



# Διπλωματική Εργασία

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΒΙΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ ΜΙΚΡΟΦΥΚΩΝ

**ΚΑΠΝΙΣΗ ΜΑΡΙΑ**

*Επιβλέπων Καθηγητής: Αντώνης Κοκόσης*



# *Ευχαριστίες*

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των σπουδών μου στη σχολή Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ υπό την επίβλεψη του καθηγητή Αντώνη Κοκόση. Οφείλω να τον ευχαριστήσω για τη δυνατότητα που μου πρόσφερε να ασχοληθώ με ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον αντικείμενο και για τη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μου. Επίσης, ευχαριστώ την υποψήφιο διδάκτορα Μελίνα Ψυχά για τις συμβουλές που μου προσέφερε κατά την υλοποίηση της μελέτης. Τέλος, ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στην οικογένειά μου και τους φίλους για τη στήριξη και την ενθάρρυνση που μου προσέφεραν κατά την εργασία μου για την εκπόνηση της διπλωματικής.



# Πίνακας περιεχομένων

Ευρετήριο πινάκων .....	4
Ευρετήριο εικόνων.....	6
Υπόμνημα.....	9
Περίληψη .....	11
1. Βιοδιυλιστήρια και Μικροφύκη.....	14
1.1. Εισαγωγή στην έννοια του βιοδιυλιστηρίου .....	15
1.2. Μικροφύκη .....	16
1.2.1. Χαρακτηριστικά του μικροοργανισμού .....	16
1.2.2. Συνθήκες ανάπτυξης.....	18
1.2.3. Προϊόντα από μικροφύκη.....	20
2. Προκλήσεις και μεθοδολογική προσέγγιση .....	22
2.1. Προκλήσεις .....	23
2.2. Το ευέλικτο βιοδιυλιστήριο.....	23
2.3. Στάδια ανάπτυξης.....	24
2.3.1. Στάδιο 1: Καλλιέργεια.....	24
2.3.2. Στάδιο 2: Απομάκρυνση νερού.....	29
2.3.3. Στάδιο 3: Εκχύλιση ελαίων .....	29
2.3.4. Στάδιο 4: Ανάκτηση προϊόντων .....	30
2.4. Μεθοδολογική Προσέγγιση.....	33
3. Ανάπτυξη και ολοκλήρωση βιοδιυλιστηριακών μονάδων.....	43
3.1. Εισαγωγή.....	44
3.2. Βιοδιυλιστήριο 1: <i>Dunaliella</i> .....	45
3.2.1. Καλλιέργεια και απομάκρυνση νερού.....	46
3.2.2. Εκχύλιση ελαίων και ανάκτηση προϊόντων.....	47
3.2.3. Ολοκληρωμένο ροοδριάγραμμα βιοδιυλιστηρίου .....	49
3.3. Βιοδιυλιστήριο 2: <i>Haematococcus</i> .....	50
3.3.1. Καλλιέργεια και απομάκρυνση νερού.....	51
3.3.2. Εκχύλιση ελαίων και ανάκτηση προϊόντων.....	52
3.3.3. Ολοκληρωμένο ροοδριάγραμμα βιοδιυλιστηρίου .....	53

3.4.	Βιοδιυλιστήριο 3: Nannochloropsis.....	54
3.4.1.	Καλλιέργεια και απομάκρυνση νερού.....	54
3.4.2.	Εκχύλιση ελαίων και ανάκτηση προϊόντων.....	55
3.4.3.	Ολοκληρωμένο ροοδιάγραμμα βιοδιυλιστηρίου .....	56
4.	Τεχνοοικονομική ανάλυση .....	58
4.1.	Μεθοδολογία τεχνοοικονομικής ανάλυσης.....	59
4.1.1.	Πάγιος κόστος.....	59
4.1.2.	Λειτουργικό κόστος .....	64
4.1.3.	Αξιολόγηση επένδυσης.....	66
4.2.	Αποτελέσματα .....	67
4.2.1.	Παροδοχές .....	67
4.2.2.	Βιοδιυλιστήριο 1: Dunaliella.....	67
4.2.3.	Βιοδιυλιστήριο 2: Haematococcus .....	70
4.2.4.	Βιοδιυλιστήριο 3: Nannochloropsis.....	71
5.	Συγκριτική ανάλυση.....	75
5.1.	Συγκριτικά αποτελέσματα .....	76
5.2.	Επικάλυψη σεναρίων.....	82
5.3.	Το ευέλικτο υπερβιοδιυλιστήριο.....	84
6.	Συμπεράσματα.....	88
6.1.	Συμπεράσματα.....	89
6.2.	Συζήτηση και προοπτικές.....	90
	Βιβλιογραφία .....	92
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....	100
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 .....	112
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 .....	116



# Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 2.1: Ανοιχτά vs κλειστά συστήματα .....	28
Πίνακας 2.2: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών σε καροτενοειδή .....	34
Πίνακας 2.3: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών σε λιπίδια .....	34
Πίνακας 2.4: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών σε αμινοξέα .....	35
Πίνακας 2.5: Τα προϊόντα που επιλέγονται .....	41
Πίνακας 4.1: Κόστη εξοπλισμού καλλιέργειας .....	59
Πίνακας 4.2: Σταθερά κόστη καλλιέργειας .....	59
Πίνακας 4.3: Παράγοντες υπολογισμού κόστους εξοπλισμού .....	61
Πίνακας 4.4: Βιβλιογραφικά κόστη εξοπλισμού .....	62
Πίνακας 4.5: Διορθωτικοί παράγοντες σύμφωνα με το υλικό κατασκευής .....	63
Πίνακας 4.6: Διορθωτικοί παράγοντες σύμφωνα με την πίεση σχεδιασμού .....	63
Πίνακας 4.7: Διορθωτικοί παράγοντες σύμφωνα με την θερμοκρασία σχεδιασμού .....	63
Πίνακας 4.8: Ενεργειακά κόστη καλλιέργειας .....	64
Πίνακας 4.9: Σταθερά λειτουργικά κόστη καλλιέργειας .....	65
Πίνακας 4.10: Ενεργειακό κόστος διεργασιών .....	65
Πίνακας 4.11: Κόστη πρώτων υλών .....	65
Πίνακας 4.12: Έκταση καλλιέργειας .....	67
Πίνακας 4.13: Κόστη βιοδιωλιστηρίου (Dunaliella) .....	68
Πίνακας 4.14: Τιμές προϊόντων και παραγωγικότητα (Dunaliella) .....	68
Πίνακας 4.15: Κόστη βιοδιωλιστηρίου (Haematococcus) .....	70
Πίνακας 4.16: Τιμές προϊόντων και παραγωγικότητα (Haematococcus) .....	70
Πίνακας 4.17: Κόστη βιοδιωλιστηρίου (Nannochloropsis) .....	72



Πίνακας 4.18: Τιμές προϊόντων και παραγωγικότητα (Nannochloropsis) .....	72
Πίνακας 5.1: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών .....	76
Πίνακας 5.2: Σύνολο διεργασιών.....	77
Πίνακας 5.3: Σύνολο εξοπλισμού .....	77
Πίνακας 5.4: Κατανομή εξοπλισμού ανά διεργασία .....	78
Πίνακας 5.5: Επικάλυψη διεργασιών .....	83
Πίνακας 5.6: Κόστη ευέλικτου βιοδυλιστηρίου .....	86

# Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1.1: Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου (2).....	16
Εικόνα 1.2: Λίμνη Hillier, Αυστραλία .....	17
Εικόνα 1.3: Μικροσκοπικές απεικονίσεις μικροφυκών .....	18
Εικόνα 2.1: Βασικά στάδια βιοδιυλιστηρίου .....	24
Εικόνα 2.2: Καλλιέργεια φυκών στο Ειλάτ του Ισραήλ (εταιρεία NBT).....	25
Εικόνα 2.3: Σχηματική απεικόνιση δεξαμενής με αναδευτήρα (17).....	25
Εικόνα 2.4: Επίπεδοι κυλινδρικοί φωτοβιοαντιδραστήρες (Wageningen University) (18) .....	26
Εικόνα 2.5: Κατακόρυφες στήλες (19).....	27
Εικόνα 2.6: Αντιδραστήρες επίπεδων πλακών (18) .....	27
Εικόνα 2.7: Κατάταξη φίλτρανσης (29).....	31
Εικόνα 2.8: Μεμβράνη φίλτρανσης.....	32
Εικόνα 2.9: Προϊόντα από Dunaliella.....	36
Εικόνα 2.10: Προϊόντα από Haematococcus .....	37
Εικόνα 2.11: Προϊόντα από Nannochloropsis.....	37
Εικόνα 2.12 Σύνολο Προϊόντων που μπορούν να παραχθούν.....	38
Εικόνα 2.13: Σύνολο εφαρμόσιμων διεργασιών σε κάθε στάδιο .....	39
Εικόνα 2.14: Σύνολο διεργασιών που επιλέχθηκαν .....	39
Εικόνα 2.15: Στάδια βιοδιυλιστηρίου Dunaliella.....	40
Εικόνα 2.15: Στάδια βιοδιυλιστηρίου Haematococcus .....	40
Εικόνα 2.17: Στάδια βιοδιυλιστηρίου Nannochloropsis.....	40
Εικόνα 3.1: Βασικά στάδια βιοδιυλιστηρίου .....	44
Εικόνα 3.2: Απεικόνιση κυττάρου Dunaliella (34) .....	45

Εικόνα 3.3: β-καροτένη σε σκόνη .....	46
Εικόνα 3.4: Καλλιέργεια και ξήρανση βιομάζας <i>Dunaliella</i> .....	46
Εικόνα 3.5: Εκχύλιση και καθαρισμός προϊόντων <i>Dunaliella</i> .....	47
Εικόνα 3.6: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας <i>Dunaliella</i> .....	49
Εικόνα 3.7: Κύκλος ζωής <i>Haematococcus pluvialis</i> (45) .....	50
Εικόνα 3.8: Ασταξανθίνη σε σκόνη και σε κάψουλες.....	50
Εικόνα 3.9: Καλλιέργεια και ξήρανση βιομάζας <i>Haematococcus</i> .....	51
Εικόνα 3.10: Εκχύλιση και καθαρισμός προϊόντων <i>Haematococcus</i> .....	52
Εικόνα 3.11: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας <i>Haematococcus</i> .....	53
Εικόνα 3.12: Κύτταρο <i>Nannochloropsis</i> (53) .....	54
Εικόνα 3.13: Καλλιέργεια και ξήρανση βιομάζας <i>Nannochloropsis</i> .....	54
Εικόνα 3.14: Εκχύλιση και καθαρισμός προϊόντων <i>Nannochloropsis</i> .....	55
Εικόνα 3.15: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας <i>Nannochloropsis</i> .....	56
Εικόνα 4.1: Χρηματοροές βιοδιυλιστηρίου ( <i>Dunaliella</i> ) .....	69
Εικόνα 4.2: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου ( <i>Dunaliella</i> ).....	69
Εικόνα 4.3: Χρηματοροές βιοδιυλιστηρίου ( <i>Haematococcus</i> ).....	71
Εικόνα 4.4: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου ( <i>Haematococcus</i> ) .....	71
Εικόνα 4.5: Χρηματοροές βιοδιυλιστηρίου ( <i>Nannochloropsis</i> ) .....	73
Εικόνα 4.6: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου ( <i>Nannochloropsis</i> ) .....	73
Εικόνα 4.6: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου ( <i>Nannochloropsis</i> ) -2 .....	74
Εικόνα 5.1: Καταμερισμός κόστους <i>Dunaliella</i> (μέσα πάγιο, έξω λειτουργικό).....	79
Εικόνα 5.2: Καταμερισμός κόστους <i>Haematococcus</i> (μέσα πάγιο, έξω λειτουργικό) .....	80
Εικόνα 5.3: Καταμερισμός κόστους <i>Nannochloropsis</i> (μέσα πάγιο, έξω λειτουργικό) .....	80
Εικόνα 5.4: Σύγκριση παγίου ανά τα τέσσερα βασικά στάδια.....	81

Εικόνα 5.5: Σύγκριση λειτουργικού ανά τα τέσσερα βασικά στάδια.....	81
Εικόνα 5.6: Συγκριτική απεικόνιση χρηματοροών .....	82
Εικόνα 5.7: Προϊόντα υπερβιοδιυλιστηρίου .....	84
Εικόνα 5.8: Διάγραμμα ροής ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου .....	85
Εικόνα 5.8: Σύγκριση παγίου κόστους τεσσάρων βιοδιυλιστηρίων .....	86
Εικόνα 5.9: Συνολικό πάγιο κόστος βιοδιυλιστηρίων .....	87
Εικόνα 6.1: Υπερδομή (superstructure).....	91

# Υπόμνημα

$\kappa$  = κόστη εξοπλισμού

$c$  = δυναμικότητα εξοπλισμού

$\alpha$  = συντελεστής κλίμακας

$I$  = δείκτης κόστους (*Chemical Engineering Plant Cost Index*)

$F$  = συντελεστές κοστολόγησης εξοπλισμού

$i$  = επιτόκιο

$\tau$  = ποσοστό φορολογίας επί των εσόδων

$\delta$  = ανηγμένο κόστος επένδυσης

$P$  = κέρδος επένδυσης

$I_n$  = έσοδα

$O_n$  = έξοδα

$n$  = χρόνια

ΚΠΑ = καθαρή παρούσα αξία

IRR = εσωτερικός συντελεστής απόδοσης κεφαλαίου

ΜΔΚΕ = μη διορθωμένο κόστος εξοπλισμού

ΔΚΕ = διορθωμένο κόστος εξοπλισμού

ΣΠΚ = συνολικό πάγιο κόστος



## Περίληψη

Τα βιοδιυλιστήρια είναι διυλιστήρια που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη ανανεώσιμες πηγές, όπως είναι η βιομάζα, τα υπολείμματα ή τα απόβλητα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται σχετικά με τα βιοδιυλιστήρια τρίτης γενιάς τα οποία δεν ανταγωνίζονται τον τομέα των τροφίμων, αλλά χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη βιομάζα προερχόμενη από καλλιέργεια μικροοργανισμών. Τα μικροφύκη είναι μικροοργανισμοί με πολλά πλεονεκτήματα και συνιστούν ιδανική πρώτη ύλη. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα από την καλλιέργεια της βιομάζας μέχρι την παραλαβή τελικών προϊόντων σχετίζονται άμεσα με την πρώτη ύλη, δηλαδή το είδος του μικροφύκου, και το επιθυμητό τελικό προϊόν. Αξιοσημείωτο είναι το ότι πάρα πολλές από τις μεθόδους, που διέπουν όλα τα στάδια της παραγωγής είναι κοινές για τις διαφορετικές πρώτες ύλες. Κοινά είναι, επίσης, πολλά από τα προϊόντα που μπορούν να παραχθούν από μικροφύκη. Τα προϊόντα ποικίλουν από βιοκαύσιμα μέχρι υψηλής αξίας συστατικά. Η αγορά των τελευταίων, μάλιστα, χαρακτηρίζεται από έντονη κινητικότητα, καθώς βρίσκουν εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς. Ωστόσο, η ζήτηση και οι τιμές τους εξελίσσονται με απρόβλεπτο τρόπο, γεγονός που μπορεί να λειτουργήσει ως ανασταλτικός παράγοντας για επενδύσεις στον τομέα.

Τα ευέλικτα βιοδιυλιστήρια προσφέρουν την δυνατότητα εναλλαγής της πρώτης ύλης και των διεργασιών. Με αυτό τον τρόπο μια μονάδα μπορεί να προσαρμόζεται ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της αγοράς και να εξασφαλίζει μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και μέγιστη απόδοση. Στην παρούσα διπλωματική αναπτύσσεται μια μεθοδολογία για την προσέγγιση των ευέλικτων βιοδιυλιστηρίων. Σύμφωνα με αυτήν διακρίνουμε και μελετάμε τέσσερα βασικά στάδια. Το στάδιο της καλλιέργειας του μικροοργανισμού, το στάδιο της συλλογής και απομάκρυνσης του νερού, το στάδιο της εκχύλισης των ελαίων από τα κύτταρα του μικροοργανισμού και το στάδιο ανάκτησης τελικών προϊόντων. Αρχικά επιλέγουμε ως πρώτη ύλη βιοδιυλιστηρίων τρεις ποικιλίες μικροφυκών, τη *Dunaliella*, τον *Haematococcus* και τη *Nannochloropsis*. Στην συνέχεια σχεδιάζουμε ολοκληρωμένα βιοδιυλιστήρια για την κάθε μία ξεχωριστά και πραγματοποιούμε τεχνοοικονομική ανάλυση. Τέλος, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων με στόχο να παρουσιάσουμε το ενδεχόμενο σύστασης ενός ευέλικτου υπερβιοδιυλιστηρίου.

Για την τεχνοοικονομική ανάλυση κοστολογείται ο εξοπλισμός των βιοδιυλιστηρίων με βιβλιογραφικά δεδομένα και χρήση των εξισώσεων *Lang*. Με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης εκτιμώνται τα λειτουργικά κόστη σε ενέργεια και πρώτες ύλες. Ύστερα από την κοστολόγηση γίνεται πρόβλεψη της οικονομικής πορείας των μεμονωμένων σεναρίων σε βάθος δεκαετίας και αξιολόγηση των τριών επενδυτικών προτάσεων με το κριτήριο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) και του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) και παρατίθενται διαγράμματα για την εξέλιξη των χρηματοροών.

Τόσο από τα διαγράμματα ροής, όσο και από τα οικονομικά αποτελέσματα ενισχύεται η παρατήρηση ότι υπάρχουν πολλά κοινά σημεία σε όλα τα στάδια της ανάλυσης. Η επικάλυψη που εμφανίζουν τα τρία σενάρια είναι πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα να επιβεβαιώνεται η προοπτική του ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου. Ένα γενικό συμπέρασμα που απορρέει είναι ότι τα βιοδιυλιστήρια εναλλακτικών πρώτων υλών αποτελούν έναν τομέα με πολλά περιθώρια ανάπτυξης και χώρο για περαιτέρω έρευνα.

# *Abstract*

Biorefineries are refineries that use renewable feedstock such as biomass, residues or waste. Of particular interest, are the third-generation bio-refineries which do not compete with the food sector. Instead, they use non-edible biomass or micro-organisms, such as microalgae, as feedstock. Microalgae are plant microorganisms with many advantages, thus, they are an ideal feedstock. The processes that take place from the cultivation of the biomass to the receipt of final products are directly related to the feedstock and the desired final product. It is remarkable how many of the processes, in all stages of production, are common between different feedstocks. Also, common are many of the products that can be produced from microalgae. Products range from biofuels to high-value ingredients. The marketplace of the latter, moreover, is characterized by intense mobility as they find application in many areas. However, demand and prices are evolving in an unpredictable way, which can act as a barrier to investments in the sector.

Flexible bio-refineries offer the ability to switch between feedstocks and processes. In this way, a unit can be tailored to meet the needs of the market and ensure long-term viability and maximum return. In this diploma, a methodology for approaching flexible biorefineries is being developed. According to that we discern and study four basic stages. The stage of the cultivation of the microorganism, the stage of harvesting, the stage of the extraction of the oils from the cells of the micro-organism and the stage of the purification and recovery of the final products. We initially select three varieties of microalgae, *Dunaliella*, *Haematococcus* and *Nannochloropsis* as biorefinery feedstock. Then, we design integrated biorefineries for each one separately and perform techno-economic analysis. Finally, a comparison of the results is made with a view to present the similarities between and the separate biorefineries and the possibility of setting up a flexible one.

For the techno-economic analysis, the capital cost of the biorefineries is calculated using bibliographic data and with the Lang equations. With help from the simulation software, operational costs in energy and raw materials are estimated. After costing, economic evaluation of the individual scenarios is performed, at a depth of ten years, using cashflow diagrams, the net present value criteria (NPV) and the internal rate of return criteria (IRR).

Both the biorefineries flow charts and the financial results support the observation that there are many common points in all stages of the analysis. The overlay of the three scenarios is very large, confirming the prospect of a flexible biorefinery. A general conclusion is that biorefineries of alternative feedstock are an industry with many room for growth and further research.





# *1. Βιοδιυλιστήρια και Μικροφύκη*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή σχετικά με τα βιοδιυλιστήρια, δίνοντας έμφαση στα βιοδιυλιστήρια τρίτης γενιάς. Μιας μορφής πρώτη ύλη στα σύγχρονα βιοδιυλιστήρια τρίτης γενιάς είναι τα μικροφύκη, τα οποία παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα. Σχετικά με τα μικροφύκη, στο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά, οι συνθήκες ανάπτυξής τους και τα προϊόντα που παράγουν.

### 1.1. Εισαγωγή στην έννοια του βιοδιυλιστηρίου

Κατά το τέλος της ευρύτερης περιόδου της βιομηχανικής επανάστασης εμφανίστηκαν τα πρώτα διυλιστήρια πετρελαίου. Έκτοτε, η τεχνολογική και κοινωνική εξέλιξη κατέστησε την εξόρυξή του απαραίτητη, καθώς το πετρέλαιο αποτελεί την πρώτη ύλη για αμέτρητα προϊόντα. Τα περισσότερα από τα καύσιμα που “κινούν” τον πλανήτη, η βιομηχανία των πλαστικών και πολλές ακόμη βιομηχανίες βασίζονται στο πετρέλαιο. Μόνο στις 28 χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το 2015, διατίθεντο πάνω από 550 χιλιάδες τόνοι προϊόντων πετρελαίου (*Eurostat*). Τα αποθέματα πετρελαίου, ωστόσο, δεν είναι ανεξάντλητα. Η εκτίμηση και οι προβλέψεις για την επερχόμενη εξάντλησή τους ποικίλουν. Πιο άμεσο ζήτημα λέγεται ότι θα προκύψει από την αδυναμία της αυξανόμενης παραγωγής να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση. Η μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα στις τιμές καθιστά την ανάγκη για χρήση ανανεώσιμων υλών να αντικαταστήσουν το πετρέλαιο, ολοένα και πιο επιτακτική.

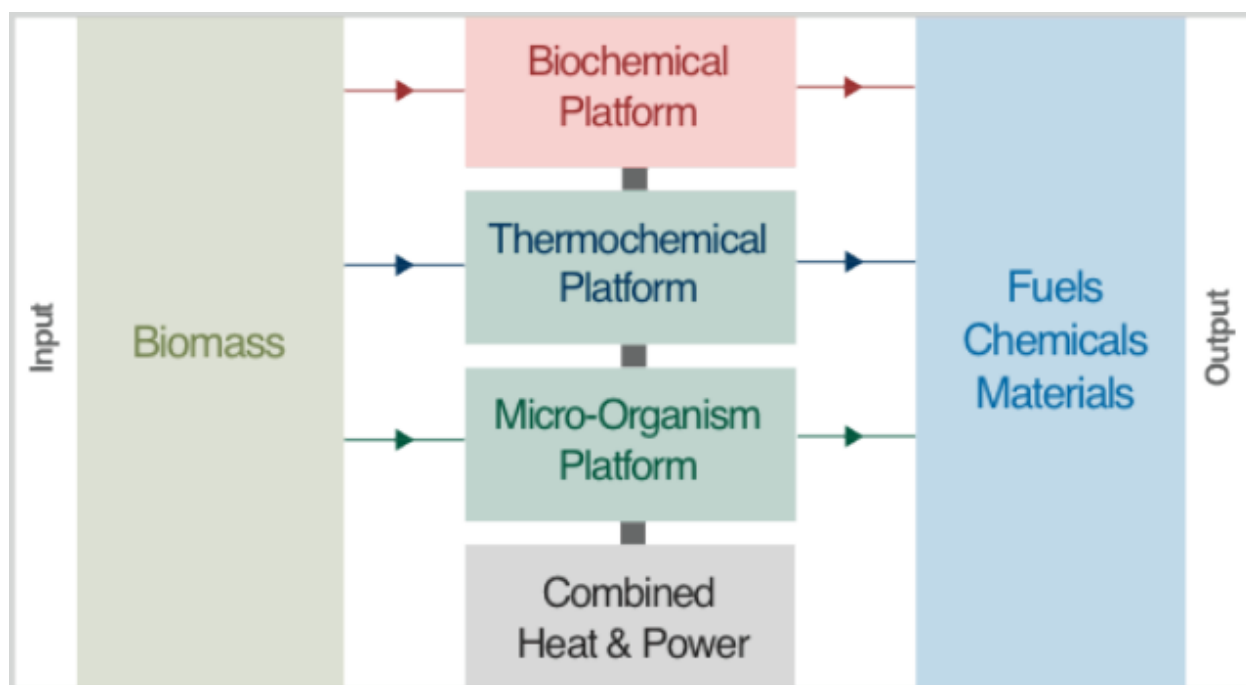
Ένας από τους σημαντικότερους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης στην παγκόσμια αγορά ενέργειας είναι να αυξηθεί σημαντικά το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών μέχρι το 2030 (*United Nations*). Τα βιοδιυλιστήρια αποτελούν ένα τομέα της χημικής βιομηχανίας που μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη της παραγωγής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο όρος βιοδιυλιστήριο αναφέρεται στην μετατροπή της βιομάζας σε βιοκαύσιμα, βιοενέργεια, σημαντικές χημικές ουσίες αλλά και τρόφιμα και ζωοτροφές. (1) Πέραν αυτών, τα βιοδιυλιστήρια παράγουν επίσης θερμότητα και ενέργεια είτε προς εμπορική εκμετάλλευση είτε προς χρήση με σκοπό την αυτονομία. Στα διυλιστήρια, ως γνωστόν, το ακατέργαστο πετρέλαιο διαχωρίζεται με απόσταση σε κλάσματα από τα οποία στη συνέχεια προκύπτουν διάφορες ουσίες και προϊόντα. Με τον ίδιο στόχο και πιο σύνθετες διεργασίες λειτουργούν και τα βιοδιυλιστήρια. Ανάλογα την πρώτη ύλη και τα παραγόμενα προϊόντα, τα βιοδιυλιστήρια και αντίστοιχα τα βιοκαύσιμα διακρίνονται σε πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς.

Τα βιοδιυλιστήρια πρώτης γενιάς χρησιμοποιούν διαθέσιμες πρώτες ύλες, όπως φυτά πλούσια σε έλαια και σάκχαρα, βρώσιμη βιομάζα, γεωργικά υπολείμματα και οργανικά απόβλητα. Επικεντρώνονται κυρίως στην παραγωγή ενός βιοκαυσίμου με βιοχημικές μεθόδους, όπως η ζύμωση των σακχάρων, η αναερόβια χώνευση και η μετεστεροποίηση. Ένα σημαντικό μειονέκτημα που σχετίζεται με τα βιοδιυλιστήρια πρώτης γενιάς είναι το γεγονός ότι οι περισσότερες πρώτες ύλες αποτελούν μέρος της διατροφικής αλυσίδας ανθρώπων και ζώων, συνεπώς η εκτεταμένη χρήση τους μπορεί να επηρεάσει τη βιοποικιλότητα.

Τα βιοδιυλιστήρια δεύτερης γενιάς παράγουν βιοκαύσιμα από υπολειμματικά φυτικά ελαία, ζωικά λίπη, απόβλητη βιομάζα και μη βρώσιμη λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα. Και σε αυτήν την περίπτωση η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών είναι αμφιλεγόμενη. Ωστόσο τα βιοδιυλιστήρια δεύτερης γενιάς υπερτερούν σε σχέση με αυτά πρώτης, καθώς προσανατολίζονται στην παραγωγή μεγαλύτερου εύρους προϊόντων. Με θερμοχημικές μεθόδους όπως η άμεση καύση, η πυρόλυση και η αεριοποίηση της πλούσιας σε άνθρακα βιομάζας είναι δυνατόν να παραχθεί θερμότητα, ηλεκτρισμός και να προκύψουν πολλά ακόμα υποπροϊόντα.

Τα βιοδιυλιστήρια τρίτης γενιάς χρησιμοποιούν πρώτη ύλη που δεν ανταγωνίζεται τον τομέα των τροφίμων, όπως ακατέργαστα ορυκτά υλικά, αστικά και γεωργικά απόβλητα ή υδάτινη βιομάζα. Στην υδάτινη βιομάζα συγκαταλέγονται μικροοργανισμοί όπως είναι τα μικροφύκη, τα οποία θα μας απασχολήσουν παρακάτω. Σε αντίθεση με τα βιοδιυλιστήρια των προηγούμενων γενεών, σε αυτά της

τρίτης φάσης οι πολυάριθμες εφαρμόσιμες μέθοδοι που συνδυάζονται μεταξύ τους, παρέχουν την δυνατότητα μείωσης του συνολικού κόστους, καθώς επίσης και μεγάλο εύρος στην παραγωγή προϊόντων. Παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς σε τέτοια βιοδιυλιστήρια μπορεί να γίνει έλεγχος της παραγωγής πρώτων υλών και κατ' επέκταση των προϊόντων. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση καλλιεργούμενης βιομάζας τόσο μεγαλύτερη μπορεί να είναι και η παραγωγή. Υπολογίζεται μάλιστα ότι μπορούν να αποδώσουν 30 φορές περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης (1). Στα πλεονεκτήματά τους συγκαταλέγεται, επίσης, η κατανάλωση διοξειδίου του άνθρακα και η απελευθέρωση οξυγόνου από την αναπτυσσόμενη βιομάζα.



Εικόνα 1.1: Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου (2)

## 1.2. Μικροφύκη

### 1.2.1. Χαρακτηριστικά του μικροοργανισμού

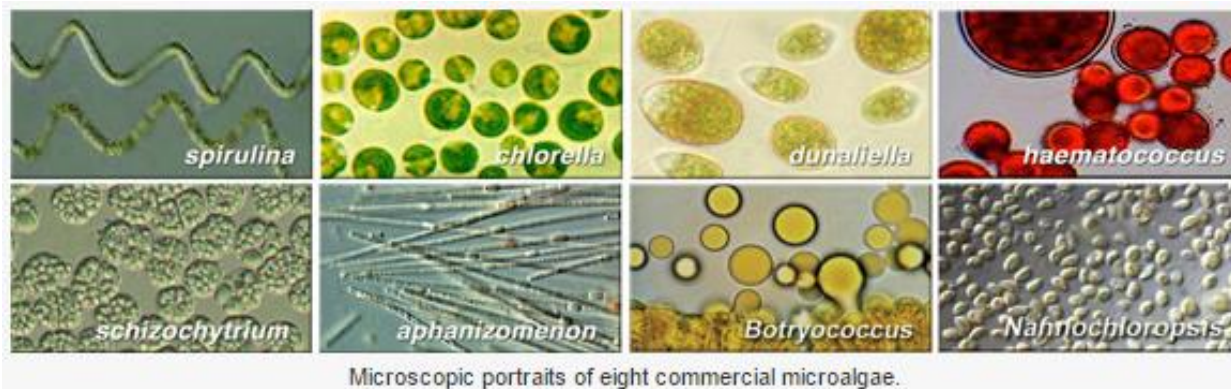
Μικροφύκη καλούνται πολύ μικροί πρωκαρυωτικοί ή ευκαρυωτικοί φυτικοί οργανισμοί διαμέτρου 0.5 – 50 μm -μικρόμετρα. Αποτελούν το μεγαλύτερο κομμάτι της υδάτινης βιομάζας κατέχοντας πολύ χαμηλή θέση στην τροφική αλυσίδα. Δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι, ωστόσο, αν έχουν μεγάλη πυκνότητα στον όγκο του νερού που αναπτύσσονται, μεταβάλλουν το χρώμα του, σε πράσινο, μπλε, καφέ ή ακόμα και κόκκινο. Η λίμνη Hillier, για παράδειγμα, έχει ένα χαρακτηριστικό ροζ χρώμα. Ύστερα από αναλύσεις διαπιστώθηκε ότι αυτό οφείλεται και στην ύπαρξη του μικροφύκου *Dunaliella salina*.



*Εικόνα 1.2: Λίμνη Hillier, Αυστραλία*

Όπως όλοι οι φυτικοί οργανισμοί, τα μικροφύκη καταναλώνουν διοξείδιο του άνθρακα και με τη βοήθεια του φωτός παράγουν πληθώρα προϊόντων τα οποία συσσωρεύουν στο εσωτερικό των κυττάρων τους. Κατά τη διαδικασία αυτή, απελευθερώνουν οξυγόνο. Υπολογίζεται ότι το 70 με 80% του οξυγόνου της ατμόσφαιρας που καταναλώνουν οι άνθρωποι και τα ζώα απελευθερώνεται από την υδάτινη χλωρίδα. Υπάρχουν πάνω από 300.000 είδη μικροφυκών, από τα οποία μόνο μερικές χιλιάδες έχουν καταγραφεί και μελετηθεί. Το περιεχόμενό τους αποτελείται κυρίως από λιπίδια, υδατάνθρακες και πρωτεΐνες σε σύσταση που ποικίλει ανάλογα με το είδος και τις συνθήκες ανάπτυξης.

Η καλλιέργεια των μικροφυκών με σκοπό την εμπορική εκμετάλλευση πραγματοποιείται τουλάχιστον τα τελευταία 40 χρόνια. Το 2011 η παγκόσμια παραγωγή ξεπέρασε τους 9000 τόνους ξηρής βιομάζας (3). Παρότι η αγορά τους δεν κατέχει μεγάλη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο χαρακτηρίζεται από συνεχώς αυξανόμενη ανάπτυξη. Είδη όπως η *Spirulina*, η *Chlorella*, ο *Haematococcus* καλλιεργούνται ευρέως για την παραγωγή βιοκαυσίμων αλλά και για την παραγωγή λιπαρών οξέων, πρωτεϊνών, χρωστικών και λοιπών σημαντικών ουσιών. Η φυσική προέλευση αυτών των ουσιών αυξάνει κατά πολύ την αξία τους σε σχέση με τα αντίστοιχα συνθετικά, γεγονός που καθιστά τη διεργασία παραγωγής τους βιώσιμη και σημαντικά κερδοφόρα.



Εικόνα 1.3: Μικροσκοπικές απεικονίσεις μικροφυκών

## 1.2.2. Συνθήκες ανάπτυξης

### 1.2.2.1. Ηλιακή ακτινοβολία

Ως φωτοσυνθετικός οργανισμός, η πηγή ενέργειας που απαιτούν τα μικροφύκη για το μεταβολισμό τους είναι φως, είτε φυσικό, είτε λευκό φως λαμπτήρων. Ακτινοβολία μήκους κύματος 400-700 nm ή αλλιώς η ενεργή ακτινοβολία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάπτυξη του μικροοργανισμού. Για την παραγωγή καροτενοειδών, για παράδειγμα, έχει διαπιστωθεί ότι δεν παίζει ρόλο το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Αντίθετα, η ένταση του φωτός επηρεάζει πολύ πιο έντονα. Γενικά, όσο αυξάνεται η ένταση τόσο αυξάνεται και ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης, προσεγγίζοντας ένα μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Λόγω της ελεύθερης ανάπτυξης των μικροφυκών σε περιβάλλοντα με μειωμένη πρόσβαση φωτός, τα κύτταρα καθίστανται ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην απορρόφηση του. Ένα πρόβλημα που παρατηρείται είναι η άμεση απορρόφηση από τα στρώματα που έρχονται σε άμεση επαφή με το φως, αφήνοντας άλλα στρώματα στο σκοτάδι. Για να αποφευχθεί αυτό, οι καλλιέργειες πρέπει να αναδεύονται κατάλληλα ώστε να μετριάζεται η παραμονή των ίδιων κυττάρων από τη σκίαση αλλά και από την παρατεταμένη έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία.

### 1.2.2.2. Θερμοκρασία

Γενικά ο ρυθμός ανάπτυξης των μικροφυκών αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρις ένα μέγιστο σημείο, έπειτα από το οποίο μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε καταστροφή της καλλιέργειας. Η θερμοκρασιακή ανεκτικότητα ποικίλει από 10 έως και 40 °C, ενώ ένα διάστημα στο οποίο η ανάπτυξη βελτιστοποιείται είναι οι 25-35°C. Οι μικρότερες, αλλά όχι ακραίες θερμοκρασίες, δεν είναι καταστροφικές για την καλλιέργεια. Αντίθετα, σε θερμοκρασίες που μπορεί να ξεπερνούν τους 40°C έχει παρατηρηθεί ότι επιβραδύνεται αρκετά η ανάπτυξη.

#### 1.2.2.3. Οξυγόνο – Διοξείδιο του Άνθρακα

Στα κλειστά συστήματα καλλιέργειας το διοξείδιο του άνθρακα εισάγεται είτε αναμειγμένο με αέρα, είτε μέσω δοχείων πίεσης. Στα ανοιχτά συστήματα, επίσης απαιτείται επιπλέον τροφοδοσία διοξειδίου, καθώς αυτό που υπάρχει στην ατμόσφαιρα δεν επαρκεί για τη φωτοσύνθεση. Υπολογίζεται ότι για την παραγωγή 1kg βιομάζας απαιτούνται 1,8 kg διοξειδίου του άνθρακα (4). Ακόμη, η προσθήκη CO<sub>2</sub> συμβάλλει στον έλεγχο του Ph.

Η μεγάλη συσσώρευση οξυγόνου στις καλλιέργειες μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της παραγωγικότητας. Στα ανοιχτά συστήματα αυτό ρυθμίζεται από την αλληλεπίδραση της καλλιέργειας με την ατμόσφαιρα, όπου ισορροπείται η συγκέντρωση του οξυγόνου. Στα κλειστά συστήματα το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με χρήση συσκευών αερισμού.

#### 1.2.2.4. Αλατότητα και Ph

Τα επίπεδα pH, προκειμένου να ευνοείται η ανάπτυξη, είναι ευρεία, με βέλτιστο συνήθως μεταξύ 7-9. Η ποικιλία της *Dunaliella*, για παράδειγμα, είναι αρκετά ανεκτική (0-11), με βέλτιστο αυτό μεταξύ 9-11 βαθμούς. Να σημειωθεί ότι - και αυτό ισχύει για όλα τα είδη - λόγω φωτοσύνθεσης, η δέσμευση CO<sub>2</sub> απελευθερώνει ανιόντα OH με αποτέλεσμα το pH να αυξάνεται αρκετά. Η αύξηση αυτή δεν είναι επιθυμητή γιατί οδηγεί σε καθίζηση αλάτων και κροκίδωση της βιομάζας των φυκών. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό, στις καλλιέργειες των φυκών, ρυθμίζεται η παροχή του CO<sub>2</sub> και περιστασιακά προστίθεται HCl, ενώ όταν δεν υπάρχει τροφοδοσία αερίου (ως πηγή άνθρακα είναι το όξινο ανθρακικό ιόν - HCO<sup>3-</sup>) μπορεί μόνο να προστεθεί HCl.

#### 1.2.2.5. Θρεπτικά συστατικά

Ως φωτοαυτότροφοι οργανισμοί, τα φύκη χρειάζονται ανόργανο άνθρακα. Ο άνθρακας παρέχεται συνήθως με ενέσεις CO<sub>2</sub> στην καλλιέργεια από συσκευές που δημιουργούν φυσαλίδες αερίων. Εναλλακτικά, ως πηγή άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το NaHCO<sub>3</sub>. Όσον αφορά το άζωτο, ιδανική πηγή αποτελεί το νιτρικό, το οποίο παρέχεται από διαλύματα όπως NaNO<sub>3</sub> ή KNO<sub>3</sub>. Τις ανάγκες σε φώσφορο, πειράματα έχουν δείξει ότι μπορεί να καλύψουν αποτελεσματικά ενώσεις όπως KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ή NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Το άζωτο αποτελεί την βάση των πρωτεϊνών. Η έλλειψή του μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη παραγωγή πρωτεϊνών και συσσώρευση λιπιδίων στα κύτταρα του μικροοργανισμού. Έλλειψη φωσφόρου, από την άλλη, έχει αρνητική επίπτωση στον ρυθμό ανάπτυξης καθώς είναι πολύ σημαντικός για όλες τις κυτταρικές διεργασίες.

Κάποια μικροστοιχεία, όπως Fe<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup> κ.α. απαιτούνται από τον μικροοργανισμό σε πολύ μικρές ποσότητες. Αυτά παρέχονται συνήθως από το νερό που χρησιμοποιείται στις καλλιέργειες, αφού υπάρχουν σε επαρκείς ποσότητες.

### 1.2.3. Προϊόντα από μικροφύκη

#### 1.2.3.1. Βιοκαύσιμα

Το βιοντίζελ παράγεται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη τα οποία αποτελούνται από τριγλυκερίδια (μετεστεροποίηση). Τα τριγλυκερίδια αποτελούνται από τρεις αλυσίδες λιπαρών οξέων συνδεδεμένες με ένα μόριο γλυκερόλης. Για την παραγωγή του βιοντίζελ, η γλυκερόλη αντικαθίσταται από τη μεθανόλη. Έτσι δημιουργούνται οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (FAME) ή αλλιώς το λεγόμενο βιοντίζελ. Οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης των μικροφυκών και η μεγάλη ποσότητα λιπιδίων που μπορούν να συσσωρεύσουν στα κύτταρά τους τα καθιστούν ιδανική πρώτη ύλη για παραγωγή βιοντίζελ. Για να είναι η παραγωγή βιοντίζελ βιώσιμη πρέπει πρώτον οι απαιτούμενες πρώτες ύλες να επαρκούν για ποσότητες καυσίμων εμπορικής κλίμακας, κάτι που είναι εφικτό με τη χρήση μικροφυκών. Δεύτερον, το κόστος της παραγωγής πρέπει να είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των συμβατικών καυσίμων. Και τρίτον, φυσικά τα βιοκαύσιμα πρέπει να πληρούν τις ίδιες προδιαγραφές με τα συμβατικά καύσιμα (5).

Η βιοιθανόλη παράγεται με βιοχημικές (αναερόβια ζύμωση) και θερμοχημικές (αεριοποίηση) μεθόδους. Οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες που περιέχουν τα μικροφύκη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή άνθρακα για τη ζύμωση. Αν και η μέθοδος αυτή είναι σε πρώιμο στάδιο μπορεί να διευκολύνει αρκετά, καθώς θα αντικαταστήσει βρώσιμες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται ως τώρα ευρέως (καλαμπόκι, σακχαροκάλαμα κ.λπ.) (6). Εναλλακτικά, η τεχνική της “αυτοζύμωσης” των μικροφυκών προς ανάκτηση βιοιθανόλης είναι απλούστερη και λιγότερο χρονοβόρα από την παραδοσιακή τεχνική (7).

Η αναερόβια χώνευση είναι βασική μέθοδος για την παραγωγή μεθανίου. Η έλλειψη λιγνίνης και κυτταρίνης των μικροφυκών τα καθιστά υψηλής απόδοσης πρώτη ύλη για παραγωγή βιομεθανίου. Μάλιστα η υπολειπόμενη βιομάζα μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία προς παραγωγή λιπασμάτων (8).

#### 1.2.3.2. Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή και οι ξανθοφύλλες (οξειδωμένα παράγωγα καροτενοειδών) είναι φυσικές χρωστικές που συσσωρεύονται στα μικροφύκη ανάλογα τις συνθήκες ανάπτυξής τους. Συνιστούν οικογένεια από πάρα πολλές ενώσεις κάποιες από τις οποίες έχουν σημαντική εμπορική αξία. Ορισμένες αξιοσημείωτες ενώσεις είναι η β-καροτένη, η ασταξανθίνη, η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη και η βιολαξανθίνη. Βρίσκουν εφαρμογή σε καλλυντικά και ως πρόσθετα σε τροφές. Επίσης, έχουν θρεπτικές και θεραπευτικές ιδιότητες καθώς δρουν ως προβιταμίνη Α και μπορούν να μετατραπούν σε βιταμίνη Α. Ακόμη, διαθέτουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες και έχουν συσχετιστεί με αντικαρκινική δράση. Η αγορά των καροτενοειδών είναι ιδιαίτερος ενδιαφέροντος με υψηλή κερδοφορία. Παρά τον ανταγωνισμό από τα, κατά πολύ, φθηνότερα συνθετικά, υπερτερούν λόγω της φυσικής του προέλευσης (9).

#### 1.2.3.3. Χλωροφύλλες

Η χλωροφύλλη είναι μόριο ζωτικής σημασίας για τον μικροοργανισμό, διότι συμβάλλει στην απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας που απαιτείται για τη φωτοσύνθεση. Έχει τρία παράγωγα (a, b, c) τα οποία δεν εντοπίζονται ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, το μικροφύκος *Chlorella* έχει αναφερθεί να



διαθέτει μεγάλη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη a και χλωροφύλλη b (10). Οι χλωροφύλλες μπορούν να βρουν εφαρμογή ως χρωστικές στη βιομηχανία των τροφών, καθώς επίσης και των καλλυντικών.

#### 1.2.3.4. Τροφές

Συμπληρώματα διατροφής όπως πρωτεΐνες, βιταμίνες, ω-3 λιπαρά και μικροστοιχεία έχουν ολοένα και περισσότερη ζήτηση, τόσο για τον ανθρώπινο οργανισμό όσο και για ζώα και υδρόβιους οργανισμούς. Αντλούνται από άλλους οργανισμούς, επειδή όμως αυτοί δεν επαρκούν, τα μικροφύκη είναι ιδανική εναλλακτική πηγή. Ακόμη και τα ίδια τα μικροφύκη, καθώς είναι πλούσια στα παραπάνω συστατικά, μπορούν να διοχετευθούν απευθείας σε ιχθυοκαλλιέργειες ως τροφή, προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγή. Η *Spirulina* είναι η πιο γνωστή ζωοτροφή από τα μικροφύκη. Τα θρεπτικά συστατικά της, όπως βιταμίνες, αντιοξειδωτικά, μεταλλικά στοιχεία και η ικανότητά της να αναπτύσσεται σε συνθήκες υψηλής αλατότητας την καθιστούν εξαιρετικά ευεργετική ζωοτροφή (9).

#### 1.2.3.5. Λιπίδια

Τα λιπίδια καταλαμβάνουν μεγάλο κομμάτι των μικροφυκών. Συμβάλλουν, όπως προαναφέρθηκε στην παραγωγή βιοκαυσίμων, αλλά είναι εξίσου σημαντικά για τους έμβιους οργανισμούς. Φυτά και ζώα λόγω έλλειψης συγκεκριμένων ενζύμων δεν μπορούν να συνθέσουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs) που αποτελούνται από πολλά άτομα άνθρακα (πάνω από 16). Τροφές όπως τα ψάρια και έλαια ψαριών τους τα παρέχουν. Τα μικροφύκη είναι πιθανή εναλλακτική πηγή, ωστόσο ακόμη, μειονεκτούν ελαφρώς για οικονομικούς λόγους.

Κάποια χαρακτηριστικά οξέα είναι τα α-λινολενικό και γ-λινολενικό, το αραχιδικό ω-6 λιπαρό (ARA), τα ω-3 EPA και DHA. Το τελευταίο είναι από τα λίγα που διαθέτει ολοκληρωμένη παραγωγή από μικροφύκη, με κυρίαρχη πρώτη ύλη το *Cryptocodinium cohnii* (11). Τα κέρδη από αυτήν στις ΗΠΑ το 2004 ξεπέρασαν τα 300 εκατομμύρια δολάρια (12). Γενικά το ενδιαφέρον για τα ω-3 λιπαρά αυξάνεται καθώς έχουν πολλά οφέλη για την υγεία. Συνιστούν σημαντικό δομικό στοιχείο νευρικών κυττάρων και συμβάλλουν στη λειτουργία του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος. Η κατανάλωσή τους φαίνεται να συμβάλλει στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων και παθήσεων του νευρικού συστήματος. Επίσης μειώνουν τις πιθανότητες για υπέρταση, θρόμβωση, έμφραγμα μυοκαρδίου και καρδιακές αρρυθμίες. Αποτελεσματική δράση τους διαπιστώθηκε όταν χρησιμοποιήθηκαν σε θεραπείες φλεγμονών, όπως η ρευματοειδής αρθρίτιδα, η νόσος του Crohn, η ψωρίαση, το άσθμα και η κυστική ίνωση (13).

#### 1.2.3.6. Γλυκερίνη

Η γλυκερίνη είναι ένα υλικό που αποτελεί συστατικό όλων των ζωντανών κυττάρων. Υπάρχει στα κρασιά, στις μπίρες, στο ψωμί και σε άλλα προϊόντα ζύμωσης κόκκων και ζάχαρης. Επίσης, συναντάται στη φύση υπό τη μορφή τριγλυκεριδίων που αποτελούν τα πρωταρχικά συστατικά όλων σχεδόν των λαχανικών, των ζωικών λιπών και των λαδιών. Είναι άοσμη, μη τοξική και έχει γλυκιά γεύση (14).

## 2. Προκλήσεις και μεθοδολογική προσέγγιση

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο παρόν κεφάλαιο ανοίγεται η συζήτηση σχετικά με τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα βιοδιωλιστήρια. Το ευέλικτο βιοδιωλιστήριο αποτελεί μια διαφορετική μορφή, η οποία μπορεί να δώσει λύση στα προβλήματα του τομέα. Στο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογική προσέγγιση, που ακολουθείται στην παρούσα εργασία, στόχος της οποίας είναι να μελετηθεί η ενδεχόμενη σύσταση ενός ευέλικτου βιοδιωλιστηρίου.

## 2.1. Προκλήσεις

Τα μικροφύκη ως πρώτη ύλη στα βιοδιυλιστήρια είναι δελεαστική, αλλά κατά έναν τρόπο πολύπλοκη πηγή. Είναι ανθεκτικά και όχι ιδιαίτερα απαιτητικά ως προς τις ανάγκες τους προκειμένου να αναπτυχθούν. Επίσης, προσφέρονται για πολύ μεγάλο εύρος τελικών προϊόντων. Σε αυτό έγκειται η πολυπλοκότητά τους. Στην οικογένεια των μικροφυκών ανήκουν πολυάριθμα γένη τα οποία με τη σειρά τους διακρίνονται σε ποικίλα επιμέρους είδη. Ανάλογα το είδος μικροφύκους, η σύσταση των κυττάρων του διαφέρει (15). Η σύσταση αυτή αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τα προϊόντα που προέρχονται από κάθε είδος. Εκτός του ότι πολλά είδη μικροφυκών είναι προς το παρόν άγνωστα, ακόμη και αυτά που έχουν μελετηθεί διαθέτουν άγνωστες προοπτικές. Η ευελιξία, μάλιστα, που παρουσιάζουν στην ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα αμέτρητα σενάρια εκμετάλλευσης, κάτι το οποίο συνιστά μεγάλη πρόκληση.

Ακόμη μεγαλύτερη πρόκληση συνιστούν τα ίδια τα πολυάριθμα προϊόντα. Κατά κύριο λόγο τα προϊόντα από μικροφύκη διακρίνονται σε δύο ευρύτερες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν προϊόντα, όπως τα βιοκαύσιμα, οι πρωτεΐνες ή οι τροφές, τα οποία έχουν μεγάλη ζήτηση, αλλά χαμηλή αξία. Στην άλλη κατηγορία ανήκουν πιο εξειδικευμένα προϊόντα, όπως χρωστικές ή θρεπτικά συστατικά. Τα τελευταία συνιστούν προϊόντα μικρής συγκέντρωσης στη βιομάζα, για τα οποία όμως έχουν διαμορφωθεί, κατά την τρέχουσα χρονική περίοδο, πολύ υψηλές τιμές πώλησης. Ο προσανατολισμός μια βιοδιυλιστηριακής μονάδας είτε σε ένα, είτε σε περισσότερα προϊόντα είναι κάτι που απαιτεί πολύ προσεκτική αξιολόγηση. Αν αναλογιστούμε και τον τρόπο παραγωγής των προϊόντων, δηλαδή τις ρευστές διεργασίες, ο προβληματισμός μεγαλώνει, καθώς συνεχώς διερευνώνται καινοτόμες μέθοδοι ώστε να αντικαταστήσουν τις συμβατικές διεργασίες και να επιφέρουν καλύτερη απόδοση.

Ανάμεσα στις πολύπλοκες πρώτες ύλες, τις διεργασίες και τα ιδιαίτερα προϊόντα, υπάρχει και η ανάγκη για βιωσιμότητα στα βιοδιυλιστήρια. Η βιωσιμότητα τους είναι σε μεγάλο βαθμό συνδεδεμένη με την κινητικότητα των προϊόντων στην αγορά. Τα μεν με χαμηλή αξία έχουν σταθερή ζήτηση γιατί αποτελούν βασικά προϊόντα. Τα δε εξειδικευμένα αντιμετωπίζουν πολυπλοκότερα θέματα. Οι υψηλές τιμές τους δεν είναι δεδομένες και διαμορφώνονται ανάλογα με τη ζήτηση και την προσφορά. Η ζήτηση τους, επίσης δεν ακολουθεί κάποιον κανόνα, ενώ καλύπτεται και από την προσφορά συνθετικών, των οποίων οι τιμές είναι πολύ ανταγωνιστικές.

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά λειτουργούν ανασταλτικά για τον τομέα των βιοδιυλιστηρίων. Μέσα σε αυτά όμως, βρίσκονται και οι ευκαιρίες που μπορούν να φέρουν τις λύσεις. Σε μια, λοιπόν, ευαίσθητη αγορά, ένας τομέας με πολλές ασταθείς παραμέτρους απαιτεί πιο εξειδικευμένη αντιμετώπιση για αποτελεσματικό σχεδιασμό που θα προσφέρει περισσότερη ευελιξία.

## 2.2. Το ευέλικτο βιοδιυλιστήριο

Το πρόβλημα που εξετάζεται είναι η ενδεχόμενη σύσταση ενός ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου το οποίο έρχεται να δώσει λύσεις αντιμετώπισης των προκλήσεων. Ένα ευέλικτο βιοδιυλιστήριο χαρακτηρίζεται από την προσαρμοστικότητα που παρουσιάζει απέναντι στις διάφορες απαιτήσεις της αγοράς. Το ζητούμενο φυσικά, πάντα, είναι η βιωσιμότητα και η σταθερότητα. Η δυνατότητα μια μονάδας να προσαρμόζεται μεταξύ διαφορετικών πρώτων υλών και να ανταποκρίνεται στις εναλλαγές της αγοράς δύναται να της εξασφαλίσει μακροπρόθεσμη σταθερότητα. Πιο συγκεκριμένα, μια τέτοια μονάδα θα

μπορεί να διαχειρίζεται πολλές διαφορετικές πρώτες ύλες εναλλάσσοντάς τις ώστε να παράγει μεγάλο εύρος προϊόντων και να ανταποκρίνεται στις εκάστοτε συνθήκες που ορίζει η αγορά.

Βασική συνθήκη, για να είναι κάτι τέτοιο εφικτό, αποτελεί το να υπάρχουν κοινές διεργασίες σε όλα τα στάδια κατεργασίας των διαφορετικών πρώτων υλών. Με στόχο τη διερεύνηση της επικάλυψης που εμφανίζουν οι βιοδιυλιστηριακές μονάδες, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, επιλέχθηκαν να μελετηθούν κάποιες περιπτώσεις χαρακτηριστικών μικροφυκών. Με αφορμή τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν ανοίγεται ο δρόμος για τα συνδυαστικά – ευέλικτα βιοδιυλιστήρια.

### 2.3. Στάδια ανάπτυξης

Οι διεργασίες στα βιοδιυλιστήρια μπορούν να κατανεμηθούν σε τέσσερα βασικά στάδια. Η ανάλυση που θα ακολουθήσει βασίζεται σε αυτά τα στάδια, καθένα από τα οποία εξυπηρετεί ξεχωριστό σκοπό. Οι διεργασίες που περιλαμβάνει το κάθε στάδιο σχετίζονται με την πρώτη ύλη και το επιθυμητό προϊόν και αναλύονται παρακάτω.

#### 1. Καλλιέργεια

Το στάδιο αυτό αφορά την ανάπτυξη του μικροοργανισμού, η οποία λαμβάνει χώρα είτε σε ανοιχτά είτε σε κλειστά συστήματα

#### 2. Απομάκρυνση νερού

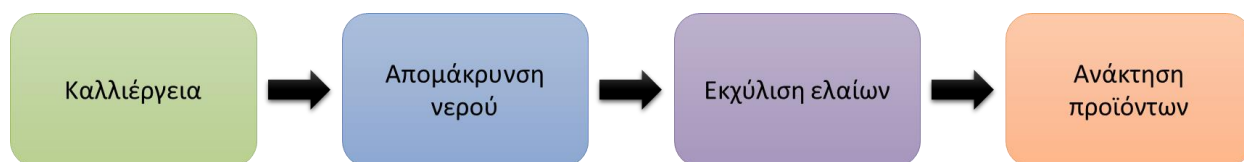
Στο στάδιο αυτό συλλέγεται η βιομάζα και με κατάλληλες διεργασίες απομακρύνεται το νερό, ώστε να οδηγηθεί στην περαιτέρω επεξεργασία της.

#### 3. Εκχύλιση ελαίων

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει διεργασίες που στοχεύουν στη διάσπαση των κυττάρων του μικροοργανισμού και την εξαγωγή των ελαίων που έχουν παραχθεί.

#### 4. Ανάκτηση προϊόντων

Στη φάση αυτή τα μείγματα ελαίων εισέρχονται σε κατάλληλα συστήματα προκειμένου να ανακτηθούν καθαρά τελικά προϊόντα.



Εικόνα 2.1: Βασικά στάδια βιοδιυλιστηρίου

#### 2.3.1. Στάδιο 1: Καλλιέργεια

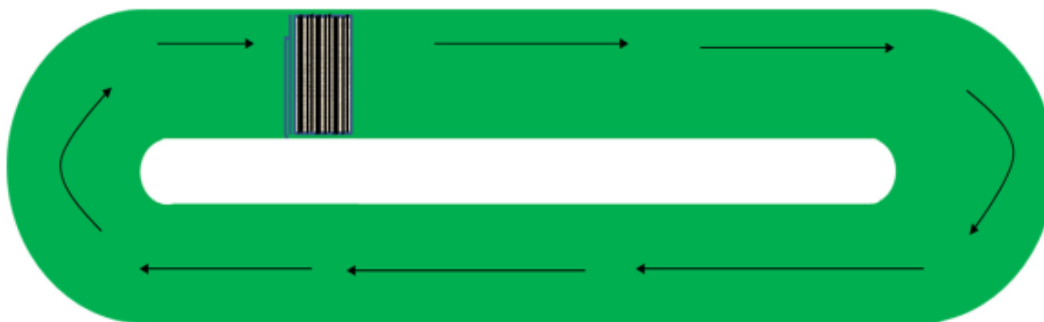
##### 2.3.1.1. Ανοιχτές δεξαμενές

Στα ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας συγκαταλέγονται οι μη αναδευόμενες ρηχές δεξαμενές (extensive ponds), οι αναδευόμενες κυκλικές δεξαμενές (intensive ponds) και οι αναδευόμενες με νερόμυλο

δεξαμενές με μορφή καναλιών (raceway ponds) (16). Οι ανοιχτές δεξαμενές αποτελούν την πιο παραδοσιακή μέθοδο για την καλλιέργεια των μικροφυκών. Το βάθος τους κυμαίνεται από 10 έως 50 cm, ωστόσο ιδανικά προτείνεται να μην ξεπερνά τα 30 cm. Μεγαλύτερο βάθος έχει ως αποτέλεσμα να περιορίζεται η ανάπτυξη στα στρώματα που βρίσκονται πιο κοντά στην επιφάνεια. Επειδή οι λίμνες είναι ιδιαίτερα θολές, η ακτινοβολία εμποδίζεται και δεν μπορεί να προσεγγίσει τα κατώτερα στρώματα. Προκειμένου, λοιπόν, να διαχέεται επαρκώς το φως και να ευνοείται εξ ολοκλήρου η ανάπτυξη του μικροοργανισμού, το βάθος που επιλέγεται συνήθως είναι τα 15-25 εκατοστά. Για την καλύτερη επαφή με το φως, αλλά και τη διασπορά των θρεπτικών συστατικών στις δεξαμενές, απαιτείται η χρήση αναδευτήρων (raddle wheels).



Εικόνα 2.2: Καλλιέργεια φυκών στο Ειλάτ του Ισραήλ (εταιρεία NBT)



Εικόνα 2.3: Σχηματική απεικόνιση δεξαμενής με αναδευτήρα (17)

Για την κατασκευή των δεξαμενών το μόνο που χρειάζεται είναι η κατασκευή τοίχου για την οριοθέτησή τους. Το γεγονός αυτό τις καθιστά ιδιαίτερα οικονομικές. Τα υλικά για τον τοίχο πρέπει να είναι αδιαπέραστα, όπως το τσιμέντο, τα τούβλα ή ακόμη και το ίδιο το χώμα με στήριξη από πλαστικό. Έχουν επίσης χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Ένα σημαντικό μειονέκτημα που παρουσιάζουν, ωστόσο έγκειται στο γεγονός ότι είναι εκτεθειμένες. Αυτό ισοδυναμεί με σημαντικές απώλειες και αυξημένο κίνδυνο μόλυνσης. Οι λόγοι αυτοί τις κάνουν περισσότερο κατάλληλες για ανθεκτικά και με γρήγορη ανάπτυξη είδη. Τα νερά σε αυτού του τύπου τις καλλιέργειες είναι φυσικά, από θάλασσες ή λίμνες. Ένας ακόμη λόγος που συντελεί στην οικονομική φύση τους.

#### 2.3.1.2. Κλειστά συστήματα

Τα κλειστά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για την καλλιέργεια των μικροφυκών είναι οι οριζόντιοι κυλινδρικοί βιοαντιδραστήρες (tubular photobioreactors), οι αντιδραστήρες επίπεδων πλακών (flat panel) και οι κατακόρυφες στήλες (vertical columns).

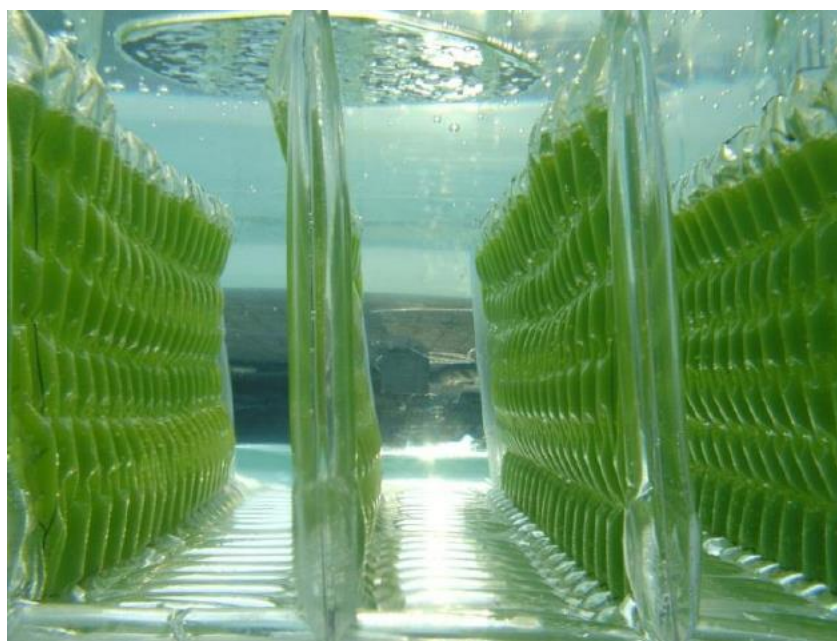


Εικόνα 2.4: Επίπεδοι κυλινδρικοί φωτοβιοαντιδραστήρες (Wageningen University) (18)





*Εικόνα 2.5: Κατακόρυφες στήλες (19)*



*Εικόνα 2.6: Αντιδραστήρες επίπεδων πλακών (18)*

Γενικά τα κλειστά συστήματα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Σε αντίθεση με τα ανοιχτά συστήματα, δεν έχουν καθόλου απώλειες διοξειδίου του άνθρακα και προσφέρονται για ακριβή έλεγχο

των συγκεντρώσεων των θρεπτικών συστατικών. Ένα ακόμα πλεονέκτημα των κλειστών συστημάτων είναι η παρακολούθηση και η ρύθμιση της θερμοκρασίας. Επιπλέον, σε τέτοια συστήματα, παρατηρούνται αυξημένοι ρυθμοί ανάπτυξης και προσφέρεται η δυνατότητα για αύξηση της παραγωγικότητας με αύξηση του μήκους των σωλήνων. Στα μειονεκτήματα των κλειστών συστημάτων συγκαταλέγεται η υψηλή συσσώρευση ακτινοβολίας στην επιφάνεια των σωλήνων και η υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου, τα οποία είναι επιβλαβή για τα φύκη.

Σημειώνεται ότι τα συστήματα παράλληλων επίπεδων πλακών θεωρούνται τα πιο αποδοτικά ως προς την παραγωγικότητα με τιμές που κυμαίνονται στα 0,1-0,3 g/l/ημέρα. Έχουν, βέβαια και τις υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα συστήματα και αντιμετωπίζουν δυσκολία στην εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα (20) (18)

### 2.3.1.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Με μια σύντομη σύγκριση μεταξύ των βασικών παραμέτρων που διέπουν τα ανοιχτά και τα κλειστά συστήματα εύκολα γίνεται αντιληπτή η υπεροχή του ενός έναντι του άλλου. Τα κλειστά συστήματα δίνουν μεγάλη δυνατότητα ελέγχου και σταθεροποίησης των συνθηκών καλλιέργειας (συγκεντρώσεις, θερμοκρασίες κ.λπ.). Αυτή η δυνατότητα έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη και εποικοδομητική συγκομιδή, συνεπώς και αυξημένη παραγωγή. Από την άλλη, τα ανοιχτά συστήματα είναι εξαιρετικά οικονομικά. Το πολύ χαμηλό πάγιο κόστος τους σε συνδυασμό με το επίσης σημαντικά χαμηλό λειτουργικό κόστος τα καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστικά.

Πίνακας 2.1: Ανοιχτά vs κλειστά συστήματα

	Ανοιχτά συστήματα	Κλειστά συστήματα
Κόστος κατασκευής	χαμηλό	υψηλό
Ενεργειακό κόστος	χαμηλό	υψηλό
Ποσότητα απαιτούμενου νερού	μεγάλη	μικρή
Απώλειες	υψηλές	Πολύ χαμηλές
Έλεγχος θερμοκρασίας	αδύνατος	εύκολος
Έλεγχος pH	περιορισμένος	δυνατός
Παραγωγικότητα	μέτρια	έως και 5 φορές μεγαλύτερη
Συγκέντρωση βιομάζας	μέτρια	έως και 5 φορές μεγαλύτερη
Κίνδυνος μόλυνσης	υπαρκτός	διαχειρίσιμος
Κίνδυνος καταστροφής	μικρός	μεγάλος

Παρά τις έντονες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο συστημάτων, ωστόσο η κατάλληλη επιλογή σχετίζεται άμεσα με το είδος του μικροφύκου που πρόκειται να καλλιεργηθεί. Ορισμένα συστήματα μπορεί να ενδείκνυνται για μια ποικιλία και όχι για κάποια άλλη. Συνεπώς η επιλογή μεθόδου είναι αποτέλεσμα της αξιολόγησης του κόστους, των δυνατοτήτων που παρέχει και της συμβατότητας με τις ανάγκες του είδους μικροφυκών.



### 2.3.2. Στάδιο 2: Απομάκρυνση νερού

Το στάδιο που έπεται της καλλιέργειας είναι αυτό της συλλογής της συγκομιδής και η απομάκρυνση του νερού από αυτήν. Συνήθως, η διεργασία αυτή μπορεί να πραγματοποιείται σε ένα ή δύο στάδια. Αντίστοιχα και οι υπάρχουσες μέθοδοι διακρίνονται σε δύο είδη, σε αυτές που πραγματοποιούν απευθείας αφυδάτωση στην καλλιέργεια και σε αυτές που απαιτούν πρώτα συσσωμάτωση του μικροοργανισμού σε μεγαλύτερες μάζες. Χαρακτηρίζεται από σχετική δυσκολία εξαιτίας του μικρού μεγέθους των κυττάρων των μικροφυκών, γι' αυτό η επιλογή της διεργασίας εξαρτάται από το μέγεθος και τις ιδιότητες του είδους. Οι τεχνικές συλλογής και αφυδάτωσης των μικροφυκών περιλαμβάνουν καθίζηση, επίπλευση, φυγοκέντρωση, φίλτραση και ξήρανση με ψεκασμό. Πολλές από αυτές τις διεργασίες μπορεί να υποβοηθούνται από την κροκίδωση των κυττάρων. Η κροκίδωση προκαλεί την συσσωμάτωση των κυττάρων σε μεγαλύτερες συστάδες οι οποίες φιλτράρονται ή καθιζάνουν πιο εύκολα και πιο γρήγορα (21).

### 2.3.3. Στάδιο 3: Εκχύλιση ελαίων

Η εκχύλιση των επιθυμητών προϊόντων από τα μικροφύκη πραγματοποιείται με δύο τρόπους, είτε με εκχύλιση στερεού-υγρού είτε με εκχύλιση υγρού-υγρού. Η εκχύλιση στερεού-υγρού αποτελεί το πρώτο στάδιο κατά το οποίο γίνεται η διάσπαση των κυττάρων του μικροοργανισμού και η απομάκρυνση των ελαίων που έχουν παραχθεί. Η εκχύλιση υγρού-υγρού λαμβάνει χώρα σε περιπτώσεις όπου τα έλαια που εξάγονται αποτελούν μίγματα πολλών συστατικών και τα οποία πρέπει να διαχωριστούν.

Η εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος στην επεξεργασία των μικροφυκών. Ενώσεις όπως το εξάνιο, η αιθανόλη, το χλωροφόρμιο, η μεθανόλη, καθώς επίσης και μίγματά τους είναι πολύ διαδεδομένοι διαλύτες τόσο για τα καροτενοειδή όσο και για τα λιπίδια. Βέβαια, η μέθοδος αυτή απαιτεί μεγάλες ποσότητες διαλύτη και συνήθως πολλαπλά στάδια εκχύλισης (22). Παρακάτω αναπτύσσονται εναλλακτικές διεργασίες που μελετήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής καθώς παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές.

#### 2.3.3.1. Υπερκρίσιμη εκχύλιση

Η εκχύλιση με υπερκρίσιμο υγρό συνιστά πιο καινοτόμο και αποτελεσματική μέθοδο για τον διαχωρισμό καροτενοειδών από μικροφύκη. Το διοξείδιο του άνθρακα σε υπερκρίσιμη κατάσταση είναι ιδανικός διαλύτης για καροτενοειδή, ειδικά μάλιστα για τη β-καροτένη, και καθιστά την εκχύλιση λιγότερο χρονοβόρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην υπερκρίσιμη κατάσταση το ρευστό έχει μικρότερο ιξώδες και καλύτερη διάχυση επομένως διεισδύει στα στερεά κύτταρα πιο εύκολα και πιο γρήγορα. Επίσης, με εκτόνωση του ρευστού, αυτό πολύ εύκολα απομακρύνεται, μπορεί να ανακυκλωθεί και προσφέρει υψηλής καθαρότητας προϊόντα. Το φάσμα της υπερκρίσιμης κατάστασης είναι τόσο ευρύ με αποτέλεσμα ο διαλύτης να δύναται να γίνει εξαιρετικά επιλεκτικός. Μεταβάλλοντας τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας μεταβάλλεται η γκάμα και η διαλυτότητα των ποικίλων επιθυμητών προϊόντων που είναι ο στόχος να παραχθούν (23) (24).

#### 2.3.3.2. Διαλύτες αυξημένης πίεσης σε υγρή μορφή

Η χρήση συμβατικών διαλυτών, όπως το εξάνιο ή η αιθανόλη, σε συνθήκες αυξημένης πίεσης αποτελεί επίσης μια νέα προσθήκη στις τεχνικές για εξαγωγή ελαίων από φυσικές πηγές. Είναι μέθοδος η οποία βρίσκεται κυρίως σε στάδιο μελέτης, ωστόσο φαίνεται να έχει ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Έρευνες έχουν δείξει ότι μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση σε σχέση με το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα. Σε σύγκριση με την παραδοσιακή εκχύλιση οργανικού διαλύτη, η αυξημένη πίεση συμβάλλει σε ταχύτερη και απλούστερη παραλαβή προϊόντων υψηλής σταθερότητας και καθαρότητας (25).

#### 2.3.3.3. Υποκρίσιμη εκχύλιση

Οι συνθήκες κατά τις οποίες ένα ρευστό ή ένα μείγμα ρευστών βρίσκεται κάτω από το κρίσιμο σημείο και πέραν του σημείου βρασμού συνιστούν την υποκρίσιμη κατάσταση. Η υποκρίσιμη εκχύλιση με διαλύτες όπως το νερό, η αιθανόλη είναι μια εναλλακτική μέθοδος για παραλαβή λιπιδίων από μικροοργανισμούς. Μελέτες έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η υποκρίσιμη εκχύλιση έχει αυξημένη απόδοση στην εξαγωγή λιπιδίων. Μια ιδιαίτερη περίπτωση στον τομέα των μικροφυκών με θετικά αποτελέσματα είναι ο συνδυασμός αιθανόλης με εξάνιο, ως σύστημα διαλυτών. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους, λόγω του ότι δεν απαιτεί απόλυτα ξηρή τροφοδοσία και μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε υγρή βιομάζα (26).

#### 2.3.3.4. Flash υδρόλυση προς εκχύλιση πρωτεϊνών

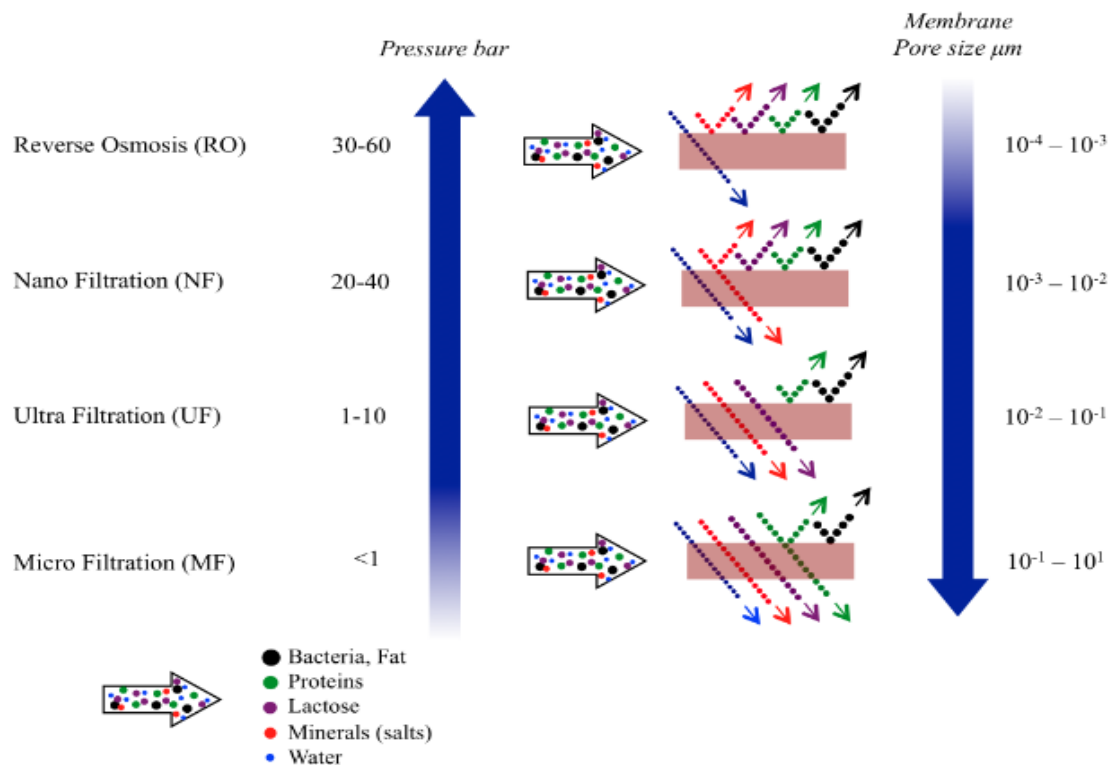
Στην πραγματικότητα πρόκειται για υποπερίπτωση της υποκρίσιμης εκχύλισης με διαλύτη το νερό. Οι συνθήκες του νερού είναι τέτοιες ώστε, σε συνδυασμό με τη σύντομη παραμονή του στη στήλη, μόνο τα μόρια το πρωτεϊνών διαλύονται και απομονώνονται. Η τεχνική αυτή είναι κατάλληλη για εξαγωγή πρωτεϊνών και αμινοξέων και μπορεί να επιτύχει έως και 2,5 φορές μεγαλύτερη απόδοση (27). Επιπρόσθετα, στα στερεά υπολείμματα της διεργασίας έχει ελαχιστοποιηθεί η περιεκτικότητα σε άζωτο. Αντίθετα, είναι εμπλουτισμένα σε άνθρακα οπότε συνιστούν πολύ καλή πρώτη ύλη για παραγωγή βιοκαυσίμων (28).

### 2.3.4. *Στάδιο 4: Ανάκτηση προϊόντων*

Για τον καθαρισμό των τελικών προϊόντων και την ανάκτηση των διαλυτών κυρίαρχη μέθοδος είναι η απόσταξη. Ακόμη όμως και η απόσταξη, όπως αναφέρθηκε και για την εκχύλιση, ανταποκρίνεται κυρίως στον κλασματικό διαχωρισμό των προϊόντων. Για τον περαιτέρω διαχωρισμό των τελικών προϊόντων από μίγματα συγγενών ενώσεων δεν επαρκεί και πιο εξειδικευμένες μέθοδοι είναι αναγκαίες. Λύση στο πρόβλημα έρχονται να δώσουν μέθοδοι όπως η νανοφίλτραση ή η χρωματογραφία αντιρροής οι οποίες αποτελούν νέα προσθήκη στις εφαρμογές για την παραλαβή καθαρών προϊόντων.

### 2.1.4.1. Φίλτραση με μεμβράνες

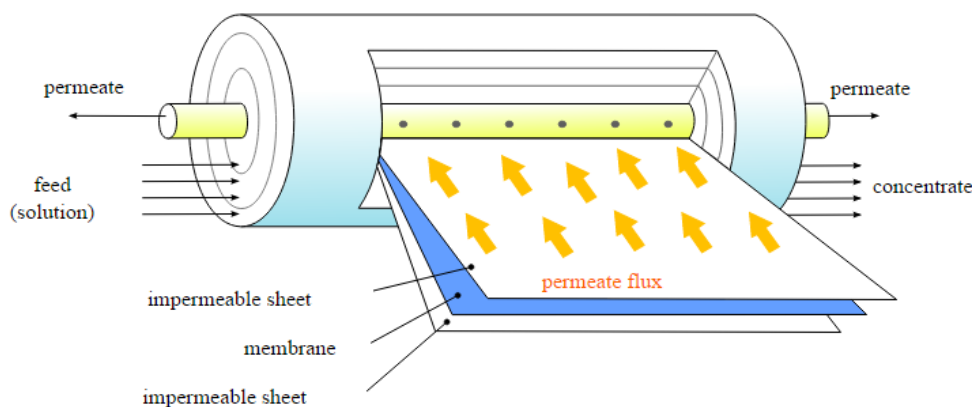
Το βασικό χαρακτηριστικό των μεμβρανών φίλτρασης είναι το μέγεθος των πόρων της. Αυτό καθορίζει τις ενώσεις που δεν διαπερνούν την μεμβράνη και κατατάσσει τα διάφορα είδη φίλτρασης. Στην εικόνα 2.11 φαίνεται πώς σχετίζεται η διάμετρος των πόρων με το μοριακό βάρος χαρακτηριστικών ενώσεων.



Εικόνα 2.7: Κατάταξη φίλτρασης (29)

Παραδοσιακά, η φίλτραση εφαρμόζεται σε υδατικό περιβάλλον. Στα βιοδιυλιστήρια όμως, τα περισσότερα διαλύματα έχουν ως βάση οργανικές ενώσεις. Συστήματα φίλτρασης με ανθεκτικότητα στους οργανικούς διαλύτες ανοίγουν πολλές προοπτικές στη βιομηχανία των διυλιστηρίων γενικότερα. Η υψηλή ανάκτηση και η καθαρότητα των διαλυτών που μπορεί να επιτευχθεί έχει σημαντική απόδοση στο κόστος της διεργασίας (30). Ταυτόχρονα, δίνει τη δυνατότητα παραλαβής των διαλυμένων συστατικών σε αρκετά υψηλή καθαρότητα. Οι ουσίες με το μεγαλύτερο μοριακό βάρος (χαρακτηριστικό μεμβράνης) που δεν μπορούν να διαπεράσουν τους πόρους της απορρίπτονται σε ποσοστό που ξεπερνά το 90% (31).

Τα συστήματα φίλτρασης που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανικές μονάδες είναι σωληνοειδή. Επίσης, η ροή του διαλύματος είναι αξονική, γεγονός που κάνει τη διεργασία ακόμα πιο αποτελεσματική σε σχέση με την παραδοσιακή φίλτραση.



Εικόνα 2.8: Μembrάνη φίλτρανης

#### 2.2.4.2 Χρωματογραφία

Η χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (solid/liquid HPLC) αποτελεί μια από τις βασικότερες μεθόδους διαχωρισμού μεταξύ χημικών και φαρμακευτικών ενώσεων. Εφαρμόζεται μάλιστα ευρέως σε διαχωρισμούς μεταξύ ενώσεων, όπως είναι τα καρτενοειδή ή οι χλωροφύλλες. Η υγρή χρωματογραφία, ωστόσο, προσφέρει πολύ περισσότερες δυνατότητες σχετικά με τέτοια, υψηλής αξίας προϊόντα. Τις τελευταίες δεκαετίες, τα συστήματα υγρής χρωματογραφίας αντιρροής (HPCCC) βελτιώθηκαν σε τόσο μεγάλο βαθμό που το ενδιαφέρον έχει στραφεί στην αναπτυσσόμενη εφαρμογή τους. Ο χρόνος έκλουσης έχει μειωθεί φτάνοντας στα λίγα λεπτά. Επιπλέον έχουν μεγάλο εύρος δυναμικότητας, από ποσότητες αναλυτικής κλίμακας μέχρι και κιλά. Το γεγονός αυτό κάνει τη μέθοδο ιδιαίτερα ελκυστική στη βιομηχανική παραγωγή.

Τα πλεονεκτήματα που έχει η χρήση υγρής σταθερής φάσης έναντι στερεού πληρωτικού υλικού δεν είναι λίγα. Η μεγαλύτερη ποσότητα ένεσης δείγματος, η πλήρης ανάκτησή του, καθώς επίσης και η ελάχιστη έως και μηδαμινή προετοιμασία την οποία χρειάζεται να υποστεί, είναι μόνο μερικά από αυτά. Το βασικό χαρακτηριστικό και το κλειδί για την καλύτερη απόδοση του διαχωρισμού, όμως είναι η επιλογή του υγρού. (32) Τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται είναι διφασικά αποτελούμενα από τρεις, τέσσερις ή και πέντε ενώσεις. Οι διαφορετικές αναλογίες των διαλυμάτων αποτελούν πληθώρα συστημάτων με διαφορετική σύσταση της οργανικής και της υδάτινης φάσης. Έτσι η HPCCC μπορεί να βρει εφαρμογή και να διαχωρίσει αποτελεσματικά πάρα πολλά μείγματα ενώσεων (32). Μερικά διφασικά συστήματα με πολλές παραλλαγές στις αναλογίες είναι τα εξής:

- Επτάνιο - αιθυλικός αιθυλεστέρας - μεθανόλη - βουτανόλη - νερό
- Επτάνιο - αιθυλικός αιθυλεστέρας - μεθανόλη - νερό
- Εξάνιο - αιθυλικός αιθυλεστέρας - μεθανόλη - νερό
- Βουτανόλη - ακετιλονιτρίλιο – νερό
- Χλωροφόρμιο - μεθανόλη – νερό

## 2.4. Μεθοδολογική Προσέγγιση

Το πρόβλημα που εξετάζουμε είναι η σύσταση ενός ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου. Έχοντας αναλύσει γενικά, τα μικροφύκη, το περιεχόμενό τους και τις διεργασίες, προχωράμε σε πιο ειδική επισκόπηση. Για το σκοπό αυτό επιλέγουμε, συγκεκριμένα, πρώτες ύλες, διεργασίες και τελικά προϊόντα. Προκειμένου να προβλέψουμε το ενδεχόμενο ενός ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου, θα σχεδιάσουμε πιο κλασσικά βιοδιυλιστήρια τα οποία επεξεργάζονται μία συγκεκριμένη πρώτη ύλη. Στόχος είναι να δούμε πώς αυτά τα βιοδιυλιστήρια συνδυάζονται σε ένα υπερδιυλιστήριο με πολλές δυνατότητες και μεγαλύτερη ευελιξία.

Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στην παρούσα διπλωματική αποτελείται από τέσσερα βήματα, τα οποία αναλύονται παρακάτω.

- I. Επιλογή εναλλακτικών καλλιιεργειών  
Στόχος είναι να καθορίσουμε κοινές διαδρομές σε προϊόντα ή σε κατηγορίες προϊόντων αναφορικά με τις επιλεγμένες καλλιέργειες. Για την επιλογή της καλλιέργειας απαιτείται μελέτη των μικροφυκών, ως προς τις ιδιαιτερότητες της ανάπτυξής τους, τα συστήματα που η ανάπτυξη ευδοκμεί και τις συνθήκες που οδηγούν στην παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων.
- II. Επιλογή και ανάλυση των διεργασιών που πραγματοποιούνται σε κάθε στάδιο  
Στόχος είναι να καθορίσουμε κοινές διεργασίες που μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου αποτελεσματικά σε όλες τις πρώτες ύλες. Για την σωστή επιλογή των διεργασιών λαμβάνονται υπόψιν μελέτες και εφαρμογές που έχουν προηγηθεί. Σύμφωνα με αυτές, πρέπει να έχει διαπιστωθεί συμβατότητα όλων των μεθόδων για το κάθε μικροφύκος και αποτελεσματική εφαρμογή ως προς το τελικό επιθυμητό προϊόν.
- III. Ολοκληρωμένο σχεδιασμό, προσομοίωση και τεχνοοικονομική ανάλυση βιοδιυλιστηρίων  
Στόχος είναι να εντοπίσουμε κοινά χαρακτηριστικά των ξεχωριστών βιοδιυλιστηρίων. Το βήμα αυτό, αποτελεί το υπολογιστικό κομμάτι της μεθοδολογίας, όπου με την βοήθεια κατάλληλου λογισμικού γίνεται προσομοίωση διεργασιών. Οι πληροφορίες που εξάγονται από την προσομοίωση σε συνδυασμό με βιβλιογραφική έρευνα συνθέτουν το κομμάτι της τεχνοοικονομικής ανάλυσης, η οποία μας επιτρέπει να δούμε τις ομοιότητες των βιοδιυλιστηρίων.
- IV. Συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων  
Στόχος είναι η συνολική αποτίμηση των αποκλίσεων. Εργαλεία σύγκρισης των βιοδιυλιστηρίων περιλαμβάνουν
  - a) Ποιοτικά χαρακτηριστικά
  - b) Τεχνικά χαρακτηριστικά
  - c) Οικονομικά δεδομένα.
 Συγκριτικοί πίνακες και διαγράμματα, αποτυπώνουν τις αποκλίσεις και τα κοινά σημεία των διακριτών μελετώμενων περιπτώσεων. Ύστερα, μπορούμε να παραθέσουμε προβλέψεις σχετικά με το ευέλικτο βιοδιυλιστήριο και τις δυνατότητές του.

(I) Επιλογή εναλλακτικών καλλιεργειών

Στο πρώτο βήμα επιλέγουμε εναλλακτικές καλλιέργειες μικροφυκών βασιζόμενοι στα προϊόντα που μπορούν να παράξουν. Τα μικροφύκη που επιλέγονται ως πρώτη ύλη είναι η *Dunaliella*, ο *Haematococcus* και η *Nannochloropsis*. Κάθε μία από αυτές τις ποικιλίες αποτελεί χαρακτηριστική πρώτη ύλη για συγκεκριμένα προϊόντα. Η *Dunaliella* και ο *Haematococcus* είναι κυρίαρχες πηγές για τα καροτενοειδή β-καροτένη και ασταξανθίνη αντίστοιχα. Η *Nannochloropsis* συνιστά σημαντική πηγή για ω-3 λιπαρά, όπως το EPA και δύναται να συσσωρεύσει μεγάλες ποσότητες λιπιδίων γενικότερα. Πέρα από αυτά τα προϊόντα, οι ουσίες που εντοπίζονται στα κύτταρα τους μικροφυκών είναι πάρα πολλές. Ενδεικτικά, στους πίνακες<sup>1</sup> που ακολουθούν καταγράφονται ορισμένα καροτενοειδή, λιπαρά οξέα και όλα τα αμινοξέα των πρωτεϊνών, καθώς επίσης και η παρουσία τους σε κάθε μικροφύκος. Οι ενώσεις που παρατίθενται, συλλέχθηκαν από πολυάριθμες αναλύσεις, οι οποίες λήφθηκαν υπόψιν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής. Σε αυτό το υλικό βασίστηκε η επιλογή περαιτέρω προϊόντων, ώστε να διευρυνθεί η δυναμικότητα των βιοδιυλιστηρίων που σχεδιάζονται.

Πίνακας 2.2: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών σε καροτενοειδή

	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Nannochloropsis</i>
<b>Καροτενοειδή-Ξανθοφύλλες</b>			
α-καροτένη	X	-	-
β-καροτένη	X	X	X
λυκοπίνη	X	X	-
χλωροφύλλη α	X	X	X
χλωροφύλλη β	X	X	-
χλωροφύλλη γ	-	-	X
λουτεΐνη	X	X	-
ζεαξανθίνη	-	-	X
ασταξανθίνη	X	X	-
βιολαξανθίνη	X	X	X

Πίνακας 2.3: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών σε λιπίδια

<b>Λιπαρά οξέα</b>	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Nannochloropsis</i>
<i>myristic</i>	X	X	X
<i>palmitic</i>	X	X	X
<i>palmitoleic</i>	X	X	X
<i>margaric</i>	X	-	X
<i>margaroleic</i>	-	X	X
<i>stearic</i>	X	X	X

<sup>1</sup> Με γαλάζιο χρώμα επισημαίνονται τα προϊόντα που εντοπίζονται σε σημαντική ποσότητα στο εκάστοτε μικροφύκος. Με πράσινο χρώμα αυτά που είναι κοινά και στα τρία είδη σε εξίσου υπολογίσιμη ποσότητα.

<i>oleic (C18:1)</i>	X	X	X
<i>linoleic (C18:2)</i>	X	X	X
<i>linolenic (C18:3) ω3</i>	X	X	X
<i>γ linolenic (C18:3)</i>	X	X	X
<i>octadecapentanoic</i>	-	X	-
<i>arachidic (ARA)</i>	X	X	-
<i>gadoleic</i>	-	X	-
<i>eicosadienoic</i>	X	X	-
<i>eicosatrienoic</i>	X	X	-
<i>arachidonic</i>	X	X	X
<i>EPA ω3</i>	X	X	X
<i>DHA ω3</i>	-	-	X

Πίνακας 2.4: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών σε αμινοξέα<sup>2</sup>

Αμινοξέα πρωτεϊνών	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Nannochloropsis</i>
σπαραγινικό οξύ	X	X	X
θρεονίνη*	X	X	X
σερίνη	X	X	X
γλουταμινικό οξύ	X	X	X
γλυκίνη	X	X	X
αλανίνη	X	X	X
βαλίνη*	X	X	X
ισολευκίνη*	X	X	X
λευκίνη*	X	X	X
τυροσίνη	X	X	X
φαινυλαλανίνη*	X	X	X
ιστιδίνη	X	X	X
λυσίνη*	X	X	X
αγρινίνη	X	X	X
προλίνη	X	X	X
κυστεΐνη	X	X	X
μεθειονίνη*	X	X	X
τρυπτοφάνη*	X	X	X
ασπαραγίνη	X	X	X
γλουτανίνη	X	X	X

Τα σχήματα που ακολουθούν περιλαμβάνουν προϊόντα, σύμφωνα με τα δεδομένα των πινάκων, τα οποία μπορούν να παραχθούν από την κάθε πρώτη ύλη. Τα προϊόντα ταξινομούνται σε καρροτενοειδή

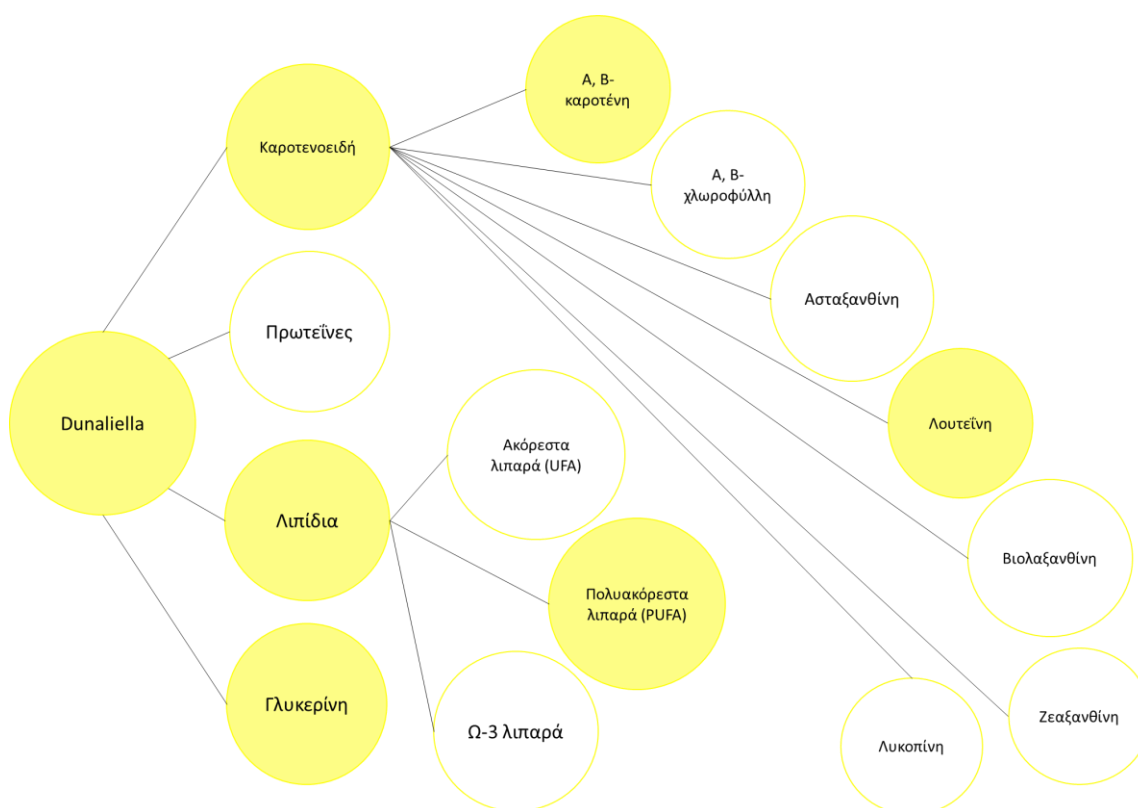
<sup>2</sup> Ο αστερίσκος υποδηλώνει τα απαραίτητα αμινοξέα.

λιπίδια και πρωτεΐνες. Για την επιλογή των συγκεκριμένων προϊόντων που θα παράξουμε από κάθε πρώτη ύλη εξετάζεται

- Η περιεκτικότητά τους στο σύνολο των προϊόντων που μπορούν να παραχθούν από το αντίστοιχο φύκος
- Τα οφέλη και τη ζήτηση τους
- Η οικονομική τους αξία

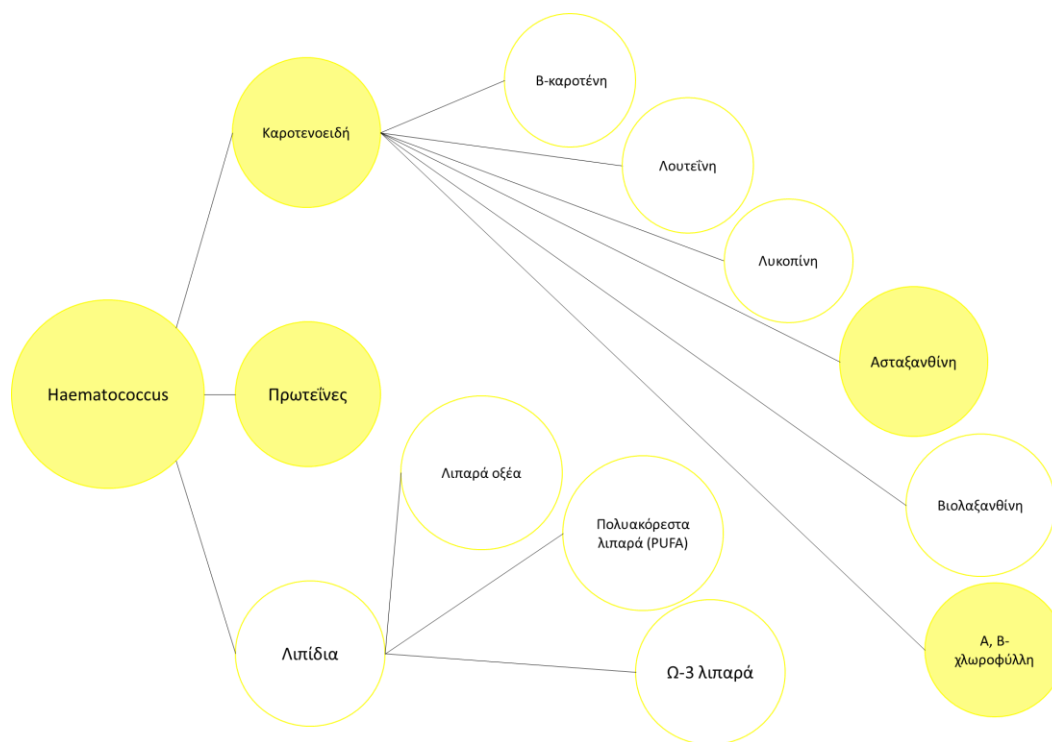
Τα μη σκιαγραφημένα, είναι προϊόντα που δεν εντάξαμε στο σχεδιασμό. Επίσης, δεν συμπεριλαμβάνονται η  $\alpha$ -καροτένη και η χλωροφύλλη γ.

Η *Dunaliella*, εκτός από  $\beta$ -καροτένη, περιέχει πολλά ακόμη καροτενοειδή. Η λουτεΐνη είναι ένα από αυτά, με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση και οφέλη για την υγεία του ματιού. Διοχετεύεται σε άλλες βιομηχανίες οι οποίες παράγουν τροφές και συμπληρώματα διατροφής, συνεπώς η εξαγωγή της από το μικροφύκος έχει ενδιαφέρον. Η γλυκερίνη συνιστά και αυτή χαρακτηριστικό προϊόν του μικροφύκου. Οι πρωτεΐνες αποτελούν μεγάλο κομμάτι όλων των μικροφυκών και έχουν ζήτηση σε πολλούς τομείς, συνεπώς η ανάκτησή τους από τα μικροφύκη είναι ιδιαίτερα χρήσιμη. Ο *Haematococcus* είναι η κυρίαρχη πρώτη ύλη για φυσική ασταξανθίνη, επομένως αυτή, δεν μπορεί να λείπει από τον σχεδιασμό του βιοδιυλιστηρίου. Οι χλωροφύλλες είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες χρωστικές γι' αυτό επιλέξαμε να τις εντάξουμε στο συγκεκριμένο βιοδιυλιστήριο. Τέλος, η βιολαξανθίνη προστίθενται στα παραγόμενα προϊόντα από *Nannochloropsis* καθώς έχει πολλά οφέλη και υψηλή οικονομική αξία.

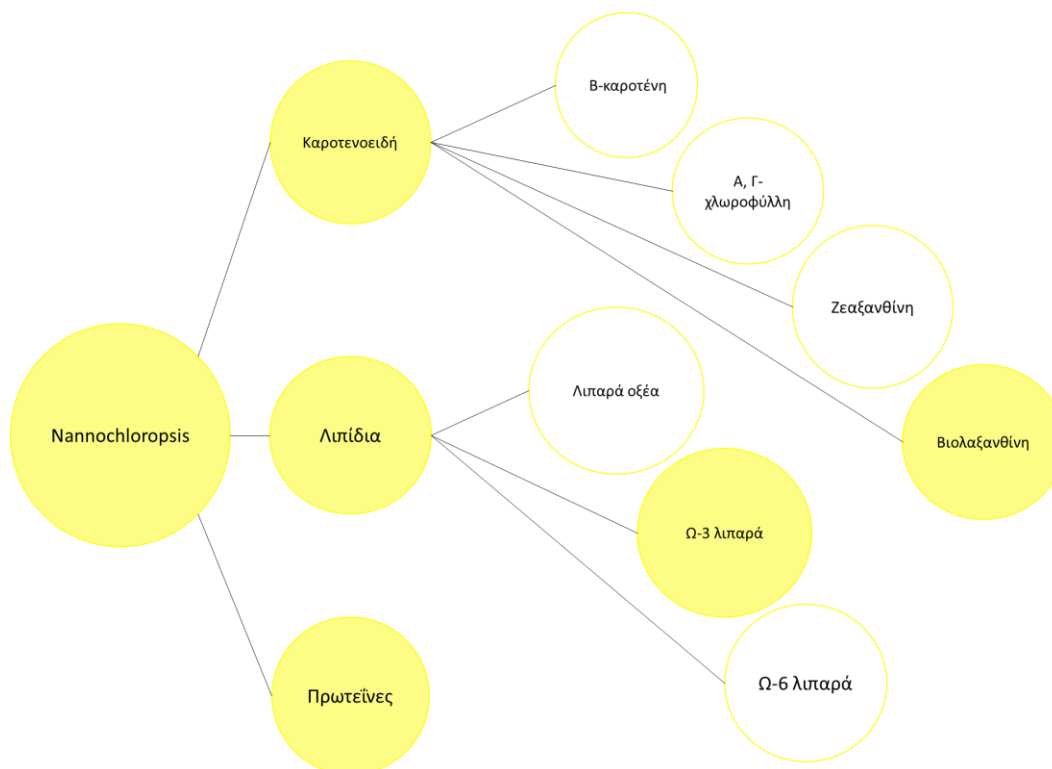


Εικόνα 2.9: Προϊόντα από *Dunaliella*

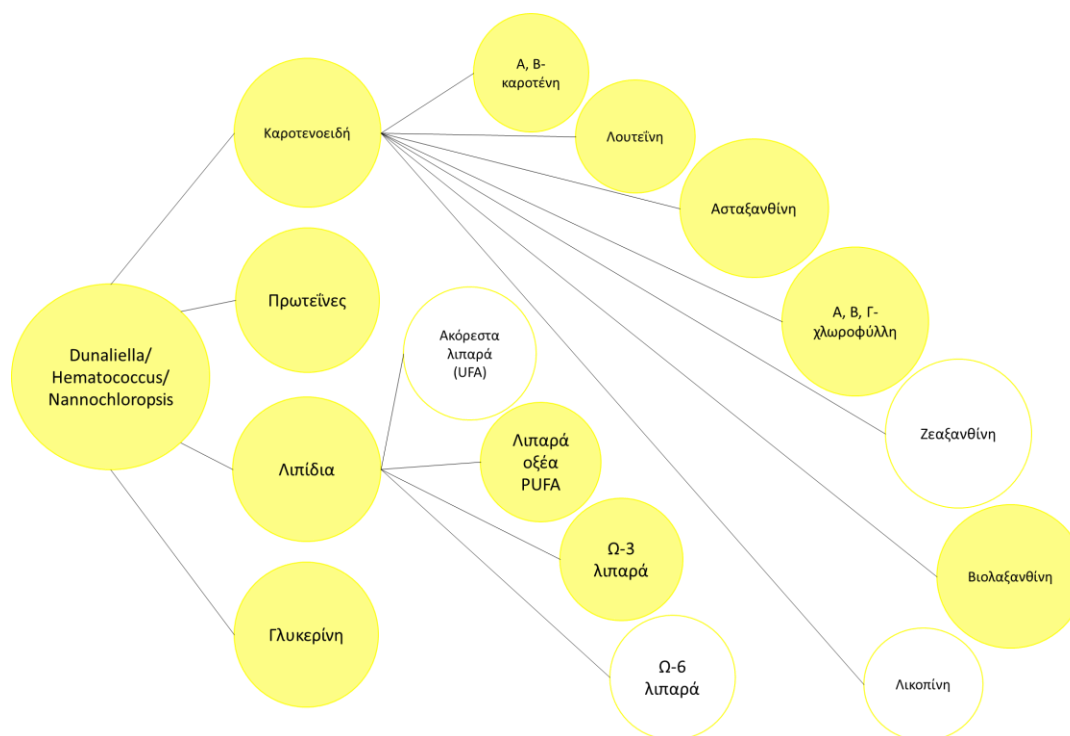




Εικόνα 2.10: Προϊόντα από *Haematococcus*



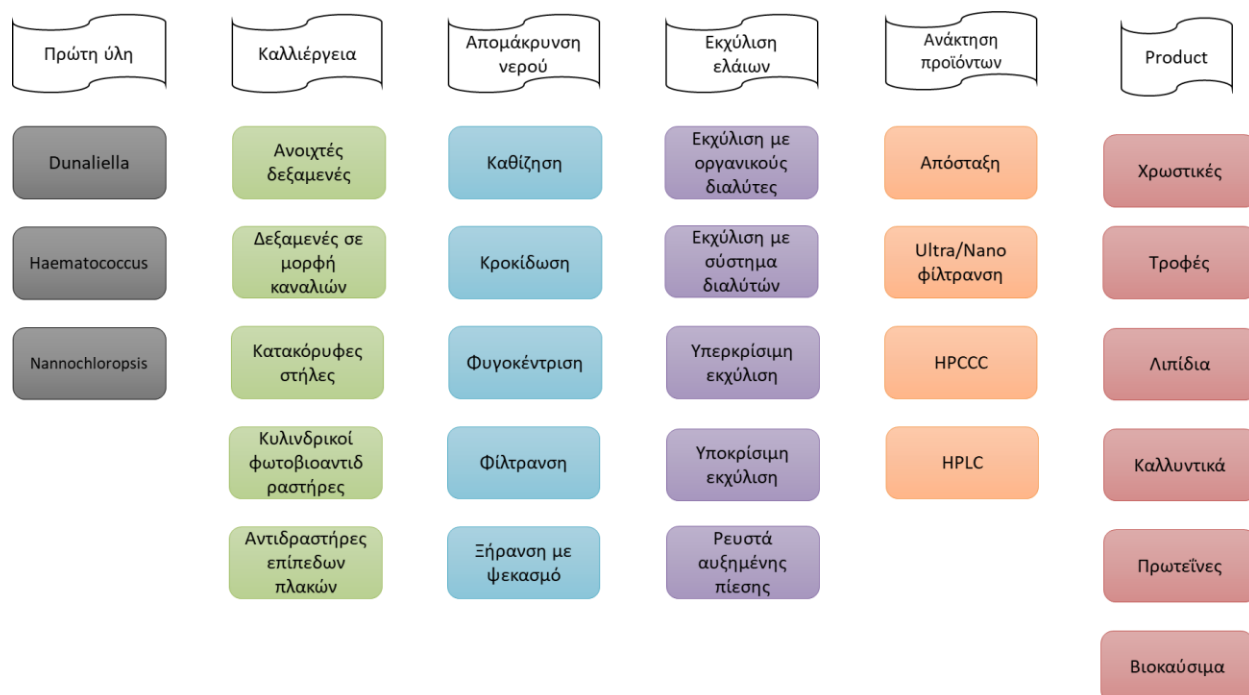
Εικόνα 2.11: Προϊόντα από *Nannochloropsis*



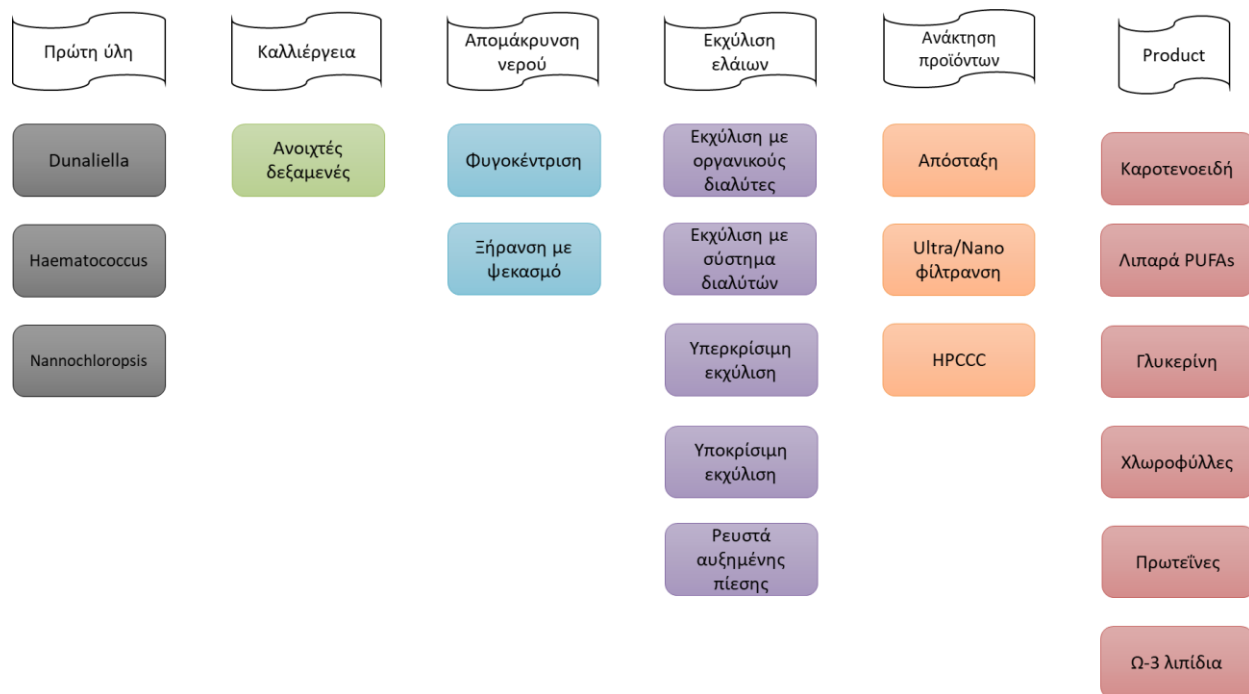
Εικόνα 2.12 Σύνολο Προϊόντων που μπορούν να παραχθούν

(II) Επιλογή και ανάλυση των διεργασιών που πραγματοποιούνται σε κάθε στάδιο

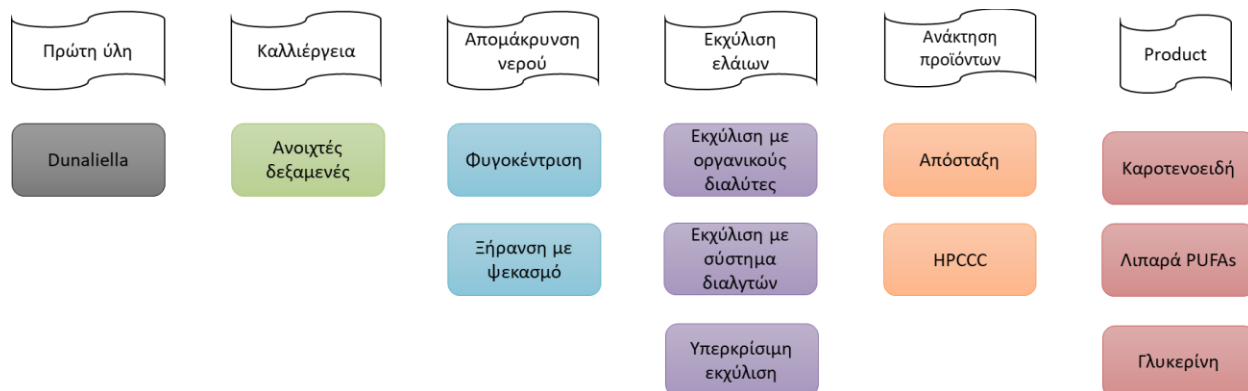
Στο επόμενο βήμα περιγράφεται το σύνολο των διεργασιών καθώς και οι συγκεκριμένες διεργασίες που επιλέχθηκαν κατά περίπτωση. Η επιλογή βασίστηκε στην αποτελεσματικότητα των διεργασιών ως προς την πρώτη ύλη και τα επιθυμητά τελικά προϊόντα. Στα βιοδιυλιστήρια που θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο, δόθηκε έμφαση, όχι στις παραδοσιακές διεργασίες καθώς αυτές έχουν μελετηθεί αρκετά, αλλά στις εναλλακτικές. Στα σχήματα που ακολουθούν, συνοψίζονται οι διεργασίες που επιλέχθηκαν συνολικά και οι διεργασίες που θα χρησιμοποιηθούν στο κάθε βιοδιυλιστήριο ξεχωριστά. Όπως θα δούμε, τα στάδια της καλλιέργειας, της απομάκρυνσης του νερού και της ανάκτησης τελικών προϊόντων αποτελούνται από τις ίδιες διεργασίες. Οι περισσότερες διαφορές εντοπίζονται κατά το τρίτο στάδιο, στο οποίο έχουμε πολλές διεργασίες και πολλούς διαφορετικούς διαλύτες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε μια. Για τη σωστή επιλογή του διαλύτη και τις κατάλληλες συνθήκες διεξαγωγής των εκχυλίσεων, λήφθηκε υπόψιν η διαλυτότητα των προϊόντων και η συνολική απόδοση της διεργασίας, σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα.



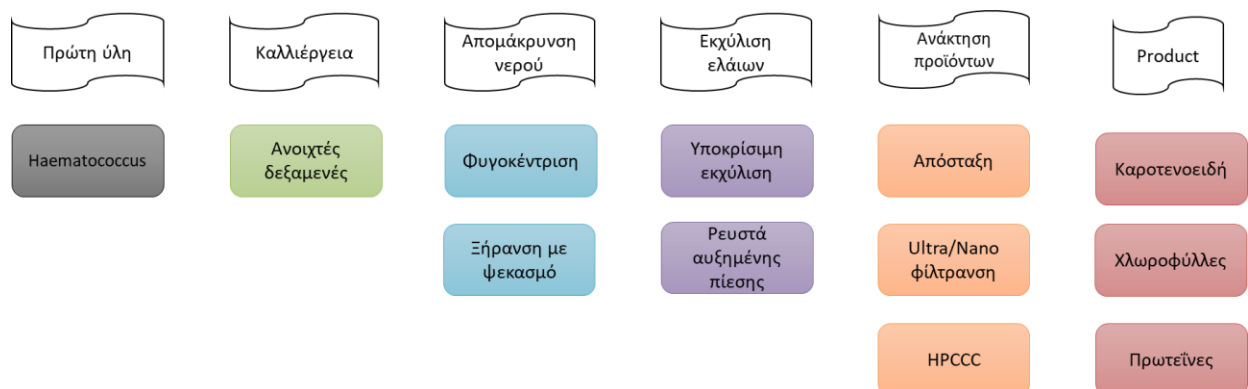
Εικόνα 2.13: Σύνολο εφαρμόσιμων διεργασιών σε κάθε στάδιο



Εικόνα 2.14: Σύνολο διεργασιών που επιλέχθηκαν



Εικόνα 2.15: Στάδια βιοδιυλιστηρίου *Dunaliella*



Εικόνα 2.16: Στάδια βιοδιυλιστηρίου *Haematococcus*



Εικόνα 2.17: Στάδια βιοδιυλιστηρίου *Nannochloropsis*

(III) Ολοκληρωμένο σχεδιασμό, προσομοίωση και τεχνοοικονομική ανάλυση βιοδιυλιστηρίων

Ακολούθως, θα παρουσιαστούν τα ολοκληρωμένα διαγράμματα ροής. Οι διεργασίες των βιοδιυλιστηρικών συστημάτων προσομοιάζονται σε κατάλληλο λογισμικό για την διευκόλυνση καταγραφής πληροφοριών σχετικά με τον εξοπλισμό και τη λειτουργία του. Με τη βοήθεια του λογισμικού και βιβλιογραφικών δεδομένων θα προχωρήσουμε στην τεχνοοικονομική ανάλυση, η οποία αναλύεται σε ξεχωριστό κεφάλαιο. Το στάδιο της καλλιέργειας κοστολογείται με την βοήθεια βιβλιογραφικών μελετών. Στα υπόλοιπα στάδια, ως πιο συμβατικά, η κοστολόγηση γίνεται σύμφωνα με τις εξισώσεις *Lang*. Τα βιοδιυλιστήρια που σχεδιάζουμε αξιολογούνται σύμφωνα με τα κριτήρια *Καθαρή Παρούσα Αξία* (ΚΠΑ) και *Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης* (IRR).

(IV) Συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων

Στο τελευταίο βήμα γίνεται συγκριτική μελέτη με στόχο τη διερεύνηση της σύστασης ενός ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου με πρώτη ύλη και τα τρία μικροφύκη. Μέσω της ξεχωριστής παρατήρησης του καθενός, ο σκοπός είναι να δούμε το ποσοστό επικάλυψης των βιοδιυλιστηρίων. Για το σκοπό αυτό θα εξετάσουμε:

- Τις κοινές διεργασίες των τεσσάρων σταδίων
- Τη συνάφεια και τον απαιτούμενο εξοπλισμό των επιμέρους διεργασιών
- Την κατανομή του κόστους κατά τα τέσσερα στάδια ανάπτυξης

Συνοψίζοντας, η *Dunaliella*, ο *Haematococcus* και η *Nannochloropsis* είναι οι τρεις ποικιλίες μικροφυκών που χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική πρώτη ύλη βιοδιυλιστηρίων. Τα προϊόντα που επιλέγονται να παραχθούν από το καθένα παρατίθενται στον πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5: Τα προϊόντα που επιλέγονται

	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Nannochloropsis</i>
<b>Καροτενοειδή-Ξανθοφύλλες</b>			
β-καροτένη	✓	-	-
χλωροφύλλη α	-	✓	-
χλωροφύλλη β	-	✓	-
λουτεΐνη	✓	-	-
ασταξανθίνη	-	✓	-
βιολαξανθίνη	-	-	✓
<b>Λιπαρά οξέα</b>			
Σύνολο PUFA	✓	-	-
EPA ω3	-	-	✓
DHA ω3	-	-	✓
<b>Υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες</b>			
Γλυκερίνη	✓	-	-

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα τρία ξεχωριστά βιοδιυλιστήρια που σχεδιάστηκαν. Γίνεται αναλυτική περιγραφή των διεργασιών που επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα σχήματα 2.15, 2.16, 2.17, και με στόχο την παραγωγή των προϊόντων του πίνακα 2.5. Κάθε πρώτη ύλη αποτελεί ξεχωριστή ενότητα η οποία ολοκληρώνεται με το συγκεντρωτικό ροοδιάγραμμα του βιοδιυλιστηρίου

Στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος κοστολόγησης και παρουσιάζονται τα πάγια και τα λειτουργικά κόστη όπως προκύπτουν για κάθε στάδιο σε κάθε περίπτωση. Επίσης, υπολογίζονται οι χρηματοροές των βιοδιυλιστηρίων και κατασκευάζονται διαγράμματα για την αξιολόγηση των ξεχωριστών επενδύσεων. Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε ξεχωριστές ενότητες για το κάθε επιλεγμένο μικροφύκος.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με την επικάλυψη των ξεχωριστών σεναρίων. Παρατίθενται συγκριτικοί πίνακες για τις διεργασίες, τον εξοπλισμό και το προϊόντα. Επίσης παρουσιάζονται διαγράμματα για την ποσοστιαία κατανομή στα κόστη των επιμέρους διεργασιών, καθώς επίσης και συγκριτικά διαγράμματα για τα κόστη των τριών σεναρίων. Το κεφάλαιο κλείνει με την πρόβλεψη του κόστους και των δυνατοτήτων του ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου, το οποίο συνδυάζει τα τρία διακριτά.

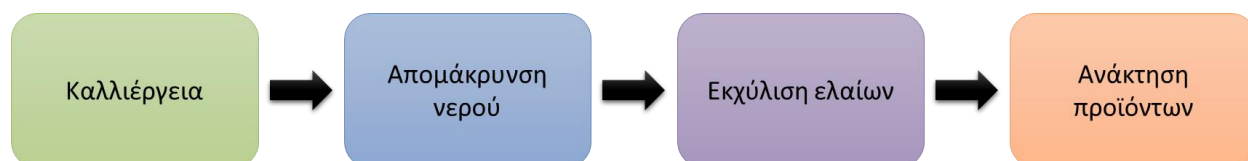
### 3. *Ανάπτυξη και ολοκλήρωση βιοδιυλιστηριακών μονάδων*

#### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και αναλύονται τα ξεχωριστά σενάρια βιοδιυλιστηρίων, σύμφωνα με τα τέσσερα βασικά στάδια της μελέτης. Γίνεται περιγραφή των διεργασιών και του εξοπλισμού που απαιτείται σε κάθε ένα από τα στάδια. Επίσης παρουσιάζονται τα ολοκληρωμένα διαγράμματα ροής των βιοδιυλιστηρίων.

### 3.1. Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός και η παρουσίαση των βιοδιυλιστηρίων, όπως έχει ήδη αναφερθεί, γίνεται σε τέσσερα στάδια. (εικόνα 3.1) Στο πρώτο λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια της βιομάζας. Για τις ανάγκες της μελέτης το στάδιο αυτό αποτελεί κοινή συνισταμένη για τα τρία σενάρια που παρουσιάζονται στην συνέχεια. Συγκεκριμένα ορίζεται η επιθυμητή τροφοδοσία της βιομάζας στα 110 kg/hr και η καλλιέργεια σε συστήματα ανοιχτών δεξαμενών. Στο επόμενο στάδιο ακολουθεί η συλλογή του καλλιεργημένου φύκου και η απομάκρυνση του νερού. Κατόπιν πραγματοποιείται η εκχύλιση των ελαίων. Το τελευταίο μέρος αποτελείται από πολλές διεργασίες οι οποίες συμβάλλουν στο να διαχωριστούν τα έλαια και να γίνει παραλαβή ξεχωριστών καθαρών προϊόντων.



Εικόνα 3.1: Βασικά στάδια βιοδιυλιστηρίου

Μετά την ολοκλήρωση των βιοδιυλιστηρίων, η προσομοίωση των διεργασιών του πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Συγκεκριμένα, με τη χρήση του Aspen Plus v8.6 κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα ροής και με τη βοήθεια του προγράμματος μπορούμε να καταγράψουμε δεδομένα για τα ισοζύγια μάζας των διεργασιών, το ενεργειακό κόστος, την αναμενόμενη καθαρότητα των προϊόντων, ακόμη και την απαιτούμενη διαστασιολόγηση του εξοπλισμού. Όλα αυτά συμβάλλουν στην αναλυτική περιγραφή και ακριβέστερη οικονομική ανάλυση των σεναρίων που θα ακολουθήσουν.

Το θερμοδυναμικό μοντέλο που επιλέχθηκε για τη λειτουργία του λογισμικού να είναι το SRK. Ωστόσο, για κάποιες διεργασίες, όπως οι αποστάξεις, τα αποτελέσματα ήταν πιο ικανοποιητικά με τη χρήση του NRTL.

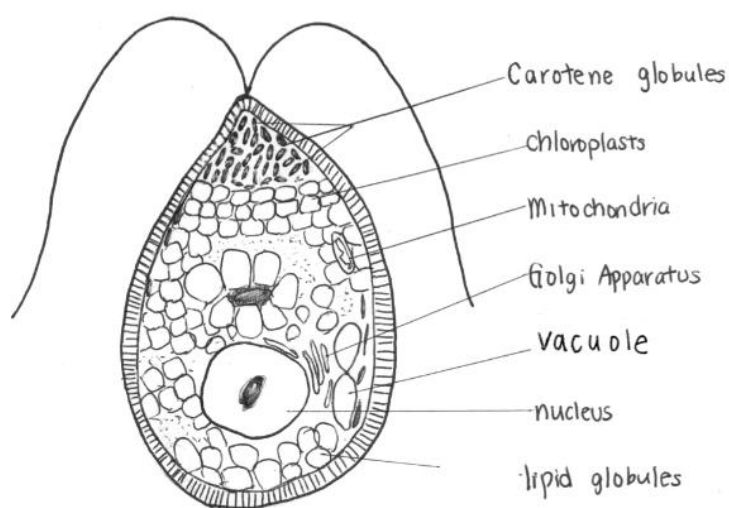
#### Υποθέσεις εργασίας

- Ελλείψει συγκεκριμένων δεδομένων, οι διεργασίες πραγματοποιούνται με αναλογία τροφοδοσίας/διαλύτη 1 προς 10.
- Όλες οι απαιτούμενες μεταβολές στην θερμοκρασία και την πίεση των ρευμάτων επιτυγχάνονται με χρήση εναλλακτών, όπως υποδείχθηκε από ειδικούς του χώρου.
- Τα προϊόντα που αναφέρονται σε σύνολο προϊόντων και όχι σε μια συγκεκριμένη ουσία (λιπίδια, πρωτεΐνες) αναπαρίστανται στην προσομοίωση από ορισμένες ενώσεις που εντοπίζονται στα αντίστοιχα σύνολα.
- Λόγω έλλειψης τεχνικών προσομοίωσης για τα μοντέλα της χρωματογραφίας και της φίλτρασης, αυτά αναπαρίστανται από ειδικά μοντέλα με τα οποία γίνεται κατ' εντολή διαχωρισμός.



### 3.2. Βιοδυλιστήριο 1: *Dunaliella*

Η *Dunaliella* είναι γένος μονοκύτταρων μικροφυκών χωρίς σταθερή δομή και ανήκει στη συνομοταξία των πολυβλεφαριδικών (*polyblepharidaceae*). Η αναπαραγωγή της γίνεται είτε με διαίρεση είτε με σύντηξη κυττάρων. Διακρίνεται σε πολλά είδη, ένα εκ των οποίων χαίρει ιδιαίτερης προσοχής, η *Dunaliella salina*. Η *Dunaliella salina* χαρακτηρίζεται από την προσαρμοστικότητα της σε σημαντικό εύρος συνθηκών αλατότητας. Η πιο αξιοσημείωτη ικανότητά της είναι η ανθεκτικότητά της σε περιβάλλοντα υψηλής αλατότητας. Η ικανότητα αυτή αναφέρεται ως ωσμωρύθμιση. Κατά την ωσμωρύθμιση, λόγω του εύκαμπτου κυτταρικού τοίχους, τα κύτταρα της *Dunaliella* αντισταθμίζουν την εξωτερική ωσμωτική πίεση με συσσώρευση γλυκερίνης στο εσωτερικό τους. Η συσσώρευση αυτή μπορεί να αγγίξει έως και το 40% του ξηρού βάρους της *Dunaliella* (33).



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση κυττάρου *Dunaliella* (34)

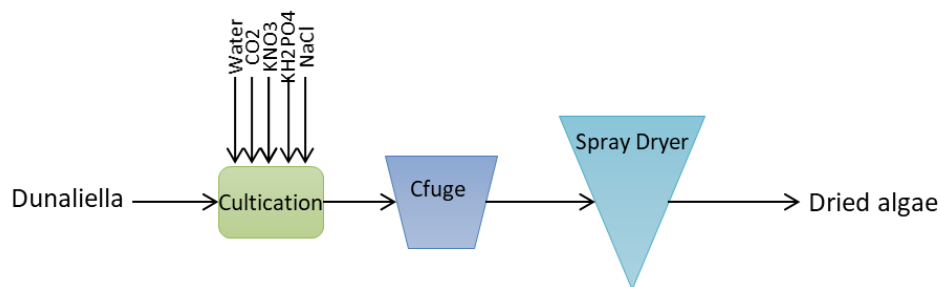
Συναντάται συνήθως σε νερά με πάνω από 10% αλάτι. Μια ιδανική περιεκτικότητα αλατιού κυμαίνεται στο 22%, ενώ ακόμα και το 35% συμβάλλει σε αυξημένη παραγωγή καροτενωειδών ενώσεων (20) (33). Τα καροτενοειδή αποτελούνται από πολλές ενώσεις οι οποίες ευθύνονται για το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα των κυττάρων της *Dunaliella salina*. Μια ιδιαίτερα σημαντική ένωση από αυτές είναι η β-καροτένη η οποία μπορεί να αποτελεί έως και περισσότερο από το 10% του ξηρού βάρους της βιομάζας.



Εικόνα 3.3: β-καροτένη σε σκόνη

Η β-καροτένη είναι φυσική χρωστική ουσία με αντιοξειδωτική δράση και αποτελεί επίσης σημαντική πηγή για τη δημιουργία βιταμίνης Α. Η β-καροτένη έχει αντίστοιχο ρόλο με αυτόν της μελανίνης στον άνθρωπο, προστατεύει τον μικροοργανισμό από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Η εμπορική εκμετάλλευση της *Dunaliella* προς παραγωγή β-καροτένης είναι ένα επιτυχημένο εγχείρημα με την εμπορική αξία του καροτενοειδούς να ξεπερνά πλέον τα 3000 \$/kg. Σύμφωνα με στοιχεία που αφορούν στο 2012, το μερίδιο της αγοράς συνθετικής β-καροτένης εκτεινόταν σε 285 εκατομμύρια δολάρια (12).

### 3.2.1. Καλλιέργεια και απομάκρυνση νερού



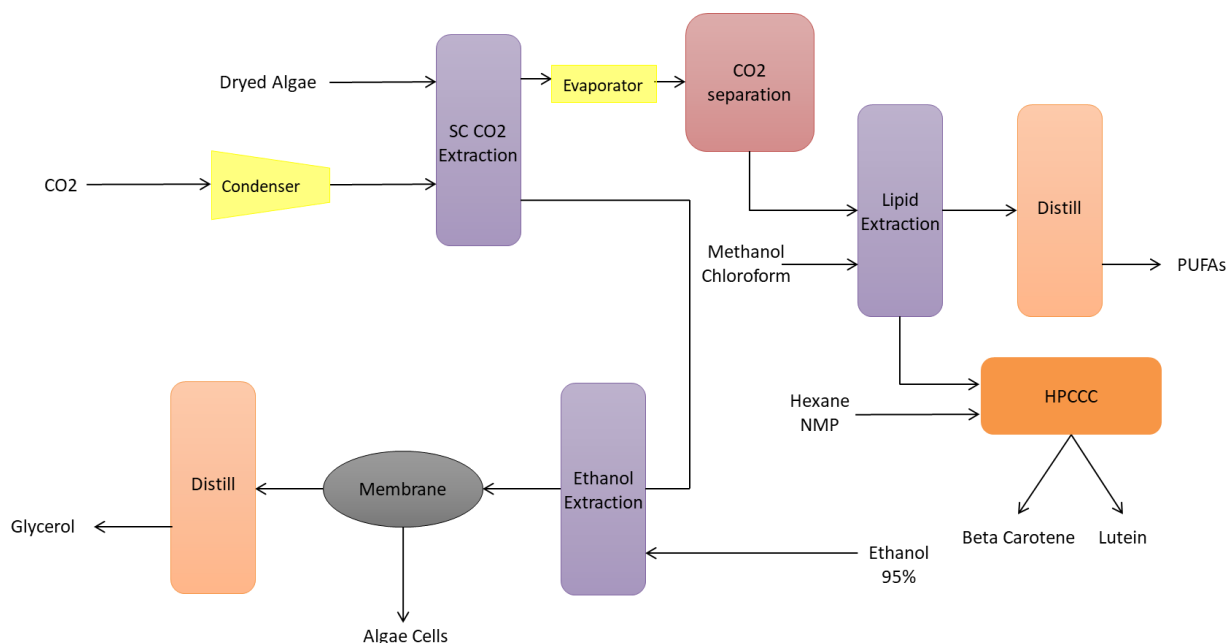
Εικόνα 3.4: Καλλιέργεια και ξήρανση βιομάζας *Dunaliella*

Σχετικά με τα συστήματα καλλιέργειας, η συγκεκριμένη ποικιλία, καθώς είναι πολύ ευπροσάρμοστη, δύναται να ευδοκιμήσει σε όλους τους τύπους ανοιχτών δεξαμενών. Το ίδιο ισχύει και για τα κλειστά συστήματα. Η ανάπτυξη του μικροφύκου σε φωτοβιοαντιδραστήρες ή αντιδραστήρες επίπεδων πλακών έχει αναφερθεί ως εξίσου αποδοτική. Στη μονάδα που σχεδιάστηκε επιλέχθηκαν τα ανοιχτά συστήματα για την καλλιέργειά της. Το βάθος τους είναι 25cm και στόχος είναι η παραγωγή β-καροτένης, λουτεΐνης, γλυκερίνης και λιπαρών οξέων PUFA, τα οποία μπορεί να αποτελούν έως και το 20% του ξηρού βάρους του μικροοργανισμού (35). Με χρήση αντλιών τροφοδοτούνται στις δεξαμενές καλλιέργειας το διοξείδιο του άνθρακα και τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, ενώ ειδικοί αναδευτήρες εξασφαλίζουν τη

διοχέτευσή τους σε όλη την έκταση της. Τα θρεπτικά συστατικά που προστίθενται είναι  $\text{KNO}_3$  και  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  σε συγκεντρώσεις 5 mmol/l και 0.2 g/l αντίστοιχα. Το αλάτι προστίθεται σε συγκέντρωση 1,5 mol/l (36).

Προχωρώντας στις τεχνικές απομάκρυνσης του νερού, όλες οι διεργασίες που αναφέρθηκαν στην ενότητα 3.2 εφαρμόζονται αποτελεσματικά (37). Επομένως, εφόσον ο μικροοργανισμός αναπτυχθεί, η βιομάζα συλλέγεται και οδηγείται σε φυγόκεντρο και στην συνέχεια σε ξήρανση με ψεκάσμο. Ο συνδυασμός αυτών των δύο μεθόδων αποτελεί πολύ κλασική τεχνική για την απομάκρυνση του νερού από κύτταρα της *Dunaliella*.

### 3.2.2. Εκχύλιση ελαίων και ανάκτηση προϊόντων



Εικόνα 3.5: Εκχύλιση και καθαρισμός προϊόντων *Dunaliella*

Η εκχύλιση της *Dunaliella* πραγματοποιείται ευρέως με οργανικούς διαλύτες όπως το εξάνιο και η αιθανόλη. Επίσης, η υπερκρίσιμη εκχύλιση με διοξείδιο του άνθρακα είναι πολύ αποτελεσματική μέθοδος που προτιμάται όλο και περισσότερο. Εφόσον τα προϊόντα που επιλέχθηκαν να παραχθούν είναι κυρίως χρωστικές ουσίες και λιπίδια, ως διαλύτης επιλέγεται το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα. Οι συνθήκες της εκχύλισης στις οποίες το διοξείδιο του άνθρακα έχει πολύ καλή απόδοση και διαλύει μεγάλη ποσότητα καροτενοειδών είναι  $T=50^{\circ}\text{C}$  και  $P=380\text{bar}$  (38). Ο διαλύτης διατηρείται σε δεξαμενή αποθήκευσης σε υγρή μορφή. Οι συνθήκες που επικρατούν είναι θερμοκρασία  $80^{\circ}\text{C}$  και πίεση 20 bar. Συνήθης και αποτελεσματική ποσότητα διαλύτη εκχύλισης είναι περίπου 100 ml ανά 10 gr ξηρής βιομάζας (39).

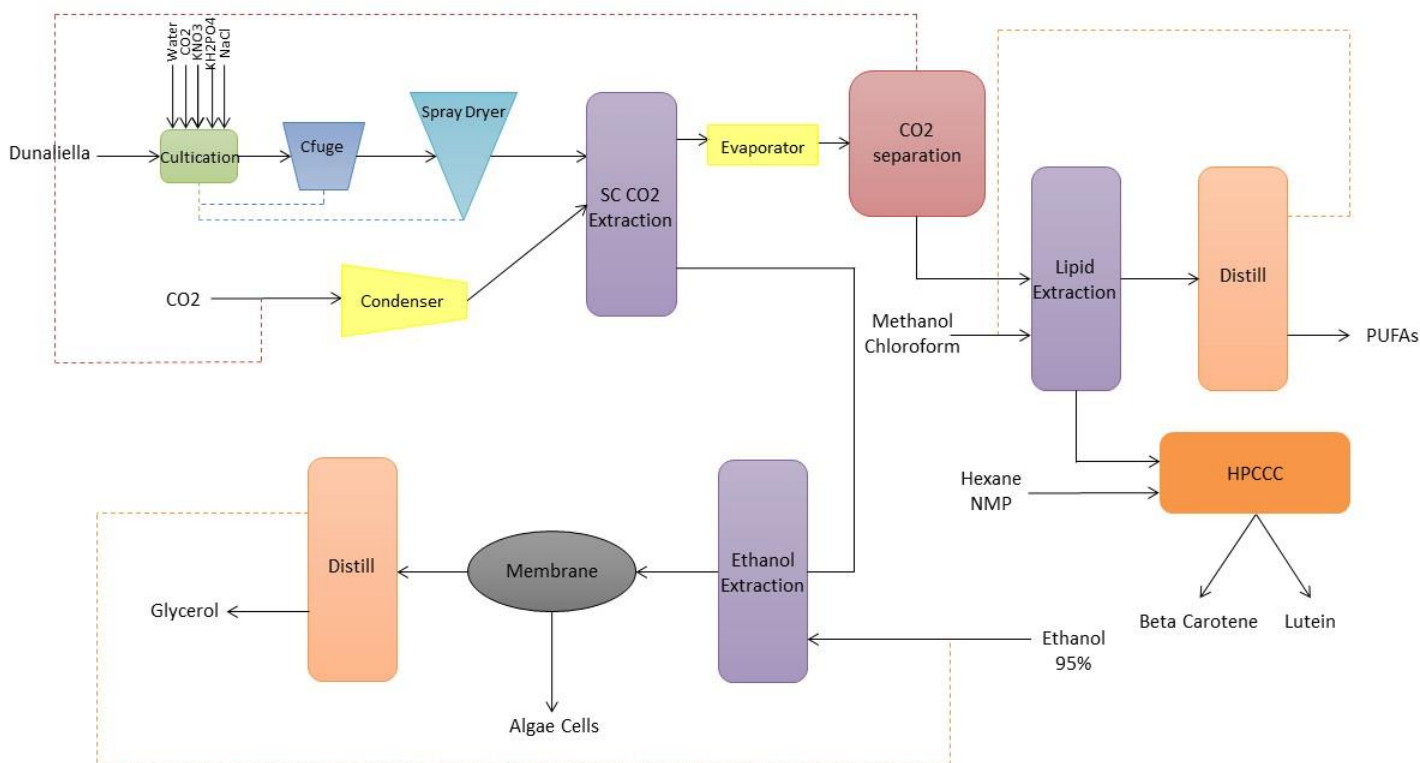
Το ρεύμα που περιέχει τα έλαια διαλυμένα στο διοξείδιο του άνθρακα οδηγείται σε αποστακτήρα όπου αεριοποιείται το διοξείδιο και διαχωρίζεται. Προκειμένου να ανακυκλωθεί, υπόκειται συμπίεση με τελική κατάσταση τις συνθήκες αποθήκευσης. Οι συνθήκες αεριοποίησης, στις οποίες επιτυγχάνεται και η μέγιστη απομάκρυνση του διαλύτη είναι  $T = 180^{\circ}\text{C}$  και  $P=1\text{bar}$ .

Μαζί με τα καροτενοειδή παρασύρονται και τα λιπίδια επομένως, μετά την απομάκρυνση του διοξειδίου, το μείγμα υπόκειται μια δεύτερη εκχύλιση. Ως διαλύτης τώρα, χρησιμοποιείται μίγμα μεθανόλης χλωροφορμίου σε αναλογία 1:2 (40) (41). Η επιλογή του διαλύτη βασίζεται στην αποτελεσματικότητα του να διαλύει τα λιπίδια. Κατά συνέπεια, από την δεύτερη εκχύλιση παραλαμβάνεται μείγμα του διαλύτη με τα PUFA και το μείγμα των καροτενοειδών. Το πρώτο εισέρχεται σε αποστακτική στήλη από όπου ανακτάται σχεδόν 98% καθαρό μείγμα λιπαρών οξέων, ενώ ο διαλύτης ανακυκλώνεται. Η β-καροτένη και η λουτεΐνη διαχωρίζονται με χρωματογραφία αντιρροής. Για την χρωματογραφία, ως διαλύτης χρησιμοποιείται το διφασικό μείγμα εξάνιου με NMP σε ποσοστά 20 και 80%, καθώς είναι κατάλληλο για τον διαχωρισμό καροτενοειδών από ξανθοφύλλες, σύμφωνα με ειδικούς του χώρου. Για την παραλαβή των τελικών καθαρών προϊόντων, καροτένη και λουτεΐνη, πραγματοποιείται απόσταξη, από την οποία ανακτάται και ο διφασικός διαλύτης.

Τα εναπομείναντα κύτταρα της *Dunaliella*, μετά την υπερκρίσιμη εκχύλιση, εκχυλίζονται ξανά με χρήση 95% αιθανόλης για την παραλαβή της γλυκερίνης (42) (43). Το μείγμα αιθανόλης νερού και γλυκερίνης περνά από μεμβράνη φίλτρασης ώστε να απαλλαγεί από την υπολειπόμενη στερεή βιομάζα. Τέλος, με απόσταξη, ανακυκλώνεται η αιθανόλη και παραλαμβάνεται 92% καθαρή γλυκερίνη. Όλα τα ρεύματα των τελικών προϊόντων περνάνε από εναλλάκτες ώστε να παραλαμβάνονται σε φυσιολογικές συνθήκες.

### 3.2.3. Ολοκληρωμένο ροοδιάγραμμα βιοδιυλιστηρίου

Στην εικόνα 3.6 παρατίθενται το ολοκληρωμένο διάγραμμα ροής με τις ανακυκλώσεις που πραγματοποιούνται. Επίσης συγκεντρώνεται όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός.



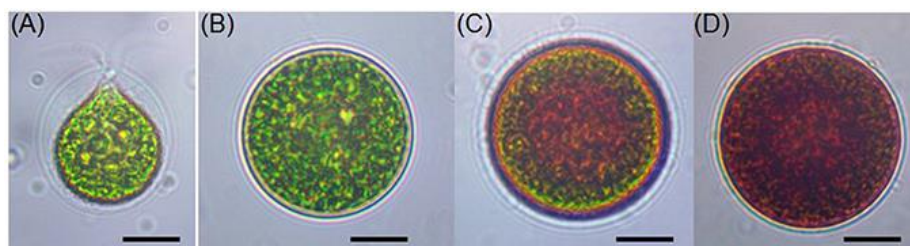
Εικόνα 3.6: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας *Dunaliella*

#### Εξοπλισμός

- Σύστημα ανοιχτής δεξαμενής
- Φυγόκεντρος
- Ξηραντήρας
- Τρεις στήλες εκχύλισης, στις δύο εκ των οποίων πραγματοποιείται εκχύλιση στερεού-υγρού
- Δοχείο διαχωρισμού για την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα
- Τέσσερις αποστακτικές στήλες για τον τελικό καθαρισμό των τεσσάρων προϊόντων
- Σύστημα φίλτρησης για την απομάκρυνση των υπολειμματικών κυττάρων
- Δώδεκα εναλλάκτες για την μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας των ρευμάτων
- Σύστημα χρωματογραφίας αντιρροής

### 3.3. Βιοδιυλιστήριο 2: *Haematococcus*

Το είδος *Haematococcus pluvialis*, του γένους *Haematococcus*, της ομοταξίας χλωροφυκών (*chlorophyceae*) είναι επίσης πολύ ανθεκτικό και τα κύτταρά του περιβάλλονται από λεπτό τοίχωμα. Ο κύκλος ζωής του ξεκινά από το στάδιο των βλαστικών κυττάρων στα οποία συναντάται μεγάλη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλες και πρωτεΐνες. Στην πορεία της ανάπτυξης του, οι μεταβολές των συνθηκών προκαλούν μορφολογικές μεταβολές οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν τα κύτταρα στην τελική τους μορφή η οποία είναι και εξαιρετικά πλούσια σε καροτενοειδή (44).



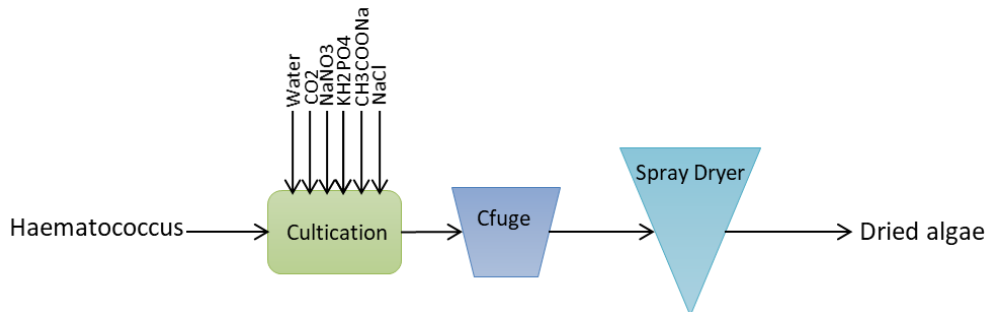
Εικόνα 3.7: Κύκλος ζωής *Haematococcus pluvialis* (45)

Η ασταξανθίνη αποτελεί το κυρίαρχο καροτενοειδές στα κύτταρα του *Haematococcus pluvialis*. Για την ακρίβεια, ανήκει στις ξανθοφύλλες οι οποίες αποτελούν υποοικογένεια των καροτενοειδών. Ο *H. Pluvialis* μάλιστα, συνιστά την καλύτερη και βασικότερη φυσική πηγή ασταξανθίνης, η αξία της οποίας μπορεί να αγγίξει τα 7000\$/kg (46). Η βιομηχανία παραγωγής ασταξανθίνης από *Haematococcus* είναι από τις πιο ανεπτυγμένες στον τομέα με κέρδη που το 2004 ανέρχονταν στα 10 εκατομμύρια δολάρια. Αντίστοιχα, η αγορά του συνθετικού εκτείνεται, την ίδια χρονιά σε εικοσαπλάσια επίπεδα (47). Η ασταξανθίνη έχει πολλές ευεργετικές ιδιότητες μεταξύ των οποίων είναι η ισχυρή αντιοξειδωτική δράση της, η χρήση της σε αντικαρκινικές θεραπείες, καθώς επίσης και σε θεραπείες πρόληψης ασθενειών που σχετίζονται με νευροπάθειες (48). Θεωρείται επίσης υπερτροφή που ενισχύει τις αθλητικές επιδόσεις.



Εικόνα 3.8: Ασταξανθίνη σε σκόνη και σε κάψουλες

### 3.3.1. Καλλιέργεια και απομάκρυνση νερού

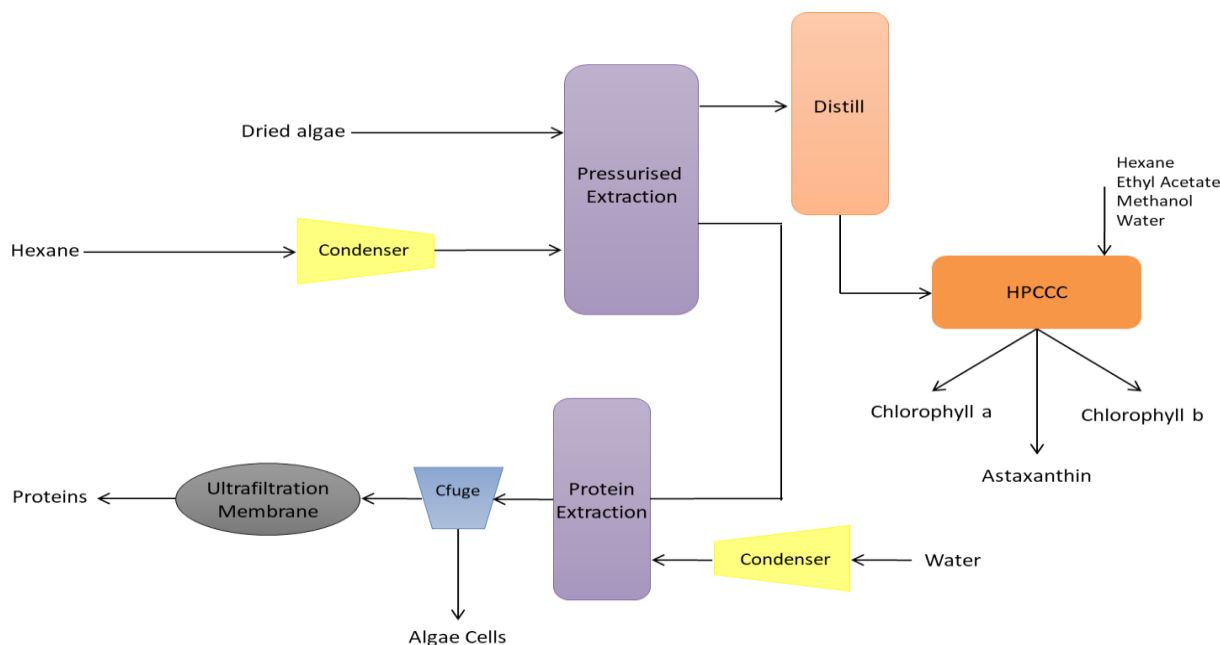


Εικόνα 3.9: Καλλιέργεια και ξήρανση βιομάζας *Haematococcus*

Ο *Haematococcus* είναι αρκετά ανθεκτικό είδος με μεγάλη ανάπτυξη σε ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας και κλειστούς βιοαντιδραστήρες. Τα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη του *Haematococcus* είναι NaNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COONa. Στις ανοιχτές δεξαμενές βάθους 25cm, που επιλέγονται στην προκειμένη περίπτωση, τα θρεπτικά συστατικά και το διοξείδιο του άνθρακα, προστίθενται στην καλλιέργεια μέσω συστήματος διοχέτευσης σε συγκεντρώσεις 1,5 g/l, 0,4 g/l και 0,18 g/l αντίστοιχα. Η αλατότητα ρυθμίζεται με προσθήκη NaCl σε συγκέντρωση 40 g/l (49) (45). Στόχος είναι η παραγωγή ασταξανθίνης σε συνδυασμό με τις χλωροφύλλες α και β και τις υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες.

Σημειώνεται ότι και η φίλτραση και η καθίζηση είναι τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα (45). Ωστόσο η φυγοκέντριση αποτελεί την πιο κοινή τεχνική για την συλλογή συγκομιδής μεγάλης κλίμακας σε καλλιέργειες του μικροφύκου. Συνδυαζόμενη με διάφορες άλλες τεχνικές, όπως η ξήρανση καθίσταται πολύ αποτελεσματική γι' αυτό και την επιλέγουμε στην εξεταζόμενη μονάδα.

### 3.3.2. Εκχύλιση ελαίων και ανάκτηση προϊόντων



Εικόνα 3.10: Εκχύλιση και καθαρισμός προϊόντων *Haematococcus*

Η εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες ή μίγματα διαλυτών είναι πολύ διαδεδομένη τεχνική για το συγκεκριμένο μικροφύκος. Ως μέθοδοι με υψηλότερη απόδοση έχουν αναφερθεί η υπερκρίσιμη εκχύλιση και η εκχύλιση με υγρά υπό πίεση. Το εξάνιο αυξημένης πίεσης είναι ένας κατάλληλος διαλύτης για να διασπάσει τα κυτταρικά τοιχώματα ώστε να εξαχθούν τα προϊόντα (50). Η εκχύλιση πραγματοποιείται σε συνθήκες  $T=200^{\circ}\text{C}$  και  $P=103\text{bar}$  (25). Κατόπιν, το εξάνιο αεριοποιείται και απομακρύνεται από τα προϊόντα προς ανακύκλωση.

Το μείγμα των χλωροφυλλών και της ασταξανθίνης διαχωρίζεται όπως και στην *Dunaliella* με χρωματογραφία. Ένα διφασικό σύστημα που χρησιμοποιείται ευρέως στην χρωματογραφία αντιρροής είναι το σύστημα εξάνιο - μεθανόλη - αιθαλυκός αιθυλεστέρας – νερό (32). Το εξάνιο αναμειγνύεται καλύτερα με τον εστέρα δημιουργώντας την οργανική φάση, ενώ η άλλη φάση σε ισόποσο περίπου όγκο αποτελείται κυρίως από μεθανόλη και νερό. Η αναλογία μάζας 6:8:7:4 προσδίδει αυξημένη πολικότητα στο μείγμα. Δεδομένου ότι τόσο η ασταξανθίνη, όσο και, ακόμα περισσότερο μάλιστα, οι χλωροφύλλες είναι πολικές ενώσεις, ο διαλύτης κρίνεται κατάλληλος. Μετά την έκλυση, τα προϊόντα απαλλάσσονται από το μείγμα των διαλυτών με απόσταξη και ο διαλύτης επαναφέρεται στο σύστημα της χρωματογραφίας. Η καθαρότητα που επιτυγχάνεται και στα τρία προϊόντα είναι πολύ υψηλή. Οι τρεις ενώσεις, αναλυτικότερα, ανακτώνται με υπολείμματα υγρασίας και ποσοστά καθαρότητας 99,3% για την ασταξανθίνη, 98,5% και 98,7% για τις χλωροφύλλες α και β αντίστοιχα.

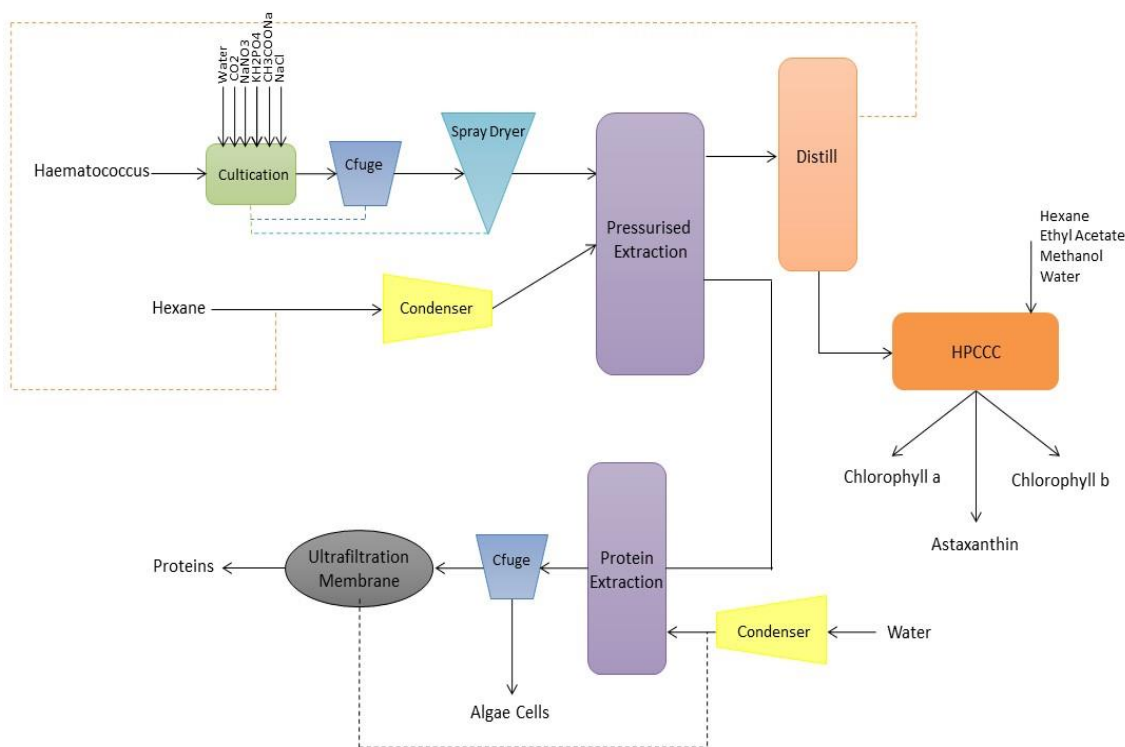
Τέλος, για την παραλαβή των πρωτεϊνών γίνεται υδρόλυση στα κύτταρα του μικροοργανισμού με υποκρίσιμο νερό. Οι συνθήκες του νερού στην είσοδο της εκχύλισης είναι πίεση 20,7 MPa και



Θερμοκρασία στους 200°C. Τα υπολείμματα των κυττάρων απομακρύνονται με φυγόκεντρο ενώ για την ανάκτηση του νερού και την παραλαβή των πρωτεϊνών χρησιμοποιείται μεμβράνη φίλτρανης (28).

### 3.3.3. Ολοκληρωμένο ροοδιάγραμμα βιοδιυλιστηρίου

Το συνολικό διάγραμμα ροής, όπως διαμορφώνεται μετά την προσθήκη των ανακυκλώσεων, παρατίθεται στην εικόνα 3.12. Επίσης σημειώνονται από κάτω όλα τα εξαρτήματα της μονάδας συνολικά.



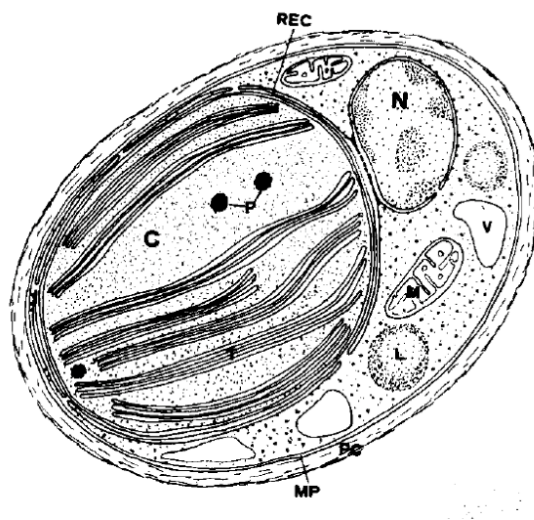
Εικόνα 3.11: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας Haematococcus

### Εξοπλισμός

- Σύστημα ανοιχτής δεξαμενής
- Δύο συστήματα φυγοκέντρισης
- Ξηραντήρας
- Δύο στήλες εκχύλισης, οι οποίες προορίζονται για εκχύλιση στερεού-υγρού
- Τέσσερις αποστακτικές στήλες
- Μεμβράνη φίλτρανης κλίμακας Ultra
- Έντεκα εναλλάκτες για την μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας των ρευμάτων
- Σύστημα χρωματογραφίας αντιρροής

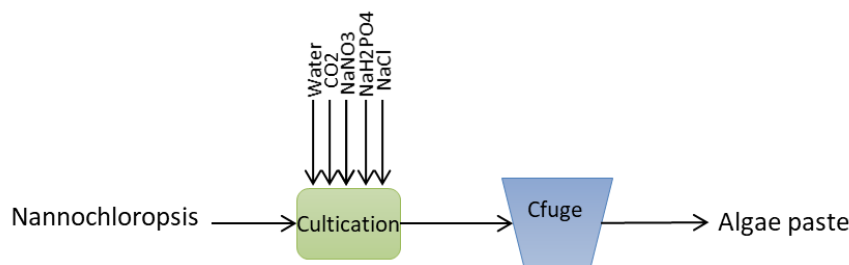
### 3.4. Βιοδυλιστήριο 3: *Nannochloropsis*

Το μικροφύκος *Nannochloropsis* διακρίνεται σε 5 είδη και λόγω του ότι είναι ικανό να συσσωρεύει μεγάλες ποσότητες λιπιδίων, είναι ιδανικό για παραγωγή βιοκαυσίμων (51). Ανήκει στη συνομοταξία των ευστιγματοφυκών (*eustigmatophyceae*) και το μέγεθος των κυττάρων του κυμαίνεται μεταξύ 2-3 μικρομέτρων (52). Εκτός από έλαια, περιέχει σημαντικές ποσότητες καροτενοειδών, όπως η β-καροτένη και η βιολαξανθίνη.



Εικόνα 3.12: Κύτταρο *Nannochloropsis* (53)

#### 3.4.1. Καλλιέργεια και απομάκρυνση νερού



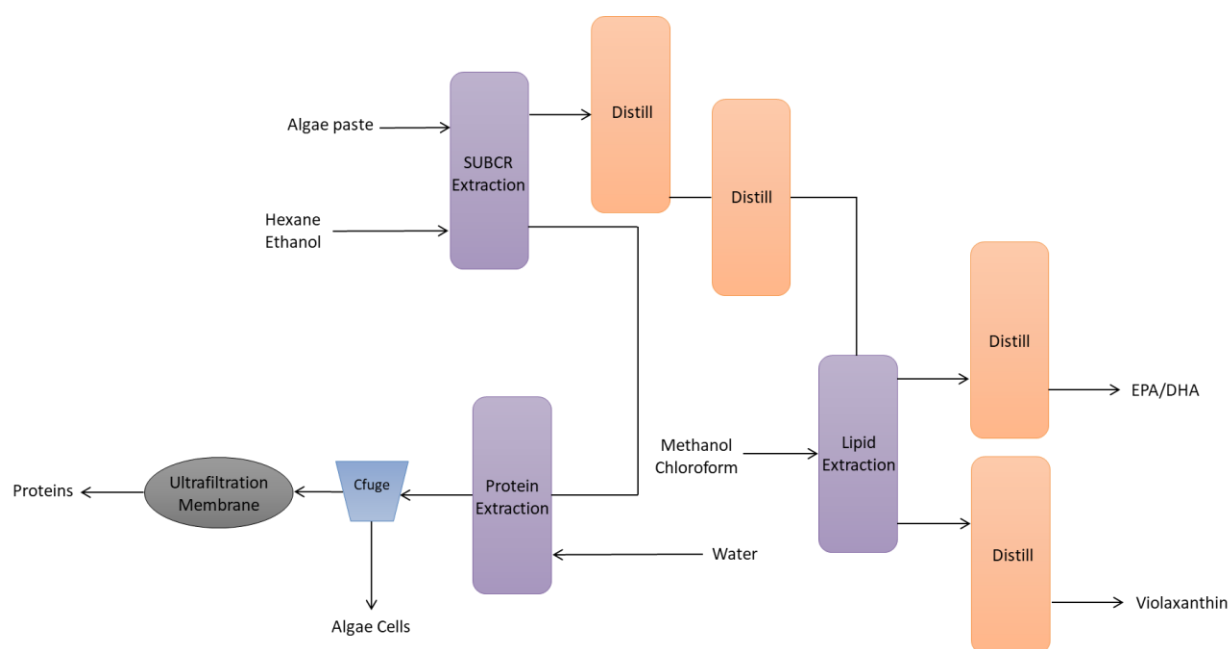
Εικόνα 3.13: Καλλιέργεια και ξήρανση βιομάζας *Nannochloropsis*

Υπάρχουν αναφορές για την ανάπτυξη του είδους και στους δύο τύπους καλλιέργειας, ωστόσο οι ρυθμοί ανάπτυξης στα ανοιχτά συστήματα είναι αρκετά μικρότεροι. Εξαιτίας αυτού, προτιμώνται κυρίως τα κλειστά συστήματα. Για τις ανάγκες της μελέτης που διεξάγουμε, παρόλα αυτά, επιλέγουμε τις ανοιχτές δεξαμένες. Τα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή του μικροφύκου προσφέρονται από την προσθήκη συγκεκριμένων ενώσεων. Ως πηγή αζώτου χρησιμοποιείται το  $\text{NaNO}_3$  σε συγκέντρωση 0,07 g/l και ως πηγή φωσφόρου το  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  σε συγκέντρωση 0,005 g/l. Η κατάλληλη

αλατότητα επιτυγχάνεται με την προσθήκη 32 g/l NaCl (54). Οι δεξαμενές έχουν επίσης βάθος 25 cm και το CO<sub>2</sub> διοχετεύεται με την βοήθεια αντλιών.

Σχετικά με το στάδιο συλλογής και απομάκρυνσης του νερού, οι τεχνικές που έχουν σημειωθεί ως αποτελεσματικές είναι η φυγοκέντριση, η ξήρανση, η καθίζηση και η κροκίδωση. Στη μονάδα που σχεδιάζουμε χρησιμοποιείται η φυγοκέντριση.

### 3.4.2. Εκχύλιση ελαίων και ανάκτηση προϊόντων



Εικόνα 3.14: Εκχύλιση και καθαρισμός προϊόντων *Nannochloropsis*

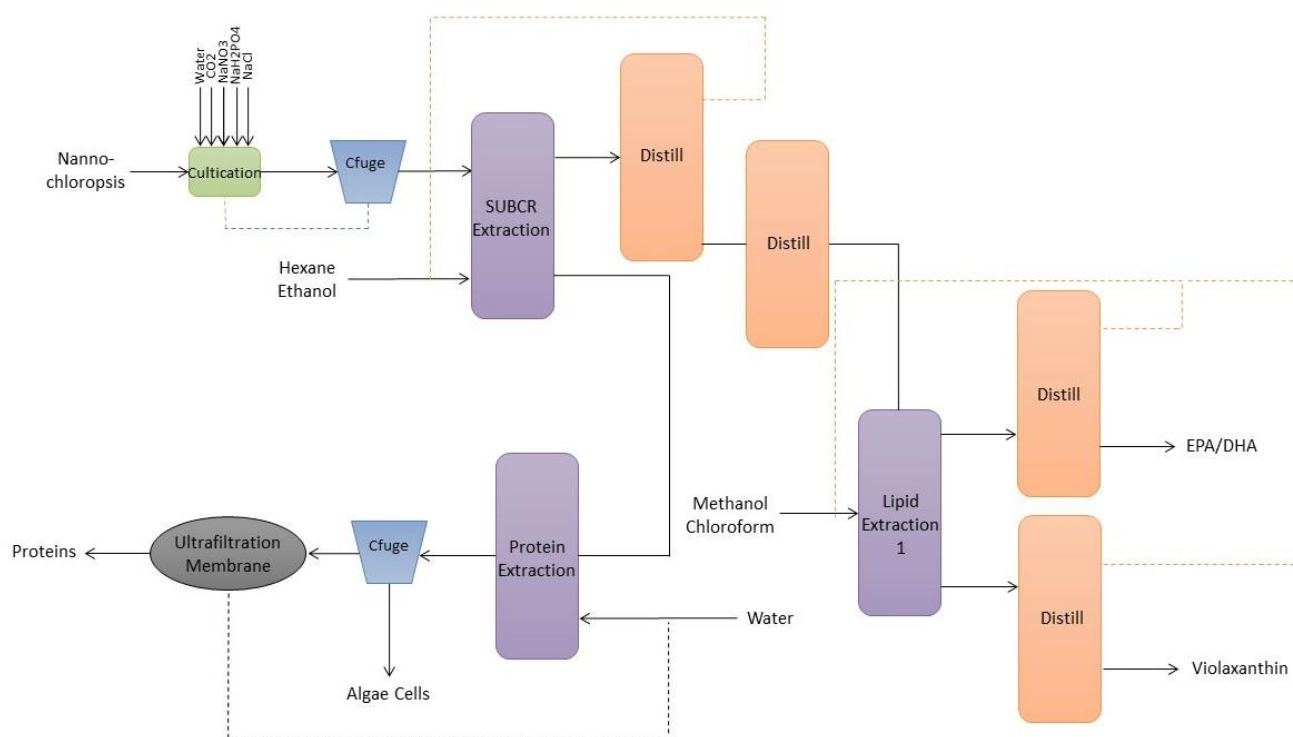
Το μικροφύκος *Nannochloropsis* είναι σημαντική πηγή για ω-3 λιπαρά. Ο σχεδιασμός του βιοδιυλιστηρίου με πρώτη ύλη την *Nannochloropsis* βασίστηκε στην παραγωγή των προϊόντων EPA, DHA, βιολαξανθίνη και πρωτεϊνών. Για την εκχύλιση των ελαίων, πολλές είναι οι μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία στην περίπτωση της *Nannochloropsis*. Συγκεκριμένα, από τις εναλλακτικές τεχνικές που αναπτύχθηκαν στην παρούσα διπλωματική πολύ αποτελεσματικές είναι τόσο η υπερκρίσιμη εκχύλιση όσο και η εκχύλιση με υγρά υπό πίεση. Η υποκρίσιμη εκχύλιση με μείγμα εξάνιου και αιθανόλης σε αναλογία 3:1 είναι μια εξίσου αποτελεσματική μέθοδος η οποία μάλιστα παρουσιάζει ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Για την εφαρμογή της μεθόδου, σε αντίθεση με άλλους διαλύτες δεν απαιτείται απόλυτα ξηρή βιομάζα, έτσι δικαιολογείται και η παράληψη του βήματος της ξήρανσης. Αμέσως, λοιπόν, μετά την φυγοκέντρο η μερικώς υγρή βιομάζα εκχυλίζεται σε συνθήκες T=90°C και P=14bar (26). Κατόπιν, το μείγμα των διαλυτών απομακρύνεται με απόσταξη και ανακυκλώνεται. Η απόσταξη πραγματοποιείται σε δύο στάδια καθώς το μείγμα εξάνιο-αιθανόλη παρουσιάζει αζεότροπο στους 58.7 °C. Η πίεση και στις 2 αποστακτικές στήλες είναι 1 bar.

Προκειμένου, εν συνεχεία, να διαχωριστούν τα λιπίδια από την βιολαξανθίνη γίνεται δεύτερη εκχύλιση με μεθανόλη και χλωροφόρμιο σε αναλογία 2:1, όπως και στην περίπτωση της *Dunaliella*. Το μείγμα μεθανόλης χλωροφορμίου και λιπιδίων εισέρχεται σε αποστακτική στήλη για να ανακυκλωθούν οι διαλύτες και να παραληφθεί 99,8 % καθαρό το μείγμα των ω-3 λιπιδίων. Αντίστοιχα, με απόσταξη απομακρύνεται το υπολειπόμενο μείγμα διαλυτών και από την βιολαξανθίνη, η οποία τελικώς παραλαμβάνεται σχεδόν 100% καθαρή.

Για την παραλαβή των πρωτεϊνών γίνεται υδρόλυση σύμφωνα με την μέθοδο που ακολουθήθηκε και στον *Haematosoccus*, ενώ το υδατικό διάλυμα εισάγεται σε φυγόκεντρο για να διαχωριστεί από τα "κενά" πια κύτταρα της *Nannochloropsis*. Στη συνέχεια με χρήση μεμβράνης ανακτάται προς ανακύκλωση το νερό και παραλαμβάνεται καθαρό το μείγμα των πρωτεϊνών.

### 3.4.3. Ολοκληρωμένο ροοδιάγραμμα βιοδιυλιστηρίου

Στην εικόνα 3.16 παρουσιάζεται ολοκληρωμένο το διάγραμμα ροής του βιοδιυλιστηρίου με πρώτη ύλη *Nannochloropsis*. Επίσης σημειώνονται όλοι οι εξοπλισμοί που απαρτίζουν την παρακάτω μονάδα.



Εικόνα 3.15: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας *Nannochloropsis*

### Εξοπλισμός

- Σύστημα ανοιχτής δεξαμενής
- Δύο συστήματα φυγοκέντρισης
- Τρεις στήλες εκχύλισης, δύο από τις οποίες προορίζονται για εκχύλιση στερεού-υγρού
- Τέσσερις αποστακτικές στήλες
- Μembrάνη φίλτρανσης κλίμακας Ultra
- Εννέα εναλλάκτες για την μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας των ρευμάτων

## 4. Τεχνοοικονομική ανάλυση

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά το πάγιο κόστος και τα λειτουργικά κόστη των βιοδιυλιστηρίων ανά τη μονάδα χρόνου. Με τον όρο πάγιο κόστος επένδυσης αναφερόμαστε στα κόστη για την αγορά, την εγκατάσταση και την οργάνωση λειτουργίας της βιοδιυλιστηριακής μονάδας. Στο λειτουργικό κόστος εντάσσονται, κυρίως, οι ενεργειακές απαιτήσεις της διεργασίας και το κόστος των πρώτων υλών. Επιπροσθέτως, αξιολογούνται τα σενάρια επένδυσης των βιοδιυλιστηρίων, σύμφωνα με τα κριτήρια καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) και εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR), και παρουσιάζονται διαγράμματα για την εξέλιξη των χρηματοροών.

## 4.1. Μεθοδολογία τεχνοοικονομικής ανάλυσης

### 4.1.1. Πάγιος κόστος

#### 4.1.1.1. Κοστολόγηση καλλιέργειας

Η έκταση της καλλιέργειας είναι απαραίτητο κριτήριο για την εκτίμηση του κόστους της. Ως πάγιο κόστος καλλιέργειας αναφέρεται ο,τιδήποτε σχετίζεται με την κατασκευή της, δηλαδή το τοίχος που χτίζεται για την οριοθέτησή της, οι αναδευτήρες, οι δεξαμενές αποθήκευσης και οι αντλίες για την τροφοδότηση του διοξειδίου του άνθρακα και των θρεπτικών συστατικών. Καθώς θεωρούμε ίδιου τύπου δεξαμενές και για τις τρεις καλλιέργειες, το κόστος μεταβάλλεται ανάλογα με τις διαφορές στην έκταση τους. Για τα πάγια κόστη που σχετίζονται με την καλλιέργεια θεωρήθηκαν οι τιμές που παρατίθενται στους πίνακες 4.1 και 4.2 (46).

Πίνακας 4.1: Κόστη εξοπλισμού καλλιέργειας

	K\$/ha
Δεξαμενή	19.3
Αναδευτήρες	7.9
Σύστημα τροφοδότησης CO <sub>2</sub>	4.4
Δεξαμενή αποθήκευσης CO <sub>2</sub>	37
Ιμάντας μεταφοράς συγκομιδής	14.2
Αποθηκευτικές δεξαμενές	20

Πίνακας 4.2: Σταθερά κόστη καλλιέργειας

	K\$
Απόκτηση γης	28.5
Προετοιμασία γης	1.1
Σωληνώσεις	10.4
Εξοπλισμός ηλεκτρικού	3.4
Κτιριακές εγκαταστάσεις	3.4
Εγκατάσταση	6.9
Συστήματα ελέγχου	6.9
Μηχανική εποπτεία	227.8
Εργολαβία	10% του παγίου

#### 4.1.1.2. Πάγιο Κόστος μονάδας επεξεργασίας

Για τον υπολογισμό του κόστους εξοπλισμού έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι, οι οποίες βασίζονται στην εφαρμογή διορθωτικών παραγόντων. Αρχικά, το πάγιο κόστος επένδυσης προκύπτει από το κόστος αγοράς του εξοπλισμού πολλαπλασιαζόμενο επί έναν παράγοντα. Ο παράγοντας αυτός σχετίζεται με δύο πράγματα, με το αν η διεργασία αφορά ρευστές ή στερεές ουσίες και με το αν ο εξοπλισμός αποτελεί νέο απόκτημα, προσθήκη ή επέκταση υπάρχοντος (*H. J. Lang*). Αργότερα η μέθοδος τροποποιείται με την πρόταση ξεχωριστών παραγόντων για τα διαφορετικά τμήματα του εξοπλισμού (*W. E. Hand*). Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή παραγόντων που σχετίζονται με το υλικό κατασκευής του εξοπλισμού. Έκτοτε πολλοί περισσότεροι παράγοντες έχουν ενταχθεί στη μέθοδο υπολογισμού κόστους εξοπλισμού προκειμένου να είναι ακριβέστερες οι εκτιμήσεις (55).

Η διαδικασία υπολογισμού του κόστους στην παρούσα διπλωματική, βασίστηκε σε αυτή τη μέθοδο και εξηγείται αναλυτικότερα στην συνέχεια της ενότητας. Για το σκοπό αυτό είναι σημαντικό να διακρίνουμε το κόστος επένδυσης σε τρία μέρη.

##### ❖ Βασικό κόστος εξοπλισμού

Το κόστος εξοπλισμού αντιπροσωπεύει το χρηματικό ποσό προκειμένου να αγοραστούν τα απαραίτητα μηχανήματα (αντλίες, εναλλάκτες, στήλες κ.α.) και να γίνει η εγκατάστασή τους. Κάθε τμήμα του εξοπλισμού κοστολογείται ανάλογα με την δυναμικότητά του, την πίεση και την θερμοκρασία λειτουργίας, και το υλικό κατασκευής του. Ακόμη, στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνονται οι σωληνώσεις, τα συστήματα ελέγχου και οι εγκαταστάσεις παροχής υπηρεσιών.

##### ❖ Κόστος οργάνωσης

Το κόστος οργάνωσης αναφέρεται σε όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να στηθεί και να μπορεί να τεθεί σε λειτουργία η βιομηχανική παραγωγή. Πιο αναλυτικά αποτελεί κόστος που σχετίζεται με κτιριακές εγκαταστάσεις, συστήματα ασφαλείας, αποθηκευτικούς χώρους, μεταφορικά οχήματα κ.α.

##### ❖ Κόστος αρχικής λειτουργίας

Το κόστος αρχικής λειτουργίας είναι τα έξοδα για τις πρώτες ύλες και όλες τις χρηματορροές ώστε να τεθεί σε λειτουργία ο εξοπλισμός μέχρις ότου παραχθεί προϊόν και κατόπιν έρθουν έσοδα από τις πωλήσεις του.

Όλα τα παραπάνω ενσωματώνονται ως παράμετροι στο κόστος αγοράς του εξοπλισμού οδηγώντας στο τελικό κόστος επένδυσης. Όπως προαναφέρθηκε οι παράμετροι διαφέρουν ανάλογα με το αν η διεργασία περιλαμβάνει υγρά ή στερεά. Στην προκειμένη, οι διεργασίες που έχουν προταθεί περιλαμβάνουν και τις δύο καταστάσεις, γι' αυτό θεωρήθηκαν οι μέσοι παράγοντες μεταξύ των δύο. Όλοι οι παράγοντες παρατίθενται στον πίνακα 4.3.



Πίνακας 4.3: Παράγοντες υπολογισμού κόστους εξοπλισμού<sup>3</sup>

	<i>Fluids</i>	<i>Solids</i>	<i>Fluid-Solid</i>
<i>Equipment delivered cost</i>	1.00	1.00	1.00
<i>Equipment erection, f<sub>ER</sub></i>	0.40	0.60	0.50
<i>Piping (installed), f<sub>PIP</sub></i>	0.70	0.20	0.45
<i>Instrumentation and controls (installed), f<sub>INST</sub></i>	0.30	0.20	0.25
<i>Electrical (installed), f<sub>ELEC</sub></i>	0.20	0.15	0.18
<i>Utilities, f<sub>UTIL</sub></i>	0.50	0.20	0.35
<i>Off-sites, f<sub>OS</sub></i>	0.30	0.40	0.35
<i>Buildings (including services), f<sub>BUILD</sub></i>	0.20	0.30	0.25
<i>Site preparation, f<sub>SP</sub></i>	0.10	0.10	0.10
<b>Total capital cost of installed equipment</b>	<b>3.70</b>	<b>3.15</b>	<b>3.43</b>
<i>Design, engineering and construction, f<sub>DEC</sub></i>	1.00	0.80	0.90
<i>Contingency (~ 10% of fixed capital costs), f<sub>CONT</sub></i>	0.40	0.30	0.35
<b>Total fixed capital cost</b>	<b>5.10</b>	<b>4.25</b>	<b>4.68</b>
<i>Working capital (15% of total capital cost), f<sub>WC</sub></i>	0.70	0.60	0.65
<b>Total capital cost factor</b>	<b>5.80</b>	<b>4.85</b>	<b>5.33</b>

Για την διαδικασία υπολογισμού ακολουθούνται τα επόμενα βήματα.

1. Αρχικά υπολογίζεται το κόστος κάθε τμήματος του εξοπλισμού ως συνάρτηση της δυναμικότητάς του σύμφωνα με τον τύπο:

$$\kappa = \kappa_{\Delta} \left( \frac{c}{c_{\Delta}} \right)^{\alpha}$$

Όπου  $\kappa$  = ζητούμενο κόστος

$\kappa_{\Delta}$  = κόστος για δυναμικότητα αναφοράς

$c$  = απαιτούμενη δυναμικότητα

$c_{\Delta}$  = αναφορική δυναμικότητα

$\alpha$  = συντελεστής κλίμακας

<sup>3</sup> Οι παράμετροι καταγράφονται όπως ακριβώς διατυπώνονται στην μέθοδο.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική καταγράφονται στον πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Βιβλιογραφικά κόστη εξοπλισμού

Τμήμα εξοπλισμού	$c_{\Delta}$	$\kappa_{\Delta}$ (\$)	$\alpha$
Φυγόκεντρος (διάμετρος m) <sup>4</sup>	-	-	-
Ξηραντήρας (απομάκρυνση νερού kg/h)	700	230,000	0.65
Εναλλάκτης (επιφάνεια εναλλαγής area m <sup>2</sup> )	80	32,800	0.68
Δοχείο διαχωρισμού (ton)	6	98,400	0.82
Στήλη εκχύλισης (ton)	8	65,600	0.89
10 δίσκοι (διάμετρος m)	0.5	6,560	0.91
Μεμβράνη (εμβαδόν διεπιφάνειας m <sup>2</sup> )	10	83,600	0.49
HPCCC στήλες <sup>5</sup>	-	-	-

2. Λόγω πληθωρισμού τα κόστη αυτά δεν παραμένουν σταθερά. Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η αξία τους την χρονική στιγμή που αξιολογείται η επένδυση. Η χρονική προσαρμογή βασίζεται σε δείκτες που είναι γνωστοί ως *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPI).

$$\frac{\kappa}{\kappa_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

Όπου  $\kappa$  τα κόστη και  $I$  οι δείκτες για τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους.

Τα περισσότερα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν (πίνακας 4.4) αφορούν τον κατάλογο κοστολόγησης με δείκτη 435,8. Στη φυγόκεντρο και τις στήλες χρωματογραφίας, των οποίων το κόστος υπολογίστηκε με διαφορετικό τρόπο, αντιστοιχεί δείκτης 460. Η αξία όμως που μας ενδιαφέρει είναι αυτή που αντιστοιχεί σε δείκτη 558,3 (κατάλογος 2016).

3. Όλα τα παραπάνω κόστη αναφέρονται σε εξοπλισμό κατασκευασμένο από χάλυβα (carbon steel). Αφού έχει προσαρμοστεί χρονολογικά η τιμή του, πρέπει και να προσαρμοστεί ανάλογα με το υλικό κατασκευής. Οι παράγοντες που σχετίζονται με το υλικό κατασκευής είναι οι εξής:

<sup>4</sup> Για τα δοχεία φυγοκέντρισης χρησιμοποιήθηκε άλλος τύπος από διαφορετική βιβλιογραφία:

$$\kappa = 10,2 * (\text{διάμετρος σε ίντσες})^{1,06} \quad (56)$$

<sup>5</sup> Για τις στήλες του συστήματος χρωματογραφίας το κόστος σε χιλιάδες δολάρια προέκυψε σύμφωνα με τον τύπο:

$$\kappa = (0,1 + 0,924) * (\text{διάμετρος σε ίντσες})^{0,83} \quad (56)$$

Πίνακας 4.5: Διορθωτικοί παράγοντες σύμφωνα με το υλικό κατασκευής

Υλικό	$F_M$
Χάλυβας	1.00
Αλουμίνιο	1.30
Ανοξείδωτο ατσάλι (χαμηλής ποιότητας)	2.40
Ανοξείδωτο ατσάλι (υψηλής ποιότητας)	3.40
Νικέλιο	4.40

4. Τέλος, προσαρμόζονται στα κόστη οι παράγοντες που παρατίθενται στους πίνακες 4.6 και 4.7 και οι οποίοι σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας. Η θερμοκρασία και η πίεση στις οποίες σχεδιάζονται ώστε να λειτουργούν οι συσκευές επηρεάζουν σημαντικά το κόστος για τον ίδιο λόγο που επηρεάζει και το υλικό κατασκευής. Αν οι διεργασίες απαιτούν ιδιαίτερες συνθήκες ο εξοπλισμός πρέπει να είναι ικανός να διατηρεί αυτές τις συνθήκες, γεγονός που αυξάνει το κόστος κατασκευής του άρα και την τιμή του.

Πίνακας 4.6: Διορθωτικοί παράγοντες σύμφωνα με την πίεση σχεδιασμού

Πίεση (bar)	$F_P$
0.01	2.00
0.10	1.30
0.5-7	1.00
50.00	1.50
100.00	1.90

Πίνακας 4.7: Διορθωτικοί παράγοντες σύμφωνα με την θερμοκρασία σχεδιασμού

Θερμοκρασία (°C)	$F_T$
0-100	1
300	1.6
500	2.1

Το άθροισμα από όλα τα κόστη όπως προκύπτουν μετά την χρονική αναπροσαρμογή καλείται στην παρούσα διπλωματική *Μη Διορθωμένο Κόστος Εξοπλισμού* (ΜΔΚΕ). Το ίδιο άθροισμα, εφόσον έχουν ενταχθεί οι παράγοντες διόρθωσης που σχετίζονται με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, αναφέρεται ως *Διορθωμένο Κόστος Εξοπλισμού* (ΔΚΕ). Με βάση τα αθροίσματα αυτά και τους παράγοντες του πίνακα 4.6 το συνολικό πάγιο κόστος, ΣΠΚ (total capital cost, TCC), υπολογίζεται ως εξής:

$$\Sigma ΠΚ = ΔΚΕ * (1 + F_{PIP}) + ΜΔΚΕ * (5,33 - F_{PIP})$$

ή

$$\Sigma ΠΚ = \text{Διορθωτικός παράγοντας} * ΔΚΕ$$

Ο δεύτερος τύπος εφαρμόζεται τμηματικά ανά τις βασικές διεργασίες κάθε σταδίου. Οι διεργασίες που περιλαμβάνουν και στερεή βιομάζα πολλαπλασιάζονται με τον παράγοντα που αντιστοιχεί σε στερεή-υγρή επεξεργασία και είναι 5,33, ενώ αυτές που είναι μόνο υγρή επεξεργασία με το 5,8.

#### 4.1.2. Λειτουργικό κόστος

##### 4.1.2.1. Λειτουργικό κόστος καλλιέργειας

Το λειτουργικό κόστος της καλλιέργειας υπολογίζεται ως συνάρτηση της έκτασης. Για το σκοπό αυτό θεωρήθηκαν οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες και λοιπές λειτουργικές παροχές ανά μονάδα επιφάνειας σε διάστημα ενός έτους. (46) Οι ενεργειακές απαιτήσεις και το κόστος τους παρατίθενται στον πίνακα 4.8.

Τα σταθερά κόστη που σχετίζονται με την καλλιέργεια (fixed costs) θεωρήθηκαν όπως παρατίθενται στον πίνακα 4.9 και αφορούν έξοδα για την ασφάλεια, τη συντήρηση και το ανθρώπινο δυναμικό. Το κόστος του διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζεται με βάση το ελάχιστο απαιτούμενο για παραγωγή 1000 τόνων βιομάζας και ανέρχεται στους 1800 τόνους ετησίως.

Πίνακας 4.8: Ενεργειακά κόστη καλλιέργειας

	<i>KWh/year</i>	<i>K\$/year</i>
<b><i>Dunaliella</i></b>		
<i>Ανάδευση</i>	390,000	23.9
<i>Τροφοδότηση θρεπτικών και CO2</i>	543,000	33.3
<i>Αντλίες</i>	303,000	18.6
<b><i>Haematococcus</i></b>		
<i>Ανάδευση</i>	260,000	16
<i>Τροφοδότηση θρεπτικών και CO2</i>	362,000	22.2
<i>Αντλίες</i>	202,000	12.4
<b><i>Nannochloropsis</i></b>		
<i>Ανάδευση</i>	1,040,000	63.8
<i>Τροφοδότηση θρεπτικών και CO2</i>	1,448,000	88.8
<i>Αντλίες</i>	808,000	49.6

Πίνακας 4.9: Σταθερά λειτουργικά κόστη καλλιέργειας

	K\$/year
Επίβλεψη	568.2
Συντήρηση	6% του παγίου
Ασφάλεια	15
Άλλα κόστη	10
Τροφοδοσία CO <sub>2</sub>	11.3

4.1.2.2. Λειτουργικό κόστος μονάδας επεξεργασίας

Ως λειτουργικό κόστος της μονάδας επεξεργασίας λαμβάνεται το ενεργειακό κόστος για την θέρμανση και ψύξη των ρευμάτων, καθώς επίσης και τα έξοδα σε πρώτες ύλες. Οι τιμές που θεωρήθηκαν παρουσιάζονται στους πίνακες 4.10 και 4.11. (57) Οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι ροές των ρευμάτων, όπως υποδείχθηκαν από το πρόγραμμα προσομοίωσης παρατίθενται στα παραρτήματα. Στο λειτουργικό κόστος, προστίθεται επίσης το σταθερό κόστος συντήρησης (6% του παγίου) και το κόστος για το απασχολούμενο προσωπικό.

Πίνακας 4.10: Ενεργειακό κόστος διεργασιών

	Κόστος	Μονάδες
Ηλεκτρική ενέργεια	0.07	\$/kWh
Ατμός θέρμανσης	12	\$/ton
Νερό ψύξης	0.15	\$/ton

Πίνακας 4.11: Κόστη πρώτων υλών

	\$/τόνο
Νερό καλλιέργειας	0.31
KNO <sub>3</sub>	935
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,112.8
NaNO <sub>3</sub>	927
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	886
NaCl	147
CO <sub>2</sub>	70.5
Εξάνιο	405.5
Αιθανόλη	546.5
Μεθανόλη	225

$CHCl_3$	162
<i>NMP</i>	2,060
Αιθυλικός αιθυλεστέρας	802,4
Νερό διεργασιών	1,036.2

#### 4.1.3. Αξιολόγηση επένδυσης

Για την αξιολόγηση των τριών σεναρίων υπολογίστηκαν χρηματορροές και κατασκευάστηκαν διαγράμματα στα οποία παρουσιάζεται η οικονομική εξέλιξη των επενδύσεων. Τα κριτήρια αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν είναι η *Καθαρή Παρούσα Αξία* (ΚΠΑ ή NPV) και ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης (IRR). Οι θεωρήσεις που πραγματοποιήθηκαν συνοψίζονται παρακάτω.

- Ως χρόνος κατασκευής της μονάδας ορίστηκαν τα **2** πρώτα χρόνια
- Η αξιολόγηση εκτείνεται σε βάθος 10ετίας από την έναρξη λειτουργίας
- Το ανηγμένο κόστος επένδυσης ύψους  $\delta$  καταβάλλεται μέχρι τον 8<sup>ο</sup> χρόνο λειτουργίας της μονάδας
- Το επιτόκιο θεωρήθηκε  $i = 10\%$
- Το ποσοστό φορολογίας επί των εσόδων θεωρήθηκε  $\tau = 30\%$
- Σταθερή τιμή πώλησης προϊόντων και σταθερά κόστη

Το επιτόκιο δανεισμού, η φορολογία, και οι χρηματορροές που υπολογίζονται συνδυάζονται ώστε να υπολογιστεί το ετήσιο κέρδος σύμφωνα με την παρακάτω σχέση.

$$P = (In - Out - \delta) * (1 - \tau) \quad (56)$$

Προκειμένου να εφαρμοστούν τα κριτήρια αξιολόγησης, όλες οι χρηματορροές που εμφανίζονται στο προηγούμενο διάγραμμα διαιρούνται κατά αντιστοιχία με τη ποσότητα:

$$(1 + i)^n$$

Όπου  $n = 0, 1, \dots, 12$

Το άθροισμα των προσαρμοσμένων αυτών χρηματοροών αποτελεί την λεγόμενη *Καθαρή Παρούσα Αξία* (ΚΠΑ). Σύμφωνα με το κριτήριο αξιολόγησης της ΚΠΑ, για να είναι βιώσιμο και μη ζημιογόνο ένα επενδυτικό πλάνο, πρέπει να ισχύει:

$$ΚΠΑ = \eta > 0$$

Προκειμένου να είναι ικανοποιητικός ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης κεφαλαίου πρέπει, σε σχέση με το επιτόκιο δανεισμού, να ισχύει

$$IRR = \eta > i$$

## 4.2. Αποτελέσματα

### 4.2.1. Παροδοχές

Η αρχική τροφοδοσία που ορίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι στα 110 kg/hr. Συνεπώς, από τις καλλιέργειες απαιτούνται τουλάχιστον 2640 kg βιομάζας προς επεξεργασία ανά ημέρα ή περίπου 1000 τόνοι το χρόνο. Σε αυτήν την απαίτηση βασίστηκε ο υπολογισμός της έκτασης που πρέπει να καταλαμβάνουν οι δεξαμενές. Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής, λοιπόν, θεωρήθηκε μια παραγωγικότητα στις δεξαμενές καλλιέργειας ανά μονάδα επιφάνειας. Στην πραγματικότητα, η παραγωγικότητα αυτή δεν παραμένει σταθερή, καθώς αναφερόμαστε σε ανοιχτά στο περιβάλλον συστήματα. Οι κλιματικές αλλαγές κατά τη διάρκεια του χρόνου, ακόμη και οι θερμοκρασιακές μεταβολές κατά τη διάρκεια μιας μέρας, έχουν σημαντική επίδραση στον ρυθμό ανάπτυξης του μικροοργανισμού. Παρόλα αυτά, με συλλογή και αξιολόγηση πολλών βιβλιογραφικών δεδομένων, θεωρήθηκε μια μέση παραγωγικότητα για κάθε είδος μικροφύκους. Στον πίνακα 4.12 παρουσιάζονται οι τιμές της καθώς επίσης και η έκταση που θεωρήθηκε, προκειμένου να υπολογιστούν τα κόστη που σχετίζονται με το στάδιο της καλλιέργειας.

Πίνακας 4.12: Έκταση καλλιέργειας

	<i>g/m<sup>2</sup>/ημέρα</i>	<i>Έκταση (ha)</i>	<i>Βιβλιογραφία</i>
<i>Dunaliella</i>	10	30	(58)
<i>Haematococcus</i>	15.1	20	(59)
<i>Nannochloropsis</i>	3.34	80	(60)

Όσον αφορά τον υπόλοιπο εξοπλισμό η διαστασιολόγηση έγινε με την βοήθεια του προγράμματος προσομοίωσης Aspen Plus v8.6. Επίσης, οι σχεδιαστικές συνθήκες καθενός τμήματος του εξοπλισμού θεωρήθηκαν όπως προέκυψαν από το λογισμικό. Τέλος, σχετικά με το υλικό κατασκευής, καθώς αρκετές διεργασίες στα σενάρια που παρουσιάστηκαν εκτυλίσσονται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, για τον εξοπλισμό των εκχυλίσεων και των αποστάξεων θεωρήθηκε το ανοξείδωτο ατσάλι (stainless steel).

### 4.2.2. Βιοδιυλιστήριο 1: *Dunaliella*

Στον πίνακα 4.13 παρατίθενται όλα τα κόστη που αφορούν το βιοδιυλιστήριο με πρώτη ύλη την *Dunaliella* κατανεμημένα σε πρώτη φάση στα τέσσερα βασικά στάδια που αναλύσαμε τις διεργασίες. Σε δεύτερη φάση, τα κόστη σημειώνονται ανά την κάθε ξεχωριστή διεργασία. Όλοι οι διαλύτες, σε όλες τις διεργασίες ανακυκλώνονται σε εξαιρετικά υψηλά ποσοστά, συνεπώς το συνολικό ετήσιο κόστος υλικών αναμένεται χαμηλό και συγκεκριμένα προκύπτει 2.3Μ\$.

Πίνακας 4.13: Κόστη βιοδιυλιστηρίου (*Dunaliella*)

	Πάγιο κόστος (Μ\$)	Λειτουργικό κόστος (Μ\$/year)
<b>Καλλιέργεια</b>	<b>12.9</b>	<b>5.7</b>
<b>Απομάκρυνση νερού</b>	<b>10.5</b>	<b>3.8</b>
-Φυγοκέντρωση	6.7	2.2
-Ξήρανση	3.8	1.6
<b>Εκχύλιση ελαίων</b>	<b>57.7</b>	<b>18.5</b>
-Εκχύλιση στερεού υγρού	35.9	9.7
-Δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού	12.5	4.3
-Εκχύλιση υγρού υγρού	9.3	4.5
<b>Διεργασίες καθαρισμού</b>	<b>7.9</b>	<b>3.2</b>
-Χρωματογραφία HPCCC	7.9	3.2
<b>Σύνολο</b>	<b>89</b>	<b>31.2</b>

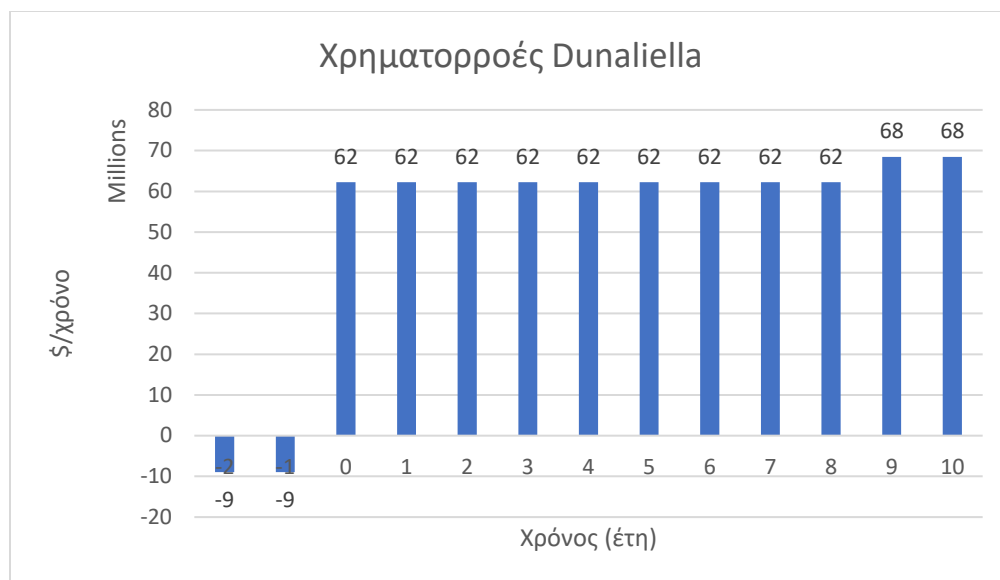
Για την αξιολόγηση του σεναρίου θεωρήθηκαν οι τιμές των προϊόντων όπως φαίνονται στον πίνακα 4.14. Η θεώρηση βασίστηκε σε τιμολόγηση μικρής ποσότητας σύμφωνα με ηλεκτρονικές πηγές η οποία προσαρμόστηκε ώστε να ανταποκρίνονται οι τελικές τιμές στις πραγματικές της αγοράς. Στον πίνακα σημειώνονται επίσης και η ωριαίες παραγωγές των προϊόντων όπως προκύπτουν από το λογισμικό προσομοίωσης.

Πίνακας 4.14: Τιμές προϊόντων και παραγωγικότητα (*Dunaliella*)

	\$/kg	kg/hr
β-καροτένη	1573	8.8
Λουτεΐνη	735	1.1
PUFAs	0.12	21
γλυκερίνη	0.003	27.5

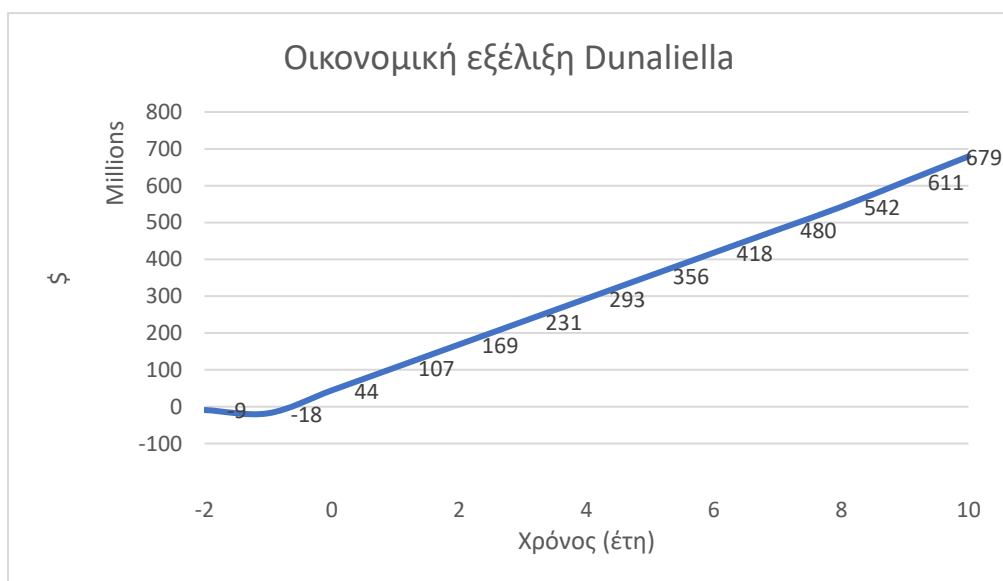
Τα λειτουργικά έξοδα τα δυο πρώτα χρόνια είναι μηδενικά, ενώ σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία από την έναρξη της λειτουργίας (χρονική στιγμή μηδέν) υπολογίζονται στα 31,9 εκατ. \$. Τα συνολικά έσοδα αντίστοιχα υπολογίζονται 126,6 εκατ.\$ και το διάγραμμα των κερδών για όλα τα μελετούμενα χρόνια διαμορφώνεται όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 4.1. Τα 2 πρώτα χρόνια, όπως είναι προφανές, δεν υπάρχει κέρδος αλλά αρνητική χρηματοροή, καθώς δεν υπάρχουν ακόμα έσοδα. Στην πορεία οι χρηματοροές εμφανίζονται σταθερές εφόσον θεωρούμε σταθερά τα κόστη και τις τιμές.





Εικόνα 4.1: Χρηματοροές βιοδιυλιστηρίου (*Dunaliella*)

Στην προκειμένη επενδυτική πρόταση η ΚΠΑ ξεπερνά τα 300 εκατομμύρια. Στο επόμενο διάγραμμα, εικόνα 4.2., παρουσιάζεται η αθροιστική εξέλιξη των χρηματοροών που επιβεβαιώνει την μεγάλη κερδοφορία που μπορεί να φέρει η υλοποίηση του πλάνου. Ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης κεφαλαίου για την επένδυση προκύπτει 40.44%.



Εικόνα 4.2: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου (*Dunaliella*)

### 4.2.3. Βιοδιυλιστήριο 2: *Haematococcus*

Όλα τα κόστη που αφορούν το βιοδιυλιστήριο με πρώτη ύλη τον *Haematococcus* παρατίθενται στον πίνακα 4.15 όπως και στην προηγούμενη υποενότητα. Λαμβάνοντας υπόψιν την ανακύκλωση όλων των ρευμάτων των διαλυτών το συνολικό ετήσιο κόστος υλικών αναμένεται χαμηλό και συγκεκριμένα προκύπτει 1.9Μ\$.

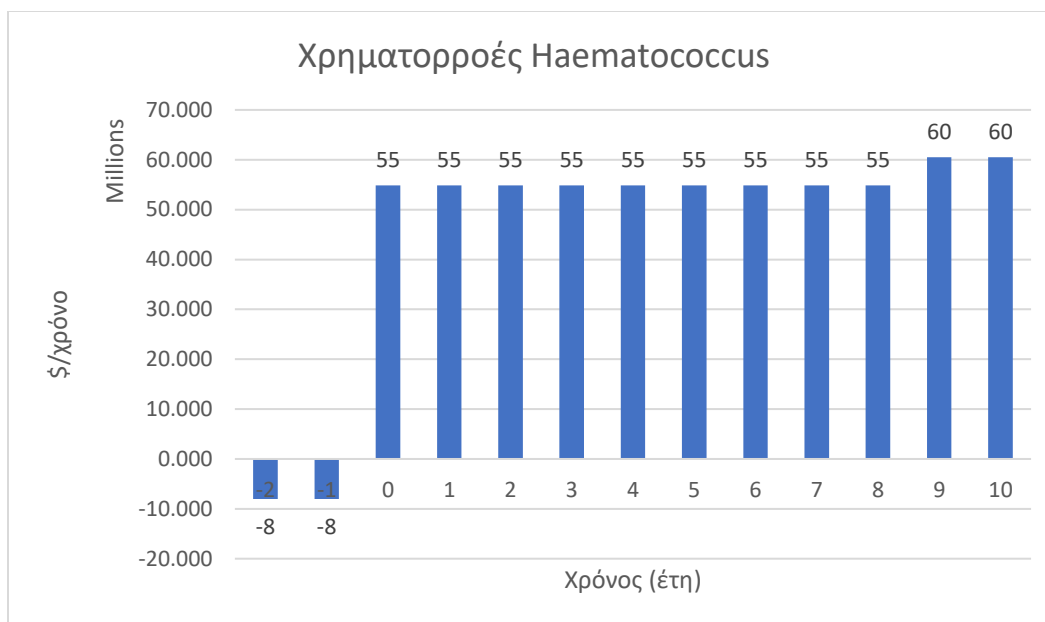
Πίνακας 4.15: Κόστη βιοδιυλιστηρίου (*Haematococcus*)

	Πάγιο κόστος (Μ\$)	Λειτουργικό (Μ\$/year)
<b>Καλλιέργεια</b>	<b>8.6</b>	<b>4.6</b>
<b>Απομάκρυνση νερού</b>	<b>10.5</b>	<b>3</b>
-Φυγοκέντρωση	6.7	1.8
-Ξήρανση	3.8	1.2
<b>Εκχύλιση ελαίων</b>	<b>43.4</b>	<b>12.4</b>
-Εκχύλιση στερεού υγρού	26.9	6.9
-Δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού	16.5	5.5
<b>Διεργασίες καθαρισμού</b>	<b>17.5</b>	<b>5.7</b>
-Μεμβράνη ultrafiltration	7.3	2
-Χρωματογραφία HPCCC	10.2	3.7
<b>Σύνολο</b>	<b>80</b>	<b>25.7</b>

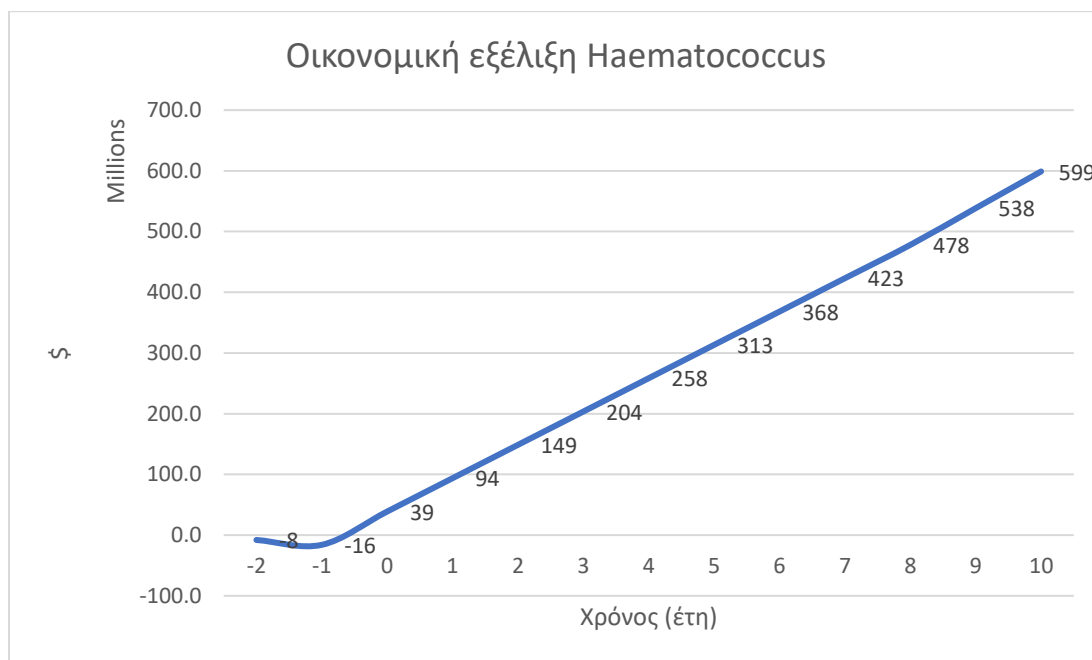
Οι παραγωγικότητες και οι τιμές των προϊόντων που θεωρήθηκαν σημειώνονται στον πίνακα 4.14. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την έναρξη της λειτουργίας της μονάδας είναι 25.7 εκατ. \$ και τα έσοδα υπολογίζεται ότι ξεπερνούν τα 108 εκατ.\$ . Στη συνέχεια παρατίθενται οι αντίστοιχες διαγραμματικές απεικονίσεις. Η καθαρή παρούσα αξία για αυτό το σενάριο προκύπτει περίπου 270 εκατομμύρια και το ποσοστό IRR 39.85%.

Πίνακας 4.16: Τιμές προϊόντων και παραγωγικότητα (*Haematococcus*)

	\$/kg	kg/hr
Ασταξανθίνη	2589	3.69
Χλωροφύλλη α	580	0.66
Χλωροφύλλη β	688	1.54
Πρωτεΐνες	100	8.82



Εικόνα 4.3: Χρηματοροές βιοδιυλιστηρίου (*Haematococcus*)



Εικόνα 4.4: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου (*Haematococcus*)

#### 4.2.4. Βιοδιυλιστήριο 3: *Nannochloropsis*

Τα προϊόντα που παράγονται και πωλούνται από την *Nannochloropsis*, με εξαίρεση την βιολαξανθίνη, δεν έχουν πολύ μεγάλη αξία. Ωστόσο η παραγωγικότητά τους είναι εξαιρετικά αυξημένη σε σύγκριση με

την βιολαξανθίνη. Η έκβαση αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να αξιολογηθεί καθώς σε συνδυασμό με το αυξημένο κόστος καλλιέργειας που έχει το σενάριο, τα αποτελέσματα αναμένονται ανατρεπτικά. Αφού σημειώσουμε και για αυτό το σενάριο το κόστος σε πρώτες ύλες το οποίο είναι μόλις 0.8Μ\$, παραθέτουμε τα οικονομικά στοιχεία. Τα αποτελέσματα της κοστολόγησης φαίνονται στον πίνακα 4.17 και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων στον πίνακα 4.18.

Πίνακας 4.17: Κόστη βιοδιυλιστηρίου (*Nannochloropsis*)

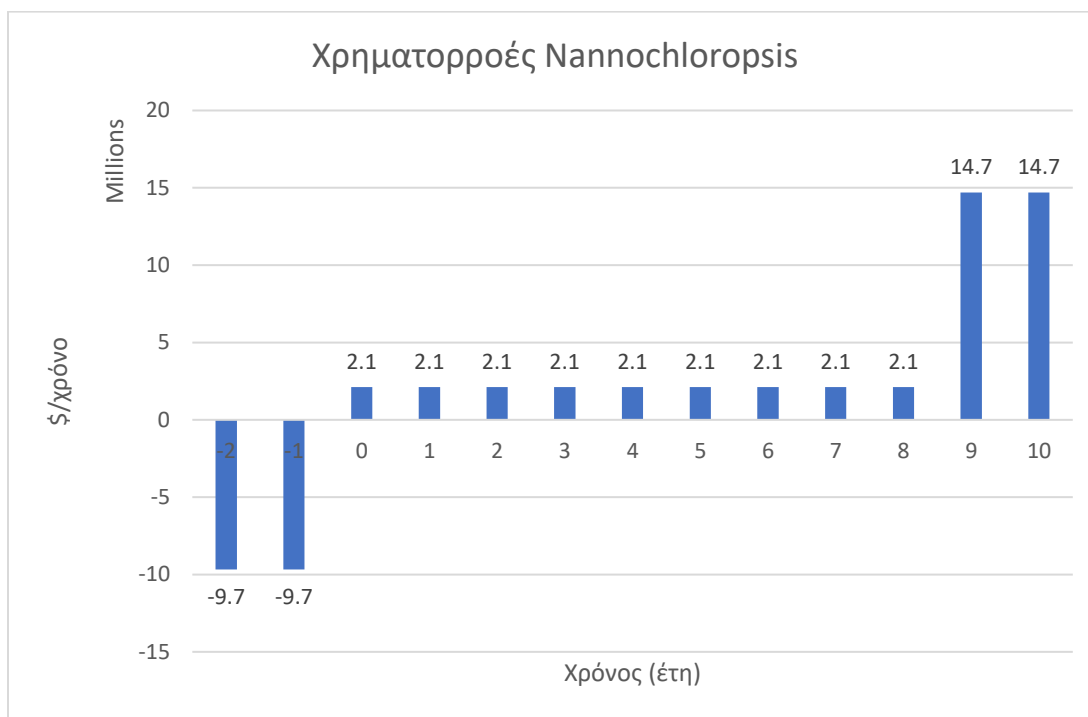
	Πάγιο κόστος (Μ\$)	Λειτουργικό (Μ\$/year)
<b>Καλλιέργεια</b>	<b>34.5</b>	<b>11.1</b>
<b>Απομάκρυνση νερού</b>	<b>6.7</b>	<b>2.7</b>
-Φυγοκέντρωση	6.7	2.7
<b>Εκχύλιση ελαίων</b>	<b>48.2</b>	<b>19.1</b>
-Εκχύλιση στερεού υγρού	18.4	8.6
-Δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού	16.5	5.6
-Εκχύλιση υγρού υγρού	13.3	4.9
<b>Διεργασίες καθαρισμού</b>	<b>7.3</b>	<b>2.1</b>
-Μεμβράνη ultrafiltration	7.3	2.1
<b>Σύνολο</b>	<b>96.7</b>	<b>35.1</b>

Πίνακας 4.18: Τιμές προϊόντων και παραγωγικότητα (*Nannochloropsis*)

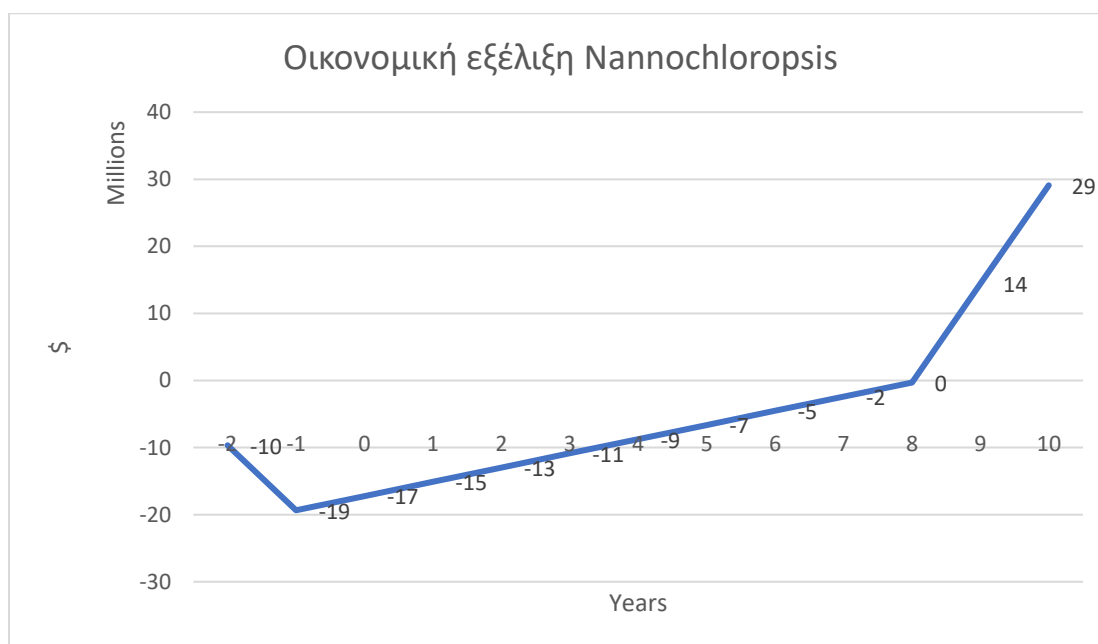
	\$/kg	Kg/hr
<i>EPA/DHA</i>	71.75	8.8
Βιολαξανθίνη	2411	0.66
Πρωτεΐνες	100	21

Όσον αφορά τα έσοδα του βιοδιυλιστηρίου καλλιέργειας *Nannochloropsis*, αυτά είναι μόλις 44.2 εκατ.\$. Με τα λειτουργικά έξοδα στα 35.1 εκατ. \$, είναι το πρώτο σενάριο στο οποίο συναντάμε τόσο μικρή, συγκριτικά, διαφορά μεταξύ των εσόδων και των εξόδων. Τα έσοδα, μάλιστα είναι πολύ μικρότερα σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια. Που οφείλεται όμως αυτό, εφόσον σχεδιαστικά δεν απέχει ιδιαίτερα από τα άλλα δύο προτεινόμενα σενάρια; Εκ πρώτης όψης, το πρόβλημα αποδίδεται στα εμφανώς αυξημένα κόστη της καλλιέργειας. Στην πραγματικότητα, όπως προαναφέρθηκε, οι καλλιέργειες ανοιχτών δεξαμενών δεν προτιμώνται για την ανάπτυξη της *Nannochloropsis*. Εξαιτίας της μειωμένης ανάπτυξης του μικροοργανισμού σε αυτόν τον τύπο καλλιέργειας, προκειμένου να επιτυγχάνεται ο στόχος στην παραγωγή βιομάζας, αυξάνεται κατά πολύ η έκταση της καλλιέργειας. Μεγαλύτερο πρόβλημα όμως συνιστούν τα έσοδα. Τα αποτελέσματα επιδεικνύουν ότι παρά την ζήτηση των

προϊόντων, αυτά μόνο δεν επαρκούν για ένα τέτοιο πλάνο. Θετικές χρηματοροές εμφανίζονται μεν, αλλά είναι αρκετά χαμηλές ώστε να μην καθίσταται η λειτουργία της μονάδας ιδιαίτερα ελπιδοφόρα.

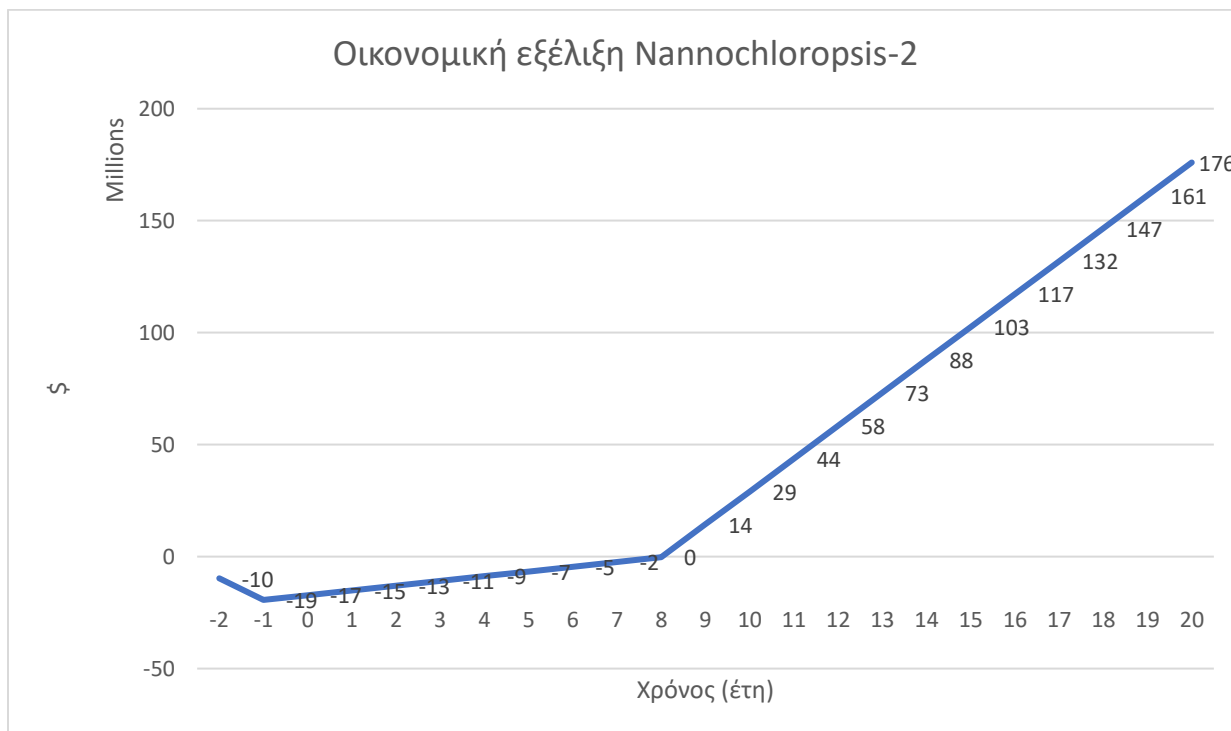


Εικόνα 4.5: Χρηματοροές βιοδιυλιστηρίου (Nannochloropsis)



Εικόνα 4.6: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου (Nannochloropsis)

Πράγματι τα κέρδη σε αυτό το σενάριο δεν εκτινάσσονται όπως στα προηγούμενα που είδαμε. Επίσης, η χρονική στιγμή κατά την οποία τα έσοδα ξεκινούν να υπερκαλύπτουν τα έξοδα και αρχίζει η πραγματική κερδοφορία προσεγγίζεται μετά τον όγδοο χρόνο λειτουργίας της μονάδας. Η επένδυση εμφανίζει ΚΠΑ στα 31 εκατομμύρια, ενώ ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης κεφαλαίου προκύπτει μόλις 19.94%. Το σενάριο αυτό είναι οριακά μη βιώσιμο. Βλέποντας την εξέλιξη του σε βάθος εικοσαετίας φαίνεται να αποδίδει το κόστος επένδυσης μετά από 15 χρόνια. Η έκβαση αυτή δεν είναι ιδιαίτερα ελπιδοφόρα και αποτελεί ένα δείγμα της ανασφάλειας στον τομέα.



Εικόνα 4.7: Εξέλιξη βιοδιυλιστηρίου (*Nannochloropsis*) -2

## 5. Συγκριτική ανάλυση

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανάλυση που προηγήθηκε ενισχύει την παρατήρηση σύμφωνα με την οποία τα βιοδιυλιστήρια μικροφυκών εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συγκριτικοί πίνακες και διαγράμματα με τα τρία ξεχωριστά βιοδιυλιστήρια. Επίσης, επισημαίνεται η επικάλυψη των διεργασιών και του εξοπλισμού που εμφανίζουν τα τρία βιοδιυλιστήρια και γίνονται ορισμένες προβλέψεις για το ενδεχόμενο ευέλικτο βιοδιυλιτήριο, που ουσιαστικά καλύπτει τις ανάγκες και των τριών μεμονωμένων.

### 5.1. Συγκριτικά αποτελέσματα

Η ανάλυση βασίστηκε στον ολοκληρωμένο σχεδιασμό τριών βιοδιυλιστηριακών μονάδων κάθε μία από τις οποίες χρησιμοποιεί διαφορετική πρώτη ύλη. Τα μικροφύκη που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη είναι οι ποικιλίες της *Dunaliella*, του *Haematococcus* και της *Nannochloropsis*. Κάθε μία από αυτές δύναται να παράξει πληθώρα προϊόντων ορισμένα από τα οποία είναι χαρακτηριστικά για το κάθε είδος. Τα τελικά προϊόντα που επιλέχθηκαν από κάθε είδος συνοψίζονται στον πίνακα 5.1. Παρότι δεν υπάρχει επικάλυψη σε κανένα συγκεκριμένο τελικό προϊόν, βλέπουμε ότι υπάρχουν προϊόντα της ίδιας οικογένειας και στις τρεις διεργασίες.

Πίνακας 5.1: Περιεχόμενο επιλεγμένων μικροφυκών

	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Nannochloropsis</i>
<b>Καροτενοειδή-Ξανθοφύλλες</b>			
β-καροτένη	✓	-	-
χλωροφύλλη α	-	✓	-
χλωροφύλλη β	-	✓	-
λουτεΐνη	✓	-	-
ασταξανθίνη	-	✓	-
βιολαξανθίνη	-	-	✓
<b>Λιπαρά οξέα</b>			
Σύνολο PUFA	✓	-	-
EPA ω3	-	-	✓
DHA ω3	-	-	✓
<b>Υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες</b>			
Γλυκερίνη	✓	-	-

Τα βιοδιυλιστήρια σχεδιάστηκαν με κοινό παρανομαστή την δυναμικότητα στην επεξεργασία βιομάζας. Σαν απαίτηση, λοιπόν, από τις καλλιέργειες ορίστηκε η ετήσια παραγωγή βιομάζας περί τους 1000 τόνους. Προκειμένου να εξετάσουμε τον συνδυασμό των τριών βιοδιυλιστηρίων σε ένα, για το πρώτο στάδιο, δηλαδή την καλλιέργεια, επιλέχθηκαν και στα τρία σενάρια τα συστήματα ανοιχτών δεξαμενών. Προχωρώντας στο επόμενο στάδιο, για την *Dunaliella* και τον *Haematococcus* η απομάκρυνση του νερού γίνεται με συνδυασμό φυγοκέντρησης και ξήρανσης με ψεκασμό. Στην τρίτη περίπτωση η ξήρανση παραλείπεται. Στο στάδιο της εκχύλισης των ελαίων από τα κύτταρα των μικροοργανισμών οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν είναι το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα, το εξάνιο υπό πίεση και το υποκρίσιμο μείγμα εξανίου και αιθανόλης, κατά αντιστοιχία στις τρεις περιπτώσεις. Η δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού περιλαμβάνει την ανάκτηση της γλυκερίνης στην περίπτωση της *Dunaliella* και την ανάκτηση πρωτεϊνών για τα άλλα δύο σενάρια. Επιπλέον, στις περιπτώσεις της *Dunaliella* και της *Nannochloropsis*, για τον διαχωρισμό λιπαρών από καροτενοειδή προστίθεται μια εκχύλιση υγρού υγρού με σύστημα διαλυτών που αποτελείται από μεθανόλη και χλωροφόρμιο. Τέλος, το στάδιο του καθαρισμού των τελικών προϊόντων περιλαμβάνει δύο βασικές διεργασίες. Η πρώτη αποτελείται από ένα σύστημα χρωματογραφίας για τον διαχωρισμό ανάμεσα στα καροτενοειδή που



ανακτώνται από την *Dunaliella* και τον *Haematococcus*. Η δεύτερη είναι φίλτραυση με μεμβράνη κλίμακας ultra για την παραλαβή του μείγματος των πρωτεϊνών από τον *Haematococcus* και την *Nannochloropsis*. Ποιοτικά, λοιπόν, τα σενάρια εμφανίζουν πολλές κοινές διεργασίες. Ωστόσο, λόγω των διαφορετικών διαλυτών και των ειδικών συνθηκών που απαιτεί κάθε ξεχωριστή εκχύλιση, διαφοροποιείται η κατανομή του εξοπλισμού.

Πίνακας 5.2: Σύνολο διεργασιών

	<i>Dunaliella</i>	<i>Haematococcus</i>	<i>Nannochloropsis</i>
<b>Καλλιέργεια</b>	✓	✓	✓
<b>Απομάκρυνση νερού</b>			
Φυγοκέντριση	✓	✓	✓
Ξήρανση	✓	✓	-
<b>Εκχύλιση ελαίων</b>			
Εκχύλιση στερεού υγρού	✓	✓	✓
Δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού	✓	✓	✓
Εκχύλιση υγρού υγρού	✓	-	✓
<b>Διεργασίες καθαρισμού</b>			
Μεμβράνη ultrafiltration	-	✓	✓
Χρωματογραφία HPCCC	✓	✓	-

Πίνακας 5.3: Σύνολο εξοπλισμού

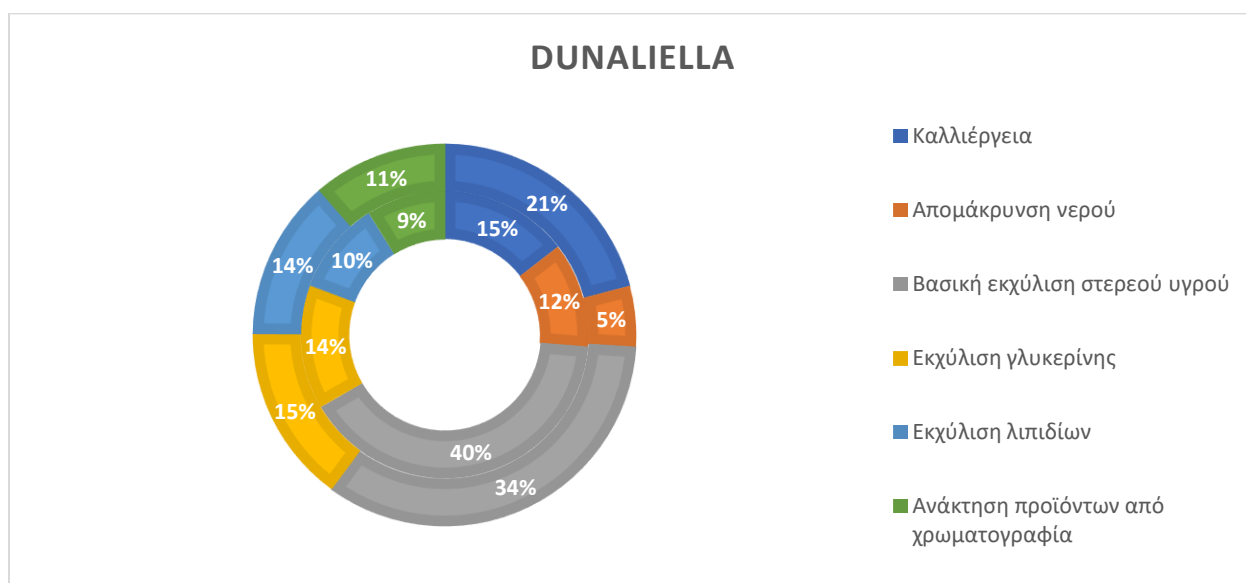
	<i>Dunaliella</i>	<i>Haematococcus</i>	<i>Nannochloropsis</i>
Καλλιέργεια	✓	✓	✓
Φυγόκεντρος	1	2	2
Ξηραντήρας	1	1	-
Σύστημα εκχύλισης στερεού υγρού	2	2	2
Σύστημα εκχύλισης υγρού υγρού	1	-	1
Σύστημα απόσταξης	4	4	4
Σύστημα μεμβράνης ultrafiltration	-	1	1
Σύστημα χρωματογραφίας HPCCC	1	1	-
Δοχείο διαχωρισμού	1	-	-
Μεμβράνη απομάκρυνσης στερεών	1	-	-
Εναλλάκτες	12	11	9

Πίνακας 5.4: Κατανομή εξοπλισμού ανά διεργασία

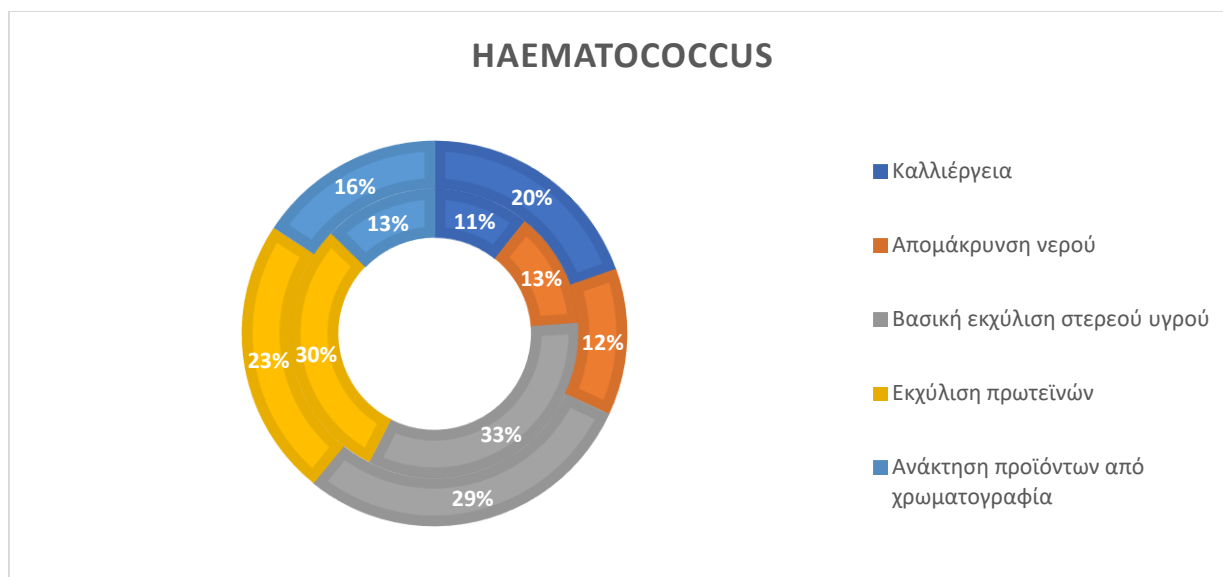
	<i>Dunaliella</i>	<i>Haematococcus</i>	<i>Nannochloropsis</i>
<b>Καλλιέργεια</b>	✓	✓	✓
<b>Απομάκρυνση νερού</b>			
Φυγόκεντρος	1	1	1
Ξηραντήρας	1	1	-
<b>Εκχύλιση ελαίων</b>			
Εκχύλιση στερεού υγρού	✓	✓	✓
--Στήλη εκχύλισης	1	1	1
--Αποστακτικές στήλες	1	1	2
--Δοχείο διαχωρισμού	1	-	-
--Εναλλάκτες	4	3	3
Δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού	✓	✓	✓
--Στήλη εκχύλισης	1	1	1
--Αποστακτικές στήλες	1	-	-
--Εναλλάκτες	2	2	2
--Μεμβράνη απομάκρυνσης στερεών	1	-	-
Εκχύλιση υγρού υγρού	✓	-	✓
--Στήλη εκχύλισης	1	-	1
--Αποστακτικές στήλες	2	-	2
--Εναλλάκτες	2	-	3
<b>Διεργασίες καθαρισμού</b>			
Σύστημα ultrafiltration	-	✓	✓
--Φυγόκεντρο	-	1	1
--Μεμβράνη	-	1	1
Σύστημα Χρωματογραφία HPLC	✓	✓	-
--Χρωματογράφος	1	1	-
--Αποστακτικές στήλες	2	3	-
--Εναλλάκτες	4	6	-

Σχετικά με τον εξοπλισμό, οι χωρητικότητες των στηλών θεωρούνται ίδιες καθώς επεξεργάζονται παρόμοιο όγκο μειγμάτων. Ο αριθμός των βαθμίδων, το υλικό κατασκευής και οι κατασκευαστικές συνθήκες λειτουργίας είναι συναφή στις αντίστοιχες διεργασίες, επομένως επηρεάζουν με παρόμοιο τρόπο το κόστος τους. Ακόμη, τα συστήματα απόσταξης στα δύο πρώτα σενάρια αφορούν τελικά στάδια απομάκρυνσης του διαλύτη και παραλαβή καθαρού προϊόντος, ενώ στην περίπτωση της *Nannochloropsis* δύο από τα τέσσερα συστήματα αφορούν την ανάκτηση του διαλύτη μίας μόνο διεργασίας. Τέλος, όσον αφορά τους εναλλάκτες που ορίζουν συνθήκες στα ρεύματα, εκτός από το πλήθος, διαφέρουν και στην ενεργειακή κατανάλωση, συνεπώς συνεισφέρουν διαφορετικά στο λειτουργικό κόστος.

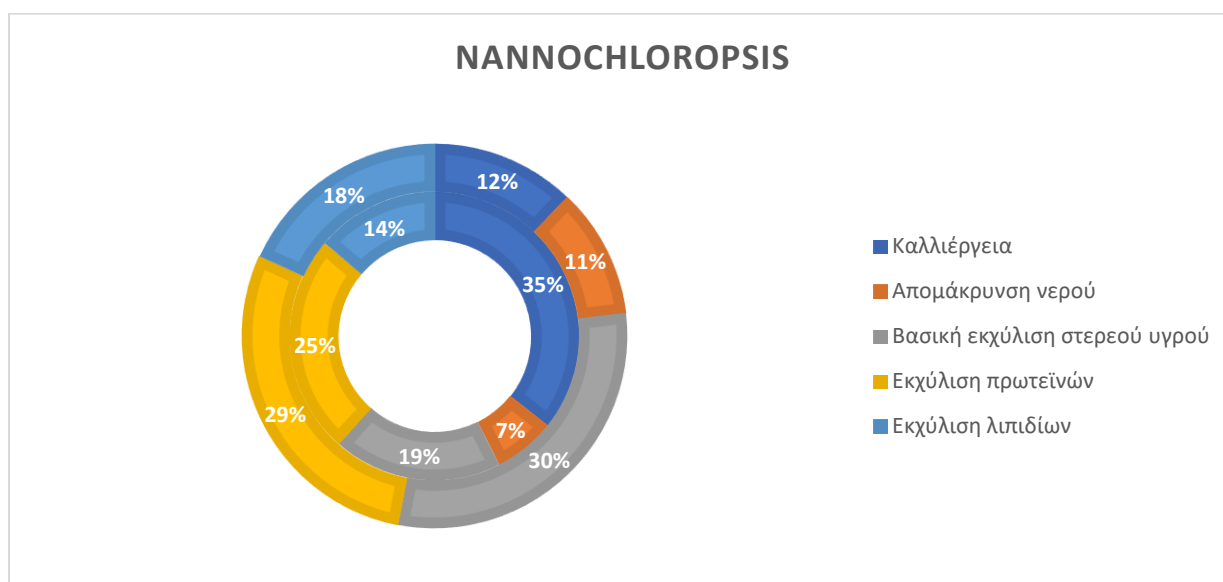
Προχωρώντας στην οικονομική ανάλυση που ακολούθησε μετά τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό, παρουσιάζονται ορισμένα συγκριτικά διαγράμματα. Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται ο καταμερισμός για όλα τα κόστη και η εξέλιξη των τριών σεναρίων. Είναι εμφανές ότι το μεγαλύτερο μερίδιο του παγίου κόστους, όποια κι αν είναι η πρώτη ύλη καταλαμβάνεται από την πρώτη και βασική εκχύλιση στερεού υγρού καθώς αυτή απαιτεί τον μεγαλύτερο όγκο διαλύτη και τις πιο ιδιαίτερες συνθήκες διεξαγωγής, γεγονός που έχει σημαντικές συνέπειες στο κόστος του εξοπλισμού. Αξιοσημείωτο είναι και το μερίδιο της διεργασίας εκχύλισης των πρωτεϊνών μιας και εκεί οι συνθήκες του νερού είναι πολύ απαιτητικές. Η υδρόλυση και η φίλτρηση των πρωτεϊνών αυξάνουν τόσο το κόστος του εξοπλισμού όσο και το λειτουργικό καθώς για την επίτευξή τους απαιτείται πολύ υψηλή πίεση. Η εντονότερη διαφορά μεταξύ των σεναρίων, το αυξημένο κόστος στην καλλιέργεια του *Nannochloropsis*, αποδεικνύεται από το μεγάλο ποσοστό στο αντίστοιχο διάγραμμα, σε σχέση με των άλλων.



Εικόνα 5.1: Καταμερισμός κόστους *Dunaliella* (μέσα πάγιο, έξω λειτουργικό)



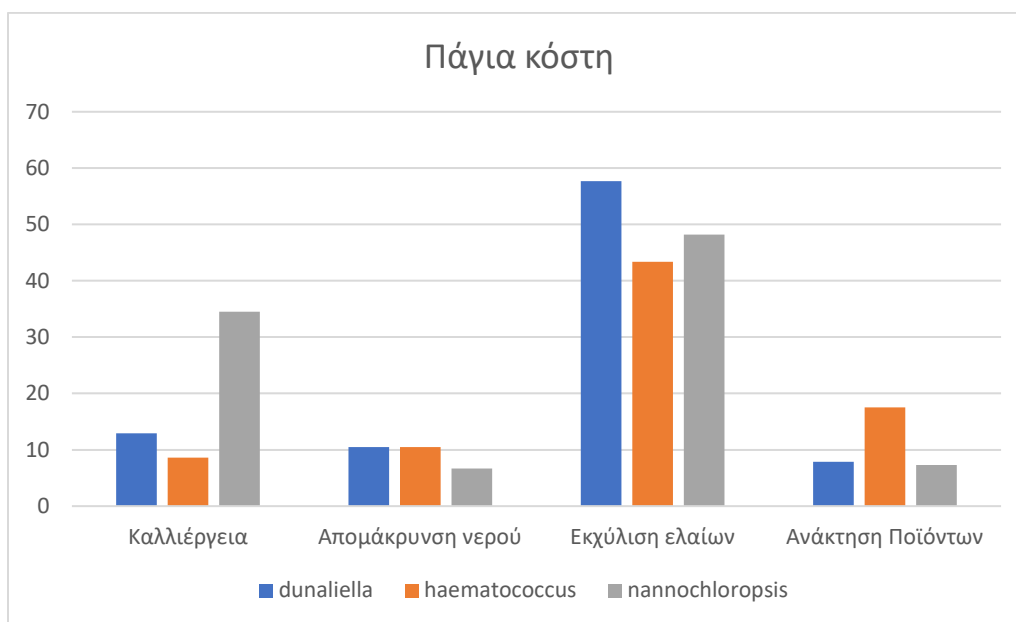
Εικόνα 5.2: Καταμερισμός κόστους *Haematococcus* (μέσα πάγιο, έξω λειτουργικό)



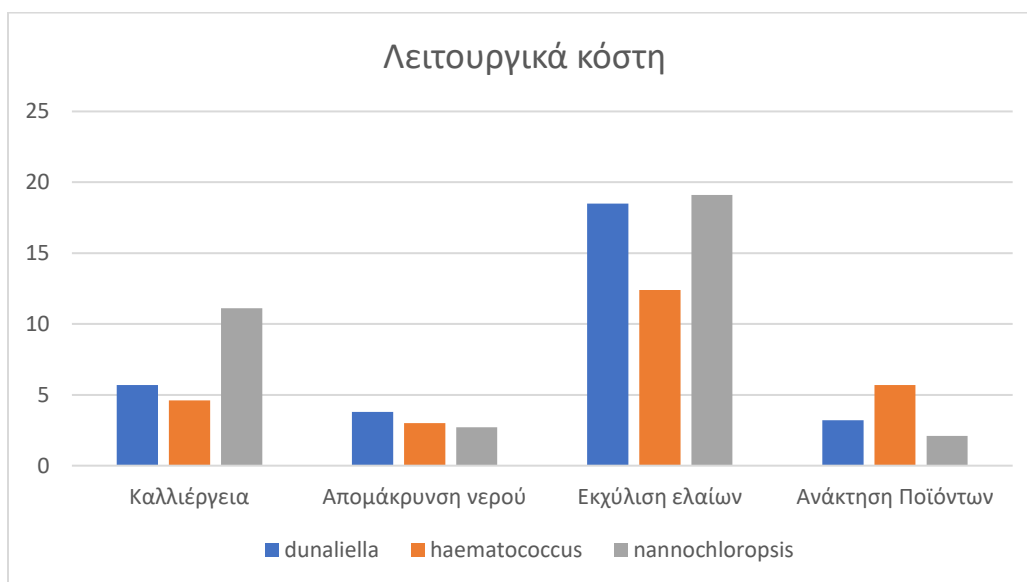
Εικόνα 5.3: Καταμερισμός κόστους *Nannochloropsis* (μέσα πάγιο, έξω λειτουργικό)

Στις εικόνες 5.4 και 5.5, που ακολουθούν, αποτυπώνονται οι διαφορές στα πάγια και τα λειτουργικά κόστη στα τέσσερα βασικά στάδια της μελέτης. Με εξαίρεση την έντονη διαφοροποίηση στα κόστη της καλλιέργειας, τα υπόλοιπα στάδια εμφανίζουν μεγαλύτερη συνάφεια. Το σύνολο του εξοπλισμού, ασχέτως την επιμέρους διεργασίας την οποία επανδρώνει, είναι παραπλήσιο. Οι διαφορές που παρατηρούμε οφείλονται στις συνθήκες που απαιτεί κάθε διεργασία και οι οποίες επηρεάζουν το κόστος του εξοπλισμού. Το θέμα που προκύπτει με την καλλιέργεια οφείλεται στη σύμβαση που κάναμε να θεωρήσουμε ίδια συστήματα. Η ποικιλία *Nannochloropsis* έχει μειωμένη ανάπτυξη στα ανοιχτά

συστήματα που επιλέχθηκαν, με αποτέλεσμα να σχεδιάζονται δεξαμενές με μεγάλη έκταση, ώστε να παράγεται η επιθυμητή ποσότητα βιομάζας. Σε σχέση με τα υπόλοιπα λειτουργικά κόστη η διαφορά που παρουσιάζεται στο τρίτο στάδιο αιτιολογείται από το ότι στο σενάριο του *Haematococcus* δεν περιλαμβάνεται η διεργασία εκχύλισης υγρού υγρού.



Εικόνα 5.4: Σύγκριση παγίου ανά τα τέσσερα βασικά στάδια



Εικόνα 5.5: Σύγκριση λειτουργικού ανά τα τέσσερα βασικά στάδια



Εικόνα 5.6: Συγκριτική απεικόνιση χρηματορορών

Από την αξιολόγηση των επενδύσεων παρατηρούμε ότι τα σενάρια στα οποία πρώτη ύλη είναι η *Dunaliella* και ο *Haematococcus* είναι συγκρίσιμα, εξελίσσονται θετικά και δύναται να επιφέρουν κέρδη πολύ γρήγορα. Αντίθετα, το σενάριο με πρώτη ύλη τη *Nannochloropsis* υστερεί στην κερδοφορία, καθώς έχει πολύ μικρότερα έσοδα. Η εξέλιξη αυτή είναι ένα δείγμα της πολυπλοκότητας του τομέα βιοδυλιστηρίων μικροφυκών. Οι πολυάριθμες εφαρμογές του τομέα σε συνδυασμό με τα περιορισμένα δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν λανθασμένο σχεδιασμό και αρνητικά αποτελέσματα. Ακόμη η επιλογή των προϊόντων απαιτεί προσεκτική αξιολόγηση, διότι αυτά μπορεί να είναι ανεπαρκή, όπως στην περίπτωση της *Nannochloropsis*.

## 5.2. Επικάλυψη σεναρίων

Τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο διαπιστώσαμε πάρα πολλά κοινά σημεία ανάμεσα στα τρία ξεχωριστά σενάρια. Στις τέσσερις από τις οχτώ βασικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στα βιοδυλιστήρια τα σενάρια εμφανίζουν 100% επικάλυψη, ενώ στις υπόλοιπες τέσσερις τουλάχιστον δύο από τα τρία σενάρια εμφανίζουν την αντίστοιχη διεργασία.

Πίνακας 5.5: Επικάλυψη διεργασιών

	<i>Dunaliella</i>	<i>Haematococcus</i>	<i>Nannochloropsis</i>	Ποσοστό επικάλυψης
<b>Καλλιέργεια</b>	✓	✓	✓	100%
<b>Απομάκρυνση νερού</b>				
-Φυγοκέντριση	✓	✓	✓	100%
-Ξήρανση	✓	✓	-	66.66%
<b>Εκχύλιση ελαίων</b>				
-Εκχύλιση στερεού υγρού	✓	✓	✓	100% <sup>6</sup>
-Δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού	✓	✓	✓	100% <sup>7</sup>
-Εκχύλιση υγρού υγρού	✓	-	✓	66.66%
<b>Διεργασίες καθαρισμού</b>				
-Μεμβράνη ultrafiltration	-	✓	✓	66.66%
-Χρωματογραφία HPCCC	✓	✓	-	66.66%
<b>Σύνολο</b>				83.33%

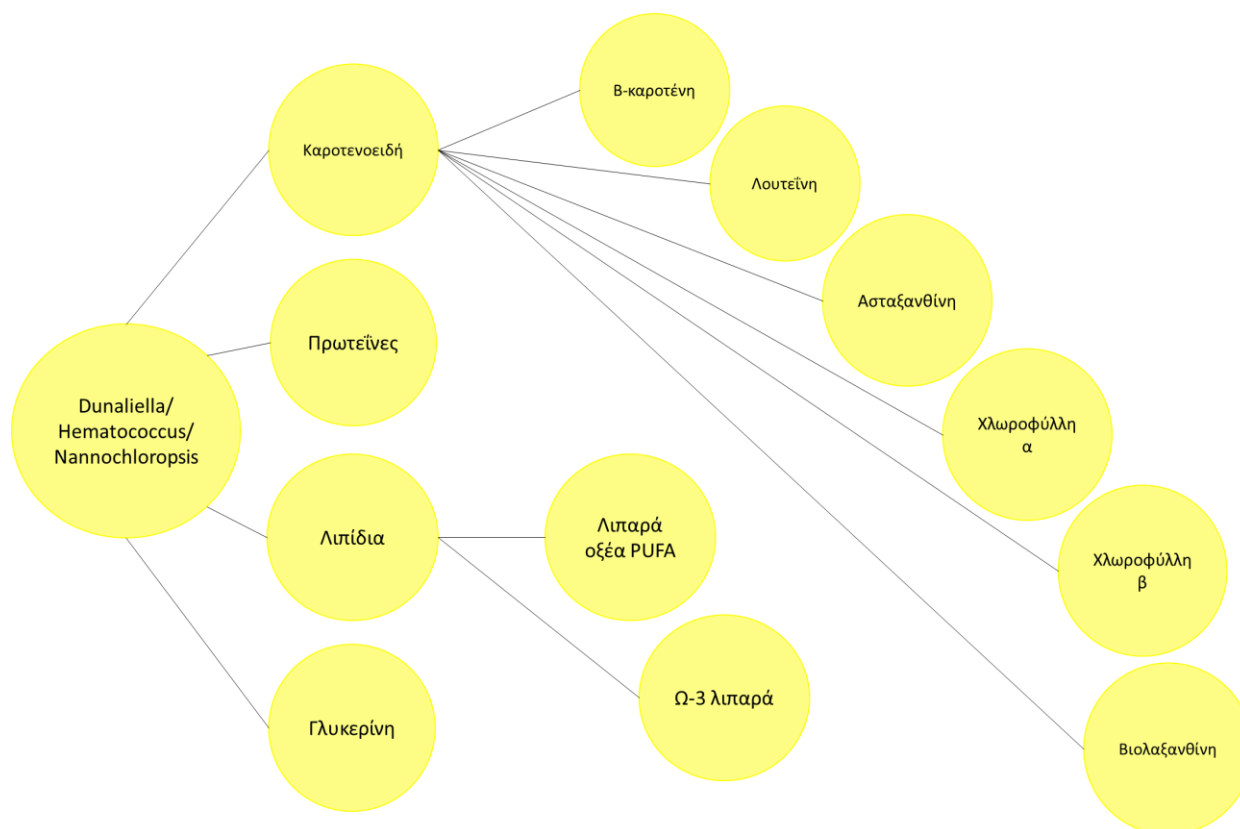
Οι δύο διεργασίες εκχύλισης στερεού υγρού πρέπει να σημειωθεί ότι έχουν αρκετές ποιοτικές διαφορές. Η πρώτη εκχύλιση στερεού υγρού πραγματοποιείται με διαφορετικό διαλύτη και σε διαφορετικές συνθήκες σε κάθε ένα από τα τρία ξεχωριστά σενάρια, συνεπώς απαιτεί αρκετά διαφορετικό εξοπλισμό. Παρά την επιλογή διαφορετικών τεχνικών όμως, η υπερκρίσιμη εκχύλιση με διαλύτη το διοξείδιο του άνθρακα αναφέραμε ότι αποτελεί μια συμβατή και με τα τρία σενάρια μέθοδο. Λαμβάνοντας υπόψιν αυτή την παρατήρηση θεωρούμε την απόλυτη ταύτιση των σεναρίων όσον αφορά το στάδιο της βασικής εκχύλισης στερεού υγρού. Η δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού στην περίπτωση της *Dunaliella* αφορά την παραλαβή της γλυκερίνης, ενώ στα άλλα δύο σενάρια την ανάκτηση του κλάσματος των πρωτεϊνών. Θεωρητικά η διεργασία της εκχύλισης είναι κοινή, όμως το υποκρίσιμο νερό που χρησιμοποιείται στην υδρόλυση των πρωτεϊνών απαιτεί πολύ υψηλή πίεση, συνεπώς τα δύο αυτά συστήματα περιλαμβάνουν επίσης εξοπλισμό που ρυθμίζει την πίεση του ρεύματος του διαλύτη. Επίσης, το σύστημα που αφορά την *Dunaliella* περιλαμβάνει και μία μεμβράνη για την απομάκρυνση των στερεών υπολειμματικών κυττάρων, ώστε να γίνει η τελική απόσταξη της γλυκερίνης. Η δευτερεύουσα εκχύλιση, δηλαδή, δεν μπορεί να υποστηριχτεί από το ίδιο ακριβώς σύστημα. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται προσθήκη εξοπλισμού, ούτως ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η διεργασία.

<sup>6</sup> Ποσοτική επικάλυψη

<sup>7</sup> Ποσοτική επικάλυψη

### 5.3. Το ευέλικτο υπερβιοδιυλιστήριο

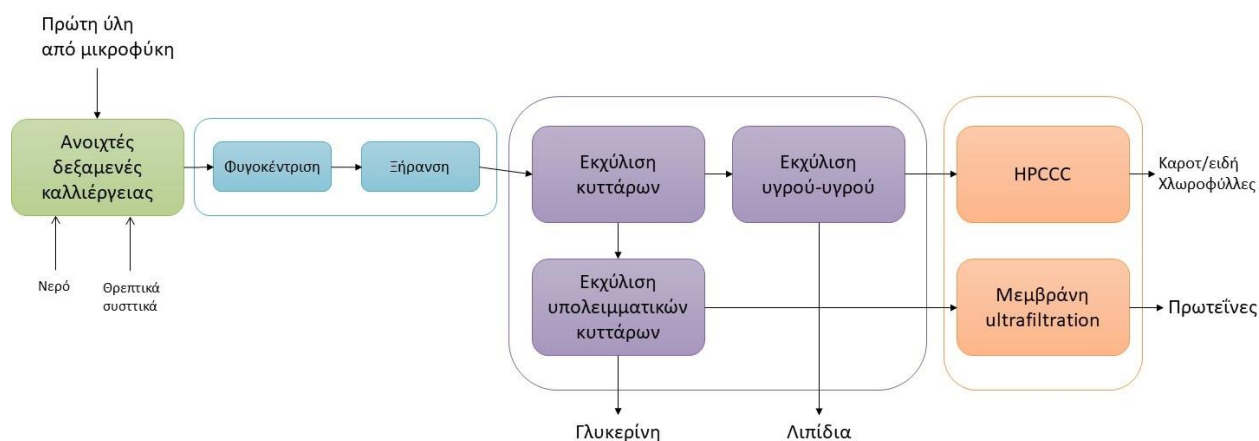
Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να υποθέσουμε τη σύσταση ενός ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου το οποίο θα εναλλάσσει την πρώτη ύλη του ανάμεσα σε *Dunaliella*, *Haematococcus* και *Nannochloropsis*. Το βιοδιυλιστήριο αυτό θα μπορεί να παράγει, φυσικά, όλα τα προϊόντα.



Εικόνα 5.7: Προϊόντα υπερβιοδιυλιστηρίου

Προκειμένου να είναι εφικτό αυτό, η μονάδα πρέπει να διαθέτει όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό, τμήματα του οποίου θα υπολειπτούν κατά περίπτωση. Μέχρι και την πρώτη εκχύλιση στερεού υγρού η μονάδα δουλεύει κανονικά. Στην περίπτωση που το σύστημα μπορεί να υποστηρίξει και διαφορετικούς διαλύτες, τότε, εάν χρησιμοποιηθεί η τεχνική που προτάθηκε για την *Nannochloropsis*, το βήμα της ξήρανσης παραλείπεται. Στις περιπτώσεις επεξεργασίας *Dunaliella* και *Nannochloropsis* τα συστήματα ultrafiltration και χρωματογραφίας HPLC αντίστοιχα θα υπολειπτούν. Το διάγραμμα ροής μιας τέτοιας μονάδας δίνεται στην εικόνα 5.7.



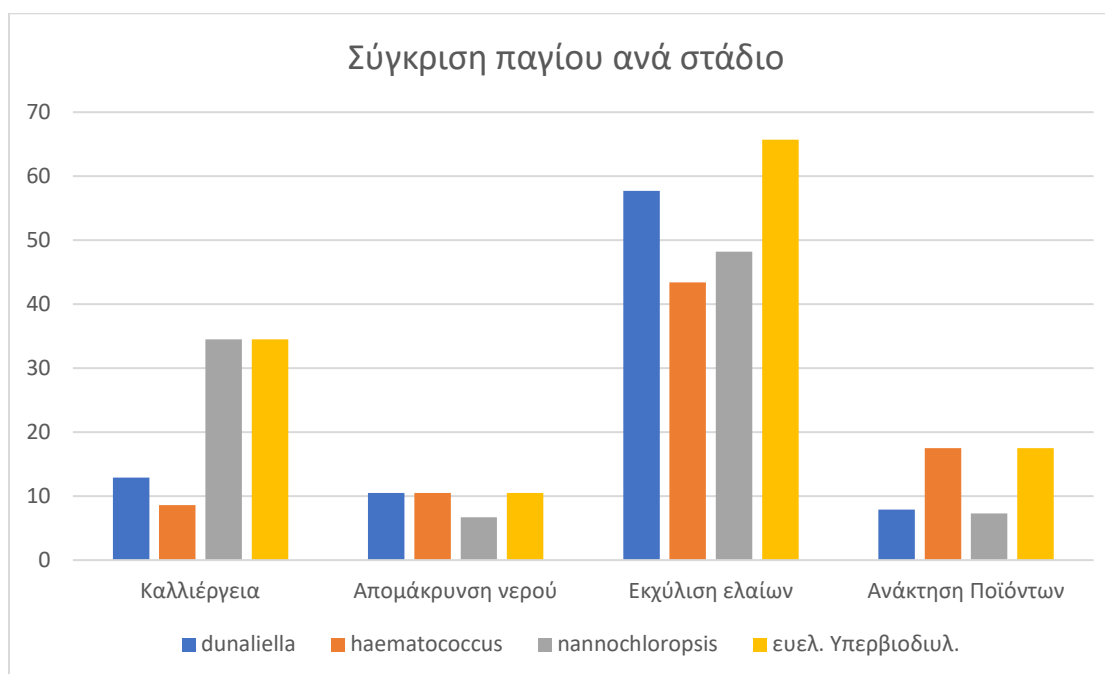


Εικόνα 5.8: Διάγραμμα ροής ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου

Με τα δεδομένα που προέκυψαν στο κεφάλαιο 4 μπορούμε να προβλέψουμε το πάγιο κόστος της παραπάνω μονάδας. Ξεκινώντας από την καλλιέργεια, εφόσον δεν θεωρήσαμε κοινή έκταση στα διαφορετικά σενάρια, θα υποθέσουμε εν προκειμένω τη μέγιστη τιμή για το κόστος της. Σύμφωνα με τα τρία κόστη που υπολογίσαμε, αυτή προκύπτει για την καλλιέργεια της *Nannochloropsis*. Τα μέγιστα κόστη του σταδίου συλλογής συγκομιδής και απομάκρυνσης νερού ήταν ίδια στα δύο από τα τρία σενάρια, επομένως αυτές τις τιμές θα χρησιμοποιήσουμε και σε αυτήν την ενότητα. Όσον αφορά τις εκχυλίσεις λαμβάνονται τα υψηλότερα κόστη που υπολογίζονται. Αυτό στην πρώτη εκχύλιση των κυττάρων μεταφράζεται στο πάγιο κόστος της συνολικής διεργασίας υπερκρίσιμης εκχύλισης, γεγονός που συνάδει με τις αρχικές υποθέσεις μας για την επικάλυψη σε αυτή τη διεργασία. Για τις υπόλοιπες δύο διεργασίες εκχύλισης κρατάμε το μέγιστο κόστος που υπολογίστηκε καθώς αυτό το κόστος αντικατοπτρίζει και τις μέγιστες ενεργειακές απαιτήσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα ώστε να είναι αποδοτικό με όλες τις πρώτες ύλες. Τέλος, σχετικά με τις διεργασίες ανάκτησης τελικών προϊόντων, η μεμβράνη φίλτρασης έχει ίδιο κόστος και για την χρωματογραφία λαμβάνεται το μεγαλύτερο κόστος που συμπεριλαμβάνει τρεις αποστακτικές μονάδες, ώστε να διατηρούμε την μέγιστη δυναμικότητα παραγωγής προϊόντων. Όλα τα κόστη που μόλις υποθέσαμε παρατίθενται στον πίνακα 5.6 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.6: Κόστη ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου

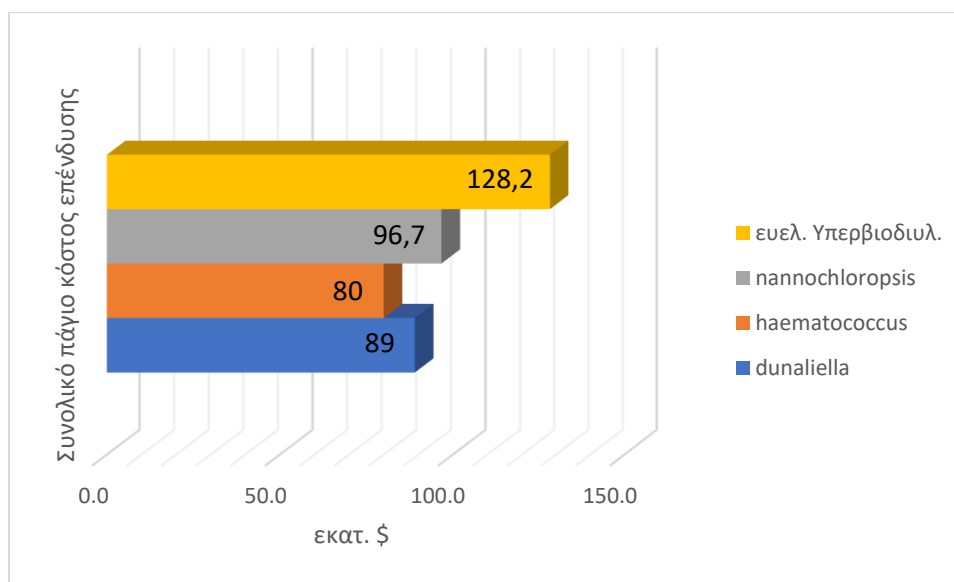
	Πάγιο κόστος (Μ\$)
<b>Καλλιέργεια</b>	<b>34.5</b>
<b>Απομάκρυνση νερού</b>	<b>10.5</b>
-Φυγοκέντριση	6.7
-Ξήρανση	3.8
<b>Εκχύλιση ελαίων</b>	<b>65.7</b>
-Εκχύλιση στερεού υγρού	35.9
-Δευτερεύουσα εκχύλιση στερεού υγρού	16.5
-Εκχύλιση υγρού υγρού	13.3
<b>Διεργασίες καθαρισμού</b>	<b>17.5</b>
-Μεμβράνη ultrafiltration	7.3
-Χρωματογραφία HPCCC	10.2
<b>Σύνολο</b>	<b>128.2</b>



Εικόνα 5.9: Σύγκριση παγίου κόστους τεσσάρων βιοδιυλιστηρίων

Το στάδιο της καλλιέργειας παρουσιάζει ακανόνιστες διαφοροποιήσεις. Η κοστολόγηση δεξαμενών καλλιέργειας είναι αρκετά αντισυμβατική και βασίζεται σε βιβλιογραφικές μελέτες. Επιπλέον απαιτούνται περισσότερα και ακριβή δεδομένα για την εξέλιξη της ανάπτυξης των μικροοργανισμών τα οποία δεν διαθέτουμε. Συνεπώς ο υπολογισμός του κόστους των δεξαμενών γίνεται με πολλές παραδοχές και επομένως σημαντικά περιθώρια σφάλματος. Τα κόστη στα στάδια της απομάκρυνσης του

νερού και της ανάκτησης τελικών προϊόντων προκύπτουν από πολύ συγκεκριμένο εξοπλισμό, σύμφωνα με τις επιλογές που κάναμε στην παρούσα μελέτη. Έτσι, τα σενάρια χαρακτηρίζονται από μεγάλη συμβατότητα. Το πιο περίπλοκο στάδιο είναι αυτό της εκχύλισης των ελαίων από τα κύτταρα του μικροοργανισμού. Η μεγαλύτερη ποικιλία τεχνικών εντοπίζεται σε αυτό το στάδιο. Μάλιστα, οι τεχνικές αυτές είναι τόσο εξειδικευμένες που οι απαιτήσεις τους διαμορφώνουν την πορεία του βιοδιυλιστηρίου από άποψη απόδοσης και από οικονομική σκοπιά.



Εικόνα 5.10: Συνολικό πάγιο κόστος βιοδιυλιστηρίων

Το πάγιο κόστος της μονάδας που επανδρώνει το ευέλικτο βιοδιυλιστήριο προκύπτει, όπως ήταν αναμενόμενο μεγαλύτερο και από τα τρία ποσά που αντιστοιχούν στο κάθε σενάριο. Το κόστος αυτό διαμορφώνεται, λοιπόν στα 128.2 Μ\$. Η διαφορά από το οικονομικότερο εκ των τριών σεναρίων, το οποίο προκύπτει στον Haematococcus, είναι σχεδόν 50 εκατομμύρια. Σε ποσοστά, αυτό μεταφράζεται ως 60% ακριβότερο. Τα άλλα δύο ποσοστά, αντίστοιχα, είναι 44% από την Dunaliella και 32.5% από την Nannochloropsis. Χαρακτηριστικά, για την περίπτωση της Nannochloropsis, να αναφέρουμε ότι επενδύοντας περίπου 30% παραπάνω δύναται να μεταβούμε από ένα σενάριο οριακά μη βιώσιμο σε ένα με πάρα πολλές προοπτικές. Έχοντας ως πρώτη ύλη μόνο την Nannochloropsis, τα προϊόντα που παράγουμε είναι τρία, ενώ το υπερβιοδιυλιστήριο δίνει τη δυνατότητα για τουλάχιστον δέκα προϊόντα.

Η χρηματική διαφορά για τη μετάβαση από οποιοδήποτε ξεχωριστό βιοδιυλιστήριο στο υπερβιοδιυλιστήριο δεν είναι αμελητέα, ωστόσο οι δυνατότητες που προσφέρει το ευέλικτο βιοδιυλιστήριο σε σχέση με τα υπόλοιπα είναι πολύ περισσότερες. Η δυναμική του σε παραγόμενα προϊόντα είναι υπερδιπλάσια από όλα τα μεμονωμένα σενάρια και ο εξοπλισμός του μπορεί να υποστηρίξει πολλές παραπάνω διεργασίες, και ακόμα περισσότερα προϊόντα. Συμπερασματικά, λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι επενδύοντας ίσως 20-25% παραπάνω μπορεί να αναβαθμιστεί μια μονάδα, ώστε να επιτυγχάνει μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα και η επένδυση να έχει καλύτερη και μακροχρόνια απόδοση.

## 6. Συμπεράσματα

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η προοπτική του ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου συνιστά ένα ενδεχόμενο με εξαιρετικό ενδιαφέρον, καθώς απαντά σε πολλές προκλήσεις του τομέα. Με στόχο τη βιωσιμότητα και την σταθερότητα οι προκλήσεις μπορούν να γίνουν ευκαιρίες. Το γενικό συμπέρασμα που απορρέει είναι ότι τα βιοδιυλιστήρια εναλλακτικών πρώτων υλών αποτελούν ένα πεδίο με πολλές ανοιχτές προοπτικές και χώρο για σημαντική περαιτέρω έρευνα.

## 6.1. Συμπεράσματα

Τα βιοδιυλιστήρια τρίτης γενιάς αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη εξέλιξη. Το γεγονός ότι οι πρώτες ύλες τους δεν ανταγωνίζονται τον τομέα των τροφίμων αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα. Συγκεκριμένα, τα μικροφύκη ως πρώτη ύλη παρουσιάζουν πολυάριθμα θετικά χαρακτηριστικά. Έχουν υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης και μεγάλη ανθεκτικότητα. Επίσης καταναλώνουν διοξείδιο του άνθρακα που είναι πολύ σημαντικό από περιβαλλοντικής σκοπιάς.

Η μεγάλη ποικιλία των μικροφυκών προσφέρεται για εξίσου μεγάλη γκάμα υποψήφιων προϊόντων. Τα περισσότερα προϊόντα είναι ουσίες με εξειδικευμένη ζήτηση και αξιοσημείωτη εμπορική αξία λόγω της φυσικής τους προέλευσης. Ωστόσο η αγορά τους είναι ιδιαίτερα ρευστή. Αυτό συνιστά μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην προσπάθεια για επίτευξη βιωσιμότητας και σταθερότητας. Επίσης, όσο περισσότερα είναι τα πιθανά προϊόντα τόσο πιο πολύπλοκη γίνεται η επιλογή των κατάλληλων διεργασιών και η διεξαγωγή τους με σωστή προτεραιότητα. Ο τομέας των βιοδιυλιστηρίων μικροφυκών αναπτύσσεται συνεχώς και εμπλουτίζεται με καινοτόμες διεργασίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σημαντική έλλειψη δεδομένων και μεγάλη δυσκολία στην πρόβλεψη του κόστους.

Το ευέλικτο βιοδιυλιστήριο είναι μια νέα μορφή που δύναται να δώσει λύσεις στις δυσκολίες που αντιμετωπίζει ο τομέας. Συγκεκριμένα, ένα ευέλικτο βιοδιυλιστήριο προσφέρει τη δυνατότητα επεξεργασίας, περισσότερων από μιας, πρώτες ύλες. Έτσι αυξάνει την δυναμική του καθώς παράγει περισσότερα προϊόντα και ρυθμίζει την παραγωγή ώστε να ανταποκρίνεται στις συνθήκες που ορίζει η αγορά. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για τη μελέτη της σύστασης ενός τέτοιου βιοδιυλιστηρίου είχε θετικά αποτελέσματα. Στα βιοδιυλιστήρια που σχεδιάστηκαν, οι τέσσερις από τις οχτώ βασικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα εμφανίζουν 100% επικάλυψη, ενώ για τις υπόλοιπες τέσσερις, τουλάχιστον δύο από τα τρία σενάρια εμπεριέχουν την αντίστοιχη διεργασία. Ποσοτικά η επικάλυψη υπολογίζεται στο 83,33%. Ποιοτικά, δύο από τις οχτώ διεργασίες έχουν σημαντικές διαφορές, οι οποίες όμως, δεν είναι αδύνατο να ξεπεραστούν.

Τα συμπεράσματα από την τεχνοοικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική είναι αρκετά. Εκ πρώτης όψεως, η βιωσιμότητα και η υψηλή κερδοφορία των βιοδιυλιστηρίων μικροφυκών επιβεβαιώνεται σε μεγάλο βαθμό. Η επιλογή των προϊόντων στις δύο πρώτες περιπτώσεις επιφέρει άμεση και υψηλή κερδοφορία. Ωστόσο, τα αποτελέσματα για το μικροφύκος *Nannochloropsis* έχουν ορισμένες ανατροπές. Η πιο ξεκάθαρη είναι ότι η επιλογή των ανοιχτών δεξαμενών δεν είναι η ιδανικότερη για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου μικροφύκου. Βασικότερο θέμα όμως συντελούν τα προϊόντα, τα οποία δεν επαρκούν για να επιφέρουν μεγάλα έσοδα. Η έκβαση αυτή επιβεβαιώνει τους προβληματισμούς σχετικά με την πολυπλοκότητα και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα βιοδιυλιστήρια.

Προχωρώντας στην συγκριτική ανάλυση βλέπουμε περισσότερα κοινά σημεία, παρά την διαφοροποίηση στην απόδοση των επενδύσεων. Τα προϊόντα ανήκουν σε συγγενείς κατηγορίες, που σημαίνει ότι η παραγωγή τους μπορεί να υποστηριχθεί από την ίδια μονάδα. Η κατανομή του κόστους της κάθε διεργασίας στο συνολικό, είναι παρόμοια. Η πιο έντονη διαφοροποίηση παρατηρείται στο κομμάτι της καλλιέργειας. Γενικά, το στάδιο της καλλιέργειας απαιτεί περισσότερα και ακριβή δεδομένα για την εξέλιξη της ανάπτυξης των μικροοργανισμών τα οποία δεν διαθέτουμε, συνεπώς τα κόστη που αφορούν τις δεξαμενές ενέχουν σημαντικά περιθώρια σφάλματος. Όσον αφορά τις υπόλοιπες διεργασίες, οι εκχυλίσσεις στερεού-υγρού, σε όλες τις περιπτώσεις, καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του κόστους.

Λογικό και αναμενόμενο καθώς αυτές οι διεργασίες πραγματοποιούνται υπό ιδιαίτερες και σταθερές συνθήκες. Αυτό οδηγεί σε αυξημένα κατασκευαστικά κόστη που να ανταποκρίνονται στις απαιτούμενες συνθήκες, αλλά και σε αυξημένα ενεργειακά. Επίσης απαιτούν τις μεγαλύτερες ποσότητες διαλύτες σε σχέση και με τις υπόλοιπες εκχυλίσσεις υγρού-υγρού. Τα στάδια της απομάκρυνσης του νερού και της ανάκτησης τελικών προϊόντων αποτελούνται από λιγότερο πολύπλοκες διεργασίες και δεν παρουσιάζουν έντονες ανατροπές.

Το ευέλικτο βιοδιυλιστήριο, που μπορεί να συνδυάσει τις δυνατότητες των τριών διακριτών που μελετήθηκαν, προβλέπεται να έχει πάγιο κόστος 128.2M\$. Το κόστος αυτό ξεπερνά, κατά μέσω όρο 45%, το κόστος των ξεχωριστών βιοδιυλιστηρίων. Σε αυτά, όμως, παράγουμε 3 ή 4 προϊόντα, ενώ στο υπερβιοδιυλιστήριο δύναται να παράγονται τουλάχιστον 10. Συμπερασματικά, λοιπόν, επενδύοντας λίγο παραπάνω αυξάνονται οι δυνατότητες μιας μονάδας, ενώ επενδύοντας λίγο περισσότερο προσεγγίζεται το ευέλικτο υπερβιοδιυλιστήριο, το οποίο μπορεί να υλοποιεί και να εναλλάσσει ποικίλες γραμμές παραγωγής προϊόντων. Έτσι, επιτυγχάνεται η ικανότητα προσαρμογής του στις εκάστοτε συνθήκες της αγοράς και η μακροπρόθεσμη σταθερότητα.

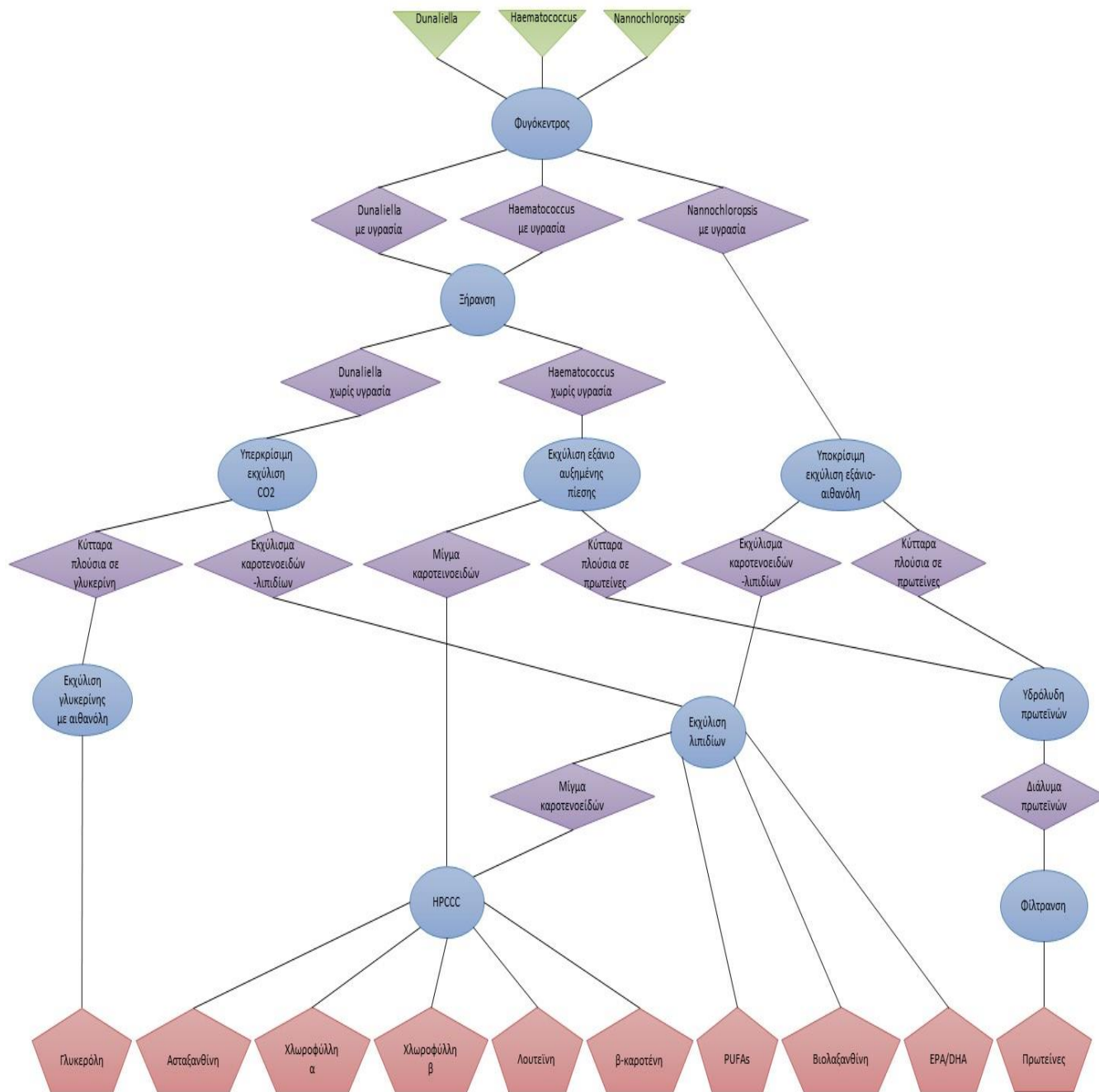
## 6.2. Συζήτηση και προοπτικές

Η πλειοψηφία των διεργασιών που παρουσιάστηκαν είναι νεοεισαχθείσες στον τομέα των μικροφυκών. Η ανάγκη για περισσότερα δεδομένα τα οποία θα επιφέρουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην εφαρμογή τους είναι επιτακτική. Εκτός του ότι οι συνθήκες διεξαγωγής κάθε διεργασίας μεταβάλλουν την απόδοσή της, η έκβαση της κάθε μιας επηρεάζει τις επόμενες και το τελικό αποτέλεσμα της συνολικής διεργασίας. Η χρήση μιας μεθόδου, όπως αναφέρθηκε για την περίπτωση της εκχύλισης με υποκρίσιμο νερό, μπορεί να ενισχύσει την απόδοση μιας άλλης. Η περαιτέρω έρευνα, λοιπόν, σχετικά με τις διεργασίες μπορεί να συμβάλλει σε καλύτερο και πιο επιτυχημένο σχεδιασμό.

Οι γνώσεις που διαθέτουμε για τα μικροφύκη είναι λίγες μπροστά στο τεράστιο εύρος τους. Τα μικροφύκη είναι ζωντανοί οργανισμοί οι οποίοι αντιδρούν και επιβιώνουν ανταποκρινόμενοι στις συνθήκες ανάπτυξής τους. Διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, έλλειψη ή υπερπροσφορά κάποιου θρεπτικού συστατικού οδηγούν σε εντελώς διαφορετική βιοχημική σύσταση, άρα και διαφοροποιημένη γκάμα προϊόντων. Υπάρχουν, επίσης, πολλές χιλιάδες είδη τα οποία δεν έχουν καταγραφεί ακόμη και οι δυνατότητές τους είναι άγνωστες. Η εξέλιξη του τομέα των μικροφυκών δύναται να φέρει στην επιφάνεια νέους ορίζοντες για τον τομέα των βιοδιυλιστηρίων.

Όσον αφορά την ενδεχόμενη σύσταση ενός ευέλικτου βιοδιυλιστηρίου, αυτό που καταφέραμε είναι ο θεωρητικός σχεδιασμός του. Κάτι που δεν δύναται, ωστόσο, να προβλέψουμε είναι η πραγματική λειτουργία ενός τέτοιου βιοδιυλιστηρίου. Η πρόβλεψη αυτή απαιτεί πολλά δεδομένα σχετικά με την εποχιακή ανάπτυξη των μικροοργανισμών στις καλλιέργειες, τις τιμές όλων των υλικών (ενδιάμεσων και τελικών) και το πώς διαμορφώνονται, ή ακόμα και χαρακτηριστικά των διεργασιών. Τα δεδομένα αυτά με την βοήθεια κατάλληλου μαθηματικού μοντέλου θα μπορέσουν να δώσουν περισσότερες απαντήσεις. Στην εικόνα 5.8 παρουσιάζεται μια υπερδομή, με βάση το υλικό της παρούσας διπλωματικής, που περιλαμβάνει όλες τις πρώτες ύλες, τα ενδιάμεσα και τα τελικά προϊόντα, τις διεργασίες και τα “μονοπάτια” μεταξύ τους. Η έννοια της υπερδομής περιλαμβάνει ένα δίκτυο όλων των διεργασιών που συναντώνται σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο βιοδιυλιστήριο. Με τη χρήση, λοιπόν, μοντέλου βελτιστοποίησης δύναται να εντοπιστούν οι πιο κερδοφόρες λύσεις και να γίνει καλύτερη πρόβλεψη της

λειτουργίας τους. Η ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου συνιστά χρήσιμο και ενδιαφέρον πεδίο για περαιτέρω μελέτη.



Εικόνα 6.1: Υπερδομή (superstructure)

# Βιβλιογραφία

1. *Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries*. Ed de Jong, Gerfried Jungmeier. s.l. : Elsevier B.V., 2015.
2. *The Future of Industrial Biorefineries*. s.l. : World Economic forum, 2010.
3. Acien et al. . *Photobioreactors for the production of microalgae*. 2013.
4. Ryan Davis, Mary Bidy, Susanne Jones. *Algal Lipid Extraction and Upgrading to Hydrocarbons Technology Pathway*. 2013.
5. *Exploitation of oil-bearing microalgae for biodiesel*. Song D, Fu J, Shi D. 2008.
6. *Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review*. Sun Y, Cheng J. 2002.
7. *Ethanol production from carbon dioxide by fermentative microalgae*. Hirayama S, Ueda R, Ogushi Y, Hirano A, Samejima Y, Hon-Nami K, Kunito S. 1998.
8. *Evaluation of marine algae as a source of biogas in a two-stage anaerobic reactor system*. Vergara-Fernandez A, Vargas G, Alarcon N, Velasco A. . 2008.
9. *An overview: biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture*. Zahira Yaakob, Ehsan Ali, Afifi Zainal, Masita Mohamad, Mohd Sobri Takriff. 2014.
10. *Chlorophyll rich and salt resistant chlorella*. . Nakanishi K. . 2001.
11. *Commercial Applications of Microalgae*. Pauline Spolaore, Claire Joannis-Cassan, Elie Duran, Arsène Isambert. 2005.
12. *Microalgae - commercial potential for fuel, food and feed*. Milledge, J. 2012.
13. *Microalgal biofactories: a promising approach towards sustainable omega-3 fatty acid production*. T. Catalina Adarme-Vega, David K Y Lim, Matthew Timmins, Felicitas Vernen, Yan Li, Peer M Schenk. 2012.
14. Miner C.S., Dalton N.N. *Glycerine*. New York : Rheinhold, 1990.
15. Jasvinder Singh, Rakesh Chandra Saxena. An introduction to microalgae: Diversity and Significance. *Handbook of marine microalgae - Biotechnology Advantages*.
16. *Open Pond Culture Systems*. Michael A. Borowitzka , Navid Reza Moheimani. 2012.
17. *Recent trends in the mass cultivation of algae in raceway ponds*. Kanhaiya Kumar, Sanjiv K. Mishra, Anupama Shrivastav, Min S. Park, Ji-Won Yang . 2015, Renewable and Sustainable Energy Reviews 51, σσ. 875-885.



18. Wolkers H., Barbosa M., Kleinegris D., Bosma R., Wijffels R.H. *Microalgae: the green gold of the future? Large-scale sustainable cultivation of microalgae for the production of bulk commodities*. . s.l. : Wageningen University, 2012.
19.  
[http://www.nanovoltaics.com/sites/default/files/styles/large/public/column\\_reactor\\_0.png?itok=trKCFjJj](http://www.nanovoltaics.com/sites/default/files/styles/large/public/column_reactor_0.png?itok=trKCFjJj).
20. Andersen, Robert A. *Algal Culturing Techniques*. 2005.
21. Manjinder Singh, Rekha Shukla, Keshav Das. Harvesting of Microalgal Biomass. *Biotechnological Applications of Microalgae*. s.l. : College of Engineering, The University of Georgia, Athens, Georgia.
22. *Separation of astaxanthin from red yeast Phaffia rhodozyma by supercritical carbon dioxide extraction*, *Biochemical Engineering Journal*. Lim, G. B., Lee, S. Y., Lee, E. K., Haam, S. J., Kim, W. S. 11, 2002. 181–187.
23. *Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies — a practical review*. Qingyong Lang. Author links open the author workspace.Chien M. Wai. Author links open the author workspace. 2001.
24. *Comparison of supercritical fluid and ultrasound-assisted extraction of carotenoids and chlorophyll a from Dunaliella salina*. M.D. Macías-Sánchez, C. Mantell, M. Rodríguez, E. Martínez de la Ossa, L.M. Lubián, O. Montero. 2009.
25. *Pressurized liquids as an alternative process to antioxidant carotenoids' extraction from Haematococcus pluvialis microalgae*. Laura Jaime, Irene Rodriguez-Meizoso, Alejandro Cifuentes, Susana Santoyo, Sonia Suarez, Elena Ibanez, Francisco Javier Senorans . 2010.
26. *Subcritical co-solvents extraction of lipid from wet Nannochloropsis sp.* Min Chen, Tianzhong Liu, Xiaolin Chen, Lin Chen, Wei Zhang, Junfeng Wang, Lili Gao, Yu Chen, Xiaowei Peng. 2012.
27. *Hydrothermal reactions of alanine and glycine in sub- and supercritical water*. D. Klingler, J. Berg, H. Vogel . 2007.
28. *Flash hydrolysis of microalgae (Scenedesmus sp.) for protein extraction and production of biofuels intermediates*. Jose Luis Garcia-Moscoso, Wassim Obeid, Sandeep Kumar, Patrick G. Hatcher. 2013, *Journal of Supercritical fluids* 82, σσ. 183-190.
29. Peng Wu, Masanao Imai. Novel Biopolymer Composite Membrane Involved with Selective Mass Transfer and Excellent Water Permeability. [συγγρ. βιβλίου] Prof. Robert Y. Ning (Ed.). *Advancing Desalination*. 2012.
30. White, Lloyd S. Development of large-scale applications in organic solvent nanofiltration and pervaporation for chemical and refining processes. *Journal of Membrane Science* 286. 2006.
31. *Molecular Separation with Organic Solvent Nanofiltration: A Critical review*. Patrizia Marchetti, Maria F. Jimenez Solomon, Gyorgy Szekely, and Andrew G. Livingston.
32. *Solvent Selection in Countercurrent Chromatography (CCC)*. Brent Friesen, Guido Pauli. Chicago IL : s.n.

33. *A hundred years of Dunaliella research: 1905–2005*. Oren, Aharon. 2005.
34. [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Dunaliella\\_salina#References](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Dunaliella_salina#References). [Ηλεκτρονικό]
35. *Production of Lipids Rich in Omega 3 Fatty Acids from the Halotolerant Alga Dunaliella salina*. Hanaa H. Abd El-Baky, Farouk K. El Baz, Gamal S. El-Baroty. 2004.
36. *Dunaliella biotechnology: methods and applications*. A. Hosseini Tafreshi, M. Shariati. 2009, Journal of Applied Microbiology.
37. —.A. Hosseini Tafreshi, M. Shariati. 2009.
38. *Equilibrium solubilities of b-carotene in supercritical carbon dioxide*. MIRIAM L. CYGNAROWICZ, ROBERT J. MAXWELL, WARREN D. SEIDER. 1990, Fluid Phase Equilibria, 59, σσ. 57-71.
39. *Algal Lipid Extraction and Upgrading to Hydrocarbons Technology Pathway*. Ryan Davis, Mary Biddy, Susanne Jones.
40. *Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae*. Jae-Yon Lee, Chan Yoo, So-Young Jun, Chi-Yong Ahn, Hee-Mock Oh. 2010, Bioresource Technology 101, σσ. 575-577.
41. M. Zhu, P.P. Zhou, L.J. Yu. Extraction of lipids from *Mortierella alpina* and enrichment of arachidonic acid from the fungal lipids. *Bioresource Technology*. 2002, 84.
42. *Intracellular glycerol in Dunaliella is depleted by intracellular Metabolism in response to hypoosmotic stress by dilution*. Goyal, Arun. 1989.
43. *Osmoregulation in Dunaliella, Part II: Photosynthesis and starch contribute carbon for glycerol synthesis during a salt stress in Dunaliella tertiolecta*. Goyal, Arun. 2007.
44. *Evaluation of different cell disruption processes on encysted cells of Haematococcus pluvialis: effects on astaxanthin recovery and implications for bio-availability*. M.M. Mendes-PintoM.F.J. RaposoJ. BowenA.J. YoungR. Morais. 1, 2001, Τόμ. 13.
45. *Astaxanthin-Producing Green Microalga Haematococcus pluvialis: From Single Cell to High Value Commercial Products*. Md. Mahfuzur R. Shah, Yuanmei Liang, Jay J. Cheng, Maurycy Daroch. 2016.
46. *Commercial astaxanthin production derived by green alga Haematococcus pluvialis: A microalgae process model and a techno-economic assessment all through production line*. G. Panis, J. Rosales Carreon. 2016.
47. Christien Enzing, Matthias Ploeg, Maria Barbosa, Lolke Sijtsma. *Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe*. s.l. : 2014.
48. *Impact of astaxanthin-enriched algal powder of Haematococcus pluvialis on memory improvement in BALB/c mice*. X. Zhang, L. Pan, X. Wei, H. Gao, J. Liu. 2007.
49. *Influence of environmental and nutritional factors in the production of astaxanthin from Haematococcus pluvialis q*. 2004.

50. *Cell-wall disruption and lipid/astaxanthin extraction from microalgae: Chlorella and Haematococcus*. Dong-Yeon Kim, Durairaj Vijayan, Ramasamy Praveenkumar, Jong-In Han, Kyubock Lee, Ji-Yeon Park, Won-Seok Chang, Jin-Suk Lee, You-Kwan Oh. 2016.
51. *Microalgae for oil: strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low-cost photobioreactor*. Rodolfi L, Chini Zittelli G, Bassi N, Padovani G, Biondi N, Bonini G, Tredici MR. 2009.
52. *Radiation and optical properties of Nannochloropsis oculata grown under different irradiances and spectra*. Razmig Kandilian, Euntaek Lee, Laurent Pilon. 2013.
53. *Nannochloropsis gaditana sp. nov., una nueva Eustigmatophyceae marina*. Lubián, Luis María. 1982.
54. *Large-scale biodiesel production using microalgae biomass of Nannochloropsis*. Nasrin Moazami, Alireza Ashori, Reza Ranjbar, Mehrnoush Tangestani, Roghieh Eghtesadi, Ali Sheykhi Nejad. 2012, Biomass and Bioenergy, σσ. 449-453.
55. Smith, Robin. *Chemical Process Design and Integration*.
56. Brown, Thane. *Engineering Economics and economic design for process engineers*. 2006.
57. *The BREW Project*. Utrecht : s.n., September 2006.
58. *The Biotechnology of Cultivating Dunaliella for production of b-carotene rich algae*. Ben-Amotz, Ami. 1991, Bioresource Technology 38 , σσ. 233-235.
59. *Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products*. Liam Brennan, Philip Owende. 2010, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, σσ. 557-577.
60. *A Comparison of Nannochloropsis salina Growth Performance in Two Outdoor Pond Designs: Conventional Raceways versus the ARID Pond with Superior Temperature Management*. Braden Crowe, Said Attalah, Shweta Agrawal, Peter Waller, Randy Ryan, Jon Van Wagenen, Aaron Chavis, John Kyndt, Murat Kacira, Kim L. Ogden, and Michael Huesemann. 2012, International Journal of Chemical Engineering.
61. *High-value products from microalgae—their development and commercialisation*. Borowitzka, Michael A. 2013.
62. *Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes*. Borowitzka, Michael A. 1999.
63. *Accumulation of b-carotene in halotolerant algae: Purification and characterization of b-carotene-rich globules of Dunaliella Bardawil*. Ben-Amotz, Ami. 1982.
64. *Selective extraction of astaxanthin and chlorophyll from the green alga Haematococcus Pluvialis*. M. Kobayashi, Y. Kurimura, Y. Sakamoto, Y. Tsuji. 1997.
65. *Antioxidant activity of some Moroccan marine microalgae: Pufa profiles, carotenoids and phenolic content*. Amal Maadane, Nawal Merghoub, Tarik Ainane, Hicham El Arroussi, Redouane Benhima, Saaid Amzazi, Youssef Bakri, Imane Wahby. 2015, Journal of Biotechnology 215, σσ. 13-19.

66. *Effect of Salt Concentration on Intracellular Accumulation of Lipids and Triacylglyceride in Marine Microalgae Dunaliella Cells*. Mutsumi Takagi, Karseno, Toshiomi Yoshida. 2006, JOURNAL OF BIOSCIENCE AND BIOENGINEERING.
67. *Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of carotenoids and other lipids from Chlorella vulgaris*. Rui L. Mendes, Helena L. Fernandes, Jose P. Coelbo, Elsa C. Reis, Joaquim M. S. Cabral, Julio M. Novais, Antonio F. Palavra. 1995, Food chemistry 53, σσ. 99-103.
68. *Spray-Drying of the Microalga Dunaliella salina: Effects on b-carotene content and isomer composition*. Sandra Orset, Gareth C. Leach, Rui Morais, and Andrew J. Young. 1999, Journal of Agricultural and Food Chemistry, σ. 4782–4790.
69. *Commercial production of astaxanthin from Haematococcus pluvialis using 25,000-liter outdoor photobioreactors*. Olaizola, Miguel. 2000, Journal of Applied Phycology, 12, σσ. 499-506.
70. *Purification of trans-astaxanthin from a high-yielding astaxanthin ester-producing strain of the microalga Haematococcus pluvialis*. Jian-Ping Yuan, Feng Chen. 2000, Food Chemistry 68, σσ. 443-448.
71. *Chlorophyll Extraction from Microalgae: A Review on the Process Engineering Aspects*. Aris Hosikian, Su Lim, Ronald Halim, Michael K. Danquah. 2010.
72. *Haematococcus pluvialis soluble proteins: Extraction, characterization, concentration/fractionation and emulsifying properties*. Fatou Ba, Alina Violeta Ursu, Céline Laroche, Gholamreza Djelveh. 2016.
73. *SEPARATION AND IDENTIFICATION OF ASTAXANTHIN ESTERS AND CHLOROPHYLLS IN HAEMATOCOCCUS LACUSTRIS BY HPLC*. Jian-Ping Yuan, Xian-Di Gong, Feng Chen. 1996, BIOTECHNOLOGY TECHNIQUES, σσ. 655-660.
74. *The cell composition of Nannochloropsis sp. changes under different irradiances in semicontinuous culture*. Jaime Fabregas, Ana Maseda, Adolfo Dominguez, Ana Otero. 2004, World Journal of Microbiology & Biotechnology.
75. *Biochemical quality of marine unicellular algae with special emphasis on lipid composition. II. Nannochloropsis sp.* Assaf Sukenik, Odi Zmorab, Yael Carmeli. 1993.
76. *Net energy analysis of the production of biodiesel and biogas from the microalgae: Haematococcus pluvialis and Nannochloropsis*. Luis F. Razon, Raymond R. Tan. 2011, Applied Energy 88, σσ. 3507-3514.
77. *The effect of light, salinity, and nitrogen availability on lipid production by Nannochloropsis sp.* Dipasmita Pal, Inna Khozin-Goldberg, Zvi Cohen, Sammy Boussiba. 2011.
78. *Comparative energy life-cycle analyses of microalgal biomass production in open ponds and photobioreactors*. Orlando Jorquera, Asher Kiperstok, Emerson A. Sales, Marcelo Embiruçu, Maria L. Ghirardi. 2010, Bioresource Technology 101, σσ. 1406-1413.
79. *Lipid Production from Nannochloropsis*. Xiao-Nian Ma, Tian-Peng Chen, Bo Yang, Jin Liu, Feng Chen. 2015.
80. *Hydrothermal liquefaction of Spirulina and Nannochloropsis salina under subcritical and supercritical water conditions*. Saqib S. Toor a, Harvind Reddy, Shuguang Deng, Jessica Hoffmann, Dorte

Spangsmark, Linda B. Madsen, Jens Bo Holm-Nielsen, Lasse A. Rosendahl. 2013, *Bioresource Technology* 131, σσ. 413-416.

81. *Optimizing protein isolation from defatted and non-defatted Nannochloropsis microalgae biomass.* Jose A. Gerde 1, Tong Wang, Linxing Yao, Stephanie Jung, Lawrence A. Johnson, Buddhi Lamsal. 2013, *Algal Research* 2, σσ. 145-153.

82. *Lipid extraction methods from microalgae: a comprehensive review.* Ramanathan Ranjith Kumar, Polur Hanumantha Rao, Muthu Arumugam. 2015.

83. *Progress on lipid extraction from wet algal biomass for biodiesel production.* Forough Ghasemi Naghdi, Lina M Gonzalez Gonzalez, William Chan, Peer M Schenk . 2016.

84. *Techno-economical evaluation of protein extraction for microalgae biorefinery.* Y. W. Sari, J. P. M. Sanders, M. E. Bruins. 2016.

85. *Micro-algae as a source of protein.* Becker, E.W. 2007, *Biotechnology Advances*, σσ. 207-210.

86. *An evaluation of methods for extraction and quantification of protein from marine macro- and microalgae.* Elisabete Barbarino, Sergio O. Lourenco. 2005.

87. *Enzyme assisted protein extraction from rapeseed, soybean, and microalgae meals.* Yessie W. Sari, Marieke E. Bruins, Johan P.M. Sanders. 2013, *Industrial Crops and Products* 43, σσ. 78-83.

88. *Aqueous extraction of proteins from microalgae: Effect of different cell disruption methods.* Carl Safi, Alina Violeta Ursu, Céline Laroche, Bachar Zebib, Othmane Merah, Pierre-Yves Pontalier, Carlos Vaca-Garcia. 2014, *Algal Research* 3, σσ. 61-65.

89. *Comprehensive Solvent System for Counter-Current Chromatographic Separation of Natural Antioxidant Flavonoids from Traditional Chinese Medicines.* Dingfang Wu, Shihua Wu. 2013.

90. *THE SOLUBILITIES OF THE NORMAL SATURATED FATTY ACIDS.* A.W. RALSTON, C. W. HOERR. 1942.

91. *A comparative study of carotenoid extraction from algae in different solvent systems.* Chitta Ranjan Sarkar, Lima Das, Bagmita Bhagawati, Bhabesh Ch. Goswami. 2012, *Asian Journal of Plant Science and Research*.

92. David J. Keay, Lee Janaway. *High Performance Countercurrent Chromatography (HPCCC) finally allows the advantages of liquid/liquid chromatography to be used in mainstream purification in medicinal chemistry.* 2008.

93. *Countercurrent Liquid Chromatography.* Ito, Yoichiro. 2000.

94. *Selecting ultrafiltration and nanofiltration membranes to concentrate anthocyanins from roselle extract (Hibiscus sabdariffa L.).* Mady Cissé, Fabrice Vaillant, Dominique Pallet, Manuel Dornier. 2011, *Food Research International* 44, σσ. 2607-2614.

95. *Integration of membrane technology in microalgae biorefineries.* Michael L. Gerardo , Darren L. Oatley-Radcliffe, Robert W. Lovitt. 2014, *Journal of Membrane Science* 464, σσ. 86-99.

96. Max S. Peters, Klaus A. Timmerhaus. *Plant design and economics for chemical engineers.*

97. Donald G. Newnan, Ted G. Eschenbach, Jerome P. Lavelle. *Engineering Economic Analysis*.
98. *Considerations for Estimating the Costs of Pilot-Scale Facilities*. Nunley, Rob. December 2016, CHEMICAL ENGINEERING, σσ. 38-46.
99. Gavin Towler, Ray Sinnott. *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN* . 2008.
100. *Progress in energy from microalgae: A review*. Ali Bahadar, M. Bilal Khan. 2013, Renewable and Sustainable Energy Reviews 27, σσ. 128-148.
101. *Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics*. E. Molina Grima, E.-H. Belarbi, F.G. Acien Fernandez, A. Robles Medina, Yusuf Chisti. 2003.
102. *Microalgal production — A close look at the economics*. Niels-Henrik Norsker, Maria J. Barbosa, Marian H. Vermuë, René H. Wijffels. 2011.
103. *Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects*. Raphael Slade, Ausilio Bauen. 2013, Biomass and Bioenergy 53, σσ. 29-38.
104. *Comparative energy life-cycle analyses of microalgal biomass production in open pond and photobioreactors*. Orlando Jorquera, Asher Kiperstok, Emerson A. Sales, Marcelo Embiruçu, Maria L. Ghirardi. 2010.
105. *Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products*. Razif Harun, Manjinder Singh, Gareth M. Forde, Michael K. Danquah. 2010, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, σσ. 1037-1047.
106. *Microalgae as Sources of Carotenoids*. Ana Catarina Guedes, Helena M. Amaro, Francisco Xavier Malcata. 2011.
107. *Large-Scale Production of Algal Biomass: Raceway Ponds*. Chisti, Yusuf.
108. Deusa A. M. P. da Ponte, Marcelo M. Werneck, Donato A. Aranda. *Advances for Opaque PBR Internally Illuminated for Fiber Optic for Microalgae Production*. *Natural Science*. 2016, 8.
109. *Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of β-Carotene from a Marine Strain of the Cyanobacterium Synechococcus Species*. Olimpio Montero , Maria Dolores Macías-Sánchez , Carmen M. Lama , Luis M. Lubián , Casimiro Mantell , Miguel Rodríguez , and Enrique M. de la Ossa. 2005.



# *ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1*

Σύσταση και χαρακτηριστικά ρευμάτων Aspen Plus v.8.6



- Dunaliella

	ALG-CELL	ALGAE1	ALGAE2	B-CAR-1	B-CAR-2	B-CAR-3	CAROTEN1	CAROTEN2	CHCL3	CO2	CO2-IN-1	CO2-IN-2	CO2-REC1	CO2-REC2
	MEMBRANE	COOLER1	ETH-EXTR	BETA-PUR	COOLER7	COOLER7	CAR-PUR	HPCCC	M-CH-MIX	CO2-MIX	PUMP-IN	SC-EXTR	PUMP-OUT	CO2-MIX
	LIQUID	LIQUID	MIXED	LIQUID	MIXED	LIQUID	LIQUID	MIXED	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	VAPOR	LIQUID
Mole Flow kmol/hr														
WATER	1.67E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KH2PO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BETACAR	0	6.90E-12	6.90E-12	0.0156823	0.0156823	0.0156823	0.0163412	0.0156823	0	0	8.86E-05	8.80E-05	8.86E-05	8.86E-05
GLYCEROL	2.99E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUTEIN	0	6.17E-16	6.17E-16	0	0	0	1.93E-03	1.93E-03	0	0	7.92E-09	7.86E-09	7.92E-09	7.92E-09
LINOLEN	0	1.57E-09	1.57E-09	0	0	0	2.04E-27	0	0	0	0.0199965	0.0200515	0.0199965	0.0199965
LINOLEIC	0	5.47E-10	5.47E-10	0	0	0	5.68E-25	0	0	0	6.98E-03	6.98E-03	6.98E-03	6.98E-03
PALMITIC	0	6.25E-10	6.25E-10	0	0	0	4.20E-21	0	0	0	7.99E-03	7.97E-03	7.99E-03	7.99E-03
CO2	0	1.78E-06	1.78E-06	0	0	0	1.93E-25	0	0	9.23E-05	22.72209	22.72213	22.72199	22.72199
CHCL3	0	0	0	0	0	0	2.00E-03	8.02E-20	2.00E-03	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	9.52E-04	3.70E-23	0	0	0	0	0	0
ETHANOL	0.0123727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	0.208872	1.84E-18	1.84E-18	0	0	0	0	0	0	0	0
NMP	0	0	0	0.7262999	1.43E-03	1.43E-03	0	0	0	0	0	0	0	0
Mass Flow kg/hr														
WATER	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KH2PO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BETACAR	0	3.71E-09	3.71E-09	8.419616	8.419616	8.419616	8.773342	8.419616	0	0	0.0475871	0.04725	0.0475871	0.0475871
GLYCEROL	0.0275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUTEIN	0	3.51E-13	3.51E-13	0	0	0	1.09671	1.09671	0	0	4.50E-06	4.47E-06	4.50E-06	4.50E-06
LINOLEN	0	4.38E-07	4.38E-07	0	0	0	5.67E-25	0	0	0	5.567748	5.583046	5.567748	5.567748
LINOLEIC	0	1.67E-07	1.67E-07	0	0	0	1.73E-22	0	0	0	2.125739	2.125189	2.125739	2.125739
PALMITIC	0	1.60E-07	1.60E-07	0	0	0	1.08E-18	0	0	0	2.049761	2.043558	2.049761	2.049761
CO2	0	7.84E-05	7.84E-05	0	0	0	8.51E-24	0	0	4.06E-03	999.9944	999.9964	999.9904	999.9904
CHCL3	0	0	0	0	0	0	0.2382855	9.58E-18	0.2384889	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0.0305035	1.18E-21	0	0	0	0	0	0
ETHANOL	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	18	1.59E-16	1.59E-16	0	0	0	0	0	0	0	0
NMP	0	0	0	72	0.1420591	0.1420591	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kmol/hr	0.0143365	1.78E-06	1.78E-06	0.9508543	0.0171153	0.0171153	0.021217	0.0176101	2.00E-03	9.23E-05	22.75715	22.75722	22.75705	22.75705
Total Flow kg/hr	0.6275001	7.92E-05	7.92E-05	98.41962	8.561676	8.561676	10.13884	9.516326	0.2384889	4.06E-03	1009.785	1009.795	1009.781	1009.781
Total Flow l/min	0.0128236	1.46E-06	7.32E-04	2.03623	0.3104355	0.2707887	0.3387732	0.4475543	2.62E-03	9.15E-05	22.35029	18.6098	14290.06	22.3502
Temperature C	15.46246	50.03434	25	78.73132	338.7571	25	15.20556	610.0492	25	20	20	50	180	20
Pressure bar	1	380	1	1	1	1	1	1	1	80	80	380	1	80
Vapor Frac	0	0	0.998422	0	6.45E-08	0	0	4.59E-05	0	0	0	0	1	0
Liquid Frac	1	1	1.58E-03	1	0.9999999	1	1	0.9999541	1	1	1	1	1	1
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-68700.06	-96413.26	-94085.17	-55319.27	1.10E+05	33036.44	21855.59	2.24E+05	-32164.43	-96642.36	-96751.93	-96413.26	-92504	-96751.93
Entropy cal/gm-K	-1.803697	-0.3772148	6.93E-04	-1.385417	-0.9172593	-1.267055	-1.238813	-0.6266013	-0.4099009	-0.3593343	-0.3724527	-0.3772575	0.096055	-0.3724528
Density mol/cc	0.0186329	0.0203781	4.06E-05	7.78E-03	9.19E-04	1.05E-03	1.04E-03	6.56E-04	0.0127051	0.0168095	0.01697	0.020381	2.65E-05	0.01697
Density gm/cc	0.8155484	0.9042299	1.80E-03	0.8055705	0.4596594	0.5269591	0.4988018	0.3543826	1.516704	0.7397861	0.7529992	0.9043582	1.18E-03	0.7529993
Average MW	43.76912	44.37253	44.37253	103.5065	500.2329	500.2329	477.862	540.3876	119.377	44.0098	44.37223	44.37253	44.37223	44.37223
Total Flow kg/hr	52.30994	79.18253	79.18253	98.41962	8.561676	8.561676	10.13884	9.516326	0.2384889	4.06E-03	1009.785	1009.795	1009.781	1009.781
Substream: NC														
Mass Flow kg/hr														
DUNALIEL	51.68244	79.18245	79.18245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kg/hr	51.68244	79.18245	79.18245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperature C	15.46246	50.03434	25											
Pressure bar	1	380	1	1	1	1	1	1	1	80	80		1	80
Vapor Frac	0	0	0											
Liquid Frac	0	0	0											
Solid Frac	1	1	1											
Enthalpy cal/gm	-795.5086	-784.0376	-792.4058											
Enthalpy cal/sec	-11420.51	-17425.01	-17429.06											
Density gm/cc	1.012359	1.012359	1.012359											
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUNALIEL PROXANAL														
MOISTURE	3	3	3											
FC	20.4	20.4	20.4											
VM	44.8	44.8	44.8											
ASH	35.1	35.1	35.1											
DUNALIEL ULTANAL														
ASH	35.1	35.1	35.1											
CARBON	48	48	48											
HYDROGEN	8	8	8											
NITROGEN	5.08	5.08	5.08											
CHLORINE	0	0	0											
SULFUR	4	4	4											
OXYGEN	0	0	0											
DUNALIEL SULFANAL														
PYRITIC	0	0	0											
SULFATE	0	0	0											
ORGANIC	4	4	4											

	DEWAT1	DEWAT2	DRYALGAE	DUNALIEL	E-W-FEED	E-W-GLY1	E-W-GLY2	E-W-REC1	E-W-REC2	ETHANOL	EXTRACT1	EXTRACT2	GLYCEROL	H-NM-R6
	SPRAYDRY	YIELD1	SC-EXTR	POND	ETH-EXTR	MEMBRANE	GLYC-PUR	COOLER4	E-W-MIX	ETHANOL	PUMP	CO2-REC	GLYCEROL	COOLRE1
	CNTRFUGE	SPRAYDRY	YIELD1	E-W-MIX	ETH-EXTR	MEMBRANE	GLYC-PUR	COOLER4	E-W-MIX	ETHANOL	SC-EXTR	PUMP	COOLERS	BETA-PUR
	LIQUID	MISSING	LIQUID	SOLID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	VAPOR	LIQUID	LIQUID
Mole Flow kmol/hr														
WATER	0.3709494	0	0	0	1.665253	1.665253	1.663588	1.663133	1.663133	2.09E-03	0	0	4.55E-04	0
KNO3	3.34E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0.0100345	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KH2PO4	1.34E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BETACAR	0	0	0.0163418	0	0	0	0	0	0	0	0.0164298	0.0164298	0	5.47E-14
GLYCEROL	0	0	0	0	6.36E-12	0.2986066	0.298308	6.34E-12	6.34E-12	0	0	0	0.298308	0
LUTEIN	0	0	1.93E-03	0	0	0	0	0	0	0	1.93E-03	1.93E-03	0	0
LINOLEN	0	0	0.0488415	0	0	0	0	0	0	0	0.068893	0.068893	0	0
LINOLEIC	0	0	0.0144079	0	0	0	0	0	0	0	0.0213878	0.0213878	0	0
PALMITIC	0	0	0.0115475	0	0	0	0	0	0	0	0.0195168	0.0195168	0	0
CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.72213	22.72213	0	0
CHCL3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETHANOL	0	0	0	0	12.37273	12.37273	12.36036	12.33366	12.33366	0.0390683	0	0	0.0266985	0
HEXANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.208872
NMP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7248669
Mass Flow kg/hr														
WATER	6.682757	0	0	0	30	30	29.97	29.96181	29.96181	0.0377134	0	0	8.19E-03	0
KNO3	3.38E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0.5864453	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KH2PO4	1.82E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BETACAR	0	0	8.773679	0	0	0	0	0	0	0	8.820929	8.820929	0	2.94E-11
GLYCEROL	0	0	0	0	5.86E-10	27.50009	27.47259	5.84E-10	5.84E-10	0	0	0	27.47259	0
LUTEIN	0	0	1.09671	0	0	0	0	0	0	0	1.096714	1.096714	0	0
LINOLEN	0	0	13.5992	0	0	0	0	0	0	0	19.18225	19.18225	0	0
LINOLEIC	0	0	4.386839	0	0	0	0	0	0	0	6.512028	6.512028	0	0
PALMITIC	0	0	2.961117	0	0	0	0	0	0	0	5.004675	5.004675	0	0
CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	999.9963	999.9963	0	0
CHCL3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETHANOL	0	0	0	0	570	570	569.43	568.2	568.2	1.799841	0	0	1.229976	0
HEXANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
NMP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.85794
Total Flow kmol/hr	0.3810187	0	0.0930667	0	14.03799	14.33659	14.32226	13.9968	13.9968	0.0411617	22.85028	22.85028	0.3254614	0.933739
Total Flow kg/hr	7.272766	0	30.81755	0	600	627.5001	626.8726	598.1618	598.1618	1.837555	1040.613	1040.613	28.71077	89.85794
Total Flow l/min	0.1133831	0	0.7151733	0	12.27117	12.61105	12.81086	13.26707	12.23345	0.0377008	19.09988	14332.67	0.3851692	1.685492
Temperature C	12.99251		25	25	24.99965	25	15.46246	75.61191	25	25	46.48715	180	25	74.58178
Pressure bar	1.013		1	1	1	1	1	1	1	1	380	1	1	1
Vapor Frac	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquid Frac	1		1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Solid Frac	0		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-68883.53		-1.08E+05		-66824.55	-68711.25	-68700.06	-65055.98	-66824.59	-66811.49	-96490.07	-92381	-1.50E+05	-57618.91
Entropy cal/gm-K	-1.998283		-1.412107		-1.831308	-1.815213	-1.803697	-1.704552	-1.831316	-1.829517	-0.4103434	0.0613338	-1.547232	-1.418447
Density mol/cc	0.0560075		2.17E-03		0.0190663	0.0189471	0.0186329	0.0175833	0.019069	0.0181966	0.0199392	2.66E-05	0.014083	9.23E-03
Density gm/cc	1.069055		0.7181837		0.8149185	0.8292994	0.8155484	0.7514366	0.8149264	0.8123398	0.9080447	1.21E-03	1.242344	0.8885429
Average MW	19.08769		331.1339	173.6034	42.74117	43.76912	43.76912	42.73562	42.73562	44.64228	45.54048	45.54048	88.21557	96.23454
Total Flow kg/hr	117.2728	110	110	110	600	679.1825	626.8726	598.1618	598.1618	1.837555	1040.613	1040.613	28.71077	89.85794
Substream: NC														
Mass Flow kg/hr														
DUNALIEL	110	110	79.18245	110	0	51.68244	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kg/hr	110	110	79.18245	110	0	51.68244	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperature C	12.99251	85	25	25		25								
Pressure bar	1.013	1	1	1		1			1	1	380	1	1	
Vapor Frac	0	0	0	0		0								
Liquid Frac	0	0	0	0		0								
Solid Frac	1	1	1	1		1								
Enthalpy cal/gm	-796.3044	-771.8115	-792.4058	-792.4058		-792.4058								
Enthalpy cal/sec	-24331.52	-23583.13	-17429.06	-24212.4		-11375.96								
Density gm/cc	1.012359	1.012359	1.012359	1.012359		1.012359								
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUNALIEL PROXANAL														
MOISTURE	3	3	3	3		3								
FC	20.4	20.4	20.4	20.4		20.4								
VM	44.8	44.8	44.8	44.8		44.8								
ASH	35.1	35.1	35.1	35.1		35.1								
DUNALIEL ULTANAL														
ASH	35.1	35.1	35.1	35.1		35.1								
CARBON	48	48	48	48		48								
HYDROGEN	8	8	8	8		8								
NITROGEN	5.08	5.08	5.08	5.08		5.08								
CHLORINE	0	0	0	0		0								
SULFUR	4	4	4	4		4								
OXYGEN	0	0	0	0		0								
DUNALIEL SULFANAL														
PYRITIC	0	0	0	0		0								
SULFATE	0	0	0	0		0								
ORGANIC	4	4	4	4		4								

	H-NM-R2	H-NM-R3	H-NM-R4	HARVEST	HEX-NMP2	HEXANE	KH2PO4	KNO3	LUTEIN-1	LUTEIN-2	LUTEIN-3	M-C-FEED	M-CL-R-1	M-CL-R-2
	COOLER8	CCC-MIX	CCC-MIX	CNTRFUGE	HPCCC	CCC-MIX	POND-MIX	POND-MIX	LUT-PUR	COOLER9	COOLER9	PUFA-EXT	COOLER2	M-CH-MIX
	LUT-PUR	COOLRE6	COOLERS8	POND	CCC-MIX				HPCCC	LUT-PUR	COOLER9	M-CH-MIX	PUFA-PUR	COOLER2
	LIQUID	LIQUID	MIXED	LIQUID	LIQUID	LIQUID	MISSING	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID
Mole Flow kmol/hr														
WATER	0	0	0	5550.844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO3	0	0	0	0.5005211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	150.1562	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KH2PO4	0	0	0	0.0200208	0	0	1.67E-16	0	0	0	0	0	0	0
BETACAR	0	5.47E-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLYCEROL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUTEIN	1.47E-06	0	1.47E-06	0	0	0	0	0	1.93E-03	1.93E-03	1.93E-03	0	0	0
LINOLEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.67E-15	1.67E-15
LINOLEIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.02E-15	1.02E-15
PALMITIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.52E-16	9.52E-16
CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35E-04	1.35E-04
CHCL3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.675364	1.673366	1.673366
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.120888	3.118332	3.118332
ETHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0.023208	0.208872	0.023208	0	0.2320801	0	0	0	0.023208	2.69E-15	2.69E-15	0	0	0
NMP	0.0806154	0.7248669	0.0806154	0	0.8069999	0	0	0	0.0806999	8.45E-05	8.45E-05	0	0	0
Mass Flow kg/hr														
WATER	0	0	0	1.00E+05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO3	0	0	0	50.6043	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	8775.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KH2PO4	0	0	0	2.72455	0	0	2.27E-14	0	0	0	0	0	0	0
BETACAR	0	2.94E-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLYCEROL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUTEIN	8.35E-04	0	8.35E-04	0	0	0	0	0	1.09671	1.095875	1.095875	0	0	0
LINOLEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.64E-13	4.64E-13
LINOLEIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.10E-13	3.10E-13
PALMITIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.44E-13	2.44E-13
CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.93E-03	5.93E-03
CHCL3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	199.7615	199.7615
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	99.9181	99.9181
ETHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	2	18	2	20	20	0	0	0	2	2.32E-13	2.32E-13	0	0	0
NMP	7.991621	71.85794	7.991621	0	80	0	0	0	8	8.38E-03	8.38E-03	0	0	0
Total Flow kmol/hr	0.1038249	0.933739	0.1038249	5701.52	1.03908	0	0	0	0.1058358	2.01E-03	2.01E-03	4.796252	4.791833	4.791833
Total Flow kg/hr	9.992456	89.85794	9.992456	1.09E+05	100	0	0	0	11.09671	1.104253	1.104253	300	299.6855	299.6855
Total Flow l/min	0.1952937	1.637881	0.1833821	1819.347	1.822535	0	0	0	0.2561854	0.0610624	0.0558262	4.339682	4.414651	4.335453
Temperature C	100.533	25	25	23.44739	24.99736	25	25	78.73132	443.9848	25	24.98996	54.95584	25	25
Pressure bar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vapor Frac	0	0	1.60E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquid Frac	1	1	0.999984	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-56716.67	-59987.62	-59989.36	-69862.32	-60132.18	-47592.02	-26067.33	-56189.82	81545.65	-35675	-48952.13	-47426.63	-48693.88	
Entropy cal/gm-K	-1.386194	-1.487641	-1.487547	-2.022503	-1.487524	-1.812826	-0.2581205	-1.361347	-0.6830265	-1.110678	-0.8722628	-0.8157223	-0.87237	
Density mol/cc	8.86E-03	9.50E-03	9.44E-03	0.0522304	9.50E-03	7.69E-03	3.34E-03	6.89E-03	5.49E-04	6.00E-04	0.0184201	0.0180906	0.0184211	
Density gm/cc	0.8527715	0.914372	0.9081635	0.9969587	0.9144772	0.662851	0.3380572	0.7219192	0.3013998	0.3296696	1.152158	1.131405	1.152073	
Average MW	96.24331	96.23454	96.24331	19.08769	96.23898	86.17716	101.1032	104.8483	549.1392	549.1392	62.54884	62.5409	62.5409	
Total Flow kg/hr	9.992456	89.85794	9.992456	1.09E+05	100	0	0	0	11.09671	1.104253	1.104253	300	299.6855	299.6855
Substream: NC														
Mass Flow kg/hr														
DUNALIEL	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kg/hr	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperature C				23.44739										
Pressure bar		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Vapor Frac				0										
Liquid Frac				0										
Solid Frac				1										
Enthalpy cal/gm				-792.9141										
Enthalpy cal/sec				-24227.93										
Density gm/cc				1.012359										
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
DUNALIEL PROXANAL														
MOISTURE				3										
FC				20.4										
VM				44.8										
ASH				35.1										
DUNALIEL ULTANAL														
ASH				35.1										
CARBON				48										
HYDROGEN				8										
NITROGEN				5.08										
CHLORINE				0										
SULFUR				4										
OXYGEN				0										
DUNALIEL SULFANAL														
PYRITIC				0										
SULFATE				0										
ORGANIC				4										

	METHANOL	NACL	NMP	PRODUCT	PRODUCTS	PUFA-1	PUFA-2	PUFA-3	SOLV-W	W-N-FEED	W-N-REC	W-N-REC1	W-N-REC2	WAT-POND
	M-CH-MIX	POND-MIX	CCC-MIX	COOLERS	PUFA-EXT	PUFA-PUR	COOLER3	COOLER3	CAR-PUR	POND	POND-MIX	W-N-R-MX	W-N-R-MX	POND-MIX
				GLYC-PUR	CO2-REC	PUFA-PUR	PUFA-PUR	COOLER3				CNTRFUGE	SPRAYDRY	
	LIQUID	MISSING	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	MIXED	MIXED	LIQUID	MIXED	LIQUID
Mole Flow kmol/hr														
WATER	0	0	0	4.55E-04	0	0	0	0	0	5550.844	5550.844	5550.473	0.3709494	1.57E-10
KNO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5005211	0.5005211	0.5004876	3.34E-05	0
NACL	0	1.62E-12	0	0	0	0	0	0	0	150.1562	150.1562	150.1462	0.0100345	0
KH2PO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0200208	0.0200208	0.0200195	1.34E-06	0
BETACAR	0	0	0	0	0.0163412	2.16E-22	0	0	6.59E-04	0	0	0	0	0
GLYCEROL	0	0	0.298308	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUTEIN	0	0	0	0	1.93E-03	2.76E-27	0	0	1.10E-13	0	0	0	0	0
LINOLEN	0	0	0	0	0.0488965	0.0488965	0.0488965	0.0488965	0	0	0	0	0	0
LINOLEIC	0	0	0	0	0.0144061	0.0144061	0.0144061	0.0144061	0	0	0	0	0	0
PALMITIC	0	0	0	0	0.0115233	0.0115233	0.0115233	0.0115233	0	0	0	0	0	0
CO2	0	0	0	0	1.35E-04	1.35E-04	2.80E-24	2.80E-24	0	0	0	0	0	0
CHCL3	0	0	0	0	0	1.673368	1.70E-06	1.70E-06	2.00E-03	0	0	0	0	0
METHANOL	2.56E-03	0	0	0	0	3.119936	1.60E-03	1.60E-03	9.52E-04	0	0	0	0	0
ETHANOL	0	0	0	0.0266985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NMP	0	0	1.52E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mass Flow kg/hr														
WATER	0	0	0	8.19E-03	0	0	0	0	0	1.00E+05	1.00E+05	99993.32	6.682757	2.82E-09
KNO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.6043	50.6043	50.60092	3.38E-03	0
NACL	0	9.45E-11	0	0	0	0	0	0	0	8775.5	8775.5	8774.914	0.5864453	0
KH2PO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.72455	2.72455	2.724368	1.82E-04	0
BETACAR	0	0	0	0	8.773342	1.16E-19	0	0	0.3537255	0	0	0	0	0
GLYCEROL	0	0	0	27.47259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUTEIN	0	0	0	0	1.09671	1.57E-24	0	0	6.28E-11	0	0	0	0	0
LINOLEN	0	0	0	0	13.6145	13.6145	13.6145	13.6145	0	0	0	0	0	0
LINOLEIC	0	0	0	0	4.38629	4.38629	4.38629	4.38629	0	0	0	0	0	0
PALMITIC	0	0	0	0	2.954914	2.954914	2.954914	2.954914	0	0	0	0	0	0
CO2	0	0	0	0	5.93E-03	5.93E-03	1.23E-22	1.23E-22	0	0	0	0	0	0
CHCL3	0	0	0	0	0	199.7617	2.03E-04	2.03E-04	0.2382855	0	0	0	0	0
METHANOL	0.0819005	0	0	0	0	99.9695	0.0513969	0.0513969	0.0305035	0	0	0	0	0
ETHANOL	0	0	0	1.229976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NMP	0	0	0.1504378	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kmol/hr	2.56E-03	0	1.52E-03	0.3254614	0.0932297	4.868265	0.0764317	0.0764317	3.61E-03	5701.52	5701.52	5701.139	0.3810187	1.57E-10
Total Flow kg/hr	0.0819005	0	0.1504378	28.71077	30.83168	320.6928	21.0073	21.0073	0.6225145	1.09E+05	1.09E+05	1.09E+05	7.272766	2.82E-09
Total Flow l/min	1.75E-03	0	2.52E-03	0.4085889	0.761957	4.786785	0.4410104	0.3774231	0.0159001	1981.84	1981.845	1635.447	0.1293997	4.90E-11
Temperature C	25		25	131.4991	180	29.43501	208.3375	25	59.58159	23.58915	23.5937	-43.99465	85	25
Pressure bar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.013	1	1
Vapor Frac	0		0	0	0	0	0	0	0	9.28E-05	9.28E-05	0	7.89E-06	0
Liquid Frac	1		1	1	1	1	1	1	1	0.9999072	0.9999072	1	0.9999921	1
Solid Frac	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-57964.15		-63738.53	-1.45E+05	-85063.65	-49952.28	-1.16E+05	-1.44E+05	-24496.29	-69862.33	-69862.33	-69862.32	-68614.06	-68875.38
Entropy cal/gm-K	-1.888061		-1.42013	-1.385271	-1.219774	-0.9019554	-1.251292	-1.514401	-0.9465939	-2.022298	-2.022284	-2.196959	-1.842997	-2.163024
Density mol/cc	0.0243014		0.0100345	0.0132758	2.04E-03	0.0169503	2.89E-03	3.38E-03	3.78E-03	0.047948	0.0479479	0.0580997	0.0490751	0.0532595
Density gm/cc	0.7786698		0.9947499	1.171135	0.6743968	1.116591	0.793908	0.9276638	0.6525235	0.915217	0.9152146	1.108989	0.9367317	0.9594854
Average MW	32.04216		99.1326	88.21557	330.7066	65.87416	274.8505	274.8505	172.5897	19.08769	19.08769	19.08769	19.08769	18.01528
Total Flow kg/hr	0.0819005	0	0.1504378	28.71077	30.83168	320.6928	21.0073	21.0073	0.6225145	1.09E+05	1.09E+05	1.09E+05	7.272766	2.82E-09
Substream: NC														
Mass Flow kg/hr														
DUNALIEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kg/hr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperature C														
Pressure bar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.013	1	1
Vapor Frac														
Liquid Frac														
Solid Frac														
Enthalpy cal/gm														
Enthalpy cal/sec														
Density gm/cc														
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUNALIEL PROXANAL														
MOISTURE														
FC														
VM														
ASH														
DUNALIEL ULTANAL														
ASH														
CARBON														
HYDROGEN														
NITROGEN														
CHLORINE														
SULFUR														
OXYGEN														
DUNALIEL SULFANAL														
PYRITIC														
SULFATE														
ORGANIC														

- Haematococcus

	ALGAE1	ALGAE2	ALGCELLS	ASTAX-1	ASTAX-2	ASTAX-3	CH3COON	CHL-A-1	CHL-A-2	CHL-A-3	CHL-B-1	CHL-B-2	CHL-B-3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	COOLER1	WAT-EXTR		AST-PUR	COOLERS		W-N-MIX	CHLA-PUR	COOLER7		CHLB-PUR	COOLER9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	PRESS-EX	COOLER1	CNTRFG-2	HPLC	AST-PUR	COOLERS		HPLC	CHLA-PUR	COOLER7	HPLC	CHLB-PUR	COOLER9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	MIXED	LIQUID	MIXED	MISSING	MIXED	MIXED	MIXED	MIXED	LIQUID	MIXED																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Mole Flow kmol/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	4.33E-15	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	0.28305	0.432962	7.13E-04	7.13E-04	0	0.06661	5.59E-04	5.59E-04	0.166524	1.08E-03	1.08E-03	ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7										
NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	4.33E-15	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	0.28305	0.432962	7.13E-04	7.13E-04	0	0.06661	5.59E-04	5.59E-04	0.166524	1.08E-03	1.08E-03	ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																								
K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	4.33E-15	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	0.28305	0.432962	7.13E-04	7.13E-04	0	0.06661	5.59E-04	5.59E-04	0.166524	1.08E-03	1.08E-03	ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																						
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	4.33E-15	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	0.28305	0.432962	7.13E-04	7.13E-04	0	0.06661	5.59E-04	5.59E-04	0.166524	1.08E-03	1.08E-03	ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																				
CH3COONA	0	0	0	0	0	0	4.33E-15	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	0.28305	0.432962	7.13E-04	7.13E-04	0	0.06661	5.59E-04	5.59E-04	0.166524	1.08E-03	1.08E-03	ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																		
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	0.28305	0.432962	7.13E-04	7.13E-04	0	0.06661	5.59E-04	5.59E-04	0.166524	1.08E-03	1.08E-03	ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																
WATER	0	0	0.28305	0.432962	7.13E-04	7.13E-04	0	0.06661	5.59E-04	5.59E-04	0.166524	1.08E-03	1.08E-03	ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																														
ASTAXANT	1.02E-31	1.02E-31	0	6.63E-03	6.63E-03	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																												
CHLORO-A	1.16E-32	1.16E-32	0	0	0	0	0	7.58E-04	7.58E-04	7.58E-04	0	0	0	CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																										
CHLORO-B	2.67E-32	2.67E-32	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																								
GLUTAMIC	0	0	3.35E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																						
LEUCINE	0	0	3.16E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																				
HEXANE	1.20E-05	1.20E-05	0	0.134274	2.77E-26	2.77E-26	0	0.020657	1.53E-36	1.53E-36	0.051644	3.45E-36	3.45E-36	ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																		
ETH-ACET	0	0	0	0.162702	2.32E-15	2.32E-15	0	0.025031	1.65E-20	1.65E-20	0.062578	3.60E-20	3.60E-20	METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																
METHANOL	0	0	0	0.488054	1.03E-08	1.03E-08	0	0.075085	9.00E-11	9.00E-11	0.187713	1.80E-10	1.80E-10	Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																														
Mass Flow kg/hr														NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																												
NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																										
K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																								
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																						
CH3COONA	0	0	0	0	0	0	3.55E-13	0	0	0	0	0	0	FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																				
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
WATER	0	0	5.099224	7.799939	0.012844	0.012844	0	1.199991	0.010078	0.010078	2.999976	0.019483	0.019483	ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ASTAXANT	6.09E-29	6.09E-29	0	3.96	3.96	3.96	0	0	0	0	0	0	0	CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
CHLORO-A	1.01E-29	1.01E-29	0	0	0	0	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
CHLORO-B	2.37E-29	2.37E-29	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.54	1.54	GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
GLUTAMIC	0	0	0.04935	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
LEUCINE	0	0	0.041513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
HEXANE	1.04E-03	1.04E-03	0	11.57131	2.39E-24	2.39E-24	0	1.780201	1.32E-34	1.32E-34	4.450502	2.97E-34	2.97E-34	ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
ETH-ACET	0	0	0	14.3351	2.04E-13	2.04E-13	0	2.205401	1.46E-18	1.46E-18	5.513502	3.17E-18	3.17E-18	METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
METHANOL	0	0	0	15.63829	3.31E-07	3.31E-07	0	2.405892	2.88E-09	2.88E-09	6.014729	5.76E-09	5.76E-09	Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Total Flow kmol/hr	1.20E-05	1.20E-05	0.283702	1.224627	7.35E-03	7.35E-03	0	0.188141	1.32E-03	1.32E-03	0.470198	2.82E-03	2.82E-03	Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Total Flow kg/hr	1.04E-03	1.04E-03	5.190087	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Total Flow l/min	3.54E-05	2.61E-05	0.089931	8.365916	0.213673	6.742381	0	0.976375	0.085042	0.773327	2.318103	0.207398	1.817783	Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Temperature C	199.9949	25	24.99996	27.41361	181.2912	25	27.41361	125.5039	25	27.41361	128.874	25	25	Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Vapor Frac	0	0	0	0.012556	0	0.97051	0	9.29E-03	1.56E-07	0.616507	8.65E-03	0	0.661911	Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Liquid Frac	1	1	1	0.987444	1	0.02949	0	0.990705	1	0.383493	0.991354	1	0.338089	Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Enthalpy cal/mol	-37839.9	-47592	-69095	-66798.5	-55964.8	-63929.2		-67267	-1.19E+05	-1.30E+05	-67308.8	-1.27E+05	-1.47E+05	Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Entropy cal/gm-K	-1.52996	-1.81283	-2.14871	-1.61262	-0.90357	-1.02308		-1.62609	-1.1499	-1.23578	-1.62602	-1.08373	-1.20169	Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Density mol/cc	5.68E-03	7.69E-03	0.052578	2.44E-03	5.73E-04	1.82E-05		3.21E-03	2.58E-04	2.84E-05	3.38E-03	2.27E-04	2.59E-05	Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Density gm/cc	0.489096	0.662851	0.961869	0.106194	0.309885	9.82E-03		0.140852	0.131323	0.014441	0.147525	0.125321	0.014298	Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Average MW	86.17716	86.17716	18.29416	43.52726	540.6877	540.6877		43.85799	508.7966	508.7966	43.63843	552.7751	552.7751	Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Total Flow kg/hr	103.841	103.841	100.1216	53.30464	3.972844	3.972844	0	8.251484	0.670078	0.670078	20.51871	1.559483	1.559483	Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Substream: NC														Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Mass Flow kg/hr														HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
HAEM/CUS	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Total Flow kg/hr	103.84	103.84	94.93148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Temperature C	199.9949	25	24.99996											Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Pressure bar	103	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Vapor Frac	0	0	0											Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Liquid Frac	0	0	0											Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Solid Frac	1	1	1											Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Enthalpy cal/gm	-939.814	-1025.51	-1025.51											Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Enthalpy cal/sec	-27108.4	-29580.4	-27042.7											Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Entropy														Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Density gm/cc	1.19543	1.19543	1.19543											Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
HAEM/CUS PROXANAL														MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
MOISTURE	8.1	8.1	8.1											FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
FC	14	14	14											VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
VM	77.5	77.5	77.5											ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ASH	5.7	5.7	5.7											HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
HAEM/CUS ULTANAL														ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
ASH	5.7	5.7	5.7											CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CARBON	52.7	52.7	52.7											HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
HYDROGEN	7.5	7.5	7.5											NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
NITROGEN	7.8	7.8	7.8											CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
CHLORINE	0	0	0											SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
SULFUR	0.7	0.7	0.7											OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
OXYGEN	26.8	26.8	26.8											HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
HAEM/CUS SULFANAL														PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
PYRITIC	0	0	0											SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
SULFATE	0	0	0											ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
ORGANIC	0.7	0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

	DRIED1	DRIED2	ETHYL	EXTRACT1	HAEMATOC	HARVEST	HEEWAT2	HEMW-R1	HEMW-R2	HEMW-R3	HEMW-R4	HEMW-R5	HEMW-R6
	DRYER	RRYIELD1	CCC-MIX	HEX-REC	POND	CNTRFG-1	HPLC	COOLER4	COOLER6	COOLERS8	CCC-MIX	CCC-MIX	CCC-MIX
	CNTRFG-1	DRYER		PRESS-EX		POND	CCC-MIX	AST-PUR	CHLA-PUR	CHLB-PUR	COOLER4	COOLER6	COOLERS8
	LIQUID	MISSING	LIQUID	LIQUID	SOLID	LIQUID	MIXED	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID
Mole Flow kmol/hr													
NANO3	1.91E-07	0	0	0	0	1.807501	0	0	0	0	0	0	0
K2HPO4	2.49E-08	0	0	0	0	0.236577	0	0	0	0	0	0	0
NACL	7.39E-06	0	0	0	0	70.09885	0	0	0	0	0	0	0
CH3COONA	2.38E-08	0	0	0	0	0.225226	0	0	0	0	0	0	0
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WATER	5.85E-04	0	0	0	0	5550.844	0.666096	0.43225	0.06605	0.165443	0.43225	0.06605	0.165443
ASTAXANT	0	0	0	6.63E-03	0	0	0	1.76E-48	0	0	1.76E-48	0	0
CHLORO-A	0	0	0	7.58E-04	0	0	2.80E-11	0	2.89E-11	0	0	2.89E-11	0
CHLORO-B	0	0	0	1.74E-03	0	0	4.81E-10	0	0	4.97E-10	0	0	4.97E-10
GLUTAMIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEUCINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	6.96239	0	0	0.205947	0.134274	0.020657	0.051644	0.134274	0.020657	0.051644
ETH-ACET	0	0	0	0	0	0	0.250311	0.162702	0.025031	0.062578	0.162702	0.025031	0.062578
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0.750852	0.488054	0.075085	0.187713	0.488054	0.075085	0.187713
Mass Flow kg/hr													
NANO3	1.62E-05	0	0	0	0	153.628	0	0	0	0	0	0	0
K2HPO4	4.32E-06	0	0	0	0	40.9675	0	0	0	0	0	0	0
NACL	4.32E-04	0	0	0	0	4096.75	0	0	0	0	0	0	0
CH3COONA	1.95E-06	0	0	0	0	18.4763	0	0	0	0	0	0	0
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WATER	0.010546	0	0	0	0	1.00E+05	11.99991	7.787095	1.189912	2.980494	7.787095	1.189912	2.980494
ASTAXANT	0	0	0	3.96	0	0	0	1.05E-45	0	0	1.05E-45	0	0
CHLORO-A	0	0	0	0.66	0	0	2.44E-08	0	2.52E-08	0	0	2.52E-08	0
CHLORO-B	0	0	0	1.54	0	0	4.26E-07	0	0	4.40E-07	0	0	4.40E-07
GLUTAMIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEUCINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	599.999	0	0	17.74789	11.57131	1.780201	4.450502	11.57131	1.780201	4.450502
ETH-ACET	0	0	0	0	0	0	22.05401	14.3351	2.205401	5.513502	14.3351	2.205401	5.513502
METHANOL	0	0	0	0	0	0	24.05892	15.63829	2.405892	6.014729	15.63829	2.405892	6.014729
Total Flow kmol/hr	5.93E-04	0	0	6.971522	0	5623.212	1.873206	1.217279	0.186824	0.467377	1.217279	0.186824	0.467377
Total Flow kg/hr	0.011	0	0	606.159	0	1.04E+05	75.86072	49.3318	7.581405	18.95923	49.3318	7.581405	18.95923
Total Flow l/min	1.88E-04	0	0	19.99061	0	1779.97	1.597212	1.039887	0.15985	0.399719	1.038851	0.159681	0.399303
Temperature C	23.73062		25	177.3574	25	23.73062	24.90169	53.65431	53.69167	53.68174	25	25	25
Pressure bar	1		1	103	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vapor Frac	0		0	0	0	0	6.22E-10	0	0	0	0	0	0
Liquid Frac	1		1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Solid Frac	0		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-69343.9		-1.15E+05	-39223.5		-69343.9	-66936.4	-66608.2	-66603.7	-66605	-66926.7	-66927.3	-66927.1
Entropy cal/gm-K	-2.09297		-1.33722	-1.55752		-2.09297	-1.66999	-1.60991	-1.60933	-1.60949	-1.66966	-1.66926	-1.66937
Density mol/cc	0.052653		0.010189	5.81E-03		0.052653	0.019547	0.01951	0.019479	0.019488	0.019529	0.0195	0.019508
Density gm/cc	0.9767		0.89771	0.50537		0.9767	0.791595	0.79066	0.790472	0.790524	0.791448	0.791307	0.791346
Average MW	18.54987		88.10632	86.94787	243.3188	18.54987	40.4978	40.52629	40.58048	40.56517	40.52629	40.58048	40.56517
Total Flow kg/hr	110.011	110	0	606.159	110	1.04E+05	75.86072	49.3318	7.581405	18.95923	49.3318	7.581405	18.95923
Substream: NC													
Mass Flow kg/hr													
HAEM/CUS	110	110	0	0	110	110	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kg/hr	110	110	0	0	110	110	0	0	0	0	0	0	0
Temperature C	23.73062	25			25	23.73062							
Pressure bar	1	1	1	103	1	1					1	1	1
Vapor Frac	0	0	0	0	0	0					0	0	0
Liquid Frac	0	0	0	0	0	0					0	0	0
Solid Frac	1	1	1	1	1	1					1	1	1
Enthalpy cal/gm	-1026.06	-1025.51			-1025.514	-1026.06							
Enthalpy cal/sec	-31351.9	-31335.2			-31335.16	-31351.9							
Entropy													
Density gm/cc	1.19543	1.19543			1.19543	1.19543							
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HAEM/CUS PROXANAL													
MOISTURE	8.1	8.1			8.1	8.1							
FC	14	14			14	14							
VM	77.5	77.5			77.5	77.5							
ASH	5.7	5.7			5.7	5.7							
HAEM/CUS ULTANAL													
ASH	5.7	5.7			5.7	5.7							
CARBON	52.7	52.7			52.7	52.7							
HYDROGEN	7.5	7.5			7.5	7.5							
NITROGEN	7.8	7.8			7.8	7.8							
CHLORINE	0	0			0	0							
SULFUR	0.7	0.7			0.7	0.7							
OXYGEN	26.8	26.8			26.8	26.8							
HAEM/CUS SULFANAL													
PYRITIC	0	0			0	0							
SULFATE	0	0			0	0							
ORGANIC	0.7	0.7			0.7	0.7							

	HEX-REC1	HEX-REC2	HEXANE	HEXANE-	HEXANE1	HEXANE2	K2HPO4	METHANOL	NACL	NANO3	PRODUCT	PROT-1	PROT-2
	COOLER3	HEX-MIX	HEX-MIX	CCC-MIX	HEX-PUMP	PRESS-EX	W-N-MIX	CCC-MIX	W-N-MIX	W-N-MIX	HPLC	COOLER2	CNTRFG-2
	HEX-REC	COOLER3	HEX-MIX	HEX-MIX	HEX-MIX	HEX-PUMP	HEX-PUMP	HEX-MIX	HEX-MIX	HEX-MIX	HEX-REC	WAT-EXTF	COOLER2
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	MISSING	MISSING	LIQUID	LIQUID	LIQUID
Mole Flow kmol/hr													
NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.71E-14	0	0	0
K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	2.80E-13	0	0	0	0
CH3COONA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WATER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.75422	27.75422
ASTAXANT	2.73E-49	2.73E-49	0	0	2.73E-49	0	0	0	0	0	6.63E-03	0	0
CHLORO-A	4.21E-17	4.21E-17	0	0	4.21E-17	0	0	0	0	0	7.58E-04	0	0
CHLORO-B	6.23E-15	6.23E-15	0	0	6.23E-15	0	0	0	0	0	1.74E-03	0	0
GLUTAMIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.032889	0.032889
LEUCINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.031032	0.031032
HEXANE	6.961762	6.961762	6.40E-04	0	6.962402	6.962402	0	0	0	0	6.28E-04	0	0
ETH-ACET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mass Flow kg/hr													
NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45E-12	0	0	0
K2HPO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	1.64E-11	0	0	0	0
CH3COONA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WATER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500
ASTAXANT	1.63E-46	1.63E-46	0	0	1.63E-46	0	0	0	0	0	3.96	0	0
CHLORO-A	3.67E-14	3.67E-14	0	0	3.67E-14	0	0	0	0	0	0.66	0	0
CHLORO-B	5.52E-12	5.52E-12	0	0	5.52E-12	0	0	0	0	0	1.54	0	0
GLUTAMIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.838992	4.838992
LEUCINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.070569	4.070569
HEXANE	599.9448	599.9448	0.05516	0	600	600	0	0	0	0	0.054121	0	0
ETH-ACET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kmol/hr	6.961762	6.961762	6.40E-04	0	6.962402	6.962402	0	0	0	0	9.76E-03	27.81814	27.81814
Total Flow kg/hr	599.9448	599.9448	0.05516	0	600	600	0	0	0	0	6.214121	508.9096	508.9096
Total Flow l/min	16.2454	14.97606	1.39E-03	0	14.97744	20.4462	0	0	0	0	0.516015	13.92704	8.818067
Temperature C	68.31133	20	25	25	20.00046	200	25	25			191.1905	280	25
Pressure bar	1	1	1	1	1	103	1	1	1	1	1	50	1
Vapor Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquid Frac	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-45201.6	-47820.7	-47592	-47592	-47820.7	-37839.6	-3.12E+05	-57964.2			-73811.6	-63342.4	-69095
Entropy cal/gm-K	-1.72843	-1.8218	-1.81283	-1.81283	-1.8218	-1.52995	-0.77248	-1.88806			-0.94635	-1.50975	-2.1487
Density mol/cc	7.14E-03	7.75E-03	7.69E-03	7.69E-03	7.75E-03	5.68E-03	6.68E-03	0.024301			3.15E-04	0.03329	0.052578
Density gm/cc	0.615502	0.667671	0.662851	0.662851	0.667671	0.489089	1.156243	0.77867			0.200709	0.609019	0.961869
Average MW	86.17716	86.17716	86.17716	86.17716	86.17716	86.17716	173.168	32.04216			636.6842	18.29416	18.29416
Total Flow kg/hr	599.9448	599.9448	0.05516	0	600	600	0	0	0	0	6.214121	603.841	603.841
Substream: NC													
Mass Flow kg/hr													
HAEM/CUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94.93148	94.93148
Total Flow kg/hr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94.93148	94.93148
Temperature C												280	25
Pressure bar		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	50	1
Vapor Frac												0	0
Liquid Frac												0	0
Solid Frac												1	1
Enthalpy cal/gm												-894.1	-1025.51
Enthalpy cal/sec												-23577.3	-27042.7
Entropy													
Density gm/cc												1.19543	1.19543
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HAEM/CUS PROXANAL													
MOISTURE												8.1	8.1
FC												14	14
VM												77.5	77.5
ASH												5.7	5.7
HAEM/CUS ULTANAL													
ASH												5.7	5.7
CARBON												52.7	52.7
HYDROGEN												7.5	7.5
NITROGEN												7.8	7.8
CHLORINE												0	0
SULFUR												0.7	0.7
OXYGEN												26.8	26.8
HAEM/CUS SULFANAL													
PYRITIC												0	0
SULFATE												0	0
ORGANIC												0.7	0.7

	PROT-WA PROTEINS S1			W-N-FEED	W-N-REC	W-N-REC1	W-N-REC2	WATER	WATER-	WATER-R	WATER1	WATER2	WATER3
	ULTRFLTR		PRESS-EX	POND	W-N-MIX	REC-MIX	REC-MIX	W-N-MIX	CCC-MIX	B1	WATER1	HEATER	WATER3
	CNTRFG-2	ULTRFLTR	RRYIELD1	W-N-MIX	REC-MIX	CNTRFG-1	DRYER			ULTRFLTR	B1	HEATER	WAT-EXTR
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	MIXED	MIXED	LIQUID	MIXED	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID
Mole Flow kmol/hr													
NANO3	0	0	0	1.807501	1.807501	1.807501	1.91E-07	0	0	0	0	0	0
K2HPO4	0	0	0	0.236577	0.236577	0.236577	2.49E-08	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	70.09885	70.09885	70.09884	7.39E-06	0	0	0	0	0	0
CH3COONA	0	0	0	0.225226	0.225226	0.225226	2.38E-08	0	0	0	0	0	0
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WATER	27.47117	0	0	5550.844	5550.844	5550.843	5.85E-04	1.57E-10	2.36E-03	27.47117	0.28305	27.75422	27.75422
ASTAXANT	0	0	6.63E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHLORO-A	0	0	7.58E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHLORO-B	0	0	1.74E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLUTAMIC	0.032554	0.032554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEUCINE	0.030715	0.030715	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETH-ACET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mass Flow kg/hr													
NANO3	0	0	0	153.628	153.628	153.628	1.62E-05	0	0	0	0	0	0
K2HPO4	0	0	0	40.9675	40.9675	40.9675	4.32E-06	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	4096.75	4096.75	4096.75	4.32E-04	0	0	0	0	0	0
CH3COONA	0	0	0	18.4763	18.4763	18.4763	1.95E-06	0	0	0	0	0	0
FE+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WATER	494.9008	0	0	1.00E+05	1.00E+05	99999.99	0.010546	2.82E-09	0.042499	494.9008	5.099224	500	500
ASTAXANT	0	0	3.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHLORO-A	0	0	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHLORO-B	0	0	1.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLUTAMIC	4.789642	4.789642	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEUCINE	4.029055	4.029055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEXANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETH-ACET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kmol/hr	27.53444	0.063269	9.13E-03	5623.212	5623.212	5623.211	5.93E-04	1.57E-10	2.36E-03	27.47117	0.28305	27.75422	27.75422
Total Flow kg/hr	503.7195	8.818697	6.16	1.04E+05	1.04E+05	1.04E+05	0.011	2.82E-09	0.042499	494.9008	5.099224	500	500
Total Flow l/min	8.728132	0.119482	0.552361	2351.721	2351.725	1779.969	2.49E-04	4.90E-11	7.38E-04	8.602465	0.088576	8.691045	13.07052
Temperature C	24.99971	25.75736	25	24.10922	24.10974	23.73062	25	25	25	25.75736	25	25.74992	280
Pressure bar	1.013	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1.013	1	1	200
Vapor Frac	0	0	0	3.69E-04	3.69E-04	0	3.69E-04	0	0	0	0	0	0
Liquid Frac	1	1	1	0.999631	0.999631	1	0.999631	1	1	1	1	1	1
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-69095	-1.82E+05	-1.20E+05	-69343.9	-69343.9	-69343.9	-69325.7	-68875.4	-68875.4	-68859.9	-68875.4	-68860	-63239.1
Entropy cal/gm-K	-2.14871	-1.39522	-1.11172	-2.0922	-2.0922	-2.09297	-2.08929	-2.16391	-2.16391	-2.16138	-2.16391	-2.1614	-1.52952
Density mol/cc	0.052578	8.83E-03	2.76E-04	0.039852	0.039852	0.052653	0.03972	0.05326	0.05326	0.053223	0.05326	0.053224	0.03539
Density gm/cc	0.96187	1.230129	0.185869	0.739245	0.739243	0.9767	0.736796	0.959485	0.959485	0.958835	0.959485	0.958841	0.637567
Average MW	18.29416	139.3846	674.543	18.54987	18.54987	18.54987	18.54987	18.01528	18.01528	18.01528	18.01528	18.01528	18.01528
Total Flow kg/hr	503.7195	8.818697	110	1.04E+05	1.04E+05	1.04E+05	0.011	2.82E-09	0.042499	494.9008	5.099224	500	500
Substream: NC													
Mass Flow kg/hr													
HAEM/CUS	0	0	103.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kg/hr	0	0	103.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperature C			25										
Pressure bar	1.013	1.013	1	1		1		1	1	1.013	1	1	
Vapor Frac			0										
Liquid Frac			0										
Solid Frac			1										
Enthalpy cal/gm			-1025.51										
Enthalpy cal/sec			-29580.4										
Entropy													
Density gm/cc			1.19543										
Average MW	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
HAEM/CUS PROXANAL													
MOISTURE			8.1										
FC			14										
VM			77.5										
ASH			5.7										
HAEM/CUS ULTANAL													
ASH			5.7										
CARBON			52.7										
HYDROGEN			7.5										
NITROGEN			7.8										
CHLORINE			0										
SULFUR			0.7										
OXYGEN			26.8										
HAEM/CUS SULFANAL													
PYRITIC			0										
SULFATE			0										
ORGANIC			0.7										



- Nannochloropsis

	ALG-CELL	ALGAE1	ALGAE2	CHCL3	DRYALGAE	EPA-DHA1	EPA-DHA2	EPA-DHA3	ETHANOL	EXTRACT	FEED	H-E-REC1	H-E-REC2
	CNTRFG2	COOLER1	PROT-EXT	M-C-MIX	RYIELD1	LIP-PUR	COOLER6		X-ET-MIX	HE-ET-RE	ULTRFILR	COOLER2	X-ET-MIX
	LIQUID	SUB-EXTR	COOLER1		CNTRFG1	EXTR2	LIP-PUR	COOLER6	LIQUID	SUB-EXTR	CNTRFG2	HE-ET-RE	COOLER2
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID
Substream: MIXED													
Mole Flow kmol/hr													
WATER	0.281784	0	0	0	5.91E-10	0	0	0	0	0	27.47243	0	0
EPA	0	6.49E-54	6.49E-54	0	0	0.0107726	0.0107726	0.0107726	0	0.010911	0	2.69E-19	2.69E-19
DHA	0	3.99E-54	3.99E-54	0	0	6.69E-03	6.69E-03	6.69E-03	0	6.70E-03	0	6.05E-21	6.05E-21
PROTEIN	3.53E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.034385	0	0
VIOLAXAN	0	6.86E-55	6.86E-55	0	0	3.00E-08	3.00E-08	3.00E-08	0	1.15E-03	0	9.91E-31	9.91E-31
NANO3	0	0	0	0	7.56E-15	0	0	0	0	0	0	0	0
NAH2PO4	0	0	0	0	3.85E-16	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	0	5.98E-12	0	0	0	0	0	0	0	0
ETHANOL	0	5.19E-05	5.19E-05	0	0	0	0	0	4.81E-04	6.876019	0	6.87559	6.87559
METHANOL	0	0	0	0	0	1.239476	8.97E-06	8.97E-06	0	0	0	0	0
CHCL3	0	0	0	3.79E-04	0	1.24175	2.03E-05	2.03E-05	0	0	0	0	0
HEXANE	0	9.28E-05	9.28E-05	0	0	0	0	0	0	12.29455	0	12.29455	12.29455
Mass Flow kg/hr													
WATER	5.076421	0	0	0	1.06E-08	0	0	0	0	0	494.9236	0	0
EPA	0	1.96E-51	1.96E-51	0	0	3.258264	3.258264	3.258264	0	3.3	0	8.15E-17	8.15E-17
DHA	0	1.31E-51	1.31E-51	0	0	2.197242	2.197242	2.197242	0	2.2	0	1.99E-18	1.99E-18
PROTEIN	0.075915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.401313	0	0
VIOLAXAN	0	3.93E-52	3.93E-52	0	0	1.72E-05	1.72E-05	1.72E-05	0	0.66	0	5.68E-28	5.68E-28
NANO3	0	0	0	0	7.65E-13	0	0	0	0	0	0	0	0
NAH2PO4	0	0	0	0	5.46E-14	0	0	0	0	0	0	0	0
NACL	0	0	0	0	3.50E-10	0	0	0	0	0	0	0	0
ETHANOL	0	2.39E-03	2.39E-03	0	0	0	0	0	0.022167	316.7716	0	316.7518	316.7518
METHANOL	0	0	0	0	0	39.71549	2.87E-04	2.87E-04	0	0	0	0	0
CHCL3	0	0	0	0.045302	0	148.2364	2.43E-03	2.43E-03	0	0	0	0	0
HEXANE	0	7.99E-03	7.99E-03	0	0	0	0	0	0	1059.509	0	1059.509	1059.509
Total Flow kmol/hr	0.282137	1.45E-04	1.45E-04	3.79E-04	5.97E-10	2.498687	0.0174908	0.0174908	4.81E-04	19.18933	27.50682	19.17014	19.17014
Total Flow kg/hr	5.152336	0.010384	0.010384	0.045302	1.10E-08	193.4075	5.458239	5.458239	0.022167	1382.441	502.3249	1376.261	1376.261
Total Flow l/min	0.090507	2.81E-04	2.50E-04	4.98E-04	1.88E-10	2.603552	0.1689523	0.1153022	4.56E-04	37.15678	8.823929	34.73791	33.19675
Temperature C	24.99996	90	25	25	24.48075	22.16067	544.9808	25	25	86.82124	24.99971	57.99283	25
Pressure bar	1.013	10	1	1	1.013	1	1	1	1	10	1.013	1	1
Vapor Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquid Frac	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enthalpy cal/mol	-68901.1	-51096	-53988.7	-32164.4	-69251.6	-45058.66	14240.2	-84554.79	-66806.6	-51269.6	-68901.1	-52622.1	-53988.4
Entropy cal/gm-K	-2.15042	-1.66317	-1.784	-0.4099	-2.10746	-0.7105918	-0.6419025	-1.230076	-1.83166	-1.66641	-2.15042	-1.73345	-1.784
Density mol/cc	0.051955	8.57E-03	9.62E-03	0.012705	0.052911	0.0159953	1.73E-03	2.53E-03	0.017597	8.61E-03	0.051955	9.20E-03	9.62E-03
Density gm/cc	0.948793	0.615273	0.690963	1.516704	0.974706	1.2381	0.53844	0.7889759	0.810685	0.620094	0.948793	0.660307	0.690962
Average MW	18.26183	71.79135	71.79135	119.377	18.42174	77.40362	312.0632	312.0632	46.06904	72.04217	18.26183	71.79192	71.79192
Total Flow kg/hr	101.5255	103.8504	103.8504	0.045302	110	193.4075	5.458239	5.458239	0.022167	1382.441	502.3249	1376.261	1376.261
Mass Flow kg/hr													
NAN/PSIS	96.37316	103.84	103.84	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kg/hr	96.37316	103.84	103.84	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperature C	24.99996	90	25		24.48075								
Pressure bar	1.013	10	1	1	1.013			1	1	1	10	1.013	1
Vapor Frac	0	0	0		0								
Liquid Frac	0	0	0		0								
Solid Frac	1	1	1		1								
Enthalpy cal/gm	-787.206	-760.977	-787.206		-787.406								
Enthalpy cal/sec	-21073.7	-21950	-22706.5		-24059.6								
Entropy													
Density gm/cc	1.105155	1.105155	1.105155		1.105155								
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NAN/PSIS PROXANAL													
MOISTURE	7.2	7.2	7.2		7.2								
FC	8.4	8.4	8.4		8.4								
VM	61.5	61.5	61.5		61.5								
ASH	26.4	26.4	26.4		26.4								
NAN/PSIS ULTANAL													
ASH	26.4	26.4	26.4		26.4								
CARBON	57.8	57.8	57.8		57.8								
HYDROGEN	8	8	8		8								
NITROGEN	8.6	8.6	8.6		8.6								
CHLORINE	0	0	0		0								
SULFUR	0.4	0.4	0.4		0.4								
OXYGEN	25.7	25.7	25.7		25.7								
NAN/PSIS SULFANAL													
PYRITIC	0	0	0		0								
SULFATE	0	0	0		0								
ORGANIC	0.4	0.4	0.4		0.4								

	H-ET-IN1	H-ET-IN2	HARVEST	HEXANE	M-C-FEED	M-CHL-R1	M-CHL-R2	M-CHL-W	METHANOL	NACL-	NAH2PO4	NAN-PSIS	NANO3
	HEATER1	SUB-EXTR	CNTRFG1	X-ET-MIX	EXTR2	COOLERS	M-C-MIX	VIOL-PUR	M-C-MIX	W-N-MIX	W-N-MIX	POND	W-N-MIX
	X-ET-MIX	HEATER1	POND		M-C-MIX	LIP-PUR	COOLERS						
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	MISSING	SOLID	MISSING
Substream: MIXED													
Mole Flow kmol/hr													
WATER	0	0	5550.844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPA	2.69E-19	0	0	0	8.60E-22	8.72E-22	8.72E-22	0	0	0	0	0	0
DHA	6.05E-21	0	0	0	4.70E-23	4.74E-23	4.74E-23	0	0	0	0	0	0
PROTEIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIOLAXAN	9.91E-31	0	0	0	1.83E-20	8.30E-20	8.30E-20	8.42E-42	0	0	0	0	0
NANO3	0	0	0.071029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.34E-15
NAH2PO4	0	0	3.61E-03	0	0	0	0	0	0	0	3.56E-16	0	0
NACL	0	0	56.17268	0	0	0	0	0	0	5.96E-12	0	0	0
ETHANOL	6.876071	6.876071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	1.239629	1.239467	1.239467	1.53E-04	1.25E-04	0	0	0	0
CHCL3	0	0	0	0	1.242165	1.24173	1.24173	4.15E-04	0	0	0	0	0
HEXANE	12.29467	12.29464	0	1.25E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mass Flow kg/hr													
WATER	0	0	1.00E+05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPA	8.15E-17	0	0	0	2.60E-19	2.64E-19	2.64E-19	0	0	0	0	0	0
DHA	1.99E-18	0	0	0	1.54E-20	1.56E-20	1.56E-20	0	0	0	0	0	0
PROTEIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIOLAXAN	5.68E-28	0	0	0	1.05E-17	4.75E-17	4.75E-17	4.82E-39	0	0	0	0	0
NANO3	0	0	7.18128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.44E-13
NAH2PO4	0	0	0.512948	0	0	0	0	0	0	0	5.05E-14	0	0
NACL	0	0	3282.87	0	0	0	0	0	0	3.48E-10	0	0	0
ETHANOL	316.774	316.774	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METHANOL	0	0	0	0	39.7204	39.7152	39.7152	4.91E-03	3.99E-03	0	0	0	0
CHCL3	0	0	0	0	148.286	148.234	148.234	0.049483	0	0	0	0	0
HEXANE	1059.52	1059.517	0	0.010743	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Flow kmol/hr	19.17074	19.17071	5607.091	1.25E-04	2.481794	2.481197	2.481197	5.68E-04	1.25E-04	5.96E-12	0	0	0
Total Flow kg/hr	1376.294	1376.291	1.03E+05	0.010743	188.0064	187.9492	187.9492	0.054395	3.99E-03	3.48E-10	0	0	0
Total Flow l/min	33.19744	37.28134	1766.204	2.70E-04	2.480858	2.619809	2.480176	6.84E-04	8.54E-05	4.09E-12	0	0	0
Temperature C	24.99932	90	24.48075	25	24.99811	61.04182	25	60.84555	25	25	25	25	25
Pressure bar	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vapor Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquid Frac	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Enthalpy cal/mol	-53988.7	-51096	-69251.3	-47592	-44782.1	-43811.6	-44783.4	-37985.4	-57964.15	-1.06E+05			
Entropy cal/gm-K	-1.784	-1.66317	-2.10751	-1.81283	-0.69569	-0.65513	-0.69573	-0.4951	-1.888061	-0.53181			
Density mol/cc	9.62E-03	8.57E-03	0.052911	7.69E-03	0.016673	0.015785	0.016674	0.013836	0.0243014	0.024276			
Density gm/cc	0.690964	0.615273	0.974695	0.662851	1.263047	1.195693	1.26301	1.325461	0.7786698	1.418739			
Average MW	71.79137	71.79135	18.42142	86.17716	75.75422	75.74942	75.74942	95.7981	32.04216	58.44247		168.5167	
Total Flow kg/hr	1376.294	1376.291	1.03E+05	0.010743	188.0064	187.9492	187.9492	0.054395	3.99E-03	3.48E-10	0	110	0
Mass Flow kg/hr													
NAN/PSIS	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0
Total Flow kg/hr	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0
Temperature C			24.48075									25	
Pressure bar	1		1	1			1		1	1	1	1	1
Vapor Frac			0									0	
Liquid Frac			0									0	
Solid Frac			1									1	
Enthalpy cal/gm			-787.406									-787.206	
Enthalpy cal/sec			-24059.6									-24053.5	
Entropy													
Density gm/cc			1.105155									1.105155	
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NAN/PSIS PROXANAL													
MOISTURE			7.2										7.2
FC			8.4										8.4
VM			61.5										61.5
ASH			26.4										26.4
NAN/PSIS ULTANAL													
ASH			26.4										26.4
CARBON			57.8										57.8
HYDROGEN			8										8
NITROGEN			8.6										8.6
CHLORINE			0										0
SULFUR			0.4										0.4
OXYGEN			25.7										25.7
NAN/PSIS SULFANAL													
PYRITIC			0										0
SULFATE			0										0
ORGANIC			0.4										0.4

	PON-WAT	PRODUCT1	PRODUCT2	PRODUCT3	PROT-1	PROT-2	PROTEINS S1	VIOLAX-1	VIOLAX-2	VIOLAX-3	W-ETHAN	W-N-FEED	W-N-REC	WATER-R	WATER1	WATER2	WATER3		
	W-N-MIX	ETH-REC	COOLER3	EXTR2	COOLER4	CNTRFG2	SUB-EXTR	VIOL-PUR	COOLER8	COOLER8	ETH-REC	POND	W-N-MIX	WAT-MIX	WAT-MIX	HEATER2	PROT-EXT		
	HE-ET-RE	ETH-REC	COOLER3	EXTR2	PROT-EXT	COOLER4	ULTRFILR	RYIELD1	EXTR2	VIOL-PUR	COOLER8	ETH-REC	W-N-MIX	CNTRFG1	ULTRFILR	WAT-MIX	HEATER2		
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	MIXED	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	VAPOR	
Substream: MIXED																			
Mole Flow kmol/hr																			
WATER	5.87E-10	0	0	0	27.75422	27.75422	0	0	0	0	0	0	5550.844	5550.844	27.47243	0.281784	27.75422	27.75422	
EPA	0	0.0109106	0.0107726	0.0107726	0	0	0	0.010911	4.74E-24	0	0	1.38E-04	0	0	0	0	0	0	
DHA	0	6.70E-03	6.69E-03	6.69E-03	0	0	0	6.70E-03	1.10E-25	0	0	8.40E-06	0	0	0	0	0	0	
PROTEIN	0	0	0	0	0.034738	0.034738	0.034385	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VIOLAXAN	0	1.15E-03	1.15E-03	1.15E-03	0	0	0	1.15E-03	1.15E-03	1.15E-03	1.15E-03	1.55E-16	0	0	0	0	0	0	
NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.071029	0.071029	0	0	0	0	
NAH2PO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.61E-03	3.61E-03	0	0	0	0	
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.17268	56.17268	0	0	0	0	
ETHANOL	0	4.29E-04	1.18E-20	1.18E-20	0	0	0	0	0	0	0	4.29E-04	0	0	0	0	0	0	
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	1.53E-04	1.41E-08	1.41E-08	1.41E-08	0	0	0	0	0	0	0	
CHCL3	0	0	0	0	0	0	0	4.15E-04	6.54E-07	6.54E-07	6.54E-07	0	0	0	0	0	0	0	
HEXANE	0	1.19E-10	8.62E-25	8.62E-25	0	0	0	0	0	0	0	1.19E-10	0	0	0	0	0	0	
Mass Flow kg/hr																			
WATER	1.06E-08	0	0	0	500	500	0	0	0	0	0	0	1.00E+05	1.00E+05	494.9236	5.076421	500	500	
EPA	0	3.3	3.258264	3.258264	0	0	0	3.3	1.43E-21	0	0	0.041736	0	0	0	0	0	0	
DHA	0	2.2	2.197242	2.197242	0	0	0	2.2	3.61E-23	0	0	2.76E-03	0	0	0	0	0	0	
PROTEIN	0	0	0	0	7.477228	7.477228	7.401313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VIOLAXAN	0	0.66	0.66	0.66	0	0	0	0.66	0.659983	0.659983	0.659983	8.88E-14	0	0	0	0	0	0	
NANO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.18128	7.18128	0	0	0	0	
NAH2PO4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.512948	0.512948	0	0	0	0	
NACL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3282.87	3282.87	0	0	0	0	
ETHANOL	0	0.0197772	5.43E-19	5.43E-19	0	0	0	0	0	0	0	0.019777	0	0	0	0	0	0	
METHANOL	0	0	0	0	0	0	0	4.91E-03	4.53E-07	4.53E-07	4.53E-07	0	0	0	0	0	0	0	
CHCL3	0	0	0	0	0	0	0	0.049561	7.80E-05	7.80E-05	7.80E-05	0	0	0	0	0	0	0	
HEXANE	0	1.03E-08	7.43E-23	7.43E-23	0	0	0	0	0	0	0	1.03E-08	0	0	0	0	0	0	
Total Flow kmol/hr	5.87E-10	0.0191893	0.0186136	0.0186136	27.78896	27.78896	0.034385	0.01876	1.72E-03	1.15E-03	1.15E-03	5.76E-04	5607.091	5607.091	27.47243	0.281784	27.75422	27.75422	
Total Flow kg/hr	1.06E-08	6.179777	6.115507	6.115507	507.4772	507.4772	7.401313	6.16	0.714456	0.660061	0.660061	0.064271	1.03E+05	1.03E+05	494.9236	5.076421	500	500	
Total Flow l/min	1.84E-10	0.1411996	0.1839748	0.1839748	12.50661	12.50661	0.19983	0.140013	0.024575	0.03586	0.03586	0.0237	1.47E-03	1.47E-03	1780.883	1766.203	8.64508	0.08818	8.733256
Temperature C	25	222.1782	568.1353	568.1353	25	280	25	25	24.99806	1072.42	1072.42	25	85.60413	24.49077	24.48045	31.15898	25	31.09671	
Pressure bar	1	1	1	1	200	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1.013	1	1	1	
Vapor Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00E-05	0	0	0	0	0	
Liquid Frac	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.99999	1	1	1	1	1	
Solid Frac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Enthalpy cal/mol	-68875.4	-40815.29	25156.95	-83450.45	-62450.8	-68901.1	-2.05E+05	-83498.3	-61459.5	3.34E+05	-73612.6	-64325.4	-69251.3	-69251.3	-68749.2	-68875.4	-68750.5	-56174.74	
Entropy cal/gm-K	-2.16391	-0.9189321	-0.6222422	-1.222764	-1.42604	-2.15042	-1.3741	-1.22292	-1.14075	-0.2839	-1.19907	-1.22653	-2.10749	-2.10751	-2.1426	-2.16302	-2.1428	-0.7738066	
Density mol/cc	0.05326	2.27E-03	1.69E-03	2.23E-03	0.037032	0.051955	2.87E-03	2.23E-03	1.17E-03	5.36E-04	8.11E-04	6.52E-03	0.052475	0.052911	0.052964	0.05326	0.052967	1.27E-03	
Density gm/cc	0.959485	0.7294375	0.5540167	0.732385	0.676279	0.948793	0.617302	0.733265	0.48455	0.306778	0.464185	0.727495	0.966661	0.974695	0.954153	0.959485	0.954207	0.0229656	
Average MW	18.01528	322.0424	328.5496	328.5496	18.26183	18.26183	215.2493	328.3577	415.2317	572.5647	572.5647	111.6431	18.42142	18.42142	18.01528	18.01528	18.01528	18.01528	
Total Flow kg/hr	1.06E-08	6.179777	6.115507	6.115507	603.8504	603.8504	7.401313	110	0.714456	0.660061	0.660061	0.064271	1.03E+05	1.03E+05	494.9236	5.076421	500	500	
Mass Flow kg/hr																			
NAN/PSIS	0	0	0	0	96.37316	96.37316	0	103.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total Flow kg/hr	0	0	0	0	96.37316	96.37316	0	103.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Temperature C					280	25		25											
Pressure bar	1	1	1	1	200	1	1.013	1	1	1	1	1	1	1	1.013	1	1	1	
Vapor Frac					0	0		0											
Liquid Frac					0	0		0											
Solid Frac					1	1		1											
Enthalpy cal/gm					-671.469	-787.206		-787.206											
Enthalpy cal/sec					-17975.4	-21073.7		-22706.5											
Entropy																			
Density gm/cc					1.105155	1.105155		1.105155											
Average MW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
NAN/PSIS PROXANAL																			
MOISTURE					7.2	7.2		7.2											
FC					8.4	8.4		8.4											
VM					61.5	61.5		61.5											
ASH					26.4	26.4		26.4											
NAN/PSIS ULTANAL																			
ASH					26.4	26.4		26.4											
CARBON					57.8	57.8		57.8											
HYDROGEN					8	8		8											
NITROGEN					8.6	8.6		8.6											
CHLORINE					0	0		0											
SULFUR					0.4	0.4		0.4											
OXYGEN					25.7	25.7		25.7											
NAN/PSIS SULFANAL																			
PYRITIC					0	0		0											
SULFATE					0	0		0											
ORGANIC					0.4	0.4		0.4											

## *ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2*

Ενεργειακή κατανάλωση block Aspen Plus v.8.6

- Dunaliella

	<i>Cal/sec</i>
<i>Centrifuge</i>	Calculated separately
<i>Dryer</i>	777
<i>Pump in</i>	2136.2
<i>SC extraction column</i>	Calculated separately
<i>Pump</i>	26801.5
<i>Separator vessel</i>	588.2
<i>Pump out</i>	26852.9
<i>Extraction column</i>	67.421.5
<i>Distillation column PUFA</i>	-
<i>-condenser</i>	11752.4
<i>-reboiler</i>	13718.3
<i>Cooler 2</i>	1656.8
<i>Cooler 3</i>	597.1
<i>Cooler 1</i>	184.1
<i>Extraction column</i>	3358.2
<i>Membrane</i>	Calculated separately
<i>Distillation column GLYCEROL</i>	-
<i>-condenser</i>	75.6
<i>-reboiler</i>	47941.1
<i>Cooler 4</i>	6787.36
<i>Cooler 5</i>	451.61
<i>HPCCC cfugal pump</i>	Calculated separately
<i>HPCCC Small columns</i>	-
<i>Distillation column BETACAR</i>	-
<i>-condenser</i>	74.6
<i>-reboiler</i>	4669.31
<i>Distillation column LUTEIN</i>	-
<i>-condenser</i>	467.71
<i>-reboiler</i>	529.45
<i>Cooler 6</i>	614.38
<i>Cooler 7</i>	94.39
<i>Cooler 8</i>	65.48

- Haematococcus

	<i>Cal/sec</i>
<i>Centrifuge</i>	Calculated separately
<i>Dryer</i>	16.78
<i>Pump in</i>	19303.5
<i>Pressurised extraction column</i>	Calculated separately
<i>Distillation column</i>	-
<i>-condenser</i>	14648.8
<i>-reboiler</i>	2993.56
<i>Cooler 3</i>	564.80
<i>Cooler 1</i>	2472.02
<i>Heater</i>	43334.3
<i>Extraction column</i>	1450.9
<i>Cooler 2</i>	47919.5
<i>Centrifuge</i>	Calculated separately
<i>Ultrafiltration Membrane</i>	Calculated separately
<i>HPCCC cfugal pump</i>	Calculated separately
<i>HPCCC Small columns</i>	-
<i>Distillation column astaxanthin</i>	-
<i>-condenser</i>	3364.6
<i>-reboiler</i>	3451.05
<i>Cooler 4</i>	107.69
<i>Cooler 5</i>	16.26
<i>Distillation column chlor a</i>	-
<i>-condenser</i>	516
<i>-reboiler</i>	531
<i>Cooler 6</i>	16.8
<i>Cooler 7</i>	4.26
<i>Distillation column LUTEIN</i>	-
<i>-condenser</i>	1291.2
<i>-reboiler</i>	1335.65
<i>Cooler 8</i>	41.8
<i>Cooler 9</i>	15.9

- Nannochloropsis

	<i>Cal/sec</i>
<i>Centrifuge</i>	Calculated separately
<i>Heater 1</i>	15404.1
<i>SUB extraction column</i>	Calculated separately
<i>Distillation column</i>	-
<i>-condenser</i>	46121.6
<i>-reboiler</i>	38975.2
<i>Distillation column</i>	-
<i>-condenser</i>	5.98
<i>-reboiler</i>	343.32
<i>Cooler 2</i>	7275.5
<i>Cooler 3</i>	561.55
<i>Extraction xolumn</i>	31303.7
<i>Distillation column EPA/DHA</i>	-
<i>-condenser</i>	651.23
<i>-reboiler</i>	7198.8
<i>Cooler 5</i>	669.1
<i>Cooler 6</i>	480
<i>Distillation column violax</i>	-
<i>-condenser</i>	1.3
<i>-reboiler</i>	131.7
<i>Cooler 7</i>	130.59
<i>Cooler 1</i>	756.66
<i>Heater 2</i>	96952.5
<i>Extraction Column</i>	918
<i>Cooler 4</i>	52889.1
<i>Centrifuge</i>	Calculated separately
<i>UltrafiltrationMembrane</i>	Calculated separately

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Διαγράμματα ροής Aspen Plus v.8.6





- Haematococcus

