

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ Πυρηνόξυλου για Παραγωγή Γλυκερόλης και Κυκλοπεντανόνης

Συγγραφείς:

Βιδιάνος Γιαννίτσης

Αριστοτέλης Αργυρόπουλος

Διονύσης Γιαννάτος

Θεοφανώ Αντωνία Πόταρη

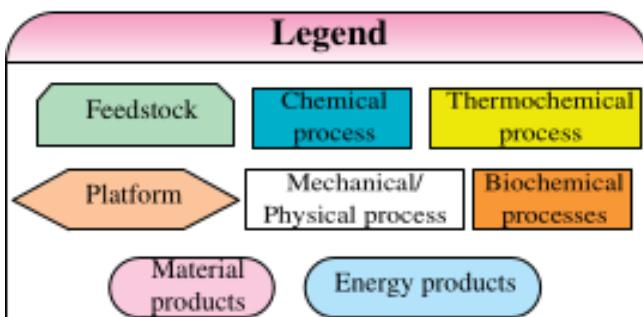
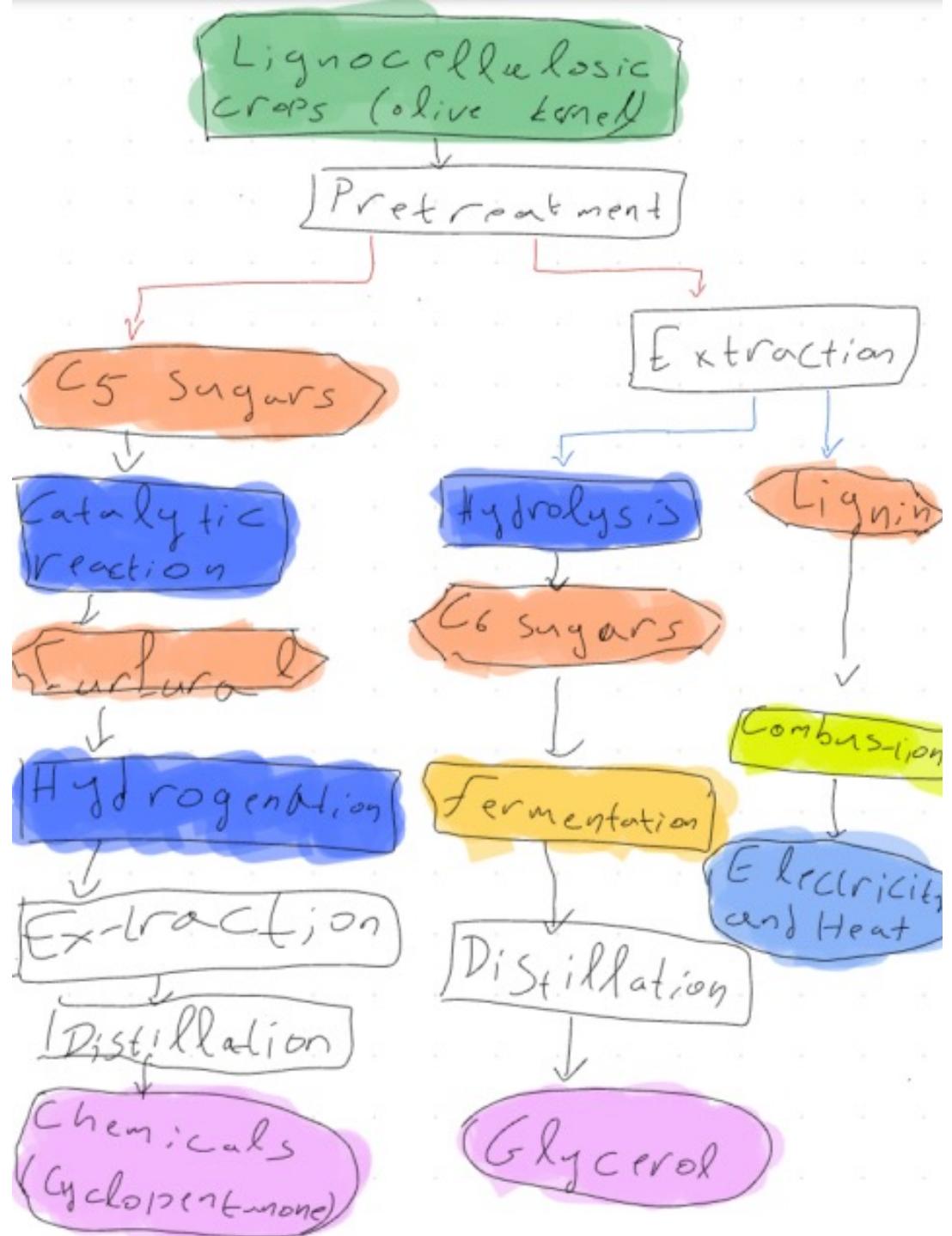
Στυλιανή Σταύρου

Έλλη Πούτα

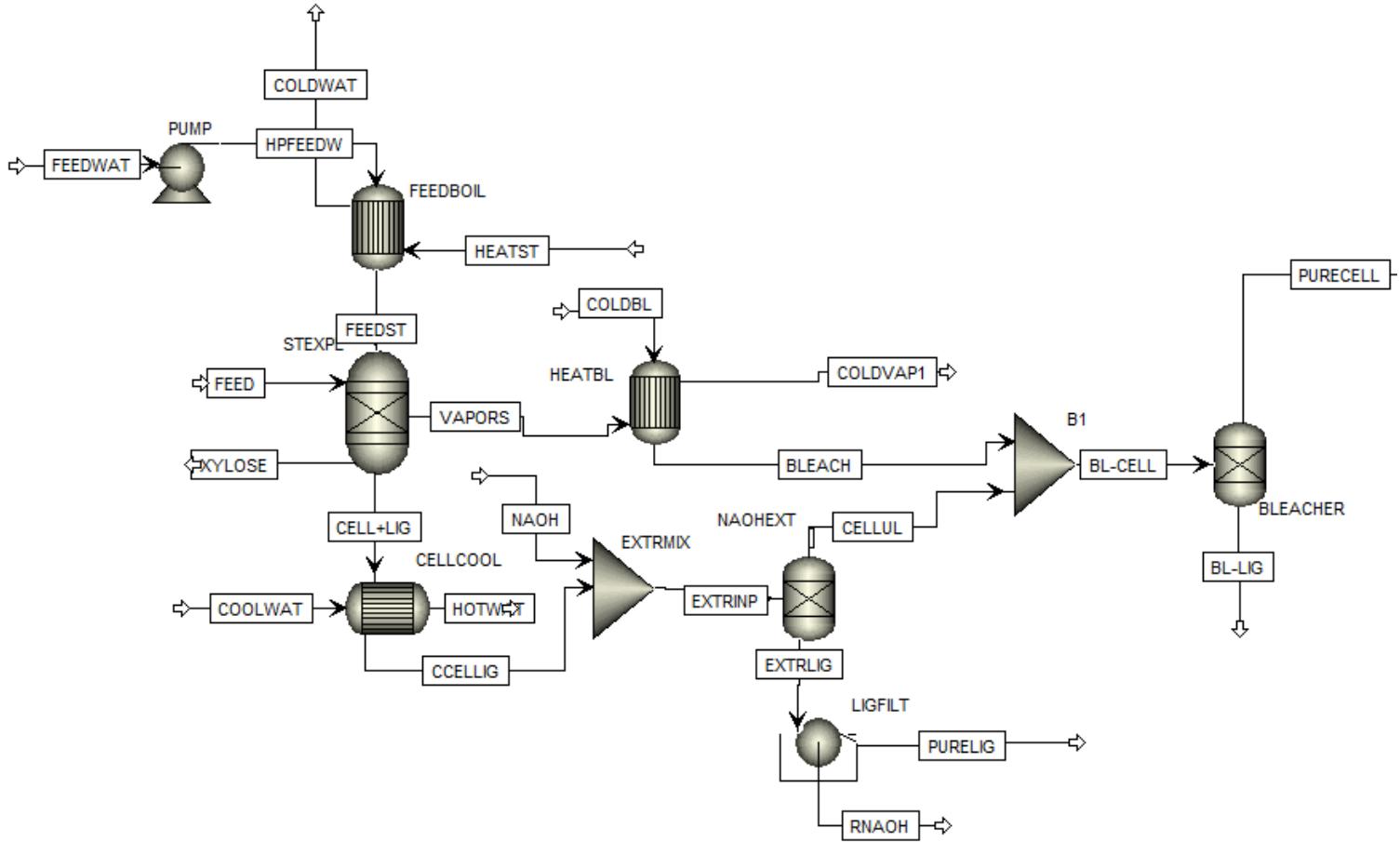
Σχεδιασμός Διεργασιών II

Ολοκλήρωση της Διεργασίας και Κοστολόγηση της

Σύνοψη Διεργασίας

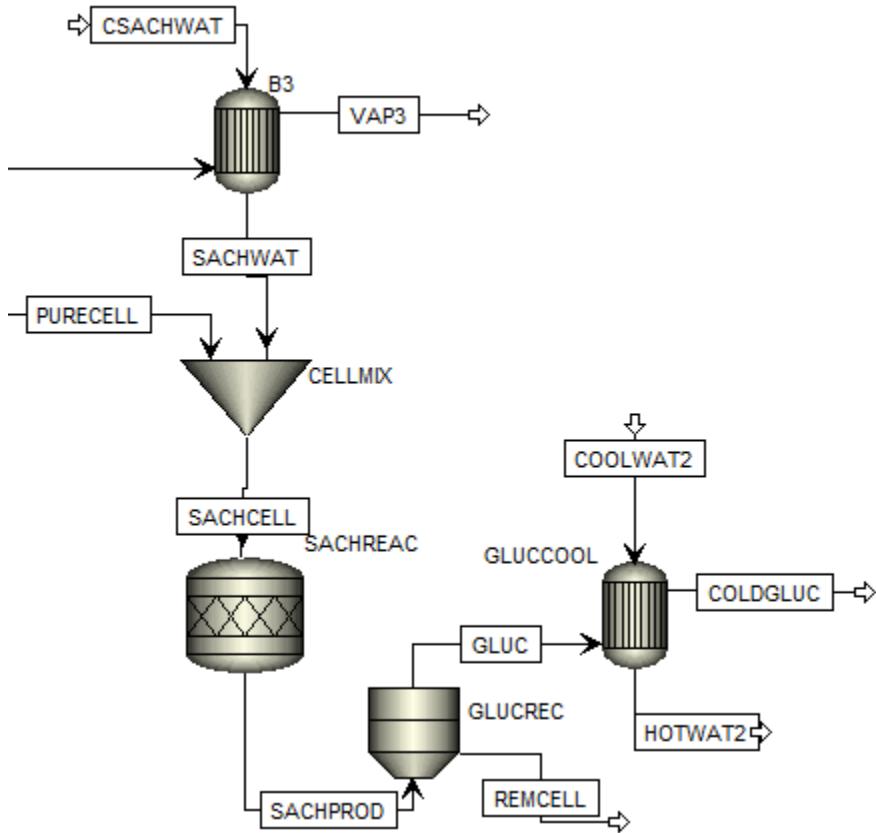


Θερμά και Ψυχρά Ρεύματα – Block 100



Ρεύμα	Είδος	T _{in} (C)	T _{out} (C)	Παροχή (kmol/hr)	Σύσταση
FeedSteam	Ψυχρό	20	232	633.22	Νερό
Vapors	Θερμό	232	30	905.27	Νερό 0.92 CO ₂ 0.08
CellLig	Θερμό	232	80.65	84.76	Κυτταρίνη 0.5 Λιγνίνη 0.5
NaOH	Ψυχρό	20	80.65	80.37	Νερό
Bleach	Ψυχρό	20	69.9	55.62	Νερό 99.5 Χλωρίνη 0.05
Cellulose	Θέρμο	80.65	69.9	54.32	Κυτταρίνη 0.78 Λιγνίνη 0.22

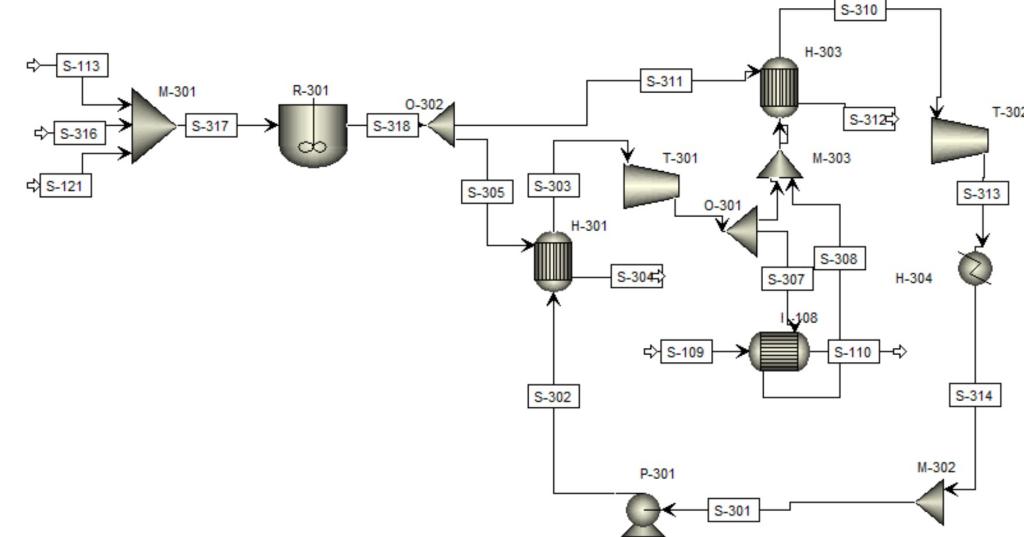
Θερμά και Ψυχρά Ρεύματα – Block 200



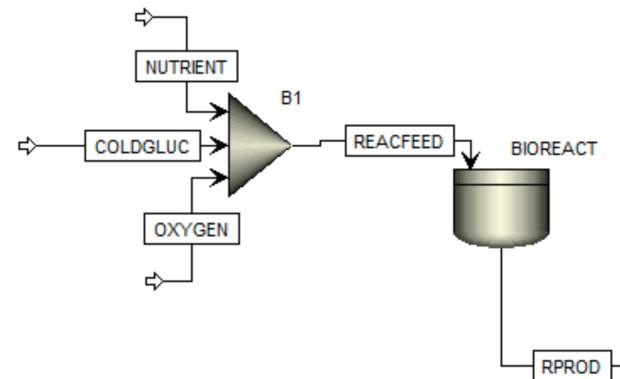
Ρεύμα	Είδος	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	Παροχή (kmol/hr)	Σύσταση
PureCell	Θερμό	61.97	49.75	42.55	Κυτταρίνη
SachWater	Ψυχρό	20	49.75	715	Νερό
Glucose	Θερμό	50	30	669.45	Νερό 0.97 Γλυκόζη 0.03

Block 300 & 400

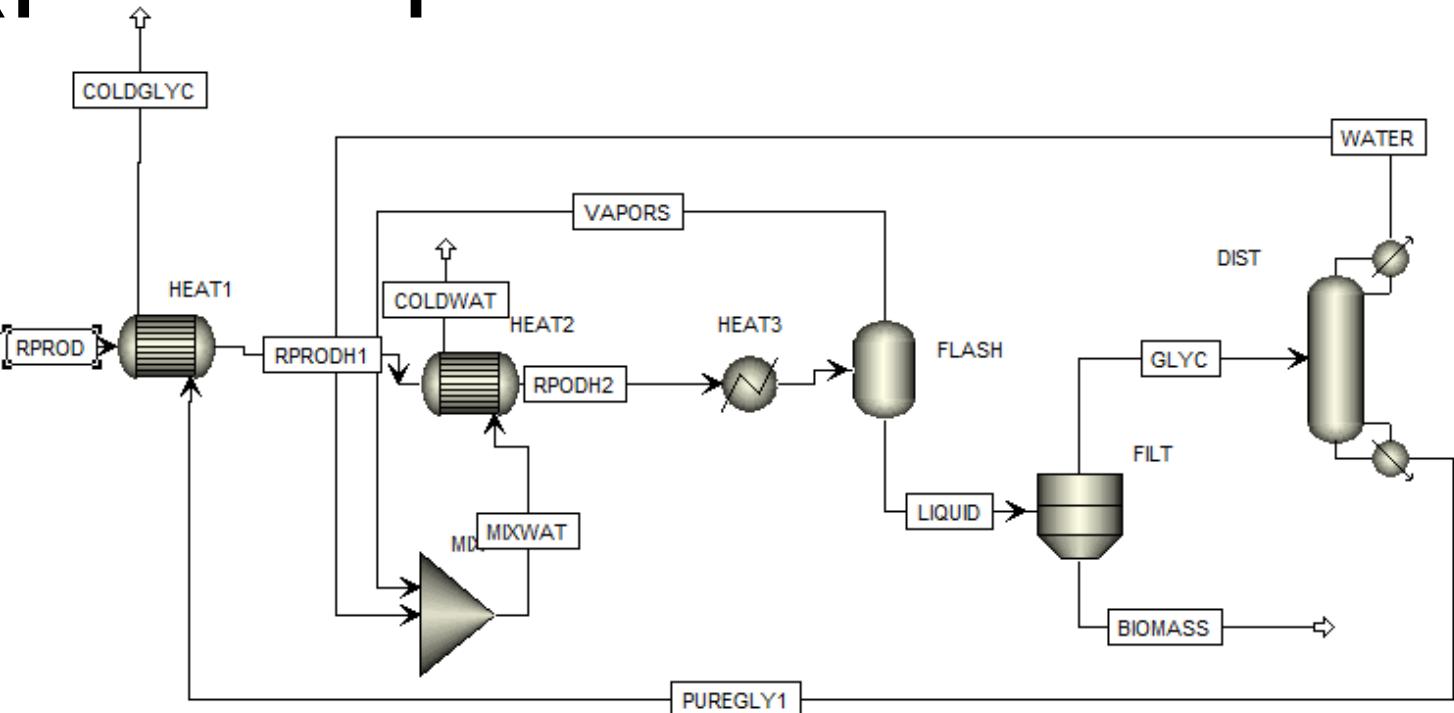
Στο Block 300 γίνεται η καύση της λιγνίνης η οποία έχει ως προϊόν ένα θερμό ρεύμα αλλά δεν λήφθηκε υπόψη στην ολοκλήρωση καθώς θα χρησιμοποιηθεί ως εξωτερική θερμή παροχή καθώς και για ηλεκτρισμό



Στο Block 400 δεν υπάρχει κάποια θερμοκρασιακή μεταβολή άρα δεν συμπεριλήφθηκε κάποιο ρεύμα στην ολοκλήρωση

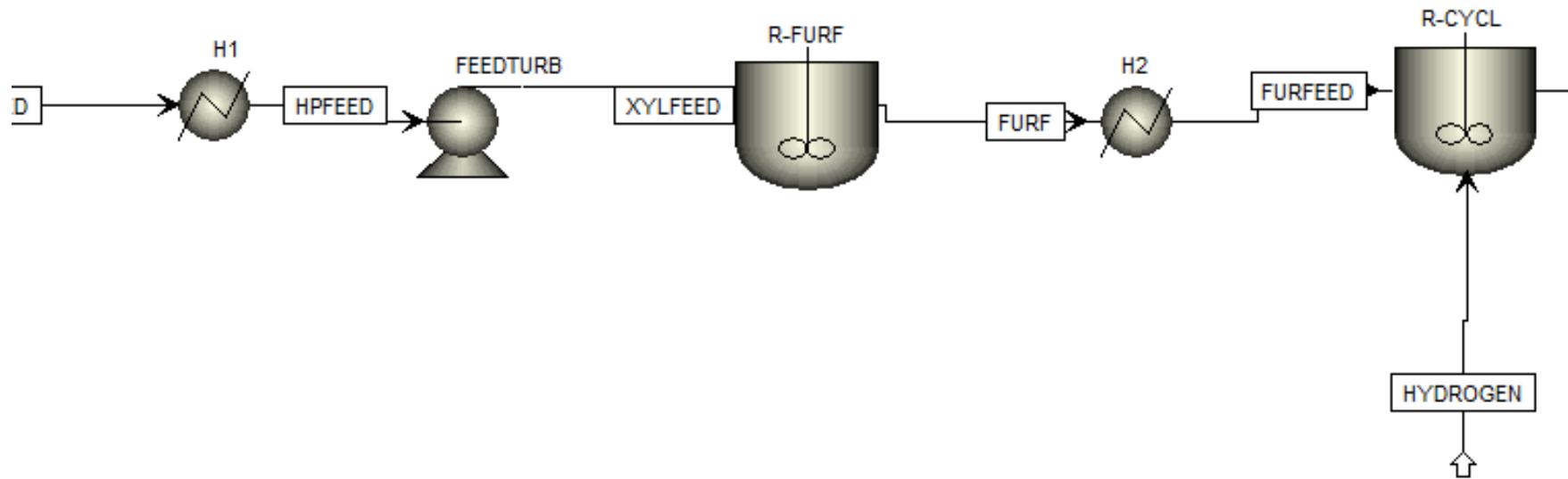


Θερμά και Ψυχρά Ρεύματα – Block 500



Ρεύμα	Είδος	T _{in} (C)	T _{out} (C)	Παροχή (kmol/hr)	Σύσταση
RProd	Ψυχρό	30	140	774.29	Νερό 0.89 CO ₂ 0.08 Γλυκερόλη 0.02 Άλλα 0.01
FlashVaps	Θερμό	140	30	745.99	Νερό 0.91 CO ₂ 0.089 Άλλα 0.01
GlycWater	Θερμό	144.4	30	9.82	Νερό
PureGlycerol	Θερμό	288.9	30	15.9	Γλυκερόλη

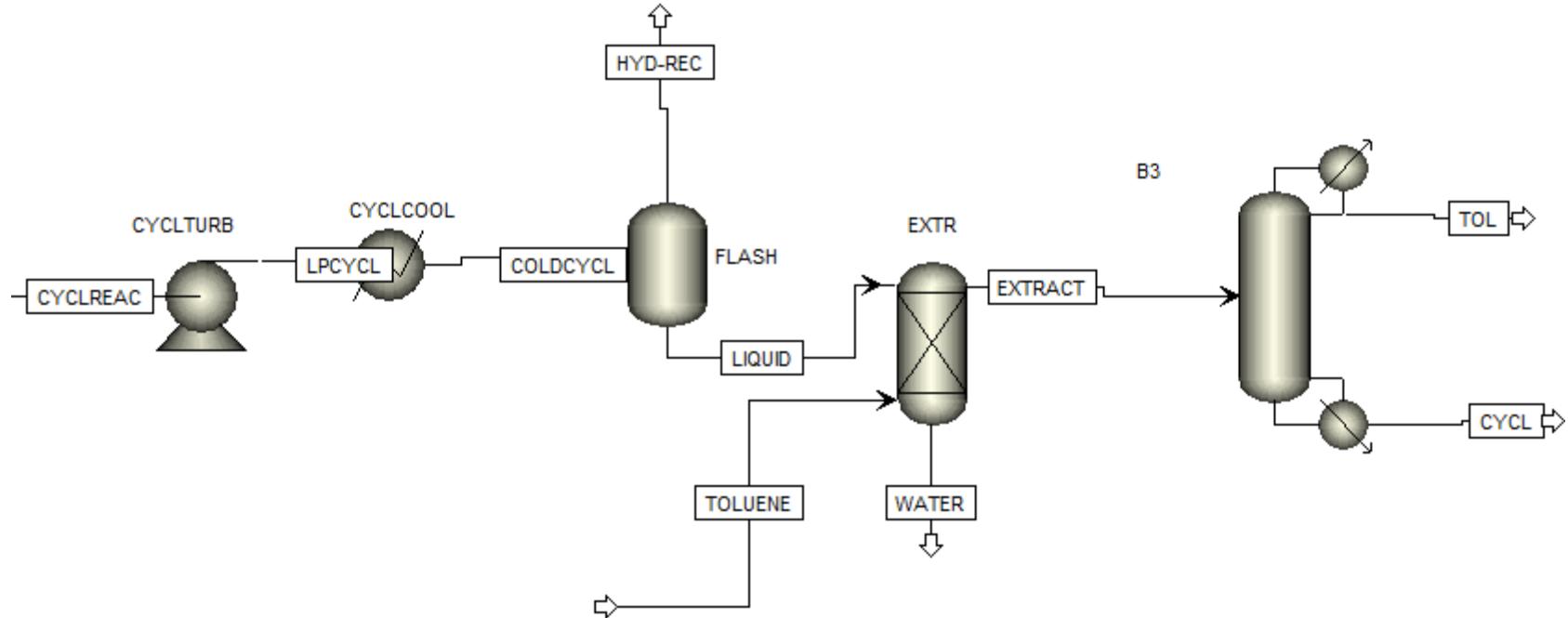
Θερμά και Ψυχρά Ρεύματα - Block 600



Πίνακας 3: Θερμά και Ψυχρά Ρεύματα στο Block 600

Ρεύμα	Είδος	T _{in} (C)	T _{out} (C)	Παροχή (kmol/hr)	Σύσταση
XylFeed	Ψυχρό	232	243	26.38	Ξυλόζη
FurFeed	Θερμό	243	160	105.52	Nερό 0.75 Φουρφουράλη 0.25

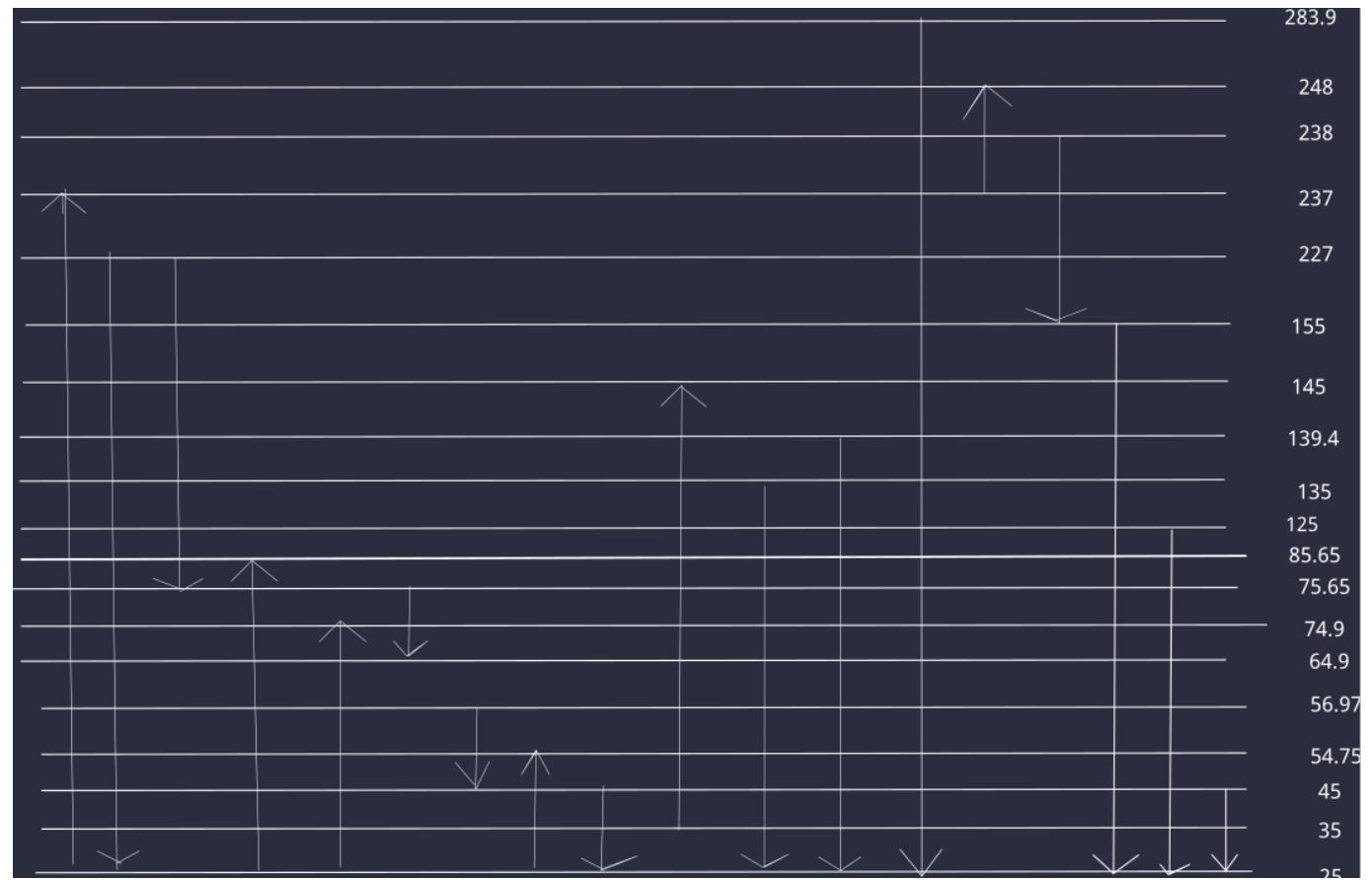
Θερμά και Ψυχρά Ρεύματα – Block 700



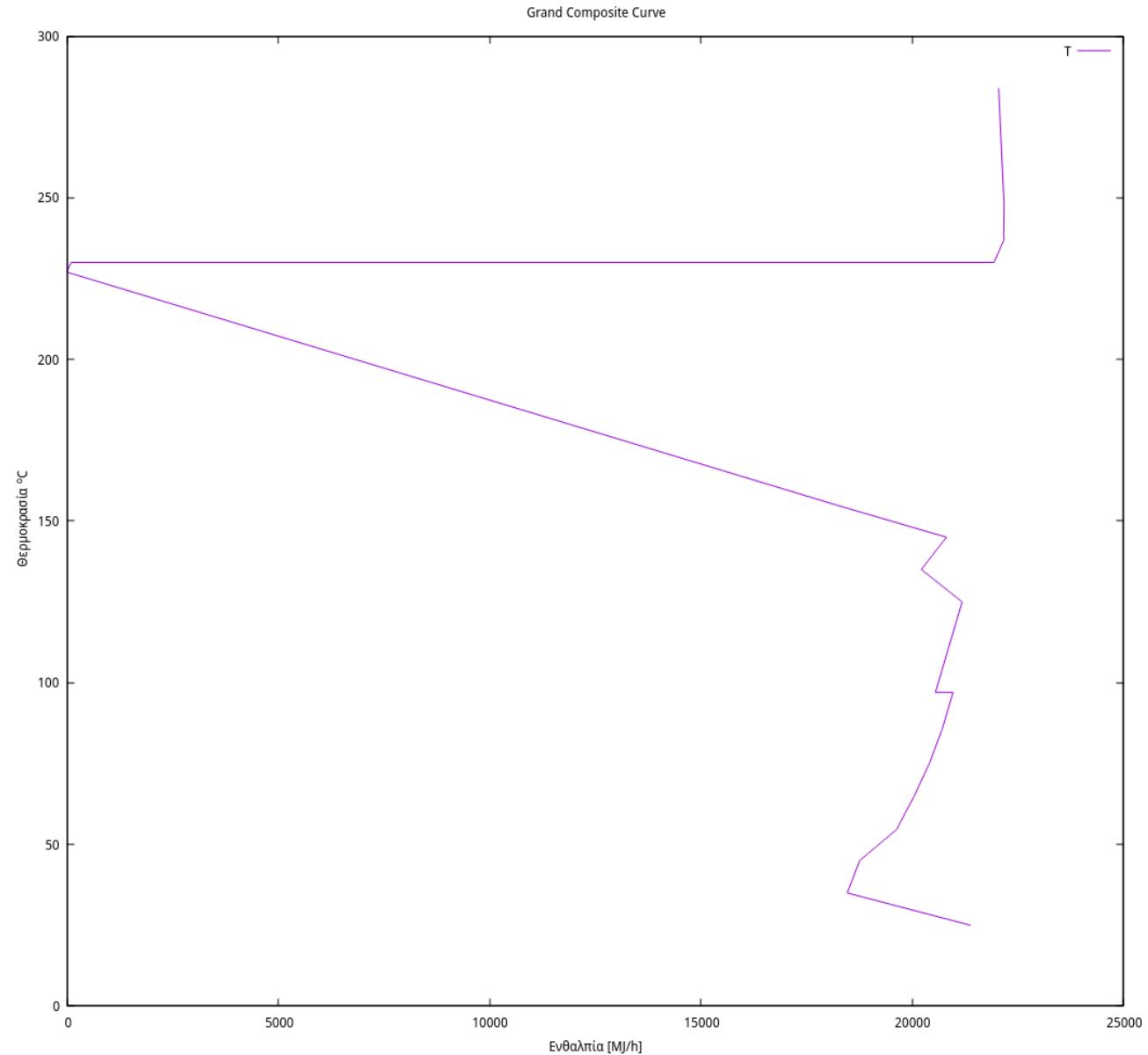
Ρεύμα	Είδος	T_{in} (C)	T_{out} (C)	Παροχή (kmol/hr)	Σύσταση
CyclReac	Θερμό	160	30	2132.66	Κυκλοπεντανόνη 0.2 Νερό 0.79 Τδρογόνο 0.01
Cycl	Θερμό	130	30	26	Κυκλοπεντανόνη 0.98 Φουρφουράλη 0.015 Τολουόλιο 0.005
Tol	Θερμό	50	30	51.02	Τολουόλιο 0.98 Νερό 0.01 Κυκλοπεντανόνη 0.01

Ενεργειακός Καταρράκτης

Πεύμα	Είδος	T _{in} (C)	T _{out} (C)
FeedSteam	Ψυχρό	25	237
StExpVapors	Θερμό	227	25
CellLig	Θερμό	227	75.65
NaOH	Ψυχρό	25	85.65
Bleach	Ψυχρό	25	74.9
Cellulose	Θερμό	75.65	64.9
PureCell	Θερμό	56.97	44.75
SachWater	Ψυχρό	25	54.75
Glucose	Θερμό	45	25
RProd	Ψυχρό	35	145
FlashVaps	Θερμό	135	25
GlycWater	Θερμό	139.4	25
PureGlycerol	Θερμό	283.9	25
XylFeed	Ψυχρό	237	248
FurFeed	Θερμό	238	155
Cyclo	Θερμό	262.8	25
CyclWater	Θερμό	196.5	25



Μεγάλο Σύνθετο Γράφημα



Ολοκλήρωση των Διεργασιών I

Αντιδραστήρας παραγωγής γλυκερόλης

- Ο αντιδραστήρας δεν μπορεί να ολοκληρωθεί καθώς στο ΜΣΓ θα έμπαινε στους 25°C το οποίο είναι κάτω από τον κόμβο ανάσχεσης, ενώ ο αντιδραστήρας είναι εξώθερμος

Αποστακτική στήλη γλυκερόλης

- Με βάση τις θερμοκρασίες λειτουργίας οι οποίες είναι 293°C και 140°C η ολοκλήρωση θα γινόταν μέσα από τον κόμβο ανάσχεσης, το οποίο είναι ανεπιθύμητο και θεωρείται ότι η λειτουργία της στήλης υπό κενό για να μπορούσε να ολοκληρωθεί δεν θα συνέφερε οικονομικά

Αντιδραστήρας παραγωγής φουρφουράλης

- Ο αντιδραστήρας είναι στους 237°C στο ΜΣΓ και είναι εξώθερμος άρα μπορεί να ολοκληρωθεί

Ολοκλήρωση των Διεργασιών II

Αντιδραστήρας παραγωγής κυκλοπεντανόνης

- Ο αντιδραστήρας δεν μπορεί να ολοκληρωθεί καθώς στο ΜΣΓ θα έμπαινε στους 155°C το οποίο είναι κάτω από τον κόμβο ανάσχεσης, ενώ ο αντιδραστήρας είναι εξώθερμος

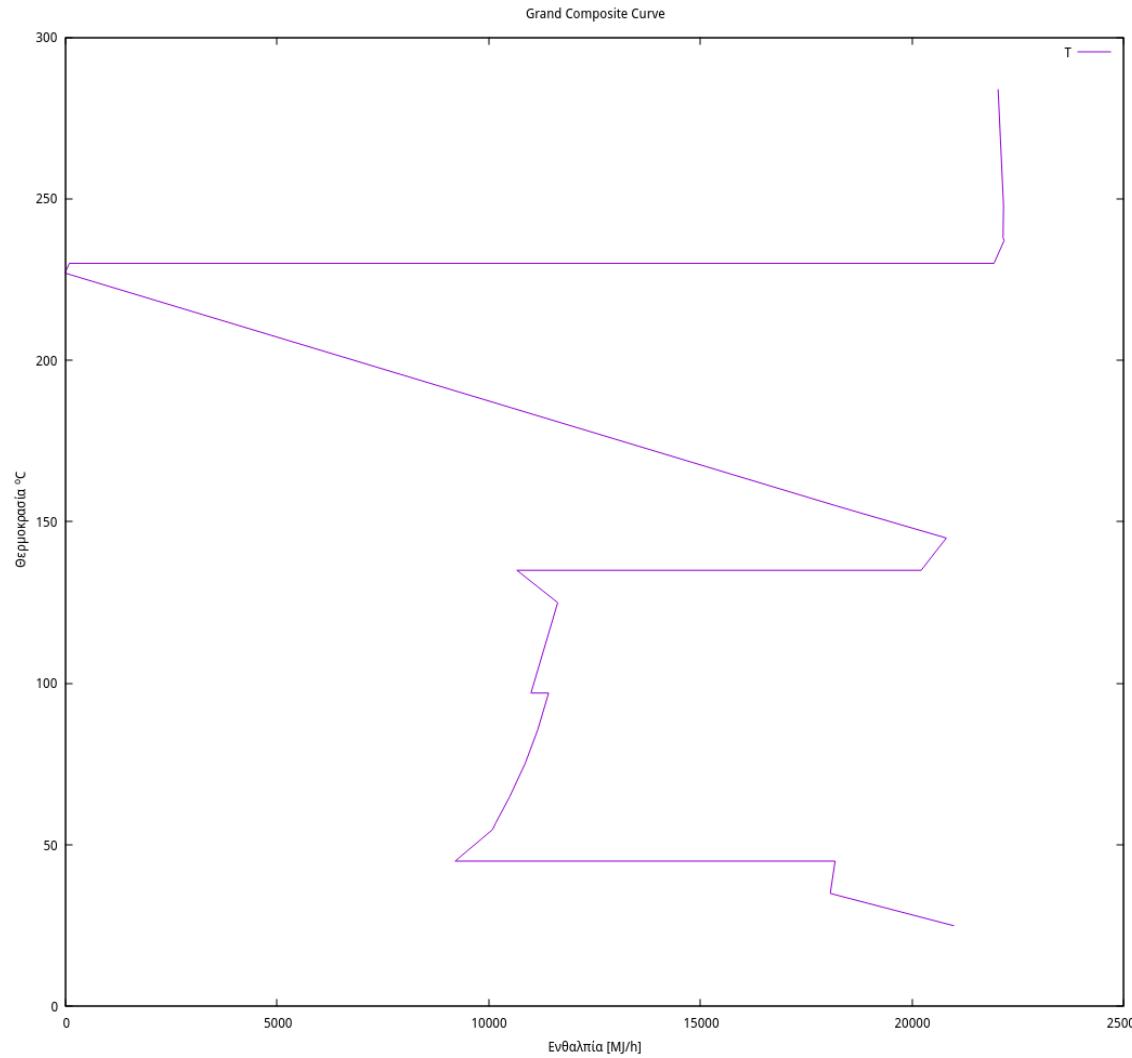
Αποστακτική στήλη κυκλοπεντανόνης

- Με βάση τις θερμοκρασίες λειτουργίας οι οποίες είναι 45°C και 135°C η ολοκλήρωση μπορεί να γίνει κάτω από τον κόμβο ανάσχεσης και υπάρχει το επιθυμητό θερμικό φορτίο

Αντιδραστήρας σακχαροποίησης

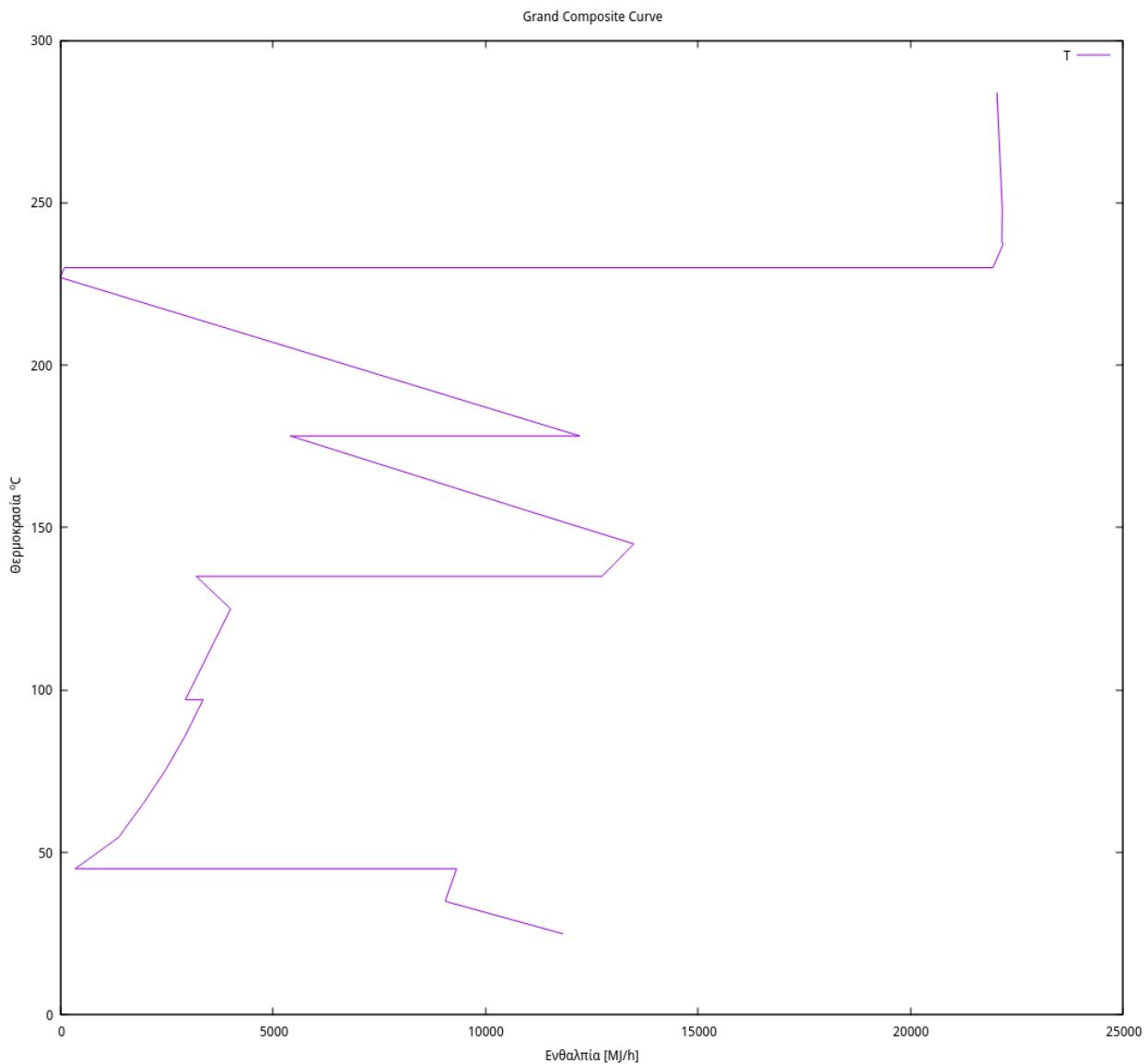
- Ο αντιδραστήρας είναι στους 45°C στο ΜΣΓ και είναι ενδόθερμος άρα μπορεί να ολοκληρωθεί

Μεγάλο Σύνθετο Γράφημα μετά την ολοκλήρωση των διεργασιών



Ενσωματωμένη Ατμοπαραγωγή

- Με βάση το διάγραμμα αυτό περίπου η μισή απαίτηση σε ψυχρή παροχή είναι για θερμοκρασίες στους 190°C και πάνω
- Αυτά δεν έχει νόημα απλώς να ψυχθούν, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ατμού για την εγκατάσταση αυτή
- Με βάση τη θερμοκρασία αυτή ο ατμός μπορεί να είναι στα 8,5 bar και η παροχή του θα προκύψει από την απαίτηση σε ψυχρή παροχή



Τελικά Συμπεράσματα της Ολοκλήρωσης

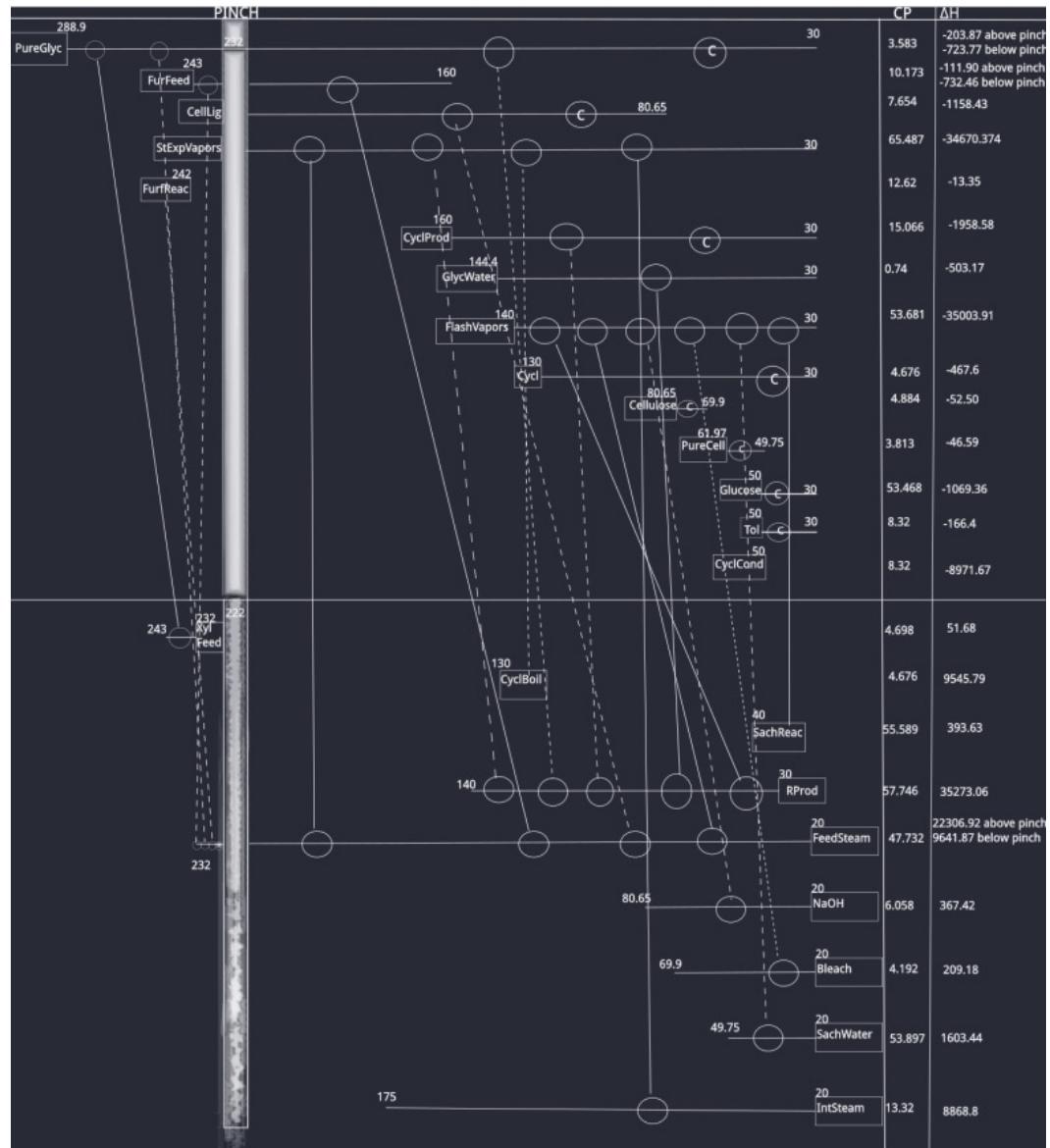
Η απαίτηση σε θερμή παροχή
έγκειται πρακτικά στην
λανθάνουσα θερμότητα που
χρησιμοποιείται για την
διεργασία έκρηξης ατμού

Με βάση αυτή την απαίτηση
επιλέχθηκε η ποσότητα ατμού
που χρειάζεται να παραχθεί
από την λιγνίνη

Η απαίτηση σε ψυχρή παροχή
είναι πλέον μόνο για ρεύματα
σε αρκετά χαμηλές
θερμοκρασίες ($20-45^{\circ}\text{C}$) άρα
έχει νόημα να
χρησιμοποιηθεί ψυκτικό νερό

Δίκτυο Εναλλαγής Θερμότητας

- Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται το προτεινόμενο δίκτυο εναλλαγής θερμότητας σε μορφή διαγράμματος πλέγματος και η λύση που έχει επιλεχθεί δεν είναι σίγουρα η βέλτιστη αλλά λόγω της μορφής του είναι ένα πολύ περίπλοκο πρόβλημα βελτιστοποίησης η εύρεση έστω και τοπικού βέλτιστου



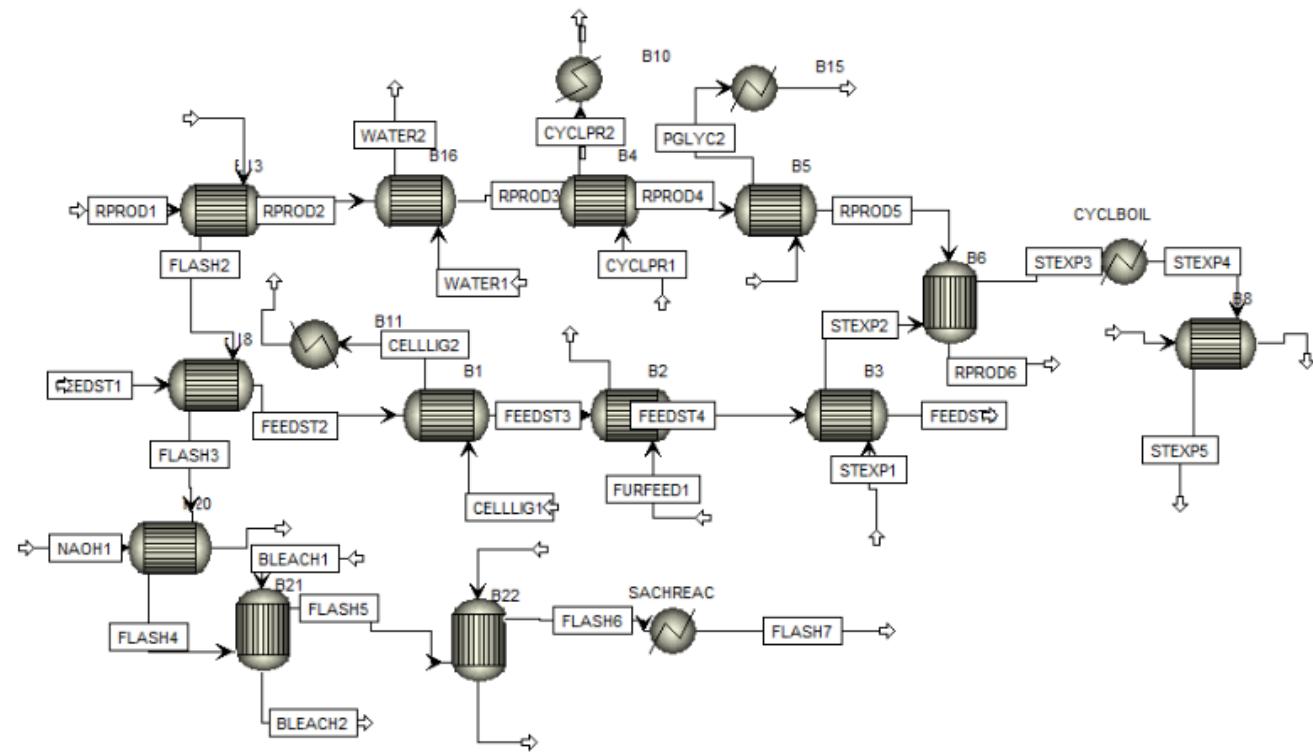
ΔΕΘ πάνω από τον κόμβο ανάσχεσης

Ρεύμα	Είδος	CP (MJ/h K)	ΔH_{tot} (MJ/h)
PureGlyc _a	Θερμό	3.583	-203.8727
FurFeed _a	Θερμό	10.173	-111.903
FurfReac	Θερμό	7.436	-13.35
XylFeed	Ψυχρό	4.698	51.678
FeedSteam _a	Ψυχρό	47.732	22306.92

- Η ολοκλήρωση αυτή είναι σχετικά απλή
- Πρέπει το ρεύμα FurFeed να εναλλάξει με το FeedSteam οπότε το PureGlyc θα εναλλάξει με το XylFeed
- Τα υπόλοιπα θερμά θα εναλλάξουν με το FeedSteam και η υπόλοιπη απαίτησή του θα ολοκληρωθεί από θερμή παροχή η οποία είναι υπέρθερμος ατμός στα 60 bar και 498°C

ΔΕΘ κάτω από τον κόμβο ανάσχεσης

Ρεύμα	Είδος	CP (MJ/h K)	ΔH_{tot} (MJ/h)
PureGlyc _b	Θερμό	3.583	-723.766
FurFeed _b	Θερμό	10.173	-732.456
CellLig	Θερμό	7.654	-1158.4329
StExpVapors	Θερμό	65.487	-34670.374
CyclProd	Θερμό	15.066	-1958.58
GlycWater	Θερμό	0.740	-503.166
FlashVapors	Θερμό	53.681	-35003.91
Cycl	Θερμό	4.676	-467.6
Cellulose	Θερμό	4.884	-52.503
PureCell	Θερμό	3.813	-46.59486
Glucose	Θερμό	53.468	-1069.36
Tol	Θερμό	8.32	-166.4
CyclCond	Θερμό	8.32	-8971.67
CyclBoil	Ψυχρό	4.676	9545.79
SachReac	Ψυχρό	55.589	393.63
RProd	Ψυχρό	57.746	35273.06
FeedSteam _b	Ψυχρό	47.732	9641.864
NaOH	Ψυχρό	6.058	367.4177
Bleach	Ψυχρό	4.192	209.1808
SachWater	Ψυχρό	53.897	1603.4358
IntSteam	Ψυχρό	13.32	8868.8



Επεξήγηση I

Βασιζόμαστε ότι τα δύο πιο απαιτητικά ψυχρά είναι το RProd και το FeedSteam άρα η ολοκλήρωση θα επικεντρωθεί σε αυτά

Αρχικά προθερμένονται από το FlashVapors το οποίο έχει πολύ μεγάλη θερμοχωρητικότητα αλλά χαμηλή θερμοκρασία μετά την προθέρμανσή τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ολοκλήρωση αρκετών ακόμη ψυχρών ρευμάτων

Το ρεύμα το οποίο θα φτάσει τα δύο αυτά στην τελική τους θερμοκρασία θα είναι το StExpVapors εφόσον έχει πολύ μεγάλη θερμοχωρητικότητα και υψηλή θερμοκρασία, όμως για να γλυτώσουμε θερμότητα ολοκληρώνονται κάποια άλλα θερμά ρεύματα πριν από αυτό

Επεξήγηση II

Μετά την θέρμανση των δύο αυτών ρευμάτων το StExpVapors χρησιμοποιείται για την ολοκλήρωση του αναβραστήρα της κυκλοπεντανόνης και για ατμοπαραγωγή

Τελικά, τα θερμά ρεύματα που περισσεύουν έχουν απαίτηση περίπου $2.500\text{MJ/h} + 9.000$ περίπου από τον συμπυκνωτήρα της κυκλοπεντανόνης, το οποίο είναι αρκετά κοντά στο ελάχιστο

Τα υδατικά ρεύματα δεν ψύχονται μέχρι θερμοκρασία περιβάλλοντος όπως έχει θεωρηθεί στην ολοκλήρωση αλλά είναι πλέον σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία όπου δεν έχει νόημα πλέον η εκμετάλλευσή τους

Τιμές αγοράς

τιμή πρώτων
υλών



νερό: 0,00050€/kg

NaOH: 0,45 €/kg

υδρογόνο: 1.8€/kg

βιομάζα και αέρας θεωρείται ότι παρέχονται δωρεάν

τιμή πώλησης
προϊόντων

γλυκερόλη: 0,732 €/kg

κυκλοπεντανόνη: 4,5 €/kg

1GWh = 0,23 εκατομύρρια €/GWh

Οικονομική Ανάλυση

$$ROI = \frac{\text{Κέρδος επένδυσης} - \text{Κόστος επένδυσης}}{\text{Κόστος επένδυσης}} = 71,19\%$$

Blocks	Operating Cost [EUR]	Total Cost [EUR]	Sales [EUR/Year]	Operating Profit [EUR]
100-200	7.882.614	19.443.605	0	-19.443.605
300	1.179.297	11.015.036	48.300.000	37.284.964
400-500	855.341	2.605.917	8.663.913	6.057.996
600-700	42.860.430	45.601.350	77.707.938	32.106.587
Total	52.777.682	78.665.908	134.671.851	56.005.942



Σας ευχαριστούμε πολύ!