



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|----|
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ | 3 |
| ΕΠΟΨΗ | 5 |
| | |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΓΕΝΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ & ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ CO ₂ | 8 |
| 1.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ.... | 8 |
| 1.2 ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GHG's) | 9 |
| 1.3 ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP) | 13 |
| 1.4 ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΤΩΝ GHGs | 15 |
| 1.5 Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | 17 |
| 1.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO ₂) | 22 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ | 38 |
| 2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΜΠΟΡΙΑ ΡΥΠΩΝ..... | 38 |
| 2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΘΑΡΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ (NPV analysis) | 46 |
| 2.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ | 52 |
| 2.4 Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | 57 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ | 58 |
| 3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ..... | 58 |

| | |
|--|----|
| 3.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ..... | 59 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ | 63 |
| 4.1 ΔΟΜΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΔΙΚΩΝ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΑΝ | 63 |
| 4.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ | 64 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ..... | 74 |
| 5.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Ι..... | 74 |
| 5.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΙΙ..... | 78 |
| 5.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΙΙΙ | 81 |
| 5.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΙV | 85 |
| 5.5 ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ | 88 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 91 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 94 |
| 7.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 94 |
| 7.2 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 95 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ | 99 |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ

| Ονομασία | Ορισμός |
|------------------------|--|
| <i>I</i> | Κόστος επένδυσης (€) |
| <i>n</i> | Διάρκεια ζωής της επένδυσης (έτη) |
| <i>i</i> | Επιτόκιο αναγωγής |
| ρ | Πληθωρισμός |
| <i>Pr</i> | Ετήσια παραγωγικότητα άλγης (kg / έτος) |
| <i>Vacl</i> | Τιμή πώλησης βιοντήζελ (€ kg) |
| <i>fcl</i> | Ποσοστό ελαίου από άλγη |
| <i>ρcl</i> | Πυκνότητα βιοντήζελ (kg / L) |
| <i>fζ</i> | Ποσοστό πρωτεΐνης άλγης |
| <i>Vζ</i> | Τιμή πώλησης fish food (€) |
| <i>Mi</i> | Κόστος παραγωγής άλγης (€/kg) |
| <i>Si</i> | Carbon offsets (€/tn CO ₂) |
| Σ | Ετήσια χρηματοροή (€ έτος) |
| <i>Bj</i> | Ετήσιος ισολογισμός Εσόδων – Εξόδων (€/έτος) |
| <i>Cf</i> | Σταθερά κόστη (€ έτος) |
| <i>NPV</i> | Καθαρή παρούσα αξία |
| <i>j</i> | Τρέχον έτος |
| <i>Area</i> | Συνολική έκταση της επένδυσης (acre) |
| <i>fsp</i> | Ποσοστό παραγόμενης σπιρουλίνας |
| <i>Vsp</i> | Τιμή πώλησης σπιρουλίνας (€) |
| <i>dCO₂</i> | kg CO ₂ που δεσμεύεται ανά kg παραγόμενης άλγης |

ΕΠΟΨΗ

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) θεωρείται το πιο επιβλαβές από τα αέρια του θερμοκηπίου (GHG), αφού η ποσότητα των εκπομπών του είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα αέρια. Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας εκτιμάται ότι αποτελεί το 63.5 % του συνόλου των εκπομπών των GHG. Οι τσιμεντοβιομηχανίες είναι υπεύθυνες περίπου για το 5% των συνολικών εκπομπών CO₂ λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας, αφού εκπέμπονται περίπου 900kg CO₂ για κάθε 1000kg τσιμέντου που παράγεται.

Γενικά, η δέσμευση του CO₂ μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ο πιο ενδιαφέρων και πρωτότυπος μέχρι στιγμής είναι με τη χρήση άλγης (φυκιών). Εδώ και κάποια χρόνια διάφορες εταιρίες έχουν προσπαθήσει να κατασκευάσουν συστήματα με ειδικούς βιοαντιδραστήρες, τα οποία θα χρησιμοποιούνται σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας ή σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η ιδέα είναι η ακόλουθη: οι εκπομπές του CO₂ θα οδηγούνται σε μια καλλιέργεια άλγης, όπου μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης θα το δεσμεύουν με ταυτόχρονη παραγωγή οξυγόνου και βιοκαυσίμου. Η βιολογική εκμετάλλευση του CO₂ μέσω της μικροάλγης αποτελεί πλέον μια οικονομικά αποδεκτή μέθοδο, η οποία μπορεί να συμβάλει τόσο στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, όσο και στην απόκτηση κέρδους.

Η άλγη έχει πολύ μεγαλύτερη ικανότητα δέσμευσης CO₂ σε σχέση με τα μεγαλύτερα φυτά, ενώ ταυτόχρονα απομακρύνει και το NO_x. Πηγή του CO₂ και του NO_x μπορεί να είναι τα καυσαέρια, έτσι όπως ακριβώς εξέρχονται από την καμινάδα. Επιπλέον, είναι πλούσια σε λάδι, επεξεργάζεται και έτσι προκύπτουν διάφορα προϊόντα, όπως βιοντήζελ, αιθανόλη, τροφή για ζώα και μια μεγάλη ποικιλία πλαστικών. Το ενδιαφέρον της NASA ήδη από τις αρχές τις δεκαετίας του '80 για την εξέλιξη των βιοαντιδραστήρων και τη βελτιστοποίηση της παραγωγής βιομάζας φανερώνει τη σημασία που μπορεί να αποκτήσει αυτή η νέα τεχνολογία. Το όφελος είναι διπλό. Από τη μία αποτρέπεται η εκπομπή του CO₂ στην ατμόσφαιρα και από την άλλη παράγονται ανανεώσιμα προϊόντα που μπορούν να αντικαταστήσουν εν μέρει τα ορυκτά καύσιμα. Άλλο ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι με την ανάπτυξη σε βιομηχανικό επίπεδο της παραγωγής βιοντήζελ με πρώτη ύλη βιομάζα άλγης θα μειωθεί ο ανταγωνισμός για καλλιεργούμενες εκτάσεις και άλλες αγροτικές πρώτες ύλες.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να εξετάσει την οικονομική απόδοση μιας μονάδας καλλιέργειας άλγης για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂ μιας τσιμεντοβιομηχανίας στο πλαίσιο εφαρμογής του νέου καθεστώτος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Με άλλα λόγια έγινε μια προσπάθεια να καθοριστεί το μέγεθος και να υπολογιστεί το κόστος για την εγκατάσταση ειδικών βιοαντιδραστήρων άλγης για τη δέσμευση CO₂ και την παραγωγή βιομάζας. Η τεχνολογία και τεχνογνωσία παρέχεται από την εταιρία **GREENFUEL CORPORATION** . Η παραπάνω ανάλυση γίνεται από την πλευρά του επενδυτή, που είναι η ελληνική τσιμεντοβιομηχανία **TITAN**. Συγκεκριμένα αναλύονται και συγκρίνονται οι παρακάτω τέσσερις περιπτώσεις:

- Καλλιέργεια άλγης τύπου Nannochloropsis για την παραγωγή βιοντήζελ και πώληση ζωοτροφής (fish food) με κόστος παραγωγής της άλγης 0.50 €/ kg
- Καλλιέργεια άλγης τύπου Nannochloropsis για την παραγωγή βιοντήζελ και πώληση ζωοτροφής με κόστος παραγωγής της άλγης 0.35 €/ kg
- Καλλιέργεια άλγης τύπου Spirulina και πώλησή της
- Ταυτόχρονη καλλιέργεια και των δύο τύπων άλγης

Τέλος, θα γίνει σύγκριση των παραπάνω περιπτώσεων για να βρεθεί ποια είναι η βέλτιστη.

Η παραπάνω επένδυση αποτελεί μέρος του στρατηγικού σχεδιασμού που έχει θέσει ο Τιτάνας για τα επόμενα χρόνια. Με άλλα λόγια η μελέτη που έγινε μπορεί να αποτελέσει βασικό εργαλείο και κριτήριο για τη λήψη επενδυτικών αποφάσεων τόσο για τον Τιτάνα όσο και για άλλες βιομηχανίες που θέλουν να διασφαλίσουν ότι η επενδυτική επιλογή τους είναι συμφέρουσα.

Από τη μελέτη που έγινε προέκυψαν συνοπτικά τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τό κόστος παραγωγής και η παραγωγικότητα της μικροάλλης επηρεάζει εξαιρετικά την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης, ωστόσο γίνονται εντατικές έρευνες από τους επιστήμονες για βελτιστοποίηση των συνθηκών παραγωγής και της τεχνολογίας του βιοαντιδραστήρια ώστε να επιτευχθεί η μικρότερη δυνατή τιμή του κόστους παραγωγής και η μεγαλύτερη δυνατή παραγωγικότητα.
- Οι δύο πρώτες περιπτώσεις, δηλαδή η καλλιέργεια άλλης αποκλειστικά για παραγωγή βιοντήζελ και ζωοτροφής αποδεικνύονται λιγότερο συμφέρουσες, ενώ επηρεάζονται πολύ από τις τυχούσες μεταβολές των μεταβλητών, ιδιαίτερα η πρώτη περίπτωση.
- Στην τρίτη και τέταρτη περίπτωση σε όλους τους υπολογισμούς η καθαρή παρούσα αξία βγαίνει θετική με αποτέλεσμα να είναι εγγυημένη η κερδοφορία της επένδυσης. Αυτό συμβαίνει γιατί η τιμή πώλησης της σπιρουλίνας είναι αρκετά μεγαλύτερη από την τιμή πώλησης του βιοντήζελ λόγω της χρήσης της στη φαρμακευτική βιομηχανία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ & ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ CO₂

1.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Όταν το 1827 ο γάλλος μαθηματικός J.B.Fourier αναφέρθηκε για πρώτη φορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, προέβλεψε ουσιαστικά ότι η ατμόσφαιρα της γης θα μπορούσε να θερμανθεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις και συνέκρινε το φαινόμενο αυτό με τη λειτουργία των θερμοκηπίων. Δυστυχώς, οι δεκαετίες που ακολούθησαν ως σήμερα όχι μόνο επιβεβαίωσαν τις προβλέψεις αυτές, αλλά ανέδειξαν το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε ένα από τα ζωτικότερης σημασίας προβλήματα του πλανήτη. Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της χημικής σύστασης της ατμόσφαιρας, λόγω της εκπομπής σημαντικών ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου (GHG), τα οποία παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα εντείνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οδηγούν σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης.

Η μέση θερμοκρασία της γης έχει ήδη αυξηθεί κατά 0.6°C περίπου κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Οι συνέπειες αυτές, οι οποίες είναι πιο εμφανείς τα τελευταία 50 χρόνια οφείλονται αποκλειστικά στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Το Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) σύμφωνα με δημοσίευσή του το 2001, εκτιμά πως η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης θα αυξηθεί από 1.4 μέχρι 5.8°C μέχρι το έτος 2100. Αυτή η αλλαγή θα είναι η μεγαλύτερη κλιματική αλλαγή που θα έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία 10.000 χρόνια. Η αύξηση της θερμοκρασίας θα έχει καταστροφικές συνέπειες για την ανθρωπότητα καθώς και για όλες τις άλλες μορφές ζωής, ενώ η ένταση των συνεπειών θα διαφέρει από περιοχή σε περιοχή.

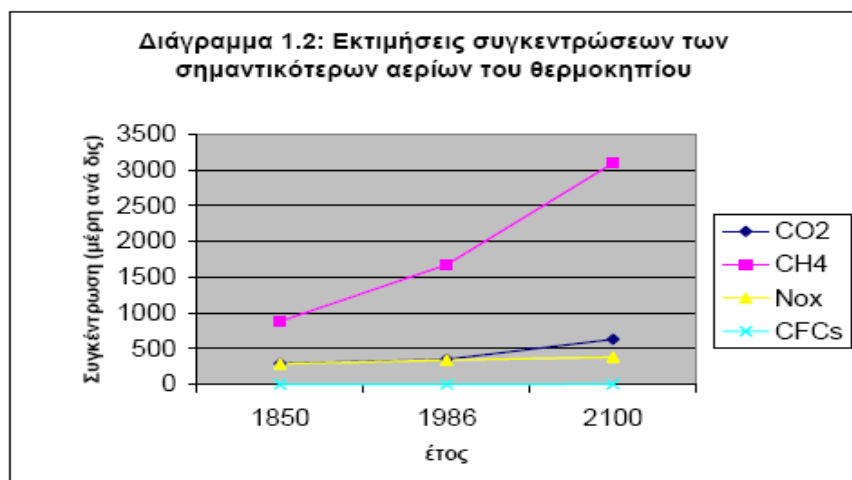
Αναλυτικότερα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου μπορεί να προκαλέσει :

- Μερική τήξη των πάγων στους πόλους της γης, άνοδο της στάθμης της θάλασσας και πιθανές πλημμύρες στις παραθαλάσσιες περιοχές
- Αλλαγές στη συχνότητα και το είδος των βροχοπτώσεων στις διάφορες περιοχές
- Κλιματολογικές αλλαγές και εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων

1.2 ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GHG's)

Γνωρίζουμε πως η ατμόσφαιρα αποτελείται από έναν αριθμό αερίων, τα οποία παγιδεύουν τις ακτίνες του ηλίου. Τα κυριότερα από τα λεγόμενα αέρια του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases) είναι τα ακόλουθα:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- Υδρατμοί (H₂O)
- Μεθάνιο (CH₄)
- Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)
- Όζον (O₃)
- Αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες (CFCs, HFCs, κλπ) υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες, υπερφθοράνθρακες και εξαφθοριούχο θείο.

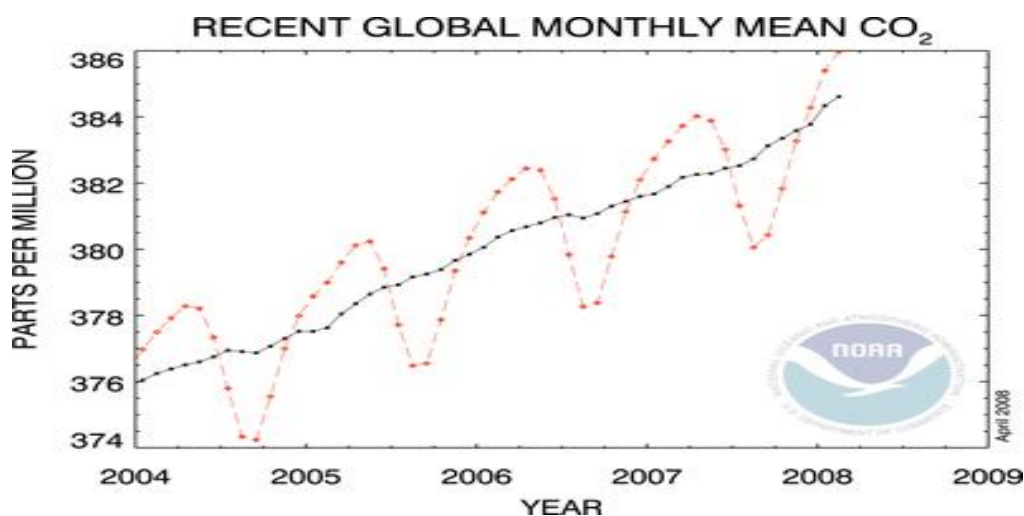


Πηγή: Nordhaus, William (1993), *Economic Approaches to Greenhouse Warming In Global Warming Economic Policy Responses* (ed. Dornbusch, R. And Poterba, J.), London: The MIT Press, p. 35.

1.2.1

I. Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το CO₂ δεν είναι ρύπος και δεν παρουσιάζει τοπικές επιπτώσεις όπου εκπέμπεται. Συμβάλει μόνο (μαζί με τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου) στην παγκόσμια επίδραση του φαινομένου του Θερμοκηπίου – Global Greenhouse effect». Ευθύνεται για το 80.4 % των συνολικών εκπομπών στην Ελλάδα. Σύμφωνα με στοιχεία του εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών το 91% περίπου των συνολικών εκπομπών του CO₂ οφείλεται στην καύση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο 9% περίπου προέρχεται από βιομηχανικές διεργασίες (παραγωγή τσιμέντου, ασβέστη, αλουμινίου και αμμωνίας) και τη χρήση διαλυτών. Η καταστροφή των δασών ελαττώνει την απομάκρυνση του CO₂ από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης. Διοξείδιο του άνθρακα παράγεται επίσης κατά την αποικοδόμηση της βιομάζας. Εκτιμάται ότι τα επίπεδά του στην ατμόσφαιρα αυξάνονται κατά 3-4% κάθε δεκαετία- ή περίπου 0,4-0,5 % κάθε χρόνο. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η εξέλιξη της συγκέντρωσης του CO₂.



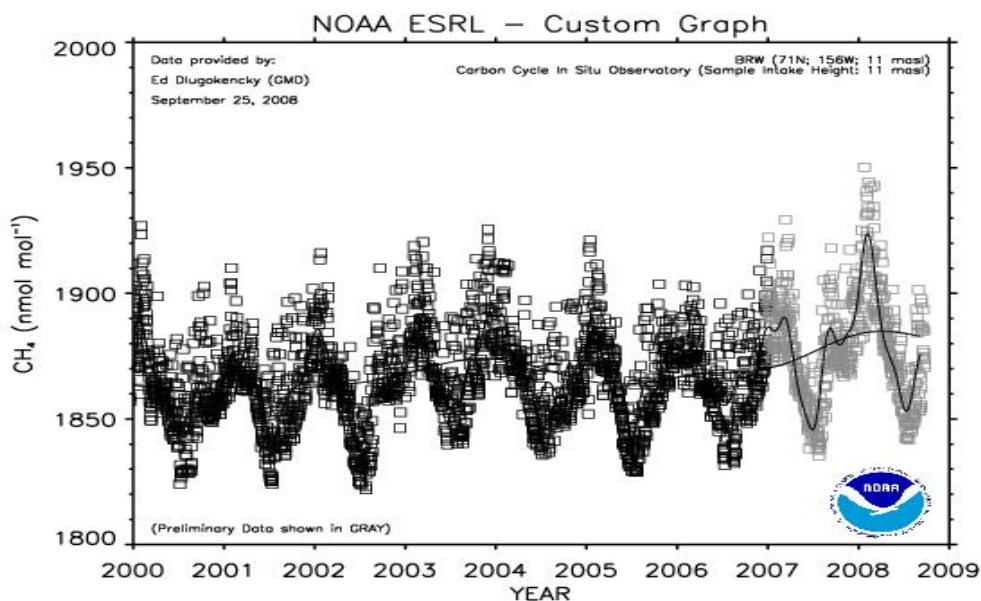
II. Υδρατμοί (H₂O)

Οι υδρατμοί αποτελούν το πιο άφθονο και σημαντικό αέριο θερμοκηπίου στη γήινη ατμόσφαιρα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν μικρή άμεση επίδραση στην ποσότητα υδρατμών της ατμόσφαιρας. Ωστόσο, ο ανθρώπινος παράγοντας μπορεί να έχει σημαντική έμμεση επίδραση στην ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα, λόγω των κλιματικών αλλαγών που προκαλεί. Όσο θερμότερη είναι η ατμόσφαιρα, για παράδειγμα, τόσο πιο πολλούς υδρατμούς περιέχει. Επίσης,

οι εκπομπές μεθανίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν κατά ένα μικρό ποσοστό την ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα, καθώς το μεθάνιο υφίσταται χημική διάσπαση στη στρατόσφαιρα, παράγοντας μια σχετικά μικρή ποσότητα νερού.

III. Μεθάνιο (CH₄)

Μετά το CO₂ το μεθάνιο είναι το δεύτερο σημαντικότερο αέριο για το σχηματισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το μεθάνιο έχει αυξηθεί λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που έχουν σχέση με τη γεωργία, τα δίκτυα φυσικού αερίου και την αποκομιδή των απορριμμάτων σε χώρους ταφής. Μεθάνιο εκπέμπεται ωστόσο και από φυσικές διεργασίες (πχ από βιολογικές διαδικασίες στους υγρότοπους). Η συγκέντρωση του μεθανίου στην ατμόσφαιρα έχει σταματήσει να αυξάνεται κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες λόγω της μείωσης των ρυθμών ανάπτυξης.



IV. Υποξείδιο του αζώτου

Υποξείδιο του αζώτου (N_2O) εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα από ανθρωπογενείς πηγές, κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων και τη χρήση λιπασμάτων. N_2O παράγεται και από φυσικές διαδικασίες, τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και στους ωκεανούς.

V. Όζον (O_3)

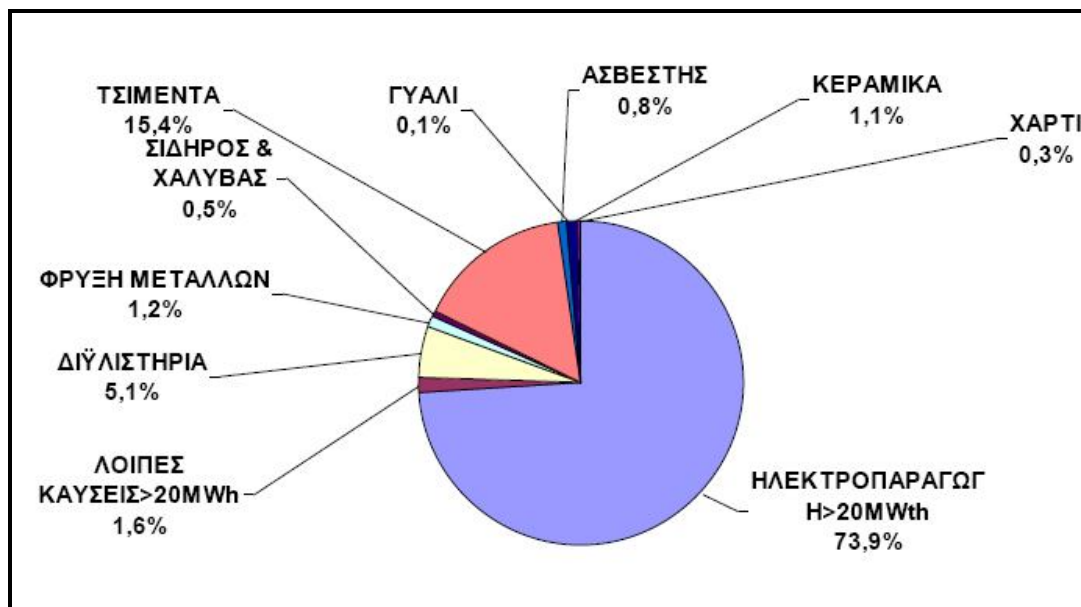
Το όζον είναι κι αυτό αέριο θερμοκηπίου, το οποίο διαρκώς παράγεται και διασπάται στην ατμόσφαιρα σε μια σειρά χημικών αντιδράσεων. Στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, η ποσότητα του ανεπιθύμητου τροποσφαιρικού όζοντος έχει αυξηθεί έμμεσα λόγω της εκπομπής, από ανθρωπογενείς πηγές, αερίων όπως είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, υποξείδιο του αζώτου και υδρογονάνθρακες. Τα αέρια αυτά προκαλούν αντιδράσεις οι οποίες οδηγούν στο σχηματισμό όζοντος. Κάθε χρόνο τα επίπεδά του αυξάνονται κατά 0,25-0,4%, ενώ μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα μέχρι και 170 έτη. Είναι μη τοξικό αέριο αλλά η συνεισφορά του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι περίπου 4-6%.

VI. Αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες (CFCs, HFCs, κλπ) υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες, υπερφθοράνθρακες και εξαφθοριούχο θείο.

Οι συγκεντρώσεις των αλογονωμένων υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί λόγω της εκπομπής τους από ανθρωπογενείς πηγές. Οι συνηθέστεροι από αυτούς είναι οι χλωροφθοράνθρακες (πχ CFC-11 και CFC-12), οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κατά τις προηγούμενες δεκαετίες ως ψυκτικά αέρια καθώς και σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές, ώσπου ανακαλύφθηκε η καταστρεπτική τους επίδραση στο στρατοσφαιρικό όζον, με αποτέλεσμα την τρύπα του όζοντος, κυρίως πάνω από την Ανταρκτική.

Η ποσότητα των αερίων χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα άρχισε να ελαττώνεται μετά την εφαρμογή διεθνών κανονισμών που θεσπίστηκαν με στόχο την προστασία του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Εκπομπές CO₂ στην Ελλάδα (2005 επαληθευμένες)



1.3 ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP)

Το Global Warming Potential αποτελεί ένα μέτρο για τη σύγκριση των κλιματικών επιπτώσεων από τα διάφορα αέρια του θερμοκηπίου με βάση το δικό τους δυναμικό υπερθέρμανσης μέσω ενός ισοδύναμου συντελεστή εκπομπών CO₂.

Οι διεθνείς αναφορές στις εκπομπές GHG's πέραν των ποσοτήτων, λαμβάνουν υπόψη και την επίδραση του κάθε αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε ορίζοντα 100 ετών. Έτσι οι εκπομπές GHG's δηλώνονται σε «ισοδύναμους τόννους CO₂ – t CO₂ eq». Η επίδραση της εκπομπής μιας ποσότητας GHG στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ανάγεται στην αντίστοιχη ποσότητα CO₂ η οποία θα είχε το ίδιο αποτέλεσμα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, λαμβάνοντας υπόψη το Global Warming Potential.

Το CO₂ είναι το λιγότερο δραστικό από τα κυριότερα GHG. Αντιθέτως, το μεθάνιο απορροφά και ακτινοβολεί περίπου 21 φορές περισσότερη θερμότητα. Ωστόσο, η συνολική συνεισφορά του κάθε αερίου εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες, όπως:

- Η ποσότητα του αερίου που εκλύεται στην ατμόσφαιρα ετησίως
- Η διάρκεια ζωής του κάθε αερίου στην ατμόσφαιρα

- Οι έμμεσες συνέπειες από τις εκπομπές του κάθε αερίου λόγω περαιτέρω χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα.

Παρά τη μικρή επίδραση (ως δυναμικό) του CO₂ στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι ποσότητες που εκπέμπονται είναι τόσο μεγάλες, ώστε να υπολογίζεται ότι περίπου το 80% του φαινομένου οφείλεται στο CO₂.

Πίνακας 1.3.1: GWP κάθε αερίου του θερμοκηπίου

| GHG | Χημικός τύπος | Διάρκεια ζωής (σε έτη) | GWP |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------|
| Διοξείδιο του άνθρακα | CO₂ | Ποικίλλει | 1 |
| Μεθάνιο | CH₄ | 12±3 | 21 |
| Nitrus oxide | NO₂ | 120 | 310 |
| Sulphur hexafluoride | SF₆ | 3200 | 23900 |
| υδροφθοράνθρακες | HFCs | 1 έως 200+ | 140 έως 11700 |

Πρωτόκολλο του Κιότο

Το πρωτόκολλο του Κιότο προέκυψε από τη σύμβαση-πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές που είχε υπογραφεί στη διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των κρατών.

Στόχος της σύμβασης είναι «η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες».

Η Ελλάδα κύρωσε τη σύμβαση αυτή, κάνοντας την νόμο του κράτους τον Απρίλιο του 1994. Το 1997, καθορίστηκε στο πλαίσιο της σύμβασης ένα σημαντικό νομικό εργαλείο για τον έλεγχο των εκπομπών, γνωστό και ως πρωτόκολλο του Κιότο. Το πρωτόκολλο μπήκε τελικά σε εφαρμογή το Φεβρουάριο του 2005, μετά την επικύρωσή του από τη Ρωσία. Μέχρι σήμερα αρνούνται να το επικυρώσουν οι Η.Π.Α. και η Αυστραλία.

Κεντρικός άξονας του πρωτοκόλλου είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 5% σε σχέση με το 1990. Στο πλαίσιο αυτό, η Ευρωπαϊκή Ένωση, δεσμεύτηκε να μειώσει τις εκπομπές του συνόλου των κρατών-μελών της κατά 8% την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με το 1990. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης και με βάση τη συμφωνία της «δίκαιης κατανομής βαρών», το 1998, ο δεσμευτικός στόχος της Ελλάδας είναι η

συγκράτηση της αύξησης των εκπομπών της στο +25% σε σχέση με το έτος βάσης (1990 για τα CO₂, CH₄, N₂O και 1995 για τα f-αέρια).

1.4 ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΤΩΝ GHGs

Το τσιμέντο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα υλικά για τις κατασκευές παγκοσμίως.

Η κατανάλωση και παραγωγή του εξαρτάται άμεσα από την κατασκευαστική δραστηριότητα άρα κι από την υπάρχουσα οικονομική κατάσταση. Λόγω της σημασίας του ως δομικού υλικού και της αφθονίας των βασικών πρώτων υλών σε σχεδόν οποιαδήποτε χώρα, όπως ο ασβεστόλιθος, το τσιμέντο παράγεται σχεδόν σε κάθε χώρα. Η διαδεδομένη παραγωγή του οφείλεται τόσο στη σχετικά χαμηλή τιμή του όσο και στην υψηλή πυκνότητά του, η οποία καθιστά ασύμφορη την επίγεια μεταφορά λόγω του υψηλού κόστους.

Η παραγωγή του αποτελεί μια διαδικασία υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης, η οποία υπολογίζεται ότι αποτελεί περίπου το 2% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης ή περίπου το 5% της παγκόσμιας ολικής βιομηχανικής κατανάλωσης. Εξαιτίας της κυρίαρχης χρήσης καυσίμων πλούσιων σε άνθρακα για την παραγωγή κλίνκερ, οι εκπομπές CO₂ στην τσιμεντοβιομηχανία είναι ιδιαίτερα υψηλές.

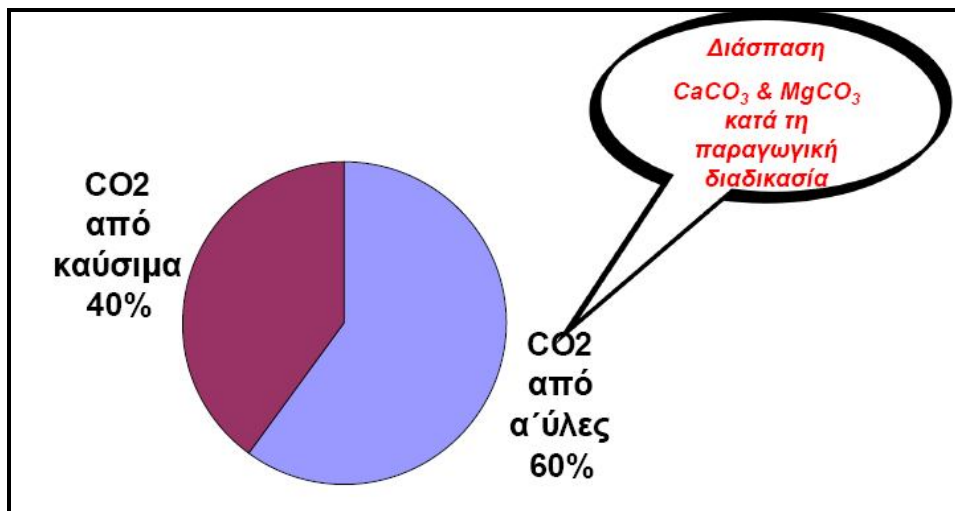
Η τσιμεντοβιομηχανία ευθύνεται για το 5% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μια τσιμεντοβιομηχανία παράγει περίπου 900 kgCO₂ για κάθε τόνο παραγόμενου τσιμέντου. Η παγκόσμια κατανάλωση του τσιμέντου αναμένεται να αυξηθεί πολύ τα επόμενα χρόνια, περίπου 60% έως 105% μέχρι το 2020 και 225% μέχρι το 2050. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην ταχύτατη ανάπτυξη των αναπτυσσόμενων χωρών, όπως της Κίνας, των Ινδιών και άλλων χωρών, των οποίων οι βιομηχανίες αδυνατούν να παράγουν την απαιτούμενη ποσότητα.

Η παραγωγή των GHG στις τσιμεντοβιομηχανίες προέρχεται:

1. από την καύση ορυκτών καυσίμων κατά τη διαδικασία παραγωγής του τσιμέντου (αποτελεί το 40% των εκπομπών μιας τσιμεντοβιομηχανίας)
2. από τη μεταφορά των πρώτων υλών (περίπου 5%)
3. από την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών της βιομηχανίας (περίπου 5%)

4. Το υπόλοιπο 50% προέρχεται από την χημική αντίδραση κατά την οποία ο ασβεστόλιθος (CaCO_3) μετατρέπεται σε οξείδιο του ασβεστίου (CaO) και αποτελεί το πρώτο στάδιο παραγωγής του τσιμέντου. Ωστόσο, είναι αδύνατη η πραγματοποίηση της παραπάνω χημικής αντίδρασης χωρίς την παραγωγή CO_2 , το οποίο εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Με βάση την παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου, η μέση εκπομπή για τις βιομηχανίες είναι 0.87 kg CO_2 για κάθε kg τσιμέντου. Σε τοπικό επίπεδο όμως, οι εκπομπές ποικίλλουν από 0.73 kg CO_2 για κάθε kg τσιμέντου (όπως στην Ιαπωνία) μέχρι 0.99 kg CO_2 (όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες).

Εικόνα 1.4: Εκπομπές CO_2 στην τσιμεντοβιομηχανία



1.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)

Η δέσμευση και ασφαλής αποθήκευση του CO₂ επιτρέπει τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, με παράλληλη μείωση των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, συνεισφέροντας στην αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβολής αλλά και στην μείωση του κόστους αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την μονάδα.

Οι κυριότερες εμπορικές ή υπό ανάπτυξη τεχνολογίες δέσμευσης CO₂ σε βιομηχανίες μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Διαχωρισμός CO₂ από τα καυσαέρια (Post-combustion)

- Απορρόφηση (διαχωρισμός του CO₂ με υγρό διάλυμα σε στήλη απορρόφησης)
- Προσρόφηση (διαχωρισμός του CO₂ με προσρόφηση αυτού σε κάποιο στερεό)
- Μεμβράνες (βάση της διαφορετικής διαπερατότητας των αερίων διαμέσου μεμβρανών)
- Κρυογενικές τεχνολογίες (Ψύξη ή συμπύκνωση του CO₂)

2. Καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου (oxy-fuel)

- Καύση με καθαρό οξυγόνο.
- Τα καυσαέρια περιέχουν μόνο CO₂ και H₂O και διαχωρίζονται με συμπύκνωση του νερού

3. Παραγωγή καυσίμου που δεν περιέχει άνθρακα (IGCC) (Pre-comb)

- Αεριοποίηση του καυσίμου με οξυγόνο ή ατμό
- Μετατροπή του CO σε CO₂ με την αντίδραση CO shift
- Διαχωρισμό του CO₂ από το μίγμα CO₂-H₂
- Καύση του πλούσιου σε H₂ αερίου σε αεριοστρόβιλο και παραγωγή ενέργειας σε συνδυασμένο κύκλο

4. Υπόγεια αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Μία ακόμη μέθοδος δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι η αποθήκευσή του. Ήδη ένα μέρος του εκπεμπόμενου CO₂ δεσμεύεται για χρήση σε τομείς όπως η βιομηχανία τροφίμων. Οι χώροι, όπου μπορεί να αποθηκευτεί είναι είτε οι ωκεανοί, είτε υπόγειοι γεωλογικοί σχηματισμοί. Καθώς η αποθήκευση στους ωκεανούς έχει χαρακτηριστεί επιβαρυντική για τα θαλάσσια οικοσυστήματα οι υπόγειοι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι ο πιθανότερος χώρος αποθήκευσης. Τέτοιοι είναι οι εξαντλημένες κοιλότητες πετρελαίου ή φυσικού αερίου, βαθιές κοιλότητες άλατος καθώς και μη εξορύσσιμες φλέβες άνθρακα.

5. Ειδικό βιοαντιδραστήρες άλγης

Η βιολογική χρήση του CO₂ χρησιμοποιώντας μικροάλγη είναι μια οικονομικά ωφέλιμη μέθοδος, η οποία χρησιμοποιεί τις εκπομπές από μεγάλες βιομηχανικές μονάδες για να παράγει χρήσιμα προϊόντα. Η μικροάλγη έχει τη δυνατότητα για δέσμευση CO₂ μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, μεγαλύτερη από κάθε άλλο φυτό. Η εκμετάλλευση αυτής της φυσικής διεργασίας για την παραγωγή βιομάζας μπορεί να επιτευχθεί μέσα σε ειδικούς φωτοβιοαντιδραστήρες κλειστούς ή σε ανοιχτά συστήματα όπως οι λεγόμενες «open ponds». Η άλγη μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης παράγει σάκχαρα, τα οποία στη συνέχεια μεταβολίζονται σε λίπη και πρωτεΐνες. Καθώς η άλγη μεγαλώνει και πολλαπλασιάζεται, κάποια ποσότητα αφαιρείται από το βιοαντιδραστήρα και αποξηραίνεται. Στη συνέχεια πλένεται με ειδικούς διαλύτες και εξάγεται το λάδι. Το λάδι αυτό μετατρέπεται σε βιοκαύσιμο μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται εστεροποίηση και κατά την οποία χρησιμοποιείται αιθανόλη και ένας καταλύτης. Το άμυλο που έχει απομείνει από τη βιομάζα μετατρέπεται σε σάκχαρα με τη βοήθεια ενζύμων και τα σάκχαρα με τη σειρά τους ζυμώνονται και παράγεται αιθανόλη.

Ο πίνακας που ακολουθεί παραθέτει συνοπτικά κάποια βασικά χαρακτηριστικά των φωτοβιοαντιδραστήρων και των open ponds.

Πίνακας 1.5.1 Χαρακτηριστικά open ponds~Φωτοβιοαντιδραστήρων

| ΣΥΓΚΡΙΣΗ OPEN PONDS – ΦΩΤΟΒΙΟΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ | |
|---|--|
| OPEN POND | ΦΩΤΟΒΙΟΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ |
| 1.Απλή, φθηνή κατασκευή | 1.υψηλότερη παραγωγικότητα |
| 2.Εύκολη λειτουργία και συντήρηση | 2.λιγότερη μόλυνση,χρήση νερού και περιορισμένες απώλειες CO ₂ |
| 3.περιορισμένη χρήση του ηλιακού φωτός | 3.ελέγχόμενες συνθήκες καλλιέργειας |
| 4.δυσκολία στον έλεγχο του φωτός και της θερμοκρασίας | 4.αυξημένο κόστος και πολυπλοκότητα |
| 5.κίνδυνος μόλυνσης της καλλιέργειας και εξάτμιση | 5.πιθανή φθορά λόγω των διατμητικών τάσεων |
| | 6.Συσσώρευση οξυγόνου |
| | 7.καλύτερη εκμετάλλευση του ηλιακού φωτός και ανάμιξη των θρεπτικών συστατικών |

Ο όρος άλγη αναφέρεται σε έναν μικροσκοπικό υδρόβιο οργανισμό, ο οποίος χρησιμοποιεί τους ίδιους μηχανισμούς φωτοσύνθεσης με τα μεγαλύτερα φυτά. Η άλγη φωτοσυνθέτει μετατρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία, το νερό και το CO₂ σε βιομάζα και οξυγόνο.

Τα φυτά αυτά έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν στα κύτταρα τους πολύτιμες χημικές ουσίες (προϊόντα φωτοσύνθεσης) σε μεγάλες ποσότητες, που φθάνουν το 70% του ξηρού βάρους τους.Οι αποδόσεις τους σε φυτικά λάδια ανά τέσσερα στρέμματα γης (acre), με την καλλιέργειά τους σε ειδικούς βιοαντιδραστήρες υπό ελεγχόμενες συνθήκες ανάπτυξης, με χορήγηση διοξειδίου του άνθρακα (αέριο θερμοκηπίου) και ειδικών αλάτων διατροφής, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

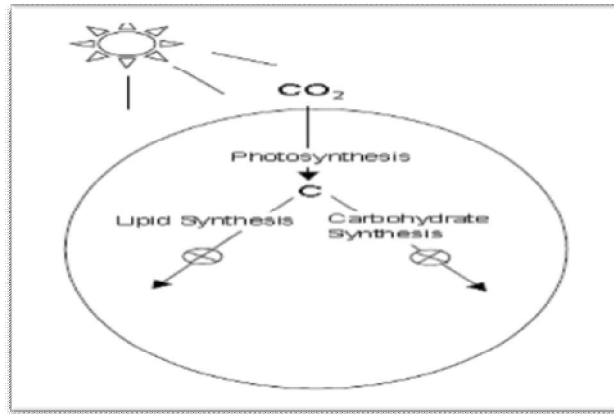
Πίνακας 1.5.2: Αποδόσεις διαφόρων καλλιεργειών στην παραγωγή βιοντίζελ



Η εντυπωσιακή παραγωγική ικανότητα των φυκών οφείλεται στο γεγονός ότι διπλασιάζουν τη μάζα τους κάθε 24 ώρες και έτσι παίρνουμε 365 εσοδείες αντί μιας εσοδείας το χρόνο που έχουμε με τα κλασσικά ενεργειακά φυτά. Για την φωτοσυνθετική παραγωγή βιομάζας από τα φύκη απαιτούνται: Ηλιακό φως, Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂), νερό και ανόργανα άλατα, όπως Άζωτο, Φώσφορος, Σίδηρος και άλλα ιχνοστοιχεία. Οι optimum θερμοκρασίες κυμαίνονται από 20 – 30° C. Δεδομένου ότι η βιομάζα των μικροφυκών περιέχει περίπου 50% άνθρακα (επί ξηρού βάρους), για την παραγωγή 100 τόνων βιομάζας μικροφυκών απαιτούνται (απορροφούνται) 183 τόνοι CO₂, που χορηγούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας (φωτοσύνθεση), μέσω συστήματος ειδικών αισθητήρων, για ελαχιστοποίηση απωλειών CO₂. Το παραγόμενο κατά τη φάση της φωτοσύνθεσης οξυγόνο απομακρύνεται (συλλέγεται) με τη βοήθεια άλλων αισθητήρων, ώστε να μη σημειώνονται υπερβολικές συγκεντρώσεις που μπορούν να γίνουν τοξικές.

Πλεονεκτήματα άλγης:

- Πολύ υψηλή παραγωγικότητα
- Μεγάλη περιεκτικότητα σε λίπη και υδατάνθρακες
- Η συγκομιδή της βιομάζας γίνεται καθημερινά
- Μπορούν να αναπτυχθούν σε δυσχερές συνθήκες όπως υψηλή περιεκτικότητα σε CO₂ , αλμυρά νερά.
- Δεν αποτελούν στοιχείο διατροφής του ανθρώπου επομένως δεν αναπτύσσεται ανταγωνισμός μεταξύ ανθρώπινης διατροφής και παραγωγής βιοκαυσίμων.



1.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΟΒΙΟΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ (photobioreactor PBR)

Ο φωτοβιοαντιδραστήρας είναι ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί το φως για να δημιουργήσει ή να υποστηρίξει ένα βιολογικά ενεργό περιβάλλον. Η μελέτη της τεχνολογίας του έχει αναπτυχθεί πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια, λόγω της χρήσης του για την καλλιέργεια μικροάλγης. Μπορεί να έχει είτε συνεχή λειτουργία είτε σε παρτίδες (διακοπτόμενη). Σε μονάδες μεγάλης κλίμακας είναι προτιμότερο ένα συνεχές σύστημα, στο οποίο όσο η άλγη πολλαπλασιάζεται το πλεόνασμα απομακρύνεται από το σύστημα.

Μέσα σε έναν φωτοβιοαντιδραστήρα το περιβάλλον είναι αυστηρά ελεγχόμενο. Ο έλεγχος γίνεται μέσω αισθητήρων, οι οποίοι εποπτεύουν τις διάφορες μεταβλητές όπως το pH, τη θερμοκρασία, την πυκνότητα, την αλμυρότητα (salinity). Αυτό γίνεται για να διατηρούνται οι βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης της μικροάλγης, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή.

Οι PBR μπορούν να βρίσκονται είτε στο εσωτερικό κτιρίων, είτε σε εξωτερικό χώρο. Το δεύτερο είναι προτιμότερο για να γίνεται χρήση του ηλιακού φωτός. Πηγή CO₂ μπορεί να είναι απευθείας τα καυσαέρια που προέρχονται από καύση ή έπειτα από διαδικασία αεριοποίησης. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι η άλγη αναπτύσσεται καλύτερα σε περιβάλλοντα με αυξημένη συγκέντρωση CO₂.

Η βασική εξίσωση που λαμβάνει χώρα σε ένα PBR είναι η φωτοσύνθεση (1) μέσω της οποίας απομακρύνονται ηλεκτρόνια από το H₂O χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, το CO₂ μειώνεται και παράγονται οργανικά υλικά. Η αντίδραση πραγματοποιείται σε δυο στάδια γνωστά ως «φωτεινή αντίδραση» και «σκοτεινή αντίδραση». Στο πρώτο στάδιο, που είναι πολύ σύντομο, το H₂O οξειδώνεται και σχηματίζονται τα ATP και NAPH.H⁺ χρησιμοποιώντας την ενέργεια του φωτός. Κατά το δεύτερο στάδιο χρησιμοποιούνται τα ATP και NAPH.H⁺ που παράχθηκαν προηγουμένως, αντιδρούν με το CO₂ και οδηγούν στο σχηματισμό υδατανθράκων. Αυτό το στάδιο πραγματοποιείται αργά και είναι αυτό που καθορίζει την μέγιστη δυνατή παραγωγικότητα. Ο βαθμός απόδοσης της φωτοσύνθεσης αυξάνεται όσο η περίοδος έκθεσης σε φως μειώνεται λόγω κορεσμού της ενέργειας που παράγεται κατά τη φωτεινή αντίδραση. Θα αναλυθεί πιο εκτενώς παρακάτω.



Στη συγκεκριμένη περίπτωση η βιομάζα είναι η επιθυμητή πρώτη ύλη, η οποία μπορεί να επεξεργαστεί για την παραγωγή μιας πληθώρας καυσίμων ή χρήσιμων προϊόντων. Ο άνθρακας είναι το κυρίαρχο συστατικό αυτού του προϊόντος με περίπου 45-50% του συνολικού ξηρού βάρους. Εκτιμάται ότι χρειάζεται περίπου 1,65-1,83g CO₂ για το σχηματισμό 1g (ξηρής) βιομάζας άλγης.

1.6.1 Είδη βιοαντιδραστήρων

Υπάρχουν έξι κύριοι τύποι αντιδραστήρων που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια.:

- Ο airlift bioreactor
- Ο internal luminous stirrer-type bioreactor
- Ο fountain type bioreactor
- Ο Plain plate-type bioreactor
- Ο Liquid film type bioreactor
- Ο Algae immobilizing bioreactor

Παραλλαγές αυτών των βασικών τύπων έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς σε μελέτες σε πειραματικό επίπεδο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται μερικοί φωτοβιοαντιδραστήρες που έχουν κατασκευαστεί σε πειραματικό επίπεδο (pilot) ή σε μεγάλη κλίμακα (large scale).

Πίνακας 1.6.1: Διάφοροι τύποι PBR's

| Scale | Type of bioreactor | Base area | Light source | CO ₂ feed | CO ₂ fixation | Productivity |
|-------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|--|----------------------------|---|
| Pilot | L-shaped glass plate | 2.16 m ² | natural sunlight | flue gas (11% CO ₂) | 74.0 g/m ³ /day | 0.62×10 ⁹ cell/mL/day 113.8 gDW/day |
| Pilot | 10 L cylindrical glass | 0.95 m ² | 12 fluorescent lamps (30 W) | air + CO ₂ (1%) | 80 - 260 mg/L/hr | --- |
| Pilot | Inclined outdoor tubular | 0.5 m ² | natural sunlight | sparging air mixed with 5% CO ₂ | 10 times that of a tree | 0.5 g/L/day |
| Pilot | Conical, helical, tubular | 0.5 m ² | photo-redistribution | air + CO ₂ (10%) | | 1.01 g/L/day |
| Full | 8 Open thin-layer | 55 m ² | natural sunlight | flue gas (6-8% CO ₂) | 92.4 kg/day | 21 kgDW/day |
| Full | 580 Glass, panel-type | 3068 m ² | natural sunlight | 1000 MW LNG power plant | 50 g/m ² /day | 3.05×10 ⁴ kg/yr 31 tons/yr |

Κάποια προφανή πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση των βιοαντιδραστήρων είναι η παραγωγή βιομάζας σε υψηλές συγκεντρώσεις, η αποφυγή απωλειών νερού λόγω εξάτμισης και τα χαμηλά επίπεδα μόλυνσης, τα οποία κάνουν την περισυλλογή (συγκομιδή) της άλης ευκολότερη και πιο οικονομική. Ωστόσο ο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει τη δυνατότητα υλοποίησης του σχεδιασμού ενός βιοαντιδραστήρα είναι η αξία των παραγόμενων προϊόντων.

Οι βιοαντιδραστήρες μπορούν να σχεδιαστούν για εσωτερικό χώρο, χρησιμοποιώντας συστήματα συλλογής φωτός ή εξωτερικά χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία. Τα συστήματα συλλογής και διανομής του φωτός είναι πολύπλοκα και συνεισφέρουν σε μεγάλο ποσοστό στην αύξηση του αρχικού κεφαλαίου, επομένως ο φυσικός φωτισμός είναι η μόνη δυνατή επιλογή.

Μια βιβλιογραφική έρευνα που έγινε από το Sato συνέκρινε την απόδοση των διαφορετικών τύπων βιοαντιδραστήρων και των επιλεγμένων ειδών άλης (σύγκριση του ποσού της βιομάζας που παράγεται ανά μονάδα όγκου ανά μέρα). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα μαζί με τις συγκεντρώσεις μαζών κάποιων συστημάτων. Όπως φαίνεται οι tubular αντιδραστήρες έχουν καλύτερη απόδοση σε σχέση με άλλους τύπους αντιδραστήρων σε επίπεδο όγκου.

Πίνακας 1.6.3: Απόδοση διαφορετικών τύπων βιοαντιδραστήρων

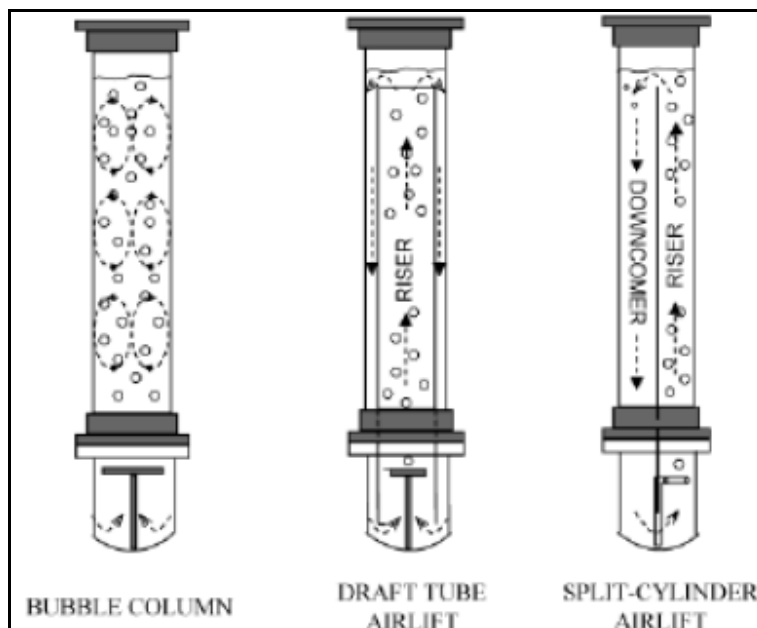
| Type | Species | Performance (gDW/L/day) | Performance (gDW/m ² /day) | Mass concentration (gDW/L) |
|---|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| <i>Tubular reactors</i> | | | | |
| indoor cone-shaped helical | <i>Chlorella</i> sp. | 0.68 | 21.5 | |
| outdoor horizontal | <i>Phaeodactylum tricorutum</i> | 1.9 | 32 | 2.3 |
| indoor nearly horizontal | <i>Arthrospira</i> sp. | 1.2 | | |
| outdoor undulated | <i>Arthrospira platensis</i> | 2.7 | | 6 |
| outdoor cylindrical-shaped helical | <i>P. tricorutum</i> | 1.4 | | 3 |
| outdoor with horizontal solar receiver | <i>P. tricorutum</i> | 1.48 | | |
| <i>Panel shaped reactors</i> | | | | |
| flashing light effect | <i>Chlorella</i> | 0.11 | | 1.95 |
| outdoor optimized light path length | <i>Nannochloropsis</i> sp. | 0.24 | 12.1 | |
| indoor photo-acclimation/ multi-compartment | <i>Synechocystis aquatilis</i> | | 67.7 | |
| <i>Innovative design reactors</i> | | | | |
| parabola | <i>Chlorococum littorale</i> | 0.086 | 14.94 | |
| dome | <i>Chlorococum littorale</i> | 0.095 | 10.95 | |
| pipe | <i>Chlorococum littorale</i> | 0.146 | 20.5 | |
| pipe | <i>Chaetoceros calcitrans</i> | 0.266 | 37.3 | 2.5 |

Οι απαιτήσεις για το μέγεθος του βιοαντιδραστήρα αποτελούν πολύ σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει το αρχικό και το λειτουργικό κόστος. Γενικά, όσο μεγαλύτερο και πολυπλοκότερο είναι το σύστημα, τόσο αυξημένο είναι και το συνολικό κόστος. Οι πρώτοι βιοαντιδραστήρες ήταν ρηχοί με υψηλό λόγο επιφάνειας –όγκου ($24-125m^{-1}$) και μεγάλο κόστος για την αύξηση του όγκου. Οι tubular αντιδραστήρες πληρούν επιτυχώς αυτή τη σχεδιαστική απαίτηση. Άλλο ένα σημαντικό ζήτημα για την επιλογή ενός βιοαντιδραστήρα είναι αν μπορεί να γίνει κλιμακωτή αύξηση της παραγωγής.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των tubular αντιδραστήρων είναι ότι απαιτούν μεγάλες εκτάσεις γης, έχουν ακριβή κατασκευή, δύσκολη συντήρηση και περιορισμένη δυνατότητα κλιμακωτής αύξησης της παραγωγής. Ο οριζόντιος, σωληνοειδής αντιδραστήρας που φαίνεται στις παρακάτω εικόνες αποτελεί παράδειγμα μιας από τις πρώτες απόπειρες για παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα αλλά απέτυχε και εγκαταλείφθηκε. Η μονάδα βρισκόταν στην Cartagena στην Ισπανία και ιδιοκτήτης ήταν η εταιρία Photobioreactors Ltd. Η παραγωγικότητα ανά μονάδα γης είναι χαμηλή για τους συμβατικούς σωληνοειδείς βιοαντιδραστήρες κι αυτό αποτελεί το βασικό μειονέκτημά τους. Ο σχεδιασμός αντιδραστήρων με μικρό λόγο επιφάνειας –όγκου, όπως οι airlift και οι bubble column βιοαντιδραστήρες μπορεί να το ξεπεράσει.

Ο bubble column βιοαντιδραστήρας είναι εύκολος στο σχεδιασμό του και παρουσιάζει σχετικά εύκολη κλιμακωτή αύξηση της παραγωγής. Η εισαγωγή του CO₂ στις καλλιέργειες γίνεται μέσω μικρών φυσαλίδων, οι οποίες εισάγονται από τη βάση του και διευκολύνουν την ανάμιξη των συστατικών. Τόσο οι airlift όσο και οι bubble columns βιοαντιδραστήρες αποτελούν τους μοναδικούς τύπους tubular βιοαντιδραστήρα που θεωρούνται αποδοτικοί για εφαρμογές σε μεγάλη κλίμακα. Παρέχουν ένα περιβάλλον καλλιέργειας πιο ομογενοποιημένο σε σχέση με τους συμβατικούς σωληνοειδείς. Έχουν χαμηλό λόγο επιφάνειας-όγκου, γι' αυτό υπάρχει πολύ μικρότερη διακύμανση θερμοκρασίας και μικρότερη εμφάνιση του φαινομένου photoinhibition (αναφέρεται στην παράγραφο 1.6.6) κατά τη διάρκεια των περιόδων υψηλής έντασης φωτός. Τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε πειραματικό επίπεδο, τα οποία έχουν αποδειχθεί τα πιο αποτελεσματικά, είναι διαφανείς πολυμεθυλικοί σωλήνες πάχους 3,3 mm, οι οποίοι στο εσωτερικό τους ενισχύονται από ανοξείδωτο χάλυβα πάχους 0.25 mm. Η θερμοκρασία της μονάδας, η οποία βέλτιστα διατηρείται στους 22 ± 1 °C, ελέγχεται από νερό που κυκλοφορεί μέσω ενός χιτωνίου το οποίο περιβάλλει τα χαμηλότερα ατσάλινα τμήματα της «στήλης». Η θερμοκρασία και το pH απαιτούν συνεχή παρακολούθηση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, καθώς μικρές διακυμάνσεις μπορεί να επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στην παραγωγικότητα της μονάδας. Τόσο στην περίπτωση των airlift όσο και των bubble columns βιοαντιδραστήρων παρέχεται άριστος έλεγχος και των δύο αυτών παραμέτρων.

Διάταξη bubble column και airlift βιοαντιδραστήρα



Κάποια από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης πολλαπλών κάθετων στηλών είναι:

1. πιο ομοιόμορφος και καλύτερος έλεγχος του pH
2. βελτιωμένη ομοιογένεια καλλιέργειας και σχετικά σταθεροί μεταβολικοί ρυθμοί των κυττάρων
3. λειτουργική ευελιξία όσον αφορά στον αριθμό των στηλών που χρησιμοποιούνται, ο οποίος μπορεί εύκολα να αλλάζει κι έτσι επιτυγχάνεται η κλιμακωτή αύξηση της παραγωγής
4. δυνατότητα καλλιέργειας πολλών διαφορετικών τύπων άλγης την ίδια χρονική στιγμή σε ξεχωριστές μονάδες
5. γρήγορο και αυτόματο καθάρισμα και δυνατότητα αποστείρωσης μεμονωμένων στηλών, ενώ τμήμα της μονάδας εξακολουθεί να λειτουργεί.

1.6.2 Επιλογή είδους μικροάλγης

Πολλές χιλιάδες είδη μικροάλγης υπάρχουν και μπορούν να χωριστούν σε 4 διαφορετικές κατηγορίες:

1. Κυανοβακτήρια (ή green-blue algae)
2. Rhodophytes
3. Chlorophytes
4. Chromophytes

Πολλά από αυτά τα είδη έχουν επιτυχώς αναπτυχθεί σε βιοαντιδραστήρες για την παραγωγή πολλών προϊόντων. Τα πιο συνηθισμένα είδη είναι η *Chlorella* sp. και η *Spirulina* sp. τα οποία επιλέγονται λόγω της προσαρμοστικότητας, παραγωγικότητας και μη τοξικότητάς τους. Σύγκριση ορισμένων ειδών μικροάλγης φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Από τον πίνακα φαίνεται ότι διαφορετικά είδη μικροάλγης απαιτούν διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης. Ορισμένα είδη για παράδειγμα απαιτούν πιο όξινα περιβάλλοντα, όπως η *Galderia* sp. και η *Viridella* sp., άλλα αναπτύσσονται καλύτερα σε ουδέτερα ή ελαφρώς βασικά μέσα, όπως η *Chlorococcum* και η *Synechococcus lividus*. Τα είδη που επιζούν καλύτερα σε όξινες συνθήκες παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε υψηλές συγκεντρώσεις CO₂, αφού το CO₂ χαμηλώνει το pH ενός διαλύματος. Τα είδη μικροάλγης με τις μικρότερες τιμές διπλασιασμού είναι αυτά που συνήθως έχουν μεγαλύτερη παραγωγικότητα, όπως η *Chlorella* sp και η *Synechococcus lividus*, δηλαδή αναπτύσσονται γρηγορότερα συγκριτικά με άλλα είδη.

Τέλος, η απόφαση σχετικά με την επιλογή του είδους της μικροάλγης εξαρτάται από το επιθυμητό προϊόν. Για παράδειγμα, η *Phaeodactylum tricornutum* παρουσιάζει σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε eicosapentaenoic (EPA), ενώ η *Dunaliella salina* καλλιεργείται για την παραγωγή β-καροτίνης. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται μερικά είδη άλγης που χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή βιομάζας.

Πίνακας 1.6.4: Τύποι μικροάλης

| Microalgae | Description/growth parameters |
|-------------------------------|--|
| <i>Spirulina platensis</i> | <p>Spirulina is a multicellular, filamentous blue-green algae.³ Various commercial <i>Spirulina</i> production plants currently in operation.^{1-4, 12}</p> <p>Growth rate : 30 g/m²·day dry weight. Temperature : Optimum between 35 – 37 °C. pH : 8.3 - 11.^{3, 4} Very tolerable to pH change.</p> |
| <i>Chlorella sp.</i> | <p>Chlorella is a unicellular organism that can be found in almost any water environment (fresh water and marine).</p> <p>Growth rate : 26 g/m²·day dry weight. Temperature : 35 – 37 °C (depending on specie). pH : Depends on specie.</p> |
| <i>Enteromorpha clathrata</i> | <p><i>Enteromorpha</i> is a marine seaweed that can be grown in shallow ponds.⁹ Very little agitation is needed.</p> <p>Growth rate : 28 g/m²·day dry weight. Temperature : Optimum between 24 – 33 °C. pH : 7.5 - 8.0.⁹ Relative pH sensitive.</p> |

| Species | Temp (°C) | pH | CO ₂ % | Doubling time, hr | Notes |
|--|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|--|
| <i>Chlorococcum</i> (marine green alga) | 15 - 27 | 4 - 9 | up to 70 | 8 | High CO ₂ fixation rate Densely culturable |
| <i>Chlorella</i> (green alga) | 15 - 45 | 3 - 7 | up to 60 | 2.5 - 8 | High growth ability High temp. tolerance Dispersible |
| <i>Euglena gracilis</i> | 27 (optimum) | 3.5 (optimum) | | | High amino acid content Good digestibility (effective fodder) Grows well under acidic conditions Not easily contaminated |
| <i>Galdieria sp.</i> | up to 50 | 1 - 4 | up to 100 | 24 | High CO ₂ tolerance |
| <i>Viridiella sp</i> | 15 - 42 | 2 - 6 | up to 100 | 13 | Accumulates lipid granules inside the cell High temp. and CO ₂ tolerance |
| <i>Synechococcus lividus</i> | 40 - 55 | up to 8.2 | up to 5 | 2.9 | High pH tolerance |

1.6.3 Περισυλλογή (Συγκομιδή) βιομάζας

Όπως στις περισσότερες μικροβιακές διεργασίες έτσι κι εδώ, οι διαδικασίες επεξεργασίας και περισυλλογής μπορεί να είναι σημαντικά πιο ακριβοί από την καλλιέργεια της άλγης. Επομένως, η σωστή επιλογή της μεθόδου περισυλλογής είναι πολύ σημαντική. Ορισμένες από τις σύγχρονες μεθόδους περισυλλογής απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1.6.5: Μέθοδοι περισυλλογής συγκομιδής

| Method | Pros | Cons |
|--|---|--|
| Centrifugation | Feasible for high-value prods/large scale operations | Energy intensive |
| | Large volumes processed rapidly | Expensive |
| | Biomass fully contained during recovery | |
| | Can harvest most microalgae species | |
| Filtration | Effective for relatively large microalgae (such as Spirulina) | Relatively slow process |
| | | Fails to recover bacterial-sized species |
| Gravity sedimentation | Good for low-value prods Enhanced by flocculation | Dilute biomass product |
| Flocculation/flotation (incr. effective particle size) | Flocculants can be inexpensive, non-toxic, and effective at a low conc. Only low level of mixing required May only need pH adjustment | |
| Dehydration/thermal drying | Preserves the biomass | Energy intensive |
| | Spray drying used for high-value prods | Expensive |

Η επιλογή της μεθόδου περισυλλογής εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- είδος της μικροάλγης που θα συλλεχτεί (ινώδης, μονοκύτταρη κλπ)
- αν η περισυλλογή γίνεται συνεχόμενα ή διακοπτόμενα
- ποιο είναι το κόστος της επένδυσης
- ποια είναι η ζήτηση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο

Η περισυλλογή της βιομάζας απαιτεί ένα ή περισσότερα στάδια διαχωρισμού υγρών-στερεών. Μπορεί να γίνει με φυγοκέντριση, φιλτράρισμα ή ακόμα και δημιουργία βαρυντικού ιζήματος. Από όλα τα παραπάνω μπορεί να προηγείται ένα στάδιο κροκύδωσης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκύπτει κατά την περισυλλογή είναι το μικρό μέγεθος των κυττάρων της

άλγης. Ακόμη, όταν η καλλιέργεια απομακρύνεται από τον βιοαντιδραστήρα η άλγη περιέχεται σε πολύ αραιές συγκεντρώσεις.

Για περισυλλογή σε εμπορική κλίμακα η φυγοκέντριση είναι η πιο χρησιμοποιούμενη μέθοδος, η οποία είναι δυνατή όταν η τιμή πώλησης του παραγόμενου προϊόντος αντισταθμίζει τα κόστη περισυλλογής. Κατά το στάδιο αυτό είναι προτιμότερη η υγρή βιομάζα από ότι η αποξηραμένη, διότι ένα προηγούμενο στάδιο ξήρανσης θα αυξήσει σημαντικά τα κόστη.

Απαξ και συλλεχθεί η βιομάζα είτε από τον βιοαντιδραστήρα είτε από το ανοιχτό σύστημα των γεφυρών (ponds) μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω για την παραγωγή πολύτιμων ουσιών ή να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή καυσίμου ανάλογα με τον τύπο της άλγης που έχει επιλεγθεί.

1.6.4. Τρόποι αξιοποίησης παραγόμενης βιομάζας

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία των προϊόντων που μπορούν να παραχθούν μετά την συλλογή της βιομάζας. Το είδος και η ποιότητα του προϊόντος εξαρτάται από το είδος της μικροάλγης, τις συνθήκες ανάπτυξης και τις μεθόδους περισυλλογής. Οι περιοχές στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί η άλγη μπορούν να χωριστούν σε 3 κατηγορίες:

- ενέργεια- παραγωγή ουσιών όπως αιθανόλη, βιοπετρέλαιο, υδρογόνο, μεθανόλη κλπ.
- τροφή και χημικά π.χ. πρωτεΐνες, λίποι, λάδια, στερόλες, ζάκχαρα, αλκοόλη και υδατάνθρακες.
- άλλα χημικά – π.χ. αρώματα, βιταμίνες/συμπληρώματα, χρώματα κλπ.

Ένας τύπος μικροάλγης, τα κυανοβακτήρια ή αλλιώς μπλε-πράσινη άλγη, έχει μελετηθεί εκτενώς λόγω των πολύτιμων προϊόντων του.

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω των ακόλουθων μηχανισμών:

1. μετατροπή της σε βιοντήζελ μέσω της διαδικασίας της εστεροποίησης
2. μετατροπή της σε βιοαιθανόλη μέσω ζύμωσης
3. μετατροπή της σε υγρό-αέριο καύσιμο μέσω πυρόλυσης
4. παραγωγή θερμότητας/ηλεκτρισμού μέσω της καύσης της (με ή χωρίς αεριοποίηση)
5. πώλησή της ως τροφή πρωτεϊνών

Η παραγωγή βιοκαυσίμων θα παρέχει περαιτέρω δυνατότητα για απομάκρυνση του CO₂ λόγω της αποφυγής της χρήσης ορυκτών καυσίμων, επομένως υπάρχουν οφέλη από μελλοντικά carbon credits.

Μελετώντας τις παραπάνω περιπτώσεις, η πιο αποτελεσματική οικονομικά είναι η μετατροπή των φυτικών ελαίων της άλγης σε βιοντίζελ. Το βιοντίζελ είναι ένα «καθαρό βιοκαύσιμο», για την παραγωγή του οποίου δίδονται διάφορες επιχορηγήσεις. Πωλείται σε τιμή χονδρικής περίπου 2,5\$ το γαλλόνι με ακαθάριστη θερμαντική ικανότητα 126,200 BTU το γαλλόνι, που ισοδυναμεί με 18,80 \$ ανά GJ, που συμφέρει συγκριτικά με :

- τον λιθάνθρακα στα 1-1,5 \$/GJ
- το φυσικό αέριο στα 7-8 \$/GJ
- τη βενζίνη στα 11,40 \$/GJ (υποθέτοντας 1,5\$ /γαλλόνι τιμή χονδρικής)
- την αιθανόλη από καλαμπόκι στα 16,82 \$/GJ (υποθέτοντας 1,5 \$ /γαλλόνι συμπεριλαμβανομένων των επιχορηγήσεων)

Το θέλημα για την παραγωγή βιοντίζελ δεν είναι μόνο η υψηλή τιμή πώλησης, αλλά και ο εύκολος κι αποτελεσματικός τρόπος παραγωγής του.

Το μεγαλύτερο μέρος του κόστους του προέρχεται από τις πρώτες ύλες, έλαια και λίπη φυτικής προέλευσης, η διαδικασία της εστεροποίησης είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και γνωστή, έχει χαμηλά κόστη επένδυσης και υψηλή απόδοση. Η άλγη θεωρείται ικανή για παραγωγή βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπη. Ορισμένα είδη άλγης, που αναπτύσσονται σε ειδικές συνθήκες έχουν 30-60% (κατά βάρος), και σε ορισμένες περιπτώσεις μεγαλύτερη, περιεκτικότητα σε λίπη. Επομένως, η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων βιοελαίων χρησιμοποιώντας τις εκπομπές καυσαερίων και το ηλιακό φως αποτελεί μια πολύ ελκυστική πρόταση.

Κάποιος θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι κι η παραγωγή αιθανόλης αποτελεί μια άλλη εναλλακτική, δεδομένης της υψηλής τιμής πώλησης της. Η παραγωγή αιθανόλης από καλαμπόκι ή σακχαροκάλαμο μέσω της διαδικασίας της ζύμωσης είναι είναι ευρέως γνωστή και δοκιμασμένη, ωστόσο είναι ιδιαίτερα εξώθερμη αντίδραση (απώλειες ενέργειας), ενώ δεν έχει αποδειχθεί εμπορικά αποτελεσματική χρησιμοποιώντας άλγη σαν πρώτη ύλη.

Υγρά καύσιμα ή βιοαέριο μπορούν να παραχθούν μέσω της διαδικασίας της πυρόλυσης. Έρευνες πάνω στην συγκεκριμένη τεχνολογία πραγματοποιούνται τα τελευταία 80 χρόνια λόγω

του ότι κάνει χρήση πολύ φθηνότερων πρώτων υλών (κοινοτητά υγρά απόβλητα, ξύλα κλπ). Ωστόσο, μέχρι τώρα δεν υπάρχουν εγκαταστάσεις της τεχνολογίας αυτής σε εμπορική κλίμακα. Ένα βασικό μειονέκτημα της πυρόλυσης είναι ότι απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας, για παράδειγμα απαιτεί εξωτερική θέρμανση στους 300-800° C.

Η απουσία μεγάλων εμπορικών μονάδων πυρόλυσης σημαίνει ότι οι διαδικασίες που έχουν δοκιμαστεί μέχρι τώρα έχουν αποδειχθεί αναποτελεσματικές και δεν είναι βιώσιμες οικονομικά παρόλο που χρησιμοποιούν φθηνές πρώτες ύλες.

Η χρήση της βιομάζας άλγης για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού από μόνη της δεν αποτελεί ελκυστική επιλογή, αν συνδυαστεί όμως με μελλοντικά carbon credits μπορεί να αποδειχτεί ωφέλιμη. Σε κάθε περίπτωση, η παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού αποτελεί πολύ λιγότερο ελκυστική περίπτωση από την παραγωγή βιοπετρελαίου, λόγω των υψηλών επιχορηγήσεων που δίδονται. Παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να επιτευχθεί από το μη λιπαρό τμήμα της βιομάζας άλγης.

Παραγωγή βιοάλγης καθαρά και μόνο ως πρώτη ύλη ζωοτροφής αποτελεί επίσης χειρότερη επιλογή από την παραγωγή βιοπετρελαίου: η αγορά είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική ενώ δεν κερδίζονται carbon credits. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πρωτεΐνη ως παραπροϊόν της διαδικασίας παραγωγής βιοπετρελαίου. Παρόμοια παραπροϊόντα πρωτεΐνης παράγονται από τη διαδικασία παραγωγής αιθανόλης από καλαμπόκι και από την παραγωγή βιοπετρελαίου από σόγια. Το πρόβλημα στην περίπτωση αυτή είναι ότι η πρωτεΐνη θα παραχθεί σε τόσο μεγάλες ποσότητες που δύσκολα θα απορροφηθεί από την αγορά. Με βάση τις τιμές πώλησης της πρωτεΐνης συμφέρει περισσότερο από την παραγωγή θερμότητας, ωστόσο αν συνυπολογιστεί το κόστος για τη μεταφορά και τη διανομή της καθίσταται πολύ λιγότερο συμφέρουσα.

Το παραπροϊόν από την παραγωγή βιοντήζελ μπορεί να είναι:

- Ζωοτροφή με βάση την πρωτεΐνη: προϊόν μέσης αξίας, με χαμηλό κόστος παραγωγής, κίνδυνος κορεσμού της αγοράς, προβλήματα στη μεταφορά και τη διανομή, όχι δυνατότητα carbon credits
- Παραγωγή ενέργειας: χαμηλή αξία, χαμηλό κόστος παραγωγής, carbon credits

- Αέρια καύσιμα: προϊόντα υψηλής αξίας με υψηλά κόστη παραγωγής, η τεχνολογία προς το παρόν είναι αναποτελεσματική, ανταγωνισμός από τις πρώτες ύλες μικρότερης αξίας.

1.6.5 Τρόπος επίδρασης των καυσαερίων στην παραγωγικότητα της μικροάλγης

Μεγάλη έρευνα έχει γίνει για το βαθμό στον οποίο επηρεάζουν τα διάφορα συστατικά των καυσαερίων το ρυθμό ανάπτυξης της άλγης και το ποσοστό απορρόφησης του CO₂. Συνήθως το ποσοστό του CO₂ που περιέχεται στα καυσαέρια μιας βιομηχανίας κυμαίνεται από 10 έως 30%. Αυτές οι τιμές δεν παρεμποδίζουν ούτε δυσχεραίνουν την ανάπτυξη της άλγης. Αντιθέτως, η άλγη ανταποκρίνεται καλύτερα σε αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ από ότι σε συνθήκες αέρα περιβάλλοντος.

Τα οξείδια του θείου και κυρίως το SO₂ μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ανάπτυξη και την ποιότητα της άλγης. Σημαντική είναι η επίδραση του SO₂ στο pH του μέσου ανάπτυξης της άλγης. Όταν η συγκέντρωση του SO₂ φτάσει τα 400ppm η τιμή του pH του μέσου γίνεται χαμηλότερη του 4 σε λιγότερο από μια μέρα επηρεάζοντας σημαντικά την παραγωγικότητα. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας μια βάση, όπως το NaOH το οποίο ανεβάζει την τιμή του pH στο 8.

Τα οξείδια του αζώτου μπορούν να επηρεάσουν κι αυτά το pH αλλά σε μικρότερο βαθμό από το SO₂. Μετα από πειράματα έχει διαπιστωθεί ότι η άλγη μπορεί να αναπτυχθεί σε περιβάλλον μέχρι και 240ppm NO_x με ρύθμιση του pH. Σημαντικό είναι ότι τα οξείδια του αζώτου μπορούν να χρησιμεύσουν σαν πηγή αζώτου για την μικροάλγη. Το NO απορροφάται από το μέσο και οξειδώνεται σε NO₂ παρουσία οξυγόνου. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του μέσου σε οξυγόνο τόσο μεγαλύτερη η παραγωγή του NO₂ άρα και η παραγωγικότητα της άλγης. Ωστόσο, η παρουσία ιδιαίτερα υψηλής συγκέντρωσης οξυγόνου έχει ως αποτέλεσμα την “photorespiration” της άλγης, γεγονός που εμποδίζει την ανάπτυξη της.

Η επίδραση της τέφρας που περιέχει βαρέα μέταλλα δεν έχει μελετηθεί εκτενώς. Σύμφωνα με έρευνα του Matsumoto(1997), η παραγωγικότητα της άλγης επηρεάζεται για συγκέντρωση τέφρας μεγαλύτερη από 200,000mg/m³ (0.2g/L). Η τιμή αυτή είναι ιδιαίτερα μεγάλη αφού συνήθως η συγκέντρωση κυμαίνεται γύρω στο 50mg/m³ (5*10⁻⁵g/L). Τα ίδια ισχύουν και για την περίπτωση των βαρέων μετάλλων.

Η επίδραση των καυσαερίων σαν σύνολο πάνω στην παραγωγικότητα της μικροάλλης θεωρείται ίδια με την επίδραση του κάθε μεμονωμένου συστατικού.

1.6.6 Τεχνολογία βιοαντιδραστήρων άλλης της Greenfuel Corporation

Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω η άλλη είναι μονοκύτταρος φυτικός οργανισμός, ο οποίος αναπτύσσεται σε υγρά περιβάλλοντα και μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης καταναλώνει το CO₂ και τα NO_x και απελευθερώνει καθαρό αέρα. Επειδή η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης καθοδηγείται από πολύπλοκους μηχανισμούς των κυττάρων, οι οποίοι εξαρτώνται από την σωστή έκθεση στον ήλιο- ούτε πολύ λίγη, ούτε πάρα πολύ- οι παλαιότερες προσπάθειες για καλλιέργεια άλλης είχαν υψηλά κόστη κι ήταν αδύνατο να εφαρμοστούν στις βιομηχανίες.

Η εταιρία Greenfuel Corporation κατασκευάζοντας έναν airlift φωτοβιοαντιδραστήρα με διάφορες καινοτομίες προσέφερε την πρώτη οικονομικά εφικτή επιλογή για της μονάδες παραγωγής ενέργειας ή άλλες βιομηχανικές μονάδες να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ και NO_x χρησιμοποιώντας ένα μόνο σύστημα.

Μετά από πειράματα τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν είναι τα ακόλουθα: σε μέρες με συννεφιά παρατηρήθηκε 50% μείωση των εκπομπών του CO₂ , ενώ σε μέρες με ηλιοφάνεια 82% μείωση των εκπομπών του CO₂. Επιπλέον, σημειώθηκε μείωση κατά 90% των εκπομπών NO_x από καυσαέρια που προέρχονται από καύση λιγνίτη, φυσικού αερίου, πετρελαίου ή οποιουδήποτε άλλου καύσιμου υλικού. Η μείωση του CO₂ πραγματοποιείται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η μείωση του NO_x γίνεται συνεχώς. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, τα οποία έχουν αναφερθεί και παραπάνω, ενώ σύμφωνα με έρευνες πάνω από το 70% των βιομηχανιών έχουν επαρκείς εκτάσεις διαθέσιμες για την εγκατάσταση των βιοαντιδραστήρων.

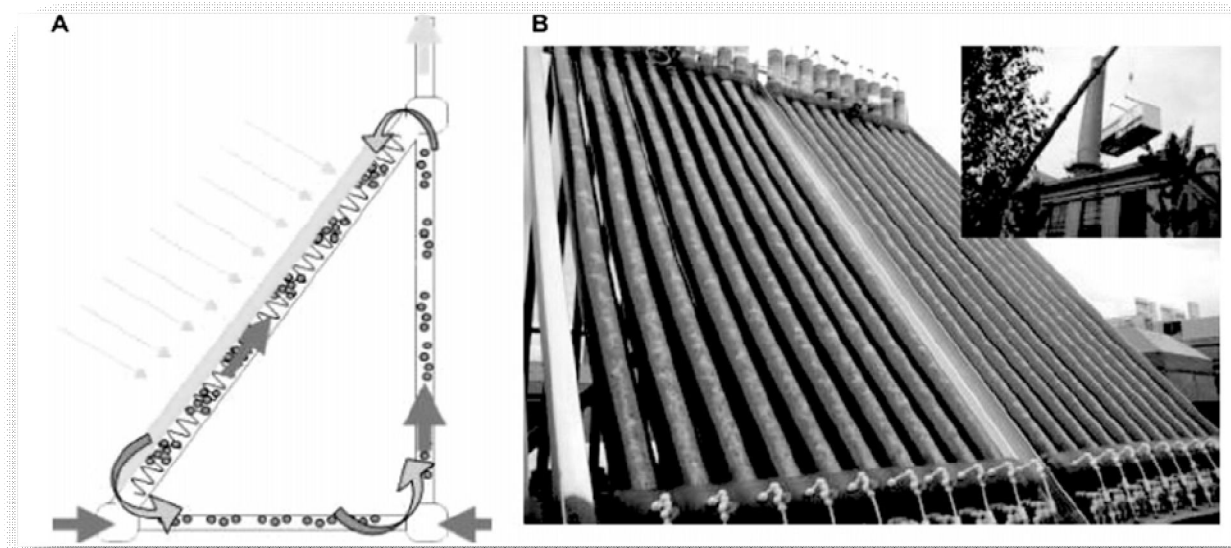
Ο airlift βιοαντιδραστήρας είναι ένας τύπος πνευματικής συσκευής, στον οποίο η κυκλοφορία της ροής γίνεται μέσα σε μια καθορισμένη κυκλική διαδρομή. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι η μικρή τιμή και η ομοιογενής κατανομή της υδροδυναμικής τάσης.

Το σύστημα της Greenfuel αποτελείται από έναν αριθμό ειδικών διάφανων βιοαντιδραστήρων (το νούμερο καθορίζεται από τις ανάγκες της βιομηχανίας που κάνει την επένδυση) , ύψους 2 μέτρων , οι οποίοι σχηματίζουν μια τριγωνική διάταξη. Τα 'πόδια' του τριγώνου είναι

πολυανθρακούχοι και διαυγείς σωλήνες, μέσα στους οποίους υπάρχει συνεχής κυκλοφορία άλγης και νερού. Η υποτείνουσα του τριγώνου είναι προσανατολισμένη προς τον ήλιο για να διευκολύνει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, ενώ η οριζόντια και η κάθετη πλευρά βρίσκονται συνήθως κάτω από τη σκιά της υποτείνουσας. Η ροή μέσα στο σύστημα (πρώτα από τη φωτεινή υποτείνουσα, μετά στα σκοτεινότερα πόδια και μετά πάλι ρέει προς την υποτείνουσα) γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη έκθεση της αναπτυσσόμενης άλγης στο φως. Η ροή του φωτός μέσα στον airlift βιοαντιδραστήρα μειώνεται εκθετικά μετά την απομάκρυνση από τη πηγή ακτινοβολίας. Επομένως, η άλγη που βρίσκεται κοντά στην πηγή είναι εκτεθειμένη σε υψηλή πυκνότητα φωτονίων και έχει αυξημένα ποσοστά παραγωγής βιομάζας. Αντιθέτως, τα κύτταρα που βρίσκονται στο κέντρο των σωλήνων λαμβάνουν λιγότερο φως και αναπτύσσονται πιο αργά. Ωστόσο, και η υπερβολική έκθεση σε ακτινοβολία μπορεί να καταστρέψει την πρωτεΐνη D1 μειώνοντας την παραγωγή βιομάζας. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται *photoinhibition*. Το συγκεκριμένο σύστημα εκμεταλλεύεται τη ροή του υγρού μέσα στο οποίο αναπτύσσεται η άλγη για να παρέχει τους φωτεινούς –σκοτεινούς κύκλους που απαιτεί η φωτοσύνθεση.

Τα καυσαέρια αναρροφώνται από την καμινάδα, εισάγονται στη βάση του τριγώνου και με ένα μόνο πέρασμά τους από το τρίγωνο η άλγη απομακρύνει τα CO₂ και NO_x. Τα καυσαέρια δε χρειάζεται να ξανακυκλοφορήσουν ή να περάσουν μέσα από περισσότερα από ένα τρίγωνα.

Επιπλέον, στις εγκαταστάσεις θα πραγματοποιείται και αξιοποίηση της παραγόμενης κατά την παραγωγική διαδικασία θερμότητας, η οποία θα χρησιμοποιείται για την ξήρανση της άλγης πριν την εξαγωγή του λαδιού.



(A) Διάταξη κεκλιμένων Airlift βιοαντιδραστήρων **(B)** σύστημα 30 airlift βιοαντιδραστήρων, όγκου 30L ο καθένας, το οποίο είναι τοποθετημένο στην οροφή του σταθμού συμπαραγωγής στο MIT

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί συνοπτική ανασκόπηση του σημερινού επιπέδου της επιστημονικής έρευνας σε ό,τι αφορά στο επιχειρηματικό περιβάλλον της ενέργειας μέσα στο πλαίσιο του νέου καθεστώτος εμπορίας ρύπων. Πιο αναλυτικά εξετάζεται ως προς την οικονομική της απόδοση η επένδυση μιας τσιμεντοβιομηχανίας σε μια καινοτόμα τεχνολογία βιοαντιδραστήρων άλγης . Η επενδυτική αυτή απόφαση εξετάζεται στο πλαίσιο του νέου καθεστώτος εμπορίας ρύπων. Το όφελος από μια τέτοια επένδυση είναι τριπλό: αφενός συμβάλλει στη μείωση των σημερινών επιπέδων εκπομπών CO₂ αφετέρου ενισχύει την παραγωγή βιοντίζελ, ενώ σαν παραπροϊόν της διαδικασίας προκύπτει ζωοτροφή η οποία πωλείται στις αντίστοιχες εταιρίες.

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΜΠΟΡΙΑ ΡΥΠΩΝ

2.1.1 Παγκόσμιες κινητοποιήσεις /Ιστορική αναδρομή

Μια σειρά από ξηρά καλοκαίρια στις Η.Π.Α. έδωσαν το έναυσμα για την αφύπνιση του παγκοσμίου ενδιαφέροντος, όσον αφορά στις κλιματικές αλλαγές, ενδιαφέρον, το οποίο, ενισχύθηκε από την αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών προς το τέλος της δεκαετίας του 1980, και οδήγησε στην ίδρυση της Διακυβερνητικής Ομάδας για την αλλαγή του κλίματος ((Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Υπό την αιγίδα του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environment Program, UNEP) και του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Γραφείου (World Meteorological Organization, WMO) ,η IPCC επιφορτίστηκε με την υποχρέωση να προμηθεύσει τις κυβερνήσεις με εκτιμήσεις, όσον αφορά στην κατάσταση του παγκοσμίου κλίματος. Η πρώτη εκτενής αναφορά της IPCC δημοσιεύτηκε το 1990 και περιείχε το συνδυασμό των ευρημάτων τριών ομάδων: η πρώτη ασχολήθηκε με την καθαρά επιστημονική σκοπιά, η δεύτερη ερεύνησε τις πιθανές επιπτώσεις, και η τρίτη επιφορτίστηκε με την ανάμειξη των ενδεικνυόμενων αντιδράσεων.

Αφού έγινε αποδεκτή από τη διεθνή κοινότητα κατά τη Δεύτερη Παγκόσμια Διάσκεψη για το κλίμα (SWCC), το Νοέμβριο του 1990, η αναφορά αυτή έθεσε τα θεμέλια για την κατασκευή της

δομής της Παγκόσμιας Σύμβασης για την κλιματική αλλαγή υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), η οποία υπογράφηκε στην Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για το περιβάλλον και το κλίμα , γνωστότερη ως Earth Summit , και η οποία έλαβε χώρα στο Ρίο, τον Ιούνιο του 1992.

Ο απόλυτος αντικειμενικός σκοπός της UNFCCC είναι να σταθεροποιήσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε ένα επίπεδο που θα αποτρέψει την επικίνδυνη παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα. Παρόλα' αυτά ,η σύμβαση δεν συμπεριέλαβε νομικά δεσμευτικές συμφωνίες που θα υποχρέωναν τους συμμετέχοντες να περιορίσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά απλά παρείχε το πλαίσιο με βάση το οποίο θα τίθεντο υπό συζήτηση το θέμα στο μέλλον. Ο σκοπός της ήταν, αφενός, να θέσει τις βάσεις και τις αρχές πάνω στις οποίες οι μειώσεις αυτές θα μπορούσαν να λειτουργήσουν, και αφετέρου, η θέσπιση του πολιτικού πλαισίου, μέσα στο οποίο οι συνομιλίες θα μπορούσαν να συνεχιστούν. Για παράδειγμα, θεσπίστηκε ένα αυστηρό χρονοδιάγραμμα για την πραγματοποίηση των μελλοντικών συζητήσεων. Το 1994 η Σύμβαση μπαίνει σε εφαρμογή αφού επικυρώνεται από 50 χώρες.

Στις 13 Οκτωβρίου 2003 τέθηκε σε ισχύ η οδηγία 2003/87/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας. Η παραπάνω οδηγία καθιερώνει το ευρύτερο πλαίσιο εφαρμογής του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και επεξηγεί κομβικά σημεία του τρόπου λειτουργίας του, όπως η παροχή αδειών εκπομπής αερίων θερμοκηπίου και οι κυρώσεις που επιβάλλονται σε περίπτωση παραβίασης των εθνικών διατάξεων. Πρέπει να αποσαφηνιστεί εξαρχής ότι ο όρος εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έχει ταυτιστεί με τον όρο εμπορία ρύπων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στον τομέα της ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής και μετά την έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Κατανομής Ρύπων το 2005, συμμετέχει στο Σχήμα Εμπορίας Ρύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS).Μάλιστα έχει ήδη ανακοινώσει το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για τη δεύτερη περίοδο 2008-2012, το οποίο περιλαμβάνει την περιγραφή των προβλεπόμενων κανόνων κατανομής δικαιωμάτων σε επίπεδο χώρας, δραστηριότητας και εγκατάστασης. Η Ελλάδα σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο οφείλει κατά την περίοδο 2008-2012 να αυξήσει μόνο κατά 25% τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το

έτος βάσης (1990). Για να ανταπεξέλθει στις υποχρεώσεις της, είναι απαραίτητη η άμεση και ουσιαστική προσπάθεια τόσο του κρατικού μηχανισμού όσο και του κάθε πολίτη ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, η αναδιάρθρωση του ενεργειακού τομέα μέσα από τη χρήση καθαρών τεχνολογιών, την αντικατάσταση καυσίμων με καθαρότερα και την εγκατάσταση συστημάτων αντιρρύπανσης είναι ένα θετικό βήμα προς την επίτευξη του στόχου.

2.1.2 Το χρηματιστήριο ρύπων

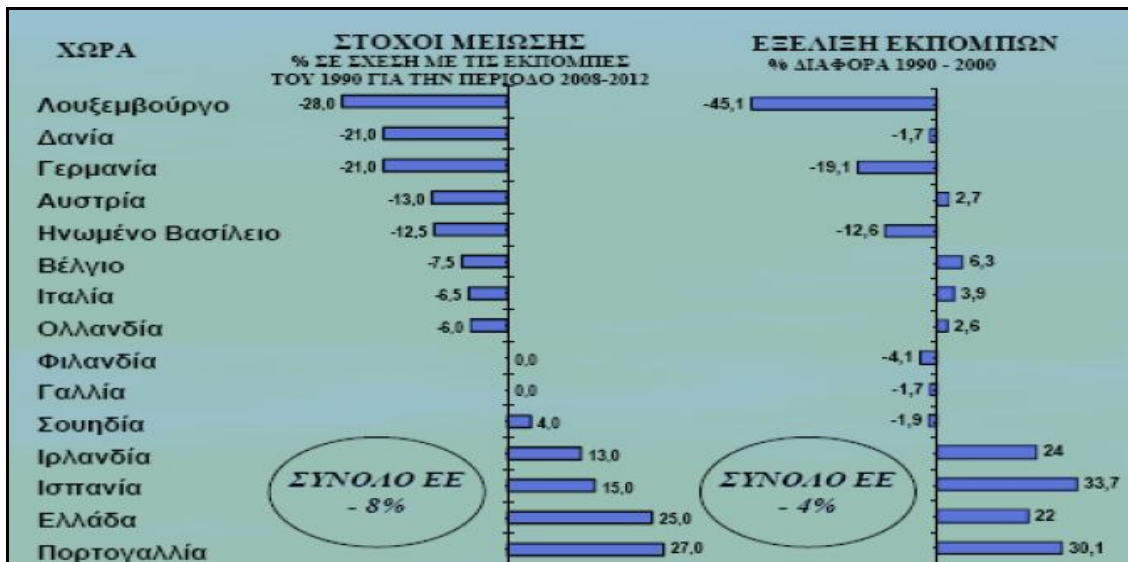
Μια νέα χρηματιστηριακή αγορά αναδύθηκε μετά την ενεργοποίηση του Πρωτοκόλλου του Κιότο, στις 16 Φεβρουαρίου 2005, είναι το χρηματιστήριο των ρύπων. Πρόκειται για μια αγορά με μεγάλο ενδιαφέρον, όπου χώρες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις που ρυπαίνουν λιγότερο από τα επιτρεπτά όρια μπορούν πλέον να πωλούν τα περιθώρια τους σε άλλες - που ξεπερνούν τα όρια των επιτρεπόμενων ρύπων. Με τον ίδιο τρόπο, όσοι ρυπαίνουν μπορούν αντί προστίμου, με πολύ λιγότερα χρήματα, να αγοράζουν «δικαιώματα στη ρύπανση» στο διεθνές Χρηματιστήριο Ρύπων.

Το Χρηματιστήριο Ρύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση εγκαινιάστηκε την 1η Ιανουαρίου του 2005 και υπολογίζεται ότι ο ετήσιος όγκος συναλλαγών του θα φθάσει τα 10 δισεκατομμύρια ευρώ, ενώ τα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξηθεί ραγδαία. Από τον περασμένο Ιανουάριο χιλιάδες βιομηχανίες αγόρασαν και πούλησαν δικαιώματα ρύπανσης. Στο Χρηματιστήριο Ρύπων το διαπραγματευτικό προϊόν είναι η μονάδα ρύπου ισοδύναμη ενός τόνου CO₂. Η τιμή του επιπλέον από τα επιτρεπτά όρια τόνου CO₂ κυμαίνεται σήμερα στα 14 ευρώ, παρατηρείται μια πτώση στην τιμή αυτή λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης. Το πρόστιμο από το 2005 μέχρι το 2007 ήταν 40 ευρώ ανά υπερβάλλοντα τόνο και από το 2008 είναι 100 ευρώ. ????

2.1.3 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το ενεργειακό σύστημα στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τη πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την κλιματική αλλαγή, έχει συμφωνηθεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Υπουργών το 1998, ότι οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου της Ελλάδας για το διάστημα 2008-12 επιτρέπεται να αυξηθούν κατά 25% σε σχέση με τα επίπεδα

του 1990. Ο συνολικός στόχος για την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι μείωση κατά 8% για την αντίστοιχη περίοδο.



Το έτος 2004 τα επίπεδα εκπομπών των 6 αερίων ήταν κατά 25% μεγαλύτερα από εκείνα της χρονιάς βάσης (1990 για CO₂, CH₄, N₂O – 1995 για τα υπόλοιπα αέρια). Ειδικότερα οι εκπομπές CO₂ από την ενεργειακή βιομηχανία αυξήθηκαν κατά 33% μεταξύ του 1990 και του 2004 ενώ οι εκπομπές από τις μεταφορές αυξήθηκαν κατά 41%. Σύμφωνα με τις εκθέσεις που έχει υποβάλλει το ΥΠΕ.ΧΩ.ΔΕ στο Ευρωπαϊκό Κέντρο Περιβάλλοντος, προκειμένου να συγκρατηθούν οι εκπομπές αερίων ρύπων στα επίπεδα του + 25% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, οι εκπομπές CO₂ equivalent από την ενέργεια και τις βιομηχανικές διεργασίες αρκεί να συγκρατηθούν μέχρι το επίπεδο του + 35 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 όπου όμως προβλέπεται ότι η ΔΕΗ θα πρέπει να συμμετέχει σε carbon funds (Σενάριο με Πρόσθετα Μέτρα).

2.1.4 Το νέο καθεστώς εμπορίας ρύπων

Η πρώτη φορά που οι παγκόσμιοι ηγέτες συζήτησαν για τις κλιματικές αλλαγές ήταν στη Διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992. Οι ηγέτες υπέγραψαν μια πρώτη σύμβαση (Σύμβαση του Montreal) που σαν στόχο της είχε την σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις

στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1997, στο Κιότο της Ιαπωνίας υπογράφηκε το Πρωτοκόλλο του Κιότο. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές έξι αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Η Ελλάδα, μαζί με την υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση το επικύρωσε τον Μάιο του 2002. Στην Ελλάδα έχει επιτραπεί η αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% μέχρι το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Όμως, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μέχρι το 2000 οι εκπομπές της χώρας μας είχαν ήδη αυξηθεί κατά 23,4%, ενώ σύμφωνα με τις προβλέψεις, η αύξηση των εκπομπών κατά το 2010 θα ανέρχεται στο 35,8%. Η μη τήρηση των στόχων θα έχει οδυνηρές συνέπειες για τη χώρα μας, αφού σε μία τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά πρόστιμα. Ακόμη κι αν εφαρμοστεί στο ακέραιο το Πρωτόκολλο του Κιότο στη σημερινή του μορφή, θα περιορίσει την αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 0,06°C ως το 2050, όταν στο ίδιο διάστημα η αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας θα είναι 1°C με 2°C. Ενδεικτική είναι η προειδοποίηση των Ηνωμένων Εθνών σύμφωνα με την οποία για να εξαλειφθεί η απειλή των κλιματικών αλλαγών απαιτείται μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 50-70% περίπου μέσα στις επόμενες δεκαετίες. Στο πλαίσιο αυτό το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσαν την κοινοτική οδηγία 2003/87/EK αντικείμενο της οποίας είναι η θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας («κοινοτικό σύστημα») και απώτερος στόχος της είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδο τέτοιο ώστε να προλαμβάνεται η επικίνδυνη ανθρωπογενής επίδραση στο κλιματικό σύστημα. Στην οδηγία αυτή επεξηγούνται βασικοί όροι για το εμπόριο ρύπων:

- **Δικαίωμα (tn CO₂eq).** «Επιτρεπόμενη άδεια» εκπομπών ενός τόνου ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια καθορισμένης περιόδου το οποίο ισχύει μόνο για τους σκοπούς της τήρησης των απαιτήσεων της συγκεκριμένης οδηγίας και το οποίο μπορεί να μεταβιβάζεται όπως ορίζεται σε αυτή.
- **Πρόστιμο (€).** Χρηματικό ποσό που θα καταβάλει κάθε φορέας εκμετάλλευσης για κάθε τόνο εκπομπών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα, ο οποίος υπερβαίνει την

προκαθορισμένη ποσότητα δικαιωμάτων κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους. Η καταβολή του προστίμου δεν απαλλάσσει τον φορέα από την υποχρέωση να παραδώσει, κατά την επιστροφή δικαιωμάτων για το επόμενο ημερολογιακό έτος, δικαιώματα για ποσότητες εκπομπών ίσες με τις καθ' υπέρβαση εκπομπές.

- **Εκπομπές.** Απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα από πηγές μιας εγκατάστασης.
- **Αέρια του θερμοκηπίου.** Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερχλωράνθρακες (PFCs), εξαφθοριούχο θείο (SF₆).
- **Εγκατάσταση.** Σταθερή τεχνική μονάδα όπου διεξάγονται μία ή περισσότερες δραστηριότητες και οποιεσδήποτε άλλες συσχετιζόμενες τεχνικώς με αυτές στο συγκεκριμένο τόπο και θα μπορούσαν να έχουν επιπτώσεις στις εκπομπές και τη ρύπανση

Τα δικαιώματα εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου ορίζονται καταρχάς σε επίπεδο χώρας και στη συνέχεια σε επίπεδο εγκατάστασης. Κάθε χώρα οφείλει να αναφέρει στο Σχήμα Εμπορίας Ρύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS) το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπει. Έπειτα από μια δοκιμαστική περίοδο (2005-2007) κατά την οποία το σύνολο των δικαιωμάτων διανεμόταν δωρεάν, ξεκίνησε από την 1^η Ιανουαρίου 2008 η δεύτερη περίοδος εμπορίας ρύπων, η οποία θα διαρκέσει έως το 2012. Στο διάστημα αυτό οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα δε θα πρέπει να υπερβαίνουν τους 694.087.947 τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ). Σε περίπτωση που μία εγκατάσταση υπερβεί το όριο των δικαιωμάτων της τότε μπορεί να αγοράσει δικαιώματα από εγκαταστάσεις οι οποίες λόγω των μειωμένων εκπομπών τους έχουν τη δυνατότητα να πουλούν τα δικαιώματα που τους περισσεύουν. Η τιμή του δικαιώματος αρχικά άγγιζε τα 20 €/tn και αναμενόταν να φτάσει έως και τα 30 €/tn μέσα στα επόμενα χρόνια ή και παραπάνω, ενώ το πρόστιμο για κάθε υπερβάλλοντα εκπεμπόμενο τόνο ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα θα ανερχόταν σε 100€ για την περίοδο 2008 και μετά. Το γεγονός αυτό καθιστούσε το χρηματιστήριο ρύπων ιδιαίτερα

δευαστικό για τους επενδυτές. Ωστόσο, λόγω της επικρατούσας οικονομικής κρίσης η τιμή των δικαιωμάτων έχει πέσει στα 14 €/tn , ενώ το μέλλον είναι απρόβλεπτο. Σύμφωνα επίσης με το Πρωτόκολλο του Κιότο κάθε χώρα που υπερβαίνει το πλαφόν που της έχει οριστεί θα μπορεί να μειώσει τις εκπομπές της επενδύοντας στους λεγόμενους ευέλικτους μηχανισμούς.



Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αυτοί είναι οι εξής τρεις (Greenpeace):

- **Εμπορία εκπομπών.** Μία βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές της πέραν των αρχικών στόχων που προβλέπει το Πρωτόκολλο, μπορεί να “πουλήσει” αυτή την επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.
- **Δημιουργία ενός «Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης»(CDM).** Ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες να αναπτύξουν καθαρές αντιρρυπαντικές τεχνολογίες για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης παρέχει κίνητρα έτσι ώστε οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι, μια βιομηχανικά

αναπτυγμένη χώρα, αντί να μειώσει τις δικές της εκπομπές, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα, όπου η μείωση αυτή είναι ευκολότερη και φθηνότερη. Με άλλα λόγια, κάθε χώρα θα λαμβάνει με αυτό τον τρόπο τα «πράσινα πιστοποιητικά», τα οποία θα μπορεί να χρησιμοποιήσει ως αντιστάθμισμα για τις δικές της υπερβάσεις.

- **Από κοινού υλοποίηση(II).** Παρεμφερές εργαλείο με τον Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης. Σε αντίθεση όμως με αυτόν αφορά όχι τις αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά μόνο εκείνες που έχουν δεσμευτεί σε μειώσεις μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο (όπως π.χ. οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης).

Όσον αφορά την τρίτη περίοδο εμπορίας ρύπων, η οποία θα ξεκινήσει το 2013 δεν υπάρχουν ακόμα δημοσιευμένα στοιχεία. Τον Ιανουάριο του 2008, η [Ευρωπαϊκή Επιτροπή](#) πρότεινε μια σειρά από αλλαγές στο σύστημα. Συγκεκριμένα αναφέρθηκε στην καθιέρωση δημοπράτησης μεγαλύτερου μεριδίου (60%) αδειών και στην κατάργηση της ελεύθερης κατανομής δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Ακόμα πρότεινε να συμπεριληφθούν στα επιβλαβή αέρια, [το υποξείδιο του αζώτου](#) και περισσότεροι [υπερφθοράνθρακες](#). Επίσης, προέβλεψε πτώση των προτεινόμενων ανώτατων ορίων για την 3η περίοδο εμπορίας στο ύψος του 21% για το 2020 σε σύγκριση με το όριο για το 2005. Είναι επίσης υπό εξέταση η επέκταση του συστήματος εμπορίας ρύπων και σε άλλους κλάδους πέραν της βιομηχανίας, όπως σε αυτόν της αεροπλοΐας.

Όπως είναι προφανές, η περιβαλλοντική πολιτική και οι σχετικές νομοθεσίες είναι στρατηγικής σημασίας για μία επενδυτική απόφαση. Ιδιαίτερα οι παραγωγοί ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας θα επηρεαστούν στο μέγιστο βαθμό λόγω των υψηλών ειδικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των μονάδων τους, ενώ οι τσιμεντοβιομηχανίες επηρεάζονται ιδιαίτερα λόγω των αναπόφευκτων εκπομπών CO₂ κατά τη διάσπαση των πρώτων υλών του τσιμέντου.

Κάθε παράγοντας (έσοδα, έξοδα, ώρες λειτουργίας, φόροι, επιτόκιο αναγωγής) της σχέσης της ετήσιας ταμειακής ροής μιας επιχείρησης επηρεάζεται από την πολιτική που ακολουθείται για τις κλιματικές αλλαγές..

Στο πλαίσιο της EU ETS, η ανηγμένη ετήσια χρηματοροή μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$\Sigma = \frac{V_{\text{BCL}} \cdot f_{\text{BCL}}}{\rho_{\text{BCL}}} + \sum_i f_i \cdot V_i + \sum S_i - \sum M_i \quad (1)$$

όπου V_{BCL} η τιμή πώλησης βιοντήζελ, ρ_{BCL} η πυκνότητα του βιοντήζελ, f_{BCL} το ποσοστό του βιοντήζελ που μπορεί να παραχθεί από την άγλη που χρησιμοποιείται στην παραγωγή βιοντήζελ V_i η τιμή πώλησης των παραπροϊόντων (i) που προκύπτουν από την επένδυση, f_i το ποσοστό του παραπροϊόντος που εξάγεται από την άγλη, S_i η τιμή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η παράμετρος M_i αποδίδει τα ετήσια μεταβλητά κόστη, όπως τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας, δηλαδή τα συνολικά μεταβλητά κόστη για την παραγωγή της μικροάγλης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η τιμή S_i των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λαμβάνεται ίση με 15 €/tn, δηλαδή τιμή που είχαν τον Οκτώβρη του 2008, τότε που ξεκίνησα τη μελέτη της διπλωματικής εργασίας. Επειδή πρόκειται για ένα νεοεισερχόμενο μέγεθος για το οποίο δεν υπάρχουν παρελθοντικά στοιχεία ώστε να προσεγγιστεί με κάποιο τρόπο (σχετικά ακριβή) η μελλοντική του εξέλιξη κι επειδή εξαρτάται από πολλαπλούς εξωτερικούς παράγοντες οι πιθανές μελλοντικές του τιμές λαμβάνονται από προγνώσεις διαφόρων μελετητών (David Schlissel, Ιούλιος 2008)

2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΘΑΡΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΑΞΙΑΣ (NPV analysis)

2.2.1 Εισαγωγικές Έννοιες

Η αξιολόγηση επενδύσεων είναι μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία η οποία από τη φύση της εμπεριέχει σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας και ρίσκου. Η χρηματοοικονομική αξιολόγηση αποτελεί ένα μικρό μέρος της όλης διαδικασίας, που περιστρέφεται γύρω από την έννοια των ταμειακών ροών της επένδυσης. Αποτελεί ένα χρήσιμο αναλυτικό εργαλείο, το οποίο συνοδεύει και συμπληρώνει αλλά και τεκμηριώνεται μέσα από τη διεξοδική εξέταση της σχεδιαζόμενης επένδυσης. Η αξιολόγηση μιας επένδυσης συνολικά βασίζεται **στη βαθιά κατανόηση της εταιρίας και του περιβάλλοντός της (αγορά) καθώς και σε θέματα στρατηγικής που η επιχείρηση, με υποκειμενικό τρόπο, θέτει.**

Επένδυση είναι η δέσμευση σήμερα, χρηματικού –συνήθως- κεφαλαίου (π.χ. για αγορά γης, μηχανημάτων, εγκαταστάσεων, μεταφορικών μέσων υλικών, διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, ομολογιών και μετοχών, για κατασκευή έργων ή διαμόρφωση χώρων, για έρευνα, εκπαίδευση, κατοικίες, νοσοκομεία, πολιτιστικά και αθλητικά κέντρα κ.λ.π.) με την προοπτική αποκόμισης καθαρού οφέλους στο μέλλον.

Πάγιο ονομάζουμε το δεσμευμένο σε γήπεδα, κτίρια, εξοπλισμό και λοιπές εγκαταστάσεις κεφάλαιο. Αυτά τα περιουσιακά στοιχεία των επιχειρήσεων ονομάζονται «πάγια» και χαρακτηριστικό τους είναι η ανάγκη, εφόσον η αγορά τους γίνεται σε ένα συγκεκριμένο έτος αλλά η εκμετάλευσή τους σε ένα χρονικό ορίζοντα αρκετών ετών, να οριστεί ένα μέγεθος ικανό να κατανέμει το κόστος της αρχικής επένδυσης που γίνεται για την αγορά κάποιου πάγιου στοιχείου στο σύνολο των ετών εκμετάλλευσής του. Για αυτό το σκοπό ορίζουμε το μέγεθος της απόσβεσης.

Αρχικό Κεφάλαιο (I) ονομάζεται το καθαρό χρηματικό ποσό που θα μετασηματιστεί σε πάγια περιουσιακά στοιχεία (κτιριακές εγκαταστάσεις και μηχανολογικό εξοπλισμό) και αυτό (κεφάλαιο κίνησης) που θα απαιτηθεί για να τεθεί το έργο σε λειτουργία μέχρις ότου αρχίσει να συνεισφέρει χρηματικές ροές (έσοδα).

Διάρκεια ζωής της επένδυσης είναι αυτή που αν ξεπερασθεί, προβλέπεται πως θα καταστήσει τη συνέχιση εκμετάλλευσής της επένδυσης είτε περιττή (αφού δε θα συνηγορούν πλέον οι λόγοι που υπαγόρευαν την πραγματοποίησή της) είτε ασύμφορη (επειδή το λειτουργικό κόστος και, πιο ειδικά το κόστος συντήρησης, θα γίνει απαγορευτικά μεγάλο σε σχέση με αυτό που αντιστοιχεί σε επένδυση μικρότερης ηλικίας και βελτιωμένης τεχνολογίας).

Ετήσια χρηματοροή μιας επένδυσης ορίζεται ο ισολογισμός εσόδων- εξόδων της επένδυσης κάθε έτους.

Επιτόκιο είναι ο δείκτης μεταβολής της αξίας του χρήματος ως αγαθού μέσα σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Πληθωρισμός είναι η ποσοστιαία μεταβολή του γενικού επιπέδου των τιμών μιας οικονομίας μέσα σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Τρέχουσα τιμή ενός προϊόντος ονομάζεται η τιμή του προϊόντος τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Παρούσα τιμή ενός προϊόντος ονομάζεται η μελλοντική τιμή ενός προϊόντος αλλά σύμφωνα με τη σημερινή αξία του χρήματος.

2.2.2 Οι ταμειακές ροές (capital budgeting decision methods)

Ιστορικά έχουν αναπτυχθεί πέντε μέθοδοι για την επεξεργασία δεδομένων ταμειακών ροών. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι οι μέθοδοι αυτοί οδηγούν σε διαφορετικά συμπεράσματα. **Δεν πρόκειται δηλαδή για εναλλακτικές προσεγγίσεις του ιδίου τελικά δείκτη.**

Οι πέντε μέθοδοι και τα αντίστοιχα κριτήρια συνοπτικά είναι τα εξής:

- Ο χρόνος απόδοσης επενδυμένων χρημάτων (payback period- PP).
- Ο λογιστικός ρυθμός απόδοσης χρημάτων (accounting rate of return- ARR).
- Η καθαρή παρούσα αξία (net present value- NPV).
- Ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης χρημάτων (internal rate of return- IRR).
- Ο δείκτης κερδοφορίας (profitability index- PI).

2.2.3 Η καθαρή παρούσα αξία (net present value- NPV)

Η μέθοδος αυτή είναι από τις πλέον χρησιμοποιούμενες και προτείνει μια εναλλακτική προσέγγιση, που έρχεται να καλύψει τις σοβαρές αδυναμίες των άλλων μεθόδων, όπως για παράδειγμα αδυναμία του δείκτη PP και ARR είναι η παράλειψη κάθε αναφοράς σε “κόστος κεφαλαίου”, δεν αξιολογείται δηλαδή το γεγονός ότι **το ίδιο αριθμητικά ποσό δεν έχει την ίδια πραγματική αξία μέσα στον χρόνο, ούτε ότι η αξία αυτή σχετίζεται πάντα με κάποιο ρίσκο το οποίο είναι διατεθειμένος να αναλάβει ο επενδυτής.**

Πιο συγκεκριμένα τα βήματα της μεθόδου είναι τα εξής:

- Όλα τα ποσά (εκροές και εισροές) ανάγονται στη χρονική στιγμή t_0 , με **συνυπολογισμό του κόστους κεφαλαίου.**
- Τα ανηγμένα αυτά ποσά αθροίζονται αλγεβρικά. Το άθροισμα που προκύπτει είναι η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης (NPV).
- Αν η αξία αυτή είναι μεγαλύτερη από το όριο που έχει τεθεί από τους επενδυτές, αποφασίζεται η υλοποίηση της επένδυσης. Διαφορετικά αυτή απορρίπτεται. Αν αξιολογούνται συγκριτικά δύο εναλλακτικές επενδύσεις (που η μια αποκλείει την άλλη) αποφασίζεται να υλοποιηθεί εκείνη με τη μεγαλύτερη παρούσα αξία (NPV).

Η καθαρή παρούσα αξία (NPV) της επένδυσης, όπως περιγράφηκε πιο πάνω υπολογίζεται με την εξής σχέση:

$$\sum_{j=0}^n \frac{CF}{(1+i)^j}$$

Στη σχέση αυτή με CF παριστάνεται η καθαρή ταμειακή ροή (εισροές- εκροές) κάθε έτους. Με (n) παριστάνεται η διάρκεια ζωής της επένδυσης, με j το τρέχον έτος και με (i) το επιτόκιο αναγωγής στη διάρκεια όλων των χρονικών περιόδων (που θεωρείται σταθερό). Πιο συγκεκριμένα θεωρείται ότι για όλες τις μέρες κάποιας χρονιάς το επιτόκιο πάει στον

παρονομαστή με τον ίδιο εκθέτη για κάθε μέρα. Στην παραπάνω περίπτωση περιέχεται ο πληθωρισμός αφού αντιπροσωπεύει τρέχουσες τιμές.

Τα έξοδα που είναι ήδη σε παρούσα αξία, αλλά πραγματοποιούνται κάθε χρόνο πρέπει πρώτα να μεταφερθούν σε τρέχουσες τιμές, πολλαπλασιάζοντάς τα με τον πληθωρισμό $\{(1 + \rho)^{j-1}\}$ και μετά να αναχθούν ξανά σε παρούσα αξία, διαιρώντας τα με το επιτόκιο $\{/(1 + i)^j\}$, διότι στόχος είναι να εξετασθεί η παραμετρική εξάρτηση του προβλήματος από τη συσχέτιση του πληθωρισμού (ρ) με το επιτόκιο αναγωγής (i) και το επιτόκιο άλλων συγκριτικών επενδύσεων.

Συνοψίζοντας υπάρχουν 3^{ov} ειδών κόστη (έσοδα ή έξοδα):

1. Αυτά που πραγματοποιούνται κάθε χρονιά, αλλά δεδομένα υπάρχουν μόνο για την πρώτη χρονιά(του παρόντος).
2. Αυτά που πραγματοποιούνται κάθε χρονιά και στοιχεία τους (είτε από δεδομένα είτε από πρόγνωση τους με κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο) είναι γνωστά για κάθε χρονιά (δηλαδή είναι γνωστές οι τρέχουσες τιμές τους).
3. Αυτά που πραγματοποιούνται μόνο στο σήμερα, όπως για παράδειγμα η αρχική επένδυση.

Το 1^ο είδος κόστους υπολογίζεται σε παρούσα αξία μέσω της διαδικασίας που αναφέρθηκε παραπάνω.

Το 2^ο είδος κόστους περιλαμβάνει τον πληθωρισμό οπότε ανάγεται σε παρούσα τιμή.

Όσον αφορά τέλος στο 3^ο είδος, επειδή προσθαφαιρείται στο τέλος μετά τον υπολογισμό του ολοκληρώματος, δε χρειάζεται καμία μετατροπή.

Μετά από όλα αυτά, το νέο ολοκλήρωμα το οποίο μπορεί πλέον με ασφάλεια να υπολογίσει την NPV του προβλήματος είναι:

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF(1 + \rho)^{j-1}}{(1 + i)^j} - I$$

Η μέθοδος αυτή (NPV analysis-ανάλυση καθαρών παρουσών αξιών) έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα οποία αναπτύσσονται παρακάτω.

Πλεονεκτήματα της ανάλυσης NPV

- Εισάγει την αλλαγή της αξίας του χρήματος με την πάροδο του χρόνου.
- Ανάγει όλες τις μελλοντικές χρηματοροές σε σημερινές τιμές και επιτρέπει άμεση σύγκριση.
- Λαμβάνει υπόψη τον πληθωρισμό.
- Ενθαρρύνει την ανάλυση υποθετικών σεναρίων με διαφορετικές παραμέτρους.
- Προβλέπει με μεγαλύτερη ακρίβεια κέρδη κα ζημίες.

Μειονεκτήματα της ανάλυσης NPV

- Η ακρίβειά της εξαρτάται από την ακρίβεια πρόβλεψης των επιτοκίων.
- Ενέχει προτίμηση υπέρ των βραχυπρόθεσμων έργων.
- Δε λαμβάνει υπόψη μη οικονομικά στοιχεία, όπως π.χ. η δυναμικότητα της αγοράς.
- Υποθέτει σταθερό επιτόκιο σε όλη τη διάρκεια επένδυσης.

2.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού το οποίο περιγράφει ένα φυσικό σύστημα (μια επιχείρηση) δεν είναι δυνατό να είναι στατικό. Θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν το δυναμικό περιβάλλον των συνεχών αλλαγών μέσα στο οποίο υπάρχει. Οι τιμές των πρώτων υλών αλλάζουν, οι απαιτήσεις της αγοράς τροποποιούνται, νέα μηχανήματα αντικαθιστούν παλιότερα, το κόστος της παραγωγής μεταβάλλεται, ανακατατάξεις προσωπικού γίνονται κ.λ.π.

Στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού όλα αυτά μεταφράζονται συνήθως σε αλλαγές των παραμέτρων c_j, b_i και το θέμα που μας απασχολεί είναι το κατά πόσο αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν ή όχι την άριστη λύση του αρχικού προβλήματος.

Η ανάλυση ευαισθησίας μελετά το αποτέλεσμα των αλλαγών στις παραμέτρους του μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού πάνω στην άριστη λύση. Μια τέτοιου είδους ανάλυση πρέπει να

συνοδεύει απαραίτητα τη λύση οποιοδήποτε προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού διότι δίνει στο μοντέλο ένα είδος στοχαστικού χαρακτήρα.

Στον υπολογισμό του NPV πολλές μεταβλητές αποτελούν ιδιαίτερα ευμετάβλητους παράγοντες για αυτό κρίνεται σκόπιμο να γίνει ανάλυση ευαισθησίας ως προς αυτές τις μεταβλητές. Δηλαδή, στην ανάλυση ευαισθησίας υπολογίζεται η τιμή της καθαρής παρούσας αξίας για διαφορετικές τιμές μιας μόνο μεταβλητής κάθε φορά. Οι μεταβλητές αυτές, οι οποίες είναι είτε τεχνικά δεδομένα, είτε προδιαγραφές σχεδιασμού είτε οικονομικές προδιαγραφές, περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν κρίθηκε σκόπιμη η ανάλυση της καθαρής παρούσας αξίας της επένδυσης σε διάστημα 25 ετών, όσο και η διάρκεια ζωής της. Σε πρώτο στάδιο υπολογίστηκε η ετήσια χρηματοροή (ισολογισμός εσόδων- εξόδων) (Τόλης 2003). Στη συνέχεια έγινε ο προσδιορισμός του NPV, ο οποίος επεκτάθηκε σε διαφορετικές αναλύσεις ευαισθησίας με διαφορετική μεταβλητή κάθε φορά.

2.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Η εφαρμογή των διαφόρων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, δηλαδή η επιλογή εκτέλεσης κάποιων ενεργειακών έργων και κυρίως αυτών με μέσο ή υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης που θα προταθούν σε ένα φορέα πρέπει να είναι όχι μόνο τεχνικά τεκμηριωμένα, αλλά και οικονομικά βιώσιμα. Μόνο με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει μια ορθή ιεράρχηση των προτεινόμενων μέτρων ή επενδύσεων και να επιλεγεί η βέλτιστη. Για αυτόν το σκοπό υπάρχει η οικονομική αξιολόγηση των προτεινόμενων μέτρων ή επενδύσεων, η οποία βασίζεται συνήθως στους δείκτες οικονομικής αξιολόγησης.

Αναμφίβολα όμως, στα πλαίσια της στρατηγικής εξοικονόμησης ενέργειας, η αξιολόγηση πρέπει να βασίζεται και στη διασφάλιση των αξιών, των παραδόσεων, της ευημερίας και των ελευθεριών του κοινωνικού συνόλου. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη μια γενικότερη αξιολόγηση των ενεργειακών επενδύσεων που να λαμβάνει υπόψη τόσο την οικονομική αποδοτικότητα μιας επένδυσης όσο και τις ενεργειακές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις που πιθανόν αυτή να έχει.

Ένα άλλο σημείο το οποίο πρέπει να επισημανθεί είναι ότι η αξιολόγηση κάθε επενδυτικού σχεδίου γίνεται με δυο τύπους κριτηρίων όποια αυτά περιγράφονται στον Οδηγό Ενεργειακών Επενδύσεων για το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης:

- «αντικειμενικά κριτήρια», στα οποία η αξιολόγηση της επένδυσης προκύπτει από συγκεκριμένες μαθηματικές σχέσεις, που τροφοδοτούνται από τις τιμές μεγεθών που χαρακτηρίζουν την οικονομική αποδοτικότητα και τις ενεργειακές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις της επένδυσης.
- «ποιοτικά κριτήρια», στα οποία η αξιολόγηση τίθεται στην κρίση του αξιολογητή, που κρίνει κατά πόσο η επενδυτική πρόταση και η προτεινόμενη επένδυση πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις, μέσα στα πλαίσια κατευθυντήριων γραμμών.

Η αναλυτική μορφή των κριτηρίων αξιολόγησης περιγράφεται παρακάτω:

Κριτήριο 1 : Αποδοτικότητα Κεφαλαίων

Για την αξιολόγηση ενός ενεργειακού έργου σύμφωνα με το κριτήριο αυτό υπολογίζεται η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής DPB (Discounted Payback Period). Ως Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για την ανάκτηση του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης συν τους τόκους. Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$C = PWF(i, DPB) * S$$

Όπου:

- DPB (έτη): η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής
- S (€): το ετήσιο κέρδος
- PWF (-): παράγοντας αναγωγής σε παρούσα αξία

Ο παράγοντας αναγωγής σε παρούσα αξία PWF (Present Worth Factor) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$PWF(i, N) = \frac{(1 + i)^N - 1}{i * (1 + i)^N}$$

Όπου:

- N (έτη): χρόνος αποπληρωμής του δανείου
- I (-): επιτόκιο αποπληρωμής

Ο όρος $PWF(i,DPB) * S$ αντιπροσωπεύει την παρούσα αξία των συσσωρευμένων ετήσιων κερδών S για τη χρονική περίοδο 0 έως DPB . Μια απλούστερη έκφραση υπολογισμού της περιόδου αποπληρωμής είναι η απλή περίοδος αποπληρωμής (simple payback period)

Κριτήριο 2 : Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας

Το κόστος της εξοικονομούμενης ενέργειας (Conserved Energy Cost) ορίζεται ως εξής:

$$CEC = CRF(i, N) * C/E$$

Όπου:

- CEC (δρχ/kWh): κόστος εξοικονομούμενης ενέργειας
- C (δρχ): αρχικό κεφάλαιο επένδυσης
- E (kWh): ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια
- CRF (-): παράγοντας ανάκτησης κεφαλαίου
- N (έτη): χρόνος ζωής του έργου

Ο παράγοντα ανάκτησης κεφαλαίου CRF (Capital Recovery Factor) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$CRF(i, n) = \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Όπου:

- I (-): επιτόκιο αποπληρωμής
- n (έτη): χρόνος αποπληρωμής

Κριτήριο 3 : Παρούσα Αξία Εξοικονομούμενου Συναλλάγματος

Η παρούσα αξία εξοικονομούμενου συναλλάγματος (Present Value of Energy Savings) υπολογίζεται ως εξής:

$$PVES = PWF(i, N) * (C_e * Q + C_f * F)$$

Όπου:

- $PVES$ (δρχ): παρούσα αξία εξοικονομούμενου συναλλάγματος κατά τη χρονική διάρκεια του έργου
- PWF (-): παράγοντας αναγωγής σε παρούσα αξία
- Q (kWh/έτος) : ετήσια κέρδη ηλεκτρικής

- $F(\text{tn}/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma)$: ετήσια κέρδη καυσίμων
- C_e (δρχ/kWh): κόστος ηλεκτρικής ενέργειας
- C_f (δρχ/tn): κόστος καυσίμων

Κριτήριο 4 : Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας

Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (Annual Primary Energy Savings) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$APES = \frac{Q}{n_e} + h_f * F$$

Όπου:

- APES (kWh/έτος) : εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας
- Q (kWh/ έτος) : ετήσια κέρδη ηλεκτρικής ενέργειας
- F (tn/έτος) : ετήσια κέρδη καυσίμων
- n_e (-) : αποτελεσματικότητα του υπάρχοντος σταθμού
- h_f (kWh/tn) : θερμογόνος δύναμη καυσίμου

Κριτήριο 5 : Σχετική Μείωση Εκπομπών

Η σχετική μείωση εκπομπών (Relative Emission Reduction) για ένα ρύπο j ($j = \text{CO}_2, \text{SO}_2, \text{CO}, \text{NO}_x, \text{HC}$ και τέφρα) υπολογίζεται ως εξής:

$$RER_j = \frac{(E_{j,1} - E_{j,2})}{E_{j,1}}$$

Όπου:

- RER_j (-) : σχετική μείωση εκπομπών τύπου j
- E_j (tn/ έτος) : ετήσιες εκπομπές για το ρύπο j
- 1,2 : πριν και μετά την εκτέλεση του έργου αντίστοιχα

Οι ετήσιες εκπομπές για κάθε ρύπο j υπολογίζονται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$E_j = m_{e,j} * Q + m_{f,j} * F$$

Όπου:

- E_j (tn/έτος) : ετήσιες εκπομπές για το ρύπο j
- Q (kWh/έτος) : ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
- F (tn/έτος) : ετήσια κατανάλωση καυσίμων

$m_{e,j}$ (tn/kWh) : ο συντελεστής εκπομπών ηλεκτρικής ενέργειας

$m_{f,j}$ (tn/tn) : ο συντελεστής εκπομπών των χρησιμοποιούμενων καυσίμων

Κριτήριο 6 : Κοινωνικές επιπτώσεις

Για την αξιολόγηση ενός ενεργειακού επενδυτικού σχεδίου με βάση το κριτήριο αυτό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Η συμβολή της επένδυσης στην Περιφερειακή Ανάπτυξη με βάση το συνολικό κόστος της επένδυσης , σε συνάρτηση με το σχετικό δείκτη ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της εν λόγω περιφέρειας
- Η δημιουργία νέων σταθερών θέσεων εργασίας εξ αιτίας της επένδυσης
- Οι επενδύσεις σε υπανάπτυκτες περιοχές με σκοπό την ανάπτυξη τους

Κριτήριο 7 : Αξιοπιστία τεχνολογιών

Για την αξιολόγηση με βάση το κριτήριο αυτό λαμβάνονται υπόψη:

- Η τεχνογνωσία στη συγκεκριμένη τεχνολογία (υψηλο δείκτη αξιολόγησης λαμβάνει το επενδυτικό σχέδιο με γνωστή τεχνολογία και ευρεία εφαρμογή)
- Η πρόβλεψη όλων των παραμέτρων καλής εφαρμογής της τεχνολογίας
- Ο ολοκληρωμένος χαρακτήρα του ενεργειακού σχεδιασμού

Κριτήριο 8 : Χρήση νέων μηχανισμών χρηματοδότησης

Ως νέοι μηχανισμοί χρηματοδότησης θεωρούνται η Χρηματοδότηση Από Τρίτους (XAT) και η Χρηματοδότηση Ανάλογα με την Απόδοση Τεχνολογίας.

2.4 ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε ένας αρχικός σχεδιασμός μιας εγκατάστασης καλλιέργειας άλγης μέσα σε ειδικά, κλειστά συστήματα φωτοβιοαντιδραστήρων ειδικής γεωμετρίας. Η παρούσα μελέτη έγινε στα πλαίσια μιας προσπάθειας να καθοριστεί το μέγεθος και να υπολογιστεί το κόστος για αυτή την εγκατάσταση των ειδικών βιοαντιδραστήρων.

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η εκτίμηση του κατά πόσο συμφέρουσα οικονομικά κρίνεται η επένδυση αυτή πρωτίστως για τη δέσμευση των εκπομπών του CO₂ που προέρχονται από την τσιμεντοβιομηχανία ΤΙΤΑΝ και δευτερευόντως για παραγωγή μικροάλγης και τελικά παραγωγή προϊόντων υψηλής αξίας, τροφών και καυσίμων συγκριτικά με τα πρόστιμα που θα πρέπει να καταβληθούν από τον Τιτάνα λόγω των υπερβολικών εκπομπών. Ουσιαστικά αποτελεί μια ενδιαφέρουσα λύση στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι τσιμεντοβιομηχανίες λόγω των υψηλών εκπομπών τους στα πλαίσια του συστήματος εμπορίας των δικαιωμάτων CO₂ και του χρηματιστηρίου ρύπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Αυτό το κεφάλαιο παρέχει τα μαθηματικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Με αυτά τα εργαλεία μπορούν να αναλυθούν επενδυτικές αποφάσεις με αποτέλεσμα οι ιδέες και οι μέθοδοι που εξετάζονται να έχουν μεγάλη χρηστική σημασία ιδιαίτερα στον τομέα των χρηματοοικονομικών. Αναπτύσσεται η μέθοδος εύρεσης της καθαρής παρούσας αξίας (ανάλυση NPV) μιας επένδυσης. Μέσω της ανάλυσης αυτής υπολογίζεται το μελλοντικό κέρδος ή η ζημία μιας επένδυσης σε σημερινή χρηματική αξία. Με άλλα λόγια, πρόκειται για ένα μοντέλο με το οποίο εκτιμάται κατά πόσο μία σημερινή επένδυση θα αποβεί οικονομικά συμφέρουσα στο μέλλον.

Έχοντας θέσει το μαθηματικό υπόβαθρο, ακολουθεί η εφαρμογή του σε μία μελέτη περιπτώσεως ανάλυσης και επιλογής μιας ενεργειακής επένδυσης στο πλαίσιο του νέου καθεστώτος εμπορίας ρύπων στην Ελλάδα, που αποτελεί και το θέμα της παρούσας διπλωματικής.

3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα εκπονηθεί ένας αρχικός σχεδιασμός μιας εγκατάστασης καλλιέργειας άλγης. Η εγκατάσταση θα βρίσκεται δίπλα στο εργοστάσιο του Τιτάνα, παραγωγής τσιμέντου στα Καμάρια Βοιωτίας. Το project αποτελείται από μια σειρά διαδοχικών σταδίων με τελικό στόχο την δημιουργία μονάδας έκτασης 100 εκταρίων και ετήσια παραγωγή περίπου 25000 τόνων μικροάλγης.

Κατά την πρώτη φάση θα γίνει η συλλογή στοιχείων των καυσαερίων του Τιτάνα και θα εξεταστεί η συμπεριφορά διαφόρων τύπων μικροάλγης στο εργαστήριο. Κατά τη δεύτερη φάση θα γίνει ο σχεδιασμός και η λειτουργία μιας πιλοτικής μονάδας, η οποία επιτρέπει να δοκιμαστεί η παραγωγικότητα στην εκάστοτε περιοχή με οικονομικά αποδεκτό τρόπο. Αυτό το στάδιο είναι απαραίτητο ώστε να γίνει η προσαρμογή του περιβάλλοντος ανάπτυξης της άλγης (pH, T κλπ) και των θρεπτικών συστατικών ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και την ποιότητα του νερού στη συγκεκριμένη περιοχή και περιλαμβάνει 6 μήνες τεχνικής υποστήριξης και παρακολούθησης. Η πιλοτική μονάδα παράγει από 2-4 kg ξηρής βιομάζας/ μέρα. Μετά από 4 με 6 μήνες δοκιμαστικής λειτουργίας έρχεται το τρίτο στάδιο που είναι η κατασκευή μονάδας εμπορικής κλίμακας προσαρμοσμένης στις συνθήκες της περιοχής. Η τελική μονάδα θα

καταλαμβάνει έκταση 100 εκτάρια και θα έχει τη δυνατότητα μέσης παραγωγής 80 g μικροάλγης ανά ημέρα και m^2 .

Η τσιμεντοβιομηχανία χρησιμοποιεί για την κάλυψη των θερμικών της αναγκών κλίβανο, ο οποίος καίει:

- Καύση μεταχειρισμένων ελαστικών(3.000-6.000 t/y), 7000kcal/kg
- Καύση λασπών δεξαμενών με πριονίδι (ASF) (10.000 t/y), N.C.V. 3.500kcal/kg
- Καύση υγρών εναλλακτικών καυσίμων (ALF) (organic liquids, oil-water mixtures, emulsions, water contents<40% π.χ. γλυκερίνη (παραπροϊόν από παραγωγή βιοντήζελ), σαπωνέλαια (6.000 t/y),
- Χρήση υγρής ιπτάμενης τέφρας στην παραγωγή κλίνκερ με μικρή συνεισφορά στην μείωση CO₂.
- Pet Coke (παραπροϊόν πετρελαίου)

Η ηλεκτρική ενέργεια αγοράζεται εξ ολοκλήρου από τη ΔΕΗ. Η αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου θα γίνει με κριτήριο το ετήσιο όφελος της επιχείρησης από τη νέα μονάδα καθώς και σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης των επενδυτικών προτάσεων (αναφέρονται στο κεφάλαιο 2).

3.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η συνολική ταμειακή ροή, B_j , (δηλαδή ο ετήσιος ισολογισμός έσοδα-έξοδα της μονάδος) για μια μονάδα καλλιέργειας άλγης για οποιαδήποτε χρονική περίοδο μπορεί να υπολογιστεί από τον ακόλουθο τύπο:

$$B_j = (Pr * \Sigma) - Cf \quad (1)$$

Όπου Pr η ετήσια παραγωγή της μικροάλγης σε kg, Σ η ετήσια χρηματοροή σε €/kg και Cf το σταθερό κόστος της μονάδας παραγωγής μικροάλγης για ένα έτος. Η χρηματοροή περιλαμβάνει τις τιμές των διαφόρων εσόδων και εξόδων ανά μονάδα παραγόμενης βιομάζας κι αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες μεταβλητές για την οικονομική ανάλυση μιας επένδυσης.

Η χρηματοροή μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$\Sigma = \frac{V_{\alpha CL} * f_{CL}}{P_{CL}} + \sum_i f_i * V_i + \sum S_i - \sum M_i \quad (2)$$

Όπου όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο $V_{\alpha CL}$ η τιμή πώλησης βιοντήζελ, P_{CL} η πυκνότητα του βιοντήζελ, f_{CL} το ποσοστό του βιοντήζελ που μπορεί να παραχθεί από την άλγη που χρησιμοποιείται στην παραγωγή βιοντήζελ V_i η τιμή πώλησης των παραπροϊόντων (i) που προκύπτουν από την επένδυση, f_i το ποσοστό του παραπροϊόντος που εξάγεται από την άλγη, S_i η τιμή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η παράμετρος M_i αποδίδει τα ετήσια μεταβλητά κόστη, όπως τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας, δηλαδή τα συνολικά μεταβλητά κόστη για την παραγωγή της μικροάλγης.

Η ανηγμένη ανά kg χρηματοροή Σ προκύπτει από τον ισολογισμό εσόδων-εξόδων ανά μονάδα παραγόμενης βιομάζας άλγης. Συγκεκριμένα τα μεν έσοδα προκύπτουν είτε από την πώληση του algae oil και των προϊόντων που προκύπτουν από τη βιομάζα μετά την απόσταξη του λαδιού, είτε απευθείας από την πώληση της βιομάζας, και από την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα, ενώ τα έξοδα συμπεριλαμβάνουν τα λειτουργικά έξοδα της μονάδας.

Άρα, με βάση τα παραπάνω η σχέση (1) μετασχηματίζεται σε:

$$Bj = [Pr * \left(\frac{V_{\alpha CL} * f_{CL}}{P_{CL}} + \sum_i f_i * V_i + \sum S_i - \sum M_i \right)] - Cf \quad (3)$$

Ενδεικτικές τιμές για τα παραπάνω μεγέθη δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Μέγεθος | Τιμή |
|-------------|------------------------------|
| VacL | 2-4 \$ /gal |
| fcL | 0.5 |
| ρL | 0.88 kg/L |
| Vα | 0-0.05 \$/L |
| Si | 0.2-0.6\$ /L |
| Mi | 0.1-0.6 \$/L |
| Pa | Kg/m² * yr |
| Cf | 10-20% I |
| Ii | \$/yr |

Όπου το Ii είναι η ετήσια χρηματοροή σε παρούσες αξίες και δίνεται από τον τύπο:

$$Ii = I \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

Η κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου καθορίζεται από το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής. Προς το παρόν έχουν κοινοποιηθεί μόνο στοιχεία για την περίοδο 2008-2012. Για την περίοδο 2013-2030 υποθέτονται δυο διαφορετικά σενάρια.

- ο Μηδενισμός των δωρεάν δικαιωμάτων από το 2012 κι έπειτα.
- ο Μηδενισμός των δικαιωμάτων από το 2020 και έπειτα. Για την περίοδο 2012-2020 θα διανέμονται δωρεάν δικαώματα, το ποσό των οποίων θα ακολουθεί γραμμική μείωση έως ότου μηδενιστεί το 2020. Το ποσοστό αυτό μείωσης καθορίζεται σε **1,74%** σε σχέση με το όριο της δεύτερης περιόδου (2008-2012).

Σε αυτή την περίπτωση, το ποσό των δωρεάν δικαιωμάτων για το έτος M υπολογίζεται

από τον τύπο:
$$N_M = N - \frac{(M-2012)}{8} * N \quad (4)$$

**Προσοχή, οι τιμές πρέπει να αντιπροσωπεύουν την παρούσα αξία των διαφόρων μεταβλητών.

Τα έσοδα και τα έξοδα της μονάδας δεν είναι σταθερά κάθε έτος γιατί επηρεάζονται από τον πληθωρισμό (ρ). Θεωρώ ότι τα έσοδα και τα έξοδα ακολουθούν τον ίδιο ετήσιο ρυθμό αύξησης που είναι ο πληθωρισμός, άρα η συνολική ταμειακή ροή για κάθε έτος j δίνεται από τη σχέση:

$$B_j = B_1(1 + \rho)^{j-1} \quad (5)$$

Φυσικά είμαστε υποχρεωμένοι να μεταφέρουμε και τους ετήσιους ισολογισμούς B_j σε παρούσες τιμές εμπλέκοντας πάλι το επιτόκιο αναγωγής i . Έτσι μόνο θα γίνει σωστά η σύγκριση της επένδυσής μας με τα ετήσια έσοδα-έξοδα. Άρα τελικά η συνολική ταμειακή ροή για κάθε έτος j δίνεται από τον τύπο:

$$B_j = \frac{B_1(1 + \rho)^{j-1}}{(1 + i)^j} \quad (6)$$

Αφού υπολογιστεί η ετήσια χρηματοροή για τα 25 (ή50) χρόνια ζωής της μονάδας, μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της συνολικής καθαρής παρούσας αξίας.

$$NPV = \sum_1^n B_j - I \quad (7)$$

Όπου n η οικονομική ζωή της επένδυσης και I το αρχικό κόστος επένδυσης.

Σε περίπτωση που:

- $NPV \geq 0 \rightarrow$ Η επένδυση θα αποφέρει κέρδος στον επενδυτή στο μέλλον
- $NPV < 0 \rightarrow$ Η επένδυση θα αποβεί ζημιογόνα για τον επενδυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν τα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων και τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας. Ο αναγνώστης μπορεί να καταφύγει στο Κεφάλαιο 3 «Μαθηματικό μοντέλο» για να δει λεπτομέρειες για την ανάλυση της Καθαρής παρούσας αξίας (NPV) και τον υπολογισμό αυτής. Για την επίλυση των εξισώσεων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα mathcad.. Επιπλέον, θα δοθούν σε πίνακες τα δεδομένα με τις τιμές τους για όλες τις επιμέρους περιπτώσεις.

4.1 ΔΟΜΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΔΙΚΩΝ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΑΝ

Το mathcad είναι ένα πρόγραμμα υπολογισμού ιδιαίτερα εύχρηστο και φιλικό προς το χρήστη. Είναι πολύ χρήσιμο ως ερευνητικό εργαλείο και παρέχει τεράστιες δυνατότητες.

Για να μπορέσει ο χρήστης να επιλύσει μια διεργασία στο mathcad θα πρέπει αρχικά να ορίσει όλες τις μεταβλητές. Η κάθε μεταβλητή μπορεί να οριστεί μόνο μια φορά και το όνομά της δεν θα πρέπει να υπάρχει στο αρχείο των εντολών του προγράμματος. Αφού οριστούν οι μεταβλητές ακολουθεί η επίλυση των εξισώσεων για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας, γίνονται οι αναλύσεις ευαισθησίας. Για κάθε μεταβλητή και σχεδιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα. Τα αρχεία παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα.

4.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

4.2.1 Γενικά δεδομένα για τον Τιτάνα και για τις μελλοντικές τιμές των εκπομπών CO₂

Σύμφωνα με τον Πρεζζάνη Ιωάννη και με το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής

- αποφασίστηκε μείωση κατά 6,5 εκ.t ισοδύναμου CO₂ ή 8,5% στο σύνολο (Απόφαση Ε.Ε. 29/11/06)
- Άγνωστο πως θα επιμερισθεί στις εγκαταστάσεις
- Αν το ποσοστό ισχύσει και εφαρμοσθεί αναλογικά σε όλες τις εγκαταστάσεις για τον ΤΙΤΑΝ σημαίνει απώλεια 300.000 t κλίνκερ ή 400.000 t τσιμέντου ή απώλεια εσόδων της τάξεως των 25 εκ. €y

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

| | 2008-2012 (προσωρινό) | 2008-2012 (-8.5%) Υποθετικό σενάριο | Διαφορά |
|--------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ | tCO₂eq | tCO₂eq | tCO₂eq |
| Καμάρι Βοιωτίας | 2.050.832 | 1.876.394 | -174.160 |
| Δρέπανο Αχαΐας | 1.064.531 | 974.117 | -90.414 |
| Νέα Ευκαρπία | 1.235.952 | 1.130.979 | -104.973 |
| Ελευσίνα | 143.457 | 131.273 | -12.184 |
| Σύνολο | 4.494.494 | 4.112.763 | -381.731 |

Πίνακας: Προβλέψεις για τις τιμές των εκπομπών CO₂ σε (\$2007)

| Year | Low | Mid | High |
|------|---------|---------|---------|
| 2013 | \$10.00 | \$15.00 | \$30.00 |
| 2014 | \$10.80 | \$17.30 | \$32.30 |
| 2015 | \$11.50 | \$19.50 | \$34.50 |
| 2016 | \$12.30 | \$21.80 | \$36.80 |
| 2017 | \$13.00 | \$24.00 | \$39.00 |
| 2018 | \$13.80 | \$26.30 | \$41.30 |
| 2019 | \$14.50 | \$28.50 | \$43.50 |
| 2020 | \$15.30 | \$30.80 | \$45.80 |
| 2021 | \$16.00 | \$33.10 | \$48.10 |
| 2022 | \$16.80 | \$35.30 | \$50.30 |
| 2023 | \$17.50 | \$37.60 | \$52.60 |
| 2024 | \$18.30 | \$39.80 | \$54.80 |
| 2025 | \$19.00 | \$42.10 | \$57.10 |
| 2026 | \$19.80 | \$44.30 | \$59.30 |
| 2027 | \$20.50 | \$46.60 | \$61.60 |
| 2028 | \$21.30 | \$48.80 | \$63.80 |
| 2029 | \$22.00 | \$51.10 | \$66.10 |
| 2030 | \$22.80 | \$53.40 | \$68.40 |

ΠΗΓΗ: Synapse 2008 CO₂ Price Forecasts

4.2.2. Δεδομένα ίδια για κάθε περίπτωση:

Εταιρία: **Greenfuel Corporation** (<http://www.greenfuelonline.com/>)

Κόστος επένδυσης I: **92 εκατομύρια €**

Χρόνος ζωής της επένδυσης n : **25 έτη** (μπορεί να φτάσει τα 50 σε περίπτωση επέκτασής της)

Έκταση μονάδας: **100 εκτάρια** (=10⁶m², με σκοπό την επέκταση της μονάδας στο μέλλον στα 500 εκτάρια)

Σταθερά κόστη μονάδας Cf: **20% I**

- ✓ Για κάθε περίπτωση θεωρώ ότι έχουν επιτευχθεί οι βέλτιστες συνθήκες για την ανάπτυξη της άλγης και ότι έχω 100% δέσμευση του CO_2 από την άλγη.
- ✓ Το κόστος παραγωγής της μικροάλγης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως το είδος της άλγης, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα CO_2 και η γεωγραφική θέση. Το **0.35 €kg** που αναφέρω παραπάνω δεν είναι το ακριβές κόστος αλλά μια μέση τιμή.
- ✓ Δεδομένου ότι η βιομάζα της μικροάλγης περιέχει περίπου 50% άνθρακα (επί ξηρού βάρους), για την παραγωγή **100 τόνων** βιομάζας απορροφούνται **183 τόνοι CO_2** , που χορηγούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας (φωτοσύνθεση), μέσω συστήματος ειδικών αισθητήρων, για ελαχιστοποίηση των απωλειών CO_2 . Στη συνέχεια, το παραγόμενο οξυγόνο απομακρύνεται (συλλέγεται) με τη βοήθεια άλλων αισθητήρων, ώστε να μη σημειώνονται υπερβολικές συγκεντρώσεις που μπορούν να γίνουν τοξικές. Κατα την παραγωγή **100 τόνων** βιομάζας παράγονται **160 τόνοι O_2** , το οποίο διοχετεύεται στο θάλαμο καύσης ώστε να έχουμε καλύτερη καύση.
- ✓ Θεωρώ ότι η μονάδα θα λειτουργεί 315 μέρες το χρόνο, τις υπόλοιπες θα σταματάει η λειτουργία της για λόγους συντήρησης. Η περίοδος συντήρησης θα συμπίπτει με την περίοδο συντήρησης της τσιμεντοβιομηχανίας.
- ✓ Οι φωτοβιοαντιδραστήρες μπορούν να λειτουργούν μέχρι 16 ώρες ημερησίως τις υπόλοιπες είναι απαραίτητη η ανάπαυση της καλλιέργειας διαφορετικά μπορεί να καταστραφεί. Τις μέρες με μειωμένη ηλιοφάνεια χρησιμοποιούνται για επιπλέον ακτινοβολία ειδικές λάμπες.
- ✓ ο ρυθμός παραγωγής της άλγης εξαρτάται από το είδος της, από τη θερμοκρασία και την εποχή (μεγαλύτερος το καλοκαίρι, μικρότερος το χειμώνα), από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που θα γίνει η μονάδα κι από τις τιμές της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας (PAR) οι τιμές που σημειώνονται στον παρακάτω πίνακα αποτελούν μια μέση τιμή.
- ✓ Σε όλους τους υπολογισμούς μετατροπής αμερικάνικου δολλαρίου (\$) σε ευρώ (€) έχω χρησιμοποιήσει την ισοτιμία Μαρτίου 1€= 1.2\$

Πίνακας χαρακτηριστικών των δύο τύπων μικροάλγης

| Είδος άλγης | Παραγωγικότητα ($g/m^2 * d$) | Ποσοστό σε πρωτεΐνη (%) | Ποσοστό σε υδατάνθρακα(%) | Ποσοστό σε λίπη(%) | Πηγή |
|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Nannochloropsis | 80 | 41 | 33 | 26 | John. R. Benemann |
| Spirulina | 30 | 46-63 | 8-14 | 4-9 | John. R. Benemann |

Επιπλέον, ανάλογα με την επεξεργασία και το είδος της άλγης τα παραπροϊόντα που προκύπτουν έχουν διαφορετική τιμή πώλησης.

Περίπτωση 1:

Είδος άλγης: Nannochloropsis

Από μελέτες που έχουν γίνει για την άλγη Nannochloropsis μετά την περισυλλογή της η σύστασή της είναι η εξής: 41% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, 26% περιεκτικότητα σε λίπη και 33% σε υδατάνθρακα.

Η βιομάζα του 24ώρου συλλέγεται με χρήση ειδικών μικροφίλτρων και με υπερφυγοκέντρηση της μάζας, υπο μορφή υδαρούς πάστας. Η «πάστα» αυτή αποδίδει φυτικό λάδι με πίεση κατα ένα ποσοστό, ενώ το υπόλοιπο εξάγεται με χημική κατεργασία (εξάνιο). Το στερεό κέικ που μένει είναι άριστη ζωοτροφή με πάρα πολλές βιταμίνες, ιχνοστοιχεία και άλλα θρεπτικά στοιχεία.

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΜΟΝΑΔΑ | ΤΙΜΗ | ΠΗΓΗ |
|---|---------------------|-----------------|--------------------------------|
| Κόστη παραγωγής μικροάλγης Mi | €/έτος | 0.5 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |
| Ώρες λειτουργίας μονάδας ετησίως | h | 5040 (315d*16h) | |
| Ημερήσια παραγωγικότητα pr | $g / (m^2 * day)$ | 80 | John. R. Benemann |
| Τιμή πώλησης βιοντήζελ Vacl | €/ kg | 0.90 | David Bayless Ohio University |
| Τιμή πώλησης ζωοτροφής Vζ | €/ kg | 2 | Εταιρία Protonex |
| Πυκνότητα βιοντήζελ pcl | $\frac{kg}{L}$ | 0.88 | David Bayless Ohio University |
| Ποσοστό άλγης που προορίζεται για ζωοτροφή fζ | % | 40 | Εταιρία protonex |
| Ποσοστό άλγης που προορίζεται για fcl | % | 60 | Εταιρία protonex |
| CO ₂ offsets Si | €/T CO ₂ | 15 | Point Carbon (παλαιότερη τιμή) |
| Επιτόκιο αναγωγής i | % | 5 | Τόλης Αθανάσιος |
| Ποσοστό CO ₂ που δεσμεύεται για κάθε kg παραγόμενης άλγης dCO₂ | tnCO _{2eq} | 1.8 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |

Περίπτωση 2:

Είδος άλγης: Nannochloropsis

Το μόνο στοιχείο που διαφοροποιεί την περίπτωση 2 από την 1 είναι το κόστος παραγωγής της άλγης. Επέλεξα να το μελετήσω σαν ξεχωριστή περίπτωση επειδή παρατήρησα ότι επηρεάζει καθοριστικά την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης.

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΜΟΝΑΔΑ | ΤΙΜΗ | ΠΗΓΗ |
|--|---------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Κόστη παραγωγής μικροάλγης Mi | €/έτος | 0.35 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |
| Ώρες λειτουργίας μονάδας ετησίως | h | 5040 (315d*16h) | |
| Ημερήσια παραγωγικότητα pr | $g / (m^2 * day)$ | 80 | John. R. Benemann |
| Τιμή πώλησης βιοντήζελ Vacl | €/ kg | 0.90 | David Bayless Ohio University |
| Τιμή πώλησης ζωοτροφής Vζ | €/ kg | 2 | Εταιρία Protonex |
| Πυκνότητα βιοντήζελ pcl | $\frac{kg}{L}$ | 0.88 | David Bayless Ohio University |
| Ποσοστό άλγης που προορίζεται για ζωοτροφή fζ | % | 40 | Εταιρία protonex |
| Ποσοστό άλγης που προορίζεται για fcl | % | 60 | Εταιρία protonex |
| CO ₂ offsets Si | €/T CO ₂ | 15 | Point Carbon (παλαιότερη τιμή) |
| Επιτόκιο αναγωγής i | % | 5 | Τόλης Αθανάσιος |
| Ποσοστό CO ₂ που δεσμεύεται για κάθε kg παραγόμενης άλγης dCO₂ | | 1.8 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |

Περίπτωση 3:

Είδος άλγης: Spirulina

Η spirulina είναι πολυκύτταρη, ινώδης μπλε-πράσινη άλγη, η παραγωγή της οποίας σε εμπορική κλίμακα έχει διαδοθεί πολύ τα τελευταία χρόνια. Έχει σχετικά υψηλό ρυθμό παραγωγής και μεγάλη εμπορική αξία, ενώ η ινώδης φύση της μειώνει το κόστος της συγκομιδής της. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος για τη συγκομιδή της spirulina σε εμπορική κλίμακα είναι με διήθηση. Η βαρυτική διήθηση (gravity filtration) γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας δυο φίλτρα. Πρώτα, ένα φίλτρο 25-mesh για την απομάκρυνση όλων των ινών των απομεινάρων που βρίσκονται στο νερό (φύλλα, έντομα κλπ) και στη συνέχεια ένα φίλτρο 60-mesh που κάνει το harvest της βιομάζας. Vibrating screens μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την απόδοση της διήθησης. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μπορεί να προκληθεί φθορά των κυττάρων λόγω της μεταξύ τους τριβής. Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας αποτελεί η ξήρανση. Στην περίπτωση της spirulina χρησιμοποιείται η μέθοδος spray drying, η οποία αν και έχει υψηλό αρχικό και λειτουργικό κόστος, έχει το πλεονέκτημα ότι το τελικό προϊόν είναι καθαρό και ασφαλές. Η τιμή πώλησης της spirulina το 1984 ήταν 10,000\$/τόνο, αν θεωρήσουμε μια αύξηση της τιμής 5% το χρόνο, τότε η τρέχουσα τιμή για υψηλής ποιότητας spirulina είναι 32,000\$/τόνο. Αυτό αποτελεί μια πολύ συντηρητική εκτίμηση.

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΜΟΝΑΔΑ | ΤΙΜΗ | ΠΗΓΗ |
|--|-----------------------------------|-----------------|--|
| Μεταβλητά κόστη Mi | €/έτος | 0.35 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |
| Ώρες λειτουργίας μονάδας ετησίως | H | 5040 (315d*16h) | |
| Ημερήσια παραγωγικότητα pr | g /(<i>m² * day</i>) | 30 | John. R. Benemann |
| Τιμή πώλησης σπιρουλίνας | €/kg | 26.6 | Valuable products from biotechnology of microalgae |
| Ποσοστό άλγης που προορίζεται για πώληση fsp | % | 100 | |
| CO ₂ offsets Si | €/T CO ₂ | 15 | Point Carbon (παλαιότερη τιμή) |
| Επιτόκιο αναγωγής i | % | 5 | Τόλης Αθανάσιος |
| Ποσοστό CO ₂ που δεσμεύεται για κάθε kg παραγόμενης άλγης dCO₂ | | 1.8 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |

Περίπτωση 4:

Είδος άλγης: Nannochloropsis και Spirulina

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΜΟΝΑΔΑ | ΤΙΜΗ | ΠΗΓΗ |
|---|-------------------|-----------------|--|
| Κόστη παραγωγής μικροάλγης Mi | €έτος | 0.35 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |
| Ώρες λειτουργίας μονάδας ετησίως | H | 5040 (315d*16h) | |
| Ημερήσια παραγωγικότητα σπιρουλίνας pr₁ | $g / (m^2 * day)$ | 30 | John. R. Benemann |
| Ημερήσια παραγωγικότητα Nannochloropsis pr₂ | $g / (m^2 * day)$ | 80 | John. R. Benemann |
| Τιμή πώλησης βιοντήζελ Vacl | €/ kg | 0.90 | David Bayless Ohio University |
| Τιμή πώλησης ζωοτροφής Vζ | €/ kg | 2 | Εταιρία Protonex |
| Πυκνότητα βιοντήζελ pcl | $\frac{kg}{L}$ | 0.88 | David Bayless Ohio University |
| Ποσοστό άλγης που προορίζεται για ζωοτροφή fζ | % | 40 | Εταιρία protonex |
| Ποσοστό άλγης που προορίζεται για fcl | % | 60 | Εταιρία protonex |
| Τιμή πώλησης σπιρουλίνας | €kg | 26.6 | Valuable products from biotechnology of microalgae |
| Ποσοστό άλγης που | | | |

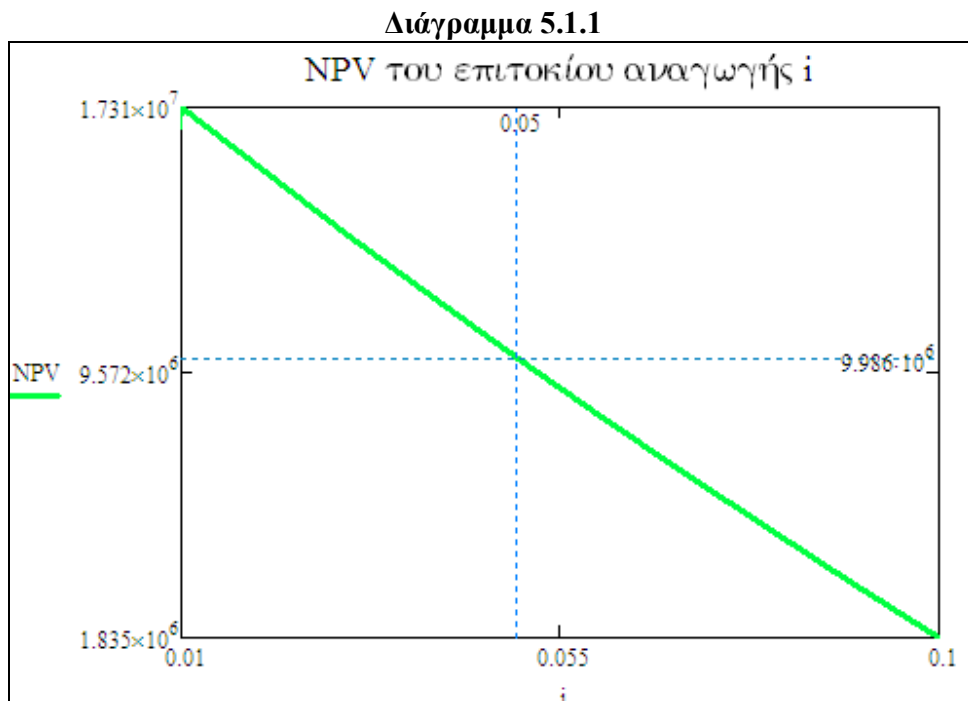
| | | | |
|--|--------------------|-----|-----------------------------------|
| προορίζεται για πώληση fsp | % | 100 | |
| CO ₂ offsets Si | €T CO ₂ | 15 | Point Carbon (παλαιότερη τιμή) |
| Επιτόκιο αναγωγής i | % | 5 | Τόλης Αθανάσιος |
| Ποσοστό CO ₂ που δεσμεύεται για κάθε kg παραγόμενης άλγης dCO₂ | | 1.8 | Δρ Τσιρόπουλος Γιώργος |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

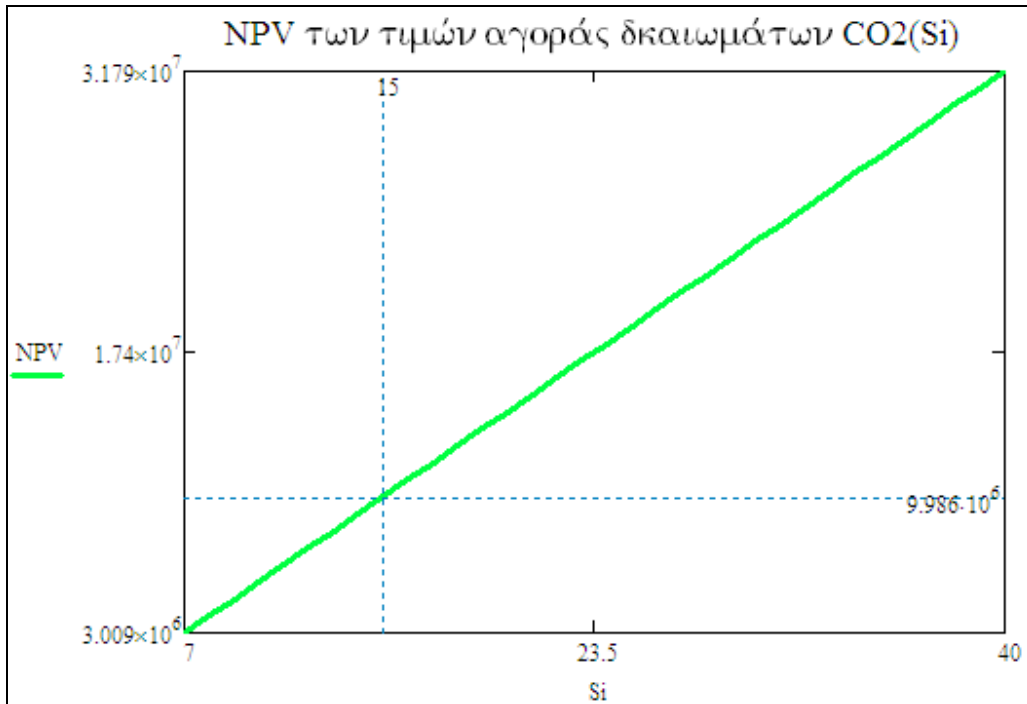
Στο ακόλουθο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Ευαισθησίας της επένδυσης που έγιναν με τη χρήση του προγράμματος Mathcad υπό μορφή διαγραμμάτων. Παράλληλα ακολουθεί σύντομος σχολιασμός τους.

5.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1



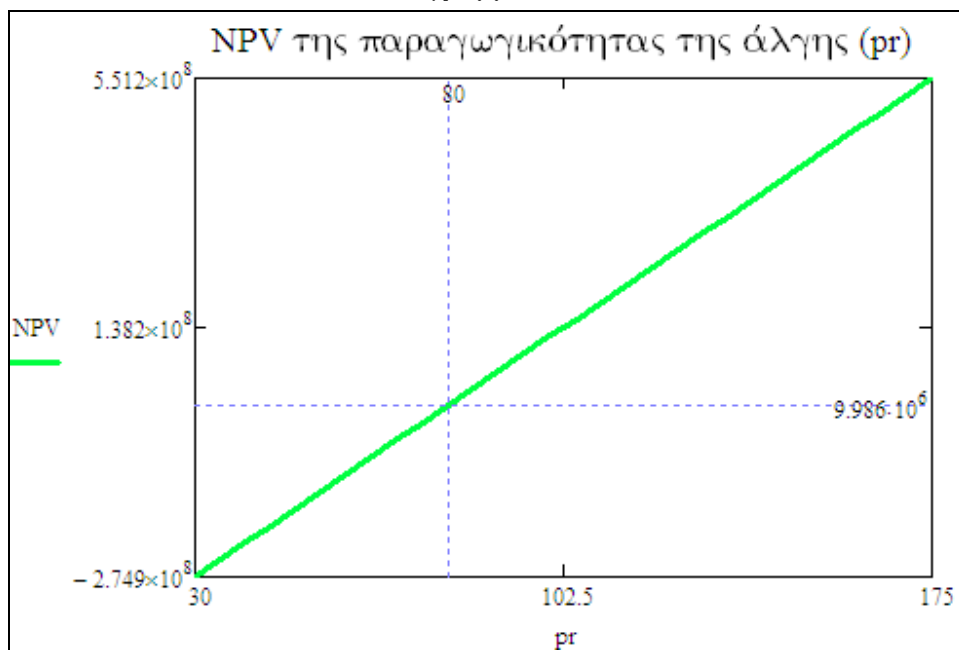
- **NPV**: Ανάλυση ευαισθησίας με μεταβλητή το επιτόκιο αναγωγής i
- **i** : το επιτόκιο αναγωγής
- Στο **Διάγραμμα 5.1.1** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την πιθανή τιμή που μπορεί να έχει το επιτόκιο αναγωγής τα επόμενα χρόνια. Ακόμα και στη δυσμενέστερη περίπτωση που το επιτόκιο αναγωγής παίρνει την τιμή 10% η NPV βγαίνει θετική που σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα σε κάθε περίπτωση.

Διάγραμμα 5.1.2



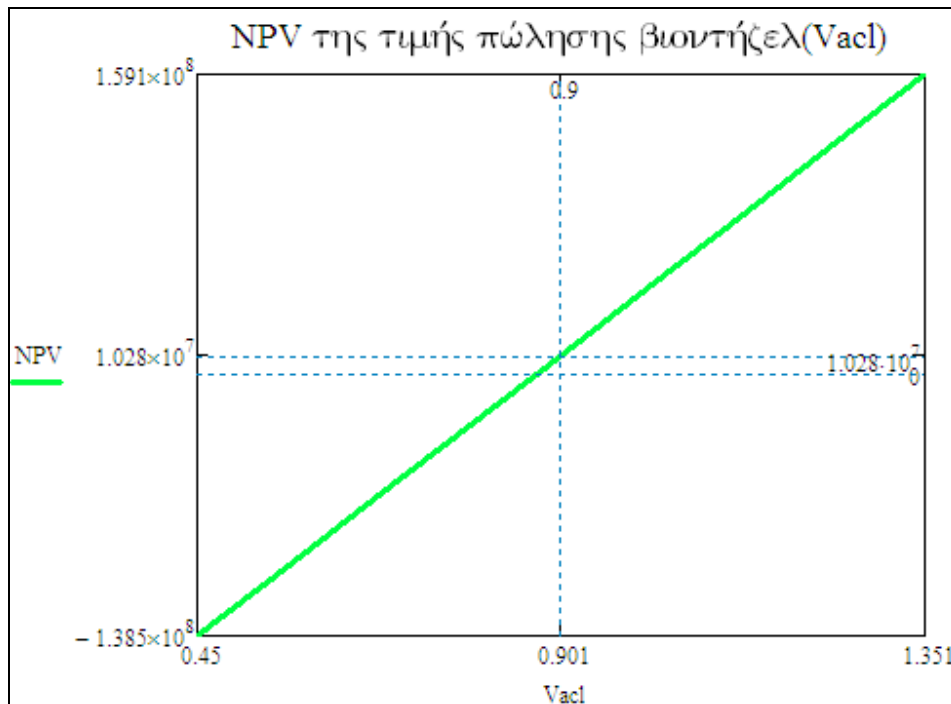
- Στο **Διάγραμμα 5.1.2** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την πιθανή τιμή που μπορεί να έχουν τα δικαιώματα εκπομπής CO₂.

Διάγραμμα 5.1.3



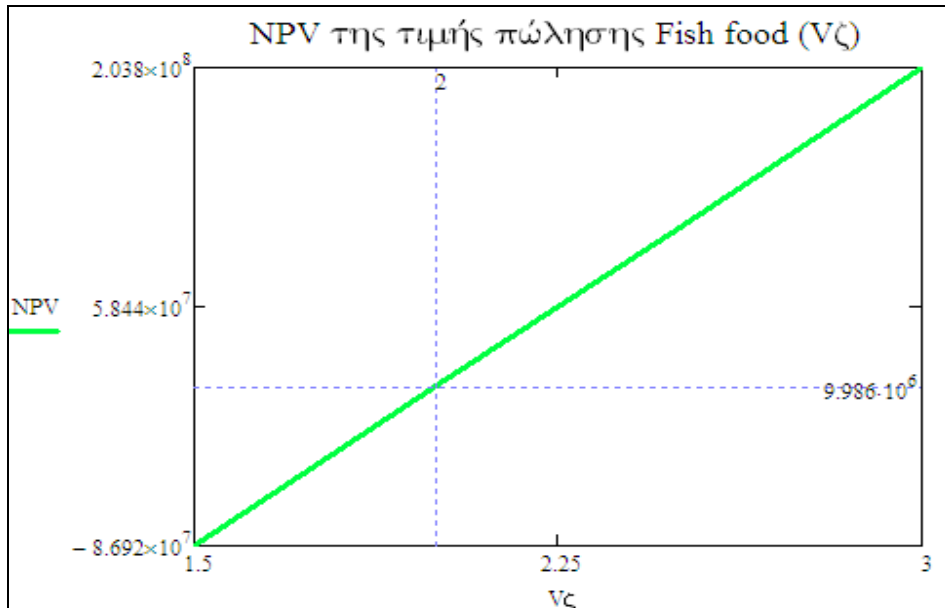
- Στο **Διάγραμμα 5.1.3** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την ημερίσια παραγωγικότητα της άλγης.

Διάγραμμα 5.1.4



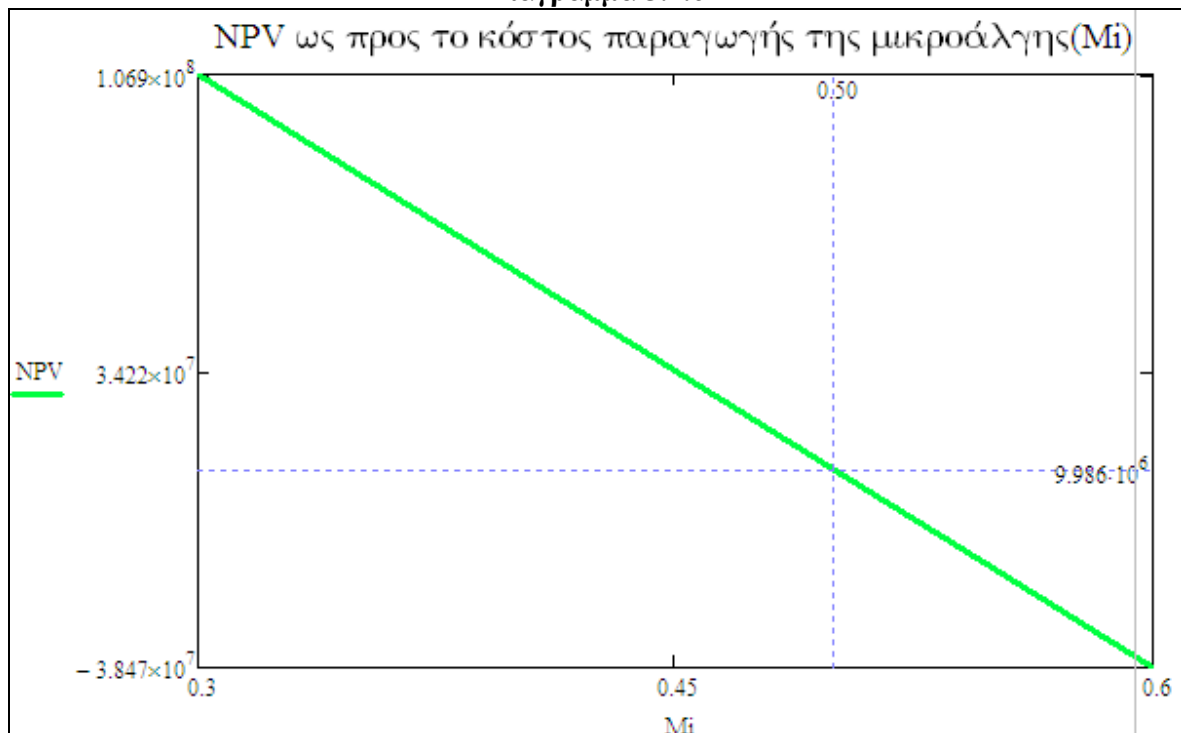
- Στο **Διάγραμμα 5.1.4** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την πιθανή τιμή πώλησης του βιοντήζελ. Η τιμή αυτή επηρεάζεται αρκετά από την υπάρχουσα οικονομική κατάσταση για αυτό και η μελλοντική τιμή της είναι αρκετά αβέβαιη.

Διάγραμμα 5.1.5



- Στο **Διάγραμμα 5.1.5** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την πιθανή τιμή πώλησης του fish food.

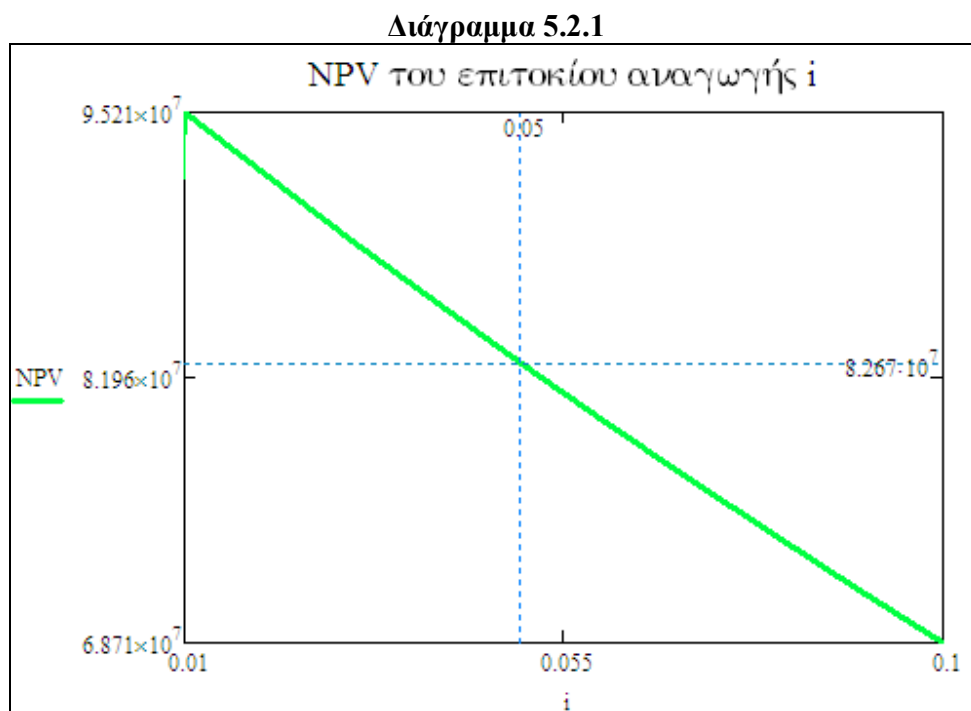
Διάγραμμα 5.1.6



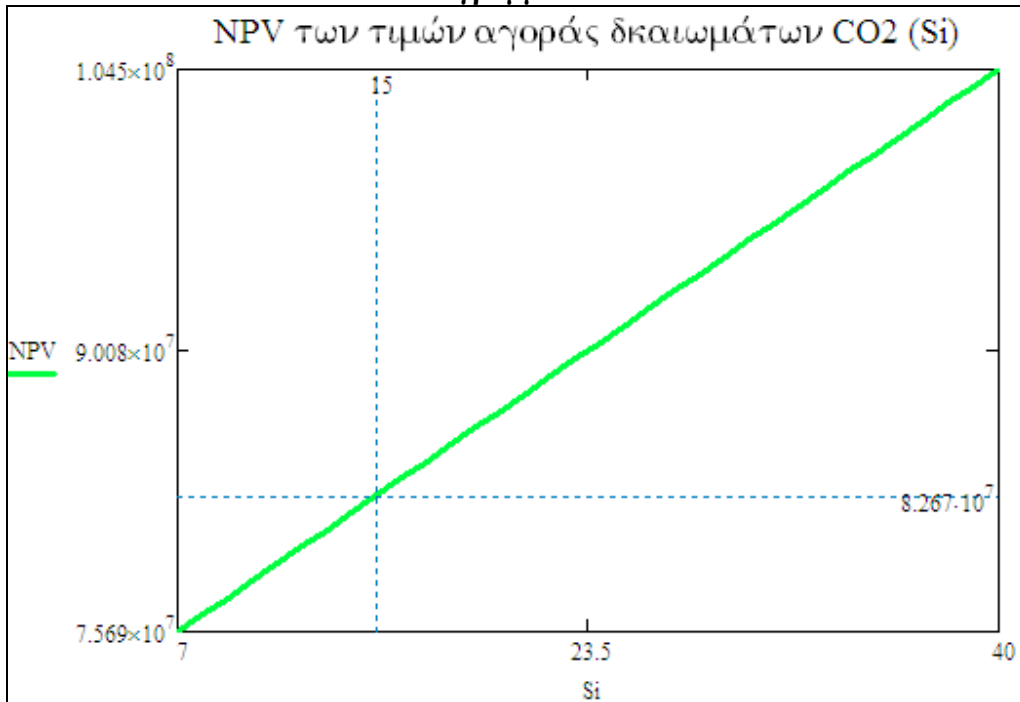
- Στο **Διάγραμμα 5.1.6** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με το κόστος παραγωγής της, το οποίο καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης.

5.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2

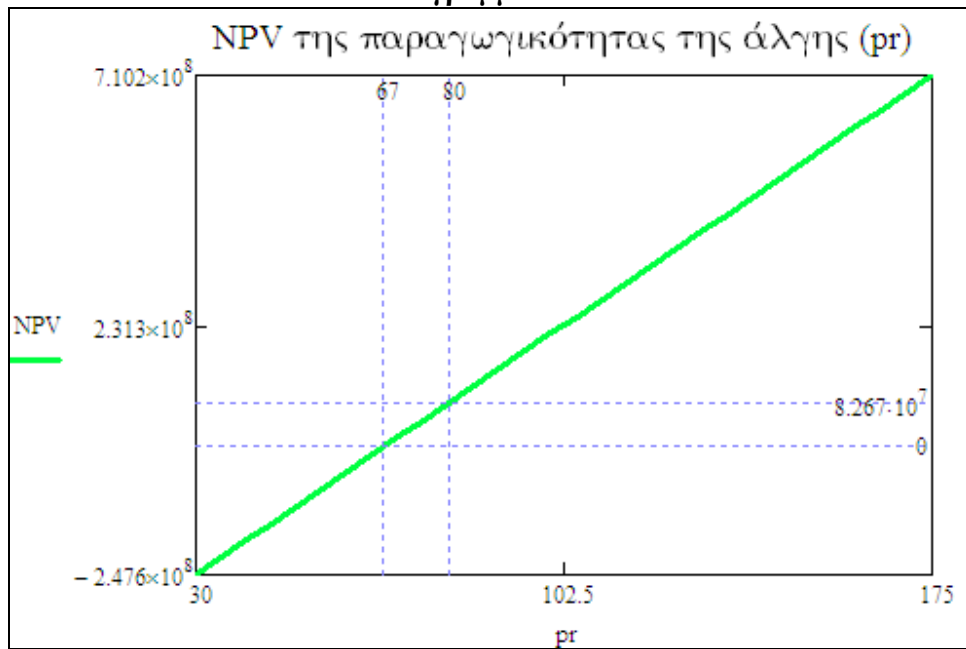
Τα διαγράμματα στην περίπτωση αυτή είναι ακριβώς τα αντίστοιχα με την παραπάνω περίπτωση.



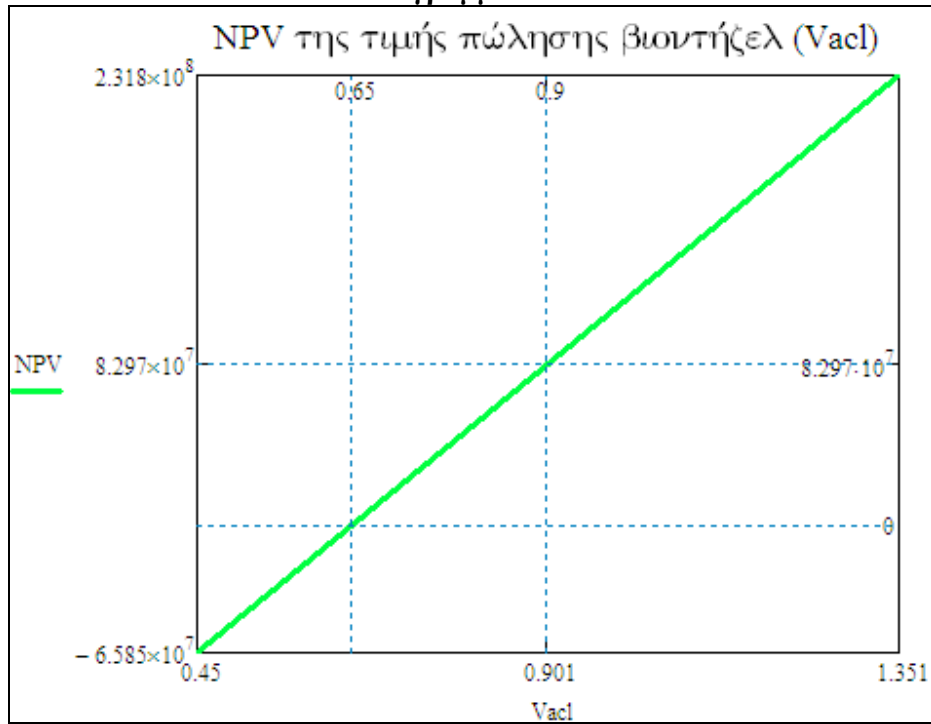
Διάγραμμα 5.2.2



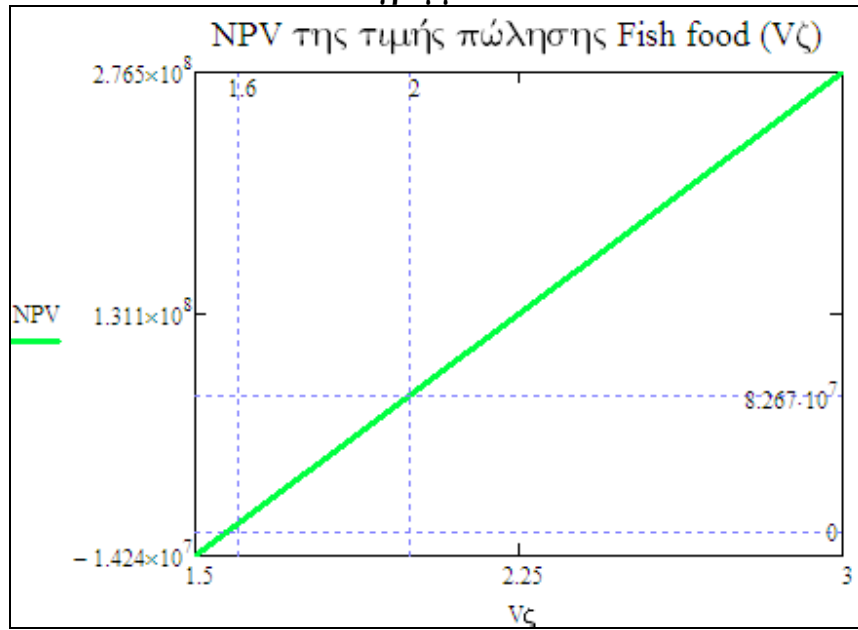
Διάγραμμα 5.2.3



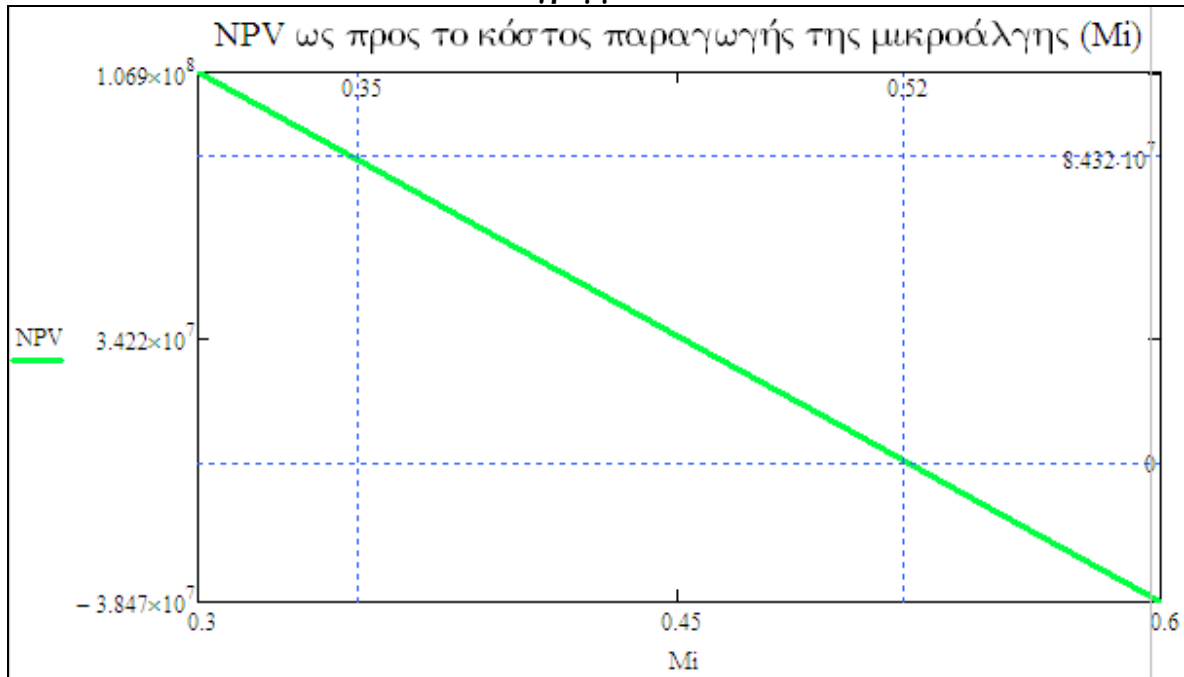
Διάγραμμα 5.2.4



Διάγραμμα 5.2.5

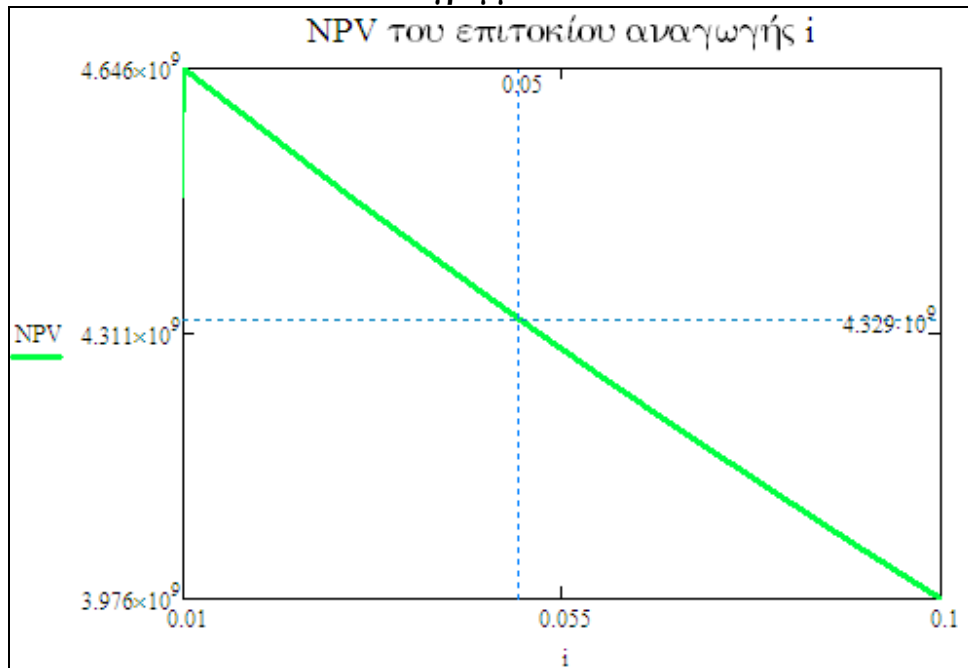


Διάγραμμα 5.2.6

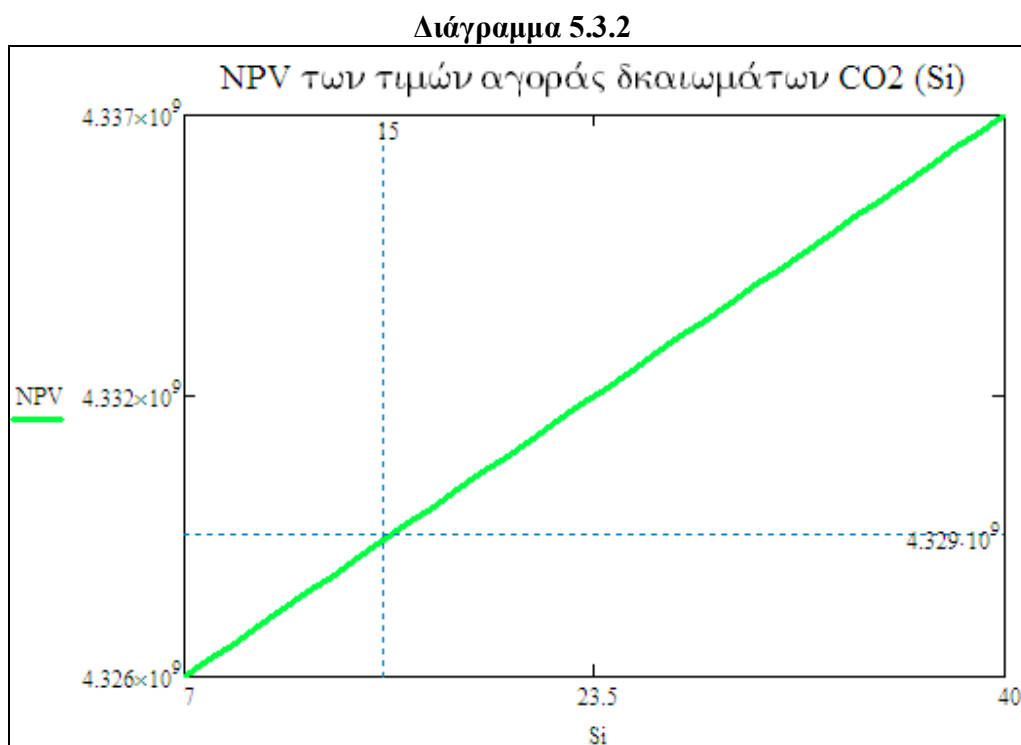


5.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3

Διάγραμμα 5.3.1

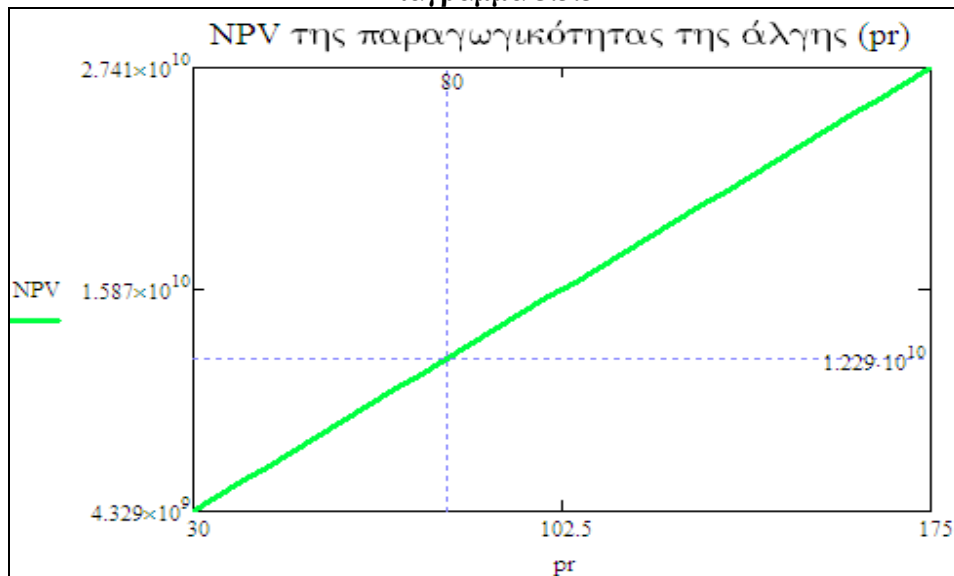


- **NPV:** Ανάλυση ευαισθησίας με μεταβλητή το επιτόκιο αναγωγής i
- **i :** το επιτόκιο αναγωγής
- Στο **Διάγραμμα 5.3.1** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την πιθανή τιμή που μπορεί να έχει το επιτόκιο αναγωγής τα επόμενα χρόνια. Όπως και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις έτσι και σε αυτή ακόμα και στη δυσμενέστερη περίπτωση που το επιτόκιο αναγωγής παίρνει την τιμή 10% η NPV βγαίνει θετική που σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα σε κάθε περίπτωση.



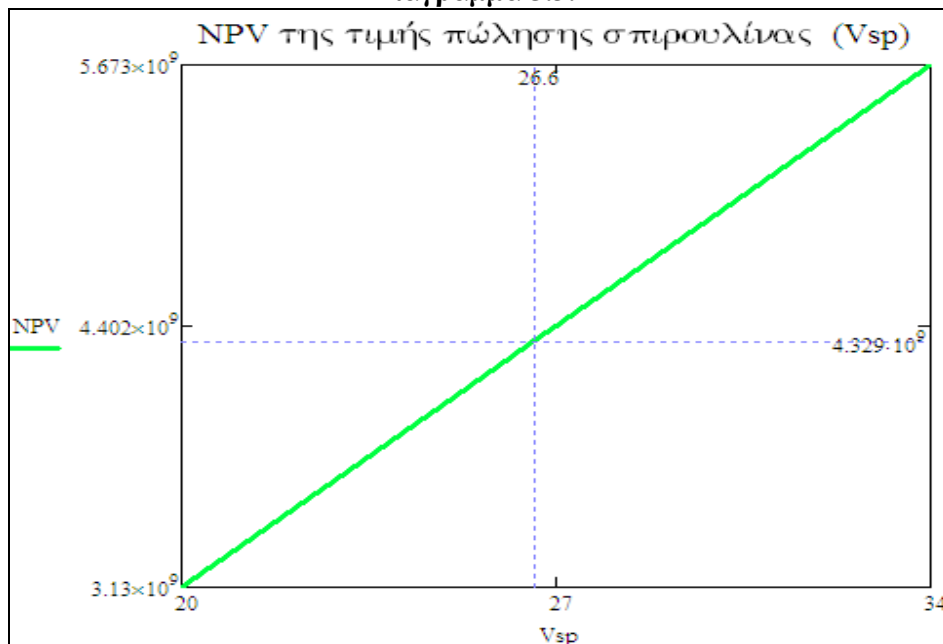
- Στο **Διάγραμμα 5.3.2** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την πιθανή τιμή που μπορεί να έχουν τα δικαιώματα εκπομπής CO₂.

Διάγραμμα 5.3.3

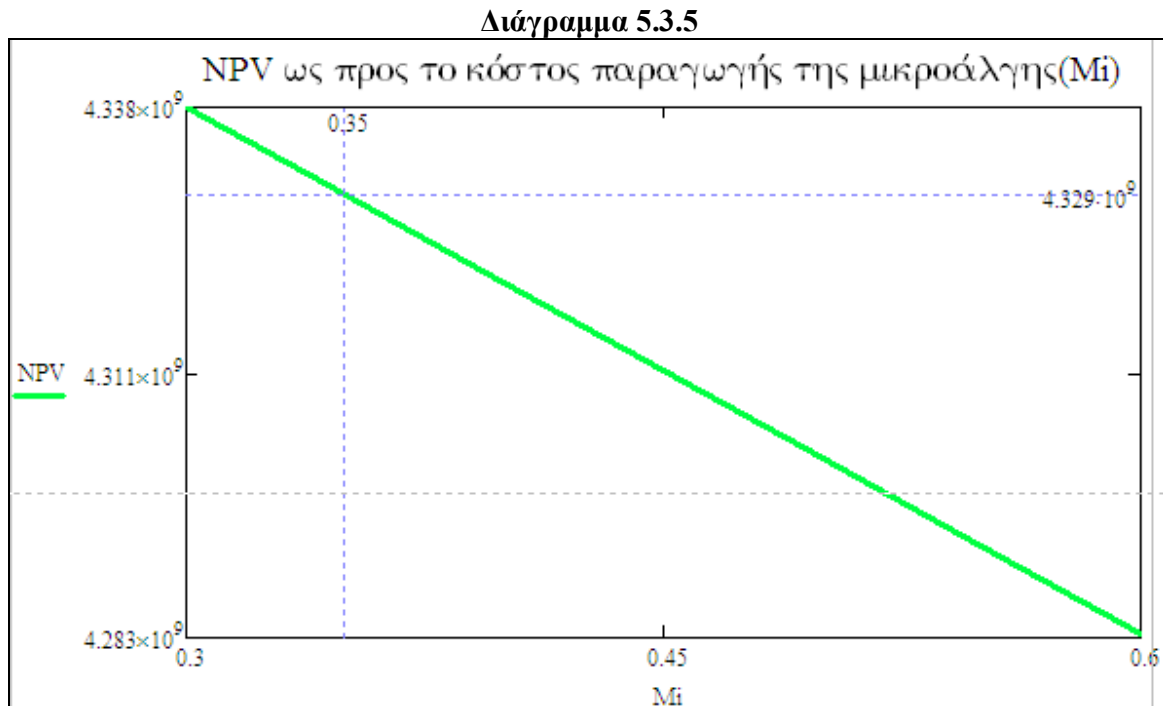


- Στο **Διάγραμμα 5.3.3** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την ημερίσια παραγωγικότητα της άλγης. Η σπιρουλίνα παρουσιάζει μέχρι στιγμής μικρότερη ημερίσια παραγωγικότητα από την άλγη *Nannochloropsis*, αλλά γίνονται προσπάθειες βελτιστοποίησης των συνθηκών ανάπτυξής της, ώστε να επιτυχθεί η μέγιστη δυνατή παραγωγικότητα.

Διάγραμμα 5.3.4



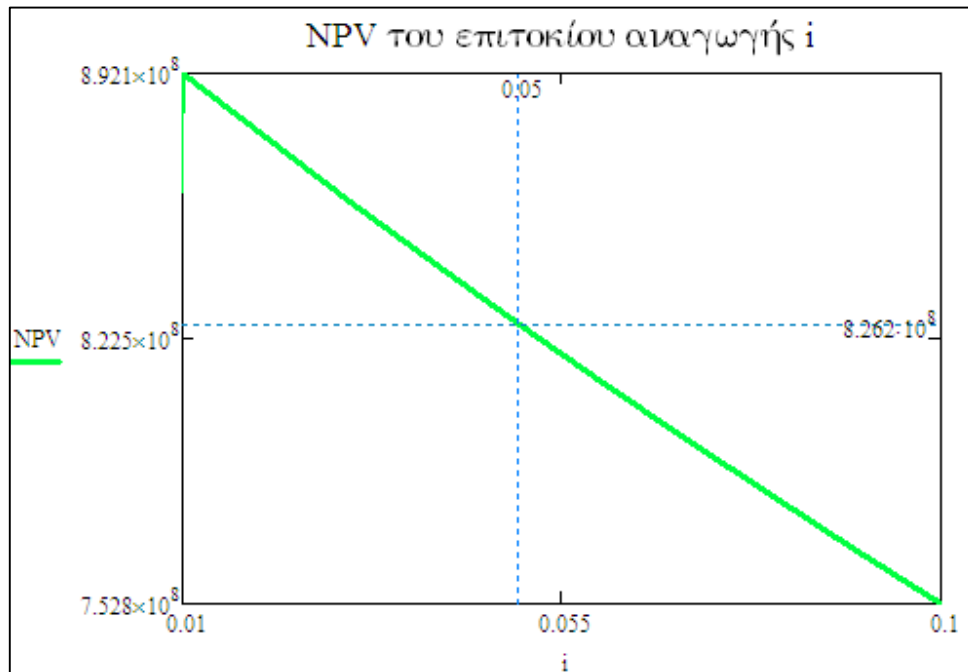
- Στο **Διάγραμμα 5.3.4** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με την πιθανή τιμή πώλησης του σπιρουλίνας.



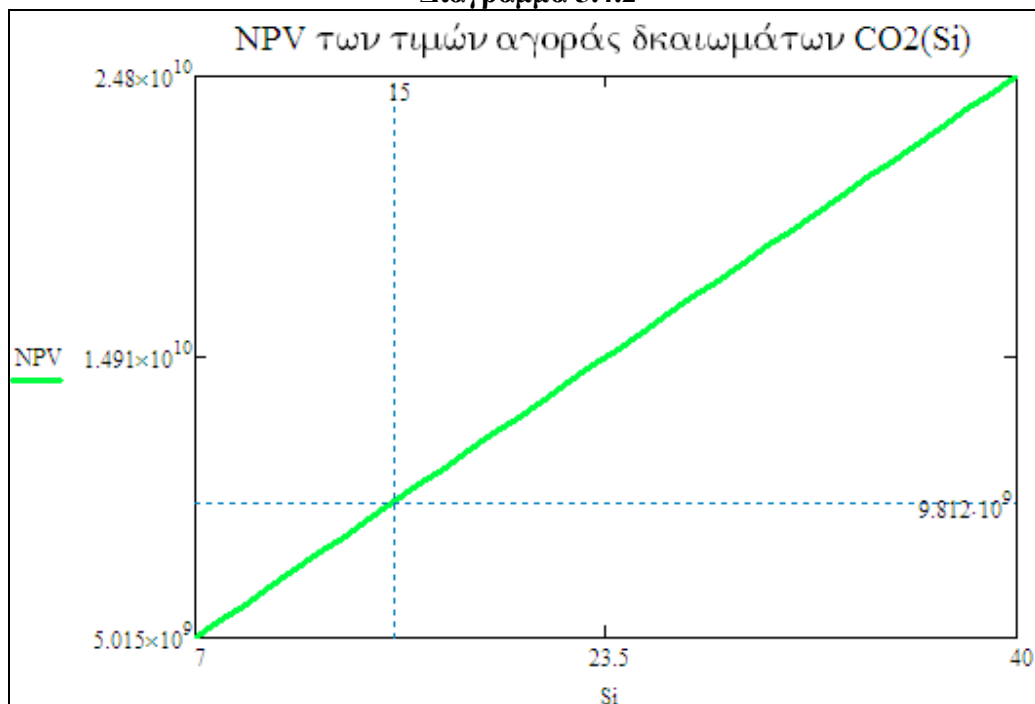
- Στο **Διάγραμμα 5.3.5** παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας ανάλογα με το κόστος παραγωγής της, το οποίο καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης. Γενικά η σπιρουλίνα έχει χαμηλότερα κόστη παραγωγής συγκρινόμενη με άλλα είδη άλγης. Η μορφή του κυττάρου της διευκολύνει την περισυλλογή της μειώνοντας τα κόστη παραγωγής της.

5.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4

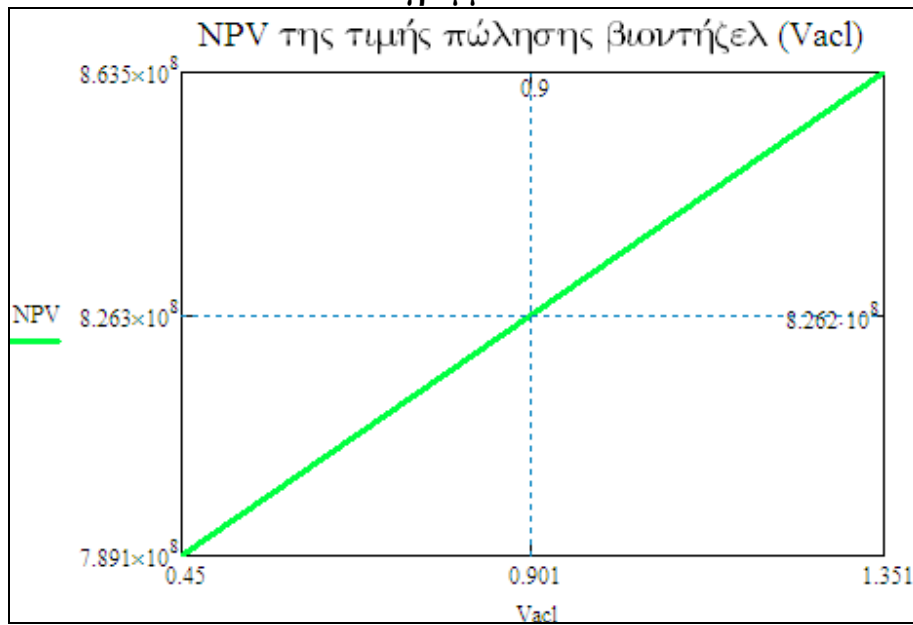
Διάγραμμα 5.4.1



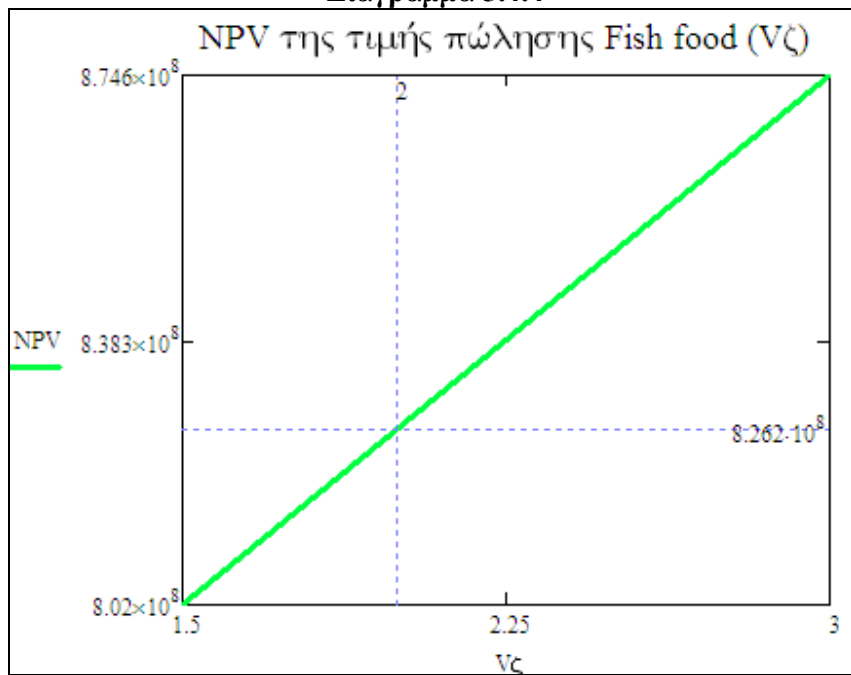
Διάγραμμα 5.4.2



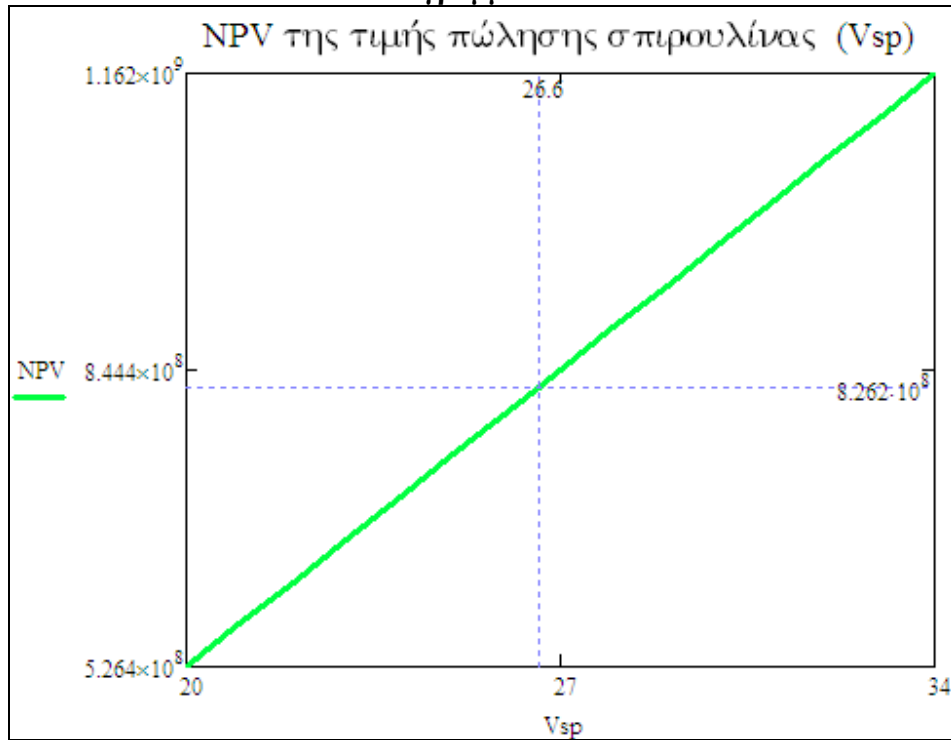
Διάγραμμα 5.4.3



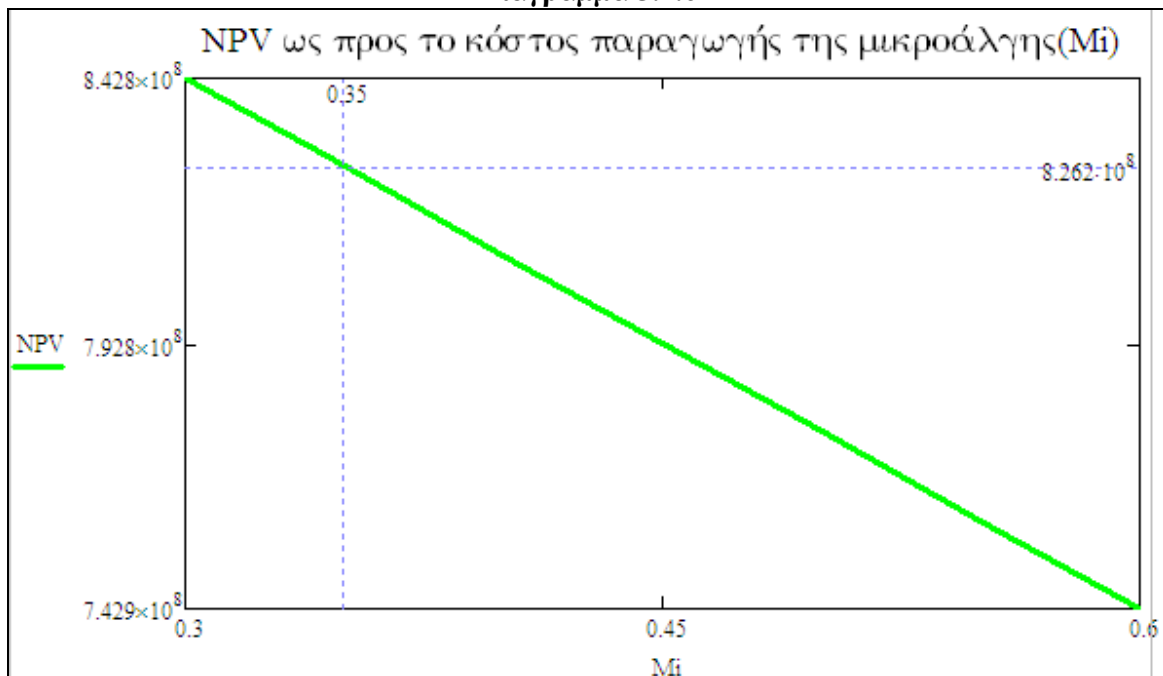
Διάγραμμα 5.4.4



Διάγραμμα 5.4.5



Διάγραμμα 5.4.6



5.5 ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Πίνακας 5.1: Μέγιστη και ελάχιστη τιμή της κάθε μεταβλητής που προκύπτει κατά την ανάλυση ευαισθησίας σε κάθε περίπτωση

| Μεταβλητή i | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | 0.01 | 0.1 |
| NPV για περίπτωση 1 | $1.731 \cdot 10^7$ | $1.835 \cdot 10^6$ |
| NPV για περίπτωση 2 | $9.521 \cdot 10^7$ | $6.871 \cdot 10^7$ |
| NPV για περίπτωση 3 | $4.646 \cdot 10^9$ | $3.976 \cdot 10^9$ |
| NPV για περίπτωση 4 | $8.921 \cdot 10^8$ | $7.528 \cdot 10^8$ |
| Μεταβλητή CO₂ | 7 €/t CO ₂ | 40€/t CO ₂ |
| NPV για περίπτωση 1 | $1.731 \cdot 10^7$ | $3.179 \cdot 10^7$ |
| NPV για περίπτωση 2 | $7.569 \cdot 10^7$ | $1.045 \cdot 10^8$ |
| NPV για περίπτωση 3 | $4.326 \cdot 10^9$ | $4.337 \cdot 10^9$ |
| NPV για περίπτωση 4 | $5.015 \cdot 10^9$ | $2.48 \cdot 10^{10}$ |
| Μεταβλητή pr | 30 g/m ² *day | 175 g/m ² *day |
| NPV για περίπτωση 1 | $-2.749 \cdot 10^8$ | $5.512 \cdot 10^8$ |
| NPV για περίπτωση 2 | $-2.476 \cdot 10^8$ | $7.102 \cdot 10^8$ |
| NPV για περίπτωση 3 | $4.329 \cdot 10^9$ | $2.741 \cdot 10^{910}$ |
| NPV για περίπτωση 4 | - | - |
| Μεταβλητή Vacl | 0.45 € | 1.35 € |
| NPV για περίπτωση 1 | $-1.385 \cdot 10^8$ | $1.591 \cdot 10^8$ |
| NPV για περίπτωση 2 | $-6.585 \cdot 10^7$ | $2.318 \cdot 10^8$ |
| NPV για περίπτωση 3 | - | - |
| NPV για περίπτωση 4 | $7.891 \cdot 10^8$ | $8.653 \cdot 10^8$ |
| Μεταβλητή Vζ | 1.5 € | 3 € |
| NPV για περίπτωση 1 | $-8.692 \cdot 10^7$ | $2.038 \cdot 10^8$ |
| NPV για περίπτωση 2 | $-1.424 \cdot 10^7$ | $2.765 \cdot 10^8$ |
| NPV για περίπτωση 3 | - | - |
| NPV για περίπτωση 4 | $8.02 \cdot 10^8$ | $8.746 \cdot 10^8$ |
| Μεταβλητή Mi | 0.3 €/kg | 0.6 €/kg |
| NPV για περίπτωση 1 | $1.069 \cdot 10^8$ | $3.847 \cdot 10^7$ |
| NPV για περίπτωση 2 | $1.069 \cdot 10^8$ | $3.847 \cdot 10^7$ |
| NPV για περίπτωση 3 | $4.338 \cdot 10^9$ | $4.28 \cdot 10^9$ |
| NPV για περίπτωση 4 | $8.428 \cdot 10^8$ | $7.429 \cdot 10^8$ |
| Μεταβλητή Vacl | 20 €/kg | 34 €/kg |
| NPV για περίπτωση 3 | $3.13 \cdot 10^9$ | $5.673 \cdot 10^9$ |
| NPV για περίπτωση 4 | $5.264 \cdot 10^8$ | $1.162 \cdot 10^9$ |

Πίνακας 5.2: Οι παραγωγικότητες και το ποσό δέσμευσης CO₂ για κάθε περίπτωση

| | Ημερήσια παραγωγικότητα (pr σε g/m ²) | Ετήσια παραγωγικότητα (Pr σε kg) | Δέσμευση CO ₂ (T/έτος) |
|---------------|--|--|--------------------------------------|
| Περίπτωση I | 80 | 25.200.000 | 46.260 |
| Περίπτωση II | 80 | 25.200.000 | 46.260 |
| Περίπτωση III | 30 | 9.450.000 | 17.010 |
| Περίπτωση IV | 30 (για σπιρουλίνα) | 31185 | 31.185 |
| | 80 (για Nannochloropsis) | | |

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 5.1 η πρώτη περίπτωση είναι η λιγότερο κερδοφόρα και αυτή που επηρεάζεται περισσότερο από τυχούσες μεταβολές κάποιας μεταβλητής. Αν και με βάση τις αρχικές εκτιμήσεις των διαφόρων συντελεστών της επένδυσης η καθαρή παρούσα αξία βγαίνει θετική, αν μεταβληθούν λίγο κάποιες μεταβλητές το αποτέλεσμα μπορεί να είναι αρνητικό. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι για τιμή της παραγωγικότητας της άλγης μικρότερη από 80 g/m², της πώλησης του βιοντήζελ μικρότερη από 0.90€, της πώλησης του fish food μικρότερη από 2€ και του κόστους παραγωγής μεγαλύτερη από 0.55€/kg η καθαρή παρούσα αξία βγαίνει αρνητική κι επομένως η επένδυση θα αποβεί ζημιογόνα.

Η δεύτερη περίπτωση έχει ακριβώς τα ίδια δεδομένα με την πρώτη. Το μόνο που διαφέρει είναι το κόστος παραγωγής της μικροάλγης. Επιλέχθηκε να μελετηθεί σαν ξεχωριστή περίπτωση γιατί όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα το κόστος παραγωγής επηρεάζει σημαντικά το πόσο κερδοφόρα θα είναι η επένδυση. Φυσικά και είναι πιο κερδοφόρα από την πρώτη περίπτωση αφού το κόστος παραγωγής της άλγης έχει θεωρηθεί χαμηλότερο. Όμοια με την παραπάνω περίπτωση, από τις αναλύσεις ευαισθησίας φαίνεται ότι σε περίπτωση μεγάλης μεταβολής της τιμής της παραγωγικότητας της άλγης, της πώλησης του βιοντήζελ, της πώλησης του fish food και του κόστους παραγωγής η καθαρή παρούσα αξία μπορεί να γίνει αρνητική. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι για τιμή της παραγωγικότητας της άλγης μικρότερη από 65, της πώλησης του βιοντήζελ μικρότερη από 0.676€ της πώλησης του fish food μικρότερη από 2€ και του κόστους παραγωγής μεγαλύτερη από 0.55 €/kg η καθαρή παρούσα αξία βγαίνει αρνητική κι επομένως η επένδυση θα αποβεί ζημιογόνα.

Οι τιμές πώλησης των δικαιωμάτων CO₂, πώλησης βιοντήζελ και πώλησης του fish food αποτελούν παράγοντες αστάθμητους που εξαρτώνται και διαμορφώνονται από την γενικότερη κατάσταση της παγκόσμιας οικονομίας, ενώ δε μπορούν να βελτιωθούν μέσα από την έρευνα και την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Για αυτό και η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών τους είναι αρκετά αβέβαιη. Αντιθέτως, το κόστος παραγωγής της άλγης, καθώς και η παραγωγικότητά της είναι παράγοντες που επιδέχονται βελτίωση θέτοντας πάντα ένα ανώτατο όριο το οποίο είναι αδύνατο να ξεπεραστεί.

Η τρίτη περίπτωση όπως φαίνεται κι από τα διαγράμματα είναι αυτή που θα αποφέρει τα μεγαλύτερα κέρδη στη βιομηχανία. Σε όλες τις περιπτώσεις αναλύσεων ευαισθησίας, η καθαρή παρούσα αξία παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές με εξαίρεση την ανάλυση ευαισθησίας της τιμής πώλησης των δικαιωμάτων CO₂. Αν και η σπιρουλίνα παρουσιάζει πολύ μικρότερη παραγωγικότητα από την άλγη *Nannochloropsis*, η τιμή πώλησης της είναι ιδιαίτερα υψηλή γιατί χρησιμοποιείται από φαρμακευτικές βιομηχανίες. Από τους υπολογισμούς που έγιναν φαίνεται ότι σε καμία περίπτωση η καθαρή παρούσα αξία δε βγαίνει αρνητική, επομένως το αποτέλεσμα της επένδυσης είναι αρκετά εγγυημένο.

Παρατηρούμε ότι και στην τέταρτη περίπτωση σε όλους τους υπολογισμούς η καθαρή παρούσα αξία βγαίνει θετική με αποτέλεσμα να είναι εγγυημένη η κερδοφορία της επένδυσης.

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.2 το μεγαλύτερο ποσό δέσμευσης CO₂ επιτυγχάνεται στις δύο πρώτες περιπτώσεις, αποτέλεσμα το οποίο είναι αναμενόμενο αφού η άλγη *Nannochloropsis* έχει πολύ υψηλότερη παραγωγικότητα από τη σπιρουλίνα. Η τρίτη περίπτωση παρουσιάζει ιδιαίτερα μικρή δέσμευση CO₂, ενώ η τέταρτη δίνει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη ότι αυτή η μονάδα μπορεί να αυξηθεί στο μέλλον με πολύ χαμηλότερο κόστος για την επέκταση της επένδυσης το ποσό δέσμευσης CO₂ μπορεί να αυξηθεί σημαντικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο 6 γίνεται ανάλυση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων του κεφαλαίου 5 και παρουσιάζονται προτάσεις όσον αφορά στις επενδυτικές αποφάσεις .

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων της έρευνας και η τελική αξιολόγηση των τεσσάρων επενδυτικών σεναρίων, με βάση τη μεθοδολογία που επιλέξαμε, η οποία στηρίζεται αποκλειστικά σε οικονομικά κριτήρια. Εδώ θα πρέπει επίσης να σημειώσουμε ότι δε λάβαμε υπόψη την ύπαρξη επενδυτικών και άλλων ενισχύσεων, που ισχύουν στη χώρα μας και δίνουν μάλιστα ιδιαίτερη έμφαση σε επενδυτικά σχέδια που στοχεύουν στην προστασία του περιβάλλοντος, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη χρήση νέων καινοτόμων τεχνολογιών.

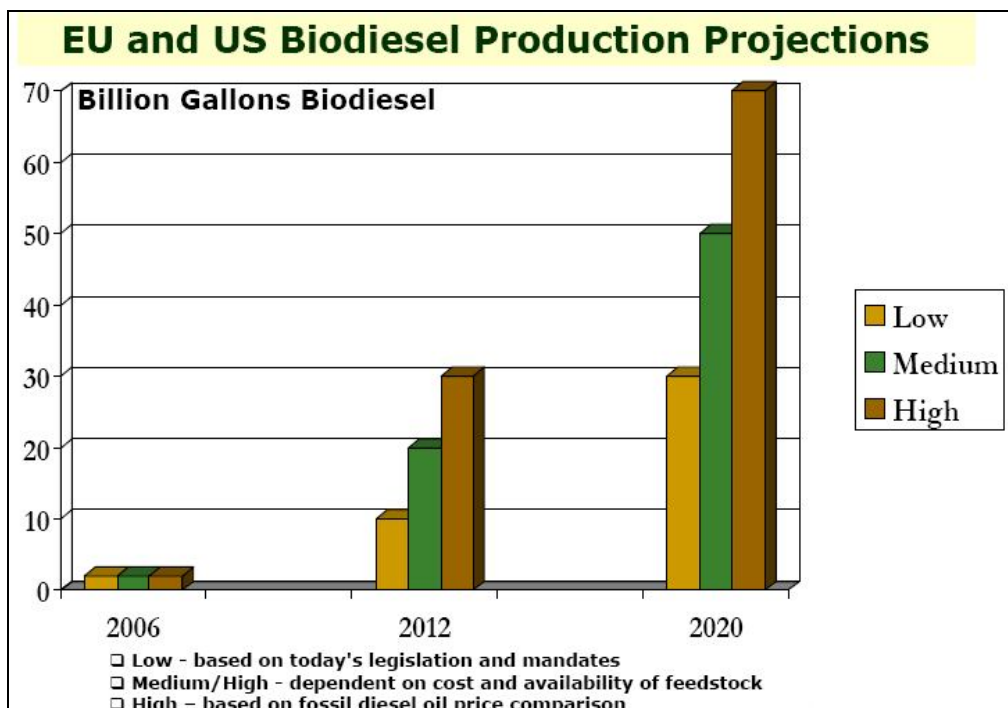
Στα συμπεράσματά μου θα ήθελα να ενσωματώσω και μια άλλη σειρά κριτηρίων που αφορούν στην πολιτική (με την ευρύτερη έννοια), κοινωνική και οικολογική διάσταση τέτοιων επενδυτικών πρωτοβουλιών και που επιτρέπουν την αξιολόγηση των επιπτώσεων των αντίστοιχων επενδυτικών επιλογών.

Είναι προφανές ότι η οικολογική διάσταση είναι χαρακτηριστικό και για τις τέσσερις περιπτώσεις ως εκ τούτου τέτοιες επενδυτικές πρωτοβουλίες αποφέρουν σημαντικά επικοινωνιακά οφέλη στους φορείς που τις πραγματοποιούν.

Είναι γνωστό ότι η ενεργειακή εξάρτηση από τις συμβατικές ορυκτές πηγές ενέργειας αποτελεί ένα μείζον παγκόσμιο πολιτικό ζήτημα με τις γνωστές θλιβερές συνέπειες που συνεπάγεται ο πόλεμος συμφερόντων για τον έλεγχό τους. Η παραγωγή βιοντίζελ από άγλη συμβάλλοντας στην ανεξάρτηση μειώνει την ένταση του φαινομένου. Επομένως, θα βοηθήσει τη χώρα να βγει από την απόλυτη εξάρτηση που έχει από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τα οποία εισάγει από τρίτους για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών.

Η παραγωγή βιοντίζελ από καλλιέργειες ενεργειακών φυτών έχει το μειονέκτημα ότι ανταγωνίζεται άμεσα την παραγωγή τροφίμων μειώνοντας τις διαθέσιμες εκτάσεις για τις

αντίστοιχες καλλιέργειες, ενώ δημιουργεί παράλληλα ανοδικές πιέσεις στις τιμές των τροφίμων. Η καλλιέργεια άλγης απαιτεί ελάχιστη έκταση σε σχέση με τα «κλασικά» ενεργειακά φυτά όπως η σόγια, το καλαμπόκι, ο ηλιάνθος, ενώ παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη παραγωγικότητα και περιεκτικότητα σε λίπη. Άρα, η παραγωγή πετρελαίου δεύτερης γενιάς με πρώτη ύλη τη βιομάζα άλγης αποτελεί μια πολύ ελκυστική εναλλακτική. Επιπλέον, όπως φαίνεται κι από το παρακάτω διάγραμμα η αύξηση της παραγωγής βιοντίζελ τα επόμενα χρόνια βρίσκεται μέσα στα άμεσα σχέδια τόσο της Αμερικής όσο και της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Τα συμπαράγόμενα παραπροϊόντα προσδίδουν πρόσθετο ενδιαφέρον στην επένδυση αποτελώντας πηγή εσόδων, μάλιστα στην περίπτωση της σπιρουλίνας όπου το παραγόμενο φυκάλευρο είναι πρώτη ύλη υψηλής προστιθέμενης αξίας με χρήσεις στην φαρμακοβιομηχανία καθιστά την επένδυση ιδιαίτερα ελκυστική.

Συνθέτοντας τα παραπάνω συμπεράσματα και τα αποτελέσματα του παραπάνω κεφαλαίου και σε συνδυασμό με την οικονομική ανάλυση της μελέτης, καταλήγω στο συμπέρασμα ότι η τέταρτη περίπτωση της ταυτόχρονης καλλιέργειας σπιρουλίνας και Nannochloropsis αποτελεί τη βέλτιστη λύση δεδομένου ότι ικανοποιεί όλα τα κριτήρια που προαναφέραμε. Επιπλέον, είναι προτιμότερη η καλλιέργεια δύο διαφορετικών ειδών μικροάλλης που απευθύνονται σε διαφορετικές αγορές, ώστε σε περίπτωση που η μία από τις δύο καλλιέργειες δεν δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα ή η μία από τις δύο αγορές κλείσει να παραμείνει η άλλη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τόλης, Α., 2003, «Βοήθημα για το μάθημα Διαχείριση Ενέργειας», εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
2. Παναγιωτακόπουλος Χ. Δημήτριος, 2005, «Συστημική Μεθοδολογία για Τεχνική Οικονομική», εκδόσεις ΖΥΓΟΣ, Θεσσαλονίκη
3. Καρβούνης Κ. Σωτήρης, 2000, « Οικονομοτεχνικές Μελέτες , Μεθοδολογία-Τεχνικές-Θεωρία», εκδόσεις ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα
4. Καρβούνης Κ. Σωτήρης, 2000, « Οικονομοτεχνικές Μελέτες, Προβλήματα και Ασκήσεις», εκδόσεις ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα
5. Διορέλης Κ., 2000, « Ανάπτυξη Κριτηρίων και Τεχνικών για την Αξιολόγηση Ενεργειακών Επενδύσεων», διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα
6. Μιχαηλίδης Μ., 2002, «Προσδιοριστικοί αράγοντες των παραγωγικών επενδύσεων στην Ελλάδα 1978 -1994», διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα
7. Αποστολόπουλος Μ., 2004, «Στρατηγικές μείωσης CO₂ στην Ελλάδα», διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα
8. Αβραάμ Κ., Βαροτσής Ν., 2008, «Ανάλυση και επιλογή ενεργειακών επενδύσεων στο πλαίσιο του νέου καθεστώτος εμπορίας ρύπων: Μελέτη περιπτώσεως στην Ελλάδα», διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα
9. Σταθακόπουλος Μ., 2007, «Μια σύγχρονη μέθοδος με συγκριτικά πλεονεκτήματα στην παραγωγή εναλλακτικής ενέργειας», Ecotec 29, 34-35
10. Εταιρία Protonex, www.protonex.net
11. Δικαιώματα εκπομπής ρύπων, www.knowhow.gr/wp-content/uploads/rypoi.pdf
12. ΥΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2006, «Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την Περίοδο 2008-2012»

13. Πεμπτεζόγλου Μ., 2003, «Μακροοικονομικές και Κλαδικές Επιπτώσεις ενός Ενεργειακού Φόρου στην Ελλάδα», διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη
14. Κούκουζας Ν., Ζιώγου Φ., 2008, «Ευέλικτοι Μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο», Πρόγραμμα Ανθρώπινα Δίκτυα Ερευνητικής και Τεχνολογικής Επιμόρφωσης-Β Κύκλος, Ιούλιος 2008, Αθήνα
15. Γιάννης Ι., Ραγκούση Ε. 2009, «Στρατηγικός Σχεδιασμός και Επιλογή Έργου», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα
16. Σακκάς Ν., 2002, «Αξιολόγηση Επενδύσεων, ΜΕΡΟΣ Ι: Βασική θεωρία», καλοκαίρι 2002, Κρήτη

7.2 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. CO₂ Capture and Storage, www.co2captureandstorage.info
2. Eurostat, www.eurostat.com
3. European Pollutant Emission Register, www.eper.ec.europa.eu/eper/
4. PointCarbon, 2008, www.pointcarbon.com
5. Εταιρία Algaelink, www.algaelink.com
6. Εταιρία Synapse Energy Inc, www.synapse-energy.com
7. Εταιρία Greenfuel Technologies Corporaton, www.greenfuelonline.com
8. Carbon Dioxide Information Analysis Center, <http://cdiac.ornl.gov/>
9. GHG trends and projections in Greece, www.eea.europa.eu/themes/climate/ghg-country-profiles/tp-report-country-profiles/greece-greenhouse-gas-profile-summary-1990-2020.pdf
10. Biofuels Technologies, <http://www.70centsagallon.com/Algae.html>
11. EuropeanEnvironmentAgency, <http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/pivot.aspx?pivotid=475>
12. Mazzuca Sobczuk T., Garcia Camacho F., Camacho Rubio F. , Acien Fernandez F.G., Molina Grima E., 2000, “Carbon dioxide uptake efficiency by outdoor microalgal

- cultures in tubular airlift photobioreactors”, *Biotechnology and bioengineering* 67,465-475
13. Vunjak-Novakovic Gordana ; Kim Yoojeong ; Xia Oxi Wu ; Berzin Isaac ; Merchuk José C., 2005, “Air-lift bioreactors for algal growth on flue gas : Mathematical modeling and pilot-plant studies”, *Industrial and engineering chemistry research* 44, 6154-6163
 14. A.B.M. Sharif Hossain, Aishah Salleh, Amru Nasrulhaq Boyce, Mohd Naquiuddin,2008, “Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy”, *Journal of Biochemistry and Biotechnology* 4, 250-254
 15. Walsh Bryan ,2009, “Biofuels The New Alchemy”, *Times*, 26 January, 37-40
 16. Phil McKenna,2006, “From smokestack to gas tank”, *New Scientist* 192, 28-29
Justo, Patrick Di, 2005, “Remediation Fighting Factory CO2 Emissions with Cyanobacteria”, *Scientific American* 293, 52-54
 17. “Old Clean Coal”, *Economist*, 3 July 2007
 18. 2004, “Beta test set for emission fighting algae bioreactor”, *Power Engineering* 48
 19. Nazmul Hassan S. M., 2005, “Technoeconomic Study of CO2 Capture Process for Cement Plants”, PhD. Thesis, University of Waterloo, Canada
 20. Andrew T. Braff, 2008, “Biofuels from Algae”, *Work Session: Global Oil and Alternative Energy Strategies*, February 21 2008, Olympia WA
 21. Danielo Olivier, 2005, “An algae-based fuel”, *Biofuter* 255
DM Maharajh, R. Lalloo, 2008, “Indigenous algae: Potential factories for biodiesel production”, **Biosciences CSIR**
 22. David J. Bayless, Gregory Kremer, Morgan Vis, Ben Stuart, Michael Prudich, Keith Cooksey, and Jeff Muhs, “Enhanced Practical Photosynthetic CO2 Mitigation”, http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/01/carbon_seq/5a4.pdf
 23. Douskova I, Doucha J, Livansky K, Machat J, Novak P, Umysova D, Zachleder V, Vitova M.,2009, “Simultaneous flue gas bioremediation and reduction of microalgal biomass production costs” , *Applied Microbiology and Biotechnology* 82, 179-85
 24. Eiichi Ono , Joel L. Cuello, “Selection of optimal microalgae species for CO2 sequestration”, *The University of Arizona, Tucson*

25. “GreenFuel Algae CO₂ Recycling Project With Aurantia Enters Second Phase At Spanish Cement Plant”, 2008

www.redorbit.com/news/business/1590807/greenfuel_algae_co2_recycling_project_with_aurantia_enters_second_phase/

26. Krassen Dimitrov, 2007, “GreenFuel Technologies: A Case Study for Industrial Photosynthetic Energy Capture”, PhD., Brisbane Australia

27. Yan Li, Brandie Markley, Arun Ram Mohan, Victor Rodriguez-Santiago, David Thompson, Daniel Van Niekerk, 2006, “Utilization of Carbon Dioxide from Coal-fired Power Plant for the Production of Value-added Products”

28. Greenfuel White Papers,

http://www.greenfuelonline.com/gf_files/GreenFuelWhitePapers.pdf

29. Kazuhisa Miyamoto, 1997, “Renewable biological systems for alternative sustainable energy production”, Oil production, <http://www.fao.org/docrep/w7241e/w7241e0h.htm#chapter%206%20%20oil%20production>

30. Rufo Fernando, 2008, “La nueva planta de microalgas de Aurantia funcionará en verano”, Diario de Jerez, 4 diciembre 2008

31. Pradeep, 2008, “Analysis: Algae for CO₂ Capture”, Energy Engineering Blog, 21 October 2008

32. Pradeep, 2008, “Analysis: Algae for CO₂ Capture II”, Energy Engineering Blog, 9 November 2008

33. Pradeep, 2008, “Sustainability and Cement CO₂ emissions, US cement outlook”, Energy Engineering Blog, 24 November 2008

34. Pete Zemke, Byard Wood, Dan Dye, “Technoeconomic Analysis of Algal Photobioreactors for Oil Production”, Utah State University

35. Toon van Harmelen, Hans Oonk, 2006, “Applications and Potential Contributions to Greenhouse Gas Mitigation Options”, <http://www.fluxfarm.com/files/Biofixation.pdf>

36. John R. Benemann, 1996, “Systems and Economic Analysis of microalgae ponds for Conversion of CO₂ to biomass”, Pittsburgh Energy Center

37. Daniel J. Stepan, Richard E. Shockey, Thomas A. Moe, Ryan Dorn, 1998, "Carbon Dioxide Sequestering using Microalgal Systems", April 15, 1998-November 30, 2001, U.S. Department of Energy, Pittsburgh

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Ι

Οικονομική ανάλυση

| | |
|---|--|
| $n := 25$ | n:διάρκεια ζωής της επένδυσης (έτη) |
| $i := 0.05$ | i:επιτόκιο αναγωγής |
| $\rho := i - 0.015$ | ρ :πληθωρισμός |
| $j := 1, 2, \dots, n$ | |
| $I := 9200000$ | I:αρχική επένδυση (ευρώ) |
| $Area := 10^6$ | Area: Συνολική έκταση της επένδυσης (m^2) |
| $pr := 80$ | pr: ημερήσια παραγωγικότητα άλγης ($g/m^2 \cdot day$) |
| $days := 315$ | days: ημέρες λειτουργίας για κάθε έτος |
| $Pr := \frac{pr \cdot Area \cdot days}{1000}$ | Pr: ετήσια παραγωγικότητα άλγης (kg/έτος) |
| $Pr = 2.52 \times 10^7$ | |
| $V_{acl} := 0.90$ | V_{acl} :τιμή πώλησης βιοντήζελ (ευρώ/L) |
| $f_{cl} := 0.6$ | f_{cl} : ποσοστό ελαίου που παράγεται από την άλγη |
| $\rho_{cl} := 0.88$ | ρ_{cl} : πυκνότητα βιοντήζελ (kg/L) |
| $f_{\zeta} := 0.4$ | f_{ζ} : ποσοστό πρωτεΐνης της άλγης |
| $V_{\zeta} := 2$ | V_{ζ} : τιμή πώλησης animal feed (ευρώ/kg) |
| $M_i := 0.50$ | M_i :κόστος παραγωγής άλγης (€/kg) |
| $C_f := 0.21$ | C_f : σταθερά κόστη (ευρώ) |
| $S_i := 15 \cdot 10^{-3}$ | S_i : carbon dioxide offsets (€/kgCO ₂) |
| $dCO_2 := 1.8$ | dCO_2 : kg CO ₂ που δεσμεύεται ανά Kg παραγόμενης άλγης |

$$\Sigma := \frac{fcl \cdot Vacl}{\rho cl} + f\zeta \cdot V\zeta + Si \cdot dCO_2 - Mi$$

ετήσια χρηματοροή

$$\Sigma = 0.941$$

$$B_1 := Pr \cdot \Sigma - Cf$$

Ισολογισμός: ΕΣΟΔΑ - ΕΞΟΔΑ

$$B_1 = 5.304 \times 10^6$$

$$io := \frac{i - \rho}{1 + \rho}$$

$$B_j := \frac{B_1 \cdot (1 + \rho)^{j-1}}{(1 + i)^j}$$

B_j: ετήσιος ισολογισμός του έτους j

$$NPV := \sum_{j=1}^n B_j - I$$

$$FC := B_1 \cdot \frac{1 - (1 + io)^{-n}}{(1 + \rho) \cdot io} - I$$

NPV, FC: καθαρή παρούσα αξία εκφρασμένη με 2 τρόπους (για επαλήθευση αποτελεσμάτων)

$$NPV = 9.986 \times 10^6$$

$$FC = 9.746 \times 10^6$$

NPV ως προς το επιτόκιο αναγωγής

i :=

| | 0 |
|----|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0.01 |
| 2 | 0.02 |
| 3 | 0.03 |
| 4 | 0.04 |
| 5 | 0.05 |
| 6 | 0.06 |
| 7 | 0.07 |
| 8 | 0.08 |
| 9 | 0.09 |
| 10 | 0.1 |

NPV :=

| | 0 |
|----|-------------------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1.731 · 10 ⁷ |
| 2 | 1.541 · 10 ⁷ |
| 3 | 1.355 · 10 ⁷ |
| 4 | 1.175 · 10 ⁷ |
| 5 | 9.986 · 10 ⁶ |
| 6 | 8.272 · 10 ⁶ |
| 7 | 6.601 · 10 ⁶ |
| 8 | 4.972 · 10 ⁶ |
| 9 | 3.384 · 10 ⁶ |
| 10 | 1.835 · 10 ⁶ |

NPV ως προς την τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής CO2 (Si)

$S_i := (7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ 12 \ 13 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 18 \ 19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23 \ 24 \ 25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29 \ 30 \ 31 \ 32 \ 33 \ 34 \ 35 \ 36 \ 37 \ 38 \ 39 \ 40)^T$

$$\Sigma =$$

| | 0 |
|----|-------|
| 0 | 0.926 |
| 1 | 0.928 |
| 2 | 0.93 |
| 3 | 0.932 |
| 4 | 0.933 |
| 5 | 0.935 |
| 6 | 0.937 |
| 7 | 0.939 |
| 8 | 0.941 |
| 9 | 0.942 |
| 10 | 0.944 |
| 11 | 0.946 |
| 12 | 0.948 |
| 13 | 0.95 |
| 14 | 0.951 |
| 15 | ... |

$$B_1 =$$

| | 0 |
|----|--------------------|
| 0 | $4.706 \cdot 10^6$ |
| 1 | $4.749 \cdot 10^6$ |
| 2 | $4.792 \cdot 10^6$ |
| 3 | $4.835 \cdot 10^6$ |
| 4 | $4.879 \cdot 10^6$ |
| 5 | $4.922 \cdot 10^6$ |
| 6 | $4.965 \cdot 10^6$ |
| 7 | $5.008 \cdot 10^6$ |
| 8 | $5.051 \cdot 10^6$ |
| 9 | $5.095 \cdot 10^6$ |
| 10 | $5.138 \cdot 10^6$ |
| 11 | $5.181 \cdot 10^6$ |
| 12 | $5.224 \cdot 10^6$ |
| 13 | $5.267 \cdot 10^6$ |
| 14 | $5.311 \cdot 10^6$ |
| 15 | ... |

$$\text{NPV} =$$

| | 0 |
|----|--------------------|
| 3 | $5.625 \cdot 10^6$ |
| 4 | $6.497 \cdot 10^6$ |
| 5 | $7.37 \cdot 10^6$ |
| 6 | $8.242 \cdot 10^6$ |
| 7 | $9.114 \cdot 10^6$ |
| 8 | $9.986 \cdot 10^6$ |
| 9 | $1.086 \cdot 10^7$ |
| 10 | $1.173 \cdot 10^7$ |
| 11 | $1.26 \cdot 10^7$ |
| 12 | $1.347 \cdot 10^7$ |
| 13 | $1.435 \cdot 10^7$ |
| 14 | $1.522 \cdot 10^7$ |
| 15 | $1.609 \cdot 10^7$ |
| 16 | $1.696 \cdot 10^7$ |
| 17 | $1.784 \cdot 10^7$ |
| 18 | $1.871 \cdot 10^7$ |
| 19 | $1.958 \cdot 10^7$ |
| 20 | $2.045 \cdot 10^7$ |
| 21 | $2.132 \cdot 10^7$ |
| 22 | $2.22 \cdot 10^7$ |
| 23 | $2.307 \cdot 10^7$ |
| 24 | $2.394 \cdot 10^7$ |
| 25 | $2.481 \cdot 10^7$ |
| 26 | $2.569 \cdot 10^7$ |
| 27 | $2.656 \cdot 10^7$ |
| 28 | $2.743 \cdot 10^7$ |
| 29 | $2.83 \cdot 10^7$ |
| 30 | $2.917 \cdot 10^7$ |
| 31 | $3.005 \cdot 10^7$ |
| 32 | $3.092 \cdot 10^7$ |
| 33 | ... |

NPV ως προς την παραγωγικότητα της άλγης (pr)

pr :=(30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175)^T

| | |
|----------|------------------------|
| | 0 |
| 0 | -2.749·10 ⁸ |
| 1 | -2.464·10 ⁸ |
| 2 | -2.179·10 ⁸ |
| 3 | -1.894·10 ⁸ |
| 4 | -1.609·10 ⁸ |
| 5 | -1.324·10 ⁸ |
| 6 | -1.04·10 ⁸ |
| 7 | -7.547·10 ⁷ |
| 8 | -4.699·10 ⁷ |
| 9 | -1.85·10 ⁷ |
| 10 | 9.986·10 ⁶ |
| 11 | 3.847·10 ⁷ |
| 12 | 6.696·10 ⁷ |
| 13 | 9.545·10 ⁷ |
| NPV = 14 | 1.239·10 ⁸ |
| 15 | 1.524·10 ⁸ |
| 16 | 1.809·10 ⁸ |
| 17 | 2.094·10 ⁸ |
| 18 | 2.379·10 ⁸ |
| 19 | 2.664·10 ⁸ |
| 20 | 2.948·10 ⁸ |
| 21 | 3.233·10 ⁸ |
| 22 | 3.518·10 ⁸ |
| 23 | 3.803·10 ⁸ |
| 24 | 4.088·10 ⁸ |
| 25 | 4.373·10 ⁸ |
| 26 | 4.658·10 ⁸ |
| 27 | 4.943·10 ⁸ |
| 28 | 5.227·10 ⁸ |
| 29 | 5.512·10 ⁸ |

NPV ως προς την τιμή πώλησης του βιοντιζελ Vacl

$$\text{Vacl1} := \begin{pmatrix} 2 \\ 2.5 \\ 3 \\ 3.5 \\ 4 \\ 4.5 \\ 5 \\ 5.5 \\ 6 \end{pmatrix} \quad \text{Vacl1:τιμή πώλησης βιοντιζελ (\$/gal)}$$

$$\text{Vacl} := \frac{\text{Vacl1}}{1.23.7} \quad \text{Vacl:τιμή πώλησης βιοντιζελ (ευρώ/L, ισοτιμία Μαρτίου 2009)}$$

$$\text{Vacl} = \begin{pmatrix} 0.45 \\ 0.563 \\ 0.676 \\ 0.788 \\ 0.901 \\ 1.014 \\ 1.126 \\ 1.239 \\ 1.351 \end{pmatrix}$$

$$\text{NPV} = \begin{pmatrix} -1.385 \times 10^8 \\ -1.013 \times 10^8 \\ -6.412 \times 10^7 \\ -2.692 \times 10^7 \\ 1.028 \times 10^7 \\ 4.749 \times 10^7 \\ 8.469 \times 10^7 \\ 1.219 \times 10^8 \\ 1.591 \times 10^8 \end{pmatrix}$$

NPV ως προς την τιμή πώλησης του animal feed Vζ

Vζ :=

| | |
|---|-----|
| | 0 |
| 0 | 0 |
| 1 | 1.5 |
| 2 | 2 |
| 3 | 2.5 |
| 4 | 3 |

Vζ: τιμή πώλησης animal feed (ευρώ/kg)

$$\text{NPV} = \begin{pmatrix} -3.777 \times 10^8 \\ -8.692 \times 10^7 \\ 9.986 \times 10^6 \\ 1.069 \times 10^8 \\ 2.038 \times 10^8 \end{pmatrix}$$

NPV ως προς το κόστος παραγωγής της άλγης (Mi)

Mi :=

| | |
|---|------|
| | 0 |
| 0 | 0 |
| 1 | 0.3 |
| 2 | 0.35 |
| 3 | 0.4 |
| 4 | 0.45 |
| 5 | 0.5 |
| 6 | 0.55 |
| 7 | 0.6 |

$$\text{NPV} = \begin{pmatrix} 2.523 \times 10^8 \\ 1.069 \times 10^8 \\ 8.267 \times 10^7 \\ 5.844 \times 10^7 \\ 3.421 \times 10^7 \\ 9.986 \times 10^6 \\ -1.424 \times 10^7 \\ -3.847 \times 10^7 \end{pmatrix}$$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ II

| | |
|---|--|
| $n := 25$ | n:διάρκεια ζωής της επένδυσης (έτη) |
| $i := 0.05$ | i:επιτόκιο αναγωγής |
| $\rho := i - 0.015$ | ρ :πληθωρισμός |
| $j := 1, 2, \dots, n$ | |
| $I := 9200000$ | I:αρχική επένδυση (ευρώ) |
| $Area := 10^6$ | Area: Συνολική έκταση της επένδυσης (m^2) |
| $pr := 80$ | pr: ημερήσια παραγωγικότητα άλγης (g/ $m^2 \cdot day$) |
| $days := 315$ | days: ημέρες λειτουργίας για κάθε έτος |
| $Pr := \frac{pr \cdot Area \cdot days}{1000}$ | Pr: ετήσια παραγωγικότητα άλγης (kg/έτος) |
| $Pr = 2.52 \times 10^7$ | |
| $V_{acl} := 0.90$ | V_{acl} :τιμή πώλησης βιοντήζελ (ευρώ/L) |
| $f_{cl} := 0.6$ | f_{cl} : ποσοστό ελαίου της άλγης |
| $\rho_{cl} := 0.88$ | ρ_{cl} : πυκνότητα βιοντήζελ (kg/L) |
| $f_{\zeta} := 0.4$ | f_{ζ} : ποσοστό πρωτεΐνης της άλγης |
| $V_{\zeta} := 2$ | V_{ζ} : τιμή πώλησης animal feed (ευρώ/kg) |
| $M_i := 0.35$ | M_i :κόστος παραγωγής άλγης (€/kg) |
| $C_f := 0.21$ | C_f : σταθερά κόστη (ευρώ) |
| $S_i := 15 \cdot 10^{-3}$ | S_i : carbon dioxide offsets (€/kgCO ₂) |
| $dCO_2 := 1.8$ | dCO_2 : kg CO ₂ που δεσμεύεται ανά Kg παραγόμενης άλγης |

$$\Sigma := \frac{fcl \cdot Vacl}{\rho cl} + f\zeta \cdot V\zeta + Si \cdot dCO_2 - Mi \quad \text{ετήσια χρηματοροή}$$

$$B_1 := Pr \cdot \Sigma - Cf$$

Ισολογισμός: ΕΣΟΔΑ - ΕΞΟΔΑ

$$\Sigma = 1.091$$

$$B_1 = 9.084 \times 10^6$$

$$io := \frac{i - \rho}{1 + \rho}$$

$$B_j := \frac{B_1 \cdot (1 + \rho)^{j-1}}{(1 + i)^j}$$

B_j: ετήσιος ισολογισμός του έτους j

$$NPV := \sum_{j=1}^n B_j - I$$

$$FC := B_1 \cdot \frac{1 - (1 + io)^{-n}}{(1 + \rho) \cdot io} - I$$

NPV, FC: καθαρή παρούσα αξία εκφρασμένη με 2 τρόπους (για επαλήθευση αποτελεσμάτων)

$$NPV = 8.267 \times 10^7$$

$$FC = 8.226 \times 10^7$$

NPV ως προς επιτόκιο αναγωγής i

i :=

| | 0 |
|----|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0.01 |
| 2 | 0.02 |
| 3 | 0.03 |
| 4 | 0.04 |
| 5 | 0.05 |
| 6 | 0.06 |
| 7 | 0.07 |
| 8 | 0.08 |
| 9 | 0.09 |
| 10 | 0.1 |

NPV :=

| | 0 |
|----|--------------------|
| 0 | 0 |
| 1 | $9.521 \cdot 10^7$ |
| 2 | $9.195 \cdot 10^7$ |
| 3 | $8.877 \cdot 10^7$ |
| 4 | $8.568 \cdot 10^7$ |
| 5 | $8.267 \cdot 10^7$ |
| 6 | $7.973 \cdot 10^7$ |
| 7 | $7.687 \cdot 10^7$ |
| 8 | $7.408 \cdot 10^7$ |
| 9 | $7.136 \cdot 10^7$ |
| 10 | $6.871 \cdot 10^7$ |

NPV ως προς την τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ (Si)

Si := (7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40)^T

| | |
|----------|--------------------|
| | 0 |
| 0 | $7.569 \cdot 10^7$ |
| 1 | $7.656 \cdot 10^7$ |
| 2 | $7.744 \cdot 10^7$ |
| 3 | $7.831 \cdot 10^7$ |
| 4 | $7.918 \cdot 10^7$ |
| 5 | $8.005 \cdot 10^7$ |
| 6 | $8.092 \cdot 10^7$ |
| 7 | $8.18 \cdot 10^7$ |
| 8 | $8.267 \cdot 10^7$ |
| 9 | $8.354 \cdot 10^7$ |
| 10 | $8.441 \cdot 10^7$ |
| 11 | $8.528 \cdot 10^7$ |
| 12 | $8.616 \cdot 10^7$ |
| 13 | $8.703 \cdot 10^7$ |
| 14 | $8.79 \cdot 10^7$ |
| 15 | $8.877 \cdot 10^7$ |
| NPV = 16 | $8.965 \cdot 10^7$ |
| 17 | $9.052 \cdot 10^7$ |
| 18 | $9.139 \cdot 10^7$ |
| 19 | $9.226 \cdot 10^7$ |
| 20 | $9.313 \cdot 10^7$ |
| 21 | $9.401 \cdot 10^7$ |
| 22 | $9.488 \cdot 10^7$ |
| 23 | $9.575 \cdot 10^7$ |
| 24 | $9.662 \cdot 10^7$ |
| 25 | $9.75 \cdot 10^7$ |
| 26 | $9.837 \cdot 10^7$ |
| 27 | $9.924 \cdot 10^7$ |
| 28 | $1.001 \cdot 10^8$ |
| 29 | $1.01 \cdot 10^8$ |
| 30 | $1.019 \cdot 10^8$ |
| 31 | $1.027 \cdot 10^8$ |
| 32 | $1.036 \cdot 10^8$ |
| 33 | $1.045 \cdot 10^8$ |

NPV ως προς την παραγωγικότητα της άλγης (pr)

pr := (30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175)^T

NPV =

| | |
|----|------------------------|
| | 0 |
| 0 | -2.476·10 ⁸ |
| 1 | -2.146·10 ⁸ |
| 2 | -1.816·10 ⁸ |
| 3 | -1.485·10 ⁸ |
| 4 | -1.155·10 ⁸ |
| 5 | -8.248·10 ⁷ |
| 6 | -4.945·10 ⁷ |
| 7 | -1.642·10 ⁷ |
| 8 | 1.661·10 ⁷ |
| 9 | 4.964·10 ⁷ |
| 10 | 8.267·10 ⁷ |
| 11 | 1.157·10 ⁸ |
| 12 | 1.487·10 ⁸ |
| 13 | 1.818·10 ⁸ |
| 14 | 2.148·10 ⁸ |
| 15 | 2.478·10 ⁸ |
| 16 | 2.808·10 ⁸ |
| 17 | 3.139·10 ⁸ |
| 18 | 3.469·10 ⁸ |
| 19 | 3.799·10 ⁸ |
| 20 | 4.13·10 ⁸ |
| 21 | 4.46·10 ⁸ |
| 22 | 4.79·10 ⁸ |
| 23 | 5.12·10 ⁸ |
| 24 | 5.451·10 ⁸ |
| 25 | 5.781·10 ⁸ |
| 26 | 6.111·10 ⁸ |
| 27 | 6.442·10 ⁸ |
| 28 | 6.772·10 ⁸ |
| 29 | 7.102·10 ⁸ |

NPV ως προς την τιμή πώλησης του βιοντίζελ Vacl

$$\text{Vacl1} := \begin{pmatrix} 2 \\ 2.5 \\ 3 \\ 3.5 \\ 4 \\ 4.5 \\ 5 \\ 5.5 \\ 6 \end{pmatrix} \quad \text{Vacl1:τιμή πώλησης βιοντίζελ (\$/gal)}$$

$$\text{Vacl} := \frac{\text{Vacl1}}{1.23.7} \quad \text{Vacl:τιμή πώλησης βιοντίζελ (ευρώ/L, ισοτιμία Μαρτίου 2009)}$$

$$\text{Vacl} = \begin{pmatrix} 0.45 \\ 0.563 \\ 0.676 \\ 0.788 \\ 0.901 \\ 1.014 \\ 1.126 \\ 1.239 \\ 1.351 \end{pmatrix}$$

$$\text{NPV} = \begin{pmatrix} -6.585 \times 10^7 \\ -2.865 \times 10^7 \\ 8.558 \times 10^6 \\ 4.576 \times 10^7 \\ 8.297 \times 10^7 \\ 1.202 \times 10^8 \\ 1.574 \times 10^8 \\ 1.946 \times 10^8 \\ 2.318 \times 10^8 \end{pmatrix}$$

NPV ως προς την τιμή πώλησης του animal feed Vζ

Vζ :=

| | |
|---|-----|
| | 0 |
| 0 | 0 |
| 1 | 1.5 |
| 2 | 2 |
| 3 | 2.5 |
| 4 | 3 |

Vζ: τιμή πώλησης animal feed (ευρώ/kg)

$$\text{NPV} = \begin{pmatrix} -3.05 \times 10^8 \\ -1.424 \times 10^7 \\ 8.267 \times 10^7 \\ 1.796 \times 10^8 \\ 2.765 \times 10^8 \end{pmatrix}$$

NPV ως προς το κόστος παραγωγής της άλγης (Mi)

Mi :=

| | |
|---|------|
| | 0 |
| 0 | 0 |
| 1 | 0.3 |
| 2 | 0.35 |
| 3 | 0.4 |
| 4 | 0.45 |
| 5 | 0.5 |
| 6 | 0.55 |
| 7 | 0.6 |

$$\text{NPV} = \begin{pmatrix} 2.523 \times 10^8 \\ 1.069 \times 10^8 \\ 8.267 \times 10^7 \\ 5.844 \times 10^7 \\ 3.421 \times 10^7 \\ 9.986 \times 10^6 \\ -1.424 \times 10^7 \\ -3.847 \times 10^7 \end{pmatrix}$$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΙΙΙ

Οικονομική ανάλυση

| | |
|---|--|
| $n := 25$ | n :διάρκεια ζωής της επένδυσης (έτη) |
| $i := 0.05$ | i :επιτόκιο αναγωγής |
| $\rho := i - 0.015$ | ρ :πληθωρισμός |
| $j := 1, 2, \dots, n$ | |
| $I := 9200000$ | I :αρχική επένδυση (ευρώ) |
| $Area := 10^6$ | $Area$: Συνολική έκταση της επένδυσης (m^2) |
| $pr := 3C$ | pr : ημερήσια παραγωγικότητα άλγης ($g/m^2 \cdot day$) |
| $days := 315$ | $days$: ημέρες λειτουργίας για κάθε έτος |
| $Pr := \frac{pr \cdot Area \cdot days}{1000}$ | Pr : ετήσια παραγωγικότητα άλγης ($kg/έτος$) |
| $Pr = 9.45 \times 10^6$ | |
| $V_{acl} := 0.9C$ | V_{acl} :τιμή πώλησης βιοντήζελ (ευρώ/L) |
| $fcl := 0$ | fcl : ποσοστό ελαίου της άλγης |
| $\rho_{cl} := 0.88$ | ρ_{cl} : πυκνότητα βιοντήζελ (kg/L) |
| $fsp := 1$ | fsp : ποσοστό παραγόμενης σπιρουλίνας |
| $V_{sp} := 26.€$ | V_{sp} : τιμή πώλησης spirulinas (ευρώ/kg) |
| $Mi := 0.35$ | Mi :κόστος παραγωγής άλγης (€/kg) |
| $Cf := 0.21$ | Cf : σταθερά κόστη (ευρώ) |
| $Si := 15 \cdot 10^{-3}$ | Si : carbon dioxide offsets (€/kgCO ₂) |
| $dCO_2 := 1.8$ | dCO_2 : kg CO ₂ που δεσμεύεται ανά Kg παραγόμενης άλγης |

$$\Sigma := \frac{fcl \cdot Vacl}{\rho cl} + fsp \cdot Vsp + Si \cdot dCO_2 - Mi \quad \text{ετήσια χρηματοροή}$$

$$B_1 := Pr \cdot \Sigma - Cf$$

Ισολογισμός: ΕΣΟΔΑ - ΕΞΟΔΑ

$$\Sigma = 26.277$$

$$B_1 = 2.299 \times 10^8$$

$$io := \frac{i - \rho}{1 + \rho}$$

$$B_j := \frac{B_1 \cdot (1 + \rho)^{j-1}}{(1 + i)^j}$$

Bj: ετήσιος ισολογισμός του έτους j

$$NPV := \sum_{j=1}^n B_j - I$$

$$FC := B_1 \cdot \frac{1 - (1 + io)^{-n}}{(1 + \rho) \cdot io} - I$$

NPV, FC: καθαρή παρούσα αξία εκφρασμένη με 2 τρόπους (για επαλήθευση αποτελεσμάτων)

$$NPV = 4.329 \times 10^9$$

$$FC = 4.318 \times 10^9$$

NPV ως προς επιτόκιο αναγωγής i

i :=

| | 0 |
|----|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0.01 |
| 2 | 0.02 |
| 3 | 0.03 |
| 4 | 0.04 |
| 5 | 0.05 |
| 6 | 0.06 |
| 7 | 0.07 |
| 8 | 0.08 |
| 9 | 0.09 |
| 10 | 0.1 |

NPV :=

| | 0 |
|----|--------------------|
| 0 | 0 |
| 1 | $4.646 \cdot 10^9$ |
| 2 | $4.564 \cdot 10^9$ |
| 3 | $4.483 \cdot 10^9$ |
| 4 | $4.405 \cdot 10^9$ |
| 5 | $4.329 \cdot 10^9$ |
| 6 | $4.255 \cdot 10^9$ |
| 7 | $4.182 \cdot 10^9$ |
| 8 | $4.112 \cdot 10^9$ |
| 9 | $4.043 \cdot 10^9$ |
| 10 | $3.976 \cdot 10^9$ |

NPV ως προς την τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ (Si)

Si := (7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40)^T

| | |
|----------|-----------------------|
| | 0 |
| 0 | 4.326·10 ⁹ |
| 1 | 4.327·10 ⁹ |
| 2 | 4.327·10 ⁹ |
| 3 | 4.327·10 ⁹ |
| 4 | 4.328·10 ⁹ |
| 5 | 4.328·10 ⁹ |
| 6 | 4.328·10 ⁹ |
| 7 | 4.329·10 ⁹ |
| 8 | 4.329·10 ⁹ |
| 9 | 4.329·10 ⁹ |
| 10 | 4.33·10 ⁹ |
| 11 | 4.33·10 ⁹ |
| 12 | 4.33·10 ⁹ |
| 13 | 4.33·10 ⁹ |
| 14 | 4.331·10 ⁹ |
| 15 | 4.331·10 ⁹ |
| NPV = 16 | 4.331·10 ⁹ |
| 17 | 4.332·10 ⁹ |
| 18 | 4.332·10 ⁹ |
| 19 | 4.332·10 ⁹ |
| 20 | 4.333·10 ⁹ |
| 21 | 4.333·10 ⁹ |
| 22 | 4.333·10 ⁹ |
| 23 | 4.334·10 ⁹ |
| 24 | 4.334·10 ⁹ |
| 25 | 4.334·10 ⁹ |
| 26 | 4.335·10 ⁹ |
| 27 | 4.335·10 ⁹ |
| 28 | 4.335·10 ⁹ |
| 29 | 4.336·10 ⁹ |
| 30 | 4.336·10 ⁹ |
| 31 | 4.336·10 ⁹ |
| 32 | 4.337·10 ⁹ |
| 33 | 4.337·10 ⁹ |

NPV ως προς την παραγωγικότητα της άλγης (pr)

pr := (30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175)^T

NPV =

| | |
|----|-----------------------|
| | 0 |
| 0 | $4.329 \cdot 10^9$ |
| 1 | $5.125 \cdot 10^9$ |
| 2 | $5.92 \cdot 10^9$ |
| 3 | $6.716 \cdot 10^9$ |
| 4 | $7.512 \cdot 10^9$ |
| 5 | $8.308 \cdot 10^9$ |
| 6 | $9.104 \cdot 10^9$ |
| 7 | $9.899 \cdot 10^9$ |
| 8 | $1.07 \cdot 10^{10}$ |
| 9 | $1.149 \cdot 10^{10}$ |
| 10 | $1.229 \cdot 10^{10}$ |
| 11 | $1.308 \cdot 10^{10}$ |
| 12 | $1.388 \cdot 10^{10}$ |
| 13 | $1.467 \cdot 10^{10}$ |
| 14 | $1.547 \cdot 10^{10}$ |
| 15 | $1.627 \cdot 10^{10}$ |
| 16 | $1.706 \cdot 10^{10}$ |
| 17 | $1.786 \cdot 10^{10}$ |
| 18 | $1.865 \cdot 10^{10}$ |
| 19 | $1.945 \cdot 10^{10}$ |
| 20 | $2.024 \cdot 10^{10}$ |
| 21 | $2.104 \cdot 10^{10}$ |
| 22 | $2.184 \cdot 10^{10}$ |
| 23 | $2.263 \cdot 10^{10}$ |
| 24 | $2.343 \cdot 10^{10}$ |
| 25 | $2.422 \cdot 10^{10}$ |
| 26 | $2.502 \cdot 10^{10}$ |
| 27 | $2.581 \cdot 10^{10}$ |
| 28 | $2.661 \cdot 10^{10}$ |
| 29 | $2.741 \cdot 10^{10}$ |

NPV ως προς την τιμή πώλησης της σπιρουλίνας V_{sp}

$V_{sp} :=$

| | 0 |
|----|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 20 |
| 2 | 21 |
| 3 | 22 |
| 4 | 23 |
| 5 | 24 |
| 6 | 25 |
| 7 | 26.6 |
| 8 | 27 |
| 9 | 28 |
| 10 | 29 |
| 11 | 30 |
| 12 | 31 |
| 13 | 32 |
| 14 | 33 |
| 15 | 34 |

NPV =

| | 0 |
|----|---------------------|
| 0 | $-5.045 \cdot 10^8$ |
| 1 | $3.13 \cdot 10^9$ |
| 2 | $3.311 \cdot 10^9$ |
| 3 | $3.493 \cdot 10^9$ |
| 4 | $3.675 \cdot 10^9$ |
| 5 | $3.856 \cdot 10^9$ |
| 6 | $4.038 \cdot 10^9$ |
| 7 | $4.329 \cdot 10^9$ |
| 8 | $4.402 \cdot 10^9$ |
| 9 | $4.583 \cdot 10^9$ |
| 10 | $4.765 \cdot 10^9$ |
| 11 | $4.947 \cdot 10^9$ |
| 12 | $5.128 \cdot 10^9$ |
| 13 | $5.31 \cdot 10^9$ |
| 14 | $5.492 \cdot 10^9$ |
| 15 | $5.673 \cdot 10^9$ |

NPV ως προς το κόστος παραγωγής της άλγης (M_i)

$M_i :=$

| | 0 |
|---|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0.3 |
| 2 | 0.35 |
| 3 | 0.4 |
| 4 | 0.45 |
| 5 | 0.5 |
| 6 | 0.55 |
| 7 | 0.6 |

NPV =

| |
|---------------------|
| 4.392×10^9 |
| 4.338×10^9 |
| 4.329×10^9 |
| 4.32×10^9 |
| 4.311×10^9 |
| 4.302×10^9 |
| 4.293×10^9 |
| 4.283×10^9 |

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ IV

Οικονομική ανάλυση

| | |
|---|---|
| $n := 25$ | n :διάρκεια ζωής της επένδυσης (έτη) |
| $i := 0.05$ | i :επιτόκιο αναγωγής |
| $\rho := i - 0.015$ | ρ :πληθωρισμός |
| $j := 1, 2.. n$ | |
| $I := 9200000$ | I :αρχική επένδυση (ευρώ) |
| $Area := 10^6$ | $Area$: Συνολική έκταση της επένδυσης (m^2) |
| $pr_1 := 30$ | pr_1 : ημερήσια παραγωγικότητα σπιρουλίνας ($g/m^2 \cdot day$) |
| $pr_2 := 80$ | pr_2 : ημερήσια παραγωγικότητα nannochloropsis για παραγωγή βιοντήζελ |
| $days := 315$ | $days$: ημέρες λειτουργίας για κάθε έτος |
| $Pr_1 := \frac{pr_1 \cdot \frac{Area}{2} \cdot days}{1000}$ | Pr_1 : ετήσια παραγωγικότητα σπιρουλίνας (kg/έτος) |
| $Pr_2 := \frac{pr_2 \cdot \frac{Area}{2} \cdot days}{1000}$ | Pr_2 : ετήσια παραγωγικότητα nannochloropsis για παραγωγή βιοντήζελ (kg/έτος) |
| $V_{acl} := 0.90$ | V_{acl} :τιμή πώλησης βιοντήζελ (ευρώ/L) |
| $f_{cl} := 0.6$ | f_{cl} : ποσοστό ελαίου της άλγης |
| $\rho_{cl} := 0.88$ | ρ_{cl} : πυκνότητα βιοντήζελ (kg/L) |
| $f_{\zeta} := 0.4$ | f_{ζ} : ποσοστό πρωτεΐνης της άλγης |
| $V_{\zeta} := 2$ | V_{ζ} : τιμή πώλησης animal feed (ευρώ/kg) |
| $f_{sp} := 1$ | f_{sp} : ποσοστό παραγόμενης σπιρουλίνας |
| $V_{sp} := 26.6$ | V_{sp} : τιμή πώλησης spirulinas (ευρώ/kg) |
| $M_i := 0.35$ | M_i :κόστος παραγωγής άλγης (€/kg) |
| $C_f := 0.21$ | C_f : σταθερά κόστη (ευρώ) |
| $S_i := 15 \cdot 10^{-3}$ | S_i : carbon dioxide offsets (€/kgCO ₂) |
| $dCO_2 := 1.8$ | dCO_2 : kg CO ₂ που δεσμεύεται ανά Kg παραγόμενης άλγης |

NPV ως προς επιτόκιο αναγωγής i

$i :=$

| | 0 |
|----|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0.01 |
| 2 | 0.02 |
| 3 | 0.03 |
| 4 | 0.04 |
| 5 | 0.05 |
| 6 | 0.06 |
| 7 | 0.07 |
| 8 | 0.08 |
| 9 | 0.09 |
| 10 | 0.1 |

NPV :=

| | 0 |
|----|--------------------|
| 0 | 0 |
| 1 | $8.921 \cdot 10^8$ |
| 2 | $8.75 \cdot 10^8$ |
| 3 | $8.583 \cdot 10^8$ |
| 4 | $8.42 \cdot 10^8$ |
| 5 | $8.262 \cdot 10^8$ |
| 6 | $8.108 \cdot 10^8$ |
| 7 | $7.957 \cdot 10^8$ |
| 8 | $7.81 \cdot 10^8$ |
| 9 | $7.667 \cdot 10^8$ |
| 10 | $7.528 \cdot 10^8$ |

NPV ως προς την τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ (Si)

Si := (7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40)^T

| | |
|----------|------------------------|
| | 0 |
| 0 | 5.015·10 ⁹ |
| 1 | 5.614·10 ⁹ |
| 2 | 6.214·10 ⁹ |
| 3 | 6.813·10 ⁹ |
| 4 | 7.413·10 ⁹ |
| 5 | 8.013·10 ⁹ |
| 6 | 8.612·10 ⁹ |
| 7 | 9.212·10 ⁹ |
| 8 | 9.812·10 ⁹ |
| 9 | 1.041·10 ¹⁰ |
| 10 | 1.101·10 ¹⁰ |
| 11 | 1.161·10 ¹⁰ |
| 12 | 1.221·10 ¹⁰ |
| 13 | 1.281·10 ¹⁰ |
| 14 | 1.341·10 ¹⁰ |
| 15 | 1.401·10 ¹⁰ |
| NPV = 16 | 1.461·10 ¹⁰ |
| 17 | 1.521·10 ¹⁰ |
| 18 | 1.581·10 ¹⁰ |
| 19 | 1.641·10 ¹⁰ |
| 20 | 1.701·10 ¹⁰ |
| 21 | 1.761·10 ¹⁰ |
| 22 | 1.821·10 ¹⁰ |
| 23 | 1.881·10 ¹⁰ |
| 24 | 1.941·10 ¹⁰ |
| 25 | 2.001·10 ¹⁰ |
| 26 | 2.06·10 ¹⁰ |
| 27 | 2.12·10 ¹⁰ |
| 28 | 2.18·10 ¹⁰ |
| 29 | 2.24·10 ¹⁰ |
| 30 | 2.3·10 ¹⁰ |
| 31 | 2.36·10 ¹⁰ |
| 32 | 2.42·10 ¹⁰ |
| 33 | 2.48·10 ¹⁰ |

NPV ως προς την τιμή πώλησης του βιοντήζελ Vac1

$$\text{Vac1} := \begin{pmatrix} 2 \\ 2.5 \\ 3 \\ 3.5 \\ 4 \\ 4.5 \\ 5 \\ 5.5 \\ 6 \end{pmatrix} \quad \text{Vac1:τιμή πώλησης βιοντήζελ (\$/gal)}$$

$$\text{Vac1} := \frac{\text{Vac1}}{1.237} \quad \text{Vac1:τιμή πώλησης βιοντήζελ (ευρώ/L, ισοτιμία Μαρτίου 2009)}$$

$$\text{NPV} = \begin{pmatrix} 7.891 \times 10^8 \\ 7.984 \times 10^8 \\ 8.077 \times 10^8 \\ 8.17 \times 10^8 \\ 8.263 \times 10^8 \\ 8.356 \times 10^8 \\ 8.449 \times 10^8 \\ 8.542 \times 10^8 \\ 8.635 \times 10^8 \end{pmatrix}$$

NPV ως προς την τιμή πώλησης του animal feed Vζ

$$\text{Vζ} := \begin{array}{|c|c|} \hline & 0 \\ \hline 0 & 0 \\ \hline 1 & 1.5 \\ \hline 2 & 2 \\ \hline 3 & 2.5 \\ \hline 4 & 3 \\ \hline \end{array} \quad \text{NPV} = \begin{pmatrix} 7.293 \times 10^8 \\ 8.02 \times 10^8 \\ 8.262 \times 10^8 \\ 8.504 \times 10^8 \\ 8.746 \times 10^8 \end{pmatrix}$$

NPV ως προς την τιμή πώλησης της σπιρουλίνας V_{sp}

$V_{sp} :=$

| | 0 |
|----|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 20 |
| 2 | 21 |
| 3 | 22 |
| 4 | 23 |
| 5 | 24 |
| 6 | 25 |
| 7 | 26.6 |
| 8 | 27 |
| 9 | 28 |
| 10 | 29 |
| 11 | 30 |
| 12 | 31 |
| 13 | 32 |
| 14 | 33 |
| 15 | 34 |

NPV =

| | 0 |
|----|---------------------|
| 0 | $-3.822 \cdot 10^8$ |
| 1 | $5.264 \cdot 10^8$ |
| 2 | $5.718 \cdot 10^8$ |
| 3 | $6.172 \cdot 10^8$ |
| 4 | $6.627 \cdot 10^8$ |
| 5 | $7.081 \cdot 10^8$ |
| 6 | $7.535 \cdot 10^8$ |
| 7 | $8.262 \cdot 10^8$ |
| 8 | $8.444 \cdot 10^8$ |
| 9 | $8.898 \cdot 10^8$ |
| 10 | $9.352 \cdot 10^8$ |
| 11 | $9.806 \cdot 10^8$ |
| 12 | $1.026 \cdot 10^9$ |
| 13 | $1.071 \cdot 10^9$ |
| 14 | $1.117 \cdot 10^9$ |
| 15 | $1.162 \cdot 10^9$ |

NPV ως προς το κόστος παραγωγής της άλγης (M_i)

$M_i :=$

| | 0 |
|---|------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0.3 |
| 2 | 0.35 |
| 3 | 0.4 |
| 4 | 0.45 |
| 5 | 0.5 |
| 6 | 0.55 |
| 7 | 0.6 |

NPV =

| |
|---------------------|
| 9.428×10^8 |
| 8.428×10^8 |
| 8.262×10^8 |
| 8.095×10^8 |
| 7.929×10^8 |
| 7.762×10^8 |
| 7.596×10^8 |
| 7.429×10^8 |