00	0.00	0.43	0.43	0.35	0.35
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	4.83	4.83	5.5	5.5	3	3	3	3
2.3.2	λειτουργία									
2.3.2.1	Οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	1.2	1.2	0.4	0.4	1.5	1.5	1.7	1.7
2.3.2.2	ευελιξία	Διατεταγμένη κλ.	6	6	6	6	8	8	8	8
2.3.2.3	διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.90	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.85

Όνομα κριτηρίου	μονάδες	PC – oxyfuel CCS		PL		PL – post CCS		PL – oxyfuel CCS		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
2	<b>οικονομία</b>									
2.1	<b>πελάτες</b>									
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	40.0	40.0	30.1	30.1	40.8	40.8	41.6	41.6
2.2	<b>κοινωνία</b>									
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person-years/GWh	78	78	69	69	94	94	95	95
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	6	6	0	6	0	6	0	0
2.3	<b>Χρησιμότητα</b>									
2.3.1	χρηματοοικονομικά									
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ.παρούσα αξία	780	780	939	939	1248	1248	1248	1248
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.36	0.36	0.53	0.53	0.43	0.43	0.44	0.44
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	3	3	3	3	3	3	3	3
2.3.2	λειτουργία									
2.3.2.1	Οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	1.8	1.8	1.7	1.7	1.9	1.9	2.0	2.0
2.3.2.2	ευελιξία	Διατεταγμένη κλ.	8	8	8	8	8	8	8	8
2.3.2.3	διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

Όνομα κριτηρίου	μονάδες	IGCC coal		IGCC coal CCS		IGCC lig		IGCC lig CCS		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
2	<b>οικονομία</b>									
2.1	<b>πελάτες</b>									
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	61.7	61.7	72.6	72.6	65.7	65.7	67.8	67.8
2.2	<b>κοινωνία</b>									
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person-years/GWh	63	63	76	76	80	80	84	84
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	6	6	6	6	0	6	0	6
2.3	<b>Χρησιμότητα</b>									
2.3.1	χρηματοοικονομικά									
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ. παρούσα αξία	544	544	602	602	544	544	483	483
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.20	0.20	0.19	0.19	0.25	0.25	0.27	0.27
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	3	3	3	3	3	3	3	3
2.3.2	λειτουργία									
2.3.2.1	Οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	4.4	4.4	5.0	5.0	4.8	4.8	5.0	5.0
2.3.2.2	ευελιξία	Διατεταγμένη κλ.	7	7	7	7	7	7	7	7
2.3.2.3	διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85



Όνομα κριτηρίου	μονάδες	GTCC		GTCC CCS		IC CHP		Fuel Cells MCFC NG		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
2	<b>οικονομία</b>									
2.1	<b>πελάτες</b>									
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	59.9	59.9	86.9	86.9	111.0	111.0	87.4	87.4
2.2	<b>κοινωνία</b>									
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person-years/GWh	89	89	97	97	76	76	406	406
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	3	3	3	3
2.3	<b>Χρησιμότητα</b>									
2.3.1	χρηματοοικονομικά									
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ. παρούσα αξία	440	440	615	615	0	0	0.39	0.39
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.54	0.54	0.39	0.39	0.36	0.36	0.41	0.41
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	3	3	3	3	1	1	0.83	0.83
2.3.2	λειτουργία									
2.3.2.1	Οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	5.4	5.4	7.8	7.8	10.8	10.8	4.2	4.2
2.3.2.2	ευελιξία	Διατεταγμένη κλ.	10	10	10	10	10	10	7	7
2.3.2.3	διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.85	0.85	0.85	0.85	0.97	0.97	0.99	0.99

Όνομα κριτηρίου	μονάδες	MCFC wood gas		MCFC NG		SOFC NG		Biomass CHP Poplar		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
2	<b>οικονομία</b>									
2.1	<i>πελάτες</i>									
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	84.4	84.4	72.9	72.9	67.3	67.3	72.9	72.9
2.2	<i>κοινωνία</i>									
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person-years/GWh	173	173	335	335	293	293	405	405
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	10	10	3	3	3	3	10	10
2.3	<i>Χρησιμότητα</i>									
2.3.1	χρηματοοικονομικά									
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ. παρούσα αξία	0.39	0.39	2.47	2.47	0.31	0.31	21	21
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.38	0.38	0.44	0.44	0.48	0.48	0.52	0.52
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	2	2
2.3.2	λειτουργία									
2.3.2.1	Οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	3.7	3.7	3.8	3.8	3.6	3.6	5.5	5.5
2.3.2.2	ευελιξία	Διατεταγμένη κλ	7	7	7	7	7	7	7	7
2.3.2.3	διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.85	0.85

	Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	CHP straw		PV-Si plant		PV-Si building		PV-CdTe building	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
2	<b>οικονομία</b>									
2.1	<i>πελάτες</i>									
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	65.1	65.1	63.0	76.6	69.2	83.7	71.5	86.6
2.2	<i>κοινωνία</i>									
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person-years/GWh	236	236	123	123	126	126	140	140
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	10	10	10	10	10	10	10	10
2.3	<i>Χρησιμότητα</i>									
2.3.1	χρηματοοικονομικά									
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ.παρούσα αξία	21	21	40	40	0	0	1	1
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.43	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	2	2	2	2	0.5	0.5	0.5	0.5
2.3.2	λειτουργία									
2.3.2.1	Οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	3.9	3.9	0.00	0.00	0.2	0.2	0.2	0.2
2.3.2.2	ευελιξία	Διατεταγμένη κλ.	7	7	2	2	2	2	2	2
2.3.2.3	διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.85	0.85	0.11	0.09	0.11	0.09	0.11	0.09

	Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	Solar - Thermal		Wind offshore	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
2	<b>οικονομία</b>					
2.1	<i>πελάτες</i>					
2.1.1.1	Κόστος παραγωγής	EUR/MWh	63.1	-	72.7	72.7
2.2	<i>κοινωνία</i>					
2.2.1.1	Άμεση εργασία	Person- years/GWh	100	-	48	48
2.2.1.2	Αυτονομία καυσίμων	Διατεταγμένη κλ.	10	-	10	10
2.3	<i>Χρησιμότητα</i>					
2.3.1	χρηματοοικονομικά					
2.3.1.1	Χρηματοοικονομικός κίνδυνος	Εκατ. EUR, Καθ.παρούσα αξία	1217	-	27	27
2.3.1.2	Ευαισθησία καυσίμου	συντελεστής	0.00	-	0.00	0.00
2.3.1.3	Χρόνος κατασκευής	έτη	3	-	2	2
2.3.2	λειτουργία					
2.3.2.1	Οριακό κόστος	EUR-cents/kWh	0.0	-	4.7	4.7
2.3.2.2	ευελιξία	Διατεταγμένη κλ.	2	-	3	3
2.3.2.3	διαθεσιμότητα	συντελεστής	0.52	-	0.46	0.46

Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	EPR		EFR		Advanced PC		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
3	<b>Κοινωνία</b>							
3.1	<b>Πολιτική συνέχεια</b>							
3.1.1.1	Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	4	4	3.5	4	3.5	4
3.1.1.2	Απόθεση αποβλήτων	Διατετ. κλίμακα	2	4.5	2	4.5	2	1.5
3.1.1.3	προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	2	2
3.2	<b>Πολιτική νομιμότητα</b>							
3.2.1.1	Σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	3	5	3	5	3	3
3.2.1.2	Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4.5	5	4	5	4	4
3.3	<b>Κίνδυνος</b>							
3.3.1	Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1	Θνησιμότητα	YOLL/kWh	1.51 E-08	1.76 E-08	2.19 E-09	2.56 E-09	1.76 E-07	2.11 E-07
3.3.1.2	Νοσηρότητα	DALY /kWh	8.67 E-09	1.05 E-08	1.31 E-09	1.61 E-09	1.34 E-07	1.59 E-07
3.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1	Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	5.11 E-06	1.84 E-06	9.40 E-05	3.38 E-05	1.21 E-01	2.11 E-07
3.3.2.2	Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	26790	9720	1858	670	272	272
3.3.3	Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1	Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	4	5	4	5	3	3.5
3.3.3.2	Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	3.67	3.00	3.50	3.00	2.50	2.67
3.3.4	Τρομοκρατία							
3.3.4.1	Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	6.5	6.5	6.5	6.5	4.9	4.9
3.3.4.2	Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	10	10	10	10	2	2
3.3.4.3	Εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	1	1	1	1	0	0
3.4	<b>Οικιστικό περιβάλλον</b>							
3.4.1.1	τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	3.5	3	3.5	3	4	4
3.4.1.2	θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	2	2	2	2	2	3

Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	Fossil PC – post CCS		PC – oxyfuel CCS		PL	
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>3 Κοινωνία</b>							
<b>3.1 Πολιτική συνέχεια</b>							
3.1.1.1 Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	3	4	3	4	3.5	4
3.1.1.2 Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	3	3.5	3	3.5	2	1.5
3.1.1.3 προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	2	2	2	2	2	2
<b>3.2 Πολιτική νομιμότητα</b>							
3.2.1.1 σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	3	3
3.2.1.2 Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4	4	4	4	4	4
<b>3.3 Κίνδυνος</b>							
3.3.1 Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1 Θνησιμότητα	YOLL/kWh	2.07 E-07	2.42 E-07	1.47 E-07	1.76 E-07	9.49 E-08	1.15 E-07
3.3.1.2 νοσηρότητα	DALY /kWh	1.54 E-07	1.79 E-07	1.13 E-07	1.33 E-07	7.28 E-08	8.72 E-08
3.3.2 Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1 Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	1.34 E-01	1.34 E-01	1.40 E-01	1.40 E-01	4.90 E-02	4.90 E-02
3.3.2.2 Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	272	272	272	272	51	51
3.3.3 Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1 Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	4	3.5	4	3.5	3	3.5
3.3.3.2 Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	3.67	3.17	3.67	3.17	2.50	2.67
3.3.4 τρομοκρατία							
3.3.4.1 Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
3.3.4.2 Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	3	3	3	3	2	2
3.3.4.3 εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	0	0	0	0	0
<b>3.4 Οικιστικό περιβάλλον</b>							
3.4.1.1 τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	4	4	4	4	4	4
3.4.1.2 θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	2	3

Όνομα κριτηρίου	μονάδες	PL – post CCS		PL – oxyfuel CCS		IGCC coal	
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>3 Κοινωνία</b>							
<b>3.1 Πολιτική συνέχεια</b>							
3.1.1.1 Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	3.5	4	3.5	4	3	4
3.1.1.2 Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	2	3.5	2	3.5	2	1.5
3.1.1.3 προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	2	2	2	2	4	3
<b>3.2 Πολιτική νομιμότητα</b>							
3.2.1.1 σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	2	2.5
3.2.1.2 Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4	4	4	4	4	4
<b>3.3 Κίνδυνος</b>							
3.3.1 Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1 Θνησιμότητα	YOLL/kWh	1.46 E-07	1.71 E-07	6.21 E-08	7.73 E-08	1.26 E-07	1.50 E-07
3.3.1.2 νοσηρότητα	DALY /kWh	1.07 E-07	1.25 E-07	4.69 E-08	5.80 E-08	9.60 E-08	1.13 E-07
3.3.2 Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1 Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	5.51E-02	5.51E-02	5.74 E-02	5.74 E-02	1.19 E-01	1.19 E-01
3.3.2.2 Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	51	51	51	51	272	272
3.3.3 Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1 Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	4	3.5	4	3.5	3	3.5
3.3.3.2 Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	3.67	3.17	3.67	3.17	3.00	2.67
3.3.4 τρομοκρατία							
3.3.4.1 Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
3.3.4.2 Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	3	3	3	3	2	2
3.3.4.3 εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	0	0	0	0	0
<b>3.4 Οικιστικό περιβάλλον</b>							
3.4.1.1 τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	4	4	4	4	4	4
3.4.1.2 θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	3	3

Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	IGCC coal CCS		IGCC lig		IGCC lig CCS	
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>3 Κοινωνία</b>							
<b>3.1 Πολιτική συνέχεια</b>							
3.1.1.1 Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	3	4	3	4	3	4
3.1.1.2 Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	3	3.5	2	1.5	3	3.5
3.1.1.3 προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	3	3	4	3	3	3
<b>3.2 Πολιτική νομιμότητα</b>							
3.2.1.1 σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	2	2.5	2	2.5	2	2.5
3.2.1.2 Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4	4	4	4	4	4
<b>3.3 Κίνδυνος</b>							
3.3.1 Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1 Θνησιμότητα	YOLL/kWh	1.49 E-07	1.78 E-07	1.18 E-07	1.44 E-07	1.51 E-07	11.83 E-07
3.3.1.2 νοσηρότητα	DALY /kWh	1.14 E-07	1.34 E-07	8.90 E-08	1.07 E-07	1.14 E-07	1.36 E-07
3.3.2 Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1 Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	1.35 E-01	1.35 E-01	5.04 E-02	5.04 E-02	5.80 E-02	5.80 E-02
3.3.2.2 Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	272	272	51	51	51	51
3.3.3 Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1 Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	4	3.5	3	3.5	4	3.5
3.3.3.2 Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	3.67	3.17	3.00	2.67	3.67	3.17
3.3.4 τρομοκρατία							
3.3.4.1 Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
3.3.4.2 Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	3	3	2	2	3	3
3.3.4.3 εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	0	0	0	0	0
<b>3.4 Οικιστικό περιβάλλον</b>							
3.4.1.1 τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	4	4	4	4	4	4
3.4.1.2 θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	3	3



Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	GTCC		GTCC CCS		IC CHP	
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>3 Κοινωνία</b>							
<b>3.1 Πολιτική συνέχεια</b>							
3.1.1.1 Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	3	4	3	3.5	3	4
3.1.1.2 Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	1	1	3	3.5	1	1
3.1.1.3 προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3	3	4
<b>3.2 Πολιτική νομιμότητα</b>							
3.2.1.1 σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	2	2	3	2.5	2	1
3.2.1.2 Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4	3.5	4	4	4	2
<b>3.3 Κίνδυνος</b>							
3.3.1 Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1 Θνησιμότητα	YOLL/kWh	3.42 E-08	6.34 E-08	4.05 E-08	7.35 E-08	4.48 E-08	8.22 E-08
3.3.1.2 νοσηρότητα	DALY /kWh	2.66 E-08	4.71 E-08	3.18 E-08	5.48 E-08	3.50 E-08	6.14 E-08
3.3.2 Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1 Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	6.86 E-02	6.86 E-02	7.40 E-02	7.40 E-02	1.03 E-01	1.01 E-01
3.3.2.2 Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	109	109	109	109	109	109
3.3.3 Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1 Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	3	2	4	2.5	3	2
3.3.3.2 Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	2.67	3.00	4.00	3.17	3.00	1.67
3.3.4 Τρομοκρατία							
3.3.4.1 Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	6.9	6.9	6.9	6.9	5.9	5.9
3.3.4.2 Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	5	5	6	6	5	5
3.3.4.3 Εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	0	0	0	0	0
<b>3.4 Οικιστικό περιβάλλον</b>							
3.4.1.1 Τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	3	3	3	3.75	2	1.25
3.4.1.2 Θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	2	2	3	3	2	1

Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	Fuel Cells MCFC NG		MCFC wood gas		MCFC NG		
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	
3	<b>Κοινωνία</b>							
3.1	<i>Πολιτική συνέχεια</i>							
3.1.1.1	Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	1	4	1	4	1	4
3.1.1.2	Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	1	1	1	1	1	1
3.1.1.3	προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	4	5	4	5	4	5
3.2	<i>Πολιτική νομιμότητα</i>							
3.2.1.1	Σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	2	1	2	1	2	1
3.2.1.2	Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	3.5	2	3.5	2	3.5	2
3.3	<i>Κίνδυνος</i>							
3.3.1	Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1	Θνησιμότητα	YOLL/kWh	4.18 E-08	7.59 E-08	9.35 E-08	1.32 E-07	3.73 E-08	6.81 E-08
3.3.1.2	Νοσηρότητα	DALY /kWh	3.29 E-08	5.72 E-08	7.17 E-08	9.90 E-08	2.92 E-08	5.11 E-08
3.3.2	Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1	Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	8.92 E-02	8.92 E-02	2.99 E-02	2.99 E-02	8.11 E-02	8.11 E-02
3.3.2.2	Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	109	109	27	27	109	109
3.3.3	Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1	Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	2	2	2	2	2.83	2
3.3.3.2	Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	2.83	2.00	2.83	2.00		2.00
3.3.4	Τρομοκρατία							
3.3.4.1	Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	5.9	5.9	2	2	5.9	5.9
3.3.4.2	Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	5	5	3	3	5	5
3.3.4.3	Εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	0	0	0	0	0
3.4	<i>Οικιστικό περιβάλλον</i>							
3.4.1.1	Τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	2	1.25	2	1.25	2	1.25
3.4.1.2	Θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	2	1	2	1	2	1

Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	SOFC NG		Biomass CHP Poplar		CHP straw	
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>3 Κοινωνία</b>							
<b>3.1 Πολιτική συνέχεια</b>							
3.1.1.1 Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	1	4	2.5	3	2.5	3
3.1.1.2 Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	1	1	2	1.5	2	1.5
3.1.1.3 προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	4	5	2	2	2	2
<b>3.2 Πολιτική νομιμότητα</b>							
3.2.1.1 Σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	2	1	2	1	2	1
3.2.1.2 Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	3.5	2	4	1.5	4	1.5
<b>3.3 Κίνδυνος</b>							
3.3.1 Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1 Θνησιμότητα	YOLL/kWh	3.86 E-08	7.62 E-08	1.80 E-07	2.67 E-07	2.57 E-07	3.60 E-07
3.3.1.2 Νοσηρότητα	DALY /kWh	3.02 E-08	5.26 E-08	1.40 E-07	1.99 E-07	1.97 E-07	2.68 E-07
3.3.2 Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1 Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	7.69 E-02	7.69 E-02	1.68 E-02	1.68 E-02	1.68 E-02	1.68 E-02
3.3.2.2 Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	109	109	10	10	10	10
3.3.3 Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1 Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	2	2	3	3.5	3	3.5
3.3.3.2 Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	2.83	2.00	2.50	2.67	2.50	2.67
3.3.4 Τρομοκρατία							
3.3.4.1 Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	5.9	5.9	1	1	1	1
3.3.4.2 Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	5	5	1	1	1	1
3.3.4.3 Εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	0	0	0	0	0
<b>3.4 Οικιστικό περιβάλλον</b>							
3.4.1.1 Τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	2	2.25	4	4	4	4
3.4.1.2 Θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	2	1	2	3	2	3

Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	PV-Si plant		PV-Si building		PV-CdTe building	
		Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>3 Κοινωνία</b>							
<b>3.1 Πολιτική συνέχεια</b>							
3.1.1.1 Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	2.5	3	2.5	3	2.5	3
3.1.1.2 Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	0	1.5	0	1.5	0	1.5
3.1.1.3 προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	4	4	4	4	4	4
<b>3.2 Πολιτική νομιμότητα</b>							
3.2.1.1 Σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	2	1	2	1	2	1
3.2.1.2 Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4	1.5	4	1.5	4	1.5
<b>3.3 Κίνδυνος</b>							
3.3.1 Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας							
3.3.1.1 Θνησιμότητα	YOLL/kWh	9.92 E-09	1.59 E-08	1.03 E-08	2.62E-08	5.44 E-09	8.52E-09
3.3.1.2 Νοσηρότητα	DALY /kWh	9.82 E-09	1.51 E-08	1.02 E-08	2.54E-08	4.92 E-09	7.58E-09
3.3.2 Σοβαρά ατυχήματα							
3.3.2.1 Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	1.00 E-04	1.00 E-04	1.00 E-04	1.00 E-04	1.00 E-04	1.00 E-04
3.3.2.2 Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	5	5	5	5	5	5
3.3.3 Αντίληψη κινδύνου							
3.3.3.1 Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	1	1	1	1	1	1
3.3.3.2 Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	2.67	2.00	2.67	2.00	2.67	2.00
3.3.4 Τρομοκρατία							
3.3.4.1 Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	2	2	2	2	3	3
3.3.4.2 Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	2	2	2	2	3	3
3.3.4.3 Εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	0	0	0	0	0
<b>3.4 Οικιστικό περιβάλλον</b>							
3.4.1.1 Τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	3	1.75	3	1.75	3	1.75
3.4.1.2 Θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	1	1	1	1	1	1

3	Όνομα κριτηρίου	Μονάδες	Solar - Thermal		Wind offshore	
			Γαλλία	Γερμανία	Γαλλία	Γερμανία
<b>3</b>	<b>Κοινωνία</b>					
<b>3.1</b>	<b>Πολιτική συνέχεια</b>					
3.1.1.1	Ασφάλεια εφοδιασμού	Διατεταγμένη κλ.	3	-	3.5	4
3.1.1.2	Απόθεση αποβλήτων	Διατεταγμένη κλ.	0	-	0	1
3.1.1.3	προσαρμοστικότητα	Διατεταγμένη κλ.	4	-	4	4
<b>3.2</b>	<b>Πολιτική νομιμότητα</b>					
3.2.1.1	σύγκρουση	Διατεταγμένη κλ.	1	-	2	2
3.2.1.2	Συμμετοχή	Διατεταγμένη κλ.	4	-	3.5	2
<b>3.3</b>	<b>Κίνδυνος</b>					
3.3.1	Φυσιολογικός κίνδυνος λειτουργίας					
3.3.1.1	Θνησιμότητα	YOLL/kWh	1.68 E-08	-	4.78 E-09	6.29 E-09
3.3.1.2	νοσηρότητα	DALY /kWh	1.48 E-08	-	5.11 E-09	6.46 E-09
3.3.2	Σοβαρά ατυχήματα					
3.3.2.1	Θανατηφόρα ατυχήματα	Θάνατοι /GWeyr	2.00 E-04	-	2.77 E-03	2.77 E-03
3.3.2.2	Μέγιστος αριθμός θανάτων	Θάνατοι /ατύχημα	5	-	10	10
3.3.3	Αντίληψη κινδύνου					
3.3.3.1	Κανονική λειτουργία	Διατεταγμένη κλ.	1	-	1	6.5
3.3.3.2	Αντίληψη ατυχήματος	Διατεταγμένη κλ.	2.67	-	2.17	2.33
3.3.4	τρομοκρατία					
3.3.4.1	Πιθανότητα τρομοκρατικής ενέργειας	Διατεταγμένη κλ.	1	-	2	2
3.3.4.2	Αποτελέσματα τρομοκρατίας	Αναμενόμενος αριθμός θανάτων	1	-	2	2
3.3.4.3	εξάπλωση	Διατεταγμένη κλ.	0	-	0	0
<b>3.4</b>	<b>Οικιστικό περιβάλλον</b>					
3.4.1.1	τοπίο	Διατεταγμένη κλ.	3	-	2	2.75
3.4.1.2	θόρυβος	Διατεταγμένη κλ.	1	-	1	1