|  |
| --- |
| Επώνυμο: Όνομα: Αρ. Μητρώου: 25 Σεπτεμβρίου 2019 ΒΑΣΗ 15 ΜΟΝΑΔΕΣ |

ΘΕΜΑ 1Ο (10 μονάδες)

Σε μέση απόσταση 50 χλμ από τη θέση όπου πρόκειται να εγκατασταθεί μονάδα συμπαραγωγής από βιομάζα, υπάρχουν διαθέσιμα 0,5 εκ στρ για την παραγωγή αγριαγκινάρας. Τα ετήσια καλλιεργητικά κόστη για την παραγωγή αγριαγκινάρας είναι 25 €/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 48 %, Η 5 %, Ο 47, Τέφρα 4 % και υγρασία 10 %, 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 500 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** | 480,00 | **gr/kg**  | 40,00 | **mol/kg** |
|  | **H** | 50,00 | **gr/kg**  | 50,00 | **mol/kg** |
|  | **O** | 470,00 | **gr/kg**  | 29,38 | **mol/kg** |
| **ΑΘΔ ξετ βιομάζας** | 15005,81 | **kJ/kg ξετ βιομ.** | **Παραγωγή βιομ.** | 1,67 | **tn βιομ./στρ** |
| **ΑΘΔ βιομάζας** | 12905,00 | **kJ/kg βιομ.** | **Συνολική παραγωγή βιομ.** | 833333,3 | **tn βιομ./έτος** |
| **Περιεχόμενη Υγρασία** | 5,56 | **mol/kg βιομ.** | **Φορτίο βιομ.** | 40,00 | **tn βιομ./δρομολόγιο** |
| **Παραγόμενη Υγρασία** | 21,50 | **mol/kg βιομ.** | **Κόστος μεταφοράς βιομ.** | 4,27 | **€/tn βιομ.** |
| **Ολική υγρασία** | 27,06 | **mol/kg βιομ.** | **κέρδος παραγωγού** | 30,00 | **€/tn** |
| **ΚΘΔ βιομάζας** | 11803,84 | **kJ/kg βιομ.** | **κόστη παραγωγού** | 24,00 | **€/tn** |
| **ΑΘΔ βιομάζας** | 3,58 | **MWh/tn βιομ.** | **Συνολικό κόστος βιομ.** | 58,27 | **€/tn** |
| **ΚΘΔ βιομάζας** | 3,28 | **MWh/tn βιομ.** | **κόστος θερμικής ενέργειας** | 16,256 | **€/MWh ΑΘΔ** |
|  |  |  |  | 17,773 | **€/MWh ΚΘΔ** |

ΘΕΜΑ 2Ο (10 μονάδες)

Η βιομάζα του Θέματος 1 τροφοδοτείται σε καυστήρα τα απαέρια του οποίου εξέρχονται στους 150 οC και περιέχουν 0,5 % CO, ενώ τροφοδοτείται 100 % 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 80 %.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Θερμ. σχημ. ξετ βιομ.** | 7303,73 | **kJ/kg ξετ βιομ.** | **h1** | 335,02  | **kJ/kg** | **wout** | 871,47  | **kJ/kg** |
| **Οξυγόνο για πλ. Καύση** | 37,34 | **mol O2/kg βιομ.** | **wins** | 12,35  | **kJ/kg** | **h4** | 2.503,63  | **kJ/kg** |
| **Τροφοδοσία Οξυγόνου** | 74,68 | **mol O2/kg βιομ.** | **win** | 15,43  | **kJ/kg** | **Wout** | 3.498,81  | **kJ/kg βιομ.** |
| **Τροφοδοσία Αζώτου** | 280,92 | **mol O2/kg βιομ.** | **h2** | 350,45  | **kJ/kg** | **Win** | 61,96  | **kJ/kg βιομ.** |
| **Παραγόμενη θερμότητα** | 15175,53 | **kJ/kg βιομ.** | **Ατμός** | 4,01  | **kg/kg βιομ.** | **Wel** | 3.436,85  | **kJ/kg βιομ.** |
| **Απώλειες καυσαερίων** | 1436,33 | **kJ/kg βιομ.** | **x4s** | 0,85  |  | **Q** | 8.706,57  | **kJ/kg βιομ.** |
| **Λανθάνουσα θερμότητα** | 1243,16 | **kJ/kg βιομ.** | **h4s** | 2.285,76  | **kJ/kg** | **nel** | 24,33  | **%** |
| **Ωφέλιμη θερμότητα** | 12496,05 | **kJ/kg βιομ.** | **wouts** | 1.089,34  | **kJ/kg** | **nth** | 61,63  | **%** |
| **Απαέρια** |  |  |  |  |  | **ncogen** | 85,96  | **%** |
| **CO2** | 34,32 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **H2O** | 30,54 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **CO\*** | 1,93 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **O2** | 38,30 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **N2** | 280,92 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **Συνολικά** | 386,02 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Η βιομάζα του Θέματος 1 τροφοδοτείται σε μονάδα αεριοποίησης. Να συμπληρωθούν οι Πίνακες λύσης. Δίνονται:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Οξυγόνο Αεριοποίησης | 20 | % Ο2 καύσης | **Υπόλειμ. (οργανικό μέρος)** |
| Η2Ο Αεριοποίησης | 2 | mol/mol O2 | C | 90 | % |
| Έκταση Αεριοποίησης | 90 | % ξηρής βιομ. | H | 1 | % |
| CH4 στο αέριο αεριοπ. | 5 | % | O | 9 | % |

Πίνακας Λύσης

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Αεριοιποιητής**   |  |  |  |   |   |
| **μέσο αεριοποίησης** | **Ισοζύγια mol** | **είσοδος** | **υπόλειμμα** | **αέριο** | **Παραγόμενο Αέριο**  |
| Ο2 | 7,47 | mol/kg βιομ. | C, mol/kg βιομ. | 36,25 | 0,00375 | 36,246 | Η2 | 38,05 | mol/kg βιομ. |
| Η2Ο | 14,94 | mol/kg βιόμ. | Η, mol/kg βιομ. | 90,96 | 0,00050 | 90,958 | CO | 6,82 | mol/kg βιομ. |
| Οργανικό Υπόλειμμα |  | Ο, mol/kg βιομ. | 58,24 | 0,00028 | 58,239 | CH4 | 3,71 | mol/kg βιομ. |
| 0,050 | kg/kg βιομ. |   |  |  |  | CO2 | 25,71 | mol/kg βιομ. |
| Θερμότητα Αντίδρασης | 106,56 | kJ/kg βιομ. |   | Θερμοκρασία αερίου | 948,94 | οC |
| Θερμότητα εξάτμισης νερού | 788,74 | kJ/kg βιομ. |   | ΚΘΔ αερίου | 14113,01 | kJ/kg βιομ. |
| ΚΘΔ υπολείμματος | 1516,05 | kJ/kg βιομ. |   | Όγκος αερίου | 1,66 | m3/kg βιομ. |
|  |  |  |  | ΚΘΔ αερίου | 8480,22 | kJ/m3 |
| Θερμοκρασία αερίου | 1221,94 | K |   | Αισθητή θερμ. αερίου | 2411,35 | kJ/kg βιομ. |

ΘΕΜΑ 4Ο (10 μονάδες)

Μονάδα αναερόβιας χώνευσης τροφοδοτείται με ζωικά απόβλητα (3000 tn/yr) και ενεργειακό αραβόσιτο (3000 tn/gr – Πίνακας Δεδομένων). Να συμπληρωθεί ο Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Πίνακας Δεδομένων

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ολικά στερεά στον χωνευτή | 8 | % |  |  |  |
|  | ζωικά | αραβόσιτος |  |  |  |  |
| C | 55 | 50 | % κ.β. | μετατροπή πτητικών στερεών | 60 | % VS |
| O | 40 | 44 | % κ.β. | Θερμοκρασία χώνευσης | 37 | οC |
| H | 5 | 6 | % κ.β. |  |  |  |
| ανόργανα | 10 | 4 | % κ.β. |  |  |  |
| πτητικά στερεά (VS) | 70 | 80 | % TS |  |  |  |

Πίνακας Αποτελεσμάτων

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Σύσταση ολικών στερεών (2,5 μονάδες)**  |   |   |   | **Χωνευτής (2,5 μονάδες)**  |   |  |  |
| C | 48,75 | % κ.β. |   |   | Μετατροπή στερεών | 60,00 | % VS |  |  |
| O | 39,12 | % κ.β. |   |   | HRT | 35,51 | days |  |  |
| H | 5,13 | % κ.β. |   |   | Τροφοδοσία | 205,48 | m3/d | **0,0024** | m3/s |
| ανόργανα | 7,00 | % κ.β. |   |   | V υγρής φάσης | 7296,71 | m3 |  |  |
| σταθερός άνθρακας | 18,00 | % TS |   |   | V χωνευτή | 9728,94 | m3 |  |  |
| **Σύσταση πτητικών στερεών (2,5 μονάδες)**   |   |   | **Παραγωγή βιοαερίου (2,5 μονάδες)** |  |  |
| C | 41,00 | % κ.β. | 34,17 | mol/kgVS | CH4 | 17,48 | mol/kgVS |  |  |
| O | 52,16 | % κ.β. | 32,60 | mol/kgVS | CO2 | 16,68 | mol/kgVS |  |  |
| H | 6,84 | % κ.β. | 68,40 | mol/kgVS | CH4 | 51,17 | % κ.ο. |  |  |
| **Τροφοδοσία πτητικών στερεών** | 75,00 | % TS |   |   | CO2 | 48,83 | % κ.ο. |  |  |
|   | 4500 | tnVS/yr |   |   | βιοαέριο | 65,53 | lt/s |  |  |
|   | 0,143 | kgVS/s |   |   | ΚΘΔ βιοαερίου | 18,33 | kJ/lt | **1201,38** | kJ/s |

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

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Θερμοδυναμικά Δεδομένα Ατμού** |  | **Άλλα θερμοδυναμικά δεδομένα** |
| **Τ, οC** | 80 | 311 | 500 | **ΔΗCO2** | 393,5 | kJ/mol |
| **P, bar** | 0,47416 | 100 | 100 | **ΔΗCO** | 110,5 | kJ/mol |
| **vl, m3/kg** | 0,001029 | 0,001452 |   | **ΔΗH2Og** | 241,8 | kJ/mol |
| **hl, kJ/kg** | 335,02 |   |   | **ΔΗCH4** | 74,5 | kJ/mol |
| **hv, kJ/kg** | 2643,0 |   | 3375,1 | **kJ/molK** | **α** | **β** |
| **sl, kJ/kgK** | 1,0756 |   |   | **cpH2** | 0,028 | 0,00000339 |
| **sg, kJ/kgK** | 7,6111 |   | 6,5995 | **cpCO** | 0,028 | 5,02E-06 |
|  |  |  |  | **cpCH4** | 0,022 | 4,81E-06 |
|  |  |  |  | **cpCO2** | 0,043 | 1,15E-05 |
|  |  |  |  | **cpH2O** | 0,034 | 6,28E-07 |
|  |  |  |  | **cpO2** | 0,035 | 1,08E-06 |