ΔΠΘ Μη Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Β

Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος 18 Σεπτεμβρίου 2017

ΘΕΜΑ 1Ο (10 μονάδες)

Σε περιοχή με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 11 m/s, να υπολογιστεί η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ ύψους 80 m και μήκους πτερυγίων 40 m, που έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: ταχύτητα έναρξης 6 m/s, ονομαστική ταχύτητα 12 m/s, ταχύτητα αποκοπής 20 m/s, ονομαστική απόδοση 40 %, ηλεκτρική απόδοση 90 %, ενώ ο συντελεστής τραχύτητας του εδάφους είναι 0,15. Αν στην περιοχή αυτή εγκατασταθούν 20 Α/Γ των παραπάνω χαρακτηριστικών, να υπολογιστεί η ετήσια ηλεκτροπαραγωγή, το κόστος εγκατάστασης του αιολικού πάρκου και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης αν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διατίθεται στα 35 €/MWh.

ΘΕΜΑ 2Ο (10 μονάδες)

Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m2) που δέχεται ένα τετραγωνικό μέτρο, στη διάρκεια ενός έτους εάν αυτό παρακολουθεί την ημερήσια διαδρομή του ήλιου (μεταβαλλόμενη κλίση διπλού άξονα), σε γεωγραφικό 36ο, δίνεται στον σχετικό Πίνακα Να υπολογισθεί ο χρόνος αποπληρωμής της αρχικής επένδυσης, αν η τιμή που θα πρέπει να διαθέτει ένας φ/β σταθμός με πλαίσια διαστάσεων 1,2m x 1,2m (ΜΡΡ 200 Wp) ονομαστικής ισχύος 0,2 ΜWp, είναι 105 €/MWh έτη. Η πρόβλεψη μέσου ετήσιου πληθωρισμού να θεωρηθεί 2 %. Για τη λύση της άσκησης έχουν γίνει οι υπολογισμοί του σχετικού Πίνακα. Δίνονται:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| κόστoς αγοράς πλαισίων | 400,00 | €/kWp | κόστος βάσεων στήριξης  | 250,00 | €/kWp |
| κόστος μελέτης και εγκατάστασης  | 150,00 | €/kWp | ετήσια λειτουργικά έξοδα | 20,00 | €/kWp |
| κόστος ηλεκτρονικών ισχύος  | 250,00 | €/kWp |  |  |  |

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Η συνολική ετήσια κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης μίας πόλης ανέρχεται σε 20.000 τόνους πετρελαίου, στο διάστημα Οκτωβρίου – Μαρτίου. Υδροθερμικός ταμιευτήρας συμπιεσμένου νερού 300 οC σε πίεση 100 bar πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των θερμικών αυτών αναγκών από γεωθερμική μονάδα συμπαραγωγής. Η κεφαλή της γεώτρησης και ο διαχωριστής βρίσκονται σε πίεση 50 bar και η θερμοκρασία στον συμπυκνωτή είναι 80 oC. Η θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 42 MJ/kg και η ισεντροπική απόδοση του στροβίλου 90 %.



Να υπολογιστούν: (1) Η μαζική παροχή του γεωθερμικού ρευστού, (2) Η ισχύς ηλεκτροπαραγωγής και η ισχύς θερμικής παραγωγής, (3) Η ηλεκτρική απόδοση του στροβίλου και η ηλεκτρική απόδοση της διεργασίας και (4) Η διατομή της γεώτρησης

**ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ**

|  |
| --- |
| Κατανομή Weibull: $hi= \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{V\_{i}}{c}\right)^{k-1}e^{-\left(\frac{V\_{i}}{c}\right)^{k}}$ Πυκνότητα αέρα 1,225 kg/m3 c = Vave/0,9 [m/s] λ = 1/c [s/m]Μεταβολή ταχύτητας ανέμου με το ύψος: $v\_{h}=v\left(\frac{h}{h\_{ref}}\right)^{a}$ [m/s] $Ρ= \frac{1}{2 }ρΑV^{3}$ [W] $Ρo=C\_{P} \frac{1}{2 }ρ×Α×V^{3}$ [W] ΚΑΓ = κΑΓ x Pn [€] $κ\_{ΑΓ}= \frac{870000}{621 + Ρ\_{n}^{2,05} }+ 740$ [€/kW] κΑΓ,ολ. = κΑΓ x 3,971 x Pn-0,14 [€/kW] ΚΑΓ,ολ. = κΑΓ,ολ. x Pn [€] |
| ΙΟΑVE = 1.373 W/m2 συντελεστής ανάκλασης εδάφους 0,02 Ιον = ΙOAVE (1 + 0,0333 x συν (360v/365)) W/m2 δν = 23,45 . ημ(360\*(284+ν)/365)ωΔ = τοξσυν (-εφφ.εφδν) ΗΗ = Ι = 1,1 \* ΗΟΜ \* 0,7(0,678ΑΜν15) όπου ΑΜν15 το ΑΜ της 15ης μέρας του μήνα Μ. [W.h/ m2] ΗΔ/ΗΗ = 1,727 Κ2 – 2,965 Κ + 1,446ωΔκ = min{ωΔ, τοξσυν [– εφ(φ – β) ⋅ εφδ]} ΗΗκ = RΗ x ΗΗ [W.h/ m2]   (για μεταβαλλόμενη κλίση διπλού άξονα, ο αριθμητής γίνεται: (π/180)\*ωΔκ )   ηΙ = - 0,446 x Ι2 + 0,96 x I + 0,48 [I σε kW/m2] ηT = - 0,00002 x T2 - 0,001 x T + 1,042 [T σε oC] **η = ηn x ηΙ x ηΤ**  ΤΦΒ = Τα + hw x I [oC] hw = 0,03 m2 x oC / W και Ι η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας [W/m2]  |
|  100 bar, 300 oC: hl = 1344,8 kJ/kg, vl = 0,001404 m3/kg50 bar: hl = 1154,5 kJ/kg, hg = 2794,2 kJ/kg, sl = 2,9207 kJ/kgK, sg = 5,9737 kJ/kgK80 oC: hl = 335,02 kJ/kg, hg = 2064,8 kJ/kg, sl = 1,0756 kJ/kgK, sg = 7,6111 kJ/kgK |

ΑΣΚΗΣΗ 1 (Να συμπληρωθούν τα λευκά κελιά – τα λευκά κελιά μπορεί να έχουν και τιμή μηδέν)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **vi, m/s** | **hi** | **vhi, m/s** | **Pi, W/m2** | **Cp, %** | **P\*oi, W/m2** | **Poi, kW** | **ti, h** | **Eoi, MWh** | **Eel, MWh** |  |  |  |
| 4 | 0,0481 | 5,5 | 99,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 421 | 0,0 | 0,0 | **ειδικό κόστος Α/Γ** |  740,13  | **€/kW** |
| 5 | 0,0566 | 6,8 | 195,2 | 40,0 | 78,1 | 392,4 | 496 | 194,7 | 175,2 | **ολικό ειδικό κόστος Α/Γ** |  1.005,29  | **€/kW** |
| 6 | 0,0631 | 8,2 | 337,2 | 40,0 | 134,9 | 678,1 | 553 | 375,0 | 337,5 | **κόστος Α/γ** |  2.139.296,49  | **€/ΑΓ** |
| 7 | 0,0675 | 9,6 | 535,5 | 40,0 | 214,2 | 1076,8 | 591 | 636,8 | 573,1 | **κόστος αιολικού πάρκου** |  42.785.929,75  | **€** |
| 8 | 0,0698 | 10,9 | 799,4 | 40,0 | 319,8 | 1607,3 | 611 | 982,6 | 884,3 | **ετήσια ηλεκτροπαραγωγή** |  164.232,24  | **MWh/yr** |
| 9 | 0,0701 | 12,3 | 1138,2 | 37,2 | 423,4 | 2128,0 | 614 | 1306,1 | 1175,5 | **χρόνος αποπληρωμής** |  7,44  | **yr** |
| 10 | 0,0685 | 13,7 | 1561,3 | 27,1 | 423,4 | 2128,0 | 600 | 1277,9 | 1150,1 |  |  |  |
| 11 | 0,0655 | 15,0 | 2078,1 | 20,4 | 423,4 | 2128,0 | 574 | 1221,3 | 1099,2 |  |  |  |
| 12 | 0,0613 | 16,4 | 2698,0 | 15,7 | 423,4 | 2128,0 | 537 | 1142,2 | 1028,0 |  |  |  |
| 13 | 0,0561 | 17,8 | 3430,3 | 12,3 | 423,4 | 2128,0 | 492 | 1046,7 | 942,0 |  |  |  |
| 14 | 0,0505 | 19,1 | 4284,3 | 9,9 | 423,4 | 2128,0 | 442 | 940,8 | 846,8 |  |  |  |
| 15 | 0,0445 | 20,5 | 5269,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 390 | 0,0 | 0,0 |  |  |  |
| 16 | 0,0386 | 21,9 | 6395,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 338 | 0,0 | 0,0 |  |  |  |
| 17 | 0,0329 | 23,2 | 7670,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 288 | 0,0 | 0,0 |  |  |  |
| 18 | 0,0275 | 24,6 | 9105,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 241 | 0,0 | 0,0 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 8025,7 |  |  |  |

ΑΣΚΗΣΗ 2 (Να συμπληρωθούν τα λευκά κελιά)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | **ν** | **β,μοίρες** | **Ιον, W/m2** | **δν, ο** | **ωΔ,ο** | **ωΔκ,ο** | **Hoν, kWh/d/m2** | **Hom, kWh/month/m2** | **AM** | **HH, kWh/month/m2** | **RA** | **RD** | **Ra** | **K** |
| **15-Ιαν** | 15 | 51,17 | 1417,21 | -21,27 | 73,57 | 73,57 | 4,86 | 150,81 | 4,5 | 55,875 | 2,86 | 0,81 | 0,19 | 0,40 |
| **14-Φεβ** | 45 | 44,04 | 1405,68 | -13,62 | 79,86 | 79,86 | 6,24 | 174,72 | 3,8 | 76,672 | 2,40 | 0,86 | 0,14 | 0,43 |
| **15-Μαρ** | 74 | 33,05 | 1386,38 | -2,82 | 87,95 | 87,95 | 8,08 | 250,56 | 3,25 | 125,597 | 2,01 | 0,92 | 0,08 | 0,47 |
| **15-Απρ** | 105 | 19,22 | 1362,28 | 9,41 | 96,92 | 90,40 | 9,94 | 298,15 | 2,85 | 164,629 | 1,77 | 0,97 | 0,03 | 0,52 |
| **15-Μαϊ** | 135 | 7,17 | 1341,73 | 18,79 | 104,31 | 90,83 | 11,14 | 345,35 | 2,73 | 196,306 | 1,68 | 1,00 | 0,00 | 0,56 |
| **15-Ιουν** | 166 | 0,00 | 1329,11 | 23,31 | 108,25 | 91,05 | 11,63 | 348,81 | 2,72 | 198,754 | 1,65 | 1,00 | 0,00 | 0,59 |
| **15-Ιουλ** | 196 | 2,92 | 1328,51 | 21,52 | 106,65 | 90,96 | 11,39 | 353,12 | 2,725 | 200,969 | 1,66 | 1,00 | 0,00 | 0,609 |
| **15-Αυγ** | 227 | 15,28 | 1340,05 | 13,78 | 100,27 | 90,60 | 10,42 | 323,13 | 2,76 | 182,352 | 1,72 | 0,98 | 0,02 | 0,60 |
| **15-Σεπ** | 258 | 31,16 | 1360,76 | 2,22 | 91,61 | 90,09 | 8,78 | 263,35 | 3 | 140,235 | 1,89 | 0,93 | 0,07 | 0,58 |
| **15-Οκτ** | 288 | 46,39 | 1384,10 | -9,60 | 82,94 | 82,94 | 6,87 | 212,98 | 3,5 | 100,496 | 2,23 | 0,84 | 0,16 | 0,54 |
| **15-Νοε** | 319 | 56,17 | 1405,12 | -19,15 | 75,39 | 75,39 | 5,22 | 156,46 | 4,25 | 61,582 | 2,71 | 0,78 | 0,22 | 0,49 |
| **15-Δεκ** | 349 | 57,12 | 1417,00 | -23,34 | 71,73 | 71,73 | 4,48 | 138,90 | 4,8 | 47,861 | 3,02 | 0,77 | 0,23 | 0,42 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | **ΗΔ/ΗΗ** | **RH** | **HHκ, kWh/μήνα/m2** | **HHκ, kWh/day/m2** | **Τ, h** | **I, kW/m2** | **nI** | **Ta, oC** | **Tpv, oC** | **nT** | **n** | **Ee, MWh** |  |
| **15-Ιαν** | 0,54 | 1,79 | 99,892 | 3,222 | 9,810 | 0,328 | 0,747 | 3 | 12,855 | 1,026 | 0,117 | **15,31** | MWh/Ιαν |
| **14-Φεβ** | 0,49 | 1,67 | 127,710 | 4,561 | 10,648 | 0,428 | 0,809 | 7 | 19,850 | 1,014 | 0,125 | **20,97** | MWh/Φεβ |
| **15-Μαρ** | 0,43 | 1,55 | 195,230 | 6,298 | 11,727 | 0,537 | 0,867 | 15 | 31,111 | 0,992 | 0,131 | **33,56** | MWh/Μαρ |
| **15-Απρ** | 0,37 | 1,48 | 243,741 | 8,125 | 12,923 | 0,629 | 0,907 | 21 | 39,862 | 0,970 | 0,135 | **42,92** | MWh/Απρ |
| **15-Μαϊ** | 0,32 | 1,46 | 285,780 | 9,219 | 13,908 | 0,663 | 0,920 | 26 | 45,884 | 0,954 | 0,134 | **50,18** | MWh/Μαι |
| **15-Ιουν** | 0,29 | 1,46 | 289,990 | 9,666 | 14,433 | 0,670 | 0,923 | 29 | 49,092 | 0,945 | 0,133 | **50,57** | MWh/Ιουν |
| **15-Ιουλ** | 0,28 | 1,47 | 296,095 | 9,551 | 14,219 | 0,672 | 0,924 | 31 | 50,652 | 0,940 | 0,133 | **51,42** | MWh/ιουλ |
| **15-Αυγ** | 0,28 | 1,51 | 275,830 | 8,898 | 13,369 | 0,666 | 0,921 | 30 | 49,967 | 0,942 | 0,133 | **47,89** | MWh/Αυγ |
| **15-Σεπ** | 0,31 | 1,61 | 226,070 | 7,536 | 12,215 | 0,617 | 0,903 | 27 | 45,508 | 0,955 | 0,132 | **38,97** | MWh/Σεπ |
| **15-Οκτ** | 0,35 | 1,78 | 178,764 | 5,767 | 11,059 | 0,521 | 0,859 | 25 | 40,643 | 0,968 | 0,127 | **29,75** | MWh/Οκτ |
| **15-Νοε** | 0,41 | 1,96 | 120,456 | 4,015 | 10,052 | 0,399 | 0,792 | 16 | 27,984 | 0,998 | 0,121 | **19,06** | MWh/Νοε |
| **15-Δεκ** | 0,50 | 1,95 | 93,123 | 3,004 | 9,565 | 0,314 | 0,738 | 7 | 15,922 | 1,021 | 0,115 | **14,02** | MWh/Δεκ |
|   |   |   |  |  |   |  |  |   |  |  |  | **414,62** | MWh/έτος |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | **ΕΤΟΣ** | **Επένδυση, k€** | **ετήσια έξοδα, k€** | **ετήσια έσοδα, k€** | **ΠΑ εσόδων, k€** | **Αθροιστική χρηματορροή, k€** |
| **πλήθος πλαισίων** | 1000,00 |  | **2015** | 210,00 | 4,00 | 43,53 | 30,63 | -183,37 |
| **εμβαδόν Φ/Β επιφάνειας** | 1440,00 | **m2** | **2016** | 43,53 | 30,62 | -156,75 |
| **nn** | 13,89 | **%** | **2017** | 43,53 | 30,62 | -130,13 |
|  |  |  | **2018** | 43,53 | 30,61 | -103,52 |
|  |  |  | **2019** | 43,53 | 30,61 | -76,91 |
|  |  |  | **2020** | 43,53 | 30,60 | -50,31 |
|  |  |  | **2021** | 43,53 | 30,60 | -23,72 |
|  |  |  | **2022** | 43,53 | 30,59 | 2,87 |

ΑΣΚΗΣΗ 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ | P,bar | T, oC | h, kJ/kg | hg, kJ/kg | hl, kJ/kg | s, kJ/kg | sg, kJ/kg | sl, kJ/kg | ποιότητα x | v, m3/kg | vg, m3/kg | vl, m3/kg |
| Γ/Θ ρευστό στον ταμιευτήρα | **100** | **300,00** | 1344,8 | 0 | 1344,8 |  |  |  | 0 |  |  |   |
| Γ/Θ ρευστό στην κεφαλή | 85,94 | 300,00 | 1344,8 |  |  |  |  |  | 0 | 0,001404 |  | 0,001404 |
| Γ/Θ ρευστό στον διαχωριστή | **50** | 263,94 | 1344,80 | 2794,2 | 1154,5 | 3,275025 | 5,9737 | 2,9207 | 0,1161 |  |  |   |
| ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ | P,bar | T, oC | h, kJ/kg | hg, kJ/kg | hl, kJ/kg | s, kJ/kg | sg, kJ/kg | sl, kJ/kg | ποιότητα x |  |   |
| Κατάσταση 1 | 50 | 263,94 | 2794,2 | 2794,2 |  |  | 5,9737 |  | 1 |  |  |   |
| Κατάσταση 2 | 50 | 263,94 | 1154,5 |  | 1154,5 |  |  |  | 0 |  |  |   |
| Κατάσταση 3s (ιδανικά) | 0,7014 | **80** | 2064,76 | 2643 | 335,02 | 5,9737 | 7,6111 | 1,0756 | 0,75 |  |  |   |
| Κατάσταση 3 (πραγματικά) |  |  | 2137,70 |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| Ιδανικό έργο ws | 729,44 | kJ/kgsteam |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| Πραγματικό έργο w | 656,50 | kJ/kgsteam |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| Qcogen3 | 2137,70 | kJ/kgsteam | Qcogen3 | 248,10 | kJ/kggf |  |  |  |  |  |  |   |
| Qcogen2 | 1154,50 | kJ/kgliquid | Qcogen2 | 1020,51 | kJ/kggf |  |  |  |  |  |  |   |
|   |  |  | Qcogentotal | 1268,609 | KJ/kggf |  |  |  |  |  |  |   |
| παροχή γεώτρησης, m | 42,11 |  kg/s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| παροχή γεώτρησης | 0,05913 | m3/s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| ηλεκτρική ισχύς We | 3208,28 | kW |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| θερμική ισχύς Wth | 53418,8 | kW |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| απόδοση στροβίλου | 23,49 | % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| απόδοση διεργασίας | 5,67 | % |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| μαζική ροή G | 281,3 | kg/m2/s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| ακτίνα γεώτρησης, r | 21,83 | cm |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |