ΔΠΘ Μη Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

A

Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος 24 Απριλίου 2017

ΘΕΜΑ 1Ο (10 μονάδες)

Σε περιοχή με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 12 m/s, να υπολογιστεί η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ ύψους 120 m και μήκους πτερυγίων 60 m, που έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: ταχύτητα έναρξης 5 m/s, ονομαστική ταχύτητα 12 m/s, ταχύτητα αποκοπής 24 m/s, ονομαστική απόδοση 40 %, ηλεκτρική απόδοση 90 %, ενώ ο συντελεστής τραχύτητας του εδάφους είναι 0,15. Αν στην περιοχή αυτή εγκατασταθούν 10 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 36 €/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 38ο, 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 1,6m x 1,2m (ΜΡΡ 240 Wp) ονομαστικής ισχύος 1,2 ΜWp, είναι 90 €/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 | 350,00 | €/kWp | κόστος βάσεων στήριξης  | 200,00 | €/kWp |
| κόστος μελέτης και εγκατάστασης  | 150,00 | €/kWp | ετήσια λειτουργικά έξοδα | 10,00 | €/kWp |
| κόστος ηλεκτρονικών ισχύος  | 200,00 | €/kWp |  |  |  |

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Η συνολική ετήσια κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης μίας πόλης ανέρχεται σε 50.000 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** | 0,0411 | 5,8 | 119,9 | 40,0 | 48,0 | 542,5 | 360 | 195,5 | 175,9 | **ειδικό κόστος Α/Γ** | 740,02 | **€/kW** |
| **5** | 0,0489 | 7,3 | 234,2 | 40,0 | 93,7 | 1059,6 | 428 | 453,6 | 408,3 | **ολικό ειδικό κόστος Α/Γ** | 897,27 | **€/kW** |
| **6** | 0,0551 | 8,7 | 404,8 | 40,0 | 161,9 | 1831,1 | 483 | 884,2 | 795,8 | **κόστος Α/γ** | 4.296.211,71 | **€/ΑΓ** |
| **7** | 0,0598 | 10,2 | 642,7 | 40,0 | 257,1 | 2907,7 | 524 | 1522,6 | 1370,4 | **κόστος αιολικού πάρκου** | 42.962.117,07 | **€** |
| **8** | 0,0628 | 11,6 | 959,4 | 40,0 | 383,8 | 4340,3 | 550 | 2387,4 | 2148,6 | **ετήσια ηλεκτροπαραγωγή** | 218.890,55 | **MWh/yr** |
| **9** | 0,0642 | 13,1 | 1366,0 | 31,0 | 423,4 | 4788,1 | 562 | 2692,7 | 2423,4 | **χρόνος αποπληρωμής** | 5,45 | **yr** |
| **10** | 0,0641 | 14,5 | 1873,9 | 22,6 | 423,4 | 4788,1 | 562 | 2688,6 | 2419,8 |  |  |  |
| **11** | 0,0627 | 16,0 | 2494,1 | 17,0 | 423,4 | 4788,1 | 549 | 2628,0 | 2365,2 |  |  |  |
| **12** | 0,0601 | 17,4 | 3238,0 | 13,1 | 423,4 | 4788,1 | 526 | 2519,0 | 2267,1 |  |  |  |
| **13** | 0,0565 | 18,9 | 4116,9 | 10,3 | 423,4 | 4788,1 | 495 | 2370,9 | 2133,8 |  |  |  |
| **14** | 0,0523 | 20,3 | 5141,9 | 8,2 | 423,4 | 4788,1 | 458 | 2193,5 | 1974,1 |  |  |  |
| **15** | 0,0476 | 21,8 | 6324,3 | 6,7 | 423,4 | 4788,1 | 417 | 1996,4 | 1796,8 |  |  |  |
| **16** | 0,0426 | 23,2 | 7675,3 | 5,5 | 423,4 | 4788,1 | 374 | 1788,8 | 1609,9 |  |  |  |
| **17** | 0,0376 | 24,7 | 9206,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 330 | 0,0 | 0,0 |  |  |  |
| **18** | 0,0327 | 26,1 | 10928,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 287 | 0,0 | 0,0 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 21.889,1 |  |  |  |

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 | 70,94 | 70,94 | 4,52 | 140,21 | 4,5 | 51,947 | 3,02 | 0,81 | 0,19 | 0,37 |
| **14-Φεβ** | 45 | 44,04 | 1405,68 | -13,62 | 78,27 | 78,27 | 5,93 | 165,94 | 3,8 | 72,822 | 2,50 | 0,86 | 0,14 | 0,40 |
| **15-Μαρ** | 74 | 33,05 | 1386,38 | -2,82 | 87,63 | 87,63 | 7,84 | 242,99 | 3,25 | 121,801 | 2,07 | 0,92 | 0,08 | 0,44 |
| **15-Απρ** | 105 | 19,22 | 1362,28 | 9,41 | 98,00 | 91,07 | 9,80 | 294,14 | 2,85 | 162,418 | 1,81 | 0,97 | 0,03 | 0,49 |
| **15-Μαϊ** | 135 | 7,17 | 1341,73 | 18,79 | 106,59 | 92,20 | 11,11 | 344,46 | 2,73 | 195,802 | 1,70 | 1,00 | 0,00 | 0,53 |
| **15-Ιουν** | 166 | 0,00 | 1329,11 | 23,31 | 111,20 | 92,78 | 11,65 | 349,64 | 2,72 | 199,229 | 1,67 | 1,00 | 0,00 | 0,57 |
| **15-Ιουλ** | 196 | 2,92 | 1328,51 | 21,52 | 109,32 | 92,55 | 11,40 | 353,28 | 2,725 | 201,056 | 1,68 | 1,00 | 0,00 | 0,581 |
| **15-Αυγ** | 227 | 15,28 | 1340,05 | 13,78 | 101,05 | 91,09 | 10,34 | 320,47 | 2,76 | 180,851 | 1,75 | 0,98 | 0,02 | 0,58 |
| **15-Σεπ** | 258 | 31,16 | 1360,76 | 2,22 | 91,86 | 90,25 | 8,58 | 257,35 | 3 | 137,037 | 1,94 | 0,93 | 0,07 | 0,55 |
| **15-Οκτ** | 288 | 46,39 | 1384,10 | -9,60 | 81,84 | 81,84 | 6,58 | 204,05 | 3,5 | 96,281 | 2,31 | 0,84 | 0,16 | 0,51 |
| **15-Νοε** | 319 | 56,17 | 1405,12 | -19,15 | 73,06 | 73,06 | 4,88 | 146,45 | 4,25 | 53,667 | 3,01 | 0,92 | 0,08 | 0,43 |
| **15-Δεκ** | 349 | 57,12 | 1417,00 | -23,34 | 68,78 | 68,78 | 4,14 | 128,19 | 4,8 | 40,476 | 3,43 | 0,92 | 0,08 | 0,37 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | **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** | 0,59 | 1,76 | 91,470 | 2,951 | 9,639 | 0,306 | 0,732 | 3 | 12,183 | 1,027 | 0,094 | **82,51** | MWh/Ιαν |
| **14-Φεβ** | 0,54 | 1,65 | 119,918 | 4,283 | 10,545 | 0,406 | 0,796 | 7 | 19,184 | 1,015 | 0,101 | **116,36** | MWh/Φεβ |
| **15-Μαρ** | 0,47 | 1,54 | 187,955 | 6,063 | 11,706 | 0,518 | 0,858 | 15 | 30,538 | 0,993 | 0,106 | **192,03** | MWh/Μαρ |
| **15-Απρ** | 0,40 | 1,47 | 239,316 | 7,977 | 12,992 | 0,614 | 0,901 | 21 | 39,420 | 0,972 | 0,109 | **251,46** | MWh/Απρ |
| **15-Μαϊ** | 0,35 | 1,45 | 283,860 | 9,157 | 14,056 | 0,651 | 0,916 | 26 | 45,544 | 0,955 | 0,109 | **298,01** | MWh/Μαι |
| **15-Ιουν** | 0,32 | 1,45 | 289,613 | 9,654 | 14,624 | 0,660 | 0,919 | 29 | 48,805 | 0,946 | 0,109 | **302,12** | MWh/Ιουν |
| **15-Ιουλ** | 0,31 | 1,47 | 295,553 | 9,534 | 14,392 | 0,662 | 0,920 | 31 | 50,373 | 0,941 | 0,108 | **307,07** | MWh/ιουλ |
| **15-Αυγ** | 0,31 | 1,51 | 273,576 | 8,825 | 13,473 | 0,655 | 0,917 | 30 | 49,650 | 0,943 | 0,108 | **284,04** | MWh/Αυγ |
| **15-Σεπ** | 0,33 | 1,62 | 221,448 | 7,382 | 12,231 | 0,604 | 0,897 | 27 | 45,105 | 0,956 | 0,107 | **227,91** | MWh/Σεπ |
| **15-Οκτ** | 0,38 | 1,79 | 171,934 | 5,546 | 10,988 | 0,505 | 0,851 | 25 | 40,143 | 0,970 | 0,103 | **170,23** | MWh/Οκτ |
| **15-Νοε** | 0,45 | 1,96 | 113,088 | 3,770 | 9,901 | 0,381 | 0,781 | 16 | 27,422 | 1,000 | 0,098 | **105,92** | MWh/Νοε |
| **15-Δεκ** | 0,54 | 1,93 | 85,412 | 2,755 | 9,374 | 0,294 | 0,724 | 7 | 15,318 | 1,022 | 0,092 | **75,80** | MWh/Δεκ |
|   |   |   |  |  |   |  |  |   |  |  |  | **2413,47** | MWh/έτος |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | **ΕΤΟΣ** | **Επένδυση, k€** | **ετήσια έξοδα, k€** | **ετήσια έσοδα, k€** | **ΠΑ εσόδων, k€** | **Αθροιστική χρηματορροή, k€** |
| **πλήθος πλαισίων** | 5000,00 |  | **2015** | 1080,00 | 12,00 | 217,21 | 152,81 | -939,19 |
| **εμβαδόν Φ/Β επιφάνειας** | 9600,00 | **m2** | **2016** | 217,21 | 152,79 | -798,40 |
| **nn** | 12,50 | **%** | **2017** | 217,21 | 152,76 | -657,64 |
|  |  |  | **2018** | 217,21 | 152,73 | -516,90 |
|  |  |  | **2019** | 217,21 | 152,71 | -376,20 |
|  |  |  | **2020** | 217,21 | 152,68 | -235,52 |
|  |  |  | **2021** | 217,21 | 152,65 | -94,86 |
|  |  |  | **2022** | 217,21 | 152,63 | 45,77 |

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 | 105,27 |  kg/s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| παροχή γεώτρησης | 0,14782 | m3/s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| ηλεκτρική ισχύς We | 8020,71 | kW |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| θερμική ισχύς Wth | 133547 | kW |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| απόδοση στροβίλου | 23,49 | % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| απόδοση διεργασίας | 5,67 | % |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| μαζική ροή G | 281,3 | kg/m2/s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| ακτίνα γεώτρησης, r | 34,51 | cm |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |