|  |
| --- |
| Όνομα: ΑΠΕΕπώνυμο: Αρ. Μητρώου: 29 Σεπτεμβρίου 2017 |

ΘΕΜΑ 1Ο (10 μονάδες)

Σε μέση απόσταση 50 χλμ από τη θέση όπου πρόκειται να εγκατασταθεί μονάδα συμπαραγωγής από βιομάζα, υπάρχουν διαθέσιμα 100 χιλ στρ για την παραγωγή αγριαγκινάρας. Τα ετήσια καλλιεργητικά κόστη για την παραγωγή αγριαγκινάρας είναι 20 €/στρ, η ετήσια αποπληρωμή της αρχικής εγκατάστασης της φυτείας 15 €/στρ και το επιθυμητό περιθώριο κέρδους από τον παραγωγό 50 €/στρ. Αν η μέση στρεμματική απόδοση της αγριαγκινάρας στην περιοχή αναμένεται να είναι 1,5 ξ.τν/στρ και η σύσταση της φυσικής βιομάζας είναι C 52 %, Η 6 %, Ο 42, Τέφρα 3 % και υγρασία 6 %, να υπολογιστεί το ειδικό κόστος (€/ΜWh) της θερμικής ενέργειας εισόδου στη μονάδα με βάση την ΑΘΔ και την ΚΘΔ της πρώτης ύλης. Για τη μεταφορά βιομάζας αγριαγκινάρας χρησιμοποιούνται “μπάλες” με φαινόμενη πυκνότητα 300 kg/m3. Δίνονται: μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 40 tn (ή 130 m3), κόστος φορτοεκφόρτωσης 65 €, μέση ταχύτητα 65 km/hr, κατανάλωση καυσίμου 45 lt/100 km, κόστος καυσίμου 1,5 €lt και κόστος οδηγού και ιδιοκτήτη φορτηγού 25 €hr.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Σύσταση ξετ βιομάζας** | **C** | 520,00 | **gr/kg**  | 43,33 | **mol/kg** |
|  | **H** | 60,00 | **gr/kg**  | 60,00 | **mol/kg** |
|  | **O** | 420,00 | **gr/kg**  | 26,25 | **mol/kg** |
| **ΑΘΔ ξετ βιομάζας** | 18704,36 | **kJ/kg ξετ βιομ.** | **Παραγωγή βιομ.** | 1,60 | **tn βιομ./στρ** |
| **ΑΘΔ βιομάζας** | 17020,97 | **kJ/kg βιομ.** | **Συνολική παραγωγή βιομ.** | 159574,5 | **tn βιομ./έτος** |
| **Περιεχόμενη Υγρασία** | 3,33 | **mol/kg βιομ.** | **Φορτίο βιομ.** | 39,00 | **tn βιομ./δρομολόγιο** |
| **Παραγόμενη Υγρασία** | 27,30 | **mol/kg βιομ.** | **Κόστος μεταφοράς βιομ.** | 4,38 | **€/tn βιομ.** |
| **Ολική υγρασία** | 30,63 | **mol/kg βιομ.** | **κέρδος παραγωγού** | 31,33 | **€/tn** |
| **ΚΘΔ βιομάζας** | 15774,19 | **kJ/kg βιομ.** | **κόστη παραγωγού** | 21,93 | **€/tn** |
| **ΑΘΔ βιομάζας** | 4,73 | **MWh/tn βιομ.** | **Συνολικό κόστος βιομ.** | 57,65 | **€/tn** |
| **ΚΘΔ βιομάζας** | 4,38 | **MWh/tn βιομ.** | **κόστος θερμικής ενέργειας** | 12,193 | **€/MWh ΑΘΔ** |
|  |  |  |  | 13,157 | **€/MWh ΚΘΔ** |

ΘΕΜΑ 2Ο (10 μονάδες)

Η βιομάζα της προηγούμενης σύστασης τροφοδοτείται σε καυστήρα τα απαέρια του οποίου εξέρχονται στους 125 οC και περιέχουν 0,2 % CO, ενώ τροφοδοτείται 60 % περίσσεια αέρα. Να υπολογιστεί η ωφέλιμη θερμική ισχύς και η απόδοση του καυστήρα ως προς την ΚΘΔ της τροφοδοτούμενης βιομάζας. Ο καυστήρας χρησιμοποιείται για την υπερθέρμανση ατμού στους 500 oC και την τροφοδοσία του σε ατμοστρόβιλο. Να υπολογιστεί η ονομαστική ηλεκτρική και θερμική ισχύς της διάταξης καυστήρα – ατμοστροβίλου, καθώς και η ηλεκτρική απόδοση αν η πίεση λειτουργίας του τελευταίου είναι 10 MPa και για τη συμπαραγωγή η θερμοκρασία στον συμπυκνωτή είναι 80 oC. Οι ισεντροπικές αποδόσεις της αντλίας και του στροβίλου είναι 75 %. Να εκτιμηθεί επίσης ο χρόνος αποπληρωμής των ιδίων κεφαλαίων της σχετικής επένδυσης. (Δίνονται: τροφοδοσία βιομάζας 100.000 tn βιομάζας/έτος, κόστος βιομάζας 40 €/tn, τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας 150 €/MWh και τιμή διάθεσης θερμότητας 20 €/MWhthermal.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Θερμ. σχημ. ξετ βιομ.** | **6921,30** | **kJ/kg ξετ βιομ.** | **h1** | **335,02**  | **kJ/kg** | **Δυναμικότητα** | **12,22**  | **ΜWel** |
| **Οξυγόνο για πλ. Καύση** | **41,14** | **mol O2/kg βιομ.** | **wins** | **12,35**  | **kJ/kg** |  | **33,93**  | **ΜWth** |
| **Τροφοδοσία Οξυγόνου** | **65,82** | **mol O2/kg βιομ.** | **win** | **16,46**  | **kJ/kg** | **Ειδική πάγια επένδυση** | **2.419** | **€/kWel** |
| **Τροφοδοσία Αζώτου** | **247,62** | **mol O2/kg βιομ.** | **h2** | **351,48**  | **kJ/kg** | **Πάγια επένδυση** | **29.560** | **εκ. €** |
| **Παραγόμενη θερμότητα** | **16826,99** | **kJ/kg βιομ.** | **Ατμός** | **4,81**  | **kg/kg βιομ.** | **Επιδότηση** | **11.824** | **εκ. €** |
| **Απώλειες καυσαερίων** | **1028,86** | **kJ/kg βιομ.** | **x4s** | **0,85**  |  | **Ίδια** | **17.736** | **εκ. €** |
| **Λανθάνουσα θερμότητα** | **1246,78** | **kJ/kg βιομ.** | **h4s** | **2.285,76**  | **kJ/kg** | **Έσοδα ηλεκ. ενέργειας** | **16.052** | **εκ. €** |
| **Ωφέλιμη θερμότητα** | **14551,36** | **kJ/kg βιομ.** | **wouts** | **1.089,34**  | **kJ/kg** | **Έσοδα θερμ. ενέργειας** | **5.943** | **εκ. €** |
| **Απαέρια** |  |  | **wout** | **817,01**  | **kJ/kg** | **Έσοδα** | **21.996** | **εκ. €** |
| **CO2** | **38,75** | **mol/kg βιομάζας** | **h4** | **2.558,09**  | **kJ/kg** | **Έξοδα πρώτης ύλης** | **4.000** | **εκ. €** |
| **H2O** | **30,63** | **mol/kg βιομάζας** | **Wout** | **3.931,90**  | **kJ/kg βιομ.** | **Εργασία** | **0.733** | **εκ. €** |
| **CO\*** | **0,69** | **mol/kg βιομάζας** | **Win** | **79,22**  | **kJ/kg βιομ.** | **Λοιπά έξοδα** | **0.488** | **εκ. €** |
| **O2** | **25,03** | **mol/kg βιομάζας** | **Wel** | **3.852,67**  | **kJ/kg βιομ.** | **Λειτουργικά έξοδα** | **5.221** | **εκ. €** |
| **N2** | **247,62** | **mol/kg βιομάζας** | **Q** | **10.698,69**  | **kJ/kg βιομ.** | **Αποσβέσεις** | **1.773** | **εκ. €** |
| **Συνολικά** | **342,71** | **mol/kg βιομάζας** | **nel** | **24,42**  | **%** |  |  |  |
|  |  |  | **nth** | **67,82**  | **%** | **EBTD** | **16.774** | **εκ. €** |
|  |  |  | **ncogen** | **92,25**  | **%** | **κέρδη προ φόρων** | **15.001** | **εκ. €** |
|  |  |  |  |  |  | **Καθαρά κέρδη** | **11.250** | **εκ. €** |
|  |  |  |  |  |  | **Χρόνος αποπληρωμής** | **1,58**  | **έτη** |

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Μονάδα αναερόβιας χώνευσης τροφοδοτείται με ζωικά απόβλητα (1000 tn/yr) και ενεργειακό αραβόσιτο (2000 tn/gr – Πίνακας Δεδομένων). Να συμπληρωθεί ο Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Πίνακας Δεδομένων

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ολικά στερεά στον χωνευτή | 10 | % |  |  |  |
|  | ζωικά | αραβόσιτος |  |  |  |  |
| C | 52 | 50 | % κ.β. | μετατροπή πτητικών στερεών | 60 | % VS |
| O | 42 | 44 | % κ.β. | Θερμοκρασία χώνευσης | 37 | οC |
| H | 6 | 6 | % κ.β. |  |  |  |
| ανόργανα | 4 | 3 | % κ.β. |  |  |  |
| πτητικά στερεά (VS) | 70 | 80 | % TS |  |  |  |

Πίνακας Αποτελεσμάτων

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Σύσταση ολικών στερεών (2,5 μονάδες)**  |   |   |   | **Χωνευτής (2,5 μονάδες)**  |   |  |  |
| C | **49,21** | % κ.β. |   |   | Μετατροπή στερεών | **60,00** | % VS |  |  |
| O | **41,50** | % κ.β. |   |   | HRT | **35,51** | days |  |  |
| H | **5,79** | % κ.β. |   |   | Τροφοδοσία | **109,59** | m3/d | **0,0013** | m3/s |
| ανόργανα | **3,50** | % κ.β. |   |   | V υγρής φάσης | **3891,57** | m3 |  |  |
| σταθερός άνθρακας | **21,50** | % TS |   |   | V χωνευτή | **5188,76** | m3 |  |  |
| **Σύσταση πτητικών στερεών (2,5 μονάδες)**   |   |   | **Παραγωγή βιοαερίου (2,5 μονάδες)** |  |  |
| C | **36,95** | % κ.β. | **30,79** | mol/kgVS | CH4 | **16,40** | mol/kgVS |  |  |
| O | **55,33** | % κ.β. | **34,58** | mol/kgVS | CO2 | **14,39** | mol/kgVS |  |  |
| H | **7,72** | % κ.β. | **77,20** | mol/kgVS | CH4 | **53,26** | % κ.ο. |  |  |
| **Τροφοδοσία πτητικών στερεών** | **75,00** | % TS |   |   | CO2 | **46,74** | % κ.ο. |  |  |
|   | **3000** | tnVS/yr |   |   | βιοαέριο | **39,36** | lt/s |  |  |
|   | **0,095** | kgVS/s |   |   | ΚΘΔ βιοαερίου | **19,08** | kJ/lt | **751,23** | kJ/s |

ΑΘΔ = 33.890,4 xC + 144.180,6 x (H – O/8) [kJ/kg] Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης νερού: 40,7 kJ/mol

Θερμοχωρητικότητα νερού: 4,23 kJ/kgK Πυκνότητα νερού: 1000 kg/m3

Ειδική πάγια επένδυση: 4029-643\*ln(Δυναμικότητα σε MW) [€/kWe]

Επιδότηση: 40 % Πάγιας επένδυσης

Εργασία: 3 εργαζόμενοι ανά MW, 20.000 €/εργαζόμενο Λοιπά έξοδα: (2/3)\*Εργασία

Αποσβέσεις: 10 % Ιδίων κεφαλαίων Φόρος: 25 %

Αντίδραση χώνευσης: **CaHbOcNd** + [(4a-b-2c+3d)/4]**H2O** => [(4a+b-2c-3d)/8]**CH4** + [(4a-b+2c+3d)/8]**CO2** + d**NH3**

Μετατροπή πτητικών στερεών: **% μετατροπή VS** = 17,9 x ln**HRT** – 3,9

Όγκος χωνευτή: Vχωνευτή = 4/3 Vυγρή φάσης

|  |  |
| --- | --- |
| **Θερμοδυναμικά Δεδομένα Ατμού** |  |
| **Τ, οC** | **80** | **311** | **500** |
| **P, bar** | **0,47416** | **100** | **100** |
| **vl, m3/kg** | **0,001029** | **0,001452** |  |
| **hl, kJ/kg** | **335,02** |  |  |
| **hv, kJ/kg** | **2643,0** |  | **3375,1** |
| **sl, kJ/kgK** | **1,0756** |  |  |
| **sg, kJ/kgK** | **7,6111** |  | **6,5995** |