



Πράσινα πιστοποιητικά και επιδοτούμενα
τιμολόγια: Δύο πολιτικές αύξησης της
παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Οικονομική Επιστήμη

Επιβλέπων καθηγητής: Σαρτζετάκης Ευτύχιος

Φοιτητής: Γιαντσίδης Νικόλαος

ΑΕΜ: 20/08

Περιεχόμενα

	Πρόλογος.....	1
1.	Εισαγωγή.....	3
2.	Πράσινα Πιστοποιητικά (Green Certificates)	5
1.1	Εισαγωγή	5
1.2	Γενικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος πράσινων πιστοποιητικών.....	6
1.3	Λειτουργίες και εφαρμογή των πράσινων πιστοποιητικών	6
1.4	Διαφορετικά μοντέλα του συστήματος πράσινων πιστοποιητικών	8
1.5	Συνθήκες για σταθερότητα σε ένα σύστημα πράσινων πιστοποιητικών	10
1.5.1	Συνθήκες σταθερότητας από την μεριά της προσφοράς των πράσινων πιστοποιητικών	10
1.5.2	Συνθήκες σταθερότητας από την μεριά της ζήτησης των πράσινων πιστοποιητικών	12
3.	Επιδοτούμενα τιμολόγια (Feed-in Tariffs).....	15
2.1	Εισαγωγή.....	15
2.2	Σύντομη περιγραφή του Γερμανικού συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων.....	16
2.3	Σύντομη περιγραφή του Ισπανικού συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων	17
2.4	Σύγκριση του Γερμανικού συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων με το Ισπανικό.....	18
4.	Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	22
5.	Περιγραφή των μοντέλων.....	29
6.	Συμπεράσματα.....	36
7.	Βιβλιογραφικές αναφορές.....	38

Πρόλογος

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους που έχει βάλει η ανθρωπότητα αυτήν την δεκαετία είναι η αύξηση της ανανεώσιμης ενέργειας. Η πλειοψηφία των κρατών έχει θέσει υψηλούς στόχους για την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την μείωση των εκπομπών ρύπων. Έχουν είδη αντιληφθεί ότι πρέπει να δοθούν άμεσες και συντονισμένες λύσεις για την αποφυγή της τεράστιας περιβαλλοντικής αλλαγής που αναμφισβήτητα πλησιάζει. Στην παρακάτω εργασία θα ασχοληθούμε με πολιτικές αύξησης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα θα επικεντρωθούμε στην αύξηση της ανανεώσιμης ενέργειας μέσα από την αγορά των πράσινων πιστοποιητικών (green certificates) και μέσα από την αγορά των επιδοτούμενων τιμολογίων (feed-in tariffs). Όσον αφορά την αγορά των πράσινων πιστοποιητικών θα αναλύσουμε τα γενικά χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες της πολιτικής αυτής, θα διακρίνουμε τα διάφορα μοντέλα που μπορούν να προκύψουν και θα δώσουμε τις συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την σταθερότητα της αγοράς. Στην συνέχεια θα ασχοληθούμε με την πολιτική των επιδοτούμενων τιμολογίων και θα παρουσιάσουμε πως αυτή εφαρμόστηκε στην Γερμανία και την Ισπανία. Έπειτα θα προχωρήσουμε σε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση γύρω από το θέμα των πράσινων πιστοποιητικών και των επιδοτούμενων τιμολογίων. Τέλος θα εισάγουμε δύο θεωρητικά υποδείγματα, όπου στο ένα θα υιοθετήσουμε την πολιτική των πράσινων πιστοποιητικών και στο άλλο την πολιτική των επιδοτούμενων τιμολογίων. Και στα δύο μοντέλα η μορφή της αγοράς υποθέτουμε ότι είναι ένα олиγοπώλιο και ο κάθε παίκτης επιλέγει την ποσότητα που θα παράγει παίρνοντας σαν δεδομένες τις αποφάσεις των υπολοίπων (Cournot олиγοπώλιο). Στόχος μας είναι να συγκρίνουμε αυτά τα δύο μοντέλα και να δούμε ποιο από τα δύο αποδίδει μεγαλύτερη κοινωνική ευημερία. Τα αποτελέσματα που βγάζουμε από το υπόδειγμα είναι αρκετά ενθαρρυντικά. Το μοντέλο των επιδοτούμενων τιμολογίων αποδεικνύεται ότι αποτελεί καλύτερη επιλογή από το μοντέλο των πράσινων πιστοποιητικών διότι αποδίδει μεγαλύτερη κοινωνική ευημερία και ποσότητα ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Βέβαια αποθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι η ποσότητα συμβατικής ενέργειας που παράγεται είναι μεγαλύτερη από το μοντέλο των πράσινων πιστοποιητικών.

One of major goal that mankind have put in this decade is the increase of the renewable energy. Most of the countries have put high goals for the increase of the production of the renewable electric energy and the decrease of the emissions omits. They have already realized that it must be taken directly and coordinated solutions for the avoidance of giant environmental changes that undoubtedly is coming. In the below project we handle with policies that increase the production of the renewable electric energy. Specially, we will analyze the increasing of the renewable energy through the market of green certificates and through the market of feed – in tariffs. Regarding to the market of the green certificates we will analyze the general characteristics and the functions of this policy, we will distinguish the various models that can be rise up and we will give the condition for the stability of the system. Then we will handle with the policy if the feed – in tariffs and we will represent how this policy applied in Germany and Spain. Moreover we will proceed in a bibliographic review of the issue of green certificates and feed – in tariffs. Finally we will introduce two theoreticall model. In the first model we will adopt the policy of green certificates and in the second we will adopt the policy of feed – in tariffs. In both models the market structure is the oligopoly and each player in the market chooses the quantity

that he will produce taking the decisions of the others players given (Cournot oligopoly). Our goal is to compare these two models and check which one gives higher social welfare. The conclusions from the model are quite encouraging. The model of feed – in tariffs comprises better choice than the model of green certificates, because yields higher social welfare and quantity of the renewable electric energy. However discouraging is the fact that the produced quantity of conventional energy is higher than the model of green certificates.

1. Εισαγωγή

Την τελευταία δεκαετία γίνεται όλο και πιο εμφανής η αλλαγή του κλίματος στον κόσμο. Η αλλαγή αυτή παρατηρείται από την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας και από τα ακραία καιρικά φαινόμενα που είναι όλο και συχνά. Ελάχιστοι πια επιστήμονες δεν δέχονται ότι αίτιο αυτής της μεταβολής είναι οι δράσεις του ανθρώπου. Η υπέρμετρη χρήση καυσίμων (παράγωγα πετρελαίου, λιθάνθρακας, φυσικό αέριο κλπ) όπως και η καταστροφή μεγάλων δασικών εκτάσεων όπως του Αμαζονίου για εκμετάλλευση είναι οι ενέργειες οι οποίες οδηγούν στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αυτό το αέριο εγκλωβίζει τις ηλιακές ακτίνες στην επιφάνεια της Γης με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε σε υπερθέρμανση του πλανήτη και στην μεταβολή του κλίματος. Πέρα από την μεταβολή του κλίματος, σε ανθρώπινες ενέργειες οφείλονται και άλλες περιβαλλοντικές καταστροφές όπως η καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος, η όξινη βροχή, η μόλυνση και ρύπανση των υδάτων και του εδάφους. Έτσι λοιπόν για να αποφευχθεί η αλλαγή του κλίματος θα πρέπει να υιοθετηθούν κάποιες πολιτικές που θα μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Για να επιτύχουμε αυτόν τον στόχο ένας τρόπος είναι να αυξήσουμε την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Επίσης η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2001/77/EC της 27 Σεπτεμβρίου 2001 σχετικά με την προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές, θέτει φιλόδοξους στόχους ανάπτυξης για τις χώρες μέλη εφόσον αποβλέπει στην ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα Κράτη-Μέλη θα πρέπει να επιδείξουν τις κατάλληλες πολιτικές για την επίτευξη αυτών των στόχων. Δύο από τις πολιτικές που έχουν προταθεί για την αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας είναι η χρήση των αγορών των *πράσινων πιστοποιητικών (green certificates)* και των *επιδοτούμενων τιμολογίων αναγκαστικής αγοράς (feed – in tariffs)*.

Τα πράσινα πιστοποιητικά είναι εμπορεύσιμα πιστοποιητικά, τα οποία εκδίδει η κυβέρνηση και εγγυώνται ότι η αναγραφόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας έχει παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η τιμή τους προσδιορίζεται σε μια αγορά όπου η προσφορά προέρχεται από τους παραγωγούς ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας και η ζήτηση από αυτούς που ορίζει η κυβέρνηση ως νομικά υπόλογους για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου που θέτει. Ως νομικά υπόλογοι μπορεί να οριστούν οι παραγωγοί συμβατικής ενέργειας, οι καταναλωτές ή οι προμηθευτές. Όποια από αυτές τις ομάδες οριστεί ως υπόλογος από την κυβέρνηση, θα πρέπει στο τέλος κάθε περιόδου να προσκομίζει τον αριθμό πράσινων πιστοποιητικών που απαιτείται από τον στόχο που θέτει η κυβέρνηση (π.χ. ένα ποσοστό 20% της παραγωγής ή διανομής ή κατανάλωσης ανάλογα με τον υπόλογο).

Η δεύτερη πολιτική για την αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας είναι η χρησιμοποίηση των επιδοτούμενων τιμολογίων. Η κυβέρνηση υποχρεώνει τις επιχειρήσεις που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με συμβατικά μέσα να αγοράζουν ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια από τις παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας και να τους πληρώνουν μια ετησίως σταθερή τιμή. Έτσι ο όρος επιδοτούμενα τιμολόγια αντιπροσωπεύει την ελάχιστη εγγυημένη τιμή ανά kWh που ένας παραγωγός συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να πληρώσει σε έναν ιδιωτικό, ανεξάρτητο παραγωγό ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

Έτσι λοιπόν στην εργασία μας θα παρουσιάσουμε αναλυτικότερα τις δύο αυτές πολιτικές αύξησης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας και θα τις συγκρίνουμε. Αρχικά θα κάνουμε μια αναλυτική παρουσίαση των δύο πολιτικών και στην συνέχεια θα δημιουργήσουμε δύο θεωρητικά υποδείγματα, ένα για κάθε μια πολιτική, έτσι ώστε να συγκρίνουμε τις δύο πολιτικές με βάση την κοινωνική

ευημερία που προκύπτει από την εφαρμογή τους. Και στα δύο μοντέλα η αγορά αποτελείται από δύο παραγωγούς συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι είναι και υπεύθυνοι για τις εκπομπές ρύπων και έναν παραγωγό ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος παράγει μόνο «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια. Υποθέτουμε ότι και στις δύο περιπτώσεις οι παραγωγοί συμβατικής ενέργειας συμμετέχουν σε μια διεθνή αγορά αδειών εκπομπών ρύπων. Ακόμα υποθέτουμε ότι οι τρεις παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας συνιστούν ένα ολιγοπώλιο και ο καθένας επιλέγει την ποσότητα που θα παράγει παίρνοντας σαν δεδομένες τις αποφάσεις των υπολοίπων (Cournot ολιγοπώλιο).

Στο πρώτο μοντέλο που έχουμε υιοθετήσει την πολιτική των πράσινων πιστοποιητικών και υποθέτουμε ότι η κυβέρνηση ορίζει στους παραγωγούς της συμβατικής ενέργειας την υποχρέωση στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου να καταθέτουν έναν αριθμό πράσινων πιστοποιητικών. Οι δύο παραγωγοί συμβατικής ενέργειας έχουν έσοδα τα οποία προέρχονται από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα το κόστος με το οποίο επιβαρύνονται είναι το κόστος παραγωγής συμβατικής ενέργειας, το κόστος για την αγορά αδειών ρύπων και ένα επιπλέον κόστος για την αγορά πράσινων πιστοποιητικών. Ο παραγωγός ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας αντίθετα με τους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας εκτός από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει έχει ένα πρόσθετο έσοδο από την πώληση των πράσινων πιστοποιητικών. Το κόστος του παραγωγού ανανεώσιμης ενέργειας είναι μόνο το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας αφού δεν παράγει ρύπους για να έχει και κόστος για αγορά αδειών ρύπων.

Στο δεύτερο μοντέλο υιοθετούμε την πολιτική των επιδοτούμενων τιμολογίων και η κυβέρνηση επιβάλλει έναν φόρο t στους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας. Τα έσοδα από αυτόν τον φόρο τα δίνει στους παραγωγούς ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας με μορφή επιδότησης της ανανεώσιμης ενέργειας που διοχετεύεται στο δίκτυο. Οι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας επωμίζονται μόνο το κόστος για την παραγωγή της ανανεώσιμης ενέργειας. Οι παραγωγοί συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν έσοδα από την πώληση της συμβατικής ενέργειας που παράγουν και επωμίζονται το κόστος παραγωγής, το κόστος αγοράς αδειών ρύπων και το κόστος από την επιβολή του φόρου της κυβέρνησης.

Στην συνέχεια της εργασίας μας κάνουμε προσομοιώσεις των δύο υποδειγμάτων έτσι ώστε να υπολογίσουμε και να συγκρίνουμε την κοινωνική ευημερία των δύο πολιτικών ώστε να αποφανθούμε ποια από τις δύο είναι προτιμότερο να εφαρμοστεί. Η πολιτική που αποφέρει την μεγαλύτερη κοινωνική ευημερία θα είναι και προτιμότερο να εφαρμοστεί.

Αναλυτικότερα στο δεύτερο κεφάλαιο εξετάζουμε το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών και αναλύουμε τα χαρακτηριστικά του και τις λειτουργίες αυτού. Στην συνέχεια διακρίνουμε τα διαφορετικά μοντέλα πράσινων πιστοποιητικών που μπορούν να υιοθετηθούν και παραθέτουμε κάποιες αναγκαίες συνθήκες για την σταθερότητα του συστήματος. Στο τρίτο κεφάλαιο ασχολούμαστε με το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων, περιγράφουμε τον τρόπο εφαρμογής τους στην Γερμανία και την Ισπανία και τα συγκρίνουμε. Στο τέταρτο κεφάλαιο κάνουμε μία βιβλιογραφική επισκόπηση γύρω από τα δύο συστήματα. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναπτύσσουμε δύο υποδείγματα στο πρώτο εκ των οποίων εξετάζεται το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών και στο δεύτερο το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων, έτσι ώστε να συγκρίνουμε την κοινωνική ευημερία. Στο τελευταίο κεφάλαιο παραθέτουμε τα συμπεράσματα από την επίλυση των μοντέλων.

2. Πράσινα Πιστοποιητικά (Green Certificates)

1.1 Εισαγωγή

Η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και ιδιαίτερα αυτού της κλιματικής αλλαγής, είναι μια από τις σημαντικότερες προτεραιότητες των επόμενων δεκαετιών για την παγκόσμια κοινότητα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ήδη υψηλούς στόχους τόσο όσον αφορά τα επίπεδα των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, όσο και την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς η κύρια πηγή CO₂ είναι η καύση υδρογονανθράκων. Οι στόχοι αυτοί θα πρέπει να επιτευχθούν μέσα σε μια απελευθερωμένη πλέον αγορά ενέργειας και γι' αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν νέες πολιτικές. Μια τέτοια περιβαλλοντική πολιτική που έχει αναπτυχθεί ώστε να προωθήσει την αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών (Green Certificates). Στην Ευρώπη χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, το Βέλγιο, η Αυστρία, η Ολλανδία, η Ιταλία και Σουηδία έχουν εισάγει αυτό το σύστημα προκειμένου να αυξήσουν την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Σε ένα τέτοιο σύστημα υπάρχουν δύο ειδών παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας: οι παραγωγοί συμβατικής ενέργειας και οι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας (π.χ. αιολική, ηλιακή, γεωθερμική ενέργεια). Ακόμα δημιουργείται μια αγορά γύρω από τα πράσινα πιστοποιητικά (Green Certificates), όπου μπορεί να γίνει αγοραπωλησία των πιστοποιητικών. Αρχικά η κυβέρνηση θα πρέπει να ορίσει «ποιος» θα επωμιστεί την υποχρέωση να αγοράζει ένα συγκεκριμένο αριθμό πιστοποιητικών και να τον καταθέτει στο τέλος μιας χρονικής περιόδου που θα θέσει η ίδια και ποιος θα είναι αυτός ο αριθμός πιστοποιητικών που θα πρέπει να καταθέσει. Η υποχρέωση θα μπορούσε να τεθεί σε κάποιον από τους παρακάτω κρίκους της αλυσίδας προσφοράς ενέργειας: 1) στους παραγωγούς συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας (Generator) 2) τους διανομείς (Distributors) και 3) τους καταναλωτές (Consumers). Αν τεθεί στους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας τότε αυτοί θα πρέπει, είτε να αρχίσουν να παράγουν ένα ποσοστό ανανεώσιμης ενέργειας ώστε να δημιουργούν οι ίδιοι τα πιστοποιητικά που χρειάζονται, είτε να τα αγοράζουν από την αγορά πιστοποιητικών. Αν η υποχρέωση τεθεί στους διανομείς τότε αυτοί θα παίρνουν πιστοποιητικά ανάλογα με την ποσότητα ανανεώσιμης ενέργειας που έχουν διανεμίει και σε περίπτωση που δεν έχουν το απαιτούμενο αριθμό πιστοποιητικών στο τέλος της περιόδου θα πρέπει να τα αγοράσουν από την αγορά πιστοποιητικών. Τέλος αν τεθεί στους καταναλωτές τότε κάθε καταναλωτής θα παίρνει πιστοποιητικά ανάλογα με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Σε περίπτωση που κάποιος καταναλωτής στο τέλος της περιόδου δεν έχει τον συγκεκριμένο αριθμό πιστοποιητικών που έχει ορίσει η κυβέρνηση θα πρέπει να αγοράσει από την αγορά πιστοποιητικών τον ανάλογο αριθμό πιστοποιητικών.

Τα πράσινα πιστοποιητικά δημιουργούνται από τους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας. Οι παραγωγοί της πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας (ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές - π.χ. αιολική, ηλιακή, γεωθερμική ενέργεια) λαμβάνουν ένα πιστοποιητικό για κάθε μια μονάδα ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται. Έτσι οι παραγωγοί ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν πλεόνασμα πιστοποιητικών θα μπορούν να το πουλήσουν στην αγορά πιστοποιητικών και να αυξήσουν τα έσοδα τους. Ο ευαίσθητος κρίκος σε όλο αυτό το σύστημα είναι η κυβέρνηση διότι αυτή είναι που θα πρέπει να θεσπίσει την απαραίτητη νομοθεσία και να παρέχει επίβλεψη και την απαραίτητη συμμόρφωση στους παραβάτες. Στην πραγματικότητα υπάρχουν διάφορα μοντέλα πράσινων

πιστοποιητικών ανάλογα με το ποιος από την αλυσίδα προσφοράς ενέργειας (παραγωγοί, διανομείς, καταναλωτές) θα έχει την υποχρέωση στο τέλος της περιόδου να κατέχει έναν συγκεκριμένο αριθμό πράσινων πιστοποιητικών. Με το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών δίνουμε extra κίνητρο στις επιχειρήσεις παραγωγής ενέργειας να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες πράσινης ενέργειας. Παρακάτω θα αναφέρω αυτά τα μοντέλα και το πως λειτουργούν.

1.2 Γενικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος Πράσινων πιστοποιητικών

Ο κύριος στόχος ενός συστήματος πράσινων πιστοποιητικών είναι να υποκινηθεί η διείσδυση της πράσινης ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά η κυβέρνηση ορίζει συγκεκριμένα όρια-στόχους για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές τα οποία συνήθως επιβάλλονται στους καταναλωτές. Τα πράσινα πιστοποιητικά δημιουργούνται από τους παραγωγούς ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι παραγωγοί παίρνουν ένα πιστοποιητικό για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν από ανανεώσιμες πηγές και την τοποθετούν στο δίκτυο. Αν υποθέσουμε ότι η υποχρέωση επιβάλλεται στους καταναλωτές τότε κάθε καταναλωτής παίρνει πιστοποιητικά ανάλογα με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Σε μια προκαθορισμένη χρονική στιγμή οι καταναλωτές είναι υποχρεωμένοι να παραδώσουν τα πιστοποιητικά τους ώστε να αποδείξουν ότι έπιασαν το όριο-στόχο που τους τέθηκε. Σε περίπτωση που δεν έχουν πιάσει τον στόχο επιβάλλονται πρόστιμα, εκτός αν αγοράσουν πιστοποιητικά από την αγορά των πράσινων πιστοποιητικών. Η τιμή των πιστοποιητικών εξαρτάται από την ζήτηση και την προσφορά αυτών. Με χαμηλή προσφορά πιστοποιητικών, η τιμή τους θα είναι υψηλή, το οποίο αποτελεί κίνητρο για τους παραγωγούς να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Με την πάροδο του χρόνου ο ανταγωνισμός ανάμεσα στους παραγωγούς και η αυξανόμενη προσφορά των πράσινων πιστοποιητικών θα οδηγήσει σε πτώση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Για να επιτευχθούν οι στόχοι είναι αναγκαίο να αναπτυχθεί τόσο η αγορά όψεως (spot market) όσο και η προθεσμιακή αγορά (forward market) για τα πράσινα πιστοποιητικά. Στην αγορά όψεως οι καταναλωτές ή οι εταιρίες διανομής θα εμπορεύονται πιστοποιητικά που έχουν εκδοθεί στο παρελθόν, ώστε να αγοράζουν όσοι δεν έχουν καταφέρει να επιτύχουν τις υποχρεώσεις τους (όριο-στόχο). Στην προθεσμιακή αγορά καταναλωτές ή εταιρίες διανομής μπορούν να διαπραγματεύονται μακροπρόθεσμα συμβόλαια, δηλαδή πιστοποιητικά που θα εκδοθούν στο μέλλον. Η προθεσμιακή αγορά θα χρησιμοποιηθεί για να μειωθεί το ρίσκο της τιμής των πράσινων πιστοποιητικών εξασφαλίζοντας τις απαραίτητες επενδύσεις για την ανάπτυξη νέων μονάδων παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας.

1.3 Λειτουργίες και Εφαρμογή των πράσινων πιστοποιητικών

Οι βασικές λειτουργίες ενός συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών κατά την θεσμοθέτηση του διακρίνονται σε 6:

- i. Έκδοση των πιστοποιητικών
- ii. Πιστοποίηση των διαδικασίας έκδοσης
- iii. Καταχώριση των πιστοποιητικών και εμπορία τους
- iv. Δημιουργία αγοράς συναλλαγών
- v. Κατάθεση των πιστοποιητικών σε τράπεζα πιστοποιητικών
- vi. Απόσυρση των πιστοποιητικών από την κυκλοφορία

Η έκδοση των πιστοποιητικών γίνεται την στιγμή που πράσινη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο σύστημα και κάθε πιστοποιητικό είναι μοναδικό, αναγνωρίσιμο και μπορεί να αντιπροσωπευθεί από ένα χάρτινο πιστοποιητικό. Τα πιστοποιητικά μπορούν να πάρουν έναν μοναδικό αριθμό, που αντιπροσωπεύει τους κώδικες έτσι ώστε να προσδιορίζεται ο τύπος της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, η ημερομηνία της παραγωγής, ο ιδιοκτήτης του πιστοποιητικού, κ.λπ. Τα πιστοποιητικά αποσύρονται από την κυκλοφορία την στιγμή που ένας καταναλωτής το παρουσιάσει στην αρχή καταχώρισης των πιστοποιητικών ώστε να αποδείξει ότι επέτυχε τον στόχο που επιβάλλει η κυβέρνηση και να μην του επιβληθεί κάποιο πρόστιμο. Ακόμα αποσύρονται εάν ο χρόνος ισχύος τους λήγει. Μεταξύ της έκδοσης και της απόσυρσης τους αριθμούνται και μπορούν να γίνουν αντικείμενο εμπορίας. Η αρίθμηση και εμπορία τους θα μπορούσε να γίνει από τους ίδιους τους ιδιοκτήτες, αλλά και από ένα είδος 'τράπεζας', όπως παραδείγματος χάριν ένας οργανισμός ενεργειακής ωφέλειας ή μια ένωση των παραγωγών. Για να γίνουν λοιπόν εφικτές όλες οι παραπάνω δραστηριότητες απαιτείται η κατάλληλη καταχώριση και πιστοποίηση των πιστοποιητικών.

Εκτός από τις παραπάνω θεσμικές λειτουργίες, υπάρχουν πολλά άλλα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου ένα τέτοιο σύστημα να λειτουργήσει. Παρακάτω αναφέρω τα τέσσερα πιο σημαντικά:

Κατ' αρχάς, πρέπει να υπάρξει μια συμφωνία στην οποία να καθορίζονται οι πηγές ενέργειας που θεωρούνται ανανεώσιμες και οι οποίες θα δημιουργούν πράσινα πιστοποιητικά. Παραδείγματος χάριν, η προτεινόμενη οδηγία της ΕΕ υπέθετε ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις μεγάλες υδρο εγκαταστάσεις είναι, γενικά, ανταγωνιστική και επομένως αποκλείεται από το πνεύμα της οδηγίας και δεν θα πρέπει να συμπεριληφθεί στο σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών. Ο ορισμός στα πλαίσια της οδηγίας της ΕΕ γίνεται με βάση το κόστος και όχι την αρχή του ότι οι υδρο εγκαταστάσεις θεωρούνται ως ανανεώσιμη πηγή.

Δεύτερον θα πρέπει να καθοριστεί ο χρόνος μέσα στον οποίο ο έχων την υποχρέωση θα πρέπει να την έχει εκπληρώσει καθώς και η χρονική εγκυρότητα των πιστοποιητικών. Αυτές οι δύο πτυχές επηρεάζουν κατά ένα μεγάλο μέρος τη σταθερότητα του συστήματος. Περαιτέρω συζήτηση γύρω από το θέμα αυτό θα γίνει σε μεταγενέστερο σημείο της εργασίας.

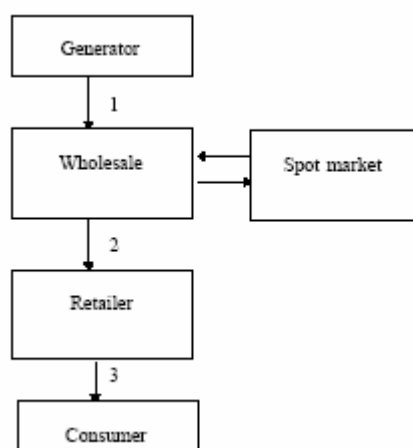
Σημαντικό κομμάτι για την εφαρμογή του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών αποτελεί η εφαρμογή των προστίμων σε περίπτωση μη επίτευξης του ορίου-στόχου που έθεσε η κυβέρνηση. Εάν δεν υπάρχει καμία ποινική ρήτρα για την αποτυχία εκπλήρωσης του στόχου, ένα τέτοιο σύστημα δεν θα μπορέσει να επιβιώσει. Προφανώς τα πρόστιμα θα πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή αγοράς των πράσινων πιστοποιητικών, διότι διαφορετικά κανείς δεν θα τα αγόραζε, αφού το πρόστιμο θα κόστιζε λιγότερο. Για να οργανωθεί ένα σύστημα 'τιμωρίας' υπάρχουν διάφοροι τρόποι, ένας εκ των οποίων είναι οι παραβάτες (όσοι δεν εκπληρώνουν τον στόχο) να πληρώνουν ένα πρόστιμο το οποίο δεν θα απορροφάται από τα γενικά έσοδα του κράτους αλλά θα πηγαίνει σε ένα ταμείο το οποίο θα χρηματοδοτεί επενδύσεις στον τομέα της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, πρέπει να είναι σαφές σε ποιους επιβάλλονται τα όρια-στόχοι. Οι υποχρεώσεις σχετικά με το ελάχιστο μερίδιο ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα μπορούσαν να επιβληθούν είτε στους διανομείς είτε απευθείας στους καταναλωτές της ηλεκτρικής ενέργειας. Το επόμενο τμήμα θα εξετάσει αυτό το ζήτημα.

1.4 Διαφορετικά μοντέλα του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών

Μπορούμε να διακρίνουμε μεταξύ των διαφορετικών μοντέλων πράσινων πιστοποιητικών ανάλογα με το ποιος έχει την υποχρέωση επίτευξης του στόχου και σε ποιόν μεταφέρεται το επιπλέον κόστος για τα πράσινα πιστοποιητικά.

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθούν οι τέσσερις διαφορετικοί κρίκοι στην αλυσίδα προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι παρουσιάζονται στο σχήμα 1.4.1: παραγωγόι ηλεκτρικής ενέργειας (Generator), χονδρέμποροι (Wholesale), λιανέμποροι (Retailer) και καταναλωτές (Consumers) . Ακόμα για λόγους απλότητας δεν θα διαχωρίσω μεταξύ χονδρεμπόρων και λιανέμπορων και θα τους ονομάσουμε διανομείς. Έτσι κάθε φορά που θα αναφέρομαι στους διανομείς θα εννοώ τους χονδρέμπορους και τους λιανέμπορους.



Σχήμα 1.4.1 Αλυσίδα προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Hunt and Shuttleworth, 1996)

Τώρα μπορούμε να προχωρήσουμε στην διάκριση των μοντέλων ανάλογα με το ποιος έχει την υποχρέωση επίτευξης του στόχου:

➤ Consumer Model

Σε αυτό το μοντέλο, η υποχρέωση για την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια τίθεται στους καταναλωτές της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα κάθε καταναλωτής θα παίρνει πιστοποιητικά ανάλογα με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Στο τέλος της ορισμένης χρονικής περιόδου οι καταναλωτές πρέπει να παρουσιάσουν τον ανάλογο αριθμό πιστοποιητικών και σε περίπτωση που δεν τα κατέχουν θα πρέπει να τα αγοράσουν από τις εταιρίες κοινής ωφέλειας.

➤ Distributors Model

Η υποχρέωση για την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια τώρα τίθεται στους διανομείς της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι διανομείς θα παίρνουν πιστοποιητικά ανάλογα με την ποσότητα ανανεώσιμης ενέργειας που έχουν διανείμει. Και πάλι στο τέλος της χρονικής περιόδου οι διανομείς θα πρέπει να παρουσιάσουν το ανάλογο αριθμό πιστοποιητικών και σε περίπτωση που δεν έχουν το απαιτούμενο αριθμό πιστοποιητικών στο τέλος της περιόδου θα πρέπει να τα αγοράσουν από την αγορά πιστοποιητικών.

➤ Generator

Στο τελευταίο μοντέλο η υποχρέωση για την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια τίθεται στους παραγωγούς της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι αυτοί θα πρέπει, είτε να αρχίσουν να παράγουν ένα ποσοστό ανανεώσιμης ενέργειας ώστε να λαμβάνουν τα

πιστοποιητικά που χρειάζονται, είτε να τα αγοράζουν από την αγορά πιστοποιητικών έτσι ώστε στο τέλος της ορισμένης χρονικής περιόδου να παρουσιάσουν το ανάλογο αριθμό πιστοποιητικών.

Το καθένα από τα παραπάνω μοντέλα παρουσιάζει προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών. Όταν η υποχρέωση τίθεται στις επιχειρήσεις διανομής (χονδρικές ή λιανικές) ή τους παραγωγούς, το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών οδηγεί αυτές τις επιχειρήσεις στον αθέμιτο διεθνή ανταγωνισμό λόγω κόστους σε σχέση με τους ξένους ανταγωνιστές τους που δεν αντιμετωπίζουν ένα τέτοιο σύστημα. Σε μια απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, οι πελάτες είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τον προμηθευτή τους. Όταν η υποχρέωση τίθεται στις επιχειρήσεις διανομής, αυξάνεται το κόστος τους. Αυτό θα δώσει στους (μεγάλους) πελάτες ένα κίνητρο να παρακάμψουν την επιχείρηση διανομής και να αγοράσουν ηλεκτρική ενέργεια άμεσα από την αγορά όψεως (spot market) ή από τους ανεξάρτητους παραγωγούς. Επίσης ακόμα και αν ένα σύστημα πράσινων πιστοποιητικών υιοθετηθεί από ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση, τα διαφορετικά στάδια απελευθέρωσης της ηλεκτρικής αγοράς στα οποία βρίσκονται οι χώρες της Ε.Ε. θα οδηγήσουν και πάλι σε ίδια προβλήματα. Οι εταιρίες κοινής ωφέλειας που απολαμβάνουν μια προστατευμένη αγορά θα έχουν ένα πλεονέκτημα σε σύγκριση με αυτές που βρίσκονται σε μια ελεύθερη αγορά, αφού μπορούν να περάσουν το πρόσθετο κόστος στους εγκλωβισμένους πελάτες τους.

Εάν το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών εφαρμοστεί εθνικά, κάποια προβλήματα μπορούν να αποφευχθούν με την τοποθέτηση της υποχρέωσης στους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας. Οι καταναλωτές δεν μπορούν να παρακάμψουν τις επιχειρήσεις διανομής, αφού οι παραγωγοί βρίσκονται στην κορυφή της αλυσίδας.

Η τοποθέτηση της υποχρέωσης στους καταναλωτές διαλύει τα προβλήματα του αθέμιτου διεθνή ανταγωνισμού λόγω κόστους που δημιουργούνται από την επιβολή του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών και της παράκαμψης των εταιριών διανομής από τους καταναλωτές. Όμως και πάλι το πρόβλημα του αθέμιτου ανταγωνισμού λόγω του υψηλού επιπέδου προστασίας που υιοθετούν κάποιες χώρες θα συνεχίσει να υπάρχει. Ωστόσο, επειδή οι καταναλωτές έχουν την υποχρέωση για τα πιστοποιητικά και επειδή οι επιχειρήσεις διανομής και οι παραγωγοί δεν έχουν άμεση υποχρέωση, το μειονέκτημα αυτό φαίνεται να είναι δευτερεύον.

Από τα παραπάνω επιχειρήματα μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η υποχρέωση για την επίτευξη του στόχου θα είναι προτιμότερο να τεθεί στο τελευταίο επίπεδο της αλυσίδας, αυτό των καταναλωτών της ηλεκτρικής ενέργειας, διότι έτσι ελαχιστοποιούνται οι στρεβλώσεις.

Στην συνέχεια μπορούμε να διακρίνουμε τα παρακάτω δύο μοντέλα ανάλογα σε ποιόν μεταφέρεται το επιπλέον κόστος για τα πράσινα πιστοποιητικά.

➤ Μοντέλο των Ποσοτήτων (Quota Model)

Στο μοντέλο των ποσοτήτων, οι επιχειρήσεις διανομής ή οι εταιρίες κοινής ωφέλειας αντιμετωπίζουν την υποχρέωση για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Κατά συνέπεια στην ημερομηνία λήξης της υποχρέωσης, αυτές θα πρέπει να παρουσιάσουν τον ανάλογο αριθμό πράσινων πιστοποιητικών. Βέβαια το κόστος των πράσινων πιστοποιητικών θα μεταφερθεί προς τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας υπό μορφή γενικής αύξησης τιμών

➤ Μοντέλο Πράσινης Τιμολόγησης (Green Pricing)

Στο μοντέλο Πράσινης Τιμολόγησης η υποχρέωση βαραίνει και πάλι τις εταιρίες διανομής ή τις εταιρίες κοινής ωφέλειας με την διαφορά ότι το κόστος των πράσινων πιστοποιητικών μεταφέρεται μόνο προς εκείνους τους καταναλωτές που έχουν συμφωνήσει να υποστηρίξουν την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, και επομένως να καταβάλουν μια υψηλότερη τιμή. Αυτό το σύστημα, εντούτοις, δεν φαίνεται να είναι βιώσιμο, διότι μόλις ανακαλύψουν οι καταναλωτές ότι πληρώνουν για κάτι που θα έπρεπε να το πληρώνουν οι επιχειρήσεις διανομής θα αντιδράσουν.

Οι Schaeffer et al. (1999) αναπτύσσουν τα παραπάνω επιχειρήματα αναλυτικά.

1.5 Συνθήκες για σταθερότητα σε ένα σύστημα πράσινων πιστοποιητικών

Όπως προαναφέρθηκε η πρόθεση ενός συστήματος πράσινων πιστοποιητικών είναι να εκπληρωθεί ο στόχος της αύξησης της ανανεώσιμης ενέργειας με έναν οικονομικώς αποδοτικό τρόπο που να χρησιμοποιεί τις δυνάμεις της αγοράς. Όπως είναι γνωστό από την βιβλιογραφία, για να λειτουργούν οι αγορές ανταγωνιστικά, θα πρέπει να ισχύουν συνθήκες όπως:

- Ικανοποιητικός αριθμός προμηθευτών και καταναλωτών για να εξασφαλιστεί ότι ένας συμμετέχων στην αγορά δεν μπορεί να επηρεάσει την τιμή και ότι θα υπάρχει ρευστότητα στην αγορά.
- Διαφάνεια αγοράς και ίση πρόσβαση στις σχετικές πληροφορίες για όλους τους συμμετέχοντες.
- Κανένα εμπόδιο εισόδου και αμελητέο κόστος συναλλαγής.

Αυτές οι γενικές απαιτήσεις δεν θα συζητηθούν περαιτέρω. Αντ' αυτού, θα εστιάσουμε την προσοχή μας στις συνθήκες που συνδέονται άμεσα με το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών.

1.5.1 Συνθήκες σταθερότητας από την μεριά της προσφοράς των πράσινων πιστοποιητικών

Σε αυτό το τμήμα, αναλύονται διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τις επιλογές των προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι:

1. Η διαφάνεια του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών
2. Οι κλιματολογικές συνθήκες
3. Οι εξωτερικοί παράγοντες όπως η χορήγηση των αδειών και της πρόσβασης στη χρηματοδότηση που μπορεί να δημιουργήσει εμπόδια στους προμηθευτές όσον αφορά τις αντιδράσεις τους στις μεταβαλλόμενες συνθήκες στην αγορά

Σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, η επιλογή αύξησης της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας θα εξαρτηθεί από τις προσδοκίες των συμμετεχόντων στην αγορά για την μελλοντική τιμή των πράσινων πιστοποιητικών. Εάν η αγορά δεν είναι διαφανής, είναι δύσκολο για τους επενδυτές να αποφασίσουν εάν είναι κερδοφόρο να αυξήσουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή όχι. Όσον αφορά την αγορά όψεως (spot market) για τα πράσινα πιστοποιητικά μπορεί να μην απεικονίζει όλες τις σχετικές πληροφορίες λόγω της χρονικής υστέρησης της μεταξύ της επένδυσης και

της παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως σε περίπτωση η τιμή των πράσινων πιστοποιητικών είναι υψηλή πάρα πολύ επενδυτές μπορεί να παρακινηθούν να αυξήσουν την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας με συνέπεια να δημιουργηθεί πλεόνασμα για την επόμενη περίοδο. Άμεσο αποτέλεσμα θα είναι την επόμενη περίοδο η τιμή να πέσει. Τα μέτρα για να βελτιωθεί η διαφάνεια θα μπορούσαν να περιλάβουν την συστηματική υποβολή έκθεσης για το σύνολο της δυνητικής ικανότητας παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα η δημιουργία μιας προθεσμιακής αγοράς (forward market) θα συμβάλει επίσης στην αυξανόμενη διαφάνεια για τις μελλοντικές προσδοκίες της τιμής των πράσινων πιστοποιητικών.

Μια άλλη αιτία η οποία αυξάνει την αβεβαιότητα του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών είναι ο παράγοντας του κλίματος. Μεταβολές του κλίματος μπορεί να οδηγήσουν σε μικρότερες ή μεγαλύτερες ποσότητες παρεχόμενων πράσινων πιστοποιητικών με αποτέλεσμα την αστάθεια των τιμών. Παρακάτω θα εξετάσω τρεις επιλογές για την αντιμετώπιση των διαφόρων κλιματικών πολιτικών (Van der Tak, 1998):

· *Καμία διόρθωση κλίματος*

Αυτό το σύστημα έχει τα μειονεκτήματα της υψηλής αστάθειας τιμών όπως περιέγραφα και παραπάνω. Από την άλλη μεριά οι κλιματικές συνθήκες διαδραματίζουν έναν ρόλο στο σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών μόνο στην περίπτωση που τα πιστοποιητικά έχουν περιορισμένη χρονική ισχύ. Επομένως μια λύση σε αυτό το πλαίσιο είναι να επεκταθεί η περίοδος για την οποία ισχύει ένα πιστοποιητικό.

· *Εκδοση των διορθωμένων-κλιματικά πράσινων πιστοποιητικών*

Σε αυτήν την επιλογή τα πράσινα πιστοποιητικά διορθώνονται την χρονική στιγμή που η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σύμφωνα με το σχετικό δείκτη. Το μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η καθυστέρηση από την παραγωγή του πράσινου πιστοποιητικού έως την αποτίμηση της αξίας του. Παραδείγματος χάριν, ο δείκτης του αέρα (wind-index) μετريέται μηνιαία, και έτσι μόνο στο τέλος του μήνα θα ξέρουμε την αξία ενός πράσινου πιστοποιητικού.

· *Προσαρμογή του στόχου ανά περίοδο*

Η προσαρμογή του στόχου στο μερίδιο των κλιματικών αλλαγών που επηρεάζουν την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών, θα μείωνε την αστάθεια των τιμών στην αγορά των πράσινων πιστοποιητικών που προκαλείται από τους παράγοντες κλίματος. Δηλαδή όταν οι κλιματικές αλλαγές είναι τέτοιες ώστε να μειώνονται οι ποσότητες των ανανεώσιμων, τότε ο αριθμός των πιστοποιητικών που θα πρέπει να έχει ο κάτοχος της υποχρέωσης στο τέλος της ορισμένης χρονικής περιόδου θα πρέπει να μειώνεται.

Αρκετοί εξωτερικοί παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν πρόβλημα στην αύξηση της ανανεώσιμης ενέργειας. Τέτοιου είδους προβλήματα θα μπορούσαν να είναι ο περιορισμός των πρώτων υλών (βιομάζα, χερσαίος αέρας) για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, ή οικονομικά και θεσμικά εμπόδια. Στην Ολλανδία παραδείγματος χάριν, η επέκταση των ανεμογεννητριών εμποδίζεται από την απροθυμία της κυβέρνησης να χορηγήσει απαραίτητες άδειες.

Ένα συγκεκριμένο εμπόδιο αγοράς που είναι γνωστό καλά στην ανάπτυξη ανανεώσιμης ενέργειας είναι η πρόσβαση στη χρηματοδότηση. Το παραπάνω σε συνδυασμό με το σχετικά μεγάλο ποσό της αρχικής επένδυσης που απαιτείται για την ανάπτυξη τεχνολογιών πάνω στις ανανεώσιμες πηγές διογκώνει αρκετά το πρόβλημα. Για να μειωθεί ο κίνδυνος για τους επενδυτές και να διευκολυνθεί η πρόσβαση στην πίστωση, απαιτούνται συμβάσεις για να επαληθευθεί η αγορά ηλεκτρισμού (Βλέπε Hunt and Shuttleworth (1996), για περαιτέρω αναφορά στην κάλυψη του κινδύνου

των παραγωγών μέσω των συμβατικών σχέσεων). Επιπλέον, η πρόκληση για κάποιον ο οποίος είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη του τομέα της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας είναι να βρει ένα μέρος της αγοράς που είναι πρόθυμο να αγοράσει όλα τα πράσινα πιστοποιητικά που παράγονται από του παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας¹. Επίσης σημαντικό ρόλο σε ένα σύστημα πράσινων πιστοποιητικών θα μπορούσε να διαδραματίσει η προθεσμιακή αγορά (forward market) με τις μακροπρόθεσμες συμβάσεις.

1.5.2 Συνθήκες σταθερότητας από την μεριά της ζήτησης των πράσινων πιστοποιητικών

Πέρα από την εθελοντική αγορά πράσινων πιστοποιητικών το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης τους προέρχεται από την υποχρέωση που προκύπτει από την κυβερνητική πολιτική με στόχο την αύξηση της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών περιλαμβάνει διάφορες σημαντικές λεπτομέρειες όπως η ρύθμιση των προστίμων, η χρονική περίοδος ισχύος των Πράσινων πιστοποιητικών και το επίπεδο του στόχου. Εκτός από το να καταρτίσει τους παραπάνω κανόνες, η κυβέρνηση μπορεί να επηρεάσει την λειτουργία του συστήματος με άμεσο τρόπο παρεμβαίνοντας στην αγορά των πράσινων πιστοποιητικών μέσω της εμπορίας ή της αλλαγής του στόχου. Παρακάτω αναλύουμε τους τρόπους με τους οποίους η ισχύς των πιστοποιητικών και η παρεμβατική πολιτική της κυβερνητικής μπορεί να ενισχύσει την σταθερότητα του συστήματος των Πράσινων πιστοποιητικών.

Όσον αφορά την ισχύ των πράσινων πιστοποιητικών μπορούμε να πούμε ότι είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αύξηση της ελαστικότητας της ζήτησης τους και την μείωση της μεταβλητότητας της τιμής τους. Ένα πράσινο πιστοποιητικό που δημιουργείτε σε μια ορισμένη περίοδο θα είναι άνευ αξίας μετά την τακτοποίηση των υποχρεώσεων. Δηλαδή μετά την λήξη της υποχρέωσης, σε περίπτωση που κάποιος έχει πλεόνασμα πιστοποιητικών και δεν τα έχει πουλήσει, η αξία αυτών θα μηδενίζεται. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της ακαμψίας υπάρχουν τέσσερις εναλλακτικοί τρόποι (Van der Tak, 1998):

- 1^{ος} Τρόπος : Η ισχύς είναι περιορισμένη μέχρι X χρόνια μετά την έκδοση ($X > 1$)

Μέσω αυτού του συστήματος ο κάτοχος ενός πράσινου πιστοποιητικού μπορεί να το χρησιμοποιήσει για να επιτύχει τον στόχο του για περισσότερα από ένα έτη. Εάν το X είναι ίσο με 2, η υπερπαραγωγή πράσινων πιστοποιητικών στο έτος 1 δεν θα οδηγήσει σε μια ραγδαία πτώση της τιμής, αλλά θα λάβει την τιμή που αναμένεται για το προσεχές έτος, το οποίο καθορίζεται στην αγορά προθεσμίας (Van der Tak, 1998). Έτσι δίνοντας παράταση της ισχύος των πράσινων πιστοποιητικών για περισσότερα από ένα έτη υποκινούμε την σταθερότητα του συστήματος, επειδή ο βραχυπρόθεσμος προσδιορισμός των τιμών θα ακολουθήσει τις μακροπρόθεσμες προσδοκίες της αγοράς των πράσινων πιστοποιητικών. Ωστόσο η παράταση δημιουργεί το μειονέκτημα ότι το πιστοποιητικό γίνεται πιο ετερογενή. Ακόμα σε κάθε έτος συνυπάρχουν τα παλαιά και τα νέα πιστοποιητικά, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει στη διαφοροποίηση των τιμών και σε μια χαμηλότερη ρευστότητα των αγορών (Van der Tak, 1998).

¹ Εκτός αν είναι υποχρεωτική η αγορά τους από κάποιος μέρος της αγοράς που το ορίζει η κυβέρνηση

- 2^{ος} Τρόπος : Η ισχύ είναι περιορισμένη μέχρι X χρόνια μετά την έκδοση και η τεχνική FIFO¹ (first in first out) χρησιμοποιείται την ημέρα λήξης της υποχρέωσης.

Προκειμένου να περιοριστεί το πρόβλημα της ετερογενείας των πράσινων πιστοποιητικών στην αγορά, μια επιλογή είναι να εφαρμοστεί η μέθοδος first in first out (FIFO) σε κάθε ημερομηνία της τακτοποίησης της υποχρέωσης. Δηλαδή όταν έρχεται η ημερομηνία τακτοποίηση των υποχρεώσεων να βγαίνουν από την κυκλοφορία αρχικά τα πιστοποιητικά που έχουν εκδοθεί πρώτα.

- 3^{ος} Τρόπος : Χρήση μελλοντικών πράσινων πιστοποιητικών για την τακτοποίηση σημερινών υποχρεώσεων

Μια άλλη επιλογή εκτός από την παράταση της ισχύος των πιστοποιητικών που ήδη έχουν δημιουργηθεί στα επόμενα έτη, είναι ο δανεισμός Πράσινων πιστοποιητικών από τις μελλοντικές χρήσεις για την εκπλήρωση τωρινών στόχων. Αυτό σημαίνει ότι τα αναμενόμενα πιστοποιητικά τα οποία θα παραχθούν την επόμενη περίοδο (που μπορεί να αγοραστούν μέσω των προθεσμιακών συμβάσεων) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκπληρωθούν οι σημερινές υποχρεώσεις. Αυτή η μέθοδος μπορεί να αναφερθεί και ως «δανεισμός» των πράσινων πιστοποιητικών, σε αντίθεση με την «αποταμίευση» τους που προτείνουν οι άλλες τρεις μέθοδοι .

Αυτό το μέτρο θα ενίσχυε επίσης την ευελιξία από την πλευρά της προσφοράς στην αγορά των πράσινων πιστοποιητικών με διάφορους τρόπους. Πρώτον, σε περίπτωση έλλειψης Πράσινων πιστοποιητικών, η τιμή τους δεν θα φθάσει το επίπεδο του προστίμου, αλλά αντ' αυτού οι συμμετέχοντες στην αγορά θα αγοράσουν τις προθεσμιακές συμβάσεις (forward contracts) για να εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις τους. Δεύτερον, οι διορθώσεις λόγω των κλιματολογικών παραγόντων θα πραγματοποιηθούν αυτόματα. Στην περίπτωση ενός έτους με λίγους ανέμους, θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα μελλοντικά πιστοποιητικά. Τρίτον, η πρόσθετη ζήτηση για forward συμβάσεις που δημιουργείτε, θα βοηθήσει τους υπεύθυνους για την ανάπτυξη ανανεώσιμης ενέργειας να εξασφαλίσουν τη χρηματοδότηση από τα ιδρύματα χρηματοδότησης.

- 4^{ος} Τρόπος : Αιώνια ισχύ - The golden-crested green certificate

Οι προαναφερθείσες εναλλακτικές λύσεις δείχνουν σε μια κατεύθυνση: στο να κάνουμε τα Πράσινα Πιστοποιητικά αιωνίως έγκυρα. Ο κάτοχος μπορεί να επιλέξει την κατάλληλη στιγμή για να χρησιμοποιήσει το πιστοποιητικό για την τακτοποίηση της υποχρέωσης του. Επομένως τα προβλήματα που υποδεικνύονται στους τρόπους 1 έως 3 εξαλείφονται και οι διοικητικές διαδικασίες ελαχιστοποιούνται. Ένα αιωνίως έγκυρο πιστοποιητικό μοιάζει με τα πολύτιμα μέταλλα, δεδομένου ότι ούτε τα πολύτιμα μέταλλα δεν υπόκεινται στην αποσύνθεση. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο μπορεί ονομάζεται «The golden-crested green certificate».

Από την παραπάνω ανάλυση, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι τελευταίοι δύο τρόποι αντιμετώπισης της ακαμψίας είναι καλύτεροι από τους δύο πρώτους διότι λύνεται το πρόβλημα της ετερογένειας των πράσινων πιστοποιητικών και ελαχιστοποιούνται οι διοικητικές διαδικασίες.

¹ όταν έρχεται η ημερομηνία τακτοποίηση των υποχρεώσεων να βγαίνουν από την κυκλοφορία αρχικά τα πιστοποιητικά που έχουν εκδοθεί πρώτα.

Η εφαρμογή ενός συστήματος πράσινων πιστοποιητικών θα βοηθήσει την κυβέρνηση για να επιτύχει τους μακροπρόθεσμους της στόχους όσον αφορά την ανανεώσιμη ενέργεια. Αυτοί οι μακροπρόθεσμοι στόχοι για την ανανεώσιμη ενέργεια θα πρέπει να αποτυπωθούν σε σαφείς μακροπρόθεσμους στόχους πιστοποιητικών που δεν θα αλλάζουν κατά την διάρκεια των ετών (λόγω της εκλογής μιας διαφορετικής κυβέρνησης, νέων προτεραιοτήτων, κ.λπ.). Αυτό είναι ένας σημαντικός όρος για να πείσουν τους συμμετέχοντες στην αγορά ότι θα είναι σε θέση να κερδίσουν πίσω τις επενδύσεις τους μέσω της αγοράς πιστοποιητικών. Εάν οι συμμετέχοντες στην αγοράς έχουν την αντίληψη ότι η κυβέρνηση θα αλλάξει τους κανόνες, θα προσπαθήσουν να προεξοφλήσουν τις αλλαγές στις αποφάσεις τους (Van der Tak, 1998), κάτι το οποίο θα οδηγήσει σε διαστρεβλώσεις της αγοράς.

Επομένως μια συνεπής κυβερνητική πολιτική είναι μία σημαντική συνθήκη για ένα σταθερό σύστημα πράσινων πιστοποιητικών. Ένας τρόπος να επιτευχθεί αυτό είναι να συμφωνηθεί ένα χρονικό πλαίσιο στο οποίο η κυβέρνηση θα ορίσει τις λεπτομέρειες και τους απαραίτητους στόχους και δεν θα επέμβει περαιτέρω στο σύστημα. Παράδειγμα αποτελεί η κυβέρνηση της Ολλανδίας η οποία αναγνωρίζοντας αυτήν την αρχή, είχε αναγγείλει ότι σε περίπτωση που εφαρμοστεί ένα σύστημα Πράσινων πιστοποιητικών ο στόχος – υποχρέωση θα αναγγελθεί για πέντε διαδοχικά έτη (Tweede Kamer, 1998).

Η ύπαρξη ενός μακροπρόθεσμου χρονικού πλαισίου θα έκανε σε γενικές γραμμές μια αγορά πιστοποιητικών να λειτουργήσει ομαλά. Οι καταναλωτές θα μπορούσαν να προχωρήσουν σε μία κατάθεση των αγορασμένων πιστοποιητικών τους σε τράπεζα μέχρι την απόσυρση τους από την κυκλοφορία κατά την διάρκεια της τακτοποίησης της υποχρέωσης τους. Ωστόσο, για να διατηρηθεί η ρευστότητα στην αγορά, θα πρέπει να μετατρέψουμε τους μακροπρόθεσμους στόχους σε ενδιάμεσους στόχους καθορίζοντας τους κάθε έτος ή ακόμη και κάθε μισό έτος.

3. Επιδοτούμενα Τιμολόγια (Feed – in Tariffs)

2.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, τα Ειδικά Τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου με την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια (Feed –In Tariffs) είναι ένα σημαντικό όργανο στις ευρωπαϊκές χώρες για την προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, τα ειδικά αυτά τιμολόγια είναι πολύ αποτελεσματικά στην ανάπτυξη αιολικής ενέργειας (wind power), ειδικότερα στις χώρες όπως η Γερμανία, η Δανία και η Ισπανία. Απ' την άλλη μεριά, τα Ειδικά Τιμολόγια έχουν επικριθεί λόγω του ότι είναι δαπανηρά, αναποτελεσματικά, στρεβλώνουν την ανταγωνιστική τιμολόγηση και, ως εκ τούτου, μακροπρόθεσμα μη συμβατά με τη δημιουργία μιας ενιαίας, απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη.

Στη βιβλιογραφία, ο όρος «Feed –In Tariff» μερικές φορές χρησιμοποιείται με ελαφρώς διαφορετική έννοια. Συνήθως, αυτός ο όρος αναφέρεται στην ελάχιστη εγγυημένη τιμή ανά kWh που ένας παραγωγός συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να πληρώσει σε έναν ιδιωτικό, ανεξάρτητο παραγωγό ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Περιστασιακά, η έννοια «Feed –In Tariffs» χρησιμοποιείται για το συνολικό ποσό ανά kWh λαμβανόμενο από έναν ανεξάρτητο παραγωγό ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των επιχορηγήσεων παραγωγής ή/και των επιστροφών φόρου, ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις αναφέρεται μόνο στην τιμή του ασφαλιστρου που πληρώνεται ως ποσοστό της τιμής αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας (Monthorst, 1999; Huber et Al, 2001; Haas et Al, 2001). Στην συνέχεια ο όρος επιδοτούμενα τιμολόγια θα χρησιμοποιείται για να εκφράσει την πλήρη τιμή ανά kWh που πληρώνεται σε έναν ανεξάρτητο παραγωγό της ανανεώσιμης ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της τιμής του ασφαλιστρου αλλά αποκλείοντας τις φορολογικές επιστροφές ή άλλες επιχορηγήσεις παραγωγής που πληρώνονται από την κυβέρνηση).

Το ύψος των επιδοτούμενων τιμολογίων μπορεί να προσδιορίζεται σε ένα σταθερό επίπεδο για να ενθαρρυνθεί η παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς οποιαδήποτε άμεση σχέση με το κόστος ή την τιμή της μη ανανεώσιμης ενέργειας. Αν και τα επιδοτούμενων τιμολογίων μπορούν να τεθούν σε ομοιόμορφο επίπεδο, διαφοροποιούνται συχνά ανάλογα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται (αιολική, ηλιακή, τη βιομάζα, κ.λπ.) ή ανάλογα με άλλες μεταβλητές όπως τον χρόνο ή την εποχή της τροφοδότησης της ανανεώσιμης ενέργειας στο δίκτυο. Επιπλέον, το σύστημα το οποίο καθορίζει τα επιδοτούμενα τιμολόγια μπορεί να είναι σταθερό για μια ορισμένη, πολυετή περίοδο (προκειμένου να παρέχετε μακροπρόθεσμη βεβαιότητα στους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας) ή ρυθμιζόμενο περιοδικά προκειμένου να διατηρηθεί κάποια ευελιξία και να λαμβάνει υπόψη του απρόβλεπτες μειώσεις δαπανών παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, το επίπεδο και η σημασία των επιδοτούμενων τιμολογίων μπορούν να ποικίλουν σημαντικά μεταξύ των χωρών ανάλογα με τα εθνικά χαρακτηριστικά τις κάθε χώρας. Τέτοιου είδους χαρακτηριστικά μπορεί να είναι η δυνατότητα και το κόστος των ανανεώσιμων πόρων σε κάθε χώρα ή τις προτιμήσεις σχετικά με τα πολιτικά εργαλεία για την προώθηση της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

Δύο από τις πρώτες χώρες που εφάρμοσαν το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων ήταν η Γερμανία και η Ισπανία. Σε ότι ακολουθεί αναλύεται ο τρόπος εφαρμογής των Επιδοτούμενων τιμολογίων στις δύο αυτές χώρες.

2.2 Σύντομη περιγραφή του Γερμανικού συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων

Τα επιδοτούμενα τιμολόγια εφαρμόστηκαν στη Γερμανία επίσημα από τις 1 Ιανουαρίου 1991 όταν ο αποκαλούμενος “Electricity Feed law” (EFL) τέθηκε σε ισχύ. Τον Απρίλιο του 1998, το EFL τροποποιήθηκε σε ορισμένα σημεία, ενώ δύο έτη αργότερα – τον Απρίλιο του 2000 – αναθεωρήθηκε δραστικά και αντικαταστάθηκε από ένα νέο νόμο τον “Renewable Energy Law”(REL).

Ο EFL υποχρέωσε τις επιχειρήσεις που παρήγαγαν συμβατική ηλεκτρική ενέργεια να αγοράζουν ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια από τις παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας και να τους πληρώνουν ένα ετησίως σταθερό δασμό. Για την ενέργεια που παράγεται από τον ήλιο (solar) ή τον αέρα (wind), ο δασμός τέθηκε στο 90 τοις εκατό της μέσης τιμής ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWh που χρεώθηκε κατά τη διάρκεια του προτελευταίου ημερολογιακού έτους στους τελικούς καταναλωτές. Ως εκ τούτου, εάν οι καταναλωτές είχαν πληρώσει, κατά μέσον όρο, 10 ct/kWh το 1993, ένας αγρότης που εκμεταλλεύεται μια ανεμογεννήτρια (wind turbine) έλαβε 9 cents για κάθε kWh που τροφοδότησε στο δίκτυο το 1995. Για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα αντίστοιχα δασμολόγια τροφοδότησης τέθηκαν στα χαμηλότερα ποσοστά – δηλ. είτε 80 είτε 65 τοις εκατό της μέσης τιμής διάθεσης στην κατανάλωση – ανάλογα με την ικανότητα παραγωγής αυτών των πηγών.

Όμως παρά την επιτυχία στο να προωθήσει την αιολική ενέργεια, ο EFL δέχθηκε έντονη κριτική για τους εξής λόγους:

- Ο EFL οδήγησε σε ραγδαία αυξανόμενα κόστη και, ως εκ τούτου, σε σημαντικές ανταγωνιστικές στρεβλώσεις μεταξύ περιφερειακών παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας δεδομένου ότι υποκίνησε κυρίως τη παραγωγή αιολικής ενέργειας (wind power) στα βόρεια παράκτια μέρη, όπου βρίσκονται και οι περισσότερες εγκαταστάσεις.
- Ο EFL ήταν πολύ λιγότερο αποτελεσματικός στην προώθηση άλλων μορφών ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας εκτός από την αιολική.

Με βάση τις παραπάνω κριτικές, ο EFL αναθεωρήθηκε αποφασιστικά με νέο νομοθέτημα αποκαλούμενο “Renewable Energy Law”(REL). Αυτός ο νόμος τέθηκε σε ισχύ την 1η Απριλίου το 2000. Ο REL συνέχισε την πρακτική των σταθερών επιδοτούμενων τιμολογίων για τις διαφορετικές μορφές ανανεώσιμης ενέργειας όπως και την υποχρέωση των επιχειρήσεων του δικτύου να αγοράζουν ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Σε σχέση με τον EFL, ωστόσο, ο REL περιλάμβανε μια σημαντική αλλαγή: Τα επιδοτούμενα τιμολόγια δεν είναι πλέον συνδεδεμένα με τις μέσες τιμές διάθεσης στην κατανάλωση αλλά βασίζονται στο κόστος παραγωγής των διάφορων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (EUREC, 2000; Schaeffer, 2001; Schleich et al, 2001).

Η πρώτη διαδικασία αναθεώρησης του REL πραγματοποιήθηκε το 2002. Ακολούθησαν και άλλες αναθεωρήσεις και τελικά ο αναθεωρημένος REL που ισχύει από τον Αύγουστο του 2004 έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τέθηκε ένας συγκεκριμένος στόχος για το μερίδιο των ανανεώσιμων ενεργειών στην ηλεκτρική παραγωγή τουλάχιστον 12,5% έως το 2010 και τουλάχιστον 20% έως το 2020 προκειμένου να υποστηριχτεί η σημασία της μακροπρόθεσμης σταθερότητας της γερμανικής πολιτικής Renewable Energy Source (RES).

- Τέθηκε ως στόχος η βελτίωση της ενσωμάτωσης των εγκαταστάσεων RES στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.
- Όσον αφορά τις άλλες ανανεώσιμες πηγές πέρα από την αιολική ο τροποποιημένος νόμος ρυθμίζει τους δασμούς έτσι ώστε να απεικονίζουν καλύτερα την κατάσταση δαπανών των ανανεώσιμων τεχνολογιών. Θέτει υψηλότερα δασμολόγια για την γεωθερμική ηλεκτρική ενέργεια και την ηλιακή καθώς επίσης και για την ενέργεια από βιομάζα.

2.3 Σύντομη περιγραφή του Ισπανικού συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων (Feed-in Tariffs)

Από τα μέσα της δεκαετίας του '90, Feed-in δασμοί είναι ένα σημαντικό όργανο για να προωθήσουν την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια διάφορες άλλες χώρες στη δυτική Ευρώπη όπως η Αυστρία, Ελλάδα, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Πορτογαλία και – ιδιαίτερα – Ισπανία (Joosten και Van Zuylen, 1997; Cervený και Resch, 1998; Haas et Al, 2001, Cervený και Veigl, 2001). Στην Ισπανία, οι feed-in δασμοί εφαρμόστηκαν το 1994 με τη βοήθεια του αποκαλούμενου “βασιλικού διατάγματος 2366 (Royal Decree 2366)”. Εκτός από την τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, οι παραγωγοί της ανανεώσιμης ενέργειας στην Ισπανία λαμβάνει ένα Feed-in ασφάλιστρο, το οποίο ανήλθε σε περίπου 3 cents ανά kWh το 2000 για τις περισσότερες ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές και ακόμη 36 ct/kWh για τις μικρής κλίμακας ηλιακές εγκαταστάσεις (Haas, et Al, 2001). Από τα μέσα της δεκαετία του '90, η Ισπανία – μαζί με τη Γερμανία και τη Δανία – ανήκει στην ομάδα των χωρών με τις υψηλότερες πληρωμές feed-in δασμών στους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας (CEC, 1999). Αυτές οι πληρωμές οδήγησαν σε μια σημαντική ώθηση στην παραγωγή της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά στην αιολική ενέργεια (wind power). Κατά τη διάρκεια των ετών 1995-2000, η εγκατεστημένη μέγιστη ισχύς από αιολική ενέργεια στην Ισπανία διπλασιάζονταν σχεδόν κάθε έτος και από 114 MW το 1995 έφτασε σε περισσότερο από 2800 MW το 2000. Προς το τέλος της δεκαετίας του '90, η Ισπανία ξεπέρασε ακόμη και την Δανία στη συνολική εγκατεστημένη ικανότητα παραγωγής αιολικής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο έγινε η δεύτερη κορυφαία χώρα στην Ευρώπη – πίσω από τη Γερμανία – όσον αφορά την παραγωγή αιολικής ενέργειας από τον άνεμο.

Η τροποποίηση του Royal Decree το 2004 εισήγαγε το νομικό και οικονομικό πλαίσιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κάτω από ένα ειδικό σύστημα (*Special System*), φτιάχνοντας το πιο σταθερό και προβλέψιμο. Επιπλέον, εγκαθίδρυσε ένα σύστημα υποστήριξης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζεται στην ελεύθερη επιλογή του παραγωγού ανάμεσα στις παρακάτω δύο επιλογές:

1. Ένας ρυθμιζόμενος δασμός: Πώληση στο διανομέα στο ρυθμισμένο δασμολόγιο, το οποίο είναι το ίδιο για όλες τις σχεδιαζόμενες περιόδους.

2. Πώληση στην ανοιχτή αγορά: Μέσω του συστήματος προσφοράς (Bidding system) διευθυνόμενο από τον διαχειριστή της αγοράς (OMEL), το διμερές συμβαλλόμενο σύστημα (bilateral contracting system) ή το forward συμβαλλόμενο σύστημα (forward contracting system). Η τιμή καθορίζεται από την αγορά ή προκύπτει από την διαπραγμάτευση των συμβαλλόμενων μερών στην περίπτωση μιας διμερούς σύμβασης, συν ένα κίνητρο και ένα ασφάλιστρο για την εγγύηση της ενέργειας. Το κίνητρο για τη

συμμετοχή στην αγορά και το ασφάλιστρο υπολογίζονται ως ποσοστά του ετήσιου μέσου δασμού.

Οι παραγωγοί της RES (Renewable Energy Source) μπορούν να διαλέξουν την επιλογή που θεωρούν ότι τους ταιριάζει περισσότερο και να δεσμευτούν για περιόδους όχι λιγότερο από ένα χρόνο.

Ένα κύριο χαρακτηριστικό του *ειδικού συστήματος (Special System)* είναι οι προβλέψεις για την τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Το διάταγμα 436/2004 υποχρεώνει τους διαχειριστές εγκαταστάσεων (> 10 MW) να παρέχουν στο διανομέα μια πρόβλεψη της ποσότητας της ηλεκτρικής ενέργειας που πρόκειται να τροφοδοτήσουν το δίκτυο τουλάχιστον 30 ώρες πριν από την έναρξη κάθε ημέρας. Σε περίπτωση αποκλίσεων επιβάλλονται προκαθορισμένες ποινές.

Ουσιαστικά τα κύρια στοιχεία που εισάγει το Royal Degree 2004 είναι τα εξής:

- Ενισχύει το σύστημα υποστήριξης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς παρέχει εγγύηση της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας σε τιμή υψηλότερη της αγοράς.
- Κάνει τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, στα πλαίσια του *ειδικού συστήματος (Special System)*, περισσότερο προβλέψιμες, καθώς οι τιμές, τα ασφάλιστρα και τα κίνητρα καθορίζονται ως σταθερά ποσοστά του μέσου δασμού ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος δημοσιεύεται στο τέλος κάθε έτους και ισχύει για το επόμενο έτος.
- Βελτιώνει την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.
- Διαφοροποιεί την αιολική ενέργεια ανάλογα με αν παράγεται σε εγκαταστάσεις στην ξηρά (onshore wind power) ή στην θάλασσα (offshore wind power), αλλά ο ρυθμισμένος δασμός, τα ασφάλιστρα και τα κίνητρα είναι τα ίδια και για τα δύο.
- Το ασφάλιστρο για την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια καθορίζεται στο 40% του μέσου δασμού, με εξαίρεση την ηλιακή ενέργεια (250%), υδροενέργεια > 25 MW και < 50MW (30%) και ηλεκτρική ενέργεια από τις εγκαταστάσεις βιομαζών που χρησιμοποιούν τα απόβλητα από τη γεωργία.
- Το ρυθμιζόμενο δασμολόγιο για την ηλεκτρική ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές μειώνεται σταδιακά μετά την πάροδο 5,10,20 ή 25 χρόνια από την έναρξη λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Τα ασφάλιστρα και τα κίνητρα, αφ' ετέρου, παραμένουν σε ένα σταθερό ποσοστό καθ' όλη τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής των εγκαταστάσεων (με εξαίρεση το ασφάλιστρο για ηλιακή ενέργεια).

2.4 Σύγκριση του Γερμανικού συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων με το Ισπανικό

Γενικά πρέπει να υπογραμμιστεί ότι παρά τις πολυάριθμες διαφορές μεταξύ του Ισπανικού και του Γερμανικού συστήματος και τα δύο παρουσιάζουν υψηλή αποτελεσματικότητα. Δεν είναι τυχαίο ότι στις δύο αυτές χώρες έχει επιτευχθεί η υψηλότερη απόλυτη αύξηση του RES σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη μέλη της ΕΕ. Αυτά τα δύο συστήματα είναι κατά ένα μεγάλο μέρος υπεύθυνα για την αύξηση της ευρωπαϊκής παραγωγής RES και έχουν φέρει σημαντικές επενδύσεις στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

Επιπλέον και τα δύο συστήματα χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλή στατική και δυναμική αποτελεσματικότητα. Η υψηλή στατική αποδοτικότητα

επιτυγχάνεται λόγω της υψηλής ασφάλειας που προσφέρεται από τα δύο σχέδια. Η υψηλή δυναμική αποδοτικότητα επιτυγχάνεται μέσω της προώθησης των λιγότερων ωριμασμένων τεχνολογιών, όπως η ηλιακή θερμική ηλεκτρική ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά. Και τα δύο συστήματα υποστηρίζουν ένα ευρύ χαρτοφυλάκιο από RES τεχνολογίες με συγκεκριμένους δασμούς και επομένως παρέχεται μια σταθερή βάση για μακροπρόθεσμη και βιώσιμη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Μια ακόμη πολύ κρίσιμη ομοιότητα μεταξύ των συστημάτων στις δύο χώρες είναι ότι τα επιδοτούμενα τιμολόγια δρουν συμπληρωματικά σε μια ευρεία δέσμη μέτρων πρόσθετης υποστήριξης. Την δέσμη αυτή απαρτίζουν μεταξύ άλλων οι φορολογικές εκπτώσεις στις επενδύσεις RES, τα μαλακά δάνεια με τους σταθερούς όρους χρηματοδότησης όπως επίσης και κίνητρα επένδυσης (επιχορηγήσεις) για μερικές επιλεγμένες τεχνολογίες. Αυτός ο καλά ισορροπημένος συνδυασμός πολιτικών, που αυξάνει τη σταθερότητα των επενδύσεων, είναι ο βασικός παράγοντας επιτυχίας του σχεδίου προώθησης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια σύγκριση μεταξύ των κύριων παραμέτρων των δύο συστημάτων συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα και οι σχετικές διαφορές μεταξύ των σχεδίων εξηγούνται με περισσότερη λεπτομέρεια παρακάτω (Ragwitz and Huber, 2005).

Πίνακας 1 – Σύγκριση των κύριων χαρακτηριστικών του Ισπανικού και Γερμανικού συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων

	Ισπανία	Γερμανία
Εγγυημένη διάρκεια του επιπέδου των δασμών	1 χρόνο	Γενικά 20 χρόνια
Διάρκεια υποστήριξης	Εφαρμόστηκε μακροπρόθεσμη διάρκεια στο R.D. 436/2004, τεχνολογική εξάρτηση (10 έως 25 χρόνια)	Γενικά 20 χρόνια
Φθίνουσα πορεία των δασμών	Καθορίστηκε με κυμαινόμενο (flexible) τρόπο	Προκαθορίστηκε (2 - 6.5% ανά χρόνο)
Εφαρμογή μεριδίων βαρύτητας	Μέσω του διαχειριστή του συστήματος OMEL – οδηγεί σε διανομή ανάμεσα σε όλους τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας	Ίση διανομή ανάμεσα σε όλους τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας
Ασφάλιστρο στον δασμό	Ναι	Όχι
Άμεση πρόσβαση στην spot market	Ναι	Όχι
Είδος πρόσθετου μηχανισμού υποστήριξης	<ul style="list-style-type: none"> • ICO-IDAE γραμμή χρηματοδότησης, η οποία παρέχει τους ειδικούς όρους στις επενδύσεις στην RE (Renewable Energy) και τις RUE επενδύσεις. • Σχέδιο " de Fomento de las Energias Renovables "(Σχέδιο προώθησης RES). 	<ul style="list-style-type: none"> • Μαλακά δάνεια από μια ομοσπονδιακή επενδυτική τράπεζα DtA και κίνητρα επένδυσης. • Φορολογικά κίνητρα (μείωση φόρου εισοδήματος ειδικά για τις επενδύσεις σε ενέργεια από τον άνεμο).
Βιοαέριο	Ναι	Ναι
Off-shore wind	Ναι	Ναι
PV	Ναι	Ναι
Γεωθερμική ενέργεια	Ναι	Ναι
Ηλιακή-θερμική ενέργεια	Ναι	Όχι
Τεχνολογίες Ωκεανών	Ναι	Όχι
Μεγάλες υδροηλεκτρικές γεννήτριες	Όχι	Ναι
Βιομάζα – CHP	Όχι	Ναι
Ανανεώσιμες πηγές βιομάζας	Ναι	Ναι
Καινοτόμες τεχνολογίες	Όχι	Ναι

Μπορούμε τώρα να προχωρήσουμε σε μια περισσότερο λεπτομερή ανάλυση των σημαντικότερων διαφορών των δύο συστημάτων. Αρχικά η πρώτη διαφορά εντοπίζεται στην *Εγγυημένη διάρκεια του επιπέδου των δασμών*. Η σχετικά μικρή χρονική περίοδος του εγγυημένου επιπέδου των δασμών στο Ισπανικό σύστημα δημιουργεί θεωρητικά υψηλότερο κίνδυνο για τους επενδυτές. Αποτέλεσμα αυτού είναι να ζητούνται μεγαλύτερες αποδόσεις για τις επενδύσεις (και επομένως υψηλότερα επιτόκια), γεγονός που θα πρέπει να παρατηρηθεί στην Ισπανική αγορά. Γενικά οι μεγάλες περιόδους εγγυημένων δασμών μειώνουν τους επενδυτικούς κινδύνους και επομένως τα κόστη για την κοινωνία. Ωστόσο, τα υψηλά ποσοστά αύξησης των εγκαταστάσεων RES στην Ισπανία σημαίνουν ότι οι επενδυτικοί κίνδυνοι στην Ισπανία δεν είναι σημαντικά υψηλότεροι. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στο γενικά πολύ σταθερό πολιτικό περιβάλλον για τις ανανεώσιμες ενέργειες στην Ισπανία που δημιουργήθηκε από το *σχέδιο de Formento de las Energias Renovables* του οποίου στόχος είναι η υποστήριξη RES επενδύσεων με 13,1% δημόσιες χρηματοοικονομικές πηγές. Επομένως η υψηλή ασφάλεια επένδυσης που παρατηρήθηκε στις δύο αγορές ήταν περισσότερο "άτυπης" φύσης στο Ισπανικό σύστημα απ' ό,τι στο Γερμανικό. Αν και αυτό δεν έχει δημιουργήσει ως τώρα προβλήματα στην Ισπανία θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα στην αύξηση της δυνατότητας παραγωγής θερμικής ενέργειας (solar thermal capacities – CST).

Δεύτερον η *Διάρκεια υποστήριξης* αποτελεί μια πολύ σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων. Και τα δύο συστήματα προσφέρουν μακροπρόθεσμη διάρκεια υποστήριξης, σχεδόν για όλη την διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων, αν και στην Ισπανία το ακριβές επίπεδο υποστήριξης είναι σε γενικές γραμμές εύκαμπτο. Η γενική μακροπρόθεσμη σταθερότητα των συστημάτων επιδοτούμενων τιμολογίων οδηγεί σε ένα σταθερά θετικό επενδυτικό κλίμα και όσον αφορά την τεχνολογία υποστηρίζει την εγκατάσταση υψηλής ποιότητας μηχανημάτων και υλικών. Και στις δύο χώρες οι νόμοι γύρω από το σύστημα επιδοτούμενων τιμολογίων αναθεωρούνται περιοδικά.

Η τρίτη διαφορά αφορά την *Φθίνουσα πορεία των δασμών*. Στην Γερμανική περίπτωση η μείωση των δασμών είναι βασισμένη σε μια αναλογική πρόοδο (οι δασμοί για τις νέες εγκαταστάσεις μειώνονται κοντά ένα σταθερό ποσοστό σε ετήσια βάση). Αντιθέτως το Ισπανικό σύστημα προσφέρει την ευελιξία των ετήσιων ρυθμίσεων των δασμών, οι όποιοι καθορίζονται κάθε έτος με βάση την παρούσα κατάσταση της αγοράς (οι δασμοί μπορεί να αυξηθούν ή να μειωθούν). Επίσης η φθίνουσα πορεία των δασμών στη Γερμανία έχει επιπτώσεις μόνο στις νέες επενδύσεις σε αντίθεση με την περίπτωση της Ισπανίας που έχει στις νέες αλλά και στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις. Επομένως το Ισπανικό σύστημα οδηγεί σε «υπερπληρωμή» των ήδη υπαρχουσών εγκαταστάσεων αν οι δασμοί είναι αυξανόμενοι και σε «υποαπόδοση» για τους επενδυτές αν οι δασμοί είναι χαμηλοί.

Στην συνέχεια έχουμε την *Υπαρξη ασφάλιστρου στον δασμό*. Ένα από τα κύρια οφέλη της εφαρμογής ενός ασφάλιστρου στον δασμό όπως συμβαίνει στο Ισπανικό σύστημα είναι ότι η παραγωγή RES δείχνει υψηλή συμβατότητα με τις αρχές της απελευθέρωσης των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον τα κόστη των κοινωνικών και περιβαλλοντικών οφελών του RES είναι άμεσα μετρήσιμα, το οποίο μπορεί να προκαλέσει μια θετική επίδραση στην κοινωνική αποδοχή του συστήματος των επιδοτούμενων τιμολογίων. Περαιτέρω διαφορές όσον αφορά την εφαρμογή ενός ασφάλιστρου στον δασμό αντί ενός σταθερού δασμού αφού λάβουμε υπόψη και την αλληλεπίδραση με την συμβατική ηλεκτρική ενέργεια, είναι οι εξής:

- Αρχικά η προσφοράς και η ζήτησης στην τρέχουσα αγορά είναι υψηλότερη. Ο λόγος είναι ότι η ασφαλιστρον απαλείφει οποιονδήποτε διαχωρισμό μεταξύ της συμβατικής και ανανεώσιμης αγοράς ενέργειας. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό εάν η αγορά ενέργειας είναι μικρή, καθώς ο βαθμός ανταγωνισμού ανεβαίνει λόγω του υψηλότερου όγκου εμπορικών συναλλαγών.

- Δεύτερον, αφού τα έσοδα από το RES είναι πιο αβέβαια απ' ό,τι κάτω από ένα πλαίσιο ενός σταθερού Feed-in δασμού, οι επενδυτές θα απαιτήσει ένα υψηλότερο ασφαλιστρον κινδύνου, οδηγώντας μας σε μια χαμηλότερη ανάπτυξη του RES εάν δεν επιδοτηθεί το πρόσθετο ασφαλιστρον.

- Τρίτον, στην περίπτωση που η τιμή της συμβατικής ενέργειας αυξάνεται, το πλεόνασμα των παραγωγών από RES αυξάνεται επίσης. Αντίθετα, με την εφαρμογή ενός σταθερού Feed-in δασμού το χάσμα μεταξύ των (αυξανόμενων) τιμών ενέργειας και του κόστους παραγωγής RES μειώνεται (αντί να είναι σταθερό όπως στην περίπτωση εφαρμογής ενός ασφαλιστρον), οδηγώντας σε χαμηλότερο κόστος για την κοινωνία. Στην περίπτωση που η τιμή της συμβατικής ενέργειας μειωθεί τότε η ύπαρξη ασφαλιστρον οδηγεί σε χαμηλότερα κοινωνικά κόστη.

Η τελευταία διαφορά έχει να κάνει με την *τεχνολογική επιλογή*. Οι τεχνολογίες που υποστηρίζονται από τα δύο αυτά συστήματα επιδοτούμενων τιμολογίων έχουν μερικές σχετικές διαφορές, όπως φαίνεται στον πίνακα 1. Μερικές από αυτές τις επιλογές είναι η προφανής συνέπεια των διαθέσιμων δυνατοτήτων για τις μεμονωμένες τεχνολογίες, π.χ. η μη ύπαρξη ενός ξεχωριστού δασμολογίου για τη συγκέντρωση των θερμικών ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργεια στην Γερμανία. Μια άλλη σημαντική διαφορά όσον αφορά την διαφοροποίηση της τεχνολογίας είναι η υπάρχουσα υποστήριξη για τις ωκεάνιες (κύμα και παλίρροια) εφαρμογές στο Ισπανικό σύστημα και η ύπαρξη στο γερμανικό σύστημα των ξεχωριστών δασμών για αιολικές εγκαταστάσεις στην θάλασσα, για ανοικοδόμηση ολοκληρωμένων συστημάτων φωτοβολταϊκών (PV), για εφαρμογές βιομάζας (Ragwitz and Huber, 2005).

4. Βιβλιογραφική επισκόπηση

Οι Traber and Requate στο άρθρο τους εξετάζει πώς ένας feed-in δασμός πρέπει να τροποποιηθεί μετά από την εισαγωγή ενός καθεστώτος αδειών ρύπων. Ακόμα βρίσκουν κάποιες συνθήκες για τις συναρτήσεις κόστους και τις ελαστικότητες ζήτησης για τις οποίες ο άριστος feed-in δασμός είναι θετικός. Περαιτέρω ερευνούν με τη βοήθεια ενός παραμετρικού μοντέλου εάν αυτές οι συνθήκες ισχύουν για την Γερμανική αγορά. Αναλυτικότερα ερευνούν σε ένα περιβάλλον ολιγοπωλιακό πώς ο άριστος feed-in δασμός εξαρτάται από την τιμή αγοράς, την τιμή των αδειών ρύπων, την κοινωνική ζημία εξαιτίας των εκπομπών ρύπων, την καμπυλότητα των συναρτήσεων κόστους και της ελαστικότητας ζήτησης. Βρίσκουν ότι αν ο feed-in δασμός ζ έχει εύρος

$$P - P' Q - P'' Q^2 / (k-1) > \zeta > P / (1+1/\eta), \quad (1)$$

όπου $P(X)$ = inverse demand function

Q = είναι η συνολική παραγωγή συμβατικής ενέργειας

k = είναι ο αριθμός ολιγοπωλητών συμβατικής ενέργειας

$C(q,e)$ = είναι η συνάρτηση κόστους

$S(E)$ = είναι η συνάρτηση ζημίας

X = είναι η συνολική παραγωγή ενέργειας

σ = είναι η τιμή άδειας ρύπων

Το πάνω όριο εξαρτάται από την κυρτότητα της καμπύλης ζήτησης και το κάτω όριο εξαρτάται από την ελαστικότητα της καμπύλης προσφοράς η , της ανανεώσιμης ενέργειας (ως προς τις αλλαγές στον feed-in δασμό)¹. Επίσης η αντίδραση των επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα σε μία αύξηση των δασμών είναι αρνητική. Τέλος υποθέτοντας ότι ο feed-in δασμός βρίσκεται στα όρια της εξίσωσης (1), αποδεικνύουν ότι υπάρχει ένας second best δασμός ζ ο οποίος είναι

- i. επάνω από την τιμή αγοράς εάν και μόνο αν: $-C_{ee}/C_{eq} < (S' - \sigma)k / -P'X$,
- ii. ίσος με την τιμή αγοράς εάν και μόνο αν: $-C_{ee}/C_{eq} = (S' - \sigma)k / -P'X$,
- iii. κάτω από την τιμή αγοράς εάν και μόνο αν: $-C_{ee}/C_{eq} > (S' - \sigma)k / -P'X$,

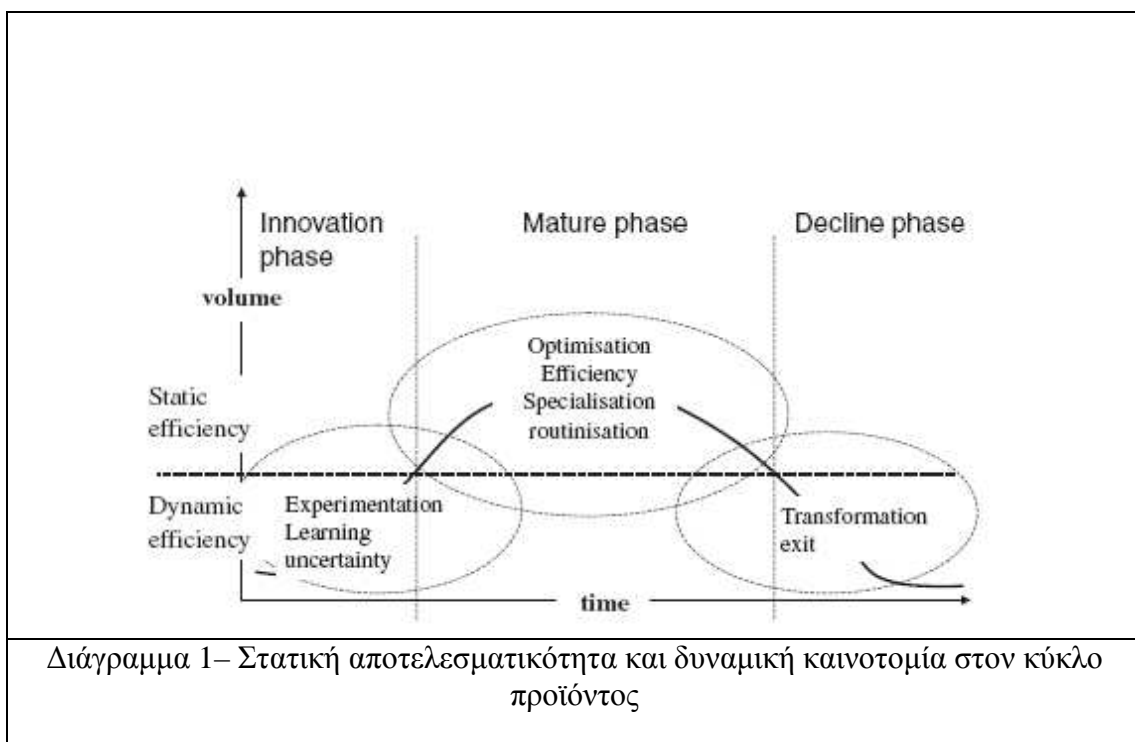
όπου $C_{ee} = \partial^2 C / \partial e \partial e$

$C_{eq} = \partial^2 C / \partial e \partial q$

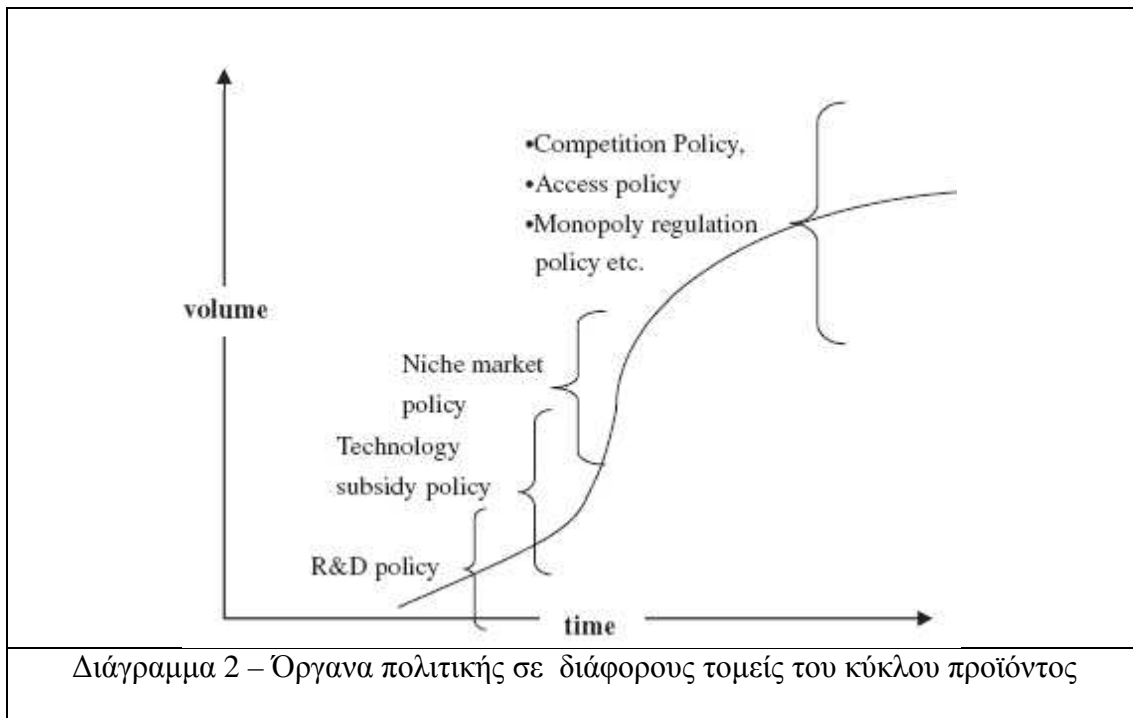
Σε διαφορετικό μήκος κύματος κινείται το άρθρο των Midttun and Gautesen (2007) οι οποίοι εξετάζοντας μια δυναμική καινοτομία (dynamic innovation) από την πλευρά της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας ενέργειας υποστηρίζουν ότι δεν θα έπρεπε να βλέπουμε τους feed-in δασμούς και τις αγορές πιστοποιητικών σαν ανταγωνιστικές πολιτικές, αλλά ως συμπληρωματικά ρυθμιστικά εργαλεία που στοχεύουν στην ανάπτυξη μιας ώριμης αγοράς ενέργειας. Τα επιχειρήματα τους για συμπληρωματικότητα αντί της ανταγωνιστικότητας των feed-in δασμών και των αγορών Πιστοποιητικών βασίζονται στον κύκλο προϊόντος της βιομηχανικής ανάπτυξης (product cycle), η οποία είναι γνωστή από την θεωρία της καινοτομίας (innovation theory) (Abernathy and Utterback, 1978; Sahal, 1981; Foster, 1986), την θεωρία διεθνούς εμπορίου (international theory) (Vernon, 1966) και την θεωρία του

¹ $\eta = (\partial Q / \partial \zeta) \zeta / Q$

μάρκετινγκ (marketing theory) (Kolter, 1967). Στις παραπάνω θεωρίες η στατική αποτελεσματικότητα και η δυναμική καινοτομία παίζουν τον δικό τους ρόλο. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1 στην πρώτη φάση της ανάπτυξης του προϊόντος δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην δυναμική καινοτομία με έμφαση στον πειραματισμό και την μάθηση (March, 1991; Lundvall, 2002). Στην δεύτερη φάση περνάμε στην ωρίμανση και σταθεροποίηση της παραγωγής όπου έχουμε την κυριαρχία της στατικής αποτελεσματικότητας με έμφαση στην αριστοποίηση και την αποτελεσματικότητα (Sumuelson and Nordhaus, 2005). Τέλος στην τρίτη φάση έχουμε την Πτώση και η σύμπτυξη αντιμετωπίζεται με την δυναμική αποτελεσματικότητα, αλλά αυτήν την φορά με μια επιπρόσθετη κοινωνική διάσταση να παίζει κυρίαρχο ρόλο (Sapir, 2005). Υποστηρίζουν ότι ανάλογα με το στάδιο του κύκλου προϊόντος που βρισκόμαστε θα πρέπει να χρησιμοποιούμε και την ανάλογη πολιτική παρεμβατισμού, βασισμένη σε διαφορετικό μίγμα δυναμικής καινοτομίας και στατικής αποτελεσματικότητας.



Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 2 στην πρώιμη φάση του κύκλου προϊόντος οι κυβερνητικές ρυθμίσεις πρέπει να εστιάζουν στην δυναμική καινοτομία και εφαρμόζοντας ρυθμίσεις που περιέχουν πολιτικές R&D και πολιτικές τεχνολογικής επιχορήγησης. Στην πιο ώριμη φάση του κύκλου προϊόντος θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στοιχεία της στατικής αποτελεσματικότητας εφαρμόζοντας ρυθμίσεις που περιέχουν πολιτικές ανταγωνισμού, πολιτικές εισόδου και πολιτικές ρύθμισης των μονοπωλίων κ.α.



Οι feed-in δασμοί και οι αγορές πιστοποιητικών αποτελούν ρυθμιστικούς μηχανισμούς που στοχεύουν σε διαφορετικά στάδια του παραγωγικού κύκλου ανάμεσα στα πρώιμη R&D φάση και την μετέπειτα πλήρη ανάπτυξη της αγοράς. Οι feed-in δασμοί χρησιμοποιούνται στην πρώιμη ανάπτυξη, στο στάδιο της R&D, διότι έχουν το πλεονέκτημα ότι επιτρέπουν την διαφοροποίηση και την ειδική τιμολόγηση των ξεχωριστών τεχνολογιών και επιτρέπουν στην ταυτόχρονη ανάπτυξη ενός ευρέως φάσματος τεχνολογιών. Από την άλλη μεριά οι αγορές πιστοποιητικών παρακινούν τον ανταγωνισμό μεταξύ τεχνολογιών και δεν δίνουν κανένα πλεονέκτημα σε αυτούς που βρίσκονται σε μειονεκτική θέση (π.χ. δεν υποστηρίζει περιοχές που είναι φτωχές σε άνεμο να παράγουν ενέργεια από ανεμογεννήτριες).

Το ίδιο θέμα εξετάζει και ο Mark Ringel (2006) ο οποίος συγκρίνει τα συστήματα των πράσινων πιστοποιητικών με τους feed-in δασμούς. Αρχικά εξηγεί πως λειτουργούν αυτά τα δύο συστήματα και μετά τα συγκρίνει από την πλευρά της οικολογικής αλλά και της οικονομικής αποτελεσματικότητας. Από την πλευρά της οικολογικής αποτελεσματικότητας οι feed-in δασμοί θεωρούνται ότι εκπληρώνουν το στόχο να φτάσουν ένα συγκεκριμένο ποσό ανανεώσιμης ενέργειας στην ηλεκτρική παραγωγή. Ωστόσο επειδή η εκπλήρωση του στόχου εξαρτάται από τις αντιδράσεις των συμβαλλόμενων στις τιμών, δεν είναι ξεκάθαρο πότε θα εκπληρωθεί ο στόχος. Όταν οι τιμές καθορίζονται πολύ χαμηλά, το σύστημα αυτό δεν είναι ικανό να παρέχει το επιθυμητό επίπεδο ανανεώσιμης ενέργειας. Από την άλλη μεριά όταν οι τιμές καθορίζονται πολύ υψηλά, τότε προσφέρονται απροσδόκητα κέρδη στους παραγωγούς ενέργειας, τα οποία καλύπτουν οι καταναλωτές, γεγονός που αποτελεί απώλεια αποτελεσματικότητας για την οικονομία (Ringel M., 2004). Το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών από την πλευρά της οικολογικής αποτελεσματικότητας έχει και αυτό την δυνατότητα εκπλήρωσης του στόχου. Παρατηρώντας όμως τα εμπειρικά στοιχεία είναι ξεκάθαρο ότι η οικολογική αποτελεσματικότητα δεν αποτελεί αποφασιστικό κίνητρο για την επιλογή πολιτικής. Επίσης όσον αφορά την οικονομική αποτελεσματικότητα είναι αμφίβολο αν το σύστημα των feed-in δασμών έχει την δυνατότητα να ικανοποιήσει το συγκεκριμένο κριτήριο. Αντιθέτως το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών υπόσχεται έναν υψηλό βαθμό οικονομικής

αποτελεσματικότητας, διότι οι τιμές της αγοράς καθορίζονται από την προσφορά και την ζήτηση μόνο. Συμπερασματικά ο Mark Ringel στο συγκεκριμένο άρθρο του εξηγεί ότι και τα δύο μοντέλα έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσον αφορά την οικονομική και οικολογική αποτελεσματικότητα. Η εφαρμοσιμότητα κάποιου από τα δύο αυτά συστήματα εξαρτάται από το πολιτικό και οικονομικό περιβάλλον.

Ένα επίσης σημαντικό άρθρο είναι αυτό του Morthorst (2000), που αναφέρεται στην ανάπτυξη του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών. Αναλυτικότερα στο άρθρο του ασχολείται με την εφαρμογή του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών στη Δανία. Αρχικά, εξηγεί την δομή του συστήματος και πως μέσω αυτού μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος της αύξησης της παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην συνέχεια αναφέρεται στις συνέπειες του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών. Εξηγεί τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος [The Danish Ministry of Environment and Energy (1999)], δηλαδή ότι:

- Όλοι οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας στην Δανία είναι υποχρεωμένοι να αγοράζουν ένα συγκεκριμένο μερίδιο ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένα σημαντικό μέρος αυτής θα καλυφθεί από τις εταιρίες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες θα αγοράσουν πράσινη ηλεκτρική ενέργεια εκ μέρους των καταναλωτών.
- Όλες οι τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης και της αιολικής ενέργειας, της ενέργειας από βιομάζα, φωτοβολταϊκά, γεωθερμικής και υδροηλεκτρικής, θα πιστοποιούνται ότι παράγουν πράσινη ενέργεια. Ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν θα παίρνουν και ένα πιστοποιητικό, το οποίο μπορεί να πουληθεί στις εταιρίες διανομής ή σε άλλους καταναλωτές που έχουν την υποχρέωση να καλύψουν ένα συγκεκριμένο μέρος της ηλεκτρικής τους κατανάλωσης με πράσινη ενέργεια

Οι Jensen and Skytte (2002) στο άρθρο τους εξετάζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ της αγοράς ενέργειας και της αγοράς των πράσινων πιστοποιητικών. Ακόμα μελετούν τις επιδράσεις της τιμής στην κατανάλωση σε ένα τέτοιο σύστημα. Με την εισαγωγή ενός απλού μοντέλου δείχνουν ότι η επίδραση αυτή είναι αμφιλεγόμενη και ότι αυτό οφείλεται στην αλληλεπίδραση των δύο αγορών. Αναλυτικότερα αφού πρώτα εξηγήσουν πως λειτουργεί ένα σύστημα πράσινων πιστοποιητικών, στην συνέχεια αναλύουν το μοντέλο που θα χρησιμοποιήσουν. Αυτό που κάνει εντύπωση είναι ότι σύμφωνα με το μοντέλο τους η κατανάλωση και η προσφορά ενέργειας μπορεί να είναι είτε υψηλότερη είτε χαμηλότερη σε σύγκριση με ένα μοντέλο χωρίς Certificates. Δηλαδή η επίδραση της τιμής στην κατανάλωση είναι αμφιλεγόμενη.

Ειδικότερα στο μοντέλο τους οι παραγωγοί ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας επιχορηγούνται από την τιμή των πράσινων πιστοποιητικών και το κόστος παραγωγής παραμένει ανεπηρέαστο. Οι Αρχές ανακοινώνουν μια ελάχιστη ποσότητα ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας που θα πρέπει να καταναλωθεί και ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να αγοράσει πιστοποιητικά ανάλογα με την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει. Με την εισαγωγή του συστήματος των πράσινων πιστοποιητικών για μία δεδομένη θετική τιμή πιστοποιητικών η προσφορά αυξάνεται. Συγχρόνως, η τιμή κατανάλωσης αυξάνεται γεγονός που εξηγεί γιατί η ζήτηση μειώνεται.

Ακόμα αποδεικνύουν ότι η τιμή πιστοποιητικών μπορεί να εκφραστεί ως γραμμική συνάρτηση της τιμής συμβατικής ενέργειας. Εντούτοις, μια η ανάλυση ευαισθησίας για την ποσότητα ελάχιστης κατανάλωσης ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας έδειξε ότι αυτή η σχέση αλλάζει ριζικά με μια μεταβολή αυτής της ποσότητας. Σε μερικές περιπτώσεις που μια αύξηση αυτής της ποσότητας μπορεί να

αυξήσει την αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ενέργειας και της τιμής των πράσινων πιστοποιητικών, και σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να μειωθεί. Αυτά τα διαφορετικά αποτελέσματα έχουν επιπτώσεις επίσης στην κατανάλωση ενέργειας με έναν διαφορετικό τρόπο.

Επίσης οι Jensen and Skytte (2003) σε ένα άλλο τους άρθρο μελετούν την επίδραση των πράσινων πιστοποιητικών και των αδειών ρύπων ως ρυθμιστικών μηχανισμών για την μείωση των εκπομπών ρύπων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την διασφάλιση της ανάπτυξης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιούν διαφορετικές μελέτες περιπτώσεων για να δείξουν ότι και τα δύο εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθεί ο στόχος μείωσης των ρύπων ή ο στόχος αύξησης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης αποδεικνύουν ότι η επίδραση στην τιμή του καταναλωτή, που έχει η εισαγωγή της υποχρέωσης στους καταναλωτές να αγοράζουν μια ποσότητα πράσινων πιστοποιητικών ανάλογα με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τους, δεν πάντα θετική. Δηλαδή υπάρχει επιλογή μεταξύ ποσοτήτων πράσινων πιστοποιητικών που οδηγούν σε χαμηλότερες τιμές καταναλωτή και ποσοτήτων πράσινων πιστοποιητικών που οδηγούν σε υψηλότερες τιμές καταναλωτή. Ως αποτέλεσμα αυτού αποδεικνύεται ότι εφόσον θέλουμε να φτάσουμε ένα συγκεκριμένο στόχο ανάπτυξης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας είναι πάντα άριστο να χρησιμοποιούμε στο σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών. Ωστόσο για να επιτύχουμε τον στόχο της μείωσης των ρύπων κάποιες φορές είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών και κάποιες άλλες την πολιτική των αδειών ρύπων.

Το υπόδειγμα που χρησιμοποιείται στο άρθρο στηρίζεται γύρω από τρεις παίκτες: τους παραγωγούς συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας, ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας και τους καταναλωτές. Οι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας παίρνουν πράσινα πιστοποιητικά για την ενέργεια που προσφέρουν στο δίκτυο, οι παραγωγοί συμβατικής ενέργειας πρέπει να αγοράζουν άδειες ρύπων για κάθε μονάδα ρύπου που εκπέμπουν πέρα από αυτές που επιτρέπεται και τέλος οι καταναλωτές αγοράζουν ενέργεια από το δίκτυο και πιστοποιητικά από τους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας. Έτσι παρατηρούμε ότι και οι τρεις παίκτες εμπορεύονται σε δύο διαφορετικές αγορές. Αυτό οδηγεί σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παικτών, μέσω των τιμών της κάθε αγοράς, γεγονός που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα των ρυθμιστικών πολιτικών (Amundsen and Mortensen, 2001; Jensen and Skytte, 2001a, 2002; Hindsberger et al., 2002).

Ειδικότερα στο άρθρο τους αρχικά αναλύουν τα συστήματα των πράσινων πιστοποιητικών και των αδειών ρύπων και στην συνέχεια εξετάζουν τις περιπτώσεις χρησιμοποίησης ενός ρυθμιστικού εργαλείου για την επίτευξη ενός στόχου, δύο εργαλείων για την επίτευξη ενός στόχου και τέλος δύο εργαλείων για την επίτευξη και των δύο στόχων ταυτοχρόνως. Στις περιπτώσεις που θέτουμε ένα μόνο στόχο βρίσκουμε ότι αν ο στόχος αυτό είναι η αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας με περιορισμό τις τιμές καταναλωτή, το άριστο θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών. Αν όμως ο στόχος αυτός είναι η μείωση των εκπομπών ρύπων τότε τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάλογα με την συσχέτιση μεταξύ των τιμών καταναλωτή και των υποχρεωτικών ποσοτήτων πράσινων πιστοποιητικών που πρέπει να έχουν οι υπόχρεοι στο τέλος της περιόδου. Αν η συσχέτιση αυτή είναι θετική, πρέπει να εφαρμόσουμε το σύστημα των αδειών ρύπων, ενώ αν είναι αρνητική το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών.

Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιούμε και τα δύο όργανα για να επιτύχουμε και τους δύο στόχους και η συσχέτιση, μεταξύ των τιμών καταναλωτή και των υποχρεωτικών ποσοτήτων πράσινων πιστοποιητικών που πρέπει να έχουν οι

καταναλωτές στο τέλος της περιόδου να έχουν, είναι θετική τότε το άριστο θα είναι να καθορίσουμε τις ποσοτήτων πράσινων πιστοποιητικών και αδειών ρύπων που πρέπει να έχουν οι υπόχρεοι στο τέλος της περιόδου ίσες με τους στόχους της μείωσης των ρύπων και της αύξησης της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο αν η συσχέτιση είναι αρνητική θα πρέπει να εφαρμόσουμε μόνο το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω σε μια κατάσταση όπου μια κυβέρνηση έχει βάλει ως στόχους την μείωση των εκπομπών ρύπων αλλά και την αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι σημαντικός ο προσδιορισμός των ποσοτήτων των πράσινων πιστοποιητικών και των αδειών ρύπων που πρέπει να έχουν οι υπόχρεοι στο τέλος της περιόδου.

Αν υπάρχουν δύο διαφορετικές ρυθμιστικές αρχές οι οποίες διαχειρίζονται από ένα ρυθμιστικό εργαλείο, τότε οι συγκεκριμένες αρχές θα πρέπει να συντονίσουν τις προσπάθειες τους για τον καθορισμό αυτών των ποσοτήτων. Εάν η συσχέτιση μεταξύ των τιμών καταναλωτή και των υποχρεωτικών ποσοτήτων πράσινων πιστοποιητικών που πρέπει να έχουν οι υπόχρεοι στο τέλος της περιόδου είναι θετική, τότε δεν υπάρχει κανένα κέρδος από τον συντονισμό των προσπαθειών των δύο γραφείων, αφού η άριστη λύση είναι να οριστούν αυτές οι ποσότητες ίσες με τους στόχους. Από την άλλη όμως, αν η συσχέτιση είναι αρνητική τότε είναι σημαντικό τα δύο γραφεία να συντονίσουν τις προσπάθειες τους, γιατί το άριστο είναι να χρησιμοποιηθεί μόνο το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών.

Ο P.E.Morthorst (2001) μελετά την αλληλεπίδραση μεταξύ των αγορών των πράσινων πιστοποιητικών και των αδειών ρύπων στα πλαίσια ενός υποδείγματος με διεθνές εμπόριο. Στο άρθρο του εξετάζει τρεις περιπτώσεις: 1) Μια αγορά πράσινων πιστοποιητικών χωρίς άδειες ρύπων, 2) μια αγορά πράσινων πιστοποιητικών σε συνδυασμό με μια αγορά αδειών ρύπων, βασισμένη στη μέθοδο του grandfathering και 3) μια αγορά πράσινων πιστοποιητικών σε συνδυασμό με μια αγορά αδειών ρύπων, όπου οι άδειες δημοπρατούνται. Επίσης και στις τρεις περιπτώσεις επιτρέπεται η διεθνής εμπορία των πιστοποιητικών και των αδειών.

Για τις περιπτώσεις αυτές οι αλληλεπιδράσεις των δύο αγορών αναλύονται με βάση τις επιδράσεις στο διεθνές εμπόριο. Τα αποτελέσματα για την πρώτη και την δεύτερη περίπτωση είναι ότι το διεθνές εμπόριο πράσινων πιστοποιητικών θα έχει χειρότερα αποτελέσματα σε σύγκριση με το εγχώριο εμπόριο. Στην χώρα που εφαρμόζονται οι τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας, η τιμή των πράσινων πιστοποιητικών θα περιέχει το κόστος της μείωσης εκπομπών CO₂ συν το επιπλέον κόστος που σχετίζεται με επίτευξη του στόχου για την ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας. Επειδή όμως δεν συμπεριλαμβάνονται οι πιστώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στα πιστοποιητικά, οι χώρες που θα αγοράσουν αυτά τα πιστοποιητικά θα τα αγοράσουν στην ίδια τιμή. Έτσι ουσιαστικά θα έχουν πληρώσει πολύ μεγαλύτερη τιμή για την επίτευξη του στόχου τους για ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας. Όσον αφορά την τρίτη περίπτωση, τα αποτελέσματα αλλάζουν λίγο. Η εμπορία των πιστοποιητικών είναι ισοδύναμη με την εγχώρια ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας, διότι η τιμή ενός πράσινου πιστοποιητικού αντιστοιχεί στο 'πρόσθετο κόστος για την ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας'. Χρησιμοποιώντας την μέθοδο δημοπρασιών καμία άλλη χώρα δεν θα πρέπει να πληρώσει για την μείωση των εκπομπών CO₂ της χώρας από την οποία προέρχεται το πιστοποιητικό, όπως θα γινόταν στις άλλες περιπτώσεις.

Τέλος οι E.S. Amundsen and J.B. Mortensen (2001) εφαρμόζουν στο άρθρο τους ένα στατικό μοντέλο ισορροπίας για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τους τα πράσινα πιστοποιητικά και τις άδειες εκπομπής CO₂. Ο στόχος τους είναι να μελετήσουν την σχέση ανάμεσα στις δύο αυτές αγορές

υποθέτοντας την ύπαρξη ενός ανώτερου και κατώτερου ορίου στις τιμές των πράσινων πιστοποιητικών, στην μακροχρόνια και βραχυχρόνια περίοδο. Ακόμα εφαρμόζουν συγκριτική στατική ανάλυση για τις παραμέτρους του μοντέλου και ερευνούν πως αυτές επηρεάζουν τις ενδογενείς μεταβλητές του μοντέλου, όπως και το πλεόνασμα του καταναλωτή και του παραγωγού. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η επιρροή της αύξησης του υποχρεωτικού ποσοστού πράσινων πιστοποιητικών που πρέπει να έχουν οι υπόχρεοι στο τέλος της περιόδου δεν είναι ξεκάθαρη, ούτε για την μακροχρόνια αλλά ούτε και για την βραχυχρόνια περίοδο.

Επίσης συμπεραίνουν πως είναι λάθος να θεωρούμε ότι αυξάνοντας το υποχρεωτικό ποσοστό των πράσινων πιστοποιητικών που θα πρέπει να έχουν οι υπόχρεοι στο τέλος της περιόδου θα οδηγήσει σε αύξηση της πράσινης ενέργειας μακροχρόνια. Ωστόσο το μερίδιο της πράσινης ενέργειας σε σχέση με την συνολική κατανάλωση θα αυξηθεί. Επιπλέον οι σκληροί περιορισμοί για τις εκπομπές CO₂ θα οδηγήσουν σε πίεση των τιμών των πράσινων πιστοποιητικών προς τα κάτω, όπως και τα κέρδη των παραγωγών πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας, βραχυχρόνια αλλά και μακροχρόνια. Όσον αφορά το εξωτερικό εμπόριο με εισαγωγές, οι σκληροί περιορισμοί για τις εκπομπές CO₂ δεν έχουν καμία επίδραση πάνω στην τιμή των πιστοποιητικών αλλά ούτε και στα κέρδη των παραγωγών πράσινης ενέργειας. Γεγονός που ισχύει στην μακροχρόνια αλλά και στην βραχυχρόνια περίοδο. Τέλος μία αύξηση στις τιμή εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θα οδηγήσει σε πίεση των τιμών των πιστοποιητικών και των κερδών των παραγωγών πράσινης ενέργειας προς τα κάτω. Το οποίο επίσης ισχύει για την μακροχρόνια αλλά και για την βραχυχρόνια περίοδο.

5. Περιγραφή των μοντέλων

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσουμε δύο θεωρητικά υποδείγματα με στόχο την σύγκριση μεταξύ των δύο πολιτικών προώθησης της παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Η σύγκριση βασίζεται στην επίτευξη της μεγαλύτερης κοινωνικής ευημερίας. Η αγορά αποτελείται από δύο παραγωγούς συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι είναι και υπεύθυνοι για τις εκπομπές ρύπων και έναν παραγωγό ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος παράγει μόνο «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια. Υποθέτουμε ότι οι τρεις παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας συνιστούν ένα ολιγοπώλιο και ο καθένας επιλέγει την ποσότητα που θα παράγει παίρνοντας σαν δεδομένες τις αποφάσεις των υπολοίπων (Cournot ολιγοπώλιο).

Οι παραγωγοί διοχετεύουν την ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο, το οποίο διαχειρίζεται η κυβέρνηση, από όπου την προμηθεύονται οι καταναλωτές. Η συνάρτηση χρησιμότητας των καταναλωτών είναι:

$$U = aQ + 1/2 bQ^2 \quad (1)$$

όπου a και b είναι δύο παράμετροι και Q η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή το άθροισμα της συνολικής συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας $q_{d1} + q_{d2}$ και της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας q_c . Μεγιστοποιώντας την παραπάνω συνάρτηση χρησιμότητας παίρνουμε την συνάρτηση ζήτησης:

$$P = a - bQ \quad (2)$$

όπου P η τιμή πώλησης την ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο στους καταναλωτές.

Το κόστος παραγωγής κάθε παραγωγού συμβατικής ενέργειας είναι:

$$CP_{di}(q_{di}) = 1/2c_i q_{di}^2 \quad (3)$$

όπου c_i είναι μια παράμετρος

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα δημιουργεί ρύπους CO_2 που συμβάλουν στο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών, ενώ συγχρόνως ρυπαίνει και το τοπικό περιβάλλον. Για να απλοποιήσουμε την ανάλυση υποθέτουμε ότι υπάρχει ένας ρύπος ο οποίος είναι γραμμική συνάρτηση της παραγωγής. Επομένως οι ρύποι της επιχείρησης i είναι:

$$e_i = q_{di}, \quad i=1,2 \quad (4)$$

όπου m_i είναι οι ανά μονάδα παραγωγής ρύποι.

Καθώς οι ρύποι δημιουργούν εξωτερικά κόστη, απαιτείται η παρέμβαση της κυβέρνησης. Καθώς οι κλιματικές αλλαγές είναι παγκόσμιο πρόβλημα, υποθέτουμε ότι η κυβέρνηση συμμετέχει σε μια διεθνή περιβαλλοντική συμφωνία μείωσης των εκπομπών CO_2 η οποία εφαρμόζεται με μία πολιτική μεταβιβάσιμων αδειών ρύπων. Επίσης η κυβέρνηση έχει θέσει ως στόχο την προώθηση της παραγωγής 'καθαρής' ενέργειας.

Στο πρώτο υπόδειγμα υποθέτουμε ότι η κυβέρνηση υιοθετεί την πολιτική προώθησης της ανανεώσιμης ενέργειας μέσω των πράσινων πιστοποιητικών. Η κυβέρνηση ορίζει στους παραγωγούς της συμβατικής ενέργειας την υποχρέωση στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου να καταθέτουν έναν αριθμό πράσινων πιστοποιητικών.

Ο αριθμός των πιστοποιητικών είναι συνάρτηση της συμβατικής ενέργειας που παράγει ο κάθε παραγωγός και πιο συγκεκριμένα ένα ποσοστό φ επί της συμβατικής ενέργειας q_{di} που παράγει ο καθένας τους. Η υποχρέωση αγοράς πιστοποιητικών αποτελεί κόστος για τους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας, όπου αν με s συμβολίσουμε την τιμή ενός πιστοποιητικού τότε το επιπλέον κόστος που αντιμετωπίζουν θα είναι ίσο με:

$$C^i(q_{di}) = s\varphi q_{di}, \quad i=1,2. \quad (5)$$

Όπως προαναφέρθηκε, η χώρα συμμετέχει και σε μια διεθνή αγορά αδειών ρύπων. Με βάση αυτή την συμμετοχή, οι δύο επιχειρήσεις θα πρέπει είτε να αγοράσουν άδειες στην διεθνή αγορά είτε να μειώσουν τους ρύπους τους επενδύοντας σε αντίστοιχες δράσεις.

Υποθέτουμε ότι η μείωση των ρύπων του παραγόμενου προϊόντος είναι γραμμική συνάρτηση:

$$A_i = m_i q_{di} \quad i=1,2, \quad (6)$$

όπου m_i είναι η ανά μονάδα παραγωγής μείωση των ρύποι.

Το κόστος για την μείωση των ρύπων της παραγωγής (abatement) είναι:

$$CA_{di}(q_{di}) = 1/2 d_i A_i^2 = 1/2 d_i q_{di}^2 \quad i=1,2. \quad (7)$$

Αν οι ρύποι που παράγει η συμβατική επιχείρηση μετά της μείωση τους είναι μεγαλύτεροι από τον στόχο¹ που έχει θέσει η κυβέρνηση για την εκπομπή ρύπων, τότε θα πρέπει για κάθε ρύπο που υπερβαίνει τον στόχο να αγοράσει άδειες ρύπων. Στην αντίθετη περίπτωση, εάν μειώσουν τους ρύπους τους κάτω από τον στόχο θα μπορούν να πωλούν τις πλεονάζουσες άδειες στην αγορά των αδειών ρύπων. Υποθέτουμε ότι οι δύο επιχειρήσεις συμμετέχουν σε μια μεγάλη διεθνή αγορά αδειών όπου διαμορφώνεται ανταγωνιστικά η τιμή P_e των αδειών. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι επιχειρήσεις ανανεώσιμης ενέργειας δεν παίρνουν μέρος σε αυτήν την αγορά. Έτσι λοιπόν το κόστος ή το επιπλέον έσοδο από τις άδειες ρύπων για τις επιχειρήσεις παραγωγής συμβατικής ενέργειας δίνετε από την παρακάτω σχέση:

$$CE_i = P_e[(e_i - A_i) - e_{ii}], \quad i=1,2, \quad (8)$$

όπου e_{ii} είναι οι άδειες που δίνει η κυβέρνηση στις επιχειρήσεις χωρίς χρέωση στην αρχή της κάθε περιόδου. Αντικαθιστώντας τις (4),(6) στην (8) προκύπτει το κόστος/έσοδο των αδειών ως συνάρτηση της παραγωγής:

$$CE_i = P_e[(1 - m_i)q_{di} - e_{ii}], \quad i=1,2. \quad (9)$$

Οι παραγωγοί ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνουν ένα πράσινο πιστοποιητικό για κάθε kWh που τοποθετούν στο δίκτυο. Το κόστος παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

¹ Όσον αφορά τον στόχο θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε ότι η κυβέρνηση μοιράζει χωρίς χρέωση στην αρχή της περιόδου σε κάθε παραγωγό ένα διαφορετικό αριθμό αδειών ρύπων e_{ii} .

$$C_c(q_c) = 1/2\gamma q_c^2. \quad (10)$$

όπου γ μια τεχνολογική παράμετρος.

Τα έσοδα των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας δίνονται παρακάτω:

$$R_{di}(q_{di}) = Pq_{di}, \quad (11)$$

$$R_c(q_c) = Pq_c + sq_c. \quad (12)$$

Στα έσοδα του παραγωγού ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας έχουν προστεθεί και τα έσοδα από την πώληση των πράσινων πιστοποιητικών sq_c .

Αφού έχουμε παρουσιάσει τα κόστη και τα έσοδα των παραγωγών ενέργειας μπορούμε να προχωρήσουμε στην παρουσίαση των συναρτήσεων κέρδους των παραγωγών. Οι συναρτήσεις κέρδους των παραγωγών συμβατικής ενέργειας συμβολίζονται με Π_{qd1} και Π_{qd2} , ενώ του παραγωγού ανανεώσιμης ενέργειας με Π_c .

$$\Pi_{d1} = [a - b(q_{d1} + q_{d2} + q_c)]q_{d1} - 1/2c_1q_{d1}^2 - 1/2d_1(m_1q_{d1})^2 - s\phi q_{d1} - P_e[(1 - m_1)q_{d1} - e_t], \quad (13)$$

$$\Pi_{d2} = [a - b(q_{d1} + q_{d2} + q_c)]q_{d2} - 1/2c_2q_{d2}^2 - 1/2d_2(m_2q_{d2})^2 - s\phi q_{d2} - P_e[(1 - m_2)q_{d2} - e_t], \quad (14)$$

$$\Pi_c = [a - b(q_{d1} + q_{d2} + q_c)]q_c - 1/2\gamma q_c^2 + sq_c. \quad (15)$$

Οι παραγωγοί μεγιστοποιώντας τις παραπάνω συναρτήσεις των κερδών τους επιλέγουν το επίπεδο παραγωγής τους q και την μείωση των ρύπων ανά μονάδα προϊόντος m_1 . Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κερδών του πρώτου παραγωγού συμβατικής ενέργειας ως προς q_{d1} και m_1 παίρνουμε τις παρακάτω συνθήκες πρώτης τάξης:

$$a - (2b + c_1 + d_1m_1^2)q_{d1} - (1 - m_1)P_e - b(q_{d2} + q_c) - \phi s = 0, \quad (16)$$

$$m_1(d_1q_{d1}) - P_e = 0. \quad (17)$$

Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κερδών του δεύτερου παραγωγού συμβατικής ενέργειας ως προς q_{d2} και m_2 παίρνουμε τις παρακάτω συνθήκες πρώτης τάξης:

$$a - (2b + c_2 + d_2m_2^2)q_{d2} - (1 - m_2)P_e - b(q_{d1} + q_c) - \phi s = 0, \quad (18)$$

$$m_2(d_2q_{d2}) - P_e = 0. \quad (19)$$

Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κερδών του παραγωγού ανανεώσιμης ενέργειας ως προς q_c παίρνουμε την παρακάτω συνθήκη πρώτης τάξης:

$$a - (2b + \gamma)q_c - b(q_{d1} + q_{d2}) + s = 0. \quad (20)$$

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις συναρτήσεις καλύτερης αντίδρασης της κάθε επιχείρησης (Reaction Function) :

$$q_{d1} = a - (1 - m_1)P_e - \varphi s / (2b + c_1 + d_1 m_1^2) - b(q_{d2} + q_c) / (2b + c_1 + d_1 m_1^2), \quad (21)$$

$$q_{d2} = a - (1 - m_2)P_e - \varphi s / (2b + c_2 + d_2 m_2^2) - b(q_{d1} + q_c) / (2b + c_2 + d_2 m_2^2), \quad (22)$$

$$q_c = (s + a) / (2b + \gamma) - b(q_{d1} + q_{d2}) / (2b + \gamma), \quad (23)$$

Από την ταυτόχρονη λύση των εξισώσεων (21),(22),(23) βρίσκουμε το επίπεδο παραγωγής της κάθε επιχείρησης ως συνάρτηση της τιμής των πιστοποιητικών s και του ποσοστού ανανεώσιμων φ , $q_{d1}(s, \varphi)$, $q_{d2}(s, \varphi)$, $q_c(s, \varphi)$. Επομένως έχουμε

$$q_{d1}(s, \varphi) = -[(b+c_2)(\gamma(P_e + \varphi s - a) + b(2P_e + s + 2\varphi s - a))] / [4b^3 + c_1 c_2 \gamma + 3b^2(c_1 + c_2 + \gamma) + 2b(c_2 \gamma + c_1(c_2 + \gamma))], \quad (24)$$

$$q_{d2}(s, \varphi) = -[(b+c_1)(\gamma(P_e + \varphi s - a) + b(2P_e + s + 2\varphi s - a))] / [4b^3 + c_1 c_2 \gamma + 3b^2(c_1 + c_2 + \gamma) + 2b(c_2 \gamma + c_1(c_2 + \gamma))], \quad (25)$$

$$q_c(s, \varphi) = [c_1 c_2 (s + a) + b(c_1 + c_2)(P_e + (2 + \varphi)s + a) + b^2(2P_e + (3 + 2\varphi)s + a)] / [4b^3 + c_1 c_2 \gamma + 3b^2(c_1 + c_2 + \gamma) + 2b(c_2 \gamma + c_1(c_2 + \gamma))], \quad (26)$$

Επίσης, μετά τις απαραίτητες αντικαταστάσεις βρίσκουμε και την μείωση των ρύπων ανά μονάδα προϊόντος ως συνάρτηση των s και φ ,

$$m_1(s, \varphi) = -[4b^3 + c_1 c_2 \gamma + 3b^2(c_1 + c_2 + \gamma) + 2b(c_2 \gamma + c_1(c_2 + \gamma))]P_e / [(b+c_2)d_1(\gamma(P_e + \varphi s - a) + b(2P_e + s + 2\varphi s - a))], \quad (27)$$

$$m_2(s, \varphi) = -[4b^3 + c_1 c_2 \gamma + 3b^2(c_1 + c_2 + \gamma) + 2b(c_2 \gamma + c_1(c_2 + \gamma))]P_e / [(b+c_1)d_1(\gamma(P_e + \varphi s - a) + b(2P_e + s + 2\varphi s - a))]. \quad (28)$$

Υποθέτουμε ότι η αγορά πιστοποιητικών λειτουργεί τέλεια ανταγωνιστικά. Επομένως στην ισορροπία τα έσοδα των παραγωγών ανανεώσιμης ενέργειας από τα πράσινα πιστοποιητικά $s q_c$ είναι ίσα με το κόστος των παραγωγών συμβατικής ενέργειας για την αγορά πράσινων πιστοποιητικών. Επομένως το μοντέλο υπόκεινται στον περιορισμό ότι η ποσότητα της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται q_c θα είναι ίση με ένα ποσοστό φ επί της συνολικής ποσότητας συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται $Q_d = q_{d1} + q_{d2}$. Δηλαδή,

$$q_c = \varphi Q_d. \quad (29)$$

Χρησιμοποιώντας την συνθήκη αυτή προσδιορίζεται η τιμή ισορροπίας των πράσινων πιστοποιητικών $s(\varphi)$.

$$s(\varphi) = [-(2b+c_1+c_2)(b+2\varphi b+\varphi\gamma)P_e+a((-1+2\varphi)b^2-c_1c_2+b(-1+a)(c_1+c_2)+2\varphi b\gamma+\varphi\gamma(c_1+c_2))]/[(3+4\varphi(1+\varphi))b^2+c_1c_2+\varphi^2(c_1+c_2)\gamma+2b[(1+\varphi+\varphi)(c_1+c_2)+\varphi^2\gamma]]. \quad (30)$$

Αντικαθιστώντας το $s(\varphi)$ στις σχέσεις (24) – (28) προκύπτουν οι μεταβλητές επιλογής q και m ως συναρτήσεις της παραμέτρου πολιτικής φ ,

$$q_{d1}(\varphi) = [(b+c_2)(-P_e+a+a\varphi)] / [(3+4\varphi(1+\varphi))b^2+c_1c_2+\varphi^2(c_1+c_2)\gamma+2b[(1+\varphi+\varphi^2)(c_1+c_2)+\varphi^2\gamma]], \quad (31)$$

$$q_{d2}(\varphi) = [(b+c_1)(-P_e+a+a\varphi)] / [(3+4\varphi(1+\varphi))b^2+c_1c_2+\varphi^2(c_1+c_2)\gamma+2b[(1+\varphi+\varphi^2)(c_1+c_2)+\varphi^2\gamma]], \quad (32)$$

$$q_c(\varphi) = \varphi(2b+c_1+c_2)(-P_e+a+a\varphi) / [(3+4\varphi(1+\varphi))b^2+c_1c_2+\varphi^2(c_1+c_2)\gamma+2b[(1+\varphi+\varphi^2)(c_1+c_2)+\varphi^2\gamma]], \quad (33)$$

$$Q(\varphi) = (1+\varphi)(2b+c_1+c_2)(-P_e+a+a\varphi) / [(3+4\varphi(1+\varphi))b^2+c_1c_2+\varphi^2(c_1+c_2)\gamma+2b[(1+\varphi+\varphi^2)(c_1+c_2)+\varphi^2\gamma]], \quad (34)$$

$$m_1(\varphi) = -[(3+4\varphi(1+\varphi))b^2+c_1c_2+\varphi^2(c_1+c_2)\gamma+2b((1+\varphi+\varphi^2)(c_1+c_2)+\varphi^2\gamma)]P_e / [(b+c_2)d_1(P_e-(1+\varphi)a)], \quad (35)$$

$$m_2(\varphi) = -[(3+4\varphi(1+\varphi))b^2+c_1c_2+\varphi^2(c_1+c_2)\gamma+2b((1+\varphi+\varphi^2)(c_1+c_2)+\varphi^2\gamma)]P_e / [(b+c_1)d_1(P_e-(1+\varphi)a)]. \quad (36)$$

Η κυβέρνηση παίρνοντας ως δεδομένες τις αποφάσεις των καταναλωτών και των επιχειρήσεων επιλέγει το ποσοστό – στόχο φ έτσι ώστε να μεγιστοποιεί την κοινωνική ευημερία. Η συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας είναι το άθροισμα του πλεονάσματος του καταναλωτή (TS_c) συν το πλεόνασμα του παραγωγού (TS_p) μείον τις συνολικές ζημιές που προκαλούν οι ρύποι $D(e)$. Υποθέτουμε ότι οι ζημιές είναι γραμμική συνάρτηση των εκπεμπόμενων ρύπων. Τα πλεονάσματα του καταναλωτή και του παραγωγού και η συνολική ζημία είναι:

$$TS_c = U - P Q, \quad (37)$$

$$TS_p = P Q - 1/2c_1q_{d1}^2 - 1/2d_1(m_1q_{d1})^2 - 1/2c_2q_{d2}^2 - P_e[(1-m_1)q_{d1}-e_{\bar{u}}] - 1/2d_2(m_2q_{d2})^2 - 1/2\gamma q_c^2 - P_e[(1-m_2)q_{d2}-e_{\bar{u}}], \quad (38)$$

$$D(e) = k E. \quad (39)$$

όπου k ο παράμετρος που δηλώνει την οριακή ζημία των ρύπων και $E = e_1 + e_2 = q_{d1} + q_{d2}$ οι συνολικοί ρύποι.

Επομένως η συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας είναι:

$$SW [q_{d1}(\varphi), q_{d2}(\varphi)] = a Q + 1/2 b Q^2 - 1/2c_1q_{d1}^2 - 1/2c_2q_{d2}^2 - 1/2\gamma q_c^2 - 1/2d_1(m_1q_{d1})^2 - 1/2d_2(m_2q_{d2})^2 - P_e[(1-m_1)q_{d1}-e_{\bar{u}}] - P_e[(1-m_2)q_{d2}-e_{\bar{u}}] - k (q_{d1} + q_{d2}). \quad (40)$$

Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κοινωνικής ωφέλειας προσδιορίζεται η άριστη τιμή του ποσοστού – στόχου φ .

Η αναλυτική λύση του παραπάνω προβλήματος δεν βοηθά ιδιαίτερα, λόγω έκτασης, την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Για τον λόγο αυτό προχωρήσαμε σε προσομοίωση του υποδείγματος για την λύση του μοντέλου. Οι τιμές που θέσαμε στις παραμέτρους μας είναι οι εξής: $c_1=8, c_2=13, b=24, a=20, \gamma=21, d_1=14, d_2=11, e_{\bar{u}}=10, k=30, P_e=12$. Χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές στις παραμέτρους του μοντέλου μας μεγιστοποιώντας την συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας βρίσκουμε ότι $\varphi = 0.844$. Επομένως οι σχέσεις (31) – (36), (40), (2) γίνονται $q_{d1}(\varphi) = 0.118$,

$q_{d2}(\varphi) = 0.102$, $q_c(\varphi)=0.031$, $Q(\varphi)=0.253$, $m_1(\varphi) = 7.25$, $m_2(\varphi) = 10.67$, $P=13.9$ και $SW[q_{d1}(\varphi), q_{d2}(\varphi)] = 1.43$

Στο δεύτερο υπόδειγμα υποθέτουμε ότι η κυβέρνηση υιοθετεί την πολιτική των επιδοτούμενων τιμολογίων. Στην πολιτική αυτή η κυβέρνηση επιβάλλει έναν φόρο t στους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας και τα έσοδα από αυτόν τον φόρο τα δίνει στους παραγωγούς ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας με μορφή επιδότησης ζ της ανανεώσιμης ενέργειας που διοχετεύεται στο δίκτυο. Δηλαδή οι δύο παραγωγοί θα επωμιστούν ένα κόστος tq_{di} ο καθένας τους, ενώ ο παραγωγός ανανεώσιμης ενέργειας θα πάρει μια εξασφαλισμένη τιμή ζ , για την ενέργεια που θα πουλήσει στο δίκτυο. Η εξασφαλισμένη τιμή ζ διαφέρει από την τιμή που διαμορφώνεται στην αγορά για τους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας P . Αυτή η διαφορά στην τιμή θα χρηματοδοτηθεί από τα έσοδα tQ_d του φόρου που επιβλήθηκε στους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας. Επομένως στην περίπτωση των επιδοτούμενων τιμολογίων έχουμε τον περιορισμό ότι τα έσοδα του φόρου θα πρέπει να είναι ίσα με την επίδοση των ανανεώσιμων:

$$\zeta q_c = t Q_d . \quad (41)$$

Οι συναρτήσεις εσόδων από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, κόστους για την παραγωγή της και κόστους αδειών ρύπων από τους παραγωγούς συμβατικής ενέργειας παραμένουν ίδιες με αυτές του προηγούμενου μοντέλου. Όσον αφορά τις συναρτήσεις κόστους για την παράγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας και εσόδων από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, η μεν πρώτη παραμένει ίδια με την εξίσωση (10) αλλά η δεύτερη είναι διαφορετική. Η συνάρτηση εσόδων για τον παραγωγό ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας είναι η

$$R_c(q_c) = \zeta q_c. \quad (42)$$

Τώρα μπορούμε να προχωρήσουμε στην παρουσίαση των συναρτήσεων κέρδους των παραγωγών. Οι συναρτήσεις κέρδους των παραγωγών συμβατικής ενέργειας συμβολίζονται όπως και προηγουμένως με Π_{qd1} και Π_{qd2} , ενώ των παραγωγών ανανεώσιμης ενέργειας με Π_c

$$\Pi_{d1} = [a - b(q_{d1}+q_{d2}+q_c)] q_{d1} - 1/2 c_1 q_{d1}^2 - 1/2 d_1 (m_1 q_{d1})^2 - t q_{d1} - P_e [(1 - m_1) q_{d1} - e_1], \quad (43)$$

$$\Pi_{d2} = [a - b(q_{d1}+q_{d2}+q_c)] q_{d2} - 1/2 c_2 q_{d2}^2 - 1/2 d_2 (m_2 q_{d2})^2 - t q_{d2} - P_e [(1 - m_2) q_{d2} - e_2], \quad (44)$$

$$\Pi_c = \zeta q_c - 1/2 \gamma q_c^2. \quad (45)$$

Οι παραγωγοί μεγιστοποιώντας τις παραπάνω συναρτήσεις των κερδών τους επιλέγουν το επίπεδο παραγωγής τους q_{di} , q_c και την παράμετρο m_i . Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κερδών του πρώτου παραγωγού συμβατικής ενέργειας ως προς q_{d1} και m_1 παίρνουμε τις παρακάτω συνθήκες πρώτης τάξης:

$$a - (2b + c_1 + d_1 m_1^2) q_{d1} - (1 - m_1) P_e - b(q_{d2} + q_c) - t = 0, \quad (46)$$

$$m_1 d_1 q_{d1} - P_e = 0. \quad (47)$$

Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κερδών του δεύτερου παραγωγού συμβατικής ενέργειας ως προς q_{d2} και m_2 παίρνουμε τις παρακάτω συνθήκες πρώτης τάξης:

$$a - (2b + c_2 + d_2 m_2^2) q_{d2} - (1 - m_2) P_e - b(q_{d1} + q_c) - t = 0, \quad (48)$$

$$m_2 d_2 q_{d2} - P_e = 0. \quad (49)$$

Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κερδών του παραγωγού ανανεώσιμης ενέργειας ως προς q_c παίρνουμε την παρακάτω συνθήκη πρώτης τάξης:

$$\zeta - \gamma q_c = 0. \quad (50)$$

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις συνθήκες αντίδρασης της κάθε επιχείρησης (Reaction Function) :

$$q_{d1} = [a - (1 - m_1) P_e - t] / (2b + c_1 + d_1 m_1^2) - b(q_{d2} + q_c) / (2b + c_1 + d_1 m_1^2), \quad (51)$$

$$q_{d2} = [a - (1 - m_2) P_e - t] / (2b + c_2 + d_2 m_2^2) - b(q_{d1} + q_c) / (2b + c_2 + d_2 m_2^2), \quad (52)$$

$$q_c = \zeta / \gamma, \quad (53)$$

Από την ταυτόχρονη λύση των εξισώσεων (51), (52), (53) βρίσκουμε το επίπεδο παραγωγής της κάθε επιχείρησης ως συνάρτηση του φόρου t και της επιδότησης ζ , $q_{d1}(t, \zeta)$, $q_{d2}(t, \zeta)$, $q_c(\zeta)$. Επομένως έχουμε

$$q_{d1}(t, \zeta) = (b + c_1) (\gamma (-a + P_e + t) + b \zeta) / (3b^2 + c_1 c_2 + 2b(c_1 + c_2)) \gamma, \quad (54)$$

$$q_{d2}(t, \zeta) = (b + c_2) (\gamma (-a + P_e + t) + b \zeta) / (3b^2 + c_1 c_2 + 2b(c_1 + c_2)) \gamma, \quad (55)$$

$$q_c(t, \zeta) = \zeta / \gamma, \quad (56)$$

Επίσης, μετά τις απαραίτητες αντικαταστάσεις βρίσκουμε και την μείωση των ρύπων ανά μονάδα προϊόντος ως συνάρτηση των t και ζ ,

$$m_1(t, \zeta) = -((3b^2 + c_1 c_2 + 2b(c_1 + c_2)) \gamma P_e) / ((b + c_2) d_2 (\gamma (-a + P_e + t) + b \zeta)), \quad (57)$$

$$m_2(t, \zeta) = -((3b^2 + c_1 c_2 + 2b(c_1 + c_2)) \gamma P_e) / ((b + c_1) d_2 (\gamma (-a + P_e + t) + b \zeta)). \quad (58)$$

Επίσης στο σύστημα έχουμε ακόμη έναν περιορισμό τον οποίο τον είχαμε και στο μοντέλο των πράσινων πιστοποιητικών. Ο περιορισμός αυτός είναι η σχέση (29) και λέει ότι η ποσότητα της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται q_c θα είναι ίση με ένα ποσοστό φ επί της συνολικής ποσότητας συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται $Q_d = q_{d1} + q_{d2}$. Για να μην έχω δύο περιορισμούς [(29), (41)] μπορώ να τους συνδυάσω και να μου δώσουν έναν νέο περιορισμό. Ο νέο αυτός περιορισμός θα είναι:

$$t = \varphi \zeta. \quad (59)$$

Από την πλευρά της τώρα η κυβέρνηση μεγιστοποιεί την κοινωνική ευημερία. Η συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας της κυβέρνησης παραμένει η ίδια με το μοντέλο των πράσινων πιστοποιητικών και δίνετε στην σχέση (40). Η διαφορά είναι ότι η κυβέρνηση μεγιστοποιεί την συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας υπό τον περιορισμό (59) ως προς το ζ .

Και στην περίπτωση αυτή η αναλυτική λύση δεν προσφέρεται για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Για τον λόγο αυτό προχωρήσαμε σε προσομοίωση του υποδείγματος. Οι τιμές που θέσαμε στις παραμέτρους μας είναι οι εξής: $c_1=8, c_2=13, b=24, a=20, \gamma=21, d_1=14, d_2=11, e_1=10, k=30, P_e=12$. Επίσης για να είναι δυνατή η σύγκριση των δύο υποδειγμάτων παίρνουμε το ποσοστό ϕ ως δεδομένο από την λύση του υποδείγματος των πράσινων πιστοποιητικών. Δηλαδή υποθέτουμε ότι η κυβέρνηση θέτει $\phi=0.15$. Χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές στις παραμέτρους του μοντέλου μας μεγιστοποιώντας την συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας βρίσκουμε ότι οι σχέσεις (54) έως (58), (2) και (40) γίνονται $q_{d1}(t, \zeta)=0.244, q_{d2}(t, \zeta)=0.211, q_c(t, \zeta)=0.987, Q(t, \zeta)=1.442, m_1(t, \zeta)=4.45, m_2(t, \zeta)=5.15, P=13.65, \zeta=91.93, t=77.22$ και $SW[q_{d1}(t, \zeta), q_{d2}(t, \zeta)]=26.69$

6. Συμπεράσματα

Έχοντας ολοκλήρωση την επίλυση των δύο μοντέλων μπορούμε να προχωρήσουμε στην σύγκριση τους. Παρατηρούμε ότι το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα από αυτό των πράσινων πιστοποιητικών. Αυτό που μας ενδιέφερε εξ αρχής να εξετάσουμε ήταν το επίπεδο της κοινωνικής ευημερίας. Συγκρίνοντας τα επίπεδα κοινωνικής ευημερίας των δύο μοντέλων βλέπουμε ότι το μοντέλο που υιοθετήσαμε το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων παρουσιάζει μεγαλύτερη ευημερία. Συγκεκριμένα στο μοντέλο όπου υιοθετήσαμε το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών παρουσιάζει $SW=1,43$, ενώ το μοντέλο που υιοθετήσαμε το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων $SW=26,69$. Στην συνέχεια συγκρίνουμε τις ποσότητες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τα δύο μοντέλα. Όσον αφορά τις ποσότητες παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρούμε ότι το μοντέλο με τα επιδοτούμενα τιμολόγια παράγει μεγαλύτερες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας $q_c=0,987$ από το μοντέλο με τα πράσινα πιστοποιητικά $q_c=0,031$. Οι ποσότητες παραγωγής συμβατικής ενέργειας και πάλι είναι μεγαλύτερες για το μοντέλο των επιδοτούμενων τιμολογίων $q_{d1}=0.244, q_{d2}=0.211$ σε σχέση με το μοντέλο των πράσινων πιστοποιητικών $q_{d1}=0.118, q_{d2}=0.102$. Επομένως συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η εφαρμογή ενός συστήματος επιδοτούμενων τιμολογίων θα ήταν προτιμότερο από ένα σύστημα πράσινων πιστοποιητικών όχι μόνο επειδή αποδίδει μεγαλύτερο SW αλλά και επειδή παράγει μεγαλύτερη ποσότητα ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Αποθαρρυντικό όμως είναι το γεγονός ότι παράγει μεγαλύτερες ποσότητες συμβατικής ενέργειας. Έτσι μπορεί να έχουμε μεγαλύτερες ποσότητες ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας και μεγαλύτερο SW αλλά θα παράγουμε και μεγαλύτερες ποσότητες συμβατικής ενέργειας. Βλέπουμε λοιπόν ότι τα αποτελέσματα είναι γενικώς ενθαρρυντικά και εξαρτάται από την κυβέρνηση ποιο από τα δύο μοντέλα θα επιλέξει για να αυξήσει την παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Αν θέλει να αυξήσει την παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να την ενδιαφέρει ποια θα είναι η μεταβολή των ποσοτήτων συμβατικής ενέργειας θα επιλέξει να υιοθετήσει το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων. Αν θέλει να αυξήσει το την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, την ενδιαφέρει η μεταβολή της παραγωγής συμβατικής ενέργειας και είναι αδιάφορη για το επίπεδο της κοινωνικής ευημερίας θα επιλέξει το σύστημα των πράσινων πιστοποιητικών.

Έχοντας ολοκληρώσει την παραπάνω εργασία θα προτείναμε την υιοθέτηση του συστήματος των επιδοτούμενων τιμολογίων διότι αυτό που ενδιαφέρει την κοινωνία είναι η κοινωνική ευημερία και αυτήν είναι αρκετά μεγαλύτερη σε αυτό το σύστημα. Το περιβάλλον μας σήμερα είναι πλέον αρκετά επιβαρυνμένο από την μόλυνση που παράγει ο βιομηχανοποιημένος πολιτισμός μας και είναι επιβεβλημένη η άμεση ανάγκη για την εξεύρεση λύσεων. Το σύστημα των επιδοτούμενων τιμολογίων θεωρούμε ότι θα μπορέσει να αποτελέσει μια από τις πολλές λύσεις που θα πρέπει να βρεθούν άμεσα!

7. Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Abernathy W. & Utterback, J., (1978), “Patterns of industrial innovation. Technology”, Review, Vol.80, No.7.
- Amundsen, E.S. & Mortensen, J.B (2001), “The Danish Green certificate system: some simple analytical results”, Energy Economics, Vol. 23, No.5, pp.489–509.
- CEC (1999), “Electricity from Renewable Energy Sources and the Internal Electricity Market”, Commission of the European Communities, Staff Working Paper, Brussels.
- Cervený M. & A. Veigl (2001), “Einspeisungen Elektrischer Energie aus Erneuerbaren Energieträgern in der Öffentliche Netz (Einspeisetarife und Zuschläge zu den Systemnutzungstarifen)”, Energieverwertungsagentur (EVA), Vienna.
- Cervený M. & G. Rensch (1998), “Feed-in Tariffs and Regulations Concerning RenewableEnergy Electricity Generation in European Countries”, Energieverwertungsagentur (EVA), Vienna.
- EUREC (2000), “New Renewables Law in Germany Creates Momentum for Photovoltaics – Guaranteed Feed-in Price is Strong Incentive for the Use of Renewable Energy”,EUREC Agency E.E.I.G., Brussels.
- Foster R. (1986), “Innovation: The Attacker’s Advantage”. Summit Books, New York.
- Jensen, S.G. & Skytte, K. (2001a), “Emission permits, green certificates, and the power market”, Working paper, Ris National Laboratory.
- Jensen, S.G. & Skytte, K. (2002), “Interactions Between the Power and Green Certificate Markets”, Energy Policy, Vol.30, No.5, pp.425-435
- Jensen, S.G. & Skytte, K. (2003), “Simultaneous Attainment of Energy Goals by Means of Green Certificates and Emission Permits”, Energy Policy, Vol.31, pp.36-71
- Joosten S. & E.J. van Zuylen (1997), “Comparison of Financial Incentives for Renewable Energy”, Netherlands Agency for Energy and the Environment (NOVEM), Utrecht, the Netherlands.
- Haas, R., T. Faber, J. Green, M. Gual, C. Huber, G. Resch, W. Ruijgrok, and J. Twidell (2001), “Promotion Strategies for Electricity from Renewable Energy Sources in EU Countries”, Institute of Energy Economics, Vienna University of Technology, Austria.

- Hindsberger, M., Nybroe, M.H., Ravn, H.F., Schmidt, R. (2002), "Coexistence of Electricity, TEP, and TGC markets in the Baltis Sea Region", Energy Policy, Journal of Energy Policy.
- Hunt S. & G. Shuttleworth (1996), John Wiley & Sons New York.
- Kotler P. (1967), "Marketing Management: Analysis, Planning and Control", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Lundvall B.-A. (2002), "Innovation Growth and Social Cohesion", Edward Elgar, London.
- March J.G. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning". Organizational Science, Vol.2, No.1.
- Midttun A. & K. Gautesen (2007), "Feed-in or Certificates, Competition or Complementarity? Compining a Static Efficiency and a Dynamic Innovation Perspective on the Greening of the Energy Industry", Energy policy, Vol.35, pp. 1419-1422.
- Morthorst P.E. (2000), "The Development of a Green Certificate Market", Energy policy, Vol.28, pp. 1085-1094.
- Morthorst P.E. (2001), "Interactions of a Tradable Green Certificate Market with a Tradable Permits Market", Energy policy, Vol.29, pp. 345-353.
- Ragwitz, M., & Huber, C. (2005), "Feed-in systems in Germany and Spain and a comparison", Karlsruhe, Germany:Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.
- Ringel M. (2006), "Fostering the use of Renewable Energies in the European Union: the Race between Feed-in and green Certificates", Renewable Energy, Vol.31, pp.1-17.
- Ringel M. (2004), "Umweltökonomische Analyse der Klimaschutzmaßnahmen auf dem deutschen Elektrizitätsmarkt", Energie und Klimaschutz, Frankfurt et al. 2004.
- Sahal D. (1981), "Alternative conceptions of technology", Research Policy, Vol.10, No.1, pp.2-24.
- Samuelson P.A. & Nordhaus W.D (2005), "Macroeconomics", Irwin McGraw-Hill, Boston, MA.
- Sapir A. (2005), "Globalisation and the reform of European social models", Background document for the presentation at ECOFIN Informal Meeting, Manchester, 9 September.

- Schaeffer, G.J. (2001b), “Samenvatting Duitse Systeem ter Ondersteuning van Duurzame Elektriciteit”, Notitie, ECN Policy Studies, Summer.
- Schaeffer G.J, M.G. Boots, T. Anterson, C. Mitchell, C. Timpe and M. Cames (1999), “The Development of Tradable Green Certificate for the Deployment of Renewable Electricity”,
- Schaeffer G.J., M.G. Boots, J.W. Martens, M.H.Voogt (1999), “Tradable Green Certificates: A new market-based incentive scheme for renewable energy, Introduction and Analysis”
- Schleich, J., R. Bets, F. Gagelmann, E. Jochem, D. Koewener (2001), “Climate Change and Power: Economic Instruments for European Electricity”, RIIA (draft), Vrolijk, Germany.
- Sijm J.P.M. (2002), “The Performance of Feed-in Tariffs to Promote Renewable Electricity in European Countries”,
- Tak, C.M. van der (1998), “Haalbaarheid van een beurs in Groenlabels”, Eindrapport. NEI, Rotterdam.
- The Danish Ministry of Environment and Energy (1999), Elreformen [The Danish electricity reform(in Danish)]
- Traber T. & T. Requate, “ Feed-in tariffs for renewable energy under oligopolistic energy market structure”, Working paper.
- Tweede Kamer (1998), “Wet bescherming persoonsgegevens, Memorie van Toelichting”, Kamerstuk 1997-1998, 25892, No. 3, p.5.
- Vernon R. (1966), “International investment and international trade in the product cycle”, The Quarterly Journal of Economics, Vol.80, No.2.