

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ  
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ:

**«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ - ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕ ΘΕΜΑ:**

**«Υπολογισμός και σύγκριση ανθρακικού  
αποτυπώματος σε θερμοκήπια συμβατικής και  
υδροπονικής καλλιέργειας με εφαρμογή  
μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας, νερού και  
λιπασμάτων.»**

---

Περιβαλλοντικοί δείκτες αειφορίας στις θερμοκηπιακές  
καλλιέργειες.

**ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΥΓΡΙΜΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, Καθηγητής**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

**ΣΥΓΡΙΜΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, Καθηγητής**

**ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, Επίκουρος καθηγητής**

**ΣΑΒΒΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ, Αναπληρωτής καθηγητής**



Οκτώβριος 2012

## Περίληψη

Διανύοντας μια εποχή στην οποία παρατηρείται ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση σε γεωργικά προϊόντα, κυρίως θερμοκηπιακής προέλευσης, αλλά και η ανάγκη για εφαρμογή γεωργικών πρακτικών φιλικότερων προς το περιβάλλον, η μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες κρίνεται απαραίτητη. Επί πλέον ο πληθυσμός της γης από 7δισ. σήμερα θα φτάσει τα 9δισ το 2050, μια τεράστια αύξηση αναγκών διατροφής, η οποία συνδυάζεται με αύξηση βιοτικού επιπέδου, αύξηση ποιοτικών απαιτήσεων και κλιματική αλλαγή που απαιτεί μεγαλύτερη διαπνοή σε νερό αλλά και ακραία καιρικά φαινόμενα που επιδεινώνουν την ισολογισμό διαθέσιμου νερού και συνολικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Το ανθρακικό αποτύπωμα, ή διαφορετικά αποτύπωμα άνθρακα, είναι ένα μέσο υπολογισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που εφαρμόζεται ήδη σε διάφορες δραστηριότητες, όπως οικιακές (αναφέρεται στις δραστηριότητες που λαμβάνουν μέρος στο πλαίσιο μιας κατοικίας) ή μεταφορικές (αναφέρεται στις δραστηριότητες μετακίνησης, όπως οι εκπομπές ενός αεροπλάνου ή αυτοκινήτου για να μεταβεί από ένα σημείο σε ένα άλλο). Αντίστοιχα λοιπόν θα μπορούσε να εφαρμοστεί το ανθρακικό αποτύπωμα και σε γεωργικές δραστηριότητες και ειδικά σε θερμοκηπιακές δραστηριότητες οι οποίες μπορούν να οριοθετηθούν (στα πλαίσια μιας θερμοκηπιακής μονάδας) και να υπολογιστεί με ακρίβεια το ανθρακικό τους αποτύπωμα, όπως ακριβώς και στα όρια μιας κατοικίας.

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής είναι αρχικά ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος ενός θερμοκηπίου με τις συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας που εφαρμόζονται σήμερα κι ενός θερμοκηπίου υδροπονικής καλλιέργειας με εφαρμογές μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας, νερού και λιπασμάτων για τον ίδιο τύπο γεωργικού προϊόντος, στην περίπτωση μας της ντομάτας. Στη συνέχεια τα δύο ανθρακικά αποτυπώματα θα συγκριθούν για να εξάχθει το συμπέρασμα ποία είναι η καλύτερη περιβαλλοντικά φιλική πρακτική όσον αφορά τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες και να εξαχθούν διάφοροι δείκτες αειφορίας (sustainability).

Παράλληλα με την εξαγωγή και σύγκριση του ανθρακικού αποτυπώματος μεταξύ των δύο μεθόδων θερμοκηπιακής καλλιέργειας, θα εξεταστεί το ενδεχόμενο της οικονομικής αξιοποίησής του καθώς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν εμπορεύσιμο αγαθό. Στη διατριβή αυτή επιπλέον, αναλύεται η υπάρχουσα νομοθεσία και οι εφαρμογές της ανά τον κόσμο που αφορά στο ανθρακικό αποτύπωμα γεωργικών δραστηριοτήτων γενικότερα και θερμοκηπιακών ειδικότερα και στον τρόπο εκμετάλλευσης

του, εφόσον υπάρχει και εφαρμόζεται. Ακολούθως προτείνεται μια μέθοδος εισαγωγής της εμπορικής σημασίας του ανθρακικού αποτυπώματος σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, η οποία θα συνδυάζει την εμπορική εκμετάλλευση των γεωργικών προϊόντων που προέρχονται από ένα θερμοκήπιο με την περιβαλλοντική ευθύνη που οφείλει να έχει ένας παραγωγός στις πρακτικές που εφαρμόζει με αντίκτυπο το ανθρακικό αποτύπωμα.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> “ΤΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ”**

- 1.1** *Ιστορική επισκόπηση*
- 1.2** *Μεθοδολογία*
- 1.3** *Μελέτες στο Ηνωμένο Βασίλειο*
- 1.4** *Απόψεις περί Οικολογικού Αποτυπώματος*
- 1.5** *Επιπτώσεις*

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> “Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ”**

- 2.1** *Θεμελιώδεις παραδοχές για τον υπολογισμό του Οικολογικού Αποτυπώματος*
- 2.2** *Υπολογισμός Αποτυπώματος και βιολογικής ικανότητας*
- 2.3** *Παραγόμενα προϊόντα*
- 2.4** *Κανονικοποίηση βιοπαραγωγικών περιοχών – από εκτάρια σε παγκόσμια εκτάρια*
- 2.5** *Παράγοντες απόδοσης*
- 2.6** *Συντελεστές Ισοδυναμίας*
- 2.7** *Οι τύποι χρήσεων γης στα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα*
- 2.8** *Καλλιεργήσιμη γη*

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> “ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ”**

- 3.1** *Η μέτρηση του Αποτυπώματος άνθρακα*
- 3.2** *Το αποτύπωμα άνθρακα στα προϊόντα*
- 3.3** *Το αποτύπωμα άνθρακα της ηλεκτρικής ενέργειας*
- 3.4** *Η κλιματική αλλαγή ως ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα*
- 3.5** *Οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής*
- 3.6** *Το Πρωτόκολλο του Κιότο, η αντιστάθμιση άνθρακα και τα πιστοποιητικά*
- 3.7** *Μηχανισμοί Υποχρεωτικής Αγοράς*
- 3.8** *Μηχανισμοί Εθελοντικής Αγοράς*

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> “ΤΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ”**

- 4.1 Φυτικά αποθέματα άνθρακα**
- 4.2 Ροές αερίων του θερμοκηπίου από τις δραστηριότητες της Γεωργίας**
- 4.3 Ροές αερίων του θερμοκηπίου από γεωργικές αλλαγές της χρήσης γης**
- 4.4 Αποτίμηση της υπηρεσίας ρύθμισης του κλίματος και της γεωργικής παραγωγής**
  - 4.4.1 Αντιστάθμιση των εκπομπών μέσω δέσμευσης του άνθρακα: λειμώνες**
  - 4.4.2 Αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων μέσω της εγχώριας παραγωγής βιοκαυσίμων/βιοενέργειας**
- 4.5 Αντικατάσταση ορυκτών καυσίμων με καλλιέργειες βιοκαυσίμων και βιοενέργειας**
- 4.6 Οι μειώσεις σε άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, σχετίζονται με τα βιοκάυσιμα και την παραγωγή βιοενέργειας**
- 4.7 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παγκόσμια Γεωργία**
- 4.8 Η σχέση μεταξύ κλιματικών μεταβολών, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με τη Γεωργία και τη Δασοκομία**
- 4.9 Χρηματοδότηση του άνθρακα: Αγορές άνθρακα και κλιματικής αλλαγής**
  - 4.9.1 Σχεδιασμός και ανάπτυξη ενός έργου άνθρακα**
  - 4.9.2 Cap and Trade**
  - 4.9.3 Οφέλη αντιστάθμισης**
  - 4.9.4 Ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα**
  - 4.9.5 Κανονισμοί**
  - 4.9.6 Πιστοποιητικά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (RECs)**
  - 4.9.7 Ευκαιρίες για σειριακές καλλιέργειες**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> “ΤΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ”**

- 5.1 Οι κυριότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα**
- 5.2 Εισαγωγή ισοζυγίου άνθρακα στο αποτύπωμα των θερμοκηπίων**
- 5.3 Τα οφέλη του ισοζυγίου στις αγορές άνθρακα**
- 5.4 Συμπεράσματα**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1**

### **“ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΠΡΟΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ”**

*Π.1.1 Ανακύκλωση νερού*

*Π.1.2 Αντικατάσταση πηγής ενέργειας για τη θέρμανση με στερεά βιομάζα*

*Π.1.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση θερμοκουρτίνας*

*Π.1.4 Εντοπισμένη θέρμανση ριζόσφαιρας και θέρμανση πλησίον κόμης*

*Π.1.5 Εξοικονόμηση ενέργειας στο θερμοκήπιο με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας βάσει του αλγορίθμου των θερμοωρών*

*Π.1.6 Μέτρα προστασίας έναντι εντόμων – μείωση τοξικού αποτυπώματος φυτοφαρμάκων*

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2**

### **“ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO<sub>2</sub> – ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ”**

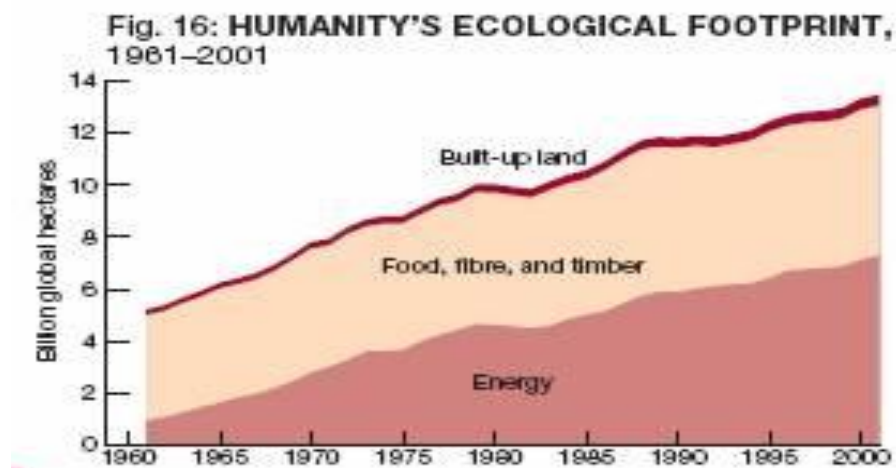
## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

### “ΤΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ”

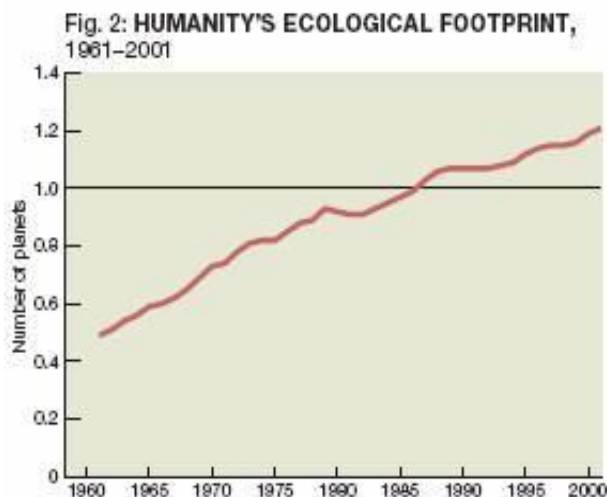
Το οικολογικό αποτύπωμα είναι ένα μέτρο της ανθρώπινης ζήτησης πάνω στα οικοσυστήματα της Γης. Πρόκειται για ένα τυποποιημένο μέτρο της ζήτησης για φυσικό κεφάλαιο που μπορεί να αντιπαραβληθεί με την οικολογική φέρουσα ικανότητα του πλανήτη να αναγεννά τους πόρους που παρέχει.

Αντιπροσωπεύει το ποσό της βιολογικά παραγωγικής γης και θαλάσσιας περιοχής που πρέπει να παρέχει τους πόρους που ένας ανθρώπινος πληθυσμός καταναλώνει, και να αφομοιώνει τα παράγωγα απόβλητα. Με την εκτίμηση αυτή, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί το πόσο της Γης (ή πόσοι πλανήτες Γη) θα χρειάζονταν για να υποστηρίξουν την ανθρωπότητα αν όλοι ακολουθούν ένα συγκεκριμένο τρόπο ζωής. Για το 2007, το συνολικό οικολογικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας υπολογίστηκε σε 1,5 Γη πλανήτη, γεγονός που σημαίνει ότι η ανθρωπότητα χρησιμοποιεί οικολογικές υπηρεσίες 1,5 φορές ταχύτερα από ότι η Γη μπορεί να τις ανανεώσει.



Σχήμα 1: Το οικολογικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας σε δισεκατομμύρια παγκόσμια εκτάρια για τα έτη 1960 έως 2001.

Κάθε χρόνο, ο αριθμός αυτός υπολογίζεται εκ νέου για να ενσωματώσει την τριετή καθυστέρηση λόγω του χρόνου που χρειάζεται ο ΟΗΕ για τη συλλογή και δημοσίευση στατιστικών στοιχείων και της σχετικής έρευνας. Άν και ο όρος οικολογικό αποτύπωμα χρησιμοποιείται ευρέως και είναι γνωστός, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, εγείρονται πλέον ανάγκες και πρότυπα που ωθούν στο να γίνουν τα αποτελέσματα περισσότερο συγκρίσιμα και συνεπή.



Σχήμα 2: Το οικολογικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας σε αριθμό πλανητών Γη, για τα έτη 1960 έως 2001.

### 3.9 Ιστορική Επισκόπηση

Η πρώτη ακαδημαϊκή δημοσίευση για το οικολογικό αποτύπωμα ήταν από τον William Rees το 1992. Η έννοια και η μέθοδος υπολογισμού του οικολογικού αποτυπώματος που αναπτύχθηκε ως η διδακτορική διατριβή του Μαθηματικού Wackernagel, υπό την επίβλεψη Rees στο Πανεπιστήμιο της Βρετανικής Κολομβίας στο Βανκούβερ του Καναδά, από το 1990-1994. Αρχικά, οι Wackernagel και Rees αποκάλεσαν την έννοια «πιστωθείσα φέρουσα ικανότητα» ("appropriated carrying capacity").

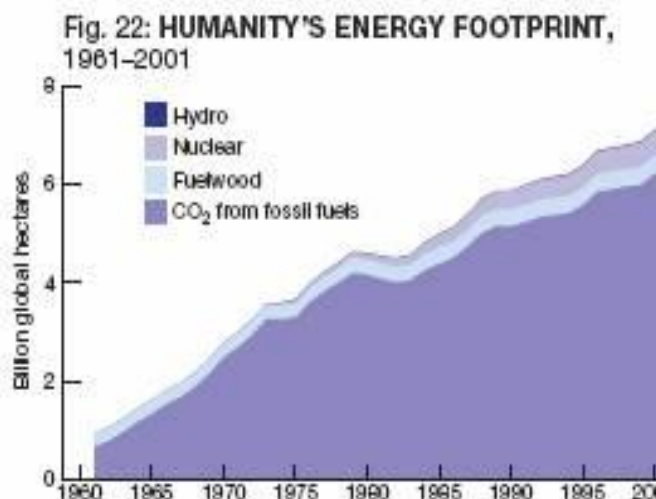
Για να γίνει η πιο προσιτή ιδέα, ο Rees εισήγαγε τον όρο «οικολογικό αποτύπωμα», εμπνευσμένος από έναν τεχνικό ηλεκτρονικών υπολογιστών, που αποκάλεσε "μικρό αποτύπωμα στο γραφείο" το αποτύπωμα του νέου υπολογιστή του.

Στις αρχές του 1996, οι Wackernagel και Rees δημοσίευσαν το βιβλίο *Το οικολογικό αποτύπωμα μας: Μειώνοντας την ανθρώπινη επίδραση στη Γη*.

Η ανάλυση του Οικολογικού αποτυπώματος συγκρίνει τις απαιτήσεις του ανθρώπου στη φύση με την ικανότητα της βιόσφαιρας να αναγεννά τους πόρους και την παροχή υπηρεσιών. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκτίμηση της βιολογικά παραγωγικής γης και θαλάσσιας περιοχής που απαιτείται για την παραγωγή των πόρων που ένας πληθυσμός καταναλώνει, και για να απορροφά τα αντίστοιχα απόβλητα, χρησιμοποιώντας την επικρατούσα τεχνολογία. Οι τιμές του Αποτυπώματος στο τέλος μιας έρευνας κατηγοριοποιούνται για τον άνθρακα, τα τρόφιμα, τη στέγαση, τα αγαθά και τις υπηρεσίες,



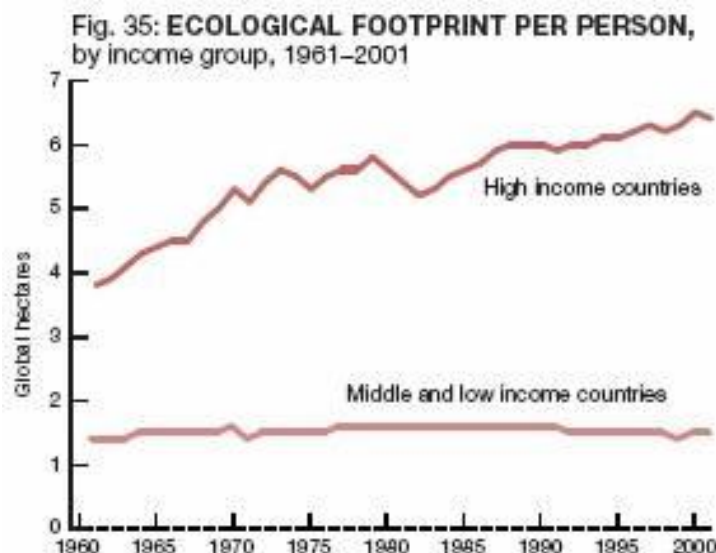
καθώς και το συνολικό αριθμό του αποτυπώματος των Γαίων που απαιτούνται για τη διατήρηση του πληθυσμού του κόσμου σε αυτό το επίπεδο της κατανάλωσης. Αυτή η προσέγγιση μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε μια δραστηριότητα όπως είναι η κατασκευή ενός προϊόντος ή η οδήγηση ενός αυτοκινήτου. Αυτή η λογιστική των πόρων είναι παρόμοια με την ανάλυση του κύκλου ζωής, όπου η κατανάλωση ενέργειας, η βιομάζα (τρόφιμα, φυτικές ίνες), τα οικοδομικά υλικά, το νερό και οι άλλοι πόροι μετατρέπονται σε κανονικοποιημένο μέτρο της έκτασης που ονομάζεται παγκόσμια εκτάρια (GHA). Το κατά κεφαλήν οικολογικό αποτύπωμα (EF), ή η ανάλυση του οικολογικού αποτυπώματος (EFA), είναι ένα μέσο σύγκρισης της κατανάλωσης και του τρόπου ζωής, καθώς και ο έλεγχος αυτού όσον αφορά την ικανότητα της φύσης να παρέχει για αυτή τη δεδομένη κατανάλωση. Το εργαλείο αυτό μπορεί να ενημερώσει την πολιτική κατανάλωσης μιας χώρας εξετάζοντας σε ποιο βαθμό μια χώρα χρησιμοποιεί περισσότερο (ή λιγότερο) από ό, τι είναι διαθέσιμο στην επικράτειά της, ή σε ποιο βαθμό ο τρόπος ζωής της χώρας θα μπορούσε να αναπαράχθει σε όλο τον κόσμο. Το αποτύπωμα μπορεί επίσης να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για να εκπαιδεύσει τους ανθρώπους σχετικά με την ικανότητα μεταφοράς και την υπερκατανάλωση, με στόχο την αλλαγή ατομικής συμπεριφοράς. Οικολογικά ίχνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υποστηρίξουν ότι πολλοί από τους σημερινούς τρόπους ζωής δεν είναι βιώσιμοι. Μια τέτοια παγκόσμια σύγκριση δείχνει επίσης σαφώς τις ανισότητες της χρήσης των πόρων στον πλανήτη στις αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα.



Σχήμα 3: Το ενεργειακό αποτύπωμα της ανθρωπότητας, όσον αφορά την παραγωγή υδροηλεκτρικής, πυρηνικής ενέργειας, ενέργεια από βιομάζα και εκπομπές CO<sub>2</sub> από ορυκτά καύσιμα, σε δισ. Παγκόσμια εκτάρια, για τα έτη 1960 έως 2001.

Το 2006, ο μέσος όρος βιολογικά παραγωγικής έκτασης ανά άτομο σε παγκόσμιο επίπεδο ήταν περίπου 1,8 παγκόσμια εκτάρια (GHA) ανά κάτοικο. Το αποτύπωμα ανά κάτοικο των ΗΠΑ ήταν 9,0 GHA, και αυτό της Ελβετίας ήταν 5,6 gha, ενώ της Κίνας ήταν 1,8 GHA.

Η WWF υποστηρίζει ότι το ανθρώπινο αποτύπωμα έχει υπερβεί την βιολογική ικανότητα του πλανήτη (με τη διαθέσιμη προσφορά των φυσικών πόρων) κατά 20%. Οι Wackernagel και Rees αρχικά είχαν εκτιμήσει ότι η διαθέσιμη βιολογική ικανότητα για τα 6 δισεκατομμύρια ανθρώπους στη Γη εκείνη την εποχή ήταν περίπου 1,3 εκτάρια ανά άτομο, το οποίο είναι μικρότερο από τα 1,8 παγκόσμια εκτάρια που δημοσίευσαν για το 2006, επειδή οι αρχικές μελέτες δεν χρησιμοποιούσαν παγκόσμια εκτάρια ούτε περιλαμβάνονται οι βιοπαραγωγικές θαλάσσιες περιοχές.



*Σχήμα 4: Το οικολογικό αποτύπωμα ανά άτομο, βάση εισοδηματικών κριτηρίων για χώρες υψηλού και χαμηλού εισοδήματος αντίστοιχα, σε παγκόσμια εκτάρια, για τα έτη 1960 έως 2001.*

Ένας αριθμός των ΜΚΟ προσφέρουν αριθμομηχανές υπολογισμού του οικολογικού αποτυπώματος. Η ανάλυση του οικολογικού αποτυπώματος πλέον χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο ως ένας δείκτης της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση και διαχείριση της χρήσης των πόρων σε όλη την οικονομία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση της βιωσιμότητας των ατόμων, τον τρόπο ζωής, τα αγαθά και τις υπηρεσίες, οργανισμούς, κλάδους, γειτονιές, πόλεις, περιοχές και έθνη.

Από το 2006, υπάρχει μια πρώτη σειρά προτύπων οικολογικού αποτυπώματος τα οποία εστιάζουν στην λεπτομέρεια τόσο στην επικοινωνία όσο και στις διαδικασίες υπολογισμού και αναπτύχθηκαν σε μια δημόσια διαδικασία υπό την επίβλεψη της Global Footprint Network και οργανισμούς-εταίρους της.

## 1.2 Μεθοδολογία

Η λογιστική μέθοδος του οικολογικού αποτυπώματος σε εθνικό επίπεδο περιγράφεται στο Atlas Footprint 2010 ή με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στη μεθοδολογία υπολογισμού των Εθνικών Οικολογικών Αποτυπωμάτων. Η Εθνική Επιτροπή αξιολόγησης Αποτυπώματος έχει επίσης δημοσιεύσει μια ατζέντα για την έρευνα σχετικά με το πώς η μέθοδος θα πρέπει να βελτιωθεί. Υπήρξαν διαφορές στην μεθοδολογία που χρησιμοποιείται από διάφορες οικολογικές μελέτες αποτυπώματος. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν το πώς μια θαλάσσια περιοχή θα πρέπει να υπολογίζεται, πώς να υπολογιστούν λογιστικά τα ορυκτά καύσιμα, πώς να υπολογιστεί λογιστικά η πυρηνική ενέργεια (πολλές μελέτες απλά θεωρούν ότι έχει το ίδιο οικολογικό αποτύπωμα, όπως τα ορυκτά καύσιμα), ποιές πηγές δεδομένων χρησιμοποιούνται, πότε η θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μέσοι παγκόσμιοι αριθμοί ή τοπικοί αριθμοί όταν εστιάζεται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, πώς ο χώρος για τη βιοποικιλότητα θα πρέπει να συμπεριληφθεί και πώς η εξέλιξη των εισαγωγών / εξαγωγών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Ωστόσο, όπως προκύπτουν νέα πρότυπα αποτυπώματος, οι μεθοδολογίες υπολογισμού συγκλίνουν.

Το 2003, οι Jason Venetoulis, Carl Mas, Christopher Gaudet, Dahlia Chazan, και John Talberth ανέπτυξαν το Αποτύπωμα 2., το οποίο προσφέρει μια σειρά από θεωρητικές και μεθοδολογικές βελτιώσεις για την τυποποιημένη προσέγγιση του αποτυπώματος. Οι τέσσερις κύριες βελτιώσεις ήταν ότι περιλαμβάνεται το σύνολο της επιφάνειας της Γης σε εκτιμήσεις βιολογικής ικανότητας του πλανήτη, κατανεμημένους χώρους για άλλα είδη (δηλαδή, μη-ανθρώπινα), ενημερώνεται η βάση των συντελεστών ισοδυναμίας από την γεωργική γη στην καθαρή πρωτογενή παραγωγικότητα (NPP), και αναβαθμίζεται η συμβολή του ίχνους άνθρακα με βάση τα τελευταία παγκόσμια μοντέλα άνθρακα.

### 1.3 Μελέτες στο Ηνωμένο Βασίλειο

Το μέσο οικολογικό αποτύπωμα του Ηνωμένου Βασιλείου είναι 5,45 παγκόσμια εκτάρια ανά κάτοικο (GHA) με διαφορές μεταξύ των περιοχών που κυμαίνονται από 4,80 GHA (Ουαλία) σε 5,56 GHA (Ανατολική Αγγλία). Δύο πρόσφατες μελέτες έχουν εξετάσει μικρές κοινότητες με σχετικά χαμηλές επιπτώσεις στο οικολογικό αποτύπωμα. Το BedZed, μια οικιστική ανάπτυξη 96 κατοικιών μικτού εισοδήματος στο νότιο Λονδίνο, παρά το γεγονός ότι κατοικείται από σχετικά "mainstream" αγοραστές κατοικιών, το BedZed βρέθηκε να έχει ένα αποτύπωμα των 3,20 gha. Αυτό οφείλεται στην επί τόπου παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, ενεργειακά αποδοτικής αρχιτεκτονικής, καθώς και ένα εκτεταμένο πρόγραμμα πράσινου τρόπου ζωής που περιλάμβανε την πρώτη λέσχη Carsharing στο Λονδίνο. Η έκθεση δεν υπολογίζει το προστιθέμενο αποτύπωμα των 15.000 επισκεπτών οι οποίοι έχουν επισκεφθεί το BedZed από την ολοκλήρωσή του το 2002. Το Findhorn Ecovillage, μια αγροτικά προοριζόμενη κοινότητα στο Moray, στη Σκωτία είχε συνολικό αποτύπωμα 2,56 gha, συμπεριλαμβανομένων τόσο των πολλών επισκεπτών που ταξιδεύουν προς την κοινότητα για να παρακολουθήσουν μαθήματα εκεί όσο και την παραπλήσια πανεπιστημιούπολη του Cluny Hill College. Ωστόσο, οι κάτοικοι έχουν μόνο ένα ίχνος των 2,71 GHA, λίγο πάνω από το μισό του εθνικού μέσου όρου του Ηνωμένου Βασιλείου και ένα από τα χαμηλότερα οικολογικά αποτυπώματα από κάθε κοινότητα που έχει μετρηθεί μέχρι στιγμής στον βιομηχανοποιημένο κόσμο. Η Keveral Farm, μια οργανική αγροτική κοινότητα στην Κορνουάλη, βρέθηκε να έχει ένα αποτύπωμα των 2,4 GHA, αν και με σημαντικές διαφορές στα αντίστοιχα αποτυπώματα μεταξύ των μελών της κοινότητας.

### 1.4 Απόψεις περί Οικολογικού αποτυπώματος

Μια αρχική κριτική δόθηκε στη δημοσιότητα από τους Van den Bergh και Verbruggen το 1999. Άλλη κριτική, δόθηκε στη δημοσιότητα το 2008. Μια πιο ολοκληρωμένη ανασκόπηση που ανατέθηκε από τη Γενική Διεύθυνση για το Περιβάλλον (Ευρωπαϊκή Επιτροπή) και δημοσιεύθηκε τον Ιούνιο του 2008 παρέχει την πιο ενημερωμένη ανεξάρτητη αξιολόγηση της μεθόδου. Ορισμένες χώρες έχουν εμπλακεί σε ερευνητικές συνεργασίες για να ελεγχθεί η εγκυρότητα της μεθόδου. Αυτό περιλαμβάνει την Ελβετία, Γερμανία, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, και το Βέλγιο.

Οι GRAZI et al. (2007) έχουν πραγματοποιήσει μια συστηματική σύγκριση του οικολογικού αποτυπώματος μέθοδο με χωρική ανάλυση που περιλαμβάνει περιβαλλοντικές εξωτερικότητες, επιπτώσεις οικισμών και εμπορικά πλεονεκτήματα.

Θεωρούν ότι οι δύο μέθοδοι μπορεί να οδηγήσουν σε πολύ διαφορετικές, ακόμα και αντίθετες, βαθμολογίες των διαφορετικών χωρικών προτύπων της οικονομικής δραστηριότητας. Ωστόσο, αυτό δεν πρέπει να προκαλεί έκπληξη, δεδομένου ότι οι δύο μέθοδοι απευθύνονται σε διαφορετικές ερευνητικές ερωτήσεις. Ο υπολογισμός του οικολογικού αποτυπώματος για πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπως μια πόλη ή μια μικρή χώρα με ένα συγκριτικά μεγάλο μέρος του πληθυσμού - π.χ. Νέα Υόρκη και Σιγκαπούρη αντίστοιχα - μπορεί να οδηγήσει στην θεώρηση των πληθυσμών αυτών ως "παρασιτικούς". Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυτές οι κοινότητες έχουν μικρή εγγενή βιολογική ικανότητα του πλανήτη, και αντ' αυτού πρέπει να στηρίζονται σε μεγαλύτερες ενδοχώρες (hinterlands). Οι επικριτές υποστηρίζουν ότι αυτό είναι ένας αμφίβολος χαρακτηρισμός από τη στιγμή που μηχανοποιημένοι αγρότες στις ανεπτυγμένες χώρες μπορούν εύκολα να καταναλώνουν περισσότερους πόρους από ό, τι οι κάτοικοι των αστικών περιοχών, λόγω των απαιτήσεων της μεταφοράς και της μη διαθεσιμότητας κλιμακωτών οικονομιών. Επιπλέον, τέτοια ηθικά συμπεράσματα φαίνεται να είναι ένα επιχείρημα για την αυτάρκεια. Ορισμένοι, υποστηρίζουν αυτή την άποψη και την ωθούν ένα βήμα παραπέρα, υποστηρίζοντας ότι το αποτύπωμα αρνείται τα οφέλη του εμπορίου. Ως εκ τούτου, οι κριτικοί υποστηρίζουν ότι το αποτύπωμα μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η μέθοδος φαίνεται να ανταμείβει την αντικατάσταση των αρχικών οικοσυστημάτων με υψηλής παραγωγικότητας γεωργικές μονοκαλλιέργειες με την ανάθεση υψηλότερης βιολογικής ικανότητας του πλανήτη σε τέτοιες περιοχές. Για παράδειγμα, η αντικατάσταση αρχαίων δασών ή των τροπικών δασών με δάση ή φυτείες μονοκαλλιέργειας μπορεί να βελτιώσει το οικολογικό αποτύπωμα. Παρομοίως, εάν οι αποδόσεις βιολογικής καλλιέργειας ήταν χαμηλότερες από εκείνες των συμβατικών μεθόδων, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στους καλλιεργητές των πρώτων να «τιμωρούνται» με ένα μεγαλύτερο οικολογικό αποτύπωμα.

Φυσικά, αυτή η αντίληψη, ενώ ισχύει, πηγάζει από την ιδέα της χρήσης του αποτυπώματος μόνο μετρικά. Εάν η χρήση των οικολογικών αποτυπωμάτων συμπληρώνεται με άλλους δείκτες, όπως έναν για τη βιοποικιλότητα, το πρόβλημα θα μπορούσε ίσως να λυθεί. Πράγματι, η έκθεση του WWF Living Planet συμπληρώνει τους διετείς υπολογισμούς αποτυπώματος με το Δείκτη βιοποικιλότητας Ζωντανού Πλανήτη (Living Planet Index of biodiversity). Οι Manfred Lenzen και Shauna Murray έχουν δημιουργήσει ένα τροποποιημένο οικολογικό αποτύπωμα που θα λαμβάνει υπόψη τη βιοποικιλότητα για χρήση στην Αυστραλία. Παρά το γεγονός ότι το μοντέλο οικολογικού αποτυπώματος πριν από το 2008 αντιμετώπιζε την πυρηνική ενέργεια με τον ίδιο τρόπο

όπως η ηλεκτροπαραγωγή με καύση άνθρακα, τα πραγματικά αποτελέσματα σε πραγματικό κόσμο των δύο είναι ριζικά διαφορετικά. Η ανάλυση του κύκλου ζωής που επικεντρώθηκε στις σουηδικές πυρηνικές εγκαταστάσεις Forsmark εκτίμησε τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε 3,10 g / kWh και 5,05 g / kWh το 2002 για το σταθμό πυρηνικής ενέργειας του Torness.

Αυτό συγκρίνεται με 11 g / kWh για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, 950 g / kWh για την καύση κάρβουνου, 900 g / kWh για το πετρέλαιο και 600 g / kWh για το φυσικό αέριο στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1999. Στοιχεία που δημοσιεύτηκαν από τον Mark Hertsgaard, ωστόσο, δείχνουν ότι λόγω των καθυστερήσεων στην κατασκευή πυρηνικών εργοστασίων και το κόστος που εμπλέκεται, οι επενδύσεις στην ενεργειακή απόδοση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν επτά φορές μεγαλύτερη απόδοση επένδυσης σε σύγκριση με τις επενδύσεις στον τομέα της πυρηνικής ενέργειας.

Η σουηδική εγκατάσταση Vattenfall έκανε μια μελέτη του πλήρους κύκλου ζωής των εκπομπών των Πυρηνικών, της υδροηλεκτρικής ενέργειας, του άνθρακα, του φυσικού αερίου, των ηλιακών κυψελών, της τύρφης και της αιολικής ενέργειας που χρησιμοποιεί η εγκατάσταση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το καθαρό αποτέλεσμα της μελέτης ήταν ότι η πυρηνική ενέργεια παράγει 3,3 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά KW-hr της παραγόμενης ενέργειας. Αυτό συγκρίνεται με 400 για φυσικό αέριο και 700 για τον άνθρακα (σύμφωνα με την παρούσα μελέτη). Η μελέτη κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι η πυρηνική ενέργεια παράγει το μικρότερο ποσό CO<sub>2</sub> από οποιαδήποτε από τις άλλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.

Υπάρχουν ισχυρισμοί ότι τα προβλήματα των πυρηνικών αποβλήτων δεν μπορούν να συγκριθούν με τα προβλήματα των αποβλήτων των ορυκτών καυσίμων.

Ένα άρθρο του 2004 από το BBC αναφέρει: "Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) αναφέρει ότι 3 εκατομμύρια άνθρωποι σκοτώνονται ετησίως σε όλο τον κόσμο από την εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση, από τα οχήματα και τις βιομηχανικές εκπομπές, και 1,6 εκατομμύρια στους εσωτερικούς χώρους μέσα από τη χρήση στερεών καυσίμων."

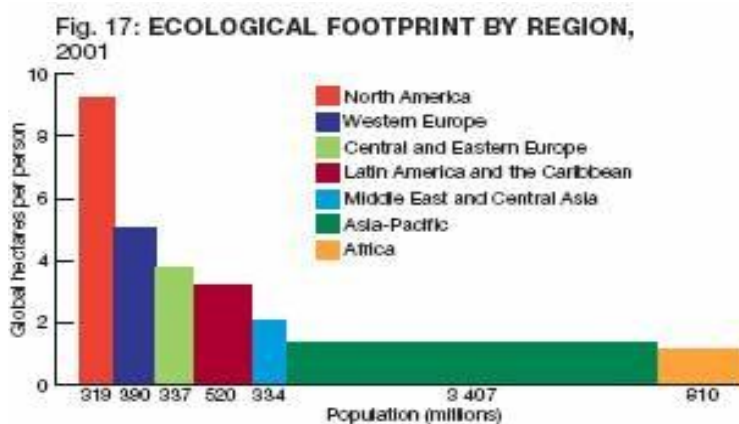
Στις ΗΠΑ μόνο, τα απόβλητα ορυκτών καυσίμων σκοτώνουν 20.000 ανθρώπους κάθε χρόνο. Μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα απελευθερώνει 100 φορές περισσότερη ακτινοβολία από ένα εργοστάσιο πυρηνικής ενέργειας της ίδιας ισχύος. Εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια του 1982, η καύση του άνθρακα στις ΗΠΑ απελευθέρωσε ραδιενέργειας στην ατμόσφαιρα 155 φορές όσο το περιστατικό στο Three Mile Island.

Επιπλέον, τα απόβλητα ορυκτών καυσίμων προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη, η οποία οδηγεί σε αύξηση των θανάτων από τυφώνες, πλημμύρες και άλλα

καιρικά φαινόμενα. Η Παγκόσμια Πυρηνική Ένωση παρέχει μια σύγκριση των θανάτων που οφείλονται σε ατυχήματα μεταξύ των διαφόρων μορφών παραγωγής ενέργειας. Σε σύγκριση με τους θανάτους ανά TW-yr της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται (στο Ηνωμένο Βασίλειο και ΗΠΑ) από το 1970 έως το 1992 παρατίθενται ως 885 για την υδροηλεκτρική ενέργεια, 342 για τον άνθρακα, 85 για το φυσικό αέριο, και 8 για τα πυρηνικά.

Ανά χώρα

Το μέσο παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα, το 2007 ήταν 2,7 παγκόσμια εκτάρια ανά άτομο. Ο μέσος όρος ανά χώρα κυμαίνεται από 10 έως πάνω από το 1 παγκόσμιο εκτάριο ανά άτομο. Υπάρχει επίσης μια μεγάλη διακύμανση στο εσωτερικό των χωρών, ανάλογα με τον ατομικό τρόπο ζωής.



Σχήμα 5: Το οικολογικό αποτύπωμα ανά περιοχή σε παγκόσμια εκτάρια ανά άτομο, για το έτος 2001.

## 1.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ο μέσος πολίτης του κόσμου έχει ένα οικολογικό αποτύπωμα περίπου 2,7 εκτάρια παγκόσμιου μέσου όρου, ενώ υπάρχουν μόλις 2,1 παγκόσμια εκτάρια γεωργικών γαιών και νερού ανά κάτοικο του πλανήτη. Αυτό σημαίνει ότι η ανθρωπότητα έχει ήδη ξεπεράσει την παγκόσμια βιολογική ικανότητα του πλανήτη κατά 30% και τώρα ζει μη βιώσιμα μειώνοντας τα αποθέματα του «φυσικού κεφαλαίου».

Η ανθρωπότητα βασίζεται σε προϊόντα και υπηρεσίες οικοσυστήματος συμπεριλαμβανομένων των πόρων, την ικανότητα απορρόφησης των αποβλήτων, καθώς και χώρο για να φιλοξενήσει αστικές υποδομές. Περιβαλλοντικές αλλαγές, όπως η αποψίλωση των δασών, η κατάρρευση της αλιείας, και η συσσώρευση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα δείχνουν ότι η ανθρώπινη ζήτηση είναι πολύ πιθανό να

υπερβεί την αναγεννητική ικανότητα απορρόφησης της βιόσφαιρας. Η προσεκτική διαχείριση της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης με τη βιόσφαιρα είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί η μελλοντική ευημερία και οι αξιόπιστες μετρήσεις είναι απαραίτητες, για την παρακολούθηση και της αναγεννητικής ικανότητας απορρόφησης των αποβλήτων από τη βιόσφαιρα. Η αξιολόγηση της σημερινής οικολογικής προσφοράς και ζήτησης, καθώς και οι ιστορικές τάσεις παρέχουν τη βάση για τον καθορισμό των στόχων, τον εντοπισμό των επιλογών για δράση, και την παρακολούθηση της προόδου προς τους δεδηλωμένους στόχους. Τα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα έχουν ως στόχο να παρέχουν μια τέτοια υπηρεσία κατά τρόπο που να μπορεί να εφαρμοστεί με συνέπεια σε όλες τις χώρες, καθώς και κατά την πάροδο του χρόνου.

Το 1997, ο Mathis Wackernagel και οι συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο Anahuac de Chalapa ξεκίνησαν την πρώτη συστηματική προσπάθεια για τον υπολογισμό του οικολογικού αποτυπώματος και τις βιολογικές ικανότητες των εθνών (Wackernagel et al. 1997). Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις, το Global Footprint Network, ξεκίνησε τα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα το 2003, με την πιο πρόσφατη έκδοση που εκδόθηκε το 2010.

Τα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα ποσοτικοποιούν την ετήσια προσφορά και ζήτηση για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες του οικοσυστήματος σε ένα στατικό, περιγραφικό, λογιστικό πλαίσιο. Παρέχουν το πλεονέκτημα της παρακολούθησης σε ένα συνδυασμένο τρόπο με τις επιπτώσεις των ανθρωπογενών πιέσεων που πιο τυπικά αξιολογούνται αυτοτελώς (η αλλαγή του κλίματος, η κατάρρευση της αλιείας, η υποβάθμιση του εδάφους, η αλλαγή στη χρήση γης, η κατανάλωση τροφής, κ.λπ.). Ωστόσο, όπως με τους περισσότερους συνολικά δείκτες, έχει το μειονέκτημα ότι συνεπάγεται μεγαλύτερο βαθμό της προσθετικότητας και της εναλλαξιμότητας μεταξύ των τύπων που περιλαμβάνονται στις χρήσεις γης από ό,τι είναι ίσως ρεαλιστικό.

Η ζήτηση που θέτουν οι πληθυσμοί και οι δραστηριότητες για τη βιόσφαιρα σε ένα δεδομένο έτος - με την ισχύουσα τεχνολογία και τη διαχείριση των πόρων του ίδιου έτους - είναι το οικολογικό αποτύπωμα. Η προσφορά που δημιουργείται από τη βιόσφαιρα, δηλαδή η βιολογική ικανότητα (βιοχωρητικότητα), είναι ένα μέτρο του ποσού της βιολογικά παραγωγικής γης και θαλάσσιας περιοχής διαθέσιμης για την παροχή των υπηρεσιών του οικοσυστήματος που η ανθρωπότητα καταναλώνει – ο οικολογικός μας προϋπολογισμός (Wackernagel et al, 2002.).

Η έκδοση του 2010 των Εθνικών Οικολογικών Αποτυπωμάτων υπολογίζει το Οικολογικό Αποτύπωμα και τις βιολογικές ικανότητες σε περισσότερες από 200 χώρες και



εδάφη, καθώς και παγκόσμια σύνολα, από το 1961 έως το 2007 (Global Footprint Network, 2010). Η πρόθεση των Εθνικών Οικολογικών Αποτυπωμάτων είναι η παροχή επιστημονικά τεκμηριωμένων και διαφανών υπολογισμών που επιτρέπουν συγκρίσεις της ζήτησης των χωρών σε σχέση με την παγκόσμια απορροφητική και αναγεννητική ικανότητα.

Οι υπολογισμοί των Εθνικών Οικολογικών Αποτυπωμάτων βασίζονται κατά κύριο λόγο στα διεθνή σύνολα δεδομένων που δημοσιεύθηκαν από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAOSTAT, 2010), το τμήμα Στατιστικής του ΟΗΕ (ΟΗΕ Commodity Trade Statistics Database - Comtrade ΟΗΕ 2010), και το Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA 2010). Άλλες πηγές δεδομένων περιλαμβάνουν μελέτες σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά και θεματικές συλλογές, μια πλήρης λίστα των συνόλων των δεδομένων προέλευσης περιλαμβάνεται στο οικολογικό αποτύπωμα Atlas 2010 (Ewing et al. 2010).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο**

### **“Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ”**

#### **2.1 Θεμελιώδεις παραδοχές για τον υπολογισμό του οικολογικού αποτυπώματος**

Ο υπολογισμός του οικολογικού αποτυπώματος βασίζεται σε 6 θεμελιώδεις υποθέσεις (υιοθετημένες από τον Wackernagel et al. 2002):

- Η πλειοψηφία των πόρων που καταναλώνουν οι άνθρωποι και τα απόβλητα που παράγουν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και να παρακολουθούνται.
- Ένα σημαντικό υποσύνολο αυτών των πόρων και των ροών αποβλήτων μπορεί να μετρηθεί με τους όρους της βιολογικά παραγωγικής αναγκαίας γης για να διατηρηθούν οι ροές. Οι ροές των πόρων και των αποβλήτων που δεν μπορούν να μετρηθούν εξαιρούνται από την αξιολόγηση, που οδηγεί σε συστηματική υποεκτίμηση του πραγματικού οικολογικού αποτυπώματος της ανθρωπότητας.
- Σταθμίζοντας κάθε περιοχή ανάλογα με την βιοπαραγωγικότητα της, διαφορετικοί τύποι περιοχών μπορούν να μετατραπούν σε κοινή μονάδα παγκόσμιων εκταρίων, εκτάρια με παγκόσμιο μέσο όρο βιοπαραγωγικότητας.
- Επειδή ένα μόνο παγκόσμιο εκτάριο αντιπροσωπεύει μια μόνο χρήση, και κάθε παγκόσμιο εκτάριο σε οποιοδήποτε δεδομένο έτος αντιπροσωπεύει το ίδιο ποσό της βιοπαραγωγικότητας, μπορούν να προστεθούν μεταξύ τους για να αποκτηθεί ένας συνολικός δείκτης του οικολογικού αποτυπώματος ή της βιοχωρητικότητας.
- Η ανθρώπινη ζήτηση, εκφραζόμενη ως το οικολογικό αποτύπωμα, μπορεί να συγκριθεί άμεσα με τον εφοδιασμό της φύσης, τη βιοχωρητικότητα, όταν και οι δύο εκφράζονται σε παγκόσμια εκτάρια.
- Η απαιτούμενη περιοχή μπορεί να υπερβαίνει την περιοχή που τροφοδοτείται, εάν η ζήτηση στο οικοσύστημα υπερβαίνει την αναγεννητική ικανότητα του οικοσυστήματος.

#### **2.2 Υπολογισμός αποτυπώματος και βιολογικής ικανότητας**

Το οικολογικό αποτύπωμα μετρά την κατάλληλη βιοχωρητικότητα, εκφρασμένη σε μέσα παγκόσμια βιοπαραγωγικά εκτάρια, για πέντε διαφορετικά είδη χρήσης της γης,

επιπρόσθετα με μία κατηγορία έμμεσης ζήτησης για βιοχωρητικότητα, με τη μορφή της ικανότητας απορρόφησης για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Το οικολογικό αποτύπωμα της παραγωγής,  $EF_P$ , αποτελεί πρωταρχική ζήτηση για βιοχωρητικότητα και υπολογίζεται ως:

$$EF_P = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF$$

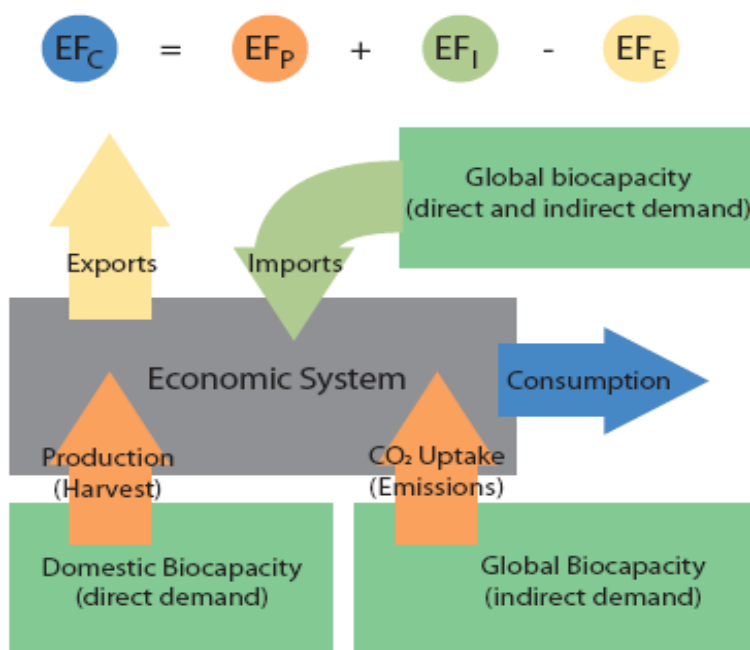
όπου  $P$  είναι η ποσότητα ενός προϊόντος που μαζεύεται ή του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα,  $Y_N$  είναι η εθνική μέση απόδοση για την  $P$  (ή ικανότητα πρόσληψης του άνθρακα), και  $YF$  και  $EQF$  είναι ο συντελεστής απόδοσης και ο συντελεστής ισοδυναμίας, αντίστοιχα, για τον τύπο χρήσης γης που εξετάζεται. Οι παράγοντες απόδοσης καλύπτουν τη διαφορά μεταξύ της τοπικής και της παγκόσμιας μέσης παραγωγικότητας για εύχρηστα προϊόντα μέσα σε ένα δεδομένο τύπο χρήσης γης. Υπολογίζονται ως η αναλογία του εθνικού μέσου όρου απόδοσης με τον παγκόσμιο μέσο όρο και, συνεπώς, διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα, τον τύπο χρήσης γης, και το έτος στο πλαίσιο των Εθνικών Οικολογικών Αποτυπωμάτων. Οι συντελεστές ισοδυναμίας μεταφράζουν την περιοχή ενός συγκεκριμένου τύπου χρήσης διαθέσιμης ή χρήσιμης γης σε μονάδες της μέσης παγκόσμιας βιολογικά παραγωγικής περιοχής. Έτσι, ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο χρήσης γης και του έτους. Οι συντελεστές ισοδυναμίας υπολογίζονται ως ο λόγος της μέγιστης δυναμικής οικολογικής παραγωγικότητας της μέσης παγκόσμιας γης ενός συγκεκριμένου τύπου χρήσης γης (π.χ. καλλιέργειες) και της μέσης παραγωγικότητας όλων των βιολογικά παραγωγικών εδαφών της Γης.

Όλες οι διαδικασίες παραγωγής βασίζονται σε κάποιο βαθμό στη χρήση της βιοχωρητικότητας, με την παροχή υλικών εισροών και την άρση των αποβλήτων σε διάφορα σημεία της παραγωγικής αλυσίδας. Έτσι όλα τα προϊόντα που φέρουν μαζί τους ένα ενσωματωμένο αποτύπωμα και οι διεθνείς εμπορικές ροές μπορεί να θεωρηθούν ως ροές της ενσωματωμένης ζήτησης για την βιοχωρητικότητα.

Με σκοπό να παρακολουθούμε τόσο την άμεση όσο και την έμμεση βιοχωρητικότητα που απαιτούνται για υποστηρίξουν τις καταναλωτικές συνήθειες των ανθρώπων, η μεθοδολογία του οικολογικού αποτυπώματος χρησιμοποιεί μια προσέγγιση βασισμένη στον καταναλωτή. Για κάθε τύπο χρήσης γης, το οικολογικό αποτύπωμα της κατανάλωσης ( $EF_C$ ) υπολογίζεται ως εξής:

$$EF_C = EF_P + EF_I - EF_E$$

όπου  $EF_P$  είναι το οικολογικό αποτύπωμα της παραγωγής και  $EF_I$  και  $EF_E$  είναι τα ενσωματωμένα αποτυπώματα σε εισαγόμενες και εξαγόμενες ροές εμπορευμάτων, αντίστοιχα. Τα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα υπολογίζουν το αποτύπωμα της εμφανούς κατανάλωσης, σαν δεδομένο σε μεταβολές των αποθεμάτων για διάφορα προϊόντα τα οποία δεν είναι γενικά διαθέσιμα. Ένα από τα πλεονεκτήματα του υπολογισμού των οικολογικών αποτυπωμάτων σε εθνικό επίπεδο είναι ότι αυτό είναι το επίπεδο συγκέντρωσης στο οποίο είναι πιο εύκολα διαθέσιμα λεπτομερή και συνεπή δεδομένα της παραγωγής και του εμπορίου. Οι πληροφορίες αυτές είναι απαραίτητες για την ορθή κατανομή των αποτυπωμάτων των εμπορεύσιμων αγαθών στους τελικούς καταναλωτές τους.



### 2.3 Παραγόμενα προϊόντα

Οι αξιολογήσεις του Οικολογικού Αποτυπώματος έχουν ως στόχο να μετρήσουν τη ζήτηση για βιοχωρητικότητα από την τελική ζήτηση, αλλά το οικολογικό αποτύπωμα αντιστοιχεί στο σημείο της πρωτοβάθμιας συγκομιδής ή των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι, η παρακολούθηση του ενσωματωμένου οικολογικού αποτυπώματος σε συμπληρωματικά προϊόντα είναι σημαντική στο έργο της ανάθεσης του οικολογικού αποτυπώματος της παραγωγής μέχρι τις τελικές χρήσεις που εξυπηρετεί. Τα πρωταρχικά και τα συμπληρωματικά προϊόντα σχετίζονται με προϊόντα συγκεκριμένων τιμών εξαγωγής. Το ποσοστό εξαγωγής για ένα παράγωγο προϊόν,  $EXTR_D$ , χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την πραγματική απόδοση ως εξής:

$$Y_D = Y_P \cdot EXTR_D$$

όπου  $Y_P$  και  $Y_D$  είναι η απόδοση για την πρωτογενή παραγωγή, και η πραγματική απόδοση για την συμπληρωματική παραγωγή, αντίστοιχα.

Συχνά το  $EXTR_D$  είναι απλώς η αναλογία μάζας των συμπληρωματικών προϊόντων που απαιτούνται για την πρωτογενή εισαγωγή. Η αναλογία αυτή είναι γνωστή ως τεχνικός συντελεστής μετατροπής (FAO, 2000a) για το συμπληρωματικό προϊόν, και συμβολίζεται  $TCF_D$  παρακάτω. Υπάρχουν λίγες περιπτώσεις όπου πολλαπλά συμπληρωματικά προϊόντα που δημιουργούνται ταυτόχρονα από το ίδιο πρωτογενές προϊόν. Για παράδειγμα, το σογιέλαιο και το κέικ σόγιας που προέρχονται ταυτόχρονα από το ίδιο πρωτογενές προϊόν, στην περίπτωση αυτή από τη σόγια. Σε αυτήν την κατάσταση, η άθροιση των πρωτογενών ισοδύναμων προϊόντων των συμπληρωματικών προϊόντων θα οδηγούσε σε διπλή καταμέτρηση. Για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα, το οικολογικό αποτύπωμα του πρωτογενούς προϊόντος πρέπει να κατανέμεται μεταξύ των ταυτόχρονα συμπληρωματικών προϊόντων. Το γενικό μοντέλο για την τιμή εξαγωγής για τα παράγωγα αγαθά  $D$  είναι:

$$EXTR_D = \frac{TCF_D}{FAF_D}$$

όπου  $FAF_D$  είναι ο συντελεστής κατανομής αποτυπώματος. Αυτό διαθέτει το αποτύπωμα ενός πρωτογενούς προϊόντος μεταξύ ταυτόχρονων συμπληρωματικών προϊόντων, σύμφωνα με τις  $TCF$ -σταθμισμένες τιμές. Οι τιμές των συμπληρωματικών προϊόντων αντιπροσωπεύουν τη σχετική συνεισφορά τους στο κίνητρο για τη συγκομιδή του πρωτογενούς προϊόντος. Η εξίσωση για το συντελεστή κατανομής αποτυπώματος ενός συμπληρωματικού προϊόντος είναι:

$$FAF_D = \frac{TCF_D \cdot V_D}{\sum TCF_i \cdot V_i}$$

όπου  $V_i$  είναι η τιμή αγοράς κάθε ταυτόχρονου συμπληρωματικού προϊόντος. Για μια αλυσίδα παραγωγής με μόνο ένα συμπληρωματικό προϊόν, τότε,  $FAF_D$  είναι 1 και η τιμή εξαγωγής είναι ίση με το τεχνικό συντελεστή μετατροπής.

Η βιοχωρητικότητα  $BC$  μιας χώρας για οποιοδήποτε τύπο χρήσης γης υπολογίζεται ως εξής:

$$BC = A \cdot YF \cdot EQF$$

όπου  $A$  είναι ο χώρος που διατίθεται για ένα συγκεκριμένο τύπο χρήσης γης και  $YF$  και  $EQF$  είναι ο συντελεστής απόδοσης και ο συντελεστή ισοδυναμίας, αντίστοιχα, για τη χώρα, το έτος, και τον τύπο χρήσης γης στην εν λόγω περίπτωση.

## **2.4 Κανονικοποίηση βιοπαραγωγικών περιοχών – από εκτάρια σε παγκόσμια εκτάρια**

Η μέση βιοπαραγωγικότητα διαφέρει μεταξύ των διαφόρων τύπων χρήσεων γης, καθώς και μεταξύ των χωρών για οποιονδήποτε τύπο χρήσης της γης. Για τη συγκρισιμότητα μεταξύ των χωρών και των τύπων χρήσης γης, το οικολογικό αποτύπωμα και η βιοχωρητικότητα συνήθως εκφράζονται σε μονάδες του παγκόσμιου μέσου όρου βιοπαραγωγικής περιοχής. Εκφράζοντας τα αποτυπώματα σε παγκόσμια εκτάρια, διευκολύνει επίσης την παρακολούθηση της ενσωματωμένης βιοπαραγωγικότητας στις διεθνείς εμπορικές ροές, όπως το GHA που μετράει την οικολογική παραγωγικότητα που απαιτείται για να διατηρήσει μια συγκεκριμένη ροή. Τα παγκόσμια εκτάρια παρέχουν περισσότερες πληροφορίες από ό,τι απλά το βάρος - το οποίο δεν αποτυπώνει την έκταση της γης και της θαλάσσιας περιοχής που χρησιμοποιούνται - ή την φυσική περιοχή - η οποία δεν αποτυπώνει πόση οικολογική παραγωγή συνδέεται με την εν λόγω γη. Οι συντελεστές απόδοσης και οι συντελεστές ισοδυναμίας είναι οι δύο συντελεστές που απαιτούνται για την έκφραση των αποτελεσμάτων με όρους παγκόσμιων εκταρίων (Monfreda et al, 2004; Galli et al, 2007), παρέχοντας έτσι τη συγκρισιμότητα μεταξύ του οικολογικού αποτυπώματος των διαφόρων χωρών καθώς και τις τιμές βιοχωρητικότητας.

## **2.5 Παράγοντες απόδοσης**

Οι παράγοντες απόδοσης λογαριάζουν για τις χώρες διάφορα επίπεδα παραγωγικότητας για συγκεκριμένες χρήσεις γης. Οι παράγοντες απόδοσης είναι ειδικοί για κάθε χώρα και διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο χρήσης γης και τη χρονιά. Μπορούν να αντανakλούν φυσικούς παράγοντες όπως οι διαφορές στην καθίζηση ή την ποιότητα του εδάφους, καθώς επίσης και ανθρωπογενείς διαφορές όπως πρακτικές διαχείρισης. Ο συντελεστής απόδοσης είναι η αναλογία του εθνικού μέσου όρου απόδοσης ως προς τον παγκόσμιο μέσο όρο. Θα υπολογίζεται με βάση την ετήσια διαθεσιμότητα των προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Για οποιαδήποτε χρήση γης τύπου  $L$ , ο συντελεστής απόδοσης μια χώρας  $YF_L$  δίνεται από:

$$YF_L = \frac{\sum A_{W,i}}{\sum A_{N,i}}$$

με  $\sum U$ , όπου  $U$  είναι το σύνολο όλων των χρησιμοποιούμενων πρωτογενών προϊόντων τα οποία αντιστοιχούν σε έναν δεδομένο τύπο χρήσης γης, και  $A_{W,i}$  και  $A_{N,i}$  είναι οι εκτάσεις που είναι αναγκαίες για να παράσχει αυτή η χώρα ετησίως την διαθέσιμη ποσότητα του προϊόντος  $i$  σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο, αντίστοιχα. Οι περιοχές αυτές υπολογίζονται ως εξής:

$$A_{N,i} = \frac{P_i}{Y_N} \quad \text{και} \quad A_{W,i} = \frac{P_i}{Y_W}$$

όπου  $P_i$  είναι η συνολική ετήσια αύξηση του εθνικού προϊόντος  $i$  και  $Y_N$  και  $Y_W$  είναι η εθνική και παγκόσμια απόδοση, αντίστοιχα. Έτσι η  $A_{N,i}$  είναι πάντα η περιοχή που παράγει  $i$  μέσα σε μια δεδομένη χώρα, ενώ  $A_{W,i}$  δίνει την ισοδύναμη περιοχή του παγκόσμιου μέσου όρου απόδοσης της γης  $i$ .

Με την εξαίρεση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, όλα τα άλλα είδη χρήσης της γης που περιλαμβάνονται στα Εθνικά Οικολογικά αποτυπώματα παρέχουν μόνο ένα πρωτογενές προϊόν, όπως το ξύλο από δασικές εκτάσεις ή το χόρτο από βοσκότοπους. Για αυτούς τους τύπους χρήσης γης, η εξίσωση για το συντελεστή απόδοσης απλοποιείται σε:

$$YF_L = \frac{Y_N}{Y_W}$$

Λόγω της δυσκολίας της ανάθεσης μιας απόδοσης για την οικοδομημένη γη, ο παράγοντας απόδοσης για αυτόν τον τύπο χρήσης γης αναμένεται να είναι ο ίδιος με εκείνον για την καλλιεργήσιμη γη (με άλλα λόγια, οι αστικές περιοχές που θεωρούνται ότι κτίστηκαν πάνω ή κοντά σε παραγωγικές γεωργικές εκτάσεις). Εξαιτίας έλλειψης λεπτομερών συνόλων από παγκόσμια δεδομένα, οι περιοχές που πλημμυρίζουν από υδροηλεκτρικούς ταμιευτήρες, θεωρείται ότι είχαν προηγουμένως μέση παγκόσμια παραγωγικότητα. Ο παράγοντας απόδοσης για την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα της γης υποτίθεται ότι είναι ο ίδιος με εκείνον για τις δασικές εκτάσεις, λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας των δεδομένων σχετικά με την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από τα άλλα είδη χρήσης της γης. Όλα τα εσωτερικά ύδατα προσδιορίζονται με έναν παράγοντα απόδοσης, λόγω της έλλειψης κατανοητών παγκόσμιων δεδομένων στις παραγωγικότητες των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού.

Yield	Cropland	Forest	Grazing Land	Fishing Grounds
<b>World Average</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>
Algeria	0.3	0.4	0.7	0.9
Germany	2.2	4.1	2.2	3.0
Hungary	1.1	2.6	1.9	0.0
Japan	1.3	1.4	2.2	0.8
Jordan	1.1	1.5	0.4	0.7
New Zealand	0.7	2.0	2.5	1.0
Zambia	0.2	0.2	1.5	0.0

Πίνακας 1: Ενδεικτικοί συντελεστές απόδοσης για επιλεγμένες χώρες (2007).

## 2.6 Συντελεστές ισοδυναμίας (Equivalent factors)

Για να συνδυάσουμε τα οικολογικά αποτυπώματα ή τις βιοχωρητικότητες διαφορετικών τύπων χρήσης γης, ένας δεύτερος συντελεστής είναι απαραίτητο. Οι συντελεστές ισοδυναμίας μετατρέπουν τις περιοχές των διαφόρων τύπων χρήσης γης, της αντίστοιχης παραγωγικότητας τους σε παγκόσμιο μέσο όρο, σε ισοδύναμες περιοχές τους με τη βιοπαραγωγικότητα σε παγκόσμιο μέσο όρο σε όλους τους τύπους χρήσης γης. Οι παράγοντες ισοδυναμίας διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο χρήσης γης καθώς και με το χρόνο. Η λογική πίσω από τον υπολογισμό των συντελεστών ισοδυναμίας, είναι για τη στάθμιση των διαφόρων τομέων της γης όσον αφορά την ικανότητά τους να παράγουν χρήσιμους πόρους για τους ανθρώπους. Το κριτήριο στάθμισης ως εκ τούτου δεν είναι μόνο η ποσότητα της βιομάζας που παράγεται, αλλά και η ποιότητα της βιομάζας, δηλαδή πόσο πολύτιμη είναι η βιομάζα για τους ανθρώπους.

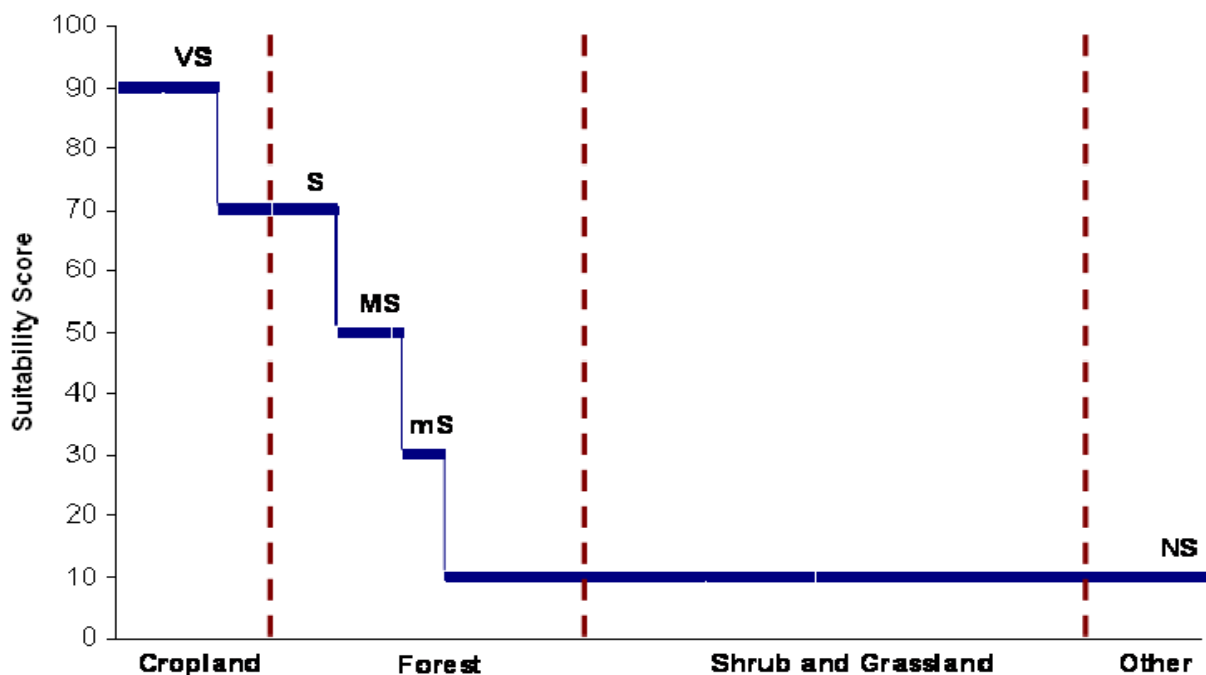
Οι τιμές της Καθαρής Πρωτογενούς Παραγωγής (NPP) έχουν προταθεί για τη χρήση της κλιμάκωσης παραγωγικότητας των χρήσεων γης (Venetoulis και Talberth, 2008). Ωστόσο, αυτό δεν θα επιτρέψει την ενσωμάτωση του κριτηρίου της "ποιότητας" στη διαδικασία κλιμάκωσης. Εύχρηστα στοιχεία NPP θα μπορούσαν θεωρητικά να χρησιμοποιηθούν ως συντελεστές στάθμισης, όπως και ότι θα επέτρεπαν να εντοπιστεί τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα της βιομάζας που παράγεται από τους τύπους χρήσης γης (Kitzes et al, 2009). Ωστόσο τα εύχρηστα NPP διαθέσιμα δεδομένα και η χρήση τους κατά τον υπολογισμό των συντελεστών ισοδυναμίας δεν έχουν δοκιμαστεί ακόμα από το Global Footprint Network,. Ως εκ τούτου, οι συντελεστές ισοδυναμίας σήμερα υπολογίζονται χρησιμοποιώντας δείκτες καταλληλότητας από το Παγκόσμιο Αγρο-Οικολογικό μοντέλο ζωνών (Global Agro-Ecological Zones model), σε συνδυασμό με



δεδομένα σχετικά με τις πραγματικές εκτάσεις των καλλιεργειών, δασικών εκτάσεων και βοσκοτοπικών εκτάσεων γης από τον FAOSTAT (FAO and IIASA Global Agro-Ecological Zones 2000 FAO ResourceSTAT Statistical Database 2007). Το μοντέλο GAEZ διαιρεί το σύνολο του εδάφους σε παγκόσμιο επίπεδο σε πέντε κατηγορίες, με βάση την υπολογισμένη εν δυνάμει παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Σε όλες τις εκτάσεις αποδίδεται ένας ποσοτικός δείκτης καταλληλότητας από τους ακόλουθους:

- Πολύ κατάλληλη (VS) - 0,9
- Κατάλληλη (S) – 0,7
- Μετρίως κατάλληλη (MS) – 0,5
- Οριακά κατάλληλη (mS) – 0,3
- Ακατάλληλη (NS) – 0,1

Ο υπολογισμός των συντελεστών ισοδυναμίας προϋποθέτει ότι σε κάθε χώρα η πλέον κατάλληλη διαθέσιμη γη θα μετατραπεί σε καλλιεργήσιμη γη, μετά από την οποία η πιο κατάλληλη υπόλοιπη γη θα είναι κάτω από δασική γη, και η λιγότερο κατάλληλη έκταση θα χρησιμοποιηθεί για βοσκοτόπια. Οι συντελεστές ισοδυναμίας που υπολογίζονται ως ο λόγος του παγκόσμιου μέσου όρου του δείκτη καταλληλότητας για ένα δεδομένο τύπο χρήσης γης με το μέσο όρο του δείκτη καταλληλότητας για όλους τους τύπους χρήσης γης. Το Σχήμα 6 δείχνει ένα σχηματικό αυτού του υπολογισμού.



Σχήμα 6: Σχηματική αναπαράσταση των υπολογισμών των συντελεστών ισοδυναμίας.

Ο συνολικός αριθμός των βιοπαραγωγικών εκταρίων γης φαίνεται από το μήκος του οριζόντιου άξονα. Κάθετες διακεκομμένες γραμμές χωρίζουν την συνολική έκταση σε τρεις χερσαίους τύπους χρήσης της γης για τους οποίους υπολογίζονται οι συντελεστές ισοδυναμίας (καλλιεργούμενες εκτάσεις, δάση, και βοσκότοποι). Το μήκος της κάθε οριζόντιας γραμμής στο γράφημα δείχνει το συνολικό ποσό των εκτάσεων που διατίθενται με κάθε δείκτη καταλληλότητας. Η κατακόρυφη θέση της κάθε ράβδου αντικατοπτρίζει το σκορ καταλληλότητας για το συγκεκριμένο δείκτη καταλληλότητας, μεταξύ 10 και 90.

Για τους ίδιους λόγους που αναφέρονται ανωτέρω, ο συντελεστής ισοδυναμίας για αστική γη έχει οριστεί ίσος με εκείνον για καλλιεργούμενες εκτάσεις, ενώ η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα γης έχει οριστεί ίση με εκείνη των δασικών εκτάσεων. Ο παράγοντας ισοδυναμίας για την περιοχή υδροηλεκτρικής δεξαμενής έχει οριστεί ίσος με ένα, αντανακλώντας την υπόθεση ότι οι υδροηλεκτρικών δεξαμενές καταλαμβάνουν γη κατά έναν παγκόσμιο μέσο όρο. Ο παράγοντας ισοδυναμίας για τις θαλάσσιες περιοχές υπολογίζεται έτσι ώστε ένα ενιαίο παγκόσμιο εκτάριο βοσκοτόπων θα παράγει ένα ποσό των θερμίδων του βοείου κρέατος ισούται με το ποσό των θερμίδων του σολομού που μπορεί να παραχθεί από ένα ενιαίο παγκόσμιο εκτάριο της θαλάσσιας περιοχής. Ο παράγοντας ισοδυναμίας για εσωτερικά ύδατα έχει οριστεί ίσος με το συντελεστή ισοδυναμίας για τη θαλάσσια περιοχή. Ο πίνακας 2 δείχνει τις συντελεστές ισοδυναμίας για τους τύπους χρήσης γης στο Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα 2010, στοιχεία έτους 2007.

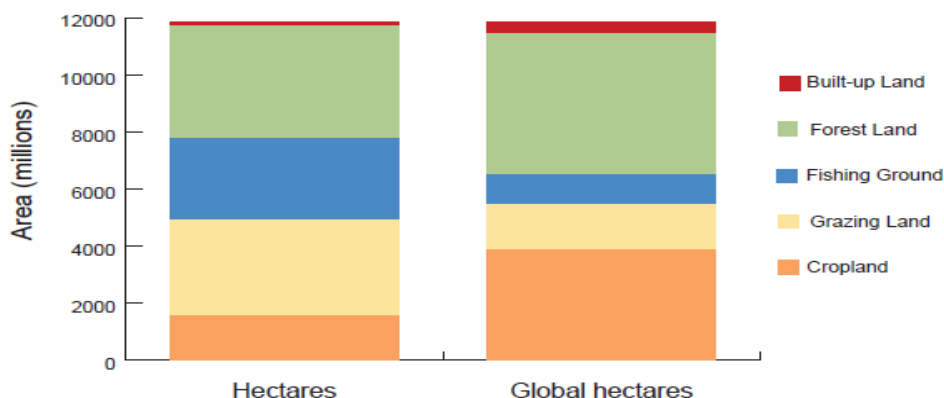
Area Type	Equivalence Factor [global hectares per hectare]
Cropland	2.51
Forest	1.26
Grazing Land	0.46
Marine & Inland Water	0.37
Built-up Land	2.51

Πίνακας 2: Συντελεστές ισοδυναμίας, 2007.

Ο Συντελεστής ισοδυναμίας των γαιών 2,51 δείχνει ότι η παγκόσμια μέση παραγωγικότητα της καλλιεργήσιμης γης ήταν περισσότερη από το διπλάσιο του μέσου όρου της παραγωγικότητας όλης της γης συνδυασμένης. Την ίδια χρονιά, οι βοσκότοποι είχαν συντελεστή ισοδυναμίας 0,46, που δείχνει ότι τα βοσκοτόπια ήταν, κατά μέσο όρο, το 46 τοις εκατό παραγωγικά σε σύγκριση με το παγκόσμιο μέσο όρο των βιοπαραγωγικών εκτάριων.

## 2.7 Οι Τύποι χρήσεων γής στα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα

Το οικολογικό αποτύπωμα αποτελεί τη ζήτηση για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες του οικοσυστήματος όσον αφορά αυτούς τους τύπους χρήσης γης, ενώ η βιολογική ικανότητα αντιπροσωπεύει την διαθέσιμη παραγωγικότητα για να εξυπηρετήσει κάθε χρήση. Το 2007, η περιοχή της βιολογικά παραγωγικής γης και νερού στη Γη ήταν περίπου 12 δισεκατομμύρια εκτάρια. Μετά από πολλαπλασιασμό με τους συντελεστές ισοδυναμίας, η σχετική επιφάνεια της για κάθε τύπο χρήσης γης εκφρασμένη σε παγκόσμια εκτάρια διαφέρει από την κατανομή των πραγματικών εκταρίων όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7: Σχετική έκταση των τύπων χρήσης γης σε όλο τον κόσμο σε εκτάρια και παγκόσμια εκτάρια, το 2007.

Τα Αποτυπώματα έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να αποδώσει συντηρητικές εκτιμήσεις της παγκόσμιας υπερύψωσης, καθώς οι τιμές αποτυπώματος σταθερά υποτιμώνται, ενώ χρησιμοποιούνται πραγματικές και όχι σταθερές τιμές για τη βιολογική ικανότητα του πλανήτη. Για παράδειγμα, η ανθρώπινη ζήτηση, όπως αναφέρθηκε από το Οικολογικό Αποτύπωμα, έχει υποτιμηθεί εξαιτίας του αποκλεισμού της κατανάλωσης του γλυκού νερού, της διάβρωσης του εδάφους, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εκτός του CO<sub>2</sub>, καθώς και τις επιπτώσεις για τις οποίες δεν υπάρχει αναγεννητική ικανότητα (π.χ. ρύπανση από την άποψη της παραγωγής αποβλήτων, τοξικότητα, ο ευτροφισμός, κλπ.). Παράλληλα, η προμήθεια που προσφέρει η βίοςφαιρα έχει υπερεκτιμηθεί όσο η υποβάθμιση του εδάφους και η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της εξόρυξης πόρων δεν λαμβάνεται υπόψη.

## **2.8 Καλλιεργήσιμη γη**

Η καλλιεργήσιμη γη αποτελείται από την έκταση που απαιτείται για να αυξηθούν όλα τα φυτικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των τροφών των ζώων, τα ιχθυάλευρα, τα ελαιούχα φυτά και το καουτσούκ. Αυτοί είναι οι πιο βιοπαραγωγικοί τύποι χρήσης γης που περιλαμβάνονται στα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα. Με άλλα λόγια, ο αριθμός των παγκόσμιων εκταρίων των καλλιεργειών είναι μεγάλος σε σύγκριση με τον αριθμό των φυσικών εκταρίων των καλλιεργειών στον κόσμο. Σε όλο τον κόσμο το 2007 υπήρχαν 1.550 εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργήσιμης γης που χαρακτηρίζονται ως (FAO ResourceSTAT Βάση Δεδομένων 2007). Τα Εθνικά Οικολογικά Αποτυπώματα υπολογίζουν το αποτύπωμα των καλλιεργειών σύμφωνα με τις ποσότητες παραγωγής από 164 διαφορετικές κατηγορίες καλλιεργειών. Το αποτύπωμα του κάθε είδους καλλιέργειας υπολογίζεται ως η περιοχή των καλλιεργειών που θα απαιτούνταν για να παραχθεί η ποσότητα συγκομιδής με μέσες παγκόσμιες αποδόσεις. Η καλλιεργήσιμη βιοχωρητικότητα αντιπροσωπεύει τη συνδυασμένη παραγωγικότητα όλων των εδαφών που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια, την οποία το αποτύπωμα της καλλιεργήσιμης γης δεν μπορεί να υπερβεί. Ως ένα ενεργά διαχειριζόμενο τύπο χρήσης γης, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις έχουν αποδόσεις συγκομιδής ίσες εξ ορισμού με τις αποδόσεις της ανάπτυξης και ως εκ τούτου δεν είναι δυνατόν για το αποτύπωμα της παραγωγής αυτού του τύπου χρήσης γης να υπερβαίνει τη βιοχωρητικότητα σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη περιοχή (Kitzes et al., 2009b). Η ενδεχόμενη διαθεσιμότητα των δεδομένων στη σημερινή ιστορική και βιώσιμη απόδοση των καλλιεργειών θα επιτρέψει τη βελτίωση του υπολογισμού του αποτυπώματος των καλλιεργειών και την παρακολούθηση της υπερεκμετάλλευσής τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### “ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ”

Ένα αποτύπωμα άνθρακα ιστορικά έχει οριστεί ως «το συνολικό σύνολο των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) που προκαλείται από έναν οργανισμό, γεγονός, προϊόν ή πρόσωπο.»

Ωστόσο, ο υπολογισμός του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα είναι αδύνατος λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που απαιτούνται, οι Wright, Kemp, και Williams, γράφοντας στο περιοδικό Διοίκηση του άνθρακα (Carbon Management), πρότεινε ένα πιο δόκιμο ορισμό: «Είναι ένα μέτρο του συνολικού ποσού του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και του μεθάνιου (CH<sub>4</sub>) από ένα συγκεκριμένο πληθυσμό, σύστημα ή δραστηριότητα, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές πηγές, ταμειυτήρες και αποθήκευση εντός των χωρικών και χρονικών ορίων του πληθυσμού, του συστήματος ή της δραστηριότητας στην οποία αναφέρεται. Υπολογίζεται ως ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>e) χρησιμοποιώντας η σχετικό εκατονταετές δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP100).” Τα αέρια του θερμοκηπίου μπορεί να εκπέμπονται μέσω των μεταφορών, εκχερσώσεις, καθώς και από την παραγωγή και την κατανάλωση των καυσίμων, τα τρόφιμα, τα βιομηχανικά προϊόντα, τα υλικά, το ξύλο, τους δρόμους, τα κτίρια και τις υπηρεσίες. Για να εξηγηθεί απλούστερα, συχνά εκφράζεται από την άποψη της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα, ή το ισοδύναμό του από άλλα αέρια του θερμοκηπίου, που εκπέμπονται.

Οι περισσότερες από τις εκπομπές του αποτυπώματος άνθρακα για το μέσο νοικοκυριό των ΗΠΑ προέρχονται από τις "έμμεσες" πηγές, δηλαδή καύσιμα τα οποία καίγονται για την παραγωγή αγαθών μακριά από τον τελικό καταναλωτή. Αυτά διακρίνονται από τις εκπομπές που προέρχονται από την καύση του καυσίμου απευθείας στο αυτοκίνητο ή τη σόμπα του τελικού καταναλωτή, που συνήθως αναφέρονται ως "άμεση" πηγή του αποτυπώματος άνθρακα του καταναλωτή. Το όνομα έννοια του αποτυπώματος άνθρακα προέρχεται από τη συζήτηση γύρω από το οικολογικό αποτύπωμα, η οποία αναπτύχθηκε από τους Rees και Wackernagel τη δεκαετία του 1990. Ωστόσο, το αποτύπωμα του άνθρακα είναι πολύ πιο συγκεκριμένο από ό,τι το οικολογικό αποτύπωμα, δεδομένου ότι μετρά τις άμεσες εκπομπές των αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή στην ατμόσφαιρα.

### **3.1 Η μέτρηση του αποτυπώματος άνθρακα**

Το αποτύπωμα άνθρακα ενός έθνους, ενός ατόμου ή ενός οργανισμού μπορεί να μετρηθεί με την εκτίμηση για την ανάληψη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ή άλλες υπολογιστικές δραστηριότητες και συμβολίζεται ως λογιστική άνθρακα (Carbon accounting). Μόλις το μέγεθος ενός αποτυπώματος άνθρακα είναι γνωστό, μπορεί να επινοηθεί μία στρατηγική για να μειωθούν οι εκπομπές, π.χ. από τις τεχνολογικές εξελίξεις, την καλύτερη διαχείριση των διαδικασιών και των προϊόντων, διαφοροποιημένες Πράσινες Δημόσιες ή ιδιωτικές συμβάσεις (ΠΔΣ), τη δέσμευση του άνθρακα, τις στρατηγικές κατανάλωσης, και άλλα. Υπάρχουν πολλές δωρεάν online αριθμομηχανές αποτυπώματος άνθρακα οι οποίες το υπολογίζουν ανάλογα με τη δραστηριότητα.

Η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα μέσω της ανάπτυξης εναλλακτικών σχεδίων, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια ή η αναδάσωση, αποτελεί ένα τρόπο για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα και είναι συχνά γνωστή ως αντιστάθμιση άνθρακα. Οι κύριες επιρροές για το αποτύπωμα άνθρακα περιλαμβάνουν τον πληθυσμό, την οικονομική απόδοση, την ενέργεια και την ένταση του άνθρακα της οικονομίας. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι κύριοι στόχοι των ατόμων και των επιχειρήσεων, προκειμένου να μειώσουν το αποτύπωμα του άνθρακα. Οι μελετητές προτείνουν ότι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα είναι να μειωθεί είτε το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή ή να μειωθεί η εξάρτηση από καύσιμα που εκπέμπουν άνθρακα.

### **3.2 Το αποτύπωμα άνθρακα στα προϊόντα**

Πολλές οργανώσεις έχουν υπολογίσει το αποτύπωμα άνθρακα των προϊόντων. Η αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος έχει ασχοληθεί με το χαρτί, το πλαστικό (περιτυλίγματα καραμελών), το γυαλί, τα μεταλλικά κουτιά, τους υπολογιστές, τα χαλιά και τα ελαστικά. Η Αυστραλία έχει ασχοληθεί με την ξυλεία και άλλα δομικά υλικά. Ακαδημαϊκοί στην Αυστραλία, την Κορέα και τις ΗΠΑ έχουν ασχοληθεί με ασφαλοστρωμένους δρόμους. Οι εταιρείες, μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί και ακαδημαϊκοί έχουν ασχοληθεί με επιστολές αλληλογραφίας και δεμάτων. Το Carnegie Mellon University έχει υπολογίσει το αποτύπωμα των εκπομπών CO<sub>2</sub> των 46 μεγάλων τομέων της οικονομίας σε κάθε ένα από οκτώ χώρες. Το Carnegie Mellon της Σουηδίας και το Carbon Trust έχουν ασχοληθεί με τα τρόφιμα στο σπίτι και στα εστιατόρια. Το Carbon Trust έχει συνεργαστεί με τους κατασκευαστές του Ηνωμένου Βασιλείου για παρασκευαστές

τροφίμων, απορρυπαντικών και, εισάγοντας μια ετικέτα CO<sub>2</sub> τον Μάρτιο του 2007. Η ετικέτα έχει ως στόχο τη συμμόρφωση με τη νέα βρετανική Δημοσία Διαθέσιμη Προδιαγραφή (δηλαδή όχι μια τυπική), PAS 2050, και είναι ενεργή πιλοτικά από την Carbon Trust και διάφορους βιομηχανικούς εταίρους. Από τον Αύγουστο του 2012, η Carbon Trust δηλώνει ότι έχουν μετρηθεί πιστοποιήσιμα αποτυπώματα άνθρακα 27.000 προϊόντων.

Η αξιολόγηση της συσκευασίας ορισμένων προϊόντων είναι το κλειδί για να υπολογιστεί το αποτύπωμα άνθρακα. Ο βασικός τρόπος για να καθοριστεί ένα αποτύπωμα άνθρακα είναι να εξετάσουμε τα υλικά που χρησιμοποιούνται για να συνθέσουν το στοιχείο. Για παράδειγμα, ένα χαρτοκιβώτιο χυμού γίνεται από ένα ασηπτικό χαρτοκιβώτιο, μια μπύρα μπορεί είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο, και μερικά μπουκάλια νερού, είτε είναι κατασκευασμένα από γυαλί ή από πλαστικό. Όσο μεγαλύτερο το μέγεθος, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το αποτύπωμα.

### **3.3 Το αποτύπωμα άνθρακα της ηλεκτρικής ενέργειας**

Ο παρακάτω πίνακας συγκρίνει, από κριτικές μελέτες του πλήρους κύκλου ζωής των εκπομπών και από διάφορες άλλες μελέτες, το αποτύπωμα άνθρακα των διαφόρων μορφών παραγωγής ενέργειας: πυρηνική, υδροηλεκτρική, άνθρακας, φυσικό αέριο, ηλιακών κυψελών, τύρφης και παραγωγής Αιολικής τεχνολογίας.

Η μελέτη κατά Vattenfall εκτίμησε ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική ενέργεια και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι υπεύθυνες για πολύ λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα ορυκτά καύσιμα.

Οι μελέτες αυτές κατέληξαν έτσι ότι η υδροηλεκτρική, η αιολική και η πυρηνική ενέργεια παράγουν πάντα τις λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά κιλοβατώρα από άλλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας. Τα στοιχεία αυτά δεν αναφέρονται στις εκπομπές που οφείλονται σε ατυχήματα ή τρομοκρατικές ενέργειες. Οι ανανεώσιμες μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, για παράδειγμα αιολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας, δεν εκπέμπουν άνθρακα από τη λειτουργία τους, αλλά αφήνουν ένα ίχνος κατά τη φάση κατασκευής και συντήρησης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

Το αποτύπωμα διοξειδίου του άνθρακα ανά κιλοβατώρα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται είναι περίπου το μισό των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub> του κόσμου. Το αποτύπωμα CO<sub>2</sub> για την παραγωγή θερμότητας είναι εξίσου σημαντικό και η έρευνα δείχνει ότι η χρήση της θερμότητας που εκλύεται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

στη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας τηλεθέρμανσης, CHP / DH έχει το χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα, πολύ χαμηλότερο από τις αντλίες θερμότητας.

### **3.4 Η κλιματική αλλαγή ως ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα**

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) αναφέρεται στην αλλαγή του κλίματος ως μια αλλαγή στην μέση και / ή τη μεταβλητότητα του κλίματος που είναι αναγνωρίσιμη (π.χ., με τη χρήση στατιστικών δοκιμών), και επίμονη για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο, συνήθως δεκαετίες ή και περισσότερο. Αναφέρεται σε οποιαδήποτε αλλαγή του κλίματος κατά την πάροδο του χρόνου, είτε λόγω της φυσικής μεταβλητότητας ή σε ένα αποτέλεσμα από ανθρώπινη δραστηριότητα. Η έννοια αυτή διαφέρει από εκείνη των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), όπου η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε μια αλλαγή του κλίματος, η οποία αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα, που μεταβάλλει τη σύνθεση της ατμόσφαιρας του πλανήτη, και παρατηρείται για συγκρίσιμες περιόδους, εκτός από τη φυσική μεταβλητότητα του κλίματος (IPCC 2007a).

Η πρώτη έκθεση της IPCC που υποβλήθηκε το 1990 επιβεβαίωσε την κληρονομιά του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, και ουσιαστικά προσδιόρισε δύο κύριες αιτίες: η χρήση ορυκτών καυσίμων που σχετίζονται με τα αέρια του θερμοκηπίου (GHG) και τη μείωση του κεφαλαίου των δεξαμενών του διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη, ιδιαίτερα των δασών. Η έκθεση υπογράμμισε την ανάγκη να αναπτυχθεί μια συνολική στρατηγική για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών της, την εκπόνηση των παρακάτω βασικών αρχών πάνω στις οποίες να βασιστεί μια πιθανή διεθνής σύμβαση:

- Η ανάγκη για ευαισθητοποίηση όλων των χωρών στην παγκόσμια φύση του φαινομένου,
- Η χρήση ενός κριτηρίου ιδίων κεφαλαίων για τον προσδιορισμό δράσεων αντιμετώπισης,
- Η ύπαρξη κοινών αρμοδιοτήτων σε όλες τις χώρες, αλλά με διαφοροποίηση ανάλογα με το βαθμό της οικονομικής ανάπτυξης της κάθε χώρας,
- Η αρχή της προφύλαξης, η οποία αναφέρει ότι η αβεβαιότητα των φαινομένων από επιστημονική άποψη δεν αποτελεί δικαιολογία για να μην αντιμετωπιστεί το πρόβλημα.

Την ίδια χρονιά, στη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών, δημιουργήθηκε η σύμβαση UNFCCC, η οποία εγκρίθηκε στις 9 Μαΐου 1992. Η σύμβαση τέθηκε σε ισχύ τον Μάρτιο 21, 1994. Επί του παρόντος, 194 μέρη (193 κράτη και 1 οργανισμός περιφερειακής οικονομικής ολοκλήρωσης) έχουν υπογράψει τη σύμβαση. Η σύμβαση συμπληρώνεται



από το πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο εγκρίθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 1997 και τέθηκε σε ισχύ την 16η Φεβρουαρίου του 2005. Σύμφωνα με αυτή τη συνθήκη, 37 βιομηχανικές χώρες και η Ευρωπαϊκή κοινότητα έχει δεσμευτεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά μέσο όρο 5% από τα επίπεδα του 1990 κατά τη διάρκεια της 5-ετούς περιόδου 2008-2012 (πρώτη περίοδος δέσμευσης). Μέχρι σήμερα, 192 μέρη έχουν επικυρώσει τη συνθήκη. Η διαφορά μεταξύ της σύμβασης και του πρωτοκόλλου είναι ότι η σύμβαση ενθαρρύνει τις βιομηχανικές χώρες για τη σταθεροποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ το πρωτόκολλο έχει ο συγκεκριμένος στόχος για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Ο απώτερος στόχος της UNFCCC είναι να σταθεροποιηθούν οι συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδα τα οποία αποτρέπουν την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρεμβολή στο κλιματικό σύστημα. Ένα τέτοιο επίπεδο πρέπει να επιτευχθεί εντός επαρκούς χρονικού πλαισίου για να μπορέσουν τα οικοσυστήματα να προσαρμοσθούν με φυσικό τρόπο στην αλλαγή του κλίματος, εξασφαλίζοντας ότι η παραγωγή τροφίμων δεν απειλείται, και θα επιτρέψει στην οικονομική ανάπτυξη να προχωρήσει με βιώσιμο τρόπο.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι μια διεθνής συνθήκη για την περιβαλλοντική υπερθέρμανση του πλανήτη, η οποία υπεγράφη στις 11 Δεκεμβρίου 1997 από περισσότερες από 160 χώρες σε διάσκεψη της UNFCCC. Η συνθήκη τέθηκε σε ισχύ την 16η Φεβρουαρίου του 2005, μετά την επικύρωσή του από τη Ρωσία. Για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου, ήταν απαραίτητο ότι θα πρέπει να επικυρωθεί από τουλάχιστον 55 χώρες που υπέγραψαν και από την επικύρωση να προκύψει τουλάχιστον το 55% του συνόλου των παγκόσμιων εκπομπών. Η Συνθήκη προβλέπει την υποχρέωση των ανεπτυγμένων χωρών την περίοδο 2008-2012 για τη μείωση των εκπομπών ρύπων (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες (HFC), υπερφθοράνθρακες (PFC) και εξαφθοριούχο θείο) με όχι λιγότερο από το 5% των εκπομπών που καταγράφονται σε 1990, το οποίο θεωρείται ως το έτος βάσης.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο υπαγορεύει ότι οι χώρες πρέπει να επιτύχουν τους στόχους τους κυρίως μέσω εθνικών μέτρων. Ωστόσο, το πρωτόκολλο προσφέρει επίσης στις υπογράφουσες χώρες τρεις μηχανισμούς βασισμένους στην αγορά για να επιτύχουν τους στόχους τους: το Μηχανισμό Εμπορίας Εκπομπών, τον Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ) και το Μηχανισμό Κοινής Εφαρμογής (JI). Επιπλέον, το πρωτόκολλο προβλέπει ότι οι εκπομπές των χωρών πρέπει να παρακολουθούνται και πρέπει να τηρούνται ακριβή στοιχεία σχετικά με τη διαδικασία διαπραγμάτευσης. Ένα σύστημα

μητρώων εντοπίζει και αρχειοθετεί τις συναλλαγές μεταξύ των μερών σύμφωνα με τους διαφορετικούς μηχανισμούς. Η Γραμματεία του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή διατηρεί ένα διεθνές ημερολόγιο συναλλαγών ώστε να επαληθεύει ότι οι συναλλαγές είναι σύμφωνες με τους κανόνες του πρωτοκόλλου. Επιπλέον, γίνεται περιοδική αναφορά από τα μέρη με την υποβολή των ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε απογραφές και εθνικές εκθέσεις.

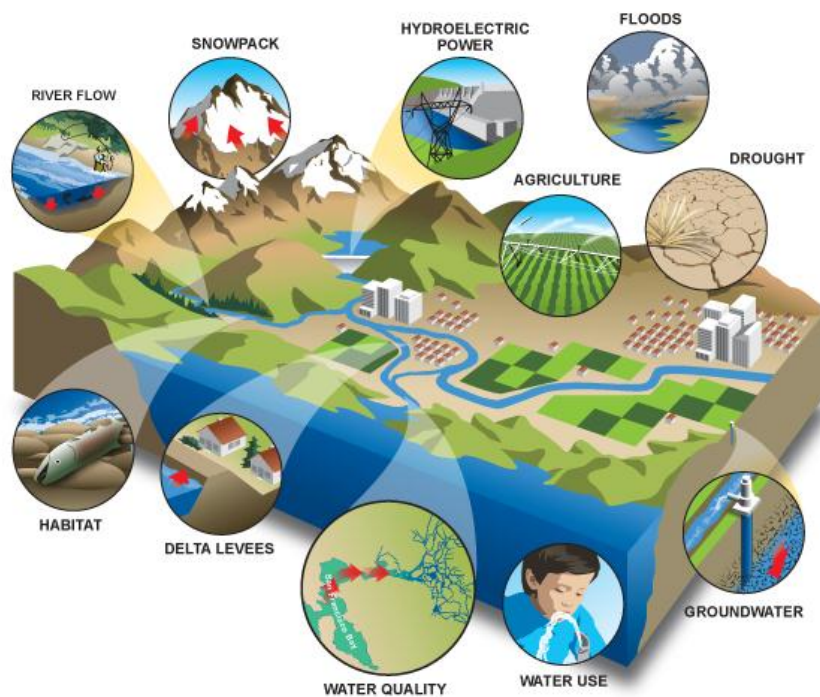
Το άρθρο 3 του Πρωτοκόλλου του Κιότο επιτρέπει σε κάθε συμβαλλόμενο μέρος που υπογράφει, να περιλάβει στην ετήσια απογραφή αερίων του θερμοκηπίου πληροφορίες σχετικά με τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που ενδέχεται να έχουν καταργηθεί μέσω των καταβόθρων που προκύπτουν από δραστηριότητες της χρήση γης, της αλλαγής της χρήσης γης και της δασοκομίας (LULUCF). Ειδικότερα, η παράγραφος 3 του άρθρου 3, σχετίζεται με τις δραστηριότητες δάσωσης, αναδάσωσης και της αποψίλωσης των δασών, η οποίες είχαν αρχίσει από το 1990 και προήλθαν από άμεσες ανθρωπογενείς μετατροπές. Στο πλαίσιο της παραγράφου 3.4, κάθε μέρος μπορεί να επιλέξει να λογοδοτήσει για τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες απομακρύνονται μέσω των καταβόθρων που προκύπτουν από οποιαδήποτε ή από όλες τις ακόλουθες ανθρωπογενείς δραστηριότητες: διαχείριση των δασών, τη διαχείριση καλλιεργήσιμων εκτάσεων, τη διαχείριση βοσκότοπων και την αποκατάσταση της φυτοκάλυψης. Οι δραστηριότητες που περικλείονται στο άρθρο 3.4 περιλαμβάνουν εδάφη που δεν έχουν υποστεί μετατροπή από το 1990, αλλά κατά τα άλλα, υπόκεινται σε μια συγκεκριμένη χρήση γης (UNFCCC 2005a, b).

Η Σύμβαση και το Πρωτόκολλο του Κιότο έχουν επίσης σχεδιαστεί για να βοηθήσουν τις χώρες να προσαρμοστούν στις δυσμενείς επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος. Η σύμβαση διευκολύνει την ανάπτυξη και την ανάπτυξη των τεχνικών που μπορούν να βοηθήσουν στην αύξηση της προσαρμοστικότητας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Για το σκοπό αυτό, το Ταμείο Προσαρμογής ιδρύθηκε για τη χρηματοδότηση έργων και προγραμμάτων προσαρμογής στις αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες έχουν γίνει πλήρη μέρη του πρωτοκόλλου. Το ταμείο χρηματοδοτείται κυρίως με ένα μέρος των κεφαλαίων που σχετίζονται με δραστηριότητες έργων CDM. Επί του παρόντος, οι διαπραγματεύσεις για τη δεύτερη περίοδο δέσμευσης βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι σε εξέλιξη, και είναι προσανατολισμένες σε πιο αυστηρές μειώσεις των εκπομπών, όπως υποδεικνύεται από την IPCC σε πρόσφατες εκθέσεις της.

### 3.5 Οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής

Η Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης (FAR) από την IPCC (2007a), επιβεβαιώνει ότι οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής δεν θα πρέπει να περιορίζονται μόνο σε μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, αλλά αυτό θα συνεπάγεται επίσης την αλλαγή ολόκληρου του κλιματικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένων της βροχής, των ανέμων, της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων, που έχουν διαφορετικό αντίκτυπο στις διάφορες περιοχές του κόσμου. Οι μελέτες που πραγματοποιούνται με μοντέλα παγκόσμιας κυκλοφορίας (GCM) και των περιφερειακών μοντέλων κυκλοφορίας (RCM) σε σχέση με την Ευρώπη έχουν δηλώσει τα εξής:

- Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην Ευρώπη,
- Μείωση των βροχοπτώσεων στη νότια Ευρώπη,
- Αύξηση των βροχοπτώσεων στη Βόρεια Ευρώπη,
- Πιθανή αύξηση της συχνότητας των βαρέων βροχοπτώσεων σε όλη την Ευρώπη.



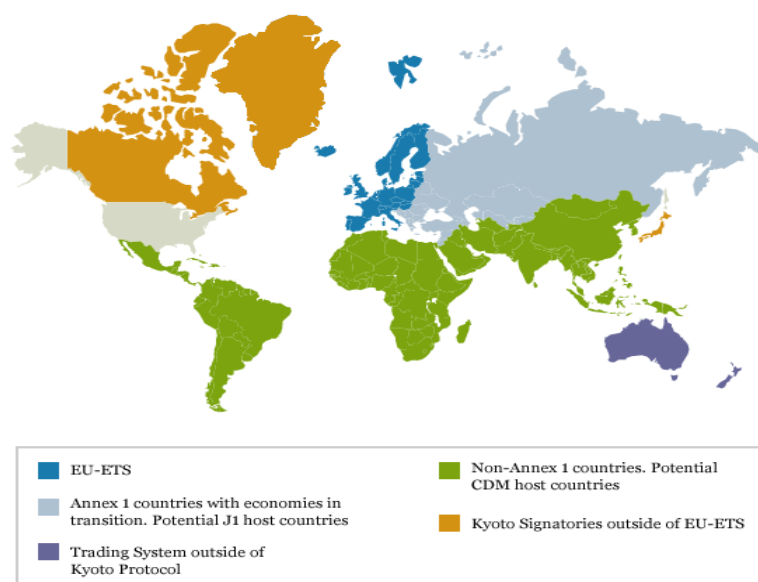
Σχήμα 8: Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Στην πραγματικότητα, τα κλιματολογικά στοιχεία δείχνουν ότι ενώ η λειψυδρία θα είναι ένα μελλοντικό πρόβλημα για την Νότια Ευρώπη και την Ελλάδα, η δυνατότητα για περιστασιακές πλημμύρες με πιο σοβαρή επίπτωση από το μέσο όρο των προηγούμενων γεγονότων δεν θα πρέπει να παραβλέπεται.

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει όχι μόνο την ποσοτική κατάσταση των υδάτινων πόρων, αλλά και την ποιότητα του, λόγω της μεταβολής των υδρολογικών κύκλων. Οι κύριες επιπτώσεις για τους πόρους του γλυκού νερού είναι οι αλλαγές στους κύκλους της βροχής και του χιονιού, οι αλλαγές στη διαθεσιμότητα και τη ζήτηση για νερό, οι διακυμάνσεις στην ποιότητα του νερού, η θερμοκρασία και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, και η γρήγορη τήξη των παγετώνων με την εμφάνιση των πλημμύρων flash (IPCC 2007b).

### **3.6 Το Πρωτόκολλο του Κιότο, η αντιστάθμιση άνθρακα και τα πιστοποιητικά**

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί τη σημαντικότερη πρόκληση για τη διεθνή επιστημονική κοινότητα, για την εγγενή και μη αναστρέψιμη τροποποίηση που επέφερε σε φυσικά οικοσυστήματα. Διεθνείς οργανισμοί υιοθετούν μέτρα όλο και περισσότερο για την προώθηση της διατήρησης των οικοσυστημάτων και την εξουδετέρωση των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Έχουν αναληφθεί δράσεις προς αυτή την κατεύθυνση τόσο από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) και το πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), με στόχο τη σταθεροποίηση και τη μείωση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) στην ατμόσφαιρα, όσο και το Πρωτόκολλο του Κιότο που υποχρεώνει τις ανεπτυγμένες χώρες να παρέχουν το πολιτικό και νομικό πλαίσιο για να ανταποκριθούν στις προσδοκίες του πρωτοκόλλου. Επιπλέον, είναι υποχρεωτικό για τις εθνικές πολιτικές να μειώσουν την εμφάνιση των κυριότερων επικίνδυνων γεγονότων, όπως κατολισθήσεις, πλημμύρες, και διαδικασίες ερημοποίησης, η συχνότητα των οποίων έχουν αυξηθεί ραγδαία στις περιοχές της Μεσογείου ως επί το πλείστον ευαίσθητες στις κλιματικές αλλαγές. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, κάθε συμβαλλόμενο μέλος θα πρέπει να περιλαμβάνει, στην ετήσια απογραφή των αερίων του θερμοκηπίου του, πληροφορίες σχετικά με αέρια του θερμοκηπίου που πιθανώς απομακρύνονται μέσω των καταβόθρων άνθρακα από δραστηριότητες όπως η χρήση γης, αλλαγή χρήσης γης και η δασοκομία (LULUCF).



Σχήμα 9: Οι παγκόσμιες αγορές άνθρακα σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο.

### 3.7 Μηχανισμοί Υποχρεωτικής Αγοράς

Για την επίτευξη των στόχων που καθορίζονται στο Πρωτόκολλο του Κιότο, με τις λιγότερες οικονομικές δαπάνες, οι ακόλουθοι ευέλικτοι μηχανισμοί εισήχθησαν για την υποχρεωτική αγορά:

- Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM)
- Κοινής Εφαρμογής (JI)
- Η εμπορία εκπομπών.

Οι απαιτήσεις για τους CDM και JI μηχανισμούς όσον αφορά τα έργα που δημιουργούν μια προσφορά μέσων για τη μείωση των εκπομπών, ενώ η εμπορία εκπομπών επιτρέπει σε αυτά τα μέσα να πωλούνται στις διεθνείς αγορές, είναι:

- Τα έργα τα οποία είναι συμβατά με τις απαιτήσεις του μηχανισμού CDM παράγουν πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών (CER).
- Τα έργα τα οποία είναι συμβατά με τις απαιτήσεις του μηχανισμού JI παράγουν μονάδες μείωσης των εκπομπών (ERU).

Οι CER και ERU μπορούν στη συνέχεια να πωληθούν μέσω εμπορίας εκπομπών. Η ζήτηση για τις CER και ERU που διαπραγματεύονται οδηγείται από:

- Μειωμένες εθνικές υποχρεώσεις μείωσης των εκπομπών βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο.
- Ελλείμματα μεταξύ οντοτήτων υποχρεωμένων σύμφωνα με τα τοπικά προγράμματα μείωσης των εκπομπών.

Τα έθνη που έχουν αποτύχει να εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις του Κιότο για τη μείωση των εκπομπών τους μπορούν να εισέλθουν στην συνθήκη Εμπορίας Εκπομπών για την αγορά CER και ERU για την κάλυψη των ελλειμμάτων τους. Τα έθνη και οι ομάδες των εθνών μπορούν επίσης να δημιουργήσουν τοπικά προγράμματα μείωσης των εκπομπών που θέτουν υποχρεωτικούς στόχους για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στις οντότητες εντός των εθνικών συνόρων τους. Εάν οι κανόνες ενός συστήματος επιτρέπουν, οι φορείς υποχρεούνται να είναι σε θέση να καλύψουν το σύνολο ή μέρος των τυχόν ελλείψεων μείωσης των εκπομπών από την αγορά CER και ERU μέσω εμπορίας εκπομπών. Ενώ τα τοπικά σχέδια μείωσης των εκπομπών δεν έχουν καμία θέση στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία της ζήτησης για CER και ERU, την τόνωση της Εμπορίας Εκπομπών και τον καθορισμό μιας τιμής της αγοράς για τις εκπομπές.

Ένα πολύ γνωστό ότι το υποχρεωτικό τοπικό σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ είναι το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ της ΕΕ).

Νέες αλλαγές γίνονται στα συστήματα εμπορίας. Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών έχει οριστεί να κάνει κάποιες νέες αλλαγές εντός του επόμενου έτους. Οι νέες αλλαγές θα στοχεύουν στις εκπομπές που παράγονται από τα ταξίδια με πτήση εντός και εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Άλλα έθνη έχουν προγραμματιστεί να αρχίσουν να συμμετέχουν σε συστήματα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής εντός των επόμενων λίγων ετών. Αυτά τα έθνη περιλαμβάνουν την Κίνα, την Ινδία και τις Ηνωμένες Πολιτείες.

### **3.8 Μηχανισμοί Εθελοντικής αγοράς**

Σε αντίθεση με τους αυστηρούς κανόνες που καθορίζονται για την υποχρεωτική αγορά, η εθελοντική αγορά παρέχει στις εταιρείες διαφορετικές επιλογές για να αποκτήσουν τη μείωση των εκπομπών. Μια λύση, συγκρίσιμη με εκείνες που αναπτύχθηκαν για την υποχρεωτική αγορά, έχει αναπτυχθεί για την εθελοντική αγορά, οι επαληθευμένες μειώσεις των εκπομπών (VER). Το μέτρο αυτό έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι τα έργα / δραστηριότητες διαχείρισης σύμφωνα με τα πρότυπα ποιότητας καθορίζονται για CDM / JI έργα, αλλά τα πιστοποιητικά που παρέχονται δεν έχουν καταγραφεί από τις κυβερνήσεις των χωρών υποδοχής ή της εκτελεστικής επιτροπής του ΟΗΕ.

Ως εκ τούτου, υψηλής ποιότητας επαληθεύσεις (vers) μπορεί να αποκτηθούν με χαμηλότερο κόστος για την ίδια ποιότητα έργου. Ωστόσο, επί του παρόντος οι επαληθεύσεις (vers) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην υποχρεωτική αγορά. Η

εθελοντική αγορά στη Βόρεια Αμερική είναι χωρισμένη μεταξύ των μελών του Χρηματιστηρίου Κλίματος του Σικάγου και της Over The Counter (OTC) αγοράς. Το Χρηματιστήριο Κλίματος του Σικάγου είναι ένα εθελοντικό αλλά νομικά δεσμευτικό cap-and-trade σύστημα σύμφωνα με το οποίο τα μέλη δεσμεύονται με τον περιορισμό των μειώσεων των εκπομπών και πρέπει να αγοράζουν δικαιώματα από άλλα μέλη ή να αντισταθμίζουν τις υπερβολικές εκπομπές. Η εξωχρηματιστηριακή αγορά δεν συνεπάγεται νομικά δεσμευτικό σύστημα και μια ευρεία σειρά αγοραστών από τον δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα, καθώς και ειδικές εκδηλώσεις που θέλουν να παρουσιάζουν ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα. Στην εθελοντική αγορά υπάρχουν έργα ανάπτυξης, οι χονδρέμποροι, οι μεσίτες, και λιανοπωλητές, καθώς και τα κεφάλαια του άνθρακα. Ορισμένες επιχειρήσεις και μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί στην εθελοντική αγορά περιλαμβάνουν περισσότερες από μία από τις δραστηριότητες που αναφέρονται παραπάνω. Μια έκθεση από το Ecosystem Marketplace δείχνει ότι οι τιμές του άνθρακα που αντισταθμίζονται αυξάνονται καθώς κινούμαστε κατά μήκος της αλυσίδας προμηθειών-από την ανάπτυξη του έργου μέχρι το λιανοπωλητή.

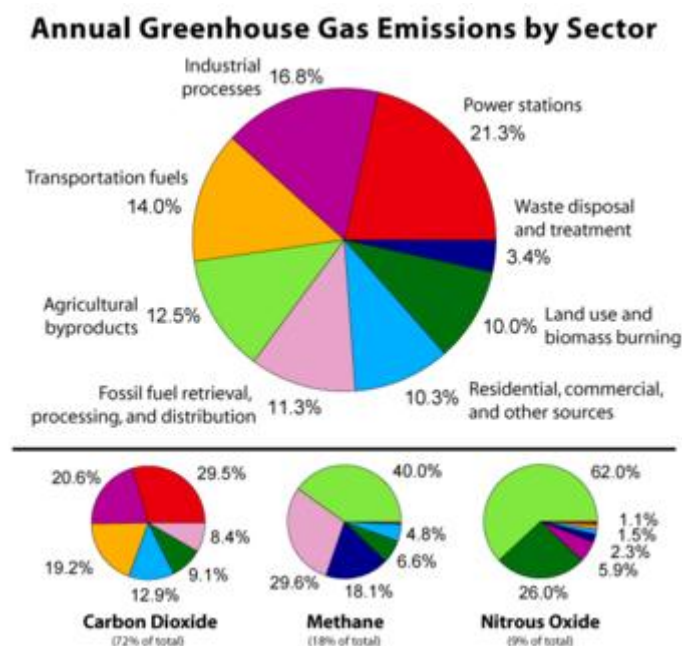
Ενώ ορισμένα συστήματα υποχρεωτικής μείωσης των εκπομπών αποκλείουν δασικά έργα, τα έργα αυτά ευδοκιμούν στις εθελοντικές αγορές. Μια σημαντική επίκριση αφορά την ασάφεια των μεθοδολογιών ποσοτικοποίησης της δέσμευσης των αερίων του θερμοκηπίου στα δασικά έργα. Ωστόσο, άλλοι σημειώνουν τα επιπλέον κοινωνικά οφέλη που προωθούν τα έργα δασοκομίας. Τύποι έργων στο εθελοντικό φάσμα της αγοράς όπως η αποφυγή της αποψίλωσης των δασών, η δάσωση / αναδάσωση, η βιομηχανική δέσμευση του φυσικού αερίου, αύξησαν την ενεργειακή απόδοση, την αλλαγή καυσίμου, τη δέσμευση μεθανίου από εργοστάσια άνθρακα και το ζωικό κεφάλαιο, ακόμα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τα Πιστοποιητικά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΠΟΚ) που πωλούνται στην εθελοντική αγορά είναι αρκετά αμφιλεγόμενα, λόγω των ανησυχιών προσθετικότητας. Τα Βιομηχανικά Έργα φυσικού αερίου λαμβάνουν επικρίσεις επειδή τα έργα αυτά ισχύουν μόνο για τις μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις που ήδη έχουν υψηλά πάγια έξοδα. Η μετάγγιση βιομηχανικών αερίων για την κατάσχεση άνθρακα θεωρείται ότι είναι η λιγότερο αποτελεσματική μέθοδος, και αυτός είναι ο λόγος για το ότι οι πιστώσεις που προέρχονται από βιομηχανικά έργα φυσικού αερίου είναι οι φθηνότερες στην εθελοντική αγορά. Το μέγεθος και η δραστηριότητα της εθελοντικής αγοράς άνθρακα είναι δύσκολο να μετρηθεί. Η πιο ολοκληρωμένη έκθεση σχετικά με τις εθελοντικές αγορές διοξειδίου του άνθρακα μέχρι σήμερα δημοσιεύθηκε από το Ecosystem Marketplace και το New Carbon Finance τον Ιούλιο του 2007.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### “ΤΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ”

Πρόσφατες εκτιμήσεις ανεβάζουν τις παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα της γεωργίας στο 10-12% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Denman et al., 2007 και US-EPA, 2006, αντίστοιχα), με το 75% να προκύπτει κυρίως από τη Νότια και Ανατολική Ασία και τη Λατινική Αμερική (Smith et al., 2007). Οι προβλέψεις του FAO δείχνουν ότι η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και του πλούτου θα αυξήσει τη ζήτηση για τα τρόφιμα κατά περισσότερο από 50% μέχρι το 2030, και 100% από το 2050 (Bruinsma, 2009, Huang et al, 2010.). Για την παραγωγή ζωικού κεφαλαίου, οι προβλέψεις δείχνουν ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης. Ζήτηση κρέατος σε πολλές χώρες, κυρίως από την Κίνα, διπλασιάστηκε κατά την περίοδο 1967-1997. Οι Rosegrant et al. (2001) προβλέπουν αύξηση κατά 57% της παγκόσμιας ζήτησης κρέατος μεταξύ 2000 και 2020, ως επί το πλείστον σε περιοχές με χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, όπως η Νότια και Νοτιοανατολική Ασία και η υποσαχάρια Αφρική. Το 2006, ο FAO (2006) προέβλεψε ότι η αύξηση της ζήτησης τόσο για το κρέας όσο και τα γαλακτοκομικά προϊόντα θα επιβραδυνθεί μετά το 2030. Πιο πρόσφατες εκτιμήσεις προβλέπουν 110% και 80% αύξηση στον τομέα του βοείου και της ζήτησης γαλακτοκομικών προϊόντων, αντίστοιχα, μεταξύ των ετών 2000 και 2050 (O'Mara, 2011).



Σχήμα 10 : Ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα. Πηγή: Emission Database for Global Atmospheric Research version 3.2, fast track 2000 project.



Υπάρχουν δυνατότητες να αυξηθεί η παγκόσμια παραγωγή τροφίμων για να ικανοποιήσει τη ζήτηση αυτή, μέσω της αύξησης των αποδόσεων των καλλιεργειών και την επέκταση της γεωργικής έκτασης (West et al., 2010), αν και οι Koning & Van Ittersum (2009) προειδοποιούν ότι η επίτευξη του τεχνικού δυναμικού για την παραγωγή τροφίμων μπορεί και να παρεμποδίζεται από κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες. Επιπλέον, υπάρχουν σημαντικές ανησυχίες ότι η αύξηση της παραγωγής τροφίμων θα πρέπει να συνδέεται (μεταξύ άλλων και οι επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους), με τις αυξανόμενες παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία. Για παράδειγμα, οι Smith et al. (2007) εκτιμούν ότι, μόλις το 2020, οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία θα αυξηθούν κατά 38% σε σχέση με το 1990 (24% σε σχέση με το 2005). Αυτό θα φέρει τις συνολικές παγκόσμιες εκπομπές από τη γεωργία σε 7,2 Gt ισοδυνάμου CO<sub>2</sub> yr<sup>-1</sup>, με το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης να σημειώνεται στην υποσαχάρια Αφρική, τη Μέση Ανατολή, την Ανατολική Ασία και τη Λατινική Αμερική (US-EPA, 2006).

Ωστόσο, ο βαθμός της αύξησης αυτής εξαρτάται από τις εκπομπές των μέσων με τα οποία θα επιτευχθεί η αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας, ειδικά εάν θα πρέπει να επιτευχθεί μέσω της αύξησης των αποδόσεων των καλλιεργειών και των ζώων ή με τη βοήθεια της διαστολής της παγκόσμιας γεωργικής περιοχής μέσω αλλαγής στη χρήση γης (ή και τα δύο). Ιστορικά, η αύξηση κατά 162% στην παγκόσμια παραγωγή καλλιεργειών την περίοδο 1961 - 2005 έχει επιτευχθεί με ένα συνδυασμό από μια αύξηση 135% σε απόδοση των παγκόσμιων καλλιεργειών, και με ένα 27% αύξηση της γεωργικής έκτασης (Burnley et al., 2010). Σε πρόσφατες μελέτες, οι Burnley et al. (2010) δείχνουν ότι, παρόλο που ιστορικά οι βελτιώσεις απόδοσης έχουν συσχετιστεί με αυξημένες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, οι αυξήσεις αυτές ήταν πολύ μικρότερες από ό,τι εκείνες που θα υλοποιηθούν, εάν η αύξηση της παραγωγικότητας θα έχει πραγματοποιηθεί μόνο μέσω της επέκτασης της γεωργικής έκτασης. Αυτό σημαίνει ότι οι βελτιώσεις της απόδοσης των καλλιεργειών έχουν αποφύγει πρόσθετες εκπομπές τόσο υψηλές όσο 13,1 Gt ισοδυνάμου CO<sub>2</sub> ετησίως (Burnley et al., 2010). Οι Smith et al. (2007) εκτιμούν ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, που έχουν συνδεθεί με την ιστορική αλλαγή χρήσης της γης, της αποψίλωσης των δασών, ιδίως, υπολογίζονται ως το 15% των παγκόσμιων εκπομπών και το 30% των εκπομπών που σχετίζονται με την κτηνοτροφική παραγωγή στον αναπτυσσόμενο κόσμο (FAO, 2006; Smith et al., 2007).

Σε μια μελέτη προσομοίωσης για την αξιολόγηση του αντίκτυπου των αερίων του θερμοκηπίου σε μελλοντικές αυξήσεις στην παραγωγικότητα της γεωργίας, οι West et al. (2010) έδειξαν ότι η διαφορά μεταξύ των επιπτώσεων των αερίων του θερμοκηπίου από τη

βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και της αλλαγής χρήσης της γης θα είναι ακόμη πιο έντονη στο μέλλον. Αυτή η διαφορά θα είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές με χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη που έχουν γενικά μεγαλύτερη δυνατότητα για αυξήσεις της απόδοσης.

Ως αποτέλεσμα, υπάρχει ισχυρή διεθνής αναγνώριση ότι οι δίδυμες προκλήσεις της επισιτιστικής ασφάλειας και της καταπολέμησης της αλλαγής του κλίματος είναι στενά συνυφασμένες, και δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν μεμονωμένα (π.χ. Huang et al, 2010; West et al, 2010), και αυτή η συνειδητοποίηση έχει οδηγήσει σε μια σειρά από σημαντικές διεθνείς εξελίξεις στην πολιτική και την έρευνα. Για παράδειγμα, το 2010 η ΕΕ θέσπισε μια κοινή πρωτοβουλία του προγράμματος «Γεωργία, επισιτιστική ασφάλεια και κλιματική αλλαγή» ([www.faccejri.com](http://www.faccejri.com)). Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Παγκόσμια Συμμαχία Ερευνών ([www.globalresearchalliance.org](http://www.globalresearchalliance.org)), ξεκίνησε από τη Νέα Ζηλανδία κατά τη σύνοδο κορυφής της Κοπεγχάγης το 2009, και έχει ως στόχο να συντονίσει τις παγκόσμιες ερευνητικές δραστηριότητες για την αντιμετώπιση των αυτών των δύο προκλήσεων. Υπό το φως αυτών των εξελίξεων και τις προβλέψεις για τη ζήτηση των τροφίμων που περιγράφονται ανωτέρω, οι σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η γεωργική πολιτική και η έρευνα δεν είναι απαραίτητα για τη μείωση των εγχώριων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά μάλλον είναι για να ελαχιστοποιηθεί η προβλεπόμενη αύξηση στις παγκόσμιες γεωργικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Η νομοθέτηση επομένως του κύκλου του άνθρακα και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) έχει καταστεί μια σημαντική πτυχή της αγροτικής οικονομίας τα τελευταία χρόνια. Το να συμπεριληφθούν οι επιλογές χρήσης γης και οι δραστηριότητες διαχείρισης της γης, ως αναπόσπαστο μέρος των αξιολογήσεων των υπηρεσιών ρύθμισης του κλίματος είναι σημαντικό για πολλούς λόγους. Το κλίμα είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας της χρήσης της γης, καθώς η κλιματική αλλαγή αναμένεται να οδηγήσει σε περιφερειακές αλλαγές στις χρήσεις γης. Δεδομένου ότι οι διάφορες χρήσεις γης που σχετίζονται με ποικίλες ικανότητες ρύθμισης, η ίδια η αλλαγή της χρήσης γης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αυξήσεις / μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, οι δραστηριότητες διαχείρισης της γης που σχετίζονται με διαφορετικές χρήσεις γης ποικίλλει σε σχέση με τις επιπτώσεις των αερίων του θερμοκηπίου και μπορούν να προσφέρουν διαφορετικές δυνατότητες για μετριασμό τους. Τέλος, η παραγωγικότητα της γης ποικίλλει μεταξύ των περιφερειών. Οποιοσδήποτε αλλαγές στη γεωργική παραγωγή για τον μετριασμό των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος θα μπορούσε, επομένως, να αναμένεται να ποικίλει ανάλογα την

περιοχή. Συνεπώς, υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους η διαχείριση της γης, συμπεριλαμβανομένης της αλλαγής της χρήσης γης, θα έχουν επιπτώσεις στη ρύθμιση του κλίματος. Η αξιολόγηση των αλλαγών σε κλίμακα τοπίων στη ρύθμιση του κλίματος θα πρέπει ως εκ τούτου να περιλαμβάνει τις διάφορες επιπτώσεις και να αξιολογεί τη σχετική ισχύ των επιμέρους επιπτώσεων. Μοντελοποίηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε αγρο-οικοσυστήματα ως εκ τούτου πρέπει να 1) υπολογίζουν την προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος μέσω αλλαγών στη χρήση γης, 2) υπολογίζουν τις επιπτώσεις που οφείλονται στην ανατροφοδότηση εξαιτίας των επιπτώσεων της αλλαγής χρήσης για τη ρύθμιση του κλίματος, και να υπολογίζει τις πιθανές παραλλαγές σε όλο το φάσμα του μεγέθους των δύο αυτών παραγόντων.

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες είναι σημαντικοί για την κατανόηση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή σε γεωργικά συστήματα. Ωστόσο, αυτοί οι παράγοντες δεν συνθέτουν έντονα τις συζητήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργική παραγωγή (Yearley, 2009). Για παράδειγμα, στην έκθεση επιπτώσεων της IPCC, η Προσαρμογή και η Ευπάθεια, το κεφάλαιο σχετικά με τα τρόφιμα και τις ίνες παρουσιάζει προβλέψεις καλλιέργειας απόδοσης που βασίζονται στη μοντελοποίηση βιολογικού δυναμικού (ibid). Τα αποτελέσματα δεν περιλαμβάνουν την εξέταση του τρόπου με τον οποίο το αγρόκτημα προχωρά στη λήψη αποφάσεων και να μπορεί να προσαρμοστεί σε αυτές τις αλλαγές (2007, Fussel και Klein, 2006).

Ο κύκλος του άνθρακα επηρεάζεται τόσο μέσω των εκπομπών από τις γεωργικές δραστηριότητες όσο και μέσα από τις αλλαγές σε αποθηκευμένα αποθέματα άνθρακα. Άνθρακας αποθηκεύεται στη ζωντανή βιομάζα, στο έδαφος, αποσυντίθεται σε οργανική ύλη, και ανταλλάσσεται στην ατμόσφαιρα μέσω της αναπνοής και της φωτοσύνθεσης, της αποσύνθεσης και μέσω της καύσης βιομάζας (Erb, 2004). Ως εκ τούτου, μια ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζει αυτές τις διαδικασίες θα επηρεάσει την ικανότητα των οικοσυστημάτων να αποθηκεύουν άνθρακα. Η διαχείριση γης επηρεάζει επίσης τη ρύθμιση του κλίματος μέσω της χρήσης των ορυκτών καυσίμων σε γεωργικά μηχανήματα, τη χρήση των λιπασμάτων (έμμεσα η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους εκκλύει αέρια του θερμοκηπίου) και η καλλιέργεια ή άροση του εδάφους που οδηγεί στην απομάκρυνση της φυτικής γης και τη διάλυση αδρανών υλικών που έχουν την τάση να εγκλωβίζουν τον άνθρακα στο έδαφος (Pretty και Ball, 2001).

Η ικανότητα των εδαφών για την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και τη χρήση γης που εφαρμόζεται στα εν λόγω εδάφη, μαζί με το σχετικό κλίμα, την υδρολογία, την τοπογραφία, όπου τα εδάφη που βρίσκονται (Gurta και

#### 4.1 Φυτικά αποθέματα άνθρακα

Ο Πίνακας 3 παρέχει τις εκτιμήσεις της φυτικής βιομάζας των αποθεμάτων άνθρακα για τις διάφορες γεωργικές χρήσεις γης. Οι εκτιμήσεις βασίζονται τόσο πάνω από το έδαφος και κάτω από τη βιομάζα του εδάφους, με την παραδοχή ότι το ετήσιο φυτικό απόθεμα άνθρακα αντιπροσωπεύει ένα μόνιμο απόθεμα, ενώ μια συγκεκριμένη γεωργική χρήση της γης εξακολουθεί να υφίσταται. Η βιομάζα που χάνεται μέσω της συγκομιδής σε ένα έτος, θεωρείται ότι θα αντικατασταθεί από νέα ανάπτυξη βιομάζας στο επόμενο έτος.

Land use	Carbon stored in vegetation (tC/ha)	sources
Oilseed rape	1.8	(Cruickshank et al., 1998)
Cereals	2.4	(Cruickshank et al., 1998)
Root crops	2.5	(Cruickshank et al., 1998)
Temporary grass*	0.9	(Cruickshank et al., 1998)
Permanent grass*	0.9	(Cruickshank et al., 1998)
Rough grazing (non organic soils)**	1.66	(Milne and Brown, 1997)
Rough grazing (organic soils)**	2.0	(Ostle et al., 2009)
EFH other	1.4	(Cruickshank et al., 1998)
Woodland	36.8	(Milne and Brown, 1997)

Πίνακας 3: Εκτιμήσεις περιεκτικότητας φυτικής βιομάζας σε άνθρακα για τις διάφορες γεωργικές χρήσεις γης.

#### 4.2 Ροές αερίων του θερμοκηπίου από τις δραστηριότητες της γεωργίας

Το τμήμα αυτό αφορά την ετήσια ροή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις γεωργικές δραστηριότητες και την κτηνοτροφία. Τρεις κύριες πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εξετάστηκαν με εκτιμώμενες αλλαγές σε ετήσιες ροές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου:

- (i) Οι έμμεσες εκπομπές λόγω της χρήσης ενέργειας από γεωργικές δραστηριότητες όπως όργωμα, σπορά, ψεκασμό, τη συγκομιδή και την παραγωγή, αποθήκευση και μεταφορά των αζωτούχων λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.
- (ii) Οι εκπομπές N<sub>2</sub>O και το μεθάνιο από την κτηνοτροφία, όπως βοοειδή, αγελάδες γαλακτοπαραγωγής και πρόβατα μέσω της παραγωγής της κοπριάς και της εντερικής ζύμωσης.
- (iii) Οι άμεσες εκπομπές των εκπομπών N<sub>2</sub>O από τεχνητά λιπάσματα.

### **4.3 Ροές αερίων του θερμοκηπίου από τις γεωργικές αλλαγές της χρήσης γης**

Το τμήμα αυτό αφορά την ετήσια ροή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την αλλαγή χρήσης της γης. Αυτό αποτελείται από δύο συνιστώσες:

- 1) ετήσιες ροές SOC λόγω αλλαγής της χρήσης γης. Για παράδειγμα, τα μόνιμα λιβάδια που μετατρέπονται από αροτραίες καλλιέργειες θα συσσωρεύσουν οργανικό εδαφικό άνθρακα (SOC), ενώ τα μόνιμα λιβάδια σε χρήση γης που ήταν προηγουμένως άγονοι βοσκότοποι μπορεί να χάσει SOC.
- 2) Ετήσια ροές του άνθρακα από τις αλλαγές σε φυτική βιομάζα, αλλαγές που σχετίζονται με τη χρήση γης.

### **4.4 Αποτίμηση της υπηρεσίας ρύθμισης του κλίματος και της γεωργικής παραγωγής**

Η παροχή εκτιμήσεων για την τιμή των μη εμπορεύσιμων εκπομπών άνθρακα είναι προβληματική, ιδιαίτερα όταν οι εκτιμήσεις αφορούν μελλοντικές εκπομπές, για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον, η επιστήμη του κλίματος είναι πολύπλοκη και δεν έχουμε ακόμα μια οριστική σχέση μεταξύ των εκπομπών και της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα όσον αφορά τις σχέσεις μεταξύ της αλλαγής του κλίματος και τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη οικονομία, καθώς αυτές οι επιπτώσεις είναι εξαρτώμενες από κοινωνικοτεχνολογικές αντιδράσεις στις αλλαγές στο κλίμα. Δεύτερον, όταν προβλέπονται οι τιμές του άνθρακα, το κοινωνικό κόστος που συνδέεται με την εκπομπή ενός επιπλέον τόνο διοξειδίου του άνθρακα, ή ακόμη και το κόστος περιορισμού των εκπομπών για τη μείωση αυτού του επιπλέον τόνου διοξειδίου του άνθρακα, εξαρτάται από

το πόσοι τόνοι διοξειδίου του άνθρακα έχουν ήδη εκπεμφθεί ή μειωθεί, τις ενδεχόμενες συγκεντρώσεις στις οποίες ο άνθρακας σταθεροποιείται στην ατμόσφαιρα και την πορεία των εκπομπών που θεσπίζονται για την επίτευξη αυτής της σταθεροποίησης (DECC, 2009). Ως εκ τούτου οι μελλοντικές τιμές του άνθρακα είναι ενδογενείς όσον αφορά τις εκπομπές και τα σενάρια για το κλίμα στα οποία βασίζονται.

Τα θέματα της τιμολόγησης του άνθρακα περιπλέκονται ακόμη περισσότερο στην περίπτωση στην οποία είναι επιλεγμένες μη εμπορικές τιμές του άνθρακα. Υπάρχουν δύο κύριες προσεγγίσεις για την τιμολόγηση του άνθρακα, το κοινωνικό κόστος του άνθρακα (SCC) και το οριακό κόστος μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (MACC).

Το SCC εκτιμά την πλήρη επίδραση στην κοινωνική πρόνοια για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από μία πρόσθετη μονάδα (τυπικά ένα τόνο) κατά τη διάρκεια ζωής της εν λόγω μονάδας του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Όπως και με βάση την κοινωνική αποτίμηση της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Το SCC παρέχει μια θεωρητική βέλτιστη λύση όσον αφορά την τιμή (Ηνωμένο Βασίλειο), της κοινωνίας των πολιτών οι οποίοι θα πρέπει να είναι πρόθυμοι να πληρώσουν τώρα ώστε να αποφύγουν τις μελλοντικές δαπάνες που προκύπτουν από την αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση βελτιστοποίησης έχει επικριθεί λόγω της προσβαλλομένης βάσης για τη νομισματική αποτίμηση των αβέβαιων κλιματικών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της επιλογής των ποσοστών έκπτωσης για τις μελλοντικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος (Downing et al., 2005, Ekins, 2007).

Εναλλακτικά το MACC βασίζεται στο οριακό κόστος της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά ένα τόνο. Το MACC αντιπροσωπεύει την προτιμώμενη προσέγγιση της βρετανικής κυβέρνησης για την τιμολόγηση του άνθρακα και την πηγή της επίσημης τιμής εκτός αγοράς διοξειδίου του άνθρακα (DECC, 2009). Έχει προταθεί ότι το πλεονέκτημα της προσέγγισης του MACC έναντι του SCC είναι ότι το κόστος βασίζεται στις υφιστάμενες δραστηριότητες και τεχνολογίες, και μπορεί συνεπώς να προσδιορίζεται σχετικά εύκολα εμπειρικά (τουλάχιστον στην παρούσα στιγμή). Ωστόσο, όπως το MACC προβλέπεται στο μέλλον να γίνεται όλο και πιο αβέβαιο, καθώς απαιτούνται νέες δραστηριότητες για τη μείωση του άνθρακα για την επίτευξη των στόχων και νέες τεχνολογίες μεταβάλλουν το κόστος μείωσης των εκπομπών. Παρ' όλα αυτά, η αβεβαιότητα στις εμπειρικές εκτιμήσεις του MACC είναι δύο τάξεις μεγέθους μικρότερη από τις εκτιμήσεις για το SCC (Dietz, 2007).

#### **4.4.1 Αντιστάθμιση των εκπομπών μέσω δέσμευσης του άνθρακα: λειμώνες**

Η δέσμευση του άνθρακα από λειμώνες έχει σημαντική δυναπιθανότητα να αντισταθμίσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία. Οι Soussana et al. (2004) πρότειναν ότι οι βοσκότοποι μπορούν να δεσμεύουν 3 με 4 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. Τα εδάφη μόνιμων χορτολιβαδικών εκτάσεων μπορούν να συνεχίσουν να απομονώνουν άνθρακα για πολλές δεκαετίες, ιδιαίτερα μετά την έγκριση βελτιωμένων στρατηγικών διαχείρισης των βοσκοτόπων. Όταν λαμβάνεται υπόψη η παγίδευση από λειμώνες, οι μειώσεις των εντάσεων εκπομπής της χλόης θα μπορούσε να είναι μεταξύ 30 και 70% των συνολικών εντάσεων εκπομπής (Pelletier et al, 2010; Veysset et al, 2010).

#### **4.4.2 Αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων μέσω της εγχώριας παραγωγής βιοκαυσίμων /βιοενέργειας**

Η παραγωγή των βιοκαυσίμων και βιοενέργειας στο γεωργικό τομέα έχει ουσιαστική δυνατότητα να αντισταθμίσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, χρησιμοποιώντας μια σειρά από τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας, της οποίας η καύση είναι πιθανό να είναι η πιο σημαντική σε βραχυπρόθεσμο έως μεσοπρόθεσμο ορίζοντα. Η αντιστάθμιση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου επιτυγχάνεται κυρίως μέσα από την αντικατάσταση ορυκτών καυσίμων, αν και η δέσμευση του άνθρακα και η μείωση των εκπομπών καλλιέργειας, που σχετίζονται με την παραγωγή των βιοκαυσίμων και βιοενέργειας, προσφέρουν επιπλέον δυνατότητες μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιοκαύσιμα / βιοενέργεια μπορεί να επιτευχθεί μέσω τριών οδών:

1. Με εγχώριες καλλιέργειες παραγωγής βιοκαυσίμων και βιοενέργειας,
2. Με την αύξηση της χρήσης των δασοκομικών προϊόντων,
3. Με την αύξηση της χρήσης των πρώτων υλών βιοενέργειας.

Επιπλέον, η αλλαγή χρήσης γης που συνδέεται με τις αυξημένες καλλιέργειες βιοκαυσίμων και βιοενέργειας και τη δασοκομία, θα οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών N<sub>2</sub>O και αυξημένα ποσοστά δέσμευσης του άνθρακα.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τις ισχύουσες εθνικές κατευθυντήριες γραμμές για την υποβολή εκθέσεων απογραφής, το μεγαλύτερο μέρος των οφελών των αερίων του θερμοκηπίου από καλλιέργειες βιοενέργειας και βιοκαυσίμων έχουν πιστωθεί στους τομείς της ενέργειας και των μεταφορών, όπου ακόμη και αν

υπάρχει η δυνατότητα να επιτευχθούν αυτές οι μειώσεις μπορούν να επιτευχθούν μόνο μέσω του γεωργικού τομέα .

#### **4.5 Αντικατάσταση ορυκτών καυσίμων με καλλιέργειες βιοκαυσίμων και βιοενέργειας**

Όσον αφορά την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας που προέρχεται από τη δασοκομία και τη βιομάζα κατά κύριο λόγο σχετίζονται με την καλλιέργεια και την απελευθέρωση του N<sub>2</sub>O και του CH<sub>4</sub> κατά την καύση. Αντίθετα, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με φυσικό αέριο, πετρέλαιο, άνθρακα ή καύση τύρφης που αφορούν κυρίως την έκλυση CO<sub>2</sub> κατά την καύση και τις συνολικές εκπομπές ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται σε ένα εύρος 3 έως 7 φορές υψηλότερο από ότι το αντίστοιχο για τη βιομάζα, εξαρτώμενες από το ενεργειακό περιεχόμενο και την περιεκτικότητα σε άνθρακα από τα ορυκτά καύσιμα που αντικαθίστανται (Jones & Styles, 2007).

Η παραγωγή θερμότητας από ενεργειακές καλλιέργειες και δασικά προϊόντα προσφέρει ένα χαμηλού κόστους μέτρο σε σύγκριση με άλλες επιλογές, καθώς δεν απαιτείται μεγάλη εγκατάσταση. Δασύλλια περιοδικής υλοτόμησης που καλλιεργούνται σε 109.000 εκτάρια παρέχουν αρκετή ενέργεια για να αντικαταστήσει το 5% του πετρελαίου, του φυσικού αερίου και της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στην αγορά κατοικιών και το 15% αυτών των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην εμπορική αγορά, που ισοδυναμεί με 6,6% του συνόλου της αγοράς θερμότητας (Lanigan & Finnan, 2010).

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την καύση της τύρφης και του κάρβουνου είναι πολύ περιεκτική σε C (συντελεστές εκπομπής των 90 και 118 kg CO<sub>2</sub> GJ<sup>-1</sup>, αντίστοιχα). Η αντικατάσταση της βενζίνης και του ντίζελ από υγρά βιοκαύσιμα έχει επίσης τη δυνατότητα να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην μείωση αερίων του θερμοκηπίου. Η παραγωγή της τάξης των 75.000 τόνων βιοντίζελ / καθαρά φυτικά έλαια και 100 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης από καλλιέργειες θα μπορούσαν να αμβλύνουν περίπου 25.000 τόνους ισοδυνάμου CO<sub>2</sub> από εκπομπές από τις μεταφορές.



#### **4.5 Οι μειώσεις σε άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, σχετίζονται με τα βιοκαύσιμα και την παραγωγή βιοενέργειας.**

Η αλλαγή της χρήσης γης θα είναι απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθούν οι βιοενεργειακοί μας στόχοι και να επιτευχθεί σημαντική μείωση από τη χρήση της βιοενέργειας. Παρόμοια με την αντιστάθμιση του άνθρακα μέσω της δάσωσης, η αλλαγή χρήσης γης από βοσκότοπους ή ετήσιες καλλιεργήσιμες εκτάσεις σε πολυετείς καλλιέργειες βιομάζας έχει τη δυνατότητα να αντισταθμίσει σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω της δέσμευσης του άνθρακα σε δεξαμενές άνθρακα. Αυτές οι καταβόθρες μπορεί να είναι είτε πολυετής ξυλώδης ιστός ή οργανικός άνθρακας του εδάφους (SOC).

Η μετατροπή της αρόσιμης γης σε καλλιέργειες βιοενέργειας έχει υπολογιστεί να αντισταθμίσει τα αέρια του θερμοκηπίου σε ποσοστό μεταξύ 2,0 και 4,0 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> για *Miscanthus* και 1,8 έως 2,7 tCO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> για πρεμνοφυή μικρής περιστροφής (Dondini et al. , 2010), λόγω του γεγονότος ότι οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχουν αποδειχθεί να είναι καθαροί εκπομποί CO<sub>2</sub> μεταξύ 1 - 3 τόνους CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> (Davis et al, 2010).

Η μετατροπή των χορτολιβαδικών εκτάσεων αποδίδει χαμηλότερο δυναμικό για την αντιστάθμιση άνθρακα με τη δέσμευση, ως επίπεδα οργανικού άνθρακα στο έδαφος σε λιβάδια είναι συνήθως 30 έως 100% υψηλότερη από εκείνη των καλλιεργειών για τον ίδιο τύπο εδάφους, και η αρχική απώλεια του άνθρακα συμβαίνει τόσο λόγω του οργώματος όσο και εκτεταμένων περιόδων αγρανάπαυσης . Εάν περιλαμβάνεται η συσσώρευση βιομάζας από την βιομάζα του υπεδάφους (ριζώματα και ρίζες), είναι δυνατόν να επιτευχθούν καθαρά ποσοστά δέσμευσης CO<sub>2</sub> 3 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. Ωστόσο, η επίτευξη αυτών των ποσοστών της δέσμευσης μπορεί να διαρκέσει δύο έως τρία έτη μετά την φύτευση (Hansen et al., 2004). Η μετατροπή των βοσκοτόπων σε καλλιέργειες βιομάζας (*Miscanthus* ή δασύλλια περιοδικής υλοτόμησης) θεωρείται ότι δεν έχουν επιπτώσεις στη μακροπρόθεσμη καθαρή δέσμευση C, όταν χρησιμοποιούνται οι Tier 1 IPCC μεθοδολογίες για την εκτίμηση αποθεμάτων άνθρακα.

Περαιτέρω εξοικονόμηση σε εκπομπές που συνδέονται με μειωμένη χρήση λιπασμάτων μετά από αλλαγή χρήσης γης για καλλιέργειες βιομάζας, όπως οι απαιτήσεις σε άζωτο είναι μόνο το 25% - 50% του αζώτου που απαιτείται για τα συστήματα βοσκής. Άλλες εκπομπές που σχετίζονται με την καλλιέργεια, συμπεριλαμβανομένης της ασβέστωσης, της κατασκευής φυτοφαρμάκων, τα καύσιμα και η χρήση της ενέργειας, είναι

γενικά υψηλότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές για τα συστήματα του βοείου κρέατος, αλλά χαμηλότερα από εκείνα για τα συμβατικά συστήματα αροτραίων καλλιεργειών, λόγω των χαμηλότερων εισροών και μειωμένες απαιτήσεις για την ετήσια συντήρηση του δικτυακού τόπου, ιδιαίτερα για *Miscanthus*.

Η γεωργία εξαρτάται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τις βιολογικές διεργασίες που, εξ ορισμού, υπόκεινται σε φυσική ετήσια διακύμανση και σε πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις όπως, π.χ. του (μικρο) κλίματος και του τύπου του εδάφους (Huang et al., 2010). Ως αποτέλεσμα, όχι μόνο τα ποσοστά εκπομπής, αλλά επίσης και η αποτελεσματικότητα των μέτρων μετριασμού μπορεί να διαφέρουν χωρικά (από πεδίο σε πεδίο) και χρονικά (από έτος σε έτος). Από την άποψη αυτή, η απουσία μιας μεθοδολογίας για τη διάκριση μεταξύ φυσικών διεργασιών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και εκείνων που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, παρουσιάζει μια σημαντική πρόκληση (Andúgar, 2010).

Αυτό περιπλέκεται περαιτέρω από την άκρως ατομιστική φύση της γεωργίας (Huang et al., 2010), καθώς αποτελείται από άνω των 100.000 μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων. Όχι μόνο η γεωργία αποτελείται από μια μεγάλη ποικιλία επιχειρήσεων (γαλακτοκομικά προϊόντα, βόειο κρέας, πρόβειο, όργωμα, χοίροι, πουλερικά, μανιτάρια, καλλιέργειες, τη δασοκομία αγρόκτημα, ιπποειδών επιχειρήσεις, εξειδικευμένες επιχειρήσεις), κάθε μία από αυτές τις ίδιες τις επιχειρήσεις συνδέονται με ένα ευρύ φάσμα συστημάτων διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Επειδή κάθε επιμέρους σύστημα διαχείρισης έχει επιπτώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω πολλαπλών οδών, η επαλήθευση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία είναι πολύ πιο περίπλοκη από ό,τι η εξακρίβωση των εκπομπών από π.χ. σταθμών ή από οχήματα (Huang et al., 2010).

Η προκύπτουσα αβεβαιότητα σχετικά με τις γεωργικές εκπομπές είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους η γεωργία έχει αποκλειστεί από την εξέταση στο πλαίσιο του ETC μέχρι σήμερα (Breen et al., 2010).

#### **4.7 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παγκόσμια γεωργία**

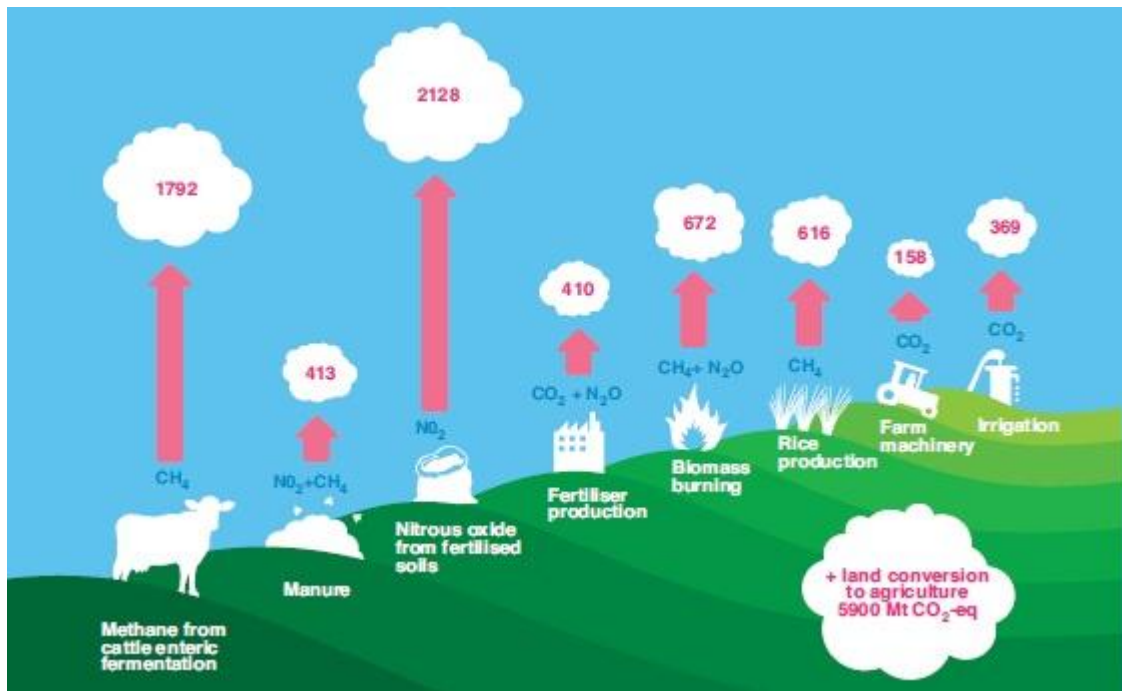
Η έκταση της μελλοντικής αλλαγής του κλίματος θα προέρχεται κυρίως από ποικίλες πιθανές τροχιές των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που προέρχονται από τον πληθυσμό και την οικονομική ανάπτυξη. Αυτό με τη σειρά του θα επηρεάσει την

απάντηση της γεωργίας στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες, σε περιφερειακή και παγκόσμια κλίμακα. Οι βιοφυσικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος θα επηρεάσουν κυρίως τη γεωργία μέσω αλλαγών στην ανάπτυξη των φυτών, με μεταβολές στη διαθεσιμότητα του νερού, τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών, αύξηση της θερμοκρασίας και υψηλές εκπομπές CO<sub>2</sub> που επηρεάζουν όλες τις συνολικές αποδόσεις των καλλιεργειών και την ποιότητα των συγκομιδών (Parry et al., 2004). Ενώ οι αυξημένες εκπομπές CO<sub>2</sub> μπορεί να προκαλέσουν κάποια πρόσθετη δέσμευση C (Hungate et al, 1997), οι επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών και οι διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητα του νερού για τη φυσιολογία των εκπομπών και τη φυσιολογία των φυτών θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά τις αποδόσεις (Jones et al, 2000; Lanigan et al, 2008a).

Επιπλέον, η κλιματική αλλαγή μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών μετριασμού των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, οι υψηλές θερμοκρασίες και η παρατεταμένη πίεση του νερού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2003 προκάλεσε ένας σημαντικός αριθμός των βοσκοτόπων και των δασών C βυθίζεται να μετατραπεί σε πηγές άνθρακα, με το συνολικό αποτέλεσμα ότι η ευρωπαϊκή δέσμευση οικοσύστημα μειώθηκε κατά πάνω από 30% (Ciais et al., 2005? Reichstein et al, 2006).. Επιπλέον, η παρατεταμένη ξήρανση των histosols (τυρφώνες) θα οδηγήσει σε αυξημένη απώλεια C και μείωση της δέσμευσης του άνθρακα (Renou & Wilson, 2008).

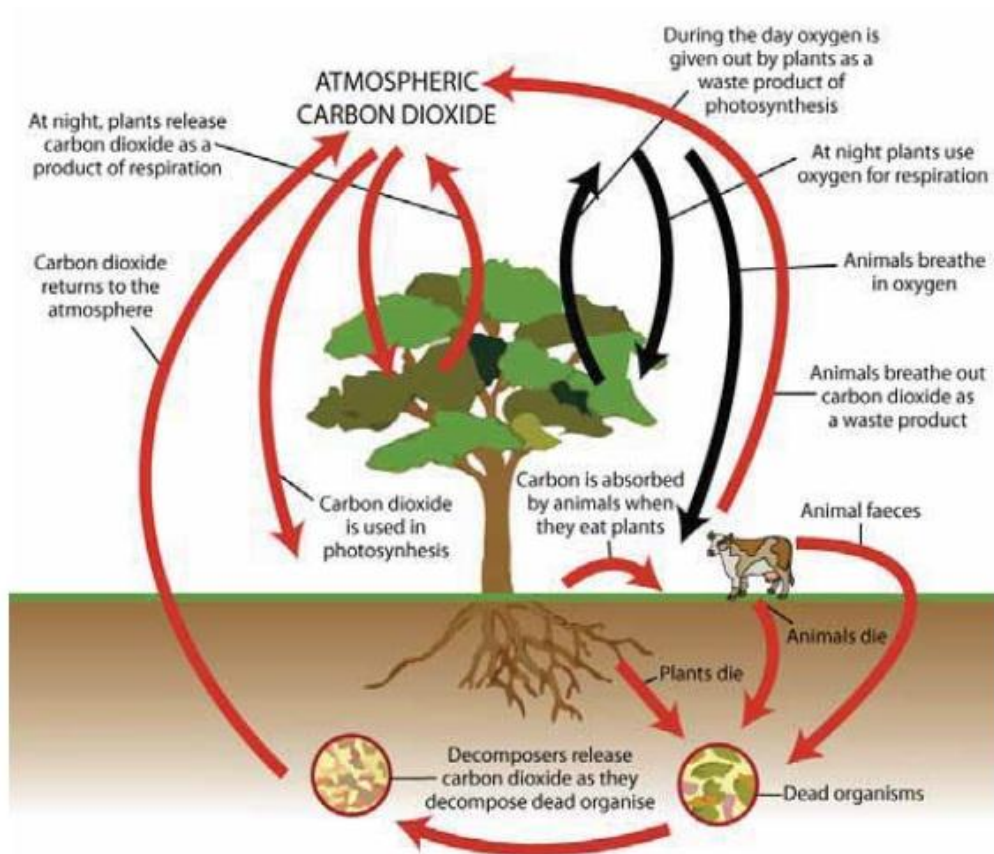
#### **4.8 Η σχέση μεταξύ κλιματικών μεταβολών, των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, με τη Γεωργία και τη Δασοκομία**

Στον τομέα της γεωργίας και της δασοκομίας διαφορετικές πηγές και ταμειυτήρες άνθρακα απελευθερώνουν, προσλαμβάνουν και αποθηκεύουν μέχρι και τρεις τύπους των αερίων του θερμοκηπίου: το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O). Πολλές γεωργικές και δασοκομικές πρακτικές εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.



Σχήμα 11: Κύριες πηγές αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες γεωργικές δραστηριότητες.

Το Σχήμα 11 δείχνει τις κύριες πηγές των γεωργικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου: για παράδειγμα, με τη χρήση λιπασμάτων N<sub>2</sub>O απελευθερώνονται από το έδαφος και με την καύση γεωργικών υπολειμμάτων παρατηρείται άνοδος στα επίπεδα CO<sub>2</sub>. Το μεθάνιο CH<sub>4</sub> τίθεται ελεύθερο στη διαδικασία της πέψης των ζώων, όπως και σε περιπτώσεις που το ρύζι καλλιεργείται υπό συνθήκες πλημμύρας. Όταν η γη μετατρέπεται σε καλλιεργήσιμη γη και τα δέντρα κόβονται, δημιουργείται μια επιπλέον πηγή εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η γεωργία είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την κλιματική αλλαγή, αλλά παρέχει επίσης έναν ταμειυτήρα και έχει τη δυνατότητα να μειώσει την κλιματική αλλαγή.



Σχήμα 12: Ο κύκλος του άνθρακα.

Το Σχήμα 12 δείχνει τα συστατικά του κύκλου του άνθρακα του εδάφους: ο άνθρακας αποθηκεύεται - διαχωρίζεται - πάνω από το έδαφος από καλλιέργειες φυτών, και τα δέντρα, και κάτω από το έδαφος στο έδαφος και τις ρίζες. Δέσμευση του άνθρακα σημαίνει ότι το διοξείδιο του άνθρακα συγκρατείται από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης από το δέντρο ή φυτό για να αποθηκευθεί ως κυτταρίνη στον κορμό, στα κλαδιά του, στα φύλλα και στα φρούτα και το οξυγόνο απελευθερώνεται σε αντάλλαγμα στον αέρα. Επίσης, οι ρίζες των δέντρων και τα φυτά δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα. Η αποσύνθεση οργανικών υλικών αυξάνει την ποσότητα του άνθρακα που αποθηκεύεται στο έδαφος, το οποίο είναι υψηλότερο από το συνολικό ποσό της βλάστησης και της ατμόσφαιρας. Τα ζώα αναπνέουν οξυγόνο και εκπνέουν CO<sub>2</sub> και μέσω των κοπράνων τους απελευθερώνεται στο έδαφος άνθρακας και N<sub>2</sub>O.

Για να επιβραδυνθούν οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να μειωθούν άμεσα. Όπως εξηγήθηκε παραπάνω διάφορες δραστηριότητες στον τομέα της γεωργίας και της δασοκομίας συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αλλάζοντάς αυτές, και η μεταστροφή σε νέες βιώσιμες πρακτικές

διαχείρισης της γης μπορεί να υποστηριχθεί η πρόσληψη και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ορισμένες γεωργικές δραστηριότητες μπορούν να αυξήσουν το ποσό της οργανικής ύλης και του άνθρακα στο έδαφος, χρησιμοποιώντας καλλιέργειες κάλυψης ή να μειώσουν τις εκπομπές μεθανίου μέσω της βελτίωσης των πρακτικών σίτισης στην κτηνοτροφία. Η Αειφόρος διαχείριση των δασών μπορεί να οδηγήσει στην αποφυγή ή καταστροφή των δασών και η απελευθέρωση του CO<sub>2</sub>, και η φύτευση νέων δέντρων εγκλωβίζει περισσότερο CO<sub>2</sub>. Πολλές από αυτές τις πρακτικές έχουν επίσης πρόσθετα πιθανά οφέλη για τα συστήματα εκτροφής. Οι βιώσιμες δραστηριότητες στον τομέα της γεωργίας, της δασοκομίας και της ενέργειας μπορούν να λάβουν οικονομική υποστήριξη για την εφαρμογή τους.



*Εικόνα 1: Ανακύκλωση οργανικών υπολειμμάτων από παραγωγή καφέ στην Κολομβία, Photo by ©FAO/Jeanette Van Acker.*

#### **4.9 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ: ΑΓΟΡΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ**

Υπάρχουν πολλοί τρόποι και προσπάθειες που καταβάλλονται για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την προώθηση δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στην αποθήκευση του άνθρακα και την απομάκρυνσή του. Αυτό έχει γίνει ένα πολύτιμο εμπόρευμα στην αγορά άνθρακα. Για να υπάρχει μια κοινή μονάδα μέτρησης για το εμπόρευμα αυτό, όλα τα αέρια του θερμοκηπίου μετατρέπονται σε ισοδύναμα CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-eq). Τα ισοδύναμα CO<sub>2</sub> αποτελούν, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αντικείμενο

διαπραγμάτευσης σε αγορές διοξειδίου του άνθρακα. Οι αγορές λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο στις χρηματοπιστωτικές αγορές. Το νόμισμα που χρησιμοποιείται σε αυτές τις αγορές είναι πιστώσεις άνθρακα. Στο εμπόριο άνθρακα με απλά λόγια μια συμφωνία έχει συναφθεί μεταξύ ενός αγοραστή και ενός πωλητή των πιστώσεων άνθρακα. Όσοι μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ή τις εξαλείφουν, δέχονται πληρωμές και εκείνοι που πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές μπορούν να αγοράσουν πιστώσεις άνθρακα για να αντισταθμίσουν τις εκπομπές τους.

«Αντιστάθμιση άνθρακα» σημαίνει να αντισταθμιστούν οι εκπομπές που δεν μπορούν να αποφευχθούν με την καταβολή κάποιου άλλου για να σώσει - αντισταθμίσει - αέρια του θερμοκηπίου. Οι τιμές που λαμβάνονται για ένα τόνο CO<sub>2</sub> ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό και εξαρτώνται από τον τύπο της αγοράς και το είδος του άνθρακα του έργου αντιστάθμισης. Κατά τη διάρκεια του 2009, οι τιμές κυμάνθηκαν από € 1,90 σε € 13 ανά τόνο CO<sub>2</sub>-eq.

#### **4.9.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ**

Πριν ξεκινήσει ένα έργο αντιστάθμισης άνθρακα, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη αρκετά σημεία. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός σχεδίου άνθρακα παίρνει πολύ χρόνο, απαιτεί πολλή τεχνική εμπειρογνωμοσύνη και σημαντικούς οικονομικούς πόρους για την αρχική σύσταση. Υπάρχουν δέκα βήματα που πρέπει να εκπληρώνονται μέσα από την ανάπτυξη ενός σχεδίου του άνθρακα από τα οποία, τα πέντε πρώτα είναι απλοί έλεγχοι, που αφορούν στο αν η ιδέα του έργου είναι εφικτή και πρέπει να επιδιωχθεί. Τα τελευταία πέντε βήματα πρέπει να πραγματοποιηθούν από το άτομο που είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη του έργου, το οποίο πιστεύει ότι το έργο είναι βιώσιμο.

1. Τύπος και έκταση του έργου: Μια σαφή ιδέα για το πού και ποιος τύπος του έργου πρέπει να αναπτυχθεί, δηλαδή η δάσωση, η αναδάσωση, η βελτίωση των τεχνικών καλλιέργειας (δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος), έργο ανανεώσιμης ενέργειας, αποφυγή της αποδάσωσης.

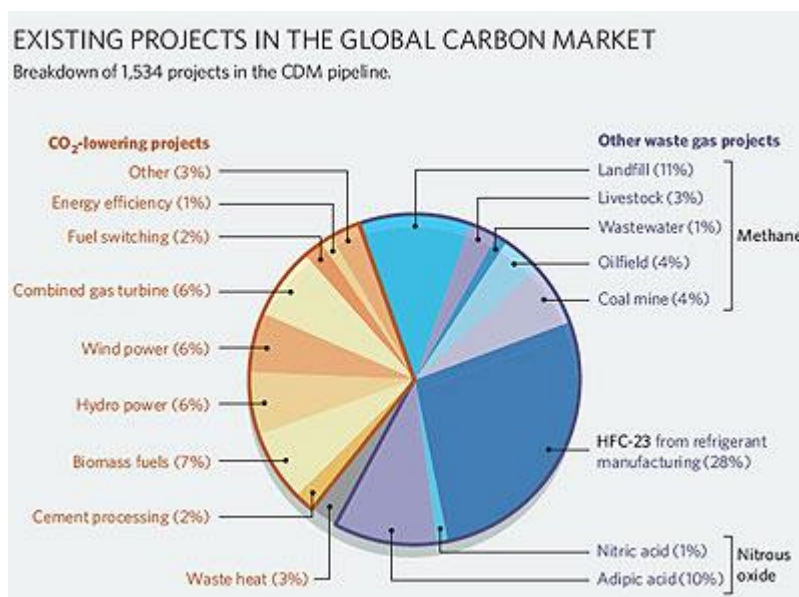
2. Έλεγχος πόρων: Ο υπεύθυνος ανάπτυξης του έργου πρέπει να γνωρίζει ότι ένα σημαντικό ποσό του χρόνου και των χρημάτων πρέπει να επενδυθούν για την ανάπτυξη ενός έργου άνθρακα. Οφείλει να αναλύσει επίσης, γιατί θα ήταν ελκυστικό να συμμετάσχει σε εφαρμογή ενός σχεδίου παγίδευσης του άνθρακα και ποια είναι τα κίνητρα που τον οδηγούν σε αυτό.

3. Ομάδα έργου: Οι αγρότες πρέπει να προσδιορίσουν ποιούς επιθυμούν να συμμετάσχουν και έχουν γη ή δάσος που μπορεί να πληροί τις προϋποθέσεις για το είδος



του έργου που καθορίζεται στο βήμα 1. Το όριο του έργου (γεωγραφικά) πρέπει να καθορισθεί. Η περιοχή του έργου θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη για να παράγει αρκετές μειώσεις των εκπομπών, έτσι ώστε να πληρούνται οι προϋποθέσεις για ένα έργο άνθρακα: για ένα πρόγραμμα REDD το ελάχιστο μέγεθος έκτασης του έργου είναι περίπου 30-40,000 εκτάρια και για A / R 10.000 εκτάρια (προσ. σχόλιο, D . Kloss, Terra Global Capital, 2009). Μικρής κλίμακας A / R έργα CDM πρέπει να οδηγούν στην απομάκρυνση αερίων του θερμοκηπίου σε λιγότερο από 16.000 τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως. Επιπλέον είναι απαραίτητα σαφή δικαιώματα χρήσης γης.

4. Θεσμική υποβοήθηση: Για την οργάνωση, και συνολικά την αντιπροσώπευση των αγροτών, ένα θεσμικό όργανο οφείλει να συσταθεί, όπως μια κοινότητα που βασίζεται στην οργάνωση, αγροτικούς συνεταιρισμούς, ΜΚΟ κ.λπ., που να είναι αξιόπιστο από τους συμμετέχοντες στο έργο. Θα πρέπει να έχει ένα ισχυρό και διαφανές θεσμικό πλαίσιο. Επιπλέον, είναι πλεονέκτημα, εάν το όργανο αυτό έχει κάποια τεχνογνωσία για την ανάπτυξη του έργου του άνθρακα, τη μέτρηση διοξειδίου του άνθρακα και της λογιστικής άνθρακα και την ανάπτυξη των επιχειρησιακών σχεδίων.



Σχήμα 13: Τρέχοντα έργα άνθρακα σε παγκόσμια κλίμακα, σε μορφή CDM (Υποχρεωτικός μηχανισμός)

5. Χρηματοδότηση: Η ανάπτυξη ενός επιχειρηματικού σχεδίου που θα λαμβάνει υπόψη όλα τα έξοδα και τα οφέλη του έργου. Εξασφάλιση επαρκούς χρηματοδότησης για την αρχική σύσταση του έργου. Με τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν στα πρώτα 5 βήματα θα πρέπει να αναπτυχθεί μια Κεντρική Ιδέα Προγράμματος (Project Idea Note - PIN) η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το βήμα έξι.



6. Αναγνώριση της ανάπτυξης του έργου: Σε συνεργασία με το ίδρυμα πρέπει να επιλεγεί ένας προγραμματιστής του έργου, ο οποίος μπορεί να βοηθήσει στη διαμόρφωση του έργου. Ο δημιουργός του έργου είναι υπεύθυνος για την προετοιμασία του για την αγορά. Αυτό μπορεί να είναι είτε ο θεσμός υποβοήθησης (βήμα 4) εφόσον διαθέτει επαρκή εμπειρία ή μια εξειδικευμένη εταιρεία ανάπτυξης έργου , ή η Παγκόσμια Τράπεζα Χρηματοδότησης μονάδων άνθρακα (<http://go.worldbank.org/269AQO1BC0>).

7. Περαιτέρω βήματα για την υλοποίηση του έργου: Από τα διάφορα διαθέσιμα πρότυπα, πρέπει να επιλεγεί το καταλληλότερο , να εκτιμηθεί η ζήτηση στην αγορά, να υπολογιστούν το κόστος και τα έσοδα και να αναπτυχθεί μια στρατηγική εμπορευματοποίησης. Ο δημιουργός του έργου θα πρέπει να αρχίσει να επιλέγει δυνητικούς αγοραστές της πιστοληπτικής ικανότητας που θα δημιουργηθεί.

8. Ο σχεδιασμός / ανάπτυξη του έργου: Θα πρέπει να επιλεγεί η βασική γραμμή και η μεθοδολογία. Τα σχέδια πρέπει να χρησιμοποιούν εγκεκριμένες μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των μειώσεων των εκπομπών. Η πιθανότητα να καταχωρηθεί και να προετοιμαστεί το έργο ταχύτερα αυξάνεται με τη χρήση αναγνωρισμένων μεθοδολογιών. Η ανάπτυξη νέων μεθοδολογιών μπορεί να είναι χρονοβόρα και να καταναλώσει πόρους και δεν μπορεί να δικαιολογηθεί για μικρά έργα. Θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της προσθετικότητας, των διαρροών και της μονιμότητας και της πλήρους εκτίμησης αερίων του θερμοκηπίου της απογραφής των εκπομπών και τη πρόσληψης του έργου. Όλες αυτές οι πληροφορίες θα συγκεντρώνονται σε ένα έγγραφο του έργου του άνθρακα.

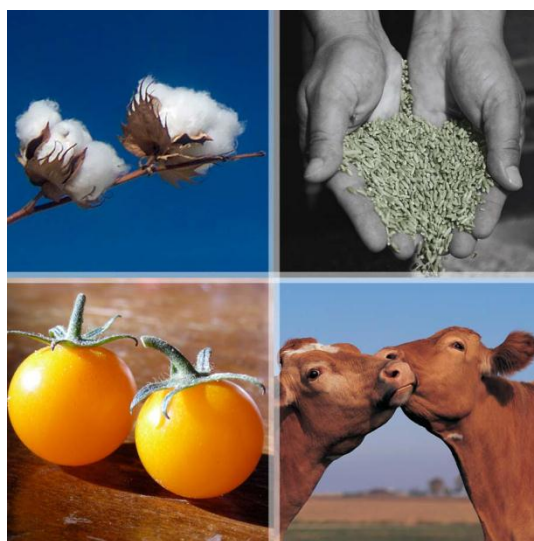
9. Επικύρωση: Ο δημιουργός του έργου καθορίζει ένα τρίτο μέρος πιστοποίησης (διαπιστευμένο από ένα συγκεκριμένο πρότυπο άνθρακα) που θα επανεξετάσει το έγγραφο του έργου του άνθρακα. Είναι σημαντικό για το έργο να επικυρώνεται για να εξασφαλίζεται η διαφάνεια του σχεδιασμού του έργου.

10. Εγγραφή: Τα Vers του επικυρωμένου έργου διατηρούνται σε Μητρώο για λογαριασμό του ιδιοκτήτη μέχρι να αγοραστούν.

Το χρονικό πλαίσιο για την ανάπτυξη ενός έργου του άνθρακα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι περίπου 12 μήνες έως ότου το έργο έχει επικυρωθεί (Βήμα 1 έως 9) και 1,5 μήνες για την εγγραφή (Βήμα 10).

## 4.9.2 Cap-and-trade

Μια βασική έννοια του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι η δημιουργία ενός «cap and trade» συστήματος, το οποίο θα συνδυάζει την κυβερνητική ρύθμιση με τους μηχανισμούς της αγοράς. Σύμφωνα με αυτό, δημιουργείται ένα ρυθμιστικό «cap» σύστημα, το οποίο περιορίζει τις εκπομπές σε επίπεδο χαμηλότερο από τις τρέχουσες εκπομπές. Αυτό το νέο όριο παρέχει στις επιχειρήσεις και σε άλλες εκπομπές το δικαίωμα να εκπέμπουν ένα χαμηλότερο ποσό και την εμπορία των αδειών εκπομπής τους (ή των πιστοποιητικών) για την επίτευξη μεγαλύτερων μειώσεων. Ο στόχος πίσω από το σύστημα αυτό είναι να μειωθεί το συνολικό επίπεδο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, χωρίς να διευκρινίζεται ποιος ακριβώς πρέπει να μειώσει τις όποιες εκπομπές και κατά πόσο. Αυτό κρατά το κόστος της συμμόρφωσης χαμηλότερο από ό, τι ένα πλήρως ρυθμιστικό σύστημα. Τα συστήματα cap and trade χρησιμοποιούνται σήμερα στις ΗΠΑ για την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και σε διεθνές επίπεδο, των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.



Ένα κυβερνητικό σώμα είναι αυτό που καθορίζει ένα συνολικό ανώτατο όριο για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που λειτουργεί ως το "καπάκι" (cap). Στη συνέχεια διατίθενται στους μεμονωμένους εκπομπούς δικαιώματα εκπομπών, συνήθως μέσω δημοπρασιών. Ο συνολικός αριθμός των επιδομάτων αδείας προστίθεται έως και το καπάκι. Ορισμένοι πομποί θα είναι σε θέση να μειώσουν τις εκπομπές τους με χαμηλότερο κόστος από ό, τι άλλοι εκπομποί. Εκείνοι για τους οποίους το κόστος είναι υψηλό μπορεί να αποφασίσουν ότι είναι πιο οικονομικό να αγοράζουν άδειες εκπομπών από άλλες πηγές εκπομπών που μπορεί να μειώσουν τις εκπομπές φθηνότερα, αντί να μειώσουν

πραγματικά τις δικές τους εκπομπές. Αυτό δίνει στον εκπομπό μείωσης χαμηλού κόστους την ευκαιρία να πραγματοποιήσει ένα οικονομικό όφελος από την πώληση πιστωτικών μορίων εκπομπών για μια τιμή μεγαλύτερη από το κόστος της μείωσης των εκπομπών του. Ως αποτέλεσμα, το συνολικό επίπεδο των εκπομπών πέφτει και οι δύο εταιρείες έχουν βοηθήσει στην κάλυψη του ρυθμιζόμενου ορίου σε χαμηλότερο συνολικό κόστος.

#### **4.9.3 Οφέλη αντιστάθμισης**

Οι τομείς της οικονομίας που λειτουργούν εκτός του ρυθμιστικού συστήματος cap and trade, συμπεριλαμβανομένων του αγροτικού, μπορούν να συμμετάσχουν στην αγορά μέσω των οφελών αντιστάθμισης. Η επιλογή αυτή επιτρέπει στους συμμετέχοντες υπό το ρυθμιστικό σύστημα να αντισταθμίσουν τις δικές τους εκπομπές με τη μετάβαση σε μη ρυθμιζόμενες οντότητες. Μπορούν να πληρώνονται από τις εταιρείες που υποχρεώνονται να μειώσουν τις εκπομπές τους. Τα οφέλη αντιστάθμισης είναι μειώσεις εκπομπών που επιτυγχάνονται με μη-ρυθμιζόμενους συμμετέχοντες στην αγορά, στους οποίους θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Τα αντισταθμιστικά οφέλη επιτρέπουν στις επιχειρήσεις και άλλους πομπούς για να πληρώσουν έτσι ώστε να επιτευχθεί το όφελος της μείωσης των αερίων θερμοκηπίου με άλλα μέρη, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που βρίσκονται εκτός του ρυθμιστικού συστήματος.

Για παράδειγμα, καθώς μια ρυθμιζόμενη μονάδα παραγωγής ενέργειας εργάζεται για να φέρει τις δικές της εκπομπές στο πλαίσιο των αδειών που της έχει διατεθεί τους, θα μπορεί να αγοράσει πιστώσεις ή αντισταθμιστικά οφέλη από μια οντότητα που μπορεί να επιτύχει τη μείωση σε χαμηλότερο κόστος. Παραδείγματα αντιστάθμισης που αναγνωρίζεται σήμερα είναι τα εξής: 1) το μεθάνιο που εγκλωβίζεται από γαλακτοκομικές εργασίες για την παραγωγή ενέργειας, 2) καλλιέργειες κάλυψης ή πρακτικές οργώματος που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του άνθρακα στο έδαφος (οργανική ύλη) ή 3) με τη χρήση βιοκαυσίμων. Άλλοι τύποι αποδεκτής αντιστάθμισης θα προστεθούν στο μέλλον. Το Χρηματιστήριο Κλίματος του Σικάγου έχει τυποποιήσει κανόνες αντιστάθμισης, οι οποίοι είναι πιθανό να χρησιμεύσουν ως βάση για άλλα προγράμματα. Τα αντισταθμιστικά οφέλη του άνθρακα γίνονται δημοφιλή με τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές που θέλουν να αντιμετωπίσουν το αποτέλεσμα των άμεσων και / ή έμμεσων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ή αλλιώς το "αποτύπωμα άνθρακα".

#### 4.9.4 Ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά κανόνα εκφράζονται σε ένα κοινό μετρικό σύστημα - εκπομπές ισοδύναμου άνθρακα (CO<sub>2</sub>e) - έτσι ώστε οι επιπτώσεις τους να μπορούν να συγκριθούν άμεσα, ακόμη και αν μερικά αέρια έχουν υψηλότερο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη από ό, τι άλλα. Ένας υπολογισμός χρησιμοποιείται για να μετατρέψει το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και άλλα αέρια του θερμοκηπίου για το αντίστοιχο αντίκτυπο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Για παράδειγμα, 1.000 τόνοι των εκπομπών μεθανίου μετατρέπονται σε 21.000 τόνους CO<sub>2</sub>e. Η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος και οι περισσότεροι άλλοι οργανισμοί χρησιμοποιούν εκατομμύρια μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα, ή MMTCE.

Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	1
Methane (CH <sub>4</sub> )	21
Nitrous oxide (N <sub>2</sub> O)	310

Πίνακας 4: Μετατροπή ισοδύναμων Άνθρακα

#### 4.9.5 Κανονισμοί

Επί του παρόντος, οι κανόνες για τις άδειες εμπορίας αερίων εκπομπών αερίων εξελίσσονται. Ένα ιδανικό τυποποιημένο προϊόν για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου συναλλαγών θα παρέχει υψηλές διαβεβαιώσεις ότι ένας τόνος της μείωσης των αερίων θερμοκηπίου από ένα έργο έχει τον ίδιο αντίκτυπο με έναν τόνο ή μειώσεις από ένα άλλο. Ένα πλήρες πρότυπο θα πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερείς μεθόδους, τις διαδικασίες και τα κριτήρια για τη διασφάλιση ότι οι μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου είναι:

- Πραγματικές - πραγματικές μειώσεις των εκπομπών και όχι αντικείμενα των ελλιπών

λογιστικών,

- Πλεονασματικές - μια απάντηση στην υπόσχεση του αγοραστή για την αγορά του, όχι μειώσεις που θα συνέβαιναν ούτως ή άλλως κατά business-as-usual (δηλαδή, είναι "επιπλέον"),
- Επαληθεύσιμες - από τα έργα των οποίων η απόδοση μπορεί εύκολα να παρακολουθείται και να ελέγχεται,
- Μόνιμες - μόνιμες και / ή να υποστηρίζονται από εγγυήσεις εάν έχουν αντιστραφεί, και
- Εκτελέσιμες - που υποστηρίζονται από συμβάσεις ή πράξεις που καθορίζουν τη δημιουργία τους, να παρέχουν τη διαφάνεια και να διασφαλίζουν την αποκλειστική κυριότητα.

#### **4.9.6 Πιστοποιητικά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (RECs)**

Ένα Πιστοποιητικό Ανανεώσιμης Πηγής Ενέργειας (REC) αποτελεί μια μεγαβατώρα (MWh) της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται (που αντιπροσωπεύει 1.000 κιλοβατώρες) και αποδίδεται κάπου στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (10 λαμπτήρες των 100 watt ο καθένας σε λειτουργία για μια ώρα αντιπροσωπεύουν τη 1 κιλοβατώρα). Κάθε 1MWh των καθαρών, ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας αποφεύγει 1MWh της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τον άνθρακα, το φυσικό αέριο ή άλλα ορυκτά καύσιμα. Ένας πάροχος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας πιστώνεται για κάθε 1.000 κιλοβατώρες (kWh) του ηλεκτρισμού που παράγει. Μόλις η ανανεώσιμη ενέργεια διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο, η πίστωση μπορεί στη συνέχεια να πωληθεί στην ελεύθερη αγορά. Ένα REC επιτρέπει ως εκ τούτου στις ανανεώσιμες πηγές παροχής ενέργειας να αναγνωρίσουν ένα πρόσθετο οικονομικό όφελος που θα αντικατοπτρίζει τα περιβαλλοντικά οφέλη από την αντικατάσταση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα με καθαρή ενέργεια.

#### 4.9.7 Ευκαιρίες για σειριακές καλλιέργειες

Υπάρχουν πολλές ευκαιρίες για τους αγρότες των σειριακών καλλιεργειών για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τρεις κατηγορίες ευκαιριών είναι οι εξής:

1. Η παγίδευση του άνθρακα (π.χ., αποθήκευση περισσότερου διοξειδίου του άνθρακα στο έδαφος, χρησιμοποιώντας καλλιέργειες κάλυψης),
2. Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (π.χ., να γίνουν πιο αποτελεσματικές με τη χρήση πιο αποδοτικών κινητήρων),
3. Αφαίρεση ή καταστροφή των αερίων του θερμοκηπίου (π.χ. καύση αερίου μεθανίου σε ένα χωνευτή).



Ειδικές ευκαιρίες για τους καλλιεργητές των σειριακών καλλιεργειών:

##### 1. Παγίδευση του άνθρακα

Το έδαφος είναι μια σημαντική δεξαμενή για τον άνθρακα και το άζωτο. Περιέχει διπλάσια ποσότητα άνθρακα ως επίγεια βλάστηση (π.χ., δένδρα) από ότι συνολικά η ατμόσφαιρα. Μερικές από τις προσεγγίσεις που μπορεί να βοηθήσουν στην παγίδευση του άνθρακα περιλαμβάνουν:

α) Η άροση συντήρησης: Ο όρος "άροση συντήρησης» χαρακτηρίζει τα συστήματα παραγωγής καλλιεργειών που διατηρούν ένα ελάχιστο 30% της φυτικής κάλυψης σε υπολείμματα στο έδαφος μετά τη φύτευση. Με τη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων μπορεί να μειωθούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Στην πραγματικότητα, η άροση συντήρησης καλύπτει ένα ευρύ φάσμα των πρακτικών και τεχνολογιών και δεν απαιτεί κατ'ανάγκη ένα σταθερό ποσοστό των υπολειμμάτων στην επιφάνεια. Ανεξάρτητα

από το πώς ορίζεται, μειώνοντας το όργωμα του εδάφους μπορεί να έχει ευεργετική επίδραση σχετικά με την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα, ειδικά όταν συνδυάζεται με άλλες πρακτικές, όπως καλλιέργειες κάλυψης ή την προσθήκη κομπόστ. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι κατάλληλη για όλες τις καλλιέργειες.

β) Καλλιέργειες κάλυψης: Οι καλλιέργειες κάλυψης για το χειμώνα μερικές φορές χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την υγεία του εδάφους, να προσθέσουν άζωτο, την πρόληψη ανέμων ή τη διάβρωση από το νερό, ή να παράγουν μια συγκομιδή χορτονομής. Αν και οι καλλιέργειες κάλυψης μπορεί να μην είναι κατάλληλες για όλες τις περιπτώσεις, μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του εδάφους, να προσθέσουν άζωτο στο έδαφος ή να παρέχουν μια κτηνοτροφική καλλιέργεια για το χειμώνα. Ως εκ τούτου, προσφέρουν δυνατότητες εξοικονόμησης κόστους ή νέες ευκαιρίες εσόδων.

γ) τροποποιήσεις του εδάφους / κομπόστ: Η έρευνα έχει δείξει ότι η προσθήκη τροποποιήσεων στο έδαφος, όπως η κοπριά, κομπόστ ή βιοστερεά, μπορεί να αυξήσει την οργανική ύλη. Ορισμένα προϊόντα, παρασκευασμένα όπως το λίπασμα, μπορεί να είναι ακριβά για να προστεθούν, ενώ άλλα, όπως τα βιοστερεά, μπορούν να αποφέρουν έσοδα. Παρόλο που το καθένα έχει το δικό του περιορισμό, αυτοί οι πόροι δεν έχουν αξιοποιηθεί πλήρως από τους σειριακούς καλλιεργητές. Αναγνωρίζοντας ότι τα υψηλής ποιότητας προϊόντα έχουν καταστρέψει τους παθογόνους παράγοντες, αξίζουν μια πιο προσεκτική ματιά, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν και άλλα οφέλη για την αξιοποίηση τους παράλληλα με τη θρεπτική αξία

## 2. Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

α) αποδοτικότητα άρδευσης: Τα τελευταία χρόνια, οι αγρότες έχουν κάνει σημαντικά βήματα για τη βελτίωση της αποδοτικής χρήσης του νερού στη φυτική παραγωγή. Πρόσθετες προσπάθειες βελτιστοποίησης θα έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τόσο σε μειωμένη ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άντληση του νερού όσο και στην μείωση των εκπομπών υποξειδίου του αζώτου (δεδομένου ότι οι εδαφικές συνθήκες με υδατικό κορεσμό συχνά συνδέονται με υψηλότερες εκπομπές). Τα υψηλής απόδοσης αρδευτικά συστήματα χρησιμοποιούνται τώρα ευρέως σε ορισμένες καλλιέργειες και μπορεί να γίνουν τα καταλληλότερα για πολλές περιπτώσεις, όπως όταν το νερό γίνεται σπανιότερο. Όποια και αν είναι τα συστήματα αυτά, η οικονομική τους βιωσιμότητα θα μπορούσε να στραφεί σε θετική αν υπάρχει μια ευκαιρία για έσοδα από τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.



β) η αποδοτικότητα της χρήσης του αζώτου: Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των λιπασμάτων φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για τη μείωση των εκπομπών N<sub>2</sub>O. Η αύξηση των εκπομπών που σχετίζονται με υψηλότερα επίπεδα της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων (π.χ. νιτρικό αμμώνιο, άνυδρη αμμωνία). Η Γεωργία ακριβείας που χρησιμοποιεί συσκευές εντοπισμού GPS είναι μια επιλογή που μπορεί να βοηθήσει. Άλλες προσεγγίσεις περιλαμβάνουν πιο συχνή και αντιπροσωπευτική δειγματοληψία θρεπτικών του εδάφους για να προσαρμόσουν τους ρυθμούς εφαρμογής σε διαφορετικά μέρη ενός αγρού, η τεχνολογία τηλεανίχνευσης και άλλες μέθοδοι για την παροχή πληροφοριών για την πιο αποτελεσματική εφαρμογή των λιπασμάτων.

γ) Αγροτικά μηχανήματα: Υπάρχουν ευκαιρίες για να μειωθεί η χρήση των καυσίμων, η αύξηση της απόδοσης του κινητήρα και ο καλύτερος έλεγχος των εκπομπών. Πρακτικές και τεχνολογίες που μειώνουν τη χρήση των καυσίμων θα μειώσουν τις εκπομπές και μείγματα βιοκαυσίμων (δηλαδή, 20% βιοντίζελ), μπορεί να μειώσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας αυτών και άλλων προσεγγίσεων θα πρέπει να αξιολογούνται για κάθε συγκεκριμένη κατάσταση.

### 3. Πρόληψη ή καταστροφή των εκπομπών

Ένας τρόπος για να αποφευχθούν ή να καταστραφούν οι εκπομπές περιλαμβάνει τους καλλιεργητές ρυζιού που αφαιρούν άχυρο τους από το πεδίο και αναστέλλουν την παραγωγή του μεθανίου. Υπάρχουν επίσης ευκαιρίες για μόνιμες φυτείες στα όρια των καλλιεργειών ή για την εγκατάσταση ξυλωδών ή δενδρωδών καλλιεργειών σε πιο περιθωριακά εδάφη. Όποια και αν είναι η προσέγγιση, θα ήταν χρήσιμο να συζητηθεί με



Συνεταιρισμούς, ή πανεπιστημιακούς ερευνητές για τις ευκαιρίες που μπορεί να είναι κατάλληλες για κάθε συγκεκριμένη λειτουργία, συμπεριλαμβανομένων των ζητημάτων της ασφάλειας των τροφίμων και των κυβερνητικών προγραμμάτων που μπορεί να βοηθήσουν τη χρηματοδότηση για φυτεύσεις και εγκαταστάσεις.



Σε πολλές περιπτώσεις, η έκδοση νέων ή πιο αποτελεσματικών πρακτικών θα έχουν επιπλέον περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των μειώσεων των εκπομπών σκόνης και χύματος απορροής, χαμηλότερη κατανάλωση νερού και εξοικονόμηση καυσίμου και / ή εργασίας. Ρίχνοντας μια πιο προσεκτική ματιά σε καινοτόμες ή μη τυποποιημένες προσεγγίσεις θα μπορούσαν να παραχθούν πολλαπλά οφέλη, πέρα από τις πολιτικές της κλιματικής αλλαγής.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο**

### **ΤΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ**

Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες, ως δραστηριότητα του γεωργικού τομέα, συμμετέχουν στην επιβάρυνση του ατμοσφαιρικού ισοζυγίου του άνθρακα και κατά συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, όπως και άλλες προαναφερθείσες γεωργικές δραστηριότητες. Στα πλαίσια της παγκόσμιας κίνησης για τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, και συγκεκριμένα στις γεωργικές δραστηριότητες, επίκεινται τα επόμενα δύο έτη (2013-2014) συζητήσεις σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο για την πλήρη νομοθέτηση της περιβαλλοντικής αειφορίας του γεωργικού τομέα και την ένταξη όλων των δραστηριοτήτων που τον διέπουν σε εγκεκριμένες μεθοδολογίες αντιστάθμισης άνθρακα. Όσον αφορά τις θερμοκηπιακές δραστηριότητες, υπάρχει ένα πλεονέκτημα έναντι των άλλων δραστηριοτήτων, ως προς τον προσδιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα: ένα θερμοκήπιο μπορεί να θεωρηθεί ως ένα κλειστό σύστημα, με διακριτά όρια και να μελετηθεί ακριβέστερα ως προς το ανθρακικό του αποτύπωμα απ' ότι μια ανοιχτή καλλιέργεια ή μια δενδροκαλλιέργεια καθώς όλες οι αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον του δύναται να είναι ελεγχόμενες και κατά συνέπεια να ελεγχθούν στο μέγιστο βαθμό και οι εκπομπές διοξειδίου.

#### **5.1 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ**

Οι κυριότερες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στα πλαίσια μιας θερμοκηπιακής καλλιέργειας είναι οι εξής:

- Υδατικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις σε νερό για την άρδευση των φυτών ενός θερμοκηπίου δύναται να είναι μεγάλες, ανάλογα και με το στάδιο ανάπτυξής τους. Δεδομένης της έλλειψης πηγών νερού υψηλής δυναμικότητας και κατάλληλης ποιότητας, είναι σημαντική η εξοικονόμηση του νερού άρδευσης στο μέγιστο δυνατό. Από την άρδευση των φυτών έχουμε τη δυνατότητα να ανακτήσουμε, μέσω αγωγών τοποθετημένων κάθετα στα κανάλια άρδευσης, περίπου το 30% του νερού άρδευσης ως απορροή και να το επαναχρησιμοποιήσουμε, εξοικονομώντας έτσι σημαντικές ποσότητες νερού. Επίσης όπως εξηγούμε παρακάτω η αγωγιμότητα απορροής (τα λιπάσματα) αυξάνει (συνήθως τα φυτά απορροφούν περισσότερο νερό παρά λιπάσματα) με αποτέλεσμα στα 30% νερό

απορροής να υπάρχουν το 40-50% των λιπασμάτων. Η απορροή σε συμβατική καλλιέργεια σε έδαφος, με έμπειρο χρήστη, είναι 35-40% σε νερό. Η απορροή έχει συνήθως αύξηση αγωγιμότητας π.χ. από 2 σε 2.6mS, δηλαδή περιέχει, ανά λίτρο 30% περισσότερα λιπάσματα από ότι το παρασκευαζόμενο διάλυμα. Δηλαδή απορρέουν το  $0.35 \cdot 1.3 = 45\%$  των λιπασμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, άμεση επιβάρυνση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και έμμεση επιβάρυνση του ανθρακικού αποτυπώματος, μέσω των επιπλέον εκπομπών από άντληση υδάτων, αφαλάτωση, εξυγίανση εδαφών.

Σε ό,τι αφορά το πρόβλημα της **ποσότητας του νερού**, είναι γνωστό ότι τα υδατικά αποθέματα της Μεσογείου εξαντλούνται με γρήγορους ρυθμούς. Η έντονη αστικοποίηση και η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης του νερού για άλλους σκοπούς, παράλληλα και πέρα από τη γεωργία, έχει οδηγήσει σε πτώση της στάθμης των υπογείων υδροφόρων οριζόντων. Προβλήματα λειψυδρίας έχουν παρουσιαστεί εντονότατα και στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια και είναι ακόμα πιο έντονα σε νοτιότερες χώρες της Μεσογείου όπως η Αίγυπτος, το Ισραήλ και η Παλαιστίνη.

Όσον αφορά την **ποιοτική υποβάθμιση** του νερού, αξίζει να αναφερθεί ότι σε πολλούς παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες Μεσογειακών χωρών, όπως το Μαρόκο, η Αίγυπτος και η Παλαιστίνη, οι οποίοι τροφοδοτούν γεωργικά πηγάδια, έχει παρατηρηθεί εισχώρηση θαλασσινού νερού και μόλυνση από νιτρικές ουσίες και φυτοφάρμακα. Το πρόβλημα αυτό απειλεί πολλές περιοχές και στη χώρα μας. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) των διαθέσιμων υπόγειων υδροφόρων οριζόντων στις περισσότερες περιοχές της Μεσογείου που καλλιεργούνται με κηπευτικά είναι περίπου 3 mhos και αυξάνεται. Για να εμποδίσουμε την συσσώρευση αλάτων στην περιοχή της ριζόσφαιρας, ως γνωστόν παρέχουμε νερό σε αφθονία, με αποτέλεσμα να αυξάνεται κατά πολύ το κόστος παραγωγής και να προκαλείται σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος. Αλλά και τα ανεξέλεγκτα αστικά και αρδευτικά υδατικά απόβλητα μολύνουν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες με δηλητηριώδη υπολείμματα από οικιακά απορρυπαντικά, βιοχημικά σκευάσματα, λιπάσματα και φυτοφάρμακα.

- Λιπάσματα και ενεργειακό κόστος

Η χρήση των λιπασμάτων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των φυτών, αλλά ταυτόχρονα εξαιρετικά ενεργοβόρα και επιβλαβής για το περιβάλλον. Τα ανόργανα λιπάσματα είναι σημαντικοί καταναλωτές ενέργειας στον αγροτικό τομέα. Σε αντίθεση με τα τρακτέρ, τις αντλίες άρδευσης, και άλλους τύπους εξοπλισμών, τα λιπάσματα είναι έμμεσοι ενεργειακοί καταναλωτές. Δηλαδή ο όγκος ενεργειακής χρήσης που συνδέεται με τα

λιπάσματα δεν καταναλώνεται άμεσα επί του γεωργικού τόπου, αλλά έμμεσα κατά τη διάρκεια της παραγωγής, συσκευασίας, και μεταφοράς του στην περιοχή. Η πρόσθετη ενέργεια χρησιμοποιείται στην συνέχεια onsite κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του λιπάσματος. Η περισσότερη ενεργειακή χρήση λιπάσματος αποδίδεται στην παραγωγή των λιπασμάτων αζώτου με φυσικό αέριο. Το φυσικό αέριο είναι ο κύριος πόρος ενέργειας για τη δημιουργία άνυδρης αμμωνίας, ένα βασικό λίπασμα αζώτου. Πάνω από το 90% των αζωτούχων λιπασμάτων περιέχουν αμμωνία ή / και άλλα στοιχεία λιπάσματος προήλθαν από την αμμωνία (π.χ., νιτρικό αμμώνιο, νιτρικό άλας νατρίου, νιτρικό άλας ασβεστίου, θειικό άλας αμμωνίου, φωσφορικά άλατα αμμωνίου, και η ουρία). Η παραγωγή της αμμωνίας είναι μια πολύ ενεργειακά εντατική διαδικασία απαιτεί περίπου 1090 έως 1250 m<sup>3</sup> του φυσικού αερίου για να παράγει 1 μετρικό τόνο άνυδρης αμμωνίας (35 000 έως 40 000 ft<sup>3</sup> φυσικού αερίου ανά σύντομο τόνο). Υπολογίζεται ότι το φυσικό αέριο συμβάλλει σε ένα ποσοστό μεταξύ 70 και 80% όλης της ενέργειας για την παραγωγή λιπάσματος παγκοσμίως.



Κάθε μια από τις τρεις αρχικές θρεπτικές ουσίες στα ανόργανα λιπάσματα έχει ένα διαφορετικό σύνολο ενεργειακής απαίτησης κατά τη διάρκεια του κύκλου της ζωής του. Εντούτοις, αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να χωριστούν σε τέσσερα κύρια στάδια: παραγωγή, συσκευασία, μεταφορά, και εφαρμογή. Ο πίνακας 1 συνοψίζει τις παγκόσμιες μέσες σε ενέργεια ανάγκες ανά τύπο θρεπτικού στοιχείου και στάδιο κύκλου της ζωής του για τα ανόργανα λιπάσματα. Ο πίνακας παρουσιάζει σαφώς τη σχετικά υψηλή ενεργειακή απαίτηση για την παραγωγή αζώτου. Η παραγωγή αζώτου απαιτεί κατά προσέγγιση 70

000 KJ ανά λίβρα της θρεπτικής ουσίας (30 000 Btu ανά kg). Αυτό αντιστοιχεί σε σχεδόν το 90% της συνολικής σε ενεργειακής ανάγκης του αζώτου. Αντίθετα, η παραγωγή του φωσφορικού άλατος και το ανθρακικό κάλιο αποτελούν μόνο περίπου το 45% της συνολικής σε ενέργεια ανάγκης για αυτές τις θρεπτικές ουσίες. Επιπλέον, η ανάγκη σε ενέργεια για το λίπασμα αζώτου είναι 4.5 φορές αυτή του λιπάσματος φωσφορικού άλατος, και 5.7 φορές αυτή του λιπάσματος ανθρακικού καλίου.

**Πίνακας 5. Ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή, συσκευασία, μεταφορά και εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων.**

Δραστηριότητα	Ενεργειακές απαιτήσεις (παγκόσμιος μέσος όρος)		
	Btu/lb (Kj/kg)		
	Αζωτούχα	Φωσφορικά	Καλίου
Παραγωγή	29899 (69530)	3313 (7700)	2753 (6400)
Συσκευασία	1119 (2600)	1119 (2600)	774 (1800)
Μεταφορά	1936 (4500)	2452 (5700)	1979 (4600)
Εφαρμογή	688 (1600)	645 (1500)	430 (1000)
<b>Σύνολο</b>	<b>33642 (78230)</b>	<b>7529 (17500)</b>	<b>5936 (13800)</b>

Πηγή: EFFICIENT USE AND CONSERVATION OF ENERGY - Energy Efficiency in Fertilizer Production and Use - Clark W. Gellings, Kelly E. Parmenter, *Encyclopedia of Life Support Systems*(EOLSS)

- Θέρμανση και ψύξη θερμοκηπίου

Περίπου το 80% της ενεργειακής ανάγκης ενός θερμοκηπίου δαπανάται για τη διατήρηση συγκεκριμένης θερμοκρασίας στο εσωτερικό του καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Η λειτουργία του θερμοκηπίου πρωτίστως κατά τους χειμερινούς μήνες, και δευτερευόντως κατά τις ψυχρές νύκτες της άνοιξης και του φθινοπώρου, καθιστά αναγκαία την κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανσή της καλλιέργειας ή των καλλιεργειών.

ΜΑΝ- ΝΙΝΑ Μήνας	Μέση Θερμ °C	Μέση Ελάχ Θερμ °C	Ελάχιστ η Θερμ Μήνα	Μέγιστη Θερμ Μήνα	Μέση Μεγ Θερμ °C
Ιαν	4.6 °C	2 °C	-13.0 °C	20.0 °C	8.2 °C
Φεβρ	6.1 °C	1.2 °C	-10.2 °C	23.6 °C	9.6 °C
Μάρτ	8.9 °C	3.3 °C	-8.2 °C	25.2 °C	12.6 °C
Απρίλ	12.6 °C	6.0 °C	-2.6 °C	28.2 °C	17.0 °C
Μάης	17.4 °C	9.5 °C	.6 °C	34.2 °C	22.2 °C
Ιούν	21.7 °C	12.7 °C	5.4 °C	38.8 °C	26.5 °C
Ιούλ	24.8 °C	14.8 °C	7.4 °C	42.4 °C	29.9 °C
Αύγ	24.2 °C	14.9 °C	7.0 °C	39.8 °C	29.7 °C
Σεπτ	20.3 °C	12.3 °C	3.0 °C	36.8 °C	25.0 °C
Οκτώβ	14.9 °C	8.5 °C	-3.0 °C	32.2 °C	19.3 °C
Νοέμβ	9.7 °C	4.7 °C	-8.4 °C	24.4 °C	13.7 °C
Δεκ	5.8 °C	1.6 °C	-9.6 °C	18.8 °C	9.3 °C

Πίνακας 6: Μηνιαίες θερμοκρασίες για την περιοχή των Ιωαννίνων (θερμοκρασίες αναφοράς για τους υπολογισμούς στο Παράρτημα 1).

Τα συμβατικά θερμοκήπια χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο λέβητες με καύση πετρελαίου για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών. Η καύση όμως του πετρελαίου έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως CO<sub>2</sub>. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μηνιαίες μέσες θερμοκρασίες για την περιοχή των Ιωαννίνων, όπου σε πιθανή εγκατάσταση θερμοκηπίου διαφαίνεται η ανάγκη για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι.

- Χρήση φυτοφαρμάκων και παρασιτοκτόνων

Η διαρκώς ογκούμενη χρήση των φυτοφαρμάκων από τους αγρότες και τους αγροτικούς οργανισμούς έχει σοβαρές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μετά την απελευθέρωσή τους σε αυτό, τα φυτοφάρμακα μπορούν να έχουν πολλές διαφορετικές πορείες. Τα ψεκαζόμενα φυτοφάρμακα μπορούν να διακινηθούν μέσω του αέρα και είναι δυνατόν, τελικά, να καταλήξουν σε άλλα περιβαλλοντικά υποσυστήματα, όπως στο έδαφος ή το νερό. Τα φυτοφάρμακα που εφαρμόζονται άμεσα στο έδαφος είναι δυνατόν να εκπλυθούν από αυτό στους παρακείμενους ταμιευτήρες επιφανειακού ύδατος ή μπορούν να διηθηθούν μέσω του εδάφους στα χαμηλότερα εδαφολογικά στρώματα και στα υπόγεια ύδατα. Τα φυτοφάρμακα που εγχέονται στο έδαφος μπορούν επίσης να υπόκεινται στις τελευταίες δύο διευθύνσεις. Η εφαρμογή των φυτοφαρμάκων, είτε άμεσα στους ταμιευτήρες νερού για τον έλεγχο ζιζανίων, είτε έμμεσα, ως αποτέλεσμα της διύλισης στο έδαφος και της απορροής από αυτό ή ως τελική εναπόθεση μέσω άλλων διαδρομών,

μπορεί να οδηγήσει όχι μόνο σε αυξημένη συγκέντρωση των φυτοφαρμάκων στο νερό, αλλά και στην στρωματοποίηση τους στον αέρα μέσω της εξάτμισης.

Η διακίνηση των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον είναι εξαιρετικά σύνθετη με συνεχείς αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών περιβαλλοντικών τομέων και υποσυστημάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτές οι αλληλεπιδράσεις εμφανίζονται όχι μόνο μεταξύ περιοχών που είναι στενές (όπως π.χ. μια τοπική λίμνη που παραλαμβάνει ένα μέρος από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνου στο παρακείμενο έδαφος) αλλά μπορούν να συμπεριλάβουν τη μεταφορά των φυτοφαρμάκων από μεγάλες αποστάσεις. Παρά το γεγονός ότι όλες οι ανωτέρω δυνατότητες αλληλεπίδρασης είναι δυνατόν να συνυπάρξουν, δεν είναι επιβεβλημένο ότι όλα τα φυτοφάρμακα διακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις ή ότι όλες οι χημικές ενώσεις που εμπεριέχονται σε αυτά είναι απειλές για τα υπόγεια ύδατα. Προκειμένου να κατανοήσουμε ποια από τα φυτοφάρμακα είναι πρόξενοι μεγαλύτερης ανησυχίας, είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητό με ποιόν ακριβώς τρόπο τα φυτοφάρμακα διακινούνται στο περιβάλλον και ποια χαρακτηριστικά τους πρέπει να εξεταστούν ιδιαίτερα στην κατεύθυνση αξιολόγησης της δυνατότητας ρύπανσης.

Από τη στιγμή που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, τα φυτοφάρμακα έρχονται αντιμέτωπα με δύο δυνατότητες: (α) Η πρώτη δυνατότητα είναι να αναλυθούν, ή να διασπαστούν, από τη δράση του φωτός του ήλιου, από το νερό ή από άλλες χημικές ουσίες, ή τους μικροοργανισμούς, όπως τα βακτηρίδια. Αυτή η διαδικασία διάσπασης οδηγεί συνήθως στο σχηματισμό λιγότερο επιβλαβών προϊόντων. Παρόλα αυτά, σε ορισμένες περιπτώσεις η εν λόγω διαδικασία είναι δυνατόν να παραγάγει και τοξικότερα προϊόντα. (β) Η δεύτερη δυνατότητα αφορά φυτοφάρμακα πολύ ανθεκτικά στην διάσπαση με οποιαδήποτε μέσο, και συνίσταται στην αμεταβλητότητά του εντός του περιβάλλοντος για μεγάλες χρονικές περιόδους. Τα φυτοφάρμακα που διαλύονται γρηγορότερα έχουν τον πιο σύντομο χρόνο να κινηθούν ή να έχουν δυσμενή αποτελέσματα στους ανθρώπους ή σε άλλους οργανισμούς. Αυτά που παρουσιάζουν ισχυρή αντίσταση στη μεταβολή, τα αποκαλούμενα επίμονα φυτοφάρμακα, μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις και μπορούν να ενισχυθούν σωρευτικά στο περιβάλλον, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη πιθανότητα να προκαλέσουν δυσμενείς επιδράσεις.

Η κατανόηση των χαρακτηριστικών των διάφορων φυτοφαρμάκων παρέχει τη δυνατότητα πρόβλεψης, υπό μια γενική έννοια, του τρόπου με τον οποίο ένα φυτοφάρμακο θα συμπεριφερθεί. Δυστυχώς, ακριβέστερη πρόβλεψη δεν είναι δυνατή, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι το ίδιο το περιβάλλον είναι πολύ σύνθετο. Υπάρχουν, παραδείγματος χάριν, τεράστιοι αριθμοί εδαφολογικών τύπων που ποικίλλουν στο ποσό άμμου, οργανικής



ουσίας, περιεκτικότητας σε μέταλλα, οξύτητας, κ.λπ. Όλα αυτά τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός φυτοφαρμάκου, σε τρόπο ώστε ένα φυτοφάρμακο που αναμένεται να μολύνει τα υπόγεια νερά σε ένα τύπο εδάφους μπορεί να μην συμπεριφερθεί έτσι σε κάποιο άλλο τύπο εδάφους. Με ανάλογο τρόπο, τα επιφανειακά ύδατα ποικίλλουν στις ιδιότητές τους, όπως η οξύτητα, το βάθος, η θερμοκρασία, η διαύγεια (ανασταλμένα εδαφολογικά μόρια ή βιολογικοί οργανισμοί), το ποσοστό ροής, και η γενική χημεία. Τέτοιου τύπου ιδιότητες είναι δυνατόν να έχουν επιπτώσεις στη μεταφορά και την τελική πορεία φυτοφαρμάκων. Είναι γνωστή η δυσκολία πρόβλεψης του καιρού, η οποία οφείλεται εν μέρει στα προβλήματα στην πρόβλεψη των μοτίβων ροής αέρα. Σε αυτή τη βάση, ο προσδιορισμός της διανομής φυτοφαρμάκων στην ατμόσφαιρα υπόκειται σε μεγάλη αβεβαιότητα. Με τέτοια μεγάλη πολυπλοκότητα, οι επιστήμονες δεν μπορούν να καθορίσουν ακριβώς τι θα συμβεί σε ένα συγκεκριμένο φυτοφάρμακο μόλις εισαχθεί στο περιβάλλον. Εντούτοις, έχουν τη δυνατότητα να διαιρέσουν τα φυτοφάρμακα σε γενικές κατηγορίες όσον αφορά, παραδείγματος χάριν, την εμμονή και τη δυνατότητα για τη μόλυνση υπόγειων υδάτων. Έχουν, επίσης, τη δυνατότητα να παράσχουν κάποια στοιχεία, σχετικά με το σημείο στο οποίο το απελευθερωμένο φυτοφάρμακο θα βρεθεί, με ισχυρή πιθανότητα, σε υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης.

Η απελευθέρωση, λοιπόν, των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον είναι δυνατόν να ακολουθηθεί από μια πολύ σύνθετη ακολουθία γεγονότων, που μπορεί να διαμορφώσει γι' αυτά καταστάσεις διακίνησης μέσω του αέρα ή του νερού, στο έδαφος ή ακόμα και στους ζωντανούς οργανισμούς. Η κυρίαρχη κατεύθυνση της διανομής και της έκτασης της διανομής είναι διαφορετική για κάθε φυτοφάρμακο. Θα εξαρτηθεί από τη σύσταση του φυτοφαρμάκου (με τι συνδυάζεται) και πώς και πότε απελευθερώνεται. Παρά την πολυπλοκότητα, είναι δυνατό να αναγνωριστούν οι συνθήκες που μπορούν να χαρακτηριστούν ανησυχητικές και να καταβληθούν προσπάθειες για τον περιορισμό τους. Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικά χάσματα στη γνώση της μεταφοράς και της πορείας των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον και έτσι είναι καλύτερο να ελαχιστοποιηθεί η περιττή απελευθέρωση των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον. *Όσο λιγότερα φυτοφάρμακα απελευθερώνονται, τόσο ασφαλέστερο θα είναι το περιβάλλον μας.*

Παρόλο, λοιπόν, που δεν μπορεί να γίνει μια σαφής και αυστηρή ποσοτική εκτίμηση του τοξικού αποτυπώματος των φυτοφαρμάκων, δηλαδή η επίδρασή τους στο περιβάλλον, είναι σαφές ότι είναι δυνατόν να λάβει χώρα μια ποιοτική εκτίμηση. Η επίδραση των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον, είτε στα πλαίσια των υδροφορέων, των ταμιευτήρων νερού, του εδάφους και της ατμόσφαιρας, είτε στα πλαίσια της άμεσης ή έμμεσης



επίδρασής τους στους ζωντανούς οργανισμούς, όπως και στον άνθρωπο, είναι μεγάλη και τα αποτελέσματά της δεν μπορούν να αξιολογηθούν σε όλο το εύρος τους. Γι' αυτό η οποιαδήποτε εξοικονόμηση στη χρήση φυτοφαρμάκων οδηγεί ποιοτικά σε μείωση και του τοξικού αποτυπώματός τους στο περιβάλλον.

Στην προσπάθεια, επομένως, να ελεγχθούν οι παραπάνω παράγοντες που επηρεάζουν το ατμοσφαιρικό ισοζύγιο άνθρακα και γενικότερα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, οι μέθοδοι μετριάσμου των αντίστοιχων εκπομπών είναι συγκεκριμένες και διακριτές στα πλαίσια μιας θερμοκηπιακής καλλιέργειας.

## **5.2 Εισαγωγή Ισοζυγίου άνθρακα**

Για τον υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για τις διάφορες δραστηριότητες, υπάρχουν αρκετές, κυρίως ηλεκτρονικές, πλατφόρμες υπολογισμού ακόμα και για τις εκπομπές ενός ατόμου βάση των καθημερινών του δραστηριοτήτων (μετακινήσεων, χρήσεων συσκευών που καταναλώνουν ενέργεια κ.α.). Μια αντίστοιχη πλατφόρμα θα μπορούσε να κατασκευαστεί και για τον υπολογισμό των γεωργικών εκπομπών, με πολύ πιο εύκολη την κατασκευή και παραμετροποίηση στην περίπτωση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών.

Για τον τομέα της γεωργίας, και ειδικότερα για ένα θερμοκήπιο, δεν θα ήταν ακριβές να κατασκευαστεί μια πλατφόρμα υπολογισμού των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, όπως συμβαίνει με άλλες δραστηριότητες, και αυτό γιατί εάν εξεταστεί ως μια ολοκληρωμένη διαδικασία, ένα ολοκληρωμένο σύστημα με διακριτά όρια και διακριτές εισροές και εκροές, εκτός από έκλυση διοξειδίου του άνθρακα παρεμβάλλεται και δέσμευση μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και της παραγωγής φυτικής βιομάζας. Ακόμα και αν αυτή η δέσμευση διοξειδίου είναι προσωρινή αντιστάθμιση των εκπομπών, συμβάλει στην τοπική αλλά και συνολική αποφόρτιση. Επιπλέον, υπάρχουν τρόποι να εκμεταλλευτούμε αυτή την προσωρινή δέσμευση με γνώμονα την αειφορία του θερμοκηπίου, όπως το να χρησιμοποιήσουμε τα υπολείμματα της συγκομιδής ως καύσιμη βιομάζα για τη θέρμανση του θερμοκηπίου την επόμενη περίοδο καλλιέργειας ή ακόμη και μέσω εξαγωγής των προϊόντων του θερμοκηπίου, μεταφέροντας φυτικά προϊόντα μεταφέρεται και η δεσμευμένη ποσότητα άνθρακα άρα σε εθνικό επίπεδο μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουμε αποσυμφόρτηση εκπομπών. Επομένως, στα πλαίσια των θερμοκηπιακών καλλιεργειών θα ήταν αποδοτικότερο να αναφερόμασταν, όχι στον απλό

υπολογισμό, αλλά στο ισοζύγιο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Γενικά στην έννοια του ισοζυγίου, οπουδήποτε και αν εφαρμόζεται, πρέπει να καθορίζονται οι εισροές και οι εκροές ενός συστήματος ως θετικές ή αρνητικές ανάλογα με την επίδραση που έχουν στον εξεταζόμενο παράγοντα. Στην προκειμένη περίπτωση, στην οποία εξετάζουμε ένα θερμοκήπιο ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα σε συνάρτηση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται στο περιβάλλον από τις διεργασίες του θερμοκηπίου, μπορούν να θεωρηθούν ως εισροές, με αρνητικό πρόσημο στο ισοζύγιο, η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που δεσμεύτηκε κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης για τη δημιουργία της φυτικής βιομάζας της καλλιέργειας, και ως εκροές, με θετικό πρόσημο στο ισοζύγιο, η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται από τη θέρμανση του θερμοκηπίου, τη χρήση λιπασμάτων κ.α. Η δεσμευόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να προσδιοριστεί βιβλιογραφικά από την περιεκτικότητα άνθρακα στους καρπούς και το στέλεχος του φυτικού οργανισμού που καλλιεργείται ανά περίπτωση στο θερμοκήπιο. Για τις εκροές (εκπομπές) του θερμοκηπίου, μπορούν να καταγραφούν και να υπολογιστούν ακριβώς όπως θα συνέβαινε με έναν απλό υπολογισμό οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας. Η συγκεκριμένη παραμετροποίηση ενός θερμοκηπίου έχει διπλό όφελος, και οικονομικό για τον καλλιεργητή αλλά και περιβαλλοντικό για την κοινωνία. Με λίγα λόγια, όσο πιο αποδοτική είναι μια θερμοκηπιακή καλλιέργεια και έχει μεγάλη παραγωγή φυτικής βιομάζας (περισσότερη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα) και παράλληλα όσο εφαρμόζονται πιο φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές (ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα), τόσο μεγαλύτερο μπορεί να είναι το όφελος. Αυτό βέβαια θα πρέπει να μεταφραστεί και σε οικονομικό αντίκρισμα για τον καλλιεργητή προκειμένου να υπάρχει κίνητρο για την εφαρμογή μετατροπών στον τρόπο λειτουργίας του θερμοκηπίου, που θα οδηγήσουν σε ένα “πράσινο” αποτύπωμα για το θερμοκήπιο. Στο παράρτημα 1, παρατίθεται μια μελέτη σύγκρισης για ένα συμβατικό θερμοκήπιο και ένα υδροπονικό θερμοκήπιο με καλλιέργεια ντομάτας και οι επιδράσεις των διεργασιών τους στο ισοζύγιο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

### **5.3 Τα οφέλη του ισοζυγίου στις αγορές άνθρακα**

Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχουν αναλυθεί επαρκώς η λειτουργία και οι κανόνες που διέπουν τις αγορές άνθρακα. Η γεωργικές δραστηριότητες μπορούν ήδη να ενταχθούν στην εθελοντική αγορά άνθρακα, χωρίς όμως να καθορίζονται από ειδικούς κανονισμούς ή νομοθεσία που να λαμβάνουν υπόψη την ιδιομορφία αυτού του τομέα, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζεται όπως οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα. Εισάγοντας την έννοια του

ισοζυγίου εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στα θερμοκήπια, μπορούν να προκύψουν αρκετά ενδιαφέροντα οφέλη από την οικονομική τους εκμετάλλευση στο πλαίσιο των αγορών άνθρακα, αλλά και σε εθνικό επίπεδο μέσω χρηματοδοτήσεων για παρεμβάσεις ή και εισαγωγής μιας κατηγορίας προϊόντων με “πράσινο” οικολογικό αποτύπωμα με τις αντίστοιχες πιστοποιήσεις, όπως συμβαίνει με τα βιολογικά προϊόντα.

Συγκεκριμένα, οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν σε εθνικό επίπεδο, στα πλαίσια νομοθέτησης περιβαλλοντικά φιλικών πρακτικών στα θερμοκήπια, δύναται να είναι οι κάτωθι:

- Προγράμματα χρηματοδότησης για μετατροπή συμβατικών θερμοκηπίων σε θερμοκήπια “πράσινου οικολογικού αποτυπώματος”, συμπεριλαμβανομένης της προσωρινής αντιστάθμισης διοξειδίου του άνθρακα, με κατηγοριοποίηση των θερμοκηπίων σε κλάσεις (Α, Β, C κτλ), ανάλογα με το μέγεθος των επεμβάσεων και της μείωσης των εκπομπών. Με την άνοδο του θερμοκηπίου σε κλάσεις (κάτι ανάλογο με τις κλάσεις ενεργειακής απόδοσης στις συσκευές και στα κτίρια), η χρηματοδότηση θα επιτρέπει στον παραγωγό την μείωση της τιμής του τελικού προϊόντος, κάνοντάς το ελκυστικότερο στον τελικό καταναλωτή, προωθώντας έτσι μια περιβαλλοντική αφύπνιση και στροφή του κοινωνικού συνόλου σε προϊόντα, τα οποία έχουν παραχθεί με περιβαλλοντικά φιλικές πρακτικές. Ταυτόχρονα, με την εφαρμογή μεθόδων άρδευσης και λίπανσης ακριβείας, όπως συμβαίνει στην υδροπονία, ο παραγωγός έχει διπλό όφελος, αφού αφενός βελτιώνει την ποσότητα και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και αφ'ετέρου μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μειώνοντας την απαίτηση των φυτικών οργανισμών σε νερό και λιπάσματα.
- Πιστοποιήσεις θερμοκηπίων σε κλάσεις και ταυτόχρονη εισαγωγή προϊόντων πιστοποιημένου “πράσινου οικολογικού αποτυπώματος” στην αγορά. Θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα σύστημα κατηγοριοποίησης και πιστοποίησης όλων των θερμοκηπίων, με σκοπό να υπάρχει έλεγχος αλλά και η δυνατότητα για προτάσεις συγκεκριμένων επεμβάσεων προκειμένου να συναντώνται οι στόχοι όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, προτείνεται η εισαγωγή και πιστοποίηση προϊόντων “πράσινου οικολογικού αποτυπώματος” ως μια νέα κατηγορία γεωργικών προϊόντων φιλικών στο περιβάλλον, όπως ακριβώς συμβαίνει με τα βιολογικά προϊόντα.
- Πιστώσεις / Πιστοποιητικά άνθρακα για την ποσότητα των μειωμένων εκπομπών άνθρακα και η εισαγωγή στις αγορές άνθρακα. Για κάθε παρέμβαση που γίνεται σε

ήδη υπάρχον θερμοκήπιο, υπολογίζεται το ποσό μείωσης εκπομπών του άνθρακα, σε περιπτώσεις όπως η αλλαγή της πηγής ενέργειας για τη θέρμανση-ψύξη του θερμοκηπίου, η αλλαγή της μεθόδου καλλιέργειας που συνεπάγεται μείωση της χρησιμοποιούμενης ποσότητας λιπασμάτων, αλλά πρέπει να υπολογίζεται και το ποσό αύξησης της δέσμευσης του άνθρακα σε περιπτώσεις παρεμβάσεων που αυξάνουν την ποσότητα της παραγωγής, άρα και της φυτικής βιομάζας. Επιπλέον, στις περιπτώσεις αλλαγής της πηγής θέρμανσης του θερμοκηπίου σε καύση βιομάζας (η οποία έχει μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών και δεν επιβαρύνει επιπλέον την ατμόσφαιρα με διοξείδιο του άνθρακα), η χρήση των θερμοκηπιακών υπολειμμάτων ως φυτική βιομάζα προς καύση θα πρέπει να επιβραβεύεται με επιπλέον πιστοποιητικά, καθότι έχουμε συνεχώς παραγωγή νέας φυτικής βιομάζας, η οποία μετά την καύση της δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, επομένως μπορεί να θεωρηθεί και ως μια όχι προσωρινή αντιστάθμιση άνθρακα αλλά μόνιμη.

- Οι εξαγωγές μπορούν να θεωρηθούν ως μεταφορά των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη χώρα παραγωγής στη χώρα εξαγωγής. Εφόσον τα προϊόντα εξαχθούν, η κατανάλωσή τους θα γίνει εκτός εθνικών ορίων παραγωγής τους και επομένως η ποσότητα του άνθρακα που δεσμεύτηκε θα απελευθερωθεί – και θα επιβαρύνει – τις συνολικές εκπομπές άλλης χώρας. Επομένως, σε εθνικό επίπεδο, θα έπρεπε να ενθαρρύνονται οι εξαγωγές των γεωργικών προϊόντων, καθώς συμβάλλουν κατά κάποιον τρόπο στο να φτάσει η εκάστοτε χώρα τους στόχους εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, αλλά ταυτόχρονα ενισχύεται και η τοπική οικονομία και επέρχεται μεγαλύτερη οικονομική ανάπτυξη.

#### **5.4 Συμπεράσματα**

Στην πορεία προς την αειφορική διαχείριση του περιβάλλοντος, τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και την εξέλιξη των μέσων και των μεθόδων παραγωγής τροφίμων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εποχής, είναι αναγκαία η θεσμοθέτηση γεωργικών πρακτικών με στόχο μια περιβαλλοντικά «φιλικότερη» γεωργία.

Στην γεωργία γενικότερα, αλλά και στην περίπτωση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών ειδικότερα, η εισαγωγή της έννοιας του ισοζυγίου του άνθρακα είναι άκρως σημαντική γιατί κατά κύριο λόγο καταδεικνύει τη δυνατότητα αποθήκευσης, δέσμευσης ή έστω και προσωρινής δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα στη φυτική βιομάζα με διπλό όφελος και

στην μείωση της ποσότητας διοξειδίου, το οποίο ευθύνεται κατά κύριο λόγο για την κλιματική αλλαγή, αλλά και στην παραγωγή τροφίμων και προϊόντων με κύριο γνώμονα τους περιβαλλοντικούς δείκτες και την ταυτόχρονη ποιότητα για την εξυπηρέτηση των συνεχώς αυξανόμενων ανθρωπίνων αναγκών για σίτιση. Η μεταστροφή από τις πρακτικές συμβατικής καλλιέργειας σε πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας, εξοικονόμησης νερού και μειωμένων τοξικών επιδράσεων στο περιβάλλον (π.χ. φυτοφάρμακα) είναι αναπόφευκτη, αλλά θα πρέπει εξ'αρχής να νομοθετηθεί και να οριοθετηθεί σωστά. Οι υδροπονικές καλλιέργειες είναι μια μέθοδος η οποία ευνοεί την κατεύθυνση αυτή, λόγω των πρακτικών και καινοτομιών που μπορούν να εφαρμοστούν όταν επιλεγθεί. Στο Παράρτημα 1 που ακολουθεί περιγράφεται ένα υδροπονικό θερμοκήπιο με τις καινοτομίες που του επιτρέπουν να έχει ένα άριστο οικολογικό – ανθρακικό - περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σχέση με ένα αντίστοιχης δυναμικότητας συμβατικό θερμοκήπιο. Παρακάτω, στο Παράρτημα 2, ακολουθούν οι πίνακες σύγκρισης μεταξύ των δύο τύπων των θερμοκηπίων αναλυτικά ως προς το ανθρακικό τους αποτύπωμα, με εφαρμογή ισοζυγίου άνθρακα, βάση της προτεινόμενης καλλιέργειας, στη συγκεκριμένη περίπτωση της ντομάτας. Ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του ισοζυγίου, το προσωρινό αποτύπωμα στο υδροπονικό θερμοκήπιο με την εφαρμογή των καινοτομιών είναι «πράσινο», δηλαδή έχει περισσότερη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα από ότι παραγωγή, μέσω των διεργασιών που διέπουν τη λειτουργία του.

Όλη αυτή η διερεύνηση γύρω από τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου, λαμβάνοντας υπόψη τους περιβαλλοντικούς δείκτες των διαφόρων αποτυπωμάτων, μπορεί να αποτελέσει βάση για τη νομοθέτηση των κανόνων λειτουργίας και ένταξης των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στο ευρύτερο σύστημα εμπορίας εκπομπών αλλά και εμπορικής εκμετάλλευσης των προϊόντων τους ως μια νέα κατηγορία προϊόντων, η οποία θα συντελεί ταυτόχρονα και στην περαιτέρω περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των καταναλωτών ανά τον κόσμο.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

### “ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΠΡΟΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ”

Σε αυτό το παράρτημα, παρατίθεται ως παράδειγμα εφαρμογής όλων των παραπάνω, η σύγκριση των ισοζυγίων άνθρακα ενός συμβατικού θερμοκηπίου με ένα υδροπονικό θερμοκήπιο συνολικής έκτασης 100 στρεμμάτων στην περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας, στο οποίο έχουν εφαρμοστεί επιλεγμένες καινοτομίες με στόχο, αφενός την εξοικονόμηση ενέργειας και το βέλτιστο αποτύπωμα και αφ'ετέρου την καλύτερη ποιότητα και μεγαλύτερη ποσότητα παραγωγής των καλλιεργούμενων γεωργικών προϊόντων, στη συγκεκριμένη περίπτωση της ντομάτας.

**Υδροπονία** καλείται κάθε μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους με ή χωρίς την χρήση κάποιου στερεού υποστρώματος ως μέσου ανάπτυξης των ριζών των φυτών η οποία βασίζεται πλήρως στην υδρολίπανση για την κάλυψη των υδατικών και διατροφικών αναγκών των φυτών. Οι υδροπονικές καλλιέργειες αποτελούν μία εναλλακτική μέθοδο καλλιέργειας κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών στα θερμοκήπια η οποία παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα και πολύ λίγα μειονεκτήματα. Επιγραμματικά, τα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

1. Ριζική αντιμετώπιση των ασθενειών των θερμοκηπιακών καλλιεργειών οι οποίες μεταδίδονται μέσω του εδάφους (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πυρρηνοχαίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί, κ.λπ.).
2. Δεν υφίσταται ανάγκη για καταπολέμηση των ζιζανίων που ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά.
3. Δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους με συνέπεια να αποφεύγεται η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητας όπως το βρωμιούχο μεθύλιο, η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους τόσο για την υγεία των παραγωγών και των καταναλωτών όσο και για το περιβάλλον.
4. Μείωση υπερβολικών χημικών ψεκασμών και συνεπώς ανάπτυξη υγιέστερων φυτών με υψηλή θρεπτική περιεκτικότητα.
5. Αντιμετώπιση των προβλημάτων χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω υπερεντατικής εκμετάλλευσης είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. πολύ βαριά ή πολύ ελαφρά εδάφη, εναλατωμένα εδάφη,

κ.λπ.).

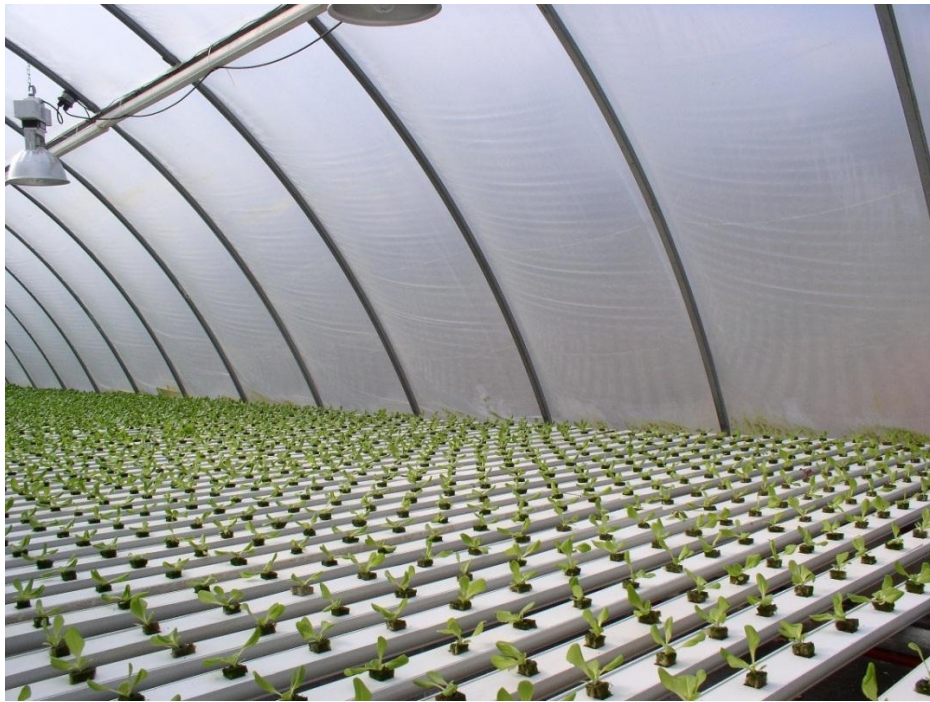
6. Η διατήρηση της επιθυμητής ελάχιστης θερμοκρασίας στον χώρο του ριζοστρώματος μπορεί να επιτευχθεί ευκολότερα και με χαμηλότερο κόστος (τοπική θέρμανση) δεδομένου ότι οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα στον περιορισμένο όγκο των υποστρωμάτων ή των θρεπτικών διαλυμάτων, τα οποία μάλιστα βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

7. Η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος.

8. Η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους απαλλάσσει τον καλλιεργητή από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση, κ.λπ.) με αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και αφετέρου να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης.

9. Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων στις υδροπονικές καλλιέργειες.

10. Η υδροπονική καλλιέργεια μπορεί να περιλαμβάνει και ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, με συνέπεια την ελαχιστοποίηση ή και τον μηδενισμό των προβλημάτων νιτρορύπανσης και ευτροφισμού τα οποία προκαλούνται από υπολείμματα λιπασμάτων από θερμοκηπιακές καλλιέργειες.



*Εικόνα 2: Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιών.*

Για τους παραπάνω λόγους, σήμερα η υδροπονία, μαζί με τον αυτοματοποιημένο έλεγχο του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου συνιστούν τις δύο τεχνολογίες αιχμής στον τομέα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Χάρης στα παραπάνω πλεονεκτήματα, η υδροπονία σήμερα έχει καταστεί ο κανόνας μάλλον παρά η εξαίρεση στις πλέον προηγμένες χώρες στον τομέα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών, όπως στην Ολλανδία, το Βέλγιο, η Γαλλία, το Ισραήλ, κ.λπ. Ειδικά στην Ολλανδία, το 100% σχεδόν των καρποδοτικών λαχανικών (τομάτα, αγγούρι, πιπεριά, κ.λπ.) παράγονται πλέον αποκλειστικά και μόνον σε υδροπονικά συστήματα και όχι στο έδαφος. Δυστυχώς στην Ελλάδα, σε αντίθεση όχι μόνο με αυτές τις χώρες αλλά και με άλλες μεσογειακές χώρες όπως η Ισπανία και η Ιταλία, η υδροπονία βρίσκεται ακόμη σε νηπιακό στάδιο. Για το λόγο αυτό όλα τα προγράμματα ενίσχυσης προϋποθέτουν Υδροπονική εκμετάλλευση. Το ποσοστό των θερμοκηπιακών καλλιεργειών που καλλιεργείται υδροπονικά είναι απελπιστικά χαμηλό ενώ οι ρυθμοί αύξησής του δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικοί. Ο στόχος του εκσυγχρονισμού της γεωργίας και της βελτίωσης της ανταγωνιστικότητας της χώρας δεν θα μπορέσει να επιτευχθεί αν δεν βασισθεί στην εξάπλωση σύγχρονων τεχνολογιών και μεθόδων όπως η υδροπονία. Δυστυχώς, ο πλέον ισχυρός ανασχετικός παράγοντας στην εξάπλωση της υδροπονίας στην Ελλάδα είναι το χαμηλό επίπεδο πληροφόρησης σχετικά με τις νέες αυτές τεχνολογίες τόσο μεταξύ των αγροτών όσο και μεταξύ των γεωτεχνικών. Πραγματικά, το βασικότερο μειονέκτημα της υδροπονίας είναι το γεγονός ότι πρόκειται για μία μέθοδο καλλιέργειας που βασίζεται στην εφαρμογή



σύγχρονων τεχνολογιών και εξοπλισμού σε κάποιον βαθμό και επομένως απαιτεί τεχνογνωσία. Στις χώρες στις οποίες η υδροπονία είναι ανεπτυγμένη, το πρόβλημα αυτό έχει επιλυθεί με την καλή οργάνωση του συστήματος παροχής συμβουλευτικής στήριξης στους παραγωγούς, το οποίο συμπεριλαμβάνει τόσο τις αρμόδιες δημόσιες υπηρεσίες όσο και τον ιδιωτικό τομέα. Σε όλες τις περιπτώσεις, η παροχή συμβουλευτικής στήριξης στους παραγωγούς βασίζεται στην ύπαρξη τυποποιημένων πληροφοριακών συστημάτων πληροφορικής, μέσω των οποίων καταρτίζονται εξατομικευμένα σχήματα υδρολίπανσης για κάθε παραγωγό και αποφασίζονται οι απαραίτητες παρεμβάσεις αναπροσαρμογών στην πορεία της καλλιέργειας.

### Περί Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στα Θερμοκήπια & Υδροπονία

Τα προϊόντα ΟΔ παράγονται με μία διαδικασία η οποία βελτιώνεται συνεχώς ως προς το σεβασμό του περιβάλλοντος και προσφέρουν ασφάλεια και ποιότητα για τον καταναλωτή συγκρίσιμη με αυτή της οργανικής (βιολογικής) παραγωγής αλλά με σημαντικά χαμηλότερο κόστος. Εξ αυτού προκύπτει ότι η ΟΔ θα αντικαταστήσει πλήρως τα κοινά προϊόντα τα οποία δεν φέρουν πιστοποίηση και δεν εξασφαλίζουν τον καταναλωτή.

Ο τρόπος παραγωγής των προϊόντων ΟΔ (πχ στο έδαφος) επιτρέπει πολλές βελτιώσεις, ποιότητας και περιβάλλοντος, όταν παράγεται με απόλυτα ελεγχόμενο τρόπο, όπως είναι η Υδροπονική καλλιέργεια. Για τον λόγο αυτό προέχει η ανάπτυξη αυτού του τρόπου παραγωγής και να καταγραφούν και διαδοθούν οι «ορθές πρακτικές», και βέβαια να γίνει ενημέρωση του καταναλωτή. Επί πλέον πρέπει στην συγκεκριμένη επένδυση να εφαρμοστεί η τεχνολογία που θα στηρίξει την «Ολοκληρωμένη Διαχείριση στην Υδροπονία» με αδιάλειπτο τρόπο. Οι ορθές πρακτικές θα προέλθουν από βαθιά επιστημονική γνώση και θα εφαρμοστούν μέσω της τεχνολογίας.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι καινοτομίες οι οποίες εφαρμόζονται στο υδροπονικό θερμοκήπιο, καθώς και οι εξοικονόμηση, ενεργειακή, οικονομική κ.α. που προσφέρουν έναντι ενός συμβατικού θερμοκηπίου.

#### **Π1.1 Ανακύκλωση Νερού**

Οι απαιτήσεις σε νερό για την άρδευση των φυτών ενός θερμοκηπίου δύναται να είναι μεγάλες, ανάλογα και με το στάδιο ανάπτυξής τους. Δεδομένης της έλλειψης πηγών νερού υψηλής δυναμικότητας και κατάλληλης ποιότητας, είναι σημαντική η εξοικονόμηση του νερού άρδευσης στο μέγιστο δυνατό. Από την άρδευση των φυτών έχουμε τη

δυνατότητα να ανακτήσουμε, μέσω αγωγών τοποθετημένων κάθετα στα κανάλια άρδευσης, περίπου το 30% του νερού άρδευσης ως απορροή και να το επαναχρησιμοποιήσουμε, εξοικονομώντας έτσι σημαντικές ποσότητες νερού. Επίσης όπως εξηγούμε παρακάτω η αγωγιμότητα απορροής (τα λιπάσματα) αυξάνει (συνήθως τα φυτά απορροφούν περισσότερο νερό παρά λιπάσματα) με αποτέλεσμα στα 30% νερό απορροής να υπάρχουν το 40-50% των λιπασμάτων. Η απορροή σε συμβατική καλλιέργεια σε έδαφος, με έμπειρο χρήστη, είναι 35-40% σε νερό. Η απορροή έχει συνήθως αύξηση αγωγιμότητας πχ από 2 σε 2.6mS, δηλαδή περιέχει, ανά λίτρο 30% περισσότερα λιπάσματα από ότι το παρασκευαζόμενο διάλυμα. Δηλαδή απορρέουν το  $0.35 \cdot 1.3 = 45\%$  των λιπασμάτων. Η υπηρεσία web μας επιτρέπει να μειώσουμε το 35% σε 25% δηλ. μειώνουμε το  $(0.35 - 0.25) / 0.35 = 29\%$  της απορροής και το υπόλοιπο η ανακύκλωση. Έτσι υπολογίζουμε παρακάτω ότι με την ανακύκλωση που υιοθετούμε εξοικονομούμε 30% νερό και 45% λιπάσματα.

Πιο συγκεκριμένα, το πρόβλημα με το νερό στα πλαίσια της υδροπονίας έχει δύο συνιστώσες, την ποσοτική και την ποιοτική. Σε ό,τι αφορά το πρόβλημα της **ποσότητας του νερού**, είναι γνωστό ότι τα υδατικά αποθέματα της Μεσογείου εξαντλούνται με γρήγορους ρυθμούς. Η έντονη αστικοποίηση και η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης του νερού για άλλους σκοπούς, παράλληλα και πέρα από τη γεωργία, έχει οδηγήσει σε πτώση της στάθμης των υπογείων υδροφόρων οριζόντων. Προβλήματα λειψυδρίας έχουν παρουσιαστεί εντονότατα και στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια και είναι ακόμα πιο έντονα σε νοτιότερες χώρες της Μεσογείου όπως η Αίγυπτος, το Ισραήλ και η Παλαιστίνη.

Όσον αφορά την **ποιοτική υποβάθμιση** του νερού, αξίζει να αναφερθεί ότι σε πολλούς παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες Μεσογειακών χωρών, όπως το Μαρόκο, η Αίγυπτος και η Παλαιστίνη, οι οποίοι τροφοδοτούν γεωργικά πηγάδια, έχει παρατηρηθεί εισχώρηση θαλασσινού νερού και μόλυνση από νιτρικές ουσίες και φυτοφάρμακα. Το πρόβλημα αυτό απειλεί πολλές περιοχές και στη χώρα μας. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) των διαθέσιμων υπόγειων υδροφόρων οριζόντων στις περισσότερες περιοχές της Μεσογείου που καλλιεργούνται με κηπευτικά είναι περίπου 3 mhos και αυξάνεται. Για να εμποδίσουμε την συσσώρευση αλάτων στην περιοχή της ριζόσφαιρας, ως γνωστόν παρέχουμε νερό σε αφθονία, με αποτέλεσμα να αυξάνεται κατά πολύ το κόστος παραγωγής και να προκαλείται σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος. Αλλά και τα ανεξέλεγκτα αστικά και αρδευτικά υδατικά απόβλητα μολύνουν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες με δηλητηριώδη υπολείμματα από οικιακά απορρυπαντικά, βιοχημικά σκευάσματα, λιπάσματα και φυτοφάρμακα.

**Πιο συγκεκριμένα**, για τα κλειστά υδροπονικά συστήματα, το πρόβλημα του νερού

έγκειται στην αυξημένη αλατότητα. Ο καλλιεργητής έχει να αντιμετωπίσει τόσο την εξαρχής υψηλή αλατότητα του νερού, δεδομένου ότι η υδροπονία δίνει την δυνατότητα χρησιμοποίησης τέτοιου νερού, αλλά και την αλατότητα που παρουσιάζεται εκ των υστέρων στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα κατά την λειτουργία του κλειστού συστήματος. Οι δύο αυτοί παράγοντες προκαλούν μία σταδιακή αύξηση της οσμωτικής πίεσης και της περιεκτικότητας του υδατικού διαλύματος σε τοξικά ιόντα, όπως θειικά και χλωριούχο νάτριο, γεγονός που έχει επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών και τη συνολική παραγωγή, τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές.

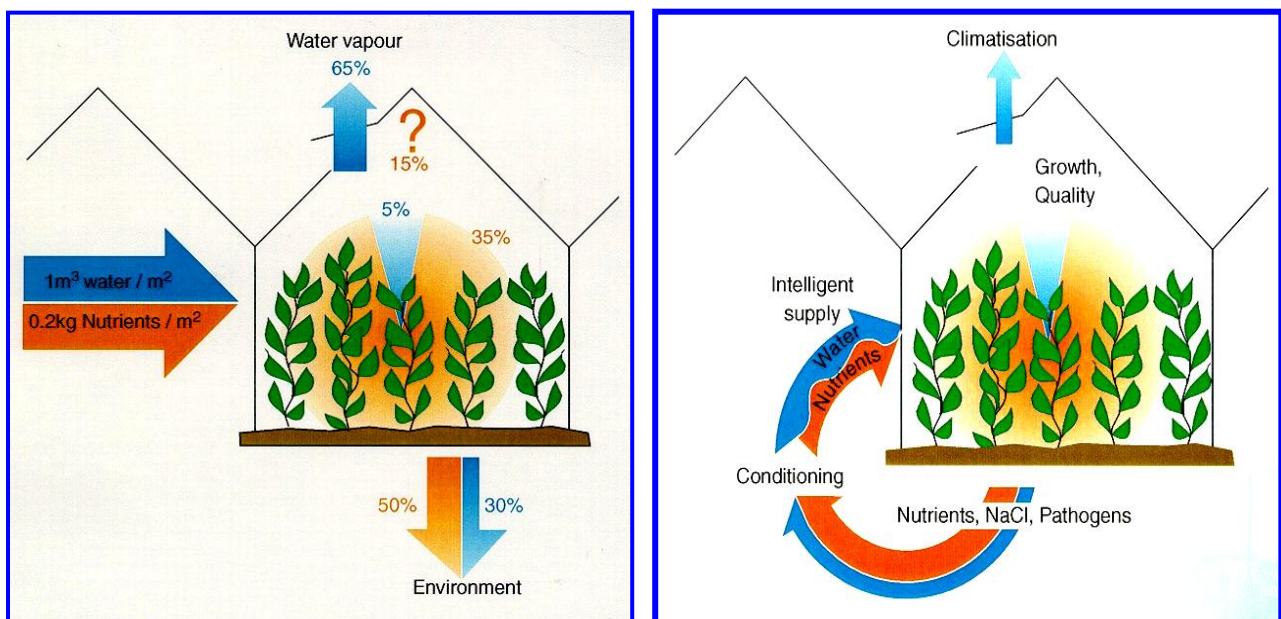
Τα προαναφερθέντα προβλήματα θα αντιμετωπιστούν με την εφαρμογή καινοτομικών προσεγγίσεων αντιμετώπισής τους, οι οποίες συνίστανται στις ακόλουθες διαδικασίες.

### **Καινοτομικοί τρόποι διαχείρισης του διαλύματος.**

Η αλατότητα του διαλύματος που απορρέει στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, αυξάνει από κύκλο σε κύκλο. Η αύξηση αυτή μπορεί να είναι από ελάχιστη μέχρι και 24% σε κάθε κύκλο. Η κύρια αιτία που την προκαλεί είναι η εξατμισοδιαπνοή. Η εξατμισοδιαπνοή είναι μία φυσιολογική λειτουργία μέσω της οποίας τα φυτά αποδίδουν στο περιβάλλον καθαρό νερό. Όσο αυξάνει ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής τόσο ελαττώνεται η ειδική απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνει η αλατότητα στο υπόστρωμα, γιατί καθώς μειώνεται, λόγω εξατμισοδιαπνοής, ο όγκος του καθαρού νερού στο διάλυμα, η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων συνεχώς αυξάνει, με άλλα λόγια μειώνεται η ειδική απορρόφηση τους. Δηλαδή σε συνθήκες αυξημένης εξατμισοδιαπνοής η ρίζα απορροφά νερό με μεγαλύτερη προτίμηση και η συγκέντρωση του ανερχόμενου προς τα φύλλα διαλύματος είναι μικρότερη από αυτή του ριζοστρώματος. Για το λόγο αυτό συνιστάται χαμηλότερο EC διαλύματος όταν οι συνθήκες είναι θερμές και ξηρές. Μερικά υδροπονικά μηχανήματα μπορούν και μεταβάλλουν το EC αυτόματα σε κάθε πότισμα. Βέβαια, επηρεάζεται και η αναλογία των στοιχείων που απορροφούνται και κανονικά πρέπει να μεταβάλλονται και οι αναλογίες των στοιχείων, πράγμα το οποίο απαιτεί περισσότερες δεξαμενές από την Α και Β (εικόνα 1 και 2). Δεν υπάρχουν όμως ακόμη σαφή δεδομένα για κάθε στοιχείο αλλά θα προκύψουν σύντομα από διάφορα ερευνητικά προγράμματα (πχ το Hortimed). Προς το παρόν η χρήση δεξαμενών Α και Β, με αυτόματη προσαρμογή EC, είναι αρκετή αρκεί το μηχάνημα να έχει δυνατότητα να υποστηρίξει και περισσότερες δεξαμενές και προσαρμογή αναλογιών.

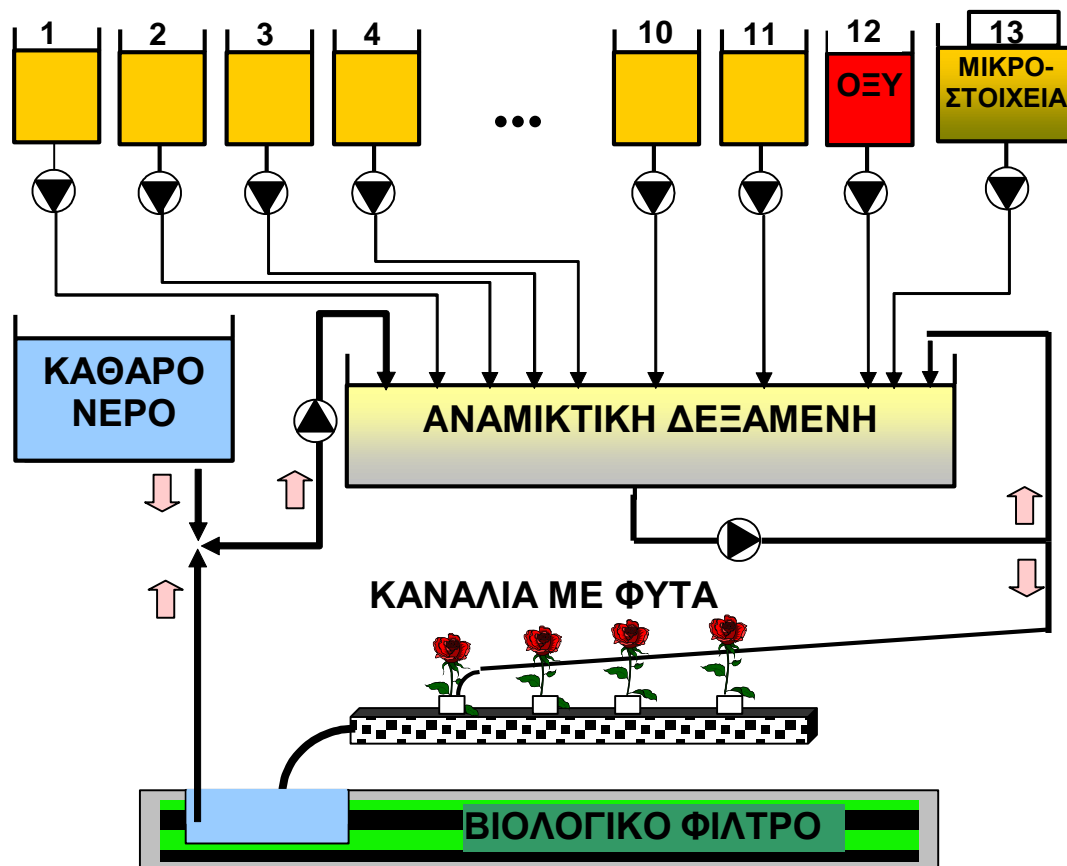
Ωστόσο, υπάρχουν **τεχνικές διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος** με βάση τις οποίες καταπολεμάται η αύξηση της αλατότητας ή έστω επιτυγχάνεται μείωση του ρυθμού αύξησής της.

Ένας τέτοιος τρόπος είναι η ανάμιξη καθαρού νερού (χαμηλότερης ηλεκτρικής αγωγιμότητας) με το νερό της απορροής καθώς και η αφαίρεση μικρού όγκου του νερού της απορροής και αντικατάστασή του με καθαρό νερό. Και στις δύο περιπτώσεις επιτυγχάνεται μείωση του ρυθμού με τον οποίο αυξάνει η αλατότητα του απορρέοντος διαλύματος. Είναι μάλιστα δυνατόν σε διάστημα επτά κύκλων άρδευσης η αλατότητα να αυξηθεί συνολικά μόνο κατά 31% σε σχέση με το αρχικό διάλυμα ενώ στην περίπτωση που δεν ακολουθηθεί αυτή η διαδικασία, θα αυξηθεί 24% σε κάθε μεμονωμένο κύκλο. Ένας δεύτερος τρόπος διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος σε κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι η ολική ανανέωση του διαλύματος όταν τα επίπεδα της αλατότητας πλησιάσουν τα ανώτερα επιτρεπτά όρια. Ερευνητικά αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι δεν υπάρχει αξιόλογη διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές τεχνικές ούτε ως προς την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών αλλά ούτε και ως προς το κόστος εφαρμογής τους. Για το κλίμα της χώρας μας, συνιστάται η δεύτερη τακτική (ολική ανακύκλωση και ολική ανανέωση όταν η αλατότητα (αγωγιμότητα) φθάσει ένα όριο). Το όριο αυτό εξαρτάται από το αρχικό επίπεδο και βέβαια από τις κρατούσες συνθήκες.



Σχήμα 14. Η ανακύκλωση εξοικονομεί περίπου 30% νερό και 40% λιπάσματα.

## ΠΥΚΝΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



## ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Σχήμα 15. Κλειστό σύστημα υδροπονίας (ανακύκλωση νερού και λιπασμάτων)

### Καινοτομικοί τρόποι διαχείρισης του νερού.

Πολύ σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση του προβλήματος της αλατότητας στα κλειστά υδροπονικά συστήματα παίζει η σωστή διαχείριση του διαθέσιμου νερού. Με τον όρο σωστή διαχείριση νερού εννοούμε τόσο την **αποδοτικότερη χρήση του νερού καλής ποιότητας** όσο και την **καλύτερη κατά το δυνατόν αξιοποίηση του νερού χαμηλής ποιότητας**.

Η αποδοτικότερη χρήση του νερού καλής ποιότητας επιτυγχάνεται κυρίως με την χρησιμοποίηση του σε **ευαίσθητες καλλιέργειες**. Όπως είναι γνωστό η ανθεκτικότητα των φυτών στην αλατότητα διαφέρει τόσο με το είδος του φυτού όσο και με το στάδιο ανάπτυξής του. Επομένως, γνωρίζοντας τα είδη που είναι ευαίσθητα στα υψηλά επίπεδα αλατότητας, μπορούμε να αξιοποιήσουμε στο έπακρο το καλής ποιότητας νερό, χρησιμοποιώντας το σε τέτοιες καλλιέργειες, οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να

αποδώσουν ικανοποιητικά. Σημαντικό επίσης είναι να γίνεται χρήση της διαθέσιμης ποσότητας καλής ποιότητας νερού (πχ βρόχινο, από αρνητική ώσμωση, κλπ) στα κατάλληλα (ευαίσθητα) στάδια ανάπτυξης καθώς και σε σχέση με την προβλεπόμενο καιρό (υψηλής εξατμισοδιαπνοής) της περιοχής.

Επίσης, ο σύγχρονος διαθέσιμος εξοπλισμός για τα θερμοκήπια δίνει την δυνατότητα της **συνεχούς αναπροσαρμογής του θρεπτικού διαλύματος** ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Έτσι, ενώ για παράδειγμα παλιότερα ο έλεγχος της αγωγιμότητας στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα γινόταν μόνο μία φορά στις δέκα ημέρες, σήμερα ο παραγωγός έχει την ευχέρεια του συνεχούς ελέγχου της αγωγιμότητας, καθώς και της μέτρησης διάφορων κλιματικών παραμέτρων, όπως για παράδειγμα η ηλιακή ακτινοβολία. Δηλαδή, με την χρησιμοποίηση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου, στην περίπτωση που, παραδείγματος χάριν, παρατηρείται αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας, η συνταγή του θρεπτικού διαλύματος τροποποιείται κατά τέτοιον τρόπο ώστε, παρά την αυξημένη εξατμισοδιαπνοή που θα παρατηρηθεί, η αγωγιμότητα του διαλύματος απορροής να μην υπερβεί τα επιτρεπτά όρια.

Τέλος, υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους **μειώνεται η “εξάρτηση”** των καλλιεργητών από το νερό καλής ποιότητας. Μπορούμε να αναφέρουμε ενδεικτικά την συλλογή και χρησιμοποίηση του βρόχινου νερού, την αφαλάτωση, την βελτίωση με ανάστροφη ώσμωση ή ακόμα και την χρήση των βιομηχανικών αποβλήτων, κατόπιν βέβαια της κατάλληλης επεξεργασίας. Τα διάφορα βιομηχανικά απόβλητα είναι εμπλουτισμένα με θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά και γι’ αυτό το λόγο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση σε υδροπονικές καλλιέργειες, εφόσον η συνταγή του θρεπτικού διαλύματος ρυθμιστεί έτσι ώστε να υπάρχει ισορροπία.

Τα λιπάσματα που θα χρησιμοποιηθούν στο θερμοκήπιο 100 στρεμμάτων (συμβατικό θερμοκήπιο σύγκρισης με καλλιέργεια ντομάτας) είναι συνολικού μεγέθους 1.500kg και έχουν σύσταση 50% αζωτούχα, 37,5% ανθρακικό κάλιο και 12,5% φωσφορικά. Μετά από υπολογισμούς με τους κατάλληλους συντελεστές μετατροπής για παραγωγή λιπασμάτων με φυσικό αέριο και μεταφορά με diesel, η συνολική απαιτούμενη ενέργεια για τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα σε ισοδύναμα kg εκπομπής CO<sup>2</sup> είναι 371.139,58 kg. Υπολογίζουμε ότι από το σύστημα συλλογής των απορροών από την άρδευση των φυτών, οι οποίες περιέχουν ποσότητα λιπάσματος, μπορούμε να επαναχρησιμοποιήσουμε περίπου το 40% από τη συνολική ποσότητα λιπασμάτων. Αυτή η ανακύκλωση συνεπάγεται λιγότερες απαιτούμενες ποσότητες λιπάσματος και κατά συνέπεια μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή τους και επομένως μειωμένες εκπομπές ισοδύναμων kg CO<sup>2</sup>. Για 40% εξοικονόμηση στα λιπάσματα έχουμε περίπου στο ίδιο

ποσοστό εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών. Άρα υπολογίζεται ότι οι συνολικές εκπομπές CO<sup>2</sup> με την ανακύκλωση λιπάσματος θα είναι περίπου 222.683,75 kg CO<sup>2</sup>, δηλαδή **εκπέμπονται 148,45 τόνοι CO<sup>2</sup> λιγότερο.**

Εκτός από το ενεργειακό όφελος που έχουμε από την ανακύκλωση των λιπασμάτων, έχουμε και περιβαλλοντικά οφέλη καθώς η χρήση τους μπορεί να προκαλέσει αρκετά σημαντικά προβλήματα. Το κυριότερο πρόβλημα είναι αυτό του ευτροφισμού σε κοντινούς στο θερμοκήπιο ταμιευτήρες (ποτάμια, λίμνες) αλλά και σε υπόγειους υδροφορείς. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις σε άζωτο οδηγούν σε συνθήκες ευνοϊκές για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν, το οποίο δεσμεύοντας ποσότητες οξυγόνου κατά την αναπνοή δημιουργεί υποξικές συνθήκες στο νερό, με αποτέλεσμα τη δύσκολη επιβίωση της υδρόβιας πανίδας.

Επίσης, τα λιπάσματα που περιέχουν αζωτούχες ενώσεις μπορεί να προκαλέσουν τη μείωση του pH του εδάφους με αποτέλεσμα τη μείωση του εδάφους σε διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων. Οι εκπομπές μεθανίου αυξάνονται από την εφαρμογή των αμμωνιακών λιπασμάτων οι οποίες συμβάλλουν πολύ στην κλιματική αλλαγή δεδομένου ότι το μεθάνιο είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Μέσω της αυξανόμενης χρήσης αζωτούχου λιπάσματος, που προστίθεται σε ένα ποσοστό 1 δισεκατομμύριο τόνων το χρόνο στο ήδη υπάρχον ποσό αντιδραστικού αζώτου, το οξείδιο του Νατρίου (N<sub>2</sub>O) έχει γίνει το τρίτο σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου μετά από το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο. Έχει GWP (Global Warming Potential) 296 φορές μεγαλύτερο από μια ίση μάζα του διοξειδίου του άνθρακα και συμβάλλει επίσης στη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Τέλος η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα παρασίτων με την αύξηση του ποσοστού γεννητικότητας και της μακροζωίας ορισμένων γεωργικών παρασίτων.

## **Π1.2 Αντικατάσταση πηγής ενέργειας για τη θέρμανση με στερεά βιομάζα**

Προκειμένου να αποφευχθούν εκπομπές CO<sub>2</sub> στο περιβάλλον από τη θέρμανση του προτεινόμενου θερμοκηπίου, θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στερεά βιομάζα. Οι λόγοι που καθιστούν επιβεβλημένη την χρήση καυστήρων βιομάζας είναι οι εξής:

### **1. Οικονομικώς αποδοτική θέρμανση για το 21ο αιώνα**

Τα συστήματα βιομάζας χαρακτηρίζονται ως μεγαλύτερης εντάσεως κεφαλαίου από το συμβατικό πετρέλαιο ή τον εξοπλισμό αερίου, αν και πολλές χώρες προσφέρουν τώρα

επιχορηγήσεις κεφαλαίου και άλλα κίνητρα, είτε από τα προγράμματα διατήρησης της ενέργειας είτε σχετικές πρωτοβουλίες με το κλίμα. Εντούτοις, λόγω του χαμηλότερου κόστους καυσίμων, αυτό το πρόσθετο

κόστος ανακτάται συχνά σε ένα μικρό χρονικό διάστημα - όσο υψηλότερες οι απαιτήσεις θέρμανσής σας, τόσο γρηγορότερη η περίοδος επιστροφής.

## **2. Ευρεία διαθεσιμότητα καυσίμων**

Είτε είναι δασικά υπολείμματα, απόβλητα ξύλου, φλοιός ή άλλα καύσιμα βιομάζας - τα υποπροϊόντα από την επιχείρησή μπορεί να συμβάλλουν στη μείωση του λογαριασμού θέρμανσής, μειώνοντας τις δαπάνες απόρριψης των αποβλήτων. Ακόμη και τα υγρά υλικά, που αποθηκεύονται στο ύπαιθρο μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους λέβητες. Η βιομάζα είναι συνήθως διαθέσιμη και τοπικά χωρίς υψηλό κόστος μεταφορών.

## **3. Οικολογικά οφέλη**

Στο κοντινό μέλλον, ο άνθρακας θα έχει αξία και θα κυκλοφορήσει στο εμπόριο στις αγορές προϊόντων.

Στο προτεινόμενο θερμοκήπιο, η αξιοποίηση της στερεάς βιομάζας θα λάβει χώρα με χρήση συστήματος καυστήρα – λέβητα, όπου το παραγόμενο θερμό νερό (ή αέρας) από τη καύση της βιομάζας θα θερμαίνει το χώρο του θερμοκηπίου. Ως καύσιμο του λέβητα θα χρησιμοποιηθεί το πυρηνόξυλο.

Το πυρηνόξυλο αποτελεί παραπροϊόν της επεξεργασίας όλων των ποικιλιών της ελιάς, της οποίας η χώρα μας είναι βασικός παραγωγός. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η παραγωγή «Ελιάς Καλαμών» στην Ελλάδα ανέρχεται ετησίως περίπου στους 30 - 35.000 τόνους από τους οποίους περίπου το 30% παράγεται σε περιοχές του Νομού Αιτωλοακαρνανίας την ίδια στιγμή που ο Νομός Μεσσηνίας παράγει μόνο το 5% της ελληνικής παραγωγής. Το παραγόμενο πυρηνόξυλο βρίσκει πολλές εφαρμογές για παραγωγή θερμότητας, δεδομένου ότι παράγεται σε μεγάλες ποσότητες (η ετήσια παραγωγή στη χώρα μας σήμερα κυμαίνεται στους 110.000 τόνους), η χρησιμοποίησή του δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες και η τιμή του είναι αρκετά ελκυστική σε σχέση με την ενεργειακή του αξία. Η χρησιμοποίησή του σε θερμικές εφαρμογές παρουσιάζει τα εξής οφέλη:

A) Αποτελεί ένα εγχώριο και **όχι εισαγόμενο ενεργειακό πόρο**.

B) Η τιμή του σε σχέση με την ενεργειακή του αξία είναι χαμηλή. Συνεπώς αποτελεί ένα **φθηνό καύσιμο** σε σχέση με το πετρέλαιο.



Γ) Δεδομένου ότι το πυρηνόξυλο αποτελεί στερεή βιομάζα, οι επιπτώσεις της χρήσης του στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» είναι ουδέτερες (διεθνώς μηδενικό ενεργειακό αποτύπωμα από την βιομάζα ως καύσιμο).

Η θερμογόνος δύναμη του ελαιοπυρηνόξυλου είναι περίπου 4000 Kcal/Kg (Υγρασίας 10 %) και το κόστος 0,10 €/Kg (περιλαμβάνει τιμή αγοράς 0.06€/Kg+μεταφορά+αποθήκευση), δηλαδή αρκετά χαμηλότερη από τη τιμή του πετρελαίου σε σχέση με τη θερμιδική του αξία. Το κόστος θερμίδας πυρηνόξυλου είναι περίπου το 1/3 και είναι και ανανεώσιμο.

Ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων παραγωγής θερμού νερού από ελαιοπυρηνόξυλο είναι περίπου 80%, και με τον τρόπο αυτό μπορούν να καλυφθούν όλες οι ανάγκες θέρμανσης του θερμοκηπίου.

#### ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΝΑ ΣΤΡΕΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Για τους υπολογισμούς μας, έχουμε θεωρήσει ότι το θερμοκήπιο 100 στρεμμάτων βρίσκεται στην περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας και οι παρακάτω υπολογισμοί έχουν πραγματοποιηθεί για τις καιρικές συνθήκες της περιοχής (μέσες θερμοκρασίες Ιωαννίνων, ως οι εγγύτερες διαθέσιμες):

#### Υπολογισμός κόστους λειτουργίας Θέρμανσης

Για μία τυπική βραδιά με  $T_{\text{έξω}}=3^{\circ}\text{C}$  και  $T_{\text{εσω}}=14$  Κελσίου ( $\Delta T=11^{\circ}\text{C}$  αυτές είναι συνθήκες με καινοτομία στην οικονομία ενέργειας). Υπάρχουν και αιχμές πχ Ιανουάριος  $T_{\text{έξω}} < -13^{\circ}\text{C}$  αλλά και  $T_{\text{έξω}} > 20^{\circ}\text{C}$ . Η ελάχιστη  $-13^{\circ}\text{C}$  μας ενδιαφέρει για το μέγιστο θερμικό φορτίο ώστε να σχεδιαστεί η εγκατάσταση Θέρμανσης.

Υπόθεση: Για μέσο ήπιο άνεμο, άρα απώλειες σε γυάλινο θερμοκήπιο στα **10W/m<sup>2</sup>/°C**

1. Ανάγκη σε καυστήρα: Συνθήκες Μέγιστου φορτίου=με ελάχιστη  $-8^{\circ}\text{C}$  έξω θα αρκестούμε σε εσωτερική για λίγο διάστημα  $12^{\circ}\text{C}$  δηλαδή μέγιστο  $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$  και μέγιστη ανάγκη καυστήρα πυρηνόξυλου:

$$\Theta I = 10\text{W/m}^2/\text{°C} \times 1000\text{m}^2 \times 20^{\circ}\text{C} = 200\text{KWth/στρέμμα} = \underline{2\text{MWth/hectar}}$$

2. Μέση ετήσια κατανάλωση: Για μέσο  $\Delta T=11^{\circ}\text{C}$  και [120 ημέρες θέρμανσης X 10 ώρες/ημέρα X  $11^{\circ}\text{C}$  = 13,200 βαθμοώρες/ ετησίως (σύμφωνα με τοπικά μετεωρολογικά δεδομένα με παρεμβολή Πάτρας και Ιωαννίνων).

$$\text{Φορτίο } 10\text{W/m}^2/\text{°C} \times 1,000\text{m}^2 \times 13,200\text{h}^{\circ}\text{C} = 132\text{MWh} = \underline{475,200\text{MJ/strema/ετησίως.}}$$

**Πυρηνόξυλο** = 4,000 Kcal/Κιλό με απόδοση 80% δηλ  $3200\text{Kcal/κιλο} \times 4.2 \text{ KJ/Kcal} = \underline{13.5\text{MJ/κιλό}}$

Για τον υπολογισμό του ισοδύναμου άνθρακα (σε kg CO<sub>2</sub>) από την καύση του πυρηνόξυλου πρέπει να ληφθεί υπόψη η αντιστοιχία μιας kWh από καύση pellets που αποδίδει 0,03895 kg CO<sub>2</sub>. Επομένως για 132 MWh ανά στρέμμα, που είναι οι θερμικές ανάγκες, θα έχουμε εκπομπές **5,141 tn CO<sub>2</sub>** ετησίως ανά στρέμμα του προτεινόμενου θερμοκηπίου. Η αντίστοιχη σχέση που αποδίδει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από την καύση πετρελαίου είναι: Μια kWh από καύση Diesel ισοδυναμεί με εκπομπή 0,25301 kg CO<sub>2</sub>. Συνεπώς, για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου με καύση πετρελαίου, θα εκπέμπονταν **33,397 tn CO<sub>2</sub>** ετησίως ανά στρέμμα. Η ποσότητα του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub> από την καύση του πυρηνόξυλου είναι το 15% της αντίστοιχης ποσότητας του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub> από την καύση του πετρελαίου. Δηλαδή για τα 100 στρέμματα του προτεινόμενου θερμοκηπίου, η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θέρμανσή του με πυρηνόξυλο **αποτρέπει την έκλυση 2825,6 tn CO<sub>2</sub> ετησίως**. Επιπλέον των μικρότερων εκπομπών CO<sub>2</sub>, οι εκπομπές από την καύση του πυρηνόξυλου έχουν μηδενική επίδραση στο ισοζύγιο του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>, δεδομένου ότι, για να δημιουργηθεί το πυρηνόξυλο έχει προηγηθεί δέσμευση ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>, σχεδόν της ίδιας ποσότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση του.

Παράλληλα, το οικονομικό όφελος από τη χρήση της βιομάζας (πυρηνόξυλου) είναι μεγάλο καθώς για την απαιτούμενη θερμική ενέργεια έχει υπολογιστεί ότι απαιτούνται ετησίως 35200 kg πυρηνόξυλου. Η ποσότητα πετρελαίου που απαιτείται για την παραγωγή της αντίστοιχης θερμικής ενέργειας με το συγκεκριμένο θερμαντικό μέσο είναι 12.452,83 λίτρα (lt).

Επιπλέον τα στερεά υπολείμματα της καύσης (στάχτη) του πυρηνόξυλου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα, καθώς περιέχει πολλά θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών του θερμοκηπίου, όπως K<sub>2</sub>O (28%), P<sub>2</sub>O (5,5%), Ca<sub>2</sub>O (26%) και άλλα. Με τον τρόπο αυτό, λαμβάνει χώρα χρήση του 100% του πυρηνόξυλου, δεν υπάρχουν απόβλητα από την καύση του και επιτυγχάνεται επιπρόσθετη ωφέλεια από την εξοικονόμηση στη χρήση των λιπασμάτων.

Εκτός της χρήσης του πυρηνόξυλου ως πηγής βιομάζας, γεγονός που προϋποθέτει την αγορά του και συνεπώς χρηματικό κόστος, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, ως πηγή βιομάζας, τα αγροτικά υπολείμματα από παραπλήσιους ελαιώνες (φύλλα, κλαδιά, κλπ.), με αφαίρεση της υγρασίας που εμπεριέχουν και με μετατροπή τους, με χρήση

κατάλληλου εξειδικευμένου εξοπλισμού, σε μορφή pellets. Στην περιοχή υπάρχουν αρκετοί ελαιώνες, τα υπολείμματα των οποίων αντιμετωπίζονται ως απόβλητα, συγκομίζονται και υπόκεινται σε καύση. Με τη χρησιμοποίησή τους ως πηγή βιομάζας, επιτυγχάνεται χρηματική εξοικονόμηση αλλά και περιβαλλοντικό όφελος, καθώς χρησιμοποιούνται τα απόβλητα μιας αγροτικής διαδικασίας ως μέσο παραγωγής θερμικής ενέργειας.

### **Π1.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση θερμοκουρτίνας**

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία που λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό των σύγχρονων θερμοκηπίων είναι η μεγιστοποίηση της διαπερατότητας, του ποσοστού δηλαδή της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Η μεγάλη διαπερατότητα οδηγεί σε ταυτόχρονη αύξηση α) του δυναμικού παραγωγής μέσα από την αύξηση της φωτοσύνθεσης και β) των απωλειών θερμότητας των θερμοκηπίων λόγω μείωσης της θερμικής αντίστασης των υλικών κάλυψης. Μια πρακτική που ακολουθείται για τη μείωση των απωλειών και κατά συνέπεια των ενεργειακών αναγκών των θερμοκηπίων, χωρίς ταυτόχρονη μείωση της διαπερατότητάς τους, είναι η χρήση μετακινούμενων κουρτινών μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας, κατά το διάστημα δηλαδή με τις μεγαλύτερες ανάγκες σε θέρμανση. Η ένταση της ακτινοβολίας, η θερμοκρασία και η υγρασία είναι οι βασικότεροι παράγοντες που μας απασχολούν και γι' αυτό ακριβώς χρησιμοποιούνται τα αυτόματα συστήματα θερμοκουρτινών:

- Στη σκίαση της καλλιέργειας όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υψηλή.
- Στον έλεγχο της φωτοπεριόδου (συσκότιση).
- Στη μείωση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια υψηλών θερμοκρασιών της ημέρας.
- Στην εξοικονόμηση ενέργειας (μείωση καυσίμων) σε θερμαινόμενα θερμοκήπια.
- Στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των χαμηλών θερμοκρασιών της νύχτας.
- Στη ρύθμιση της σχετικής υγρασίας.



Εικόνα 3: Χρήση θερμοκουρτίνας σε θερμοκήπιο.

Εξετάζοντας γενικότερα την επίδραση στην απόδοση με χρήση της κουρτίνας, σε διάφορα πειράματα παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης των κηπευτικών και των ανθοκομικών μέχρι και 60 % με παράλληλη βελτίωση της ποιότητας και σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής λόγω μείωσης των θερμικών αναγκών.

Οι θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου, όπως προαναφέρθηκε, θα καλυφθούν με την καύση βιομάζας. Χωρίς τη χρήση της θερμοκουρτίνας, ο άνεμος επιφέρει αύξηση των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου κατά 30%. Αναλογικά θα αυξηθεί και η ποσότητα εκπομπής CO<sub>2</sub> για την καύση diesel, όπως επίσης και την καύση της βιομάζας. Επομένως οι αντίστοιχες τιμές θα είναι **43,416 tn CO<sub>2</sub>/στρέμμα ετησίως** για diesel και **6,683 tn CO<sub>2</sub>/στρέμμα ετησίως** για βιομάζα. Με τη χρήση της θερμοκουρτίνας επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 38%. Συνεπώς, και στα επίπεδα CO<sub>2</sub> θα υπάρξει αντίστοιχη μείωση: σε ότι αφορά το diesel, **26,918 tn CO<sub>2</sub>/στρέμμα ετησίως**, ενώ σε ότι αφορά τη βιομάζα, **4,143 tn CO<sub>2</sub>/στρέμμα ετησίως**. Η θερμοκουρτίνα, παρότι μη καινοτομική, είναι ελάχιστα ενεργοβόρα και επιφέρει σημαντική μείωση στις θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου αλλά και στις ανάγκες ψύξης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

#### **Π1.4 Εντοπισμένη θέρμανση ριζόσφαιρας και θέρμανση πλησίον κόμης**

Χρησιμοποιώντας αυτό το καινοτόμο σύστημα, θα καταστεί εφικτή η μείωση της απαιτούμενης θερμοκρασίας για τη θέρμανση του όλου θερμοκηπίου. Το σύστημα αυτό

λειτουργεί με βάση τη θέρμανση της ριζόσφαιρας των φυτών με πλαστικούς σωλήνες τοποθετημένους κάτω από το υπόστρωμα και με άλλους πλαστικούς σωλήνες τοποθετημένους ένα μέτρο πάνω από το υπόστρωμα. Με τη θέρμανση αυτών των περιοχών του φυτού καθίσταται εφικτή η υγρασία και η πλήρης εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων που προσφέρει ο καινοτόμος αλγόριθμος θέρμανσης που θα εφαρμοστεί. Η εξοικονόμηση ενέργειας με αυτό τον αλγόριθμο φτάνει σε ποσοστό το 10 %. Επιπλέον όμως, εφαρμόζοντας και τον αλγόριθμο των θερμο-ωρών που αναπτύσσεται διεξοδικά στο Εδάφιο 4.2, και ο οποίος μας αποφέρει επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας 15%, συνολικά θα επιτευχθεί μια επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας από τη θερμοκουρτίνα της τάξης του 25%. Συνεπώς θα έχουμε και αντίστοιχη μείωση στις εκπομπές CO<sub>2</sub>, οι οποίες υπολογίζονται για το συμβατικό θερμοκήπιο (καύση diesel) σε **20,188 tn CO<sub>2</sub>/ στρέμμα ετησίως** και για το θερμοκήπιό μας **3,107 tn CO<sub>2</sub>/ στρέμμα ετησίως**. Ως εκ τούτου, σε ετήσια βάση με την εφαρμογή αυτών των καινοτομιών και με τη χρήση βιομάζας για τις θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου **εξοικονομούμε 1708,1 tn CO<sub>2</sub>, σε σύγκριση με ένα συμβατικό θερμοκήπιο.**

#### ***Π1.5 Εξοικονόμηση ενέργειας στα θερμοκήπια με ρύθμιση της θερμοκρασίας βάσει του αλγορίθμου των θερμο-ωρών.***

Η συγκεκριμένη καινοτόμος μέθοδος εφαρμόζεται στο σύστημα ελέγχου του θερμοκηπίου με χρήση ευφυών εργαλείων διαχείρισης. Η εξοικονόμηση ενέργειας σχετίζεται με τα καιρικά χαρακτηριστικά και τα όρια ανοχής των καλλιεργειών. Τα διαθέσιμα καινοτομικά εργαλεία διαχείρισης της θέρμανσης επιτρέπουν στο χρήστη να ορίσει το χρόνο όπου η επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας μπορεί να είναι είτε «αυστηρά καθορισμένη από το χρήστη» (“strictly user specified”) ή «να καθορίζεται από κάποιο πρότυπο» (“model derived”), ή, τέλος, «να καθορίζεται με βάση διάφορους περιορισμούς εξοικονόμησης ενέργειας» (“float within constraints for energy savings”). Με τον τρόπο αυτό, ο παραγωγός μπορεί να καθορίσει την πολιτική θέρμανσης χωρίς οποιεσδήποτε απαιτήσεις για a-priori πληροφορίες για την πρόβλεψη του καιρού.

Έχει διαπιστωθεί από διάφορες μελέτες ότι η αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία. Για ορισμένα φυτά, όπως οι κράμβες, έχει παρατηρηθεί ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας της τάξης των 10 ημερών. Η ανάπτυξη εφαρμοσμένων αλγορίθμων είναι δυνατόν να αξιοποιήσει τις δυνατότητες αποθήκευσης των φυτών και να αποτελέσει μία πολλά υποσχόμενη τεχνική για τη μείωση

του κόστους παραγωγής. Υπάρχουν φυτά που έχουν διαφορετική συμπεριφορά και ικανότητα αποθήκευσης, όπως τα μικρά αγγούρια, για τα οποία έχει αναφερθεί μία περίοδος της τάξης των 24 ωρών.

Δενδροκηπευτική έρευνα έδειξε ότι, για τα περισσότερα φυτά, η ανάπτυξή τους ανταποκρίνεται καλύτερα σε μακροπρόθεσμες μέσες θερμοκρασίες και όχι σε θερμοκρασίες συγκεκριμένης μέρας και σε προφίλ θερμοκρασίας για τη νύχτα. Με βάση αυτή την έρευνα, έχει προταθεί ότι η επιθυμητή τιμή θέρμανσης μπορεί να ρυθμιστεί, να εξασφαλιστεί κατά μέσο όρο η επιθυμητή θερμοκρασία για μια περίοδο και να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με αύξηση της επιθυμητής τιμής θέρμανσης όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές και μείωσή της όταν οι απώλειες θερμότητας είναι υψηλές.

Για το σκοπό αυτό έχουν προταθεί διάφοροι αλγόριθμοι. Ένας από τους αλγόριθμους αυτούς αντισταθμίζει τις περιόδους απόκλισης της θερμοκρασίας σε ένα θερμοκήπιο με μικρή τροποποίηση της επιθυμητής τιμής θέρμανσης. Άλλοι ερευνητές ανέπτυξαν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τον έλεγχο της σχετικής υγρασίας, και την επέκτειναν στις θερμικές συνθήκες των ζώων, και στο βέλτιστο χρόνο για την επιθυμητή τιμή της μεταβλητής. Από την άλλη πλευρά, διάφοροι ερευνητές) παρουσίασαν έναν αλγόριθμο για την ελαχιστοποίηση του κόστους θέρμανσης χρησιμοποιώντας μια εναλλακτική προσέγγιση για τον υπολογισμό των οικονομικά βέλτιστων θερμοκρασιών για την παραγωγή μαρουλιού σε θερμοκήπιο. Μια εναλλακτική προσέγγιση βασίζεται σε καθιερωμένες μεθόδους βελτιστοποίησης ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη επιθυμητή τιμή για την παραγωγή μαρουλιού σε θερμοκήπιο. Τέλος, έχει προταθεί μέθοδος σε πραγματικό χρόνο για το βέλτιστο έλεγχο της θέρμανσης του θερμοκηπίου που να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές απαιτήσεις, αξιοποιώντας τοπικές μετεωρολογικές προγνώσεις καιρού 72 ωρών και ένα μοντέλο κατανάλωσης θερμότητας στο θερμοκήπιο.

Η μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας που σχεδιάζεται να χρησιμοποιηθεί στο προτεινόμενο θερμοκήπιο, βασίζεται σε ένα εργαλείο που επιτρέπει να ληφθεί υπόψη η αλληλεπίδραση μεταξύ φωτοσύνθεσης και ανάπτυξης, καθώς η αλληλεπίδραση αυτή δεν είναι γνωστή για τα περισσότερα φυτά. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μεταβολή των επιθυμητών τιμών θέρμανσης χρησιμοποιώντας παλαιότερες πληροφορίες, προκειμένου να επιτευχθεί ο επιθυμητός μέσος όρος για κάθε χρονικό διάστημα, που καθορίζεται από το χρήστη. Για τον καθορισμό της πολιτικής ελέγχου δεν απαιτούνται πληροφορίες καιρού εκ των προτέρων. Ο παραγωγός μπορεί επίσης να καθορίζει τα όρια ασφαλείας με ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες που επιτρέπονται. Τέλος, η μέθοδος αποθήκευσης θερμότητας μπορεί να συνυπάρχει με περιόδους, για τις οποίες καθορίζονται τα τμήματα

επιθυμητής τιμής. Με αυτόν τον τρόπο ο παραγωγός είναι σε θέση να εφαρμόσει σταθερή πολιτική σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας, επιτρέποντας ταυτόχρονα την ελευθερία του αλγορίθμου για την επίτευξη του στόχου των μέσων όρων κατά τη διάρκεια των περιόδων θέρμανσης.

Εκτενείς προσομοιώσεις και εφαρμογές πεδίου του εν λόγω καινοτόμου αλγορίθμου έχουν καταδείξει ότι **μια εξοικονόμηση ενέργειας αναφορικά με τη θέρμανση της τάξης του 15% είναι απολύτως εφικτή για τις κλιματικές συνθήκες στην περιοχή του Θερμοκηπίου (Μεσολόγγι) και για τον υπάρχοντα εξοπλισμό (χρήση θερμοκουρτίνας και τοπικής θέρμανσης)**. Τονίζεται ότι η δυνατότητα εξοικονόμησης χωρίς αυτό τον εξοπλισμό θα ήταν της τάξης του 28% δεδομένου ότι οι απώλειες θερμότητας θα ήταν σχεδόν διπλάσιες.

#### **Π1.6 Μέτρα προστασίας έναντι εντόμων – μείωση τοξικού αποτυπώματος φυτοφαρμάκων**

Η διαρκώς ογκούμενη χρήση των φυτοφαρμάκων από τους αγρότες και τους αγροτικούς οργανισμούς έχει σοβαρές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μετά την απελευθέρωσή τους σε αυτό, τα φυτοφάρμακα μπορούν να έχουν πολλές διαφορετικές πορείες. Τα ψεκαζόμενα φυτοφάρμακα μπορούν να διακινηθούν μέσω του αέρα και είναι δυνατόν, τελικά, να καταλήξουν σε άλλα περιβαλλοντικά υποσυστήματα, όπως στο έδαφος ή το νερό. Τα φυτοφάρμακα που εφαρμόζονται άμεσα στο έδαφος είναι δυνατόν να εκπλυθούν από αυτό στους παρακείμενους ταμιευτήρες επιφανειακού ύδατος ή μπορούν να διηθηθούν μέσω του εδάφους στα χαμηλότερα εδαφολογικά στρώματα και στα υπόγεια ύδατα. Τα φυτοφάρμακα που εγχέονται στο έδαφος μπορούν επίσης να υπόκεινται στις τελευταίες δύο διευθύνσεις. Η εφαρμογή των φυτοφαρμάκων, είτε άμεσα στους ταμιευτήρες νερού για τον έλεγχο ζιζανίων, είτε έμμεσα, ως αποτέλεσμα της διύλισης στο έδαφος και της απορροής από αυτό ή ως τελική εναπόθεση μέσω άλλων διαδρομών, μπορεί να οδηγήσει όχι μόνο σε αυξημένη συγκέντρωση των φυτοφαρμάκων στο νερό, αλλά και στην στρωματοποίηση τους στον αέρα μέσω της εξάτμισης.

Η διακίνηση των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον είναι εξαιρετικά σύνθετη με συνεχείς αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών περιβαλλοντικών τομέων και υποσυστημάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτές οι αλληλεπιδράσεις εμφανίζονται όχι μόνο μεταξύ περιοχών που είναι στενές (όπως π.χ. μια τοπική λίμνη που παραλαμβάνει ένα μέρος από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνου στο παρακείμενο έδαφος) αλλά μπορούν να συμπεριλάβουν τη μεταφορά των φυτοφαρμάκων από μεγάλες αποστάσεις. Παρά το γεγονός ότι όλες οι

ανωτέρω δυνατότητες αλληλεπίδρασης είναι δυνατόν να συνυπάρξουν, δεν είναι επιβεβλημένο ότι όλα τα φυτοφάρμακα διακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις ή ότι όλες οι χημικές ενώσεις που εμπεριέχονται σε αυτά είναι απειλές για τα υπόγεια ύδατα. Προκειμένου να κατανοήσουμε ποια από τα φυτοφάρμακα είναι πρόξενοι μεγαλύτερης ανησυχίας, είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητό με ποιόν ακριβώς τρόπο τα φυτοφάρμακα διακινούνται στο περιβάλλον και ποια χαρακτηριστικά τους πρέπει να εξεταστούν ιδιαίτερα στην κατεύθυνση αξιολόγησης της δυνατότητας ρύπανσης.

Από τη στιγμή που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, τα φυτοφάρμακα έρχονται αντιμέτωπα με δύο δυνατότητες: (α) Η πρώτη δυνατότητα είναι να αναλυθούν, ή να διασπαστούν, από τη δράση του φωτός του ήλιου, από το νερό ή από άλλες χημικές ουσίες, ή τους μικροοργανισμούς, όπως τα βακτηρίδια. Αυτή η διαδικασία διάσπασης οδηγεί συνήθως στο σχηματισμό λιγότερο επιβλαβών προϊόντων. Παρόλα αυτά, σε ορισμένες περιπτώσεις η εν λόγω διαδικασία είναι δυνατόν να παραγάγει και τοξικότερα προϊόντα. (β) Η δεύτερη δυνατότητα αφορά φυτοφάρμακα πολύ ανθεκτικά στην διάσπαση με οποιαδήποτε μέσο, και συνίσταται στην αμεταβλητότητά του εντός του περιβάλλοντος για μεγάλες χρονικές περιόδους. Τα φυτοφάρμακα που διαλύονται γρηγορότερα έχουν τον πιο σύντομο χρόνο να κινηθούν ή να έχουν δυσμενή αποτελέσματα στους ανθρώπους ή σε άλλους οργανισμούς. Αυτά που παρουσιάζουν ισχυρή αντίσταση στη μεταβολή, τα αποκαλούμενα επίμονα φυτοφάρμακα, μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις και μπορούν να ενισχυθούν σωρευτικά στο περιβάλλον, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη πιθανότητα να προκαλέσουν δυσμενείς επιδράσεις.

Η κατανόηση των χαρακτηριστικών των διάφορων φυτοφαρμάκων παρέχει τη δυνατότητα πρόβλεψης, υπό μια γενική έννοια, του τρόπου με τον οποίο ένα φυτοφάρμακο θα συμπεριφερθεί. Δυστυχώς, ακριβέστερη πρόβλεψη δεν είναι δυνατή, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι το ίδιο το περιβάλλον είναι πολύ σύνθετο. Υπάρχουν, παραδείγματος χάριν, τεράστιοι αριθμοί εδαφολογικών τύπων που ποικίλλουν στο ποσό άμμου, οργανικής ουσίας, περιεκτικότητας σε μέταλλα, οξύτητας, κ.λπ. Όλα αυτά τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός φυτοφαρμάκου, σε τρόπο ώστε ένα φυτοφάρμακο που αναμένεται να μολύνει τα υπόγεια νερά σε ένα τύπο εδάφους μπορεί να μην συμπεριφερθεί έτσι σε κάποιο άλλο τύπο εδάφους. Με ανάλογο τρόπο, τα επιφανειακά ύδατα ποικίλλουν στις ιδιότητές τους, όπως η οξύτητα, το βάθος, η θερμοκρασία, η διαύγεια (ανασταλμένα εδαφολογικά μόρια ή βιολογικοί οργανισμοί), το ποσοστό ροής, και η γενική χημεία. Τέτοιου τύπου ιδιότητες είναι δυνατόν να έχουν επιπτώσεις στη μεταφορά και την τελική πορεία φυτοφαρμάκων. Είναι γνωστή η δυσκολία πρόβλεψης του καιρού, η



οποία οφείλεται εν μέρει στα προβλήματα στην πρόβλεψη των μοτίβων ροής αέρα. Σε αυτή τη βάση, ο προσδιορισμός της διανομής φυτοφαρμάκων στην ατμόσφαιρα υπόκειται σε μεγάλη αβεβαιότητα. Με τέτοια μεγάλη πολυπλοκότητα, οι επιστήμονες δεν μπορούν να καθορίσουν ακριβώς τι θα συμβεί σε ένα συγκεκριμένο φυτοφάρμακο μόλις εισαχθεί στο περιβάλλον. Εντούτοις, έχουν τη δυνατότητα να διαιρέσουν τα φυτοφάρμακα σε γενικές κατηγορίες όσον αφορά, παραδείγματος χάριν, την εμμονή και τη δυνατότητα για τη μόλυνση υπόγειων υδάτων. Έχουν, επίσης, τη δυνατότητα να παράσχουν κάποια στοιχεία, σχετικά με το σημείο στο οποίο το απελευθερωμένο φυτοφάρμακο θα βρεθεί, με ισχυρή πιθανότητα, σε υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης.

Η απελευθέρωση, λοιπόν, των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον είναι δυνατόν να ακολουθηθεί από μια πολύ σύνθετη ακολουθία γεγονότων, που μπορεί να διαμορφώσει γι' αυτά καταστάσεις διακίνησης μέσω του αέρα ή του νερού, στο έδαφος ή ακόμα και στους ζωντανούς οργανισμούς. Η κυρίαρχη κατεύθυνση της διανομής και της έκτασης της διανομής είναι διαφορετική για κάθε φυτοφάρμακο. Θα εξαρτηθεί από τη σύσταση του φυτοφαρμάκου (με τι συνδυάζεται) και πώς και πότε απελευθερώνεται. Παρά την πολυπλοκότητα, είναι δυνατό να αναγνωριστούν οι συνθήκες που μπορούν να χαρακτηριστούν ανησυχητικές και να καταβληθούν προσπάθειες για τον περιορισμό τους. Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικά χάσματα στη γνώση της μεταφοράς και της πορείας των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον και έτσι είναι καλύτερο να ελαχιστοποιηθεί η περιττή απελευθέρωση των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον. *Όσο λιγότερα φυτοφάρμακα απελευθερώνονται, τόσο ασφαλέστερο θα είναι το περιβάλλον μας.*

Παρόλο, λοιπόν, που δεν μπορεί να γίνει μια σαφής και αυστηρή ποσοτική εκτίμηση του τοξικού αποτυπώματος των φυτοφαρμάκων, δηλαδή η επίδρασή τους στο περιβάλλον, είναι σαφές ότι είναι δυνατόν να λάβει χώρα μια ποιοτική εκτίμηση. Η επίδραση των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον, είτε στα πλαίσια των υδροφορέων, των ταμιευτήρων νερού, του εδάφους και της ατμόσφαιρας, είτε στα πλαίσια της άμεσης ή έμμεσης επίδρασής τους στους ζωντανούς οργανισμούς, όπως και στον άνθρωπο, είναι μεγάλη και τα αποτελέσματά της δεν μπορούν να αξιολογηθούν σε όλο το εύρος τους. Γι' αυτό ***η οποιαδήποτε εξοικονόμηση στη χρήση φυτοφαρμάκων οδηγεί ποιοτικά σε μείωση και του τοξικού αποτυπώματός τους στο περιβάλλον.*** Προς αυτή την κατεύθυνση, οι τεχνολογίες που εφαρμόζουμε στο θερμοκήπιο, μας αποφέρουν συνολικά μια **μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων σε μεγάλο ποσοστό, της τάξης του 90% από ένα συμβατικό θερμοκήπιο.** Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν τα μέτρα ασφαλούς στεγανότητας, όπως:

- την εγκατάσταση δικτύων εντόμων και παρασίτων στα ανοίγματα του θερμοκηπίου,

- την υγιεινή του περιβάλλοντος χώρου,
- την εγκατάσταση διπλών θυρών στην είσοδο με ρεύμα αέρα που δεν επιτρέπει την είσοδο των εντόμων κατά την είσοδο του εργατικού προσωπικού,
- την απαγόρευση επισκεπτών, και
- την εκπαίδευση υγιεινής του εργατικού προσωπικού

Τα μέτρα εκτιμάται βάσιμα ότι θα αποτρέπουν την είσοδο των παρασίτων/εντόμων, κατά ένα ποσοστό της τάξης του κατά 30%.

Επιπρόσθετα, θα γίνει χρήση παγίδων εντόμων και συστήματος αναγνώρισης των παγιδευμένων εντόμων, σε τρόπο ώστε να λαμβάνει χώρα μια στοχευμένη και λελογισμένη χρήση φυτοφαρμάκων που θα απευθύνονται στα συγκεκριμένα είδη παρασίτων/εντόμων που τυχόν παραβίασαν το σύστημα στεγανότητας και εισήλθαν στο θερμοκήπιο.

### **Δίκτυα Εντόμων**

Τα δίκτυα εντόμων και διαφορετικοί τύποι πετασμάτων (screen) χρησιμοποιούνται ευρέως στο σύγχρονο τομέα της δένδρο-κηποκομίας θερμοκηπίων. Δεδομένου ότι τα χημικά φυτοφάρμακα είναι επιθυμητά όλο και λιγότερο λόγω του αντίκτυπού τους στο περιβάλλον και της αυξημένης ανεκτικότητας των παράσιτων, η χρήση των δικτύων εντόμων αποτελεί μία περιβαλλοντικά φιλική εναλλακτική λύση. Επιπλέον, η σκίαση των πετασμάτων και των πετασμάτων που ανακλούν την κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία (NIR) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λόγους ψύξης προκειμένου να επεκταθεί η εποχή παραγωγής και να προστατευθεί η συγκομιδή από τις υψηλές θερμοκρασίες. Θεωρώντας ότι ένα θερμοκήπιο είναι πραγματικά ένας συνδυασμός ηλιακού συσσωρευτή (η κατασκευή του θερμοκηπίου) με βιολογικό αντιδραστήρα (καλλιεργούμενα φυτά), μια CFD ανάλυση του θερμοκηπιακού περιβάλλοντος εκφράζει την αλληλεπίδραση μεταξύ του υπαίθριου κλίματος και του εσωτερικού θόλου. Η ποσοτική κατανόηση του μικροκλίματος μπορεί να βοηθήσει και τους κατασκευαστές και τους καλλιεργητές θερμοκηπίων για να βελτιστοποιήσουν το σχέδιο του θερμοκηπίου και τη λειτουργία των συστημάτων ελέγχου κλίματος αντίστοιχα.

Σύμφωνα με μελέτες σε θερμοκήπια τύπου Venlo, η κάλυψη των εξαεριστήρων με δίκτυα εντόμων (αντι-bemisia, αντι-aphids και αντι-thrips που είναι το δίχτυ με την υψηλότερη αντίσταση στη ροή αέρα λόγω του χαμηλού πορώδους) για ένα θερμοκήπιο με καλλιεργούμενη επιφάνεια ενός (1) εκταρίου προκύπτει μια μείωση του ποσοστού εξαερισμού που κυμαίνεται από 14% έως 18%. Επίσης παρά το προφανές πλεονέκτημα της μείωσης των παράσιτων και των εντόμων με την εφαρμογή των δικτύων, η εφαρμογή

τους έχει θετική επιρροή στη διανομή θερμοκρασίας αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Χωρίς δίκτυα εντόμων η μέση διαφορά θερμοκρασίας αέρα μεταξύ των ελάχιστων και ανώτατων τιμών είναι 5.13 °C, ενώ με τα δίκτυα εντόμων είναι 1.77 °C.

Οι εν λόγω διαφορές θερμοκρασίας και τα σχετικά ποσοστά εξαερισμού ισχύουν για θερμοκήπια με ανοίγματα εξαερισμού μόνο στην οροφή του θερμοκηπίου. Για ανοίγματα με δίκτυα εντόμων και στην οροφή αλλά και στα πλαϊνά του θερμοκηπίου, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διαφορετικές συνθήκες εξαερισμού. Από μετρήσεις της ίδιας έρευνας διαπιστώθηκε ότι ένα θερμοκήπιο με ανοίγματα εξαερισμού στο πλάι και στην οροφή έχει ένα ποσοστό εξαερισμού υψηλότερο (της τάξης του 30%) ακόμη και από ένα παρόμοιο θερμοκήπιο με ανοίγματα μόνο στην οροφή χωρίς δίκτυα εντόμων. Εντούτοις, σε αυτή την περίπτωση, το κύριο μειονέκτημα έγκειται στην ανομοιομορφία του εσωτερικού κλίματος, δεδομένου ότι η μέση διαφορά θερμοκρασίας αέρα είναι περί τους 6-8°C. Επομένως υπάρχει ανάγκη για επιπρόσθετη ψύξη μαζί με τον φυσικό εξαερισμό του θερμοκηπίου.

Η άμεση ψύξη μέσω εξάτμισης, εφαρμόζοντας ένα εσωτερικό πέτασμα σκίασης ή ένα NIR (πέτασμα ανάκλασης υπερύθρου) είναι πιθανές εναλλακτικές λύσεις. Η αρχή λειτουργίας του πετάσματος σκίασης είναι η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο, η οποία οδηγεί σε μείωση της θερμοκρασία αέρα ενώ μέρος της ακτινοβολίας μετατρέπεται σε αισθητή θερμότητα. Το NIR (πέτασμα ανάκλασης υπερύθρου) αντιδρά ως κανονικό πέτασμα σκίασης αλλά κυρίως στο το υπέρυθρο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (700 - 2500nm), επιτρέποντας τη διέλευση του μέρους της ακτινοβολίας που είναι χρήσιμο για τα φυτά (400-700nm). Το πέτασμα NIR όποτε συνδυάζεται με το σύστημα υδρονέφωσης (fogging) μπορεί να παρέχει τις κατάλληλες συνθήκες για την ελαχιστοποίηση της απώλειας φωτός PAR που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Είναι αξιοσημείωτο ότι με την αύξηση του ποσοστού σκίασης από 30% σε 50% παρατηρείται μια μικρή μείωση στο απαιτούμενο ποσοστό εξαερισμού από 7.04 έως 6.71 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

Η εφαρμογή όμως των δικτύων εντόμων είναι απαραίτητη, καθότι, παρά την επιπλέον ανάγκη κατανάλωσης ενέργειας για τον εξαερισμό του θερμοκηπίου, εξυπηρετεί στη μείωση της χρήσης των φυτοφαρμάκων, των αντί-ϊικών και των παρασιτοκτόνων. Μια συνολική σύγκριση των αντικρουόμενων παραγόντων, ενισχύει την εκτίμηση ότι είναι μεγαλύτερης αξίας ποιοτικά η εξασφάλιση του μειωμένου τοξικού αποτυπώματος, λόγω της μειωμένης χρήσης των φυτοφαρμάκων, από την σημαντικά μικρότερη αύξηση του ανθρακικού αποτυπώματος που θα προκύψει λόγω αύξησης των αναγκών εξαερισμού του θερμοκηπίου.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

### Πίνακες υπολογισμού εκπομπών CO<sub>2</sub> – Ανθρακικό αποτύπωμα

- Πίνακας υπολογισμού ισοδύναμου CO<sub>2</sub> από χρήση λιπασμάτων

Η ποσότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων, χωρίς την καινοτομία της εξοικονόμησης λόγω του κλειστού συστήματος υδροπονίας, θα είναι 1500 kg/ στρέμμα. Η χημική σύσταση των λιπασμάτων σε άζωτο (N), φώσφορο (P) και κάλιο (K) είναι:

Σύνθεση λιπάσματος		
N	<b>0,5</b>	750
P	<b>0,125</b>	187,5
K	<b>0,375</b>	562,5

Για τις διάφορες διεργασίες που περιλαμβάνουν την παραγωγή των λιπασμάτων (παραγωγή, συσκευασία, μεταφορά, εφαρμογή) οι ενεργειακές απαιτήσεις ανά κιλό λιπάσματος είναι:

Ενεργειακές απαιτήσεις (KJ/kg)			
	Αζωτούχα	Φωσφορικά	Καλίου
<b>Παραγωγή</b>	69530	7700	6400
<b>Συσκευασία</b>	2600	2600	1800
<b>Μεταφορά</b>	4500	5700	4600
<b>Εφαρμογή</b>	1600	1500	1000

Πηγή: Συνδυασμένα δεδομένα από Helsel Z.R. (1992). *Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. Energy in Farm Production, Volume 6* (ed. R.C. Fluck), pp. 177–201. New York: Elsevier.

Για τα απαιτούμενα κιλά λιπασμάτων του θερμοκηπίου μας θα έχουμε για κάθε περίπτωση την απαιτούμενη ενέργεια:

Ενεργειακές απαιτήσεις (MJ)			
	Αζωτούχα	Φωσφορικά	Καλίου
<b>Παραγωγή</b>	52147,5	1443,75	3600
<b>Συσκευασία</b>	1950	487,5	1012,5
<b>Μεταφορά</b>	3375	1068,75	2587,5

Η παραγωγή και η συσκευασία των λιπασμάτων γίνεται με φυσικό αέριο ενώ η μεταφορά και η εφαρμογή με πετρέλαιο (diesel). Ο συντελεστής μετατροπής από kWh φυσικού αερίου σε ισοδύναμα κιλά CO<sub>2</sub> είναι 0,18523 και ο αντίστοιχος για το πετρέλαιο 0,25301 (πηγή: UK Carbon Trust). Επομένως για κάθε φάση της παραγωγής, συσκευασίας και μεταφοράς των λιπασμάτων θα έχουμε ισοδύναμες εκπομπές CO<sub>2</sub>:

Ισοδύναμες εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /στρέμμα)			
	Αζωτούχα	Φωσφορικά	Καλίου
Παραγωγή	2683,34838	74,29089071	151,9034184
Συσκευασία	100,3409433	25,08523583	52,10010518
Μεταφορά	237,2158508	61,59813086	181,8654856
<b>Σύνολο</b>	<b>3020,90517</b>	<b>160,97426</b>	<b>385,86901</b>

Συνεπώς, οι συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση λιπασμάτων θα είναι **3567,79497 kg CO<sub>2</sub> /στρέμμα**. Με τη χρήση της καινοτομίας όμως του κλειστού συστήματος άρδευσης επιτυγχάνουμε εξοικονόμηση λιπασμάτων της τάξης του 40%. Ακολούθως οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση λιπασμάτων θα έχουν αντίστοιχη μείωση, δηλαδή θα εκπέμπονται 2140,67698 kg CO<sub>2</sub> /στρέμμα, **1427,118 kg CO<sub>2</sub> /στρέμμα λιγότερα ετησίως**.

- Πίνακας υπολογισμού εκπομπών CO<sub>2</sub> από τη χρήση βιομάζας - Σύγκριση με χρήση πετρελαίου για την κάλυψη των θερμικών αναγκών

Οι ετήσιες ανάγκες για τη θέρμανση του θερμοκηπίου, όπως αναφέρθηκε, είναι 132 MWh/στρέμμα. Βάση ανάλυσης προκύπτει ότι η απαιτούμενη ποσότητα σε πυρηνόξυλο (βιομάζα) για την κάλυψη αυτών των αναγκών είναι 35200 kg/στρέμμα και η αντίστοιχη ποσότητα σε πετρέλαιο 12452,83 lt/στρέμμα. Ο Συντελεστής μετατροπής ισοδύναμων kg CO<sub>2</sub> από την καύση βιομάζας ( από kWh με καύση pellets πυρηνόξυλου) είναι **0,03895** και ο αντίστοιχος συντελεστής μετατροπής από καύση πετρελαίου (από kWh με καύση diesel) **0,25301** (πηγή: UK Carbon Trust). Οπότε οι εκπομπές CO<sub>2</sub> για καύση βιομάζας και καύση πετρελαίου, για την κάλυψη των θερμικών αναγκών θα είναι:

Εκπομπές CO <sub>2</sub> (tn/στρέμμα)	
Diesel	33,39732
Βιομάζα (πυρηνόξυλο)	5,1414

Επομένως, το όφελος σε εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση βιομάζας έναντι της καύσης πετρελαίου για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου θα είναι **28,25592 tn CO<sub>2</sub>/ στρέμμα ετησίως**.

- Πίνακας υπολογισμού CO<sub>2</sub> από εφαρμογή μεθόδων θέρμανσης με εξοικονόμηση ενέργειας

Η εφαρμογή της θερμοκουρτίνας στο θερμοκήπιο έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των αναγκών θέρμανσης κατά 40%, έναντι της αύξησής τους κατά 30% χωρίς τη χρήση της (λόγω ανέμων). Αντίστοιχα θα είναι και τα ποσοστά αύξησης και μείωσης για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> με την καύση βιομάζας και πετρελαίου:

<u>Χρήση θερμοκουρτίνας (tn CO<sub>2</sub>/ στρέμμα ετησίως)</u>	
Χωρίς θερμοκουρτίνα	Με θερμοκουρτίνα

<b>DIESEL</b>	43,416516	26,91823992
<b>Βιομάζα</b>	6,68382	4,1439684

Επιπλέον αναφέρθηκε η μείωση στις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση του χώρου του θερμοκηπίου λόγω αφενός της εφαρμογής εντοπισμένης θέρμανσης της ρίζας των φυτών και των βλαστών (τοπική θέρμανση), ενέργεια που επιφέρει επιπλέον μείωση της τάξης του 15% στις απαιτήσεις θέρμανσης. Σε συνδυασμό και με τη μείωση λόγω της εφαρμογής του λογισμικού των θερμό-ωρών (μέση θερμοκρασία ιδιοπεριόδου) που επιφέρει μείωση των αναγκών κατά 12.4% , οι συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> για την κάλυψή τους με πετρέλαιο και βιομάζα θα είναι:

<b><u>Εντοπισμένη θέρμανση ριζόσφαιρας και θέρμανση πλησίον κόμης (tn CO<sub>2</sub>/</u></b>			
<b>στρέμμα ετησίως)</b>			
	Θερμανση ριζόσφαιρας και πλησίον κόμης (-15,6%)	Αλγόριθμος θερμο-ωρών (-12,4%)	<b>Σύνολο</b>
<b>DIESEL</b>	4,199245428	3,33786175	<b>19,38113</b>
<b>Βιομάζα</b>	0,64645907	0,513852082	<b>2,983657</b>

Συνεπώς, μετά και την εφαρμογή των καινοτομιών στην κάλυψη των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου, η εξοικονόμηση σε εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση βιομάζας έναντι πετρελαίου θα είναι 16,397 tn CO<sub>2</sub>/ στρέμμα ετησίως.

- Πίνακας υπολογισμού ισοζυγίου εκπομπής και δέσμευσης CO<sub>2</sub>

1. Δέσμευση ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>

Οι φυτικοί οργανισμοί για την αύξηση της φυτικής τους βιομάζας δεσμεύουν CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα. Η προβλεπόμενη ποσότητα του φυτού της ντομάτας που θα παράγει το θερμοκήπιο, με περιεκτικότητα ξηρής βιομάζας 10%, θα είναι:

	Παραγωγή φυτικής βιομάζας (kg/m <sup>2</sup> )	Περιεκτικότητα ξηρής βιομάζας
Καρποί (ντομάτες)	55	0,1
Βλαστοί	45	0,1

Η περιεκτικότητα του φυτού της ντομάτας, σύμφωνα με έρευνα (“*Whole Plant CO<sub>2</sub> Exchange Measurements for Nondestructive Estimation of Growth*”, Ron G. Dutton, Jirong Jiao, M. James Tsujita, and Bernard Grodzinski, Plant Physiol. (1988)), έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα C 35,4% σε ξηρή βάση. Επομένως, υπολογίζοντας αυτή την ποσότητα για την παραγωγή του θερμοκηπίου και μετατρέποντάς τη σε δεσμευμένο CO<sub>2</sub>, έχουμε:

	Περιεκτικότητα σε C (kg/m <sup>2</sup> )	Δεσμευμένο CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	Σύνολο (kg CO <sub>2</sub> /στρέμμα)
Καρποί (ντομάτες)	1,947	7,139	7139
Βλαστοί	1,593	5,841	5841
Σύνολο	3,54	12,98	<b>12980</b>

## 2. Εκπομπή CO<sub>2</sub> – Ισοζύγιο άνθρακα

Συγκεντρωτικά για όλες τις προηγούμενες διεργασίες του θερμοκηπίου που έχουν επίπτωση στην ισορροπία του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> (εκπομπές), έχουμε τον παρακάτω πίνακα. Σημείωση: Οι εκπομπές για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης στην περίπτωση της καύσης βιομάζας θεωρούνται μηδενικές καθότι εξετάζουμε το ισοζύγιο του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> και είναι γνωστό ότι η βιομάζα για να παραχθεί έχει δεσμεύσει την ποσότητα του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> που απελευθερώνει κατά την καύση της.

Συμβατικό θερμοκήπιο (tn    Καινοτόμο θερμοκήπιο (tn



	CO <sub>2</sub> /στρέμμα)	CO <sub>2</sub> /στρέμμα)
Λιπάσματα	3,56779497	2,14067698
Καύση για θέρμανση	33,39732	0
Καινοτόμες μέθοδοι θέρμανσης	19,38113274	0
<b>Σύνολο</b>	<b>22,94892</b>	<b>2,14067698</b>

Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη τη δέσμευση και εκπομπή του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>, τα ισοζύγια για ένα συμβατικό και για το καινοτόμο θερμοκήπιο θα είναι τα παρακάτω:

<b><u>Ισοζύγιο CO<sub>2</sub> για συμβατικό θερμοκήπιο</u></b>	<b>12,98 tn CO<sub>2</sub> - 22,949 tn CO<sub>2</sub> = - 9,969 tn CO<sub>2</sub>/στρέμμα ετησίως</b>
--	---

και

<b><u>Ισοζύγιο CO<sub>2</sub> για καινοτόμο θερμοκήπιο</u></b>	<b>12,98 tn CO<sub>2</sub> - 2,141 tn CO<sub>2</sub> = 10,839 tn CO<sub>2</sub>/στρέμμα ετησίως</b>
--	---

Στην περίπτωση του συμβατικού θερμοκηπίου έχουμε έκλυση στο περιβάλλον 9,969 τόνων CO<sub>2</sub>/στρέμμα ετησίως, ενώ στην περίπτωση του καινοτόμου θερμοκηπίου έχουμε όφελος 10,839 τόνους CO<sub>2</sub> /στρέμμα ετησίως, γεγονός που δείχνει ότι με την εφαρμογή των καινοτομιών αυτών, **το καινοτόμο θερμοκήπιο παράγει κατά πολύ λιγότερη ποσότητα CO<sub>2</sub> από ότι δεσμεύει.**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Calculation methodology for the National Footprint Accounts, *2010 Edition*.
- 2 DG Environment 2008. *Potential of the Ecological Footprint for monitoring environmental impact from natural resource use*.
- 3 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistical Databases.
- 4 IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 5 Global Footprint Network 2010. National Footprint Accounts, 2010 Edition.
- 6 FAO and International Institute for Applied Systems Analysis Global Agro-Ecological Zones. 2000.
- 7 UK Carbon Trust (2008) "Carbon Footprinting".
- 8 Wright, L., Kemp, S., Williams, I. (2011) 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. *Carbon Management*, 2 (1): 61-72.
- 9 Parliamentary Office of Science and Technology POST (2006). *Carbon footprint of electricity generation*. October 2006.
- 10 Adams, P., 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J. Hort. Sci.*, 66: 201- 207.
- 11 Adams, P. 2002. Nutritional control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 211-261.
- 12 Benoit, F., and N. Ceustermans. 1987. Some qualitative aspects of tomatoes grown on NFT. *Soilless Culture* 3, 3–7.
- 13 De Kreij, C., 1995. Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. *Acta Hort.* 408, 47-61.
- 14 De Kreij, C., Voogt, W., Baas, R. 1999. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Brochure 196. Research Station for Floriculture and Glasshouse Vegetables (PBG), Naaldwijk, The Netherlands.
- 15 Schnitzler, W.H., Gruda, N.S., 2002. Hydroponics and product quality. In: Savvas, D., Passam, H.C. (Eds). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*, Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 373-411.
- 16 Sigrimis, N., Arvanitis, K.G., Pasgianos, G.D., Ferentinos, K. 2001. Hydroponics water management using adaptive scheduling with an on-line optimiser. *Computers and Electronics in Agriculture* 31 (1), pp. 31-46

- 17 Savvas, D., G. Ntatsi, H.C. Passam, 2008b. Plant nutrition and physiological disorders in greenhouse grown tomato, pepper and eggplant. *European Journal of Plant Science and Biotechnology* 2, 45-61.
- 18 Anastasiou, A., Ferentinos, K.P., Arvanitis, K.G., Savvas, D., Sigrimis, N., 2005. DSS-Hortimed for on-line management of hydroponic systems. *Acta Hort.* 691, 267-274.
- 19 Anastasiou, A., D. Savvas, G. Pasgianos, N. Sigrimis, C. Stangellini, F. Kempkes, 2009. Decision support for optimised irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 807, Vol. I, 253-258.
- 20 Technologies for Reducing Non-Energy-Related Emissions, *Ainsley Jolley*, Centre for Strategic Economic Studies, Victoria University, *Climate Change Working Paper No. 10*.
- 21 Irish Agriculture, Greenhouse Gas Emissions and Climate Change: opportunities, obstacles and proposed solutions, *Teagasc Working Group on Greenhouse Gas Emissions: RPO Schulte (chair), G Lanigan, T Donnellan, P Crosson, L Shalloo, D O'Brien, N Farrelly, J Finnan, M Gibson (secretary), A Boland, G Boyle, O Carton, B Caslin, N Culleton, R Fealy, J Fitzgerald, K Hanrahan, J Humphreys, T Hyde, P Kelly, STJ Lalor, P Maher, P Murphy, N Ni Fhlatharta, C O'Donoghue, P O'Kiely, F O'Mara, KG Richards, M Ryan and J Spink*.
- 22 The Kyoto Protocol and European and Italian Regulations in Agriculture, *Davide Savy, Antonio Nebbioso, Roc'yo Da'nica Co'ndor, and Marina Vitullo, A. Piccolo (ed.), Carbon Sequestration in Agricultural Soils, DOI 10.1007/978-3-642-23385-2\_2, # Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012*.
- 23 California Agriculture and Climate Change: Challenges and opportunities for profitability, *United States department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service*.
- 24 Agricultural carbon markets: Opportunities and challenges for Sub-Saharan Africa, *Richard Gledhill, Partner, Celine Herweijer, Director, Dan Hamza-Goodacre, Assistant Director, Jonathan Grant, Assistant Director, Christopher Webb, Manager, Jack Steege, Senior Associate,(Sustainability and Climate Change, PwC LLP UK) The Rockefeller Foundation, November 2011*.
- 25 Carbon Finance Possibilities for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects in a Smallholder Context, *Christina Seeberg-Elverfeldt, Natural Resources Management and Environment Department Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Rome, 2010*.
- 26 Policy Options for Controlling Greenhouse Gas Emissions: Implications for Agriculture, *Gilbert E. Metcalf and John M. Reilly, JEL Classification: Q1, Q2, Q5, H2*.
- 27 Valuing regulating services (climate regulation) from UK terrestrial ecosystems, Report to the Economics Team of the UK National Ecosystem Assessment, *Dave Abson, Mette Termansen, Unai Pascual, Carlo Fezzi, Ian Bateman, Uzma Aslam, UK NEA Economic Analysis Report Valuation climate regulation: Abson et al. 2010*.