



Providing Fully Developed Flow for Waste Exhaust Gas at the Inlet Region of a Heat Pipe Air Recuperator

*Emin Taner ELMAS

Assistant Professor Dr., Vocational School of Higher Education for Technical Sciences, Division of Motor Vehicles and Transportation Technologies, Department of Automotive Technology, Iğdır University, Turkey & Graduate School of Natural and Applied Sciences - Major Science Department of Bioengineering and Bio-Sciences, Iğdır University, Turkey-76000

DOI: 10.5281/zenodo.13931542

Submission Date: 23 Aug. 2024 | Published Date: 14 Oct. 2024

*Corresponding author: [Emin Taner ELMAS](#)

Assistant Professor Dr., Vocational School of Higher Education for Technical Sciences, Division of Motor Vehicles and Transportation Technologies, Department of Automotive Technology, Iğdır University, Turkey & Graduate School of Natural and Applied Sciences - Major Science Department of Bioengineering and Bio-Sciences, Iğdır University, Turkey-76000.

Abstract

This study explains the methodology for providing fully developed flow for waste exhaust gas at the inlet region of a heat pipe air recuperator

A fully developed flow must be provided for the waste exhaust gas at the inlet of the heat pipe air recuperator.

Considering the hydrodynamic and thermal inlet lengths, the condition in which the inlet effects are limited and fully developed flow occurs can be determined as follows.

In order to obtain fully developed flow at the entrance of the waste exhaust gas to the heat pipe air recuperator, the gas will need to flow a certain distance within the inlet channel before entering the recuperator. In order to determine the distance required for the formation of the fully developed flow in question and thus to calculate the gas inlet side channel length, it must first be determined whether the in-channel flow is laminar or turbulent.

In this case, the first determining parameter to be calculated will be the Reynolds number. [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36].

Keywords: Fully Developed Flow, Reynolds Number, Laminar Flow, Turbulent Flow, Fluid Mechanics, Heat Pipe, Heat Pipe Air Recuperator, Waste Exhaust Gas.

Introduction

Isı Borulu Hava Reküperatörü girişinde atık egzoz gaz için tam gelişmiş akımın sağlanması gerekmektedir. Hidrodinamik ve termal giriş uzunlukları dikkate alındığında giriş etkilerinin sınırlandırıldığı ve tam gelişmiş akımın oluştuğu koşul aşağıdaki gibi saptanabilir:

Atık egzoz gazının ısı borulu hava reküperatörüne girişinde tam gelişmiş akımın elde edilebilmesi için, gazın reküperatöre girmeden önce giriş kanalı içerisinde belirli bir mesafede akışının sağlanması gerekecektir. Söz konusu tam gelişmiş akımın oluşumu için gerekli mesafenin tesbiti ve böylelikle gaz giriş tarafı kanal uzunluğunun hesaplanması için öncelikle kanal içi akışın laminar ya da türbülanslı olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.

Method, Findings and Discussion

Bu durumda ilk hesaplanacak belirleyici parametre Reynolds sayısı olacaktır;

Reynolds sayısı dinamik basıncın kesme gerilimine oranı şeklinde tarif edilen boyutsuz bir parametre olarak ele alındığında;

Re , Reynolds Sayısı, boyutsuz

L_k , Karakteristik uzunluk, m

$V_{gaz, g}$, Atık egzoz gazının (reküperatöre) boru demetine giriş hızı, m/s

$\mu_{gaz, g}$, girişte atık egzoz gazı dinamik viskozitesi, kg/sm

$\nu_{gaz, g}$, girişte atık egzoz gazı kinematik viskozitesi, m²/s

$\rho_{gaz, g}$, girişte atık egzoz gazı yoğunluğu, kg/m³

olmak üzere;

$$Re = \frac{\rho_{gaz, g} \times (V_{gaz, g})^2}{(\mu_{gaz, g} \times V_{gaz, g}) / L_k} \quad (\text{Denklem 1})$$

Denklem düzenlenecek olur ise;

$$Re = \frac{\rho_{gaz, g} \times (V_{gaz, g})^2}{1} \times \frac{L_k}{\mu_{gaz, g} \times V_{gaz, g}}$$

$$Re = \frac{\rho_{gaz, g} \times V_{gaz, g} \times L_k}{\mu_{gaz, g}} \quad (\text{Denklem 2})$$

$$\frac{\rho_{gaz, g}}{\mu_{gaz, g}} = \frac{1}{V_{gaz, g}} \quad \text{olarak denklemde yerine konur ise;} \quad (\text{Denklem 3})$$

$$Re = \frac{V_{gaz, g} \times L_k}{V_{gaz, g}} \quad (\text{Denklem 4})$$

Boru ya da kanal içi akışta karakteristik uzunluk olarak hidrolik çap dikkate alınacaktır.

Isı borulu hava reküperatörü gaz kanalı için hidrolik çap aşağıdaki gibi tanımlanır.

D_{HK} , Hidrolik çap, m

olmak üzere yukarıdaki denklemler tekrar düzenlenir ise Reynolds sayısı için;

$$Re = \frac{\rho_{gaz, g} \times V_{gaz, g} \times D_{HK}}{\mu_{gaz, g}} \quad (\text{Denklem 5})$$

ya da ;

$$Re = \frac{V_{gaz, g} \times D_{HK}}{V_{gaz, g}} \quad (\text{Denklem 6})$$

ifadeleri yazılabilir.

Dikdörtgen kesitli bir kanalda hidrolik çap aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$D_{HK} = \frac{4 \times \text{Kesit Alanı}}{\text{Islak Çevre}} \quad (\text{Denklem 7})$$

Kesit alanı için genişlik ve yükseklik tanımı yapılır ise;

a , Kanal kesit genişliği, m

b , Kanal kesit yüksekliği, m

olmak üzere;

$$D_{HK} = \frac{4 \times (a \times b)}{2 \times (a + b)} \quad (\text{Denklem 8})$$

$$D_{HK} = \frac{2 \times (a \times b)}{(a + b)} \quad (\text{Denklem 9})$$

Isı borulu hava reküperatörü için a ve b değerleri yazılır ise;

a = 455 mm ve b = 174.25 mm olmak üzere;

$$D_{HK} = \frac{2 \times (455 \times 10^{-3} \times 174.25 \times 10^{-3})}{(455 \times 10^{-3} + 174.25 \times 10^{-3})}$$

$$D_{HK} = \frac{0.1585675}{0.62925}$$

$$D_{HK} = 0.251994437 \text{ m} \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

Buradan Reynolds sayısı hesabına geçilir ise;

$$Re = \frac{\rho_{gaz, g} \times V_{gaz, g} \times D_{HK}}{\mu_{gaz, g}}$$

İlk olarak, boyut analizi aşağıdaki gibi gerçekleştirildiğinde;

$$Re = \frac{\frac{kg}{m^3} \times \frac{m}{s} \times m}{\frac{kg}{sm}} = \frac{kg \ m^2}{m^3 \ s} = \frac{kg}{sm}$$

$$Re = \frac{kg}{m \ s} \times \frac{s \ m}{kg}$$

Re = Boyutsuz

olarak elde edilip doğrulama yapılmıştır.

Bağıntıdaki sayısal değerler aşağıda mevcuttur;

$$\rho_{gaz, g} = 0.6358 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{HK} = 0.251994437 \text{ m}$$

$$\mu_{gaz, g} = 2.528 \times 10^{-5} \text{ kg/sm (Ns/m}^2\text{)}$$

$$V_{gaz, g} = 5.451346219 \text{ m/s}$$

Bu değerler ilgili denklemde yerine konur ise;

$$Re = \frac{0.6358 \times 5.451346219 \times 0.251994437}{2.528 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 34549.21409$$

Re \approx 34550 olarak hesaplanır.

Reynolds sayısı akışın laminar ya da türbülanslı gerçekleştiğinin bir göstergesi olarak aşağıdaki şekillerde ifade edilecektir;

Eğer Re < 2300 ise akış laminar,

Eğer 2300 < Re < 4000 ise geçiş bölgesi,

Eğer Re > 4000 ise akış türbülanslı (tam türbülanslı) olacaktır.

Yukarıda hesap edilen Re \approx 34550 değeri kanal içi akışın türbülanslı olduğunu göstermektedir.

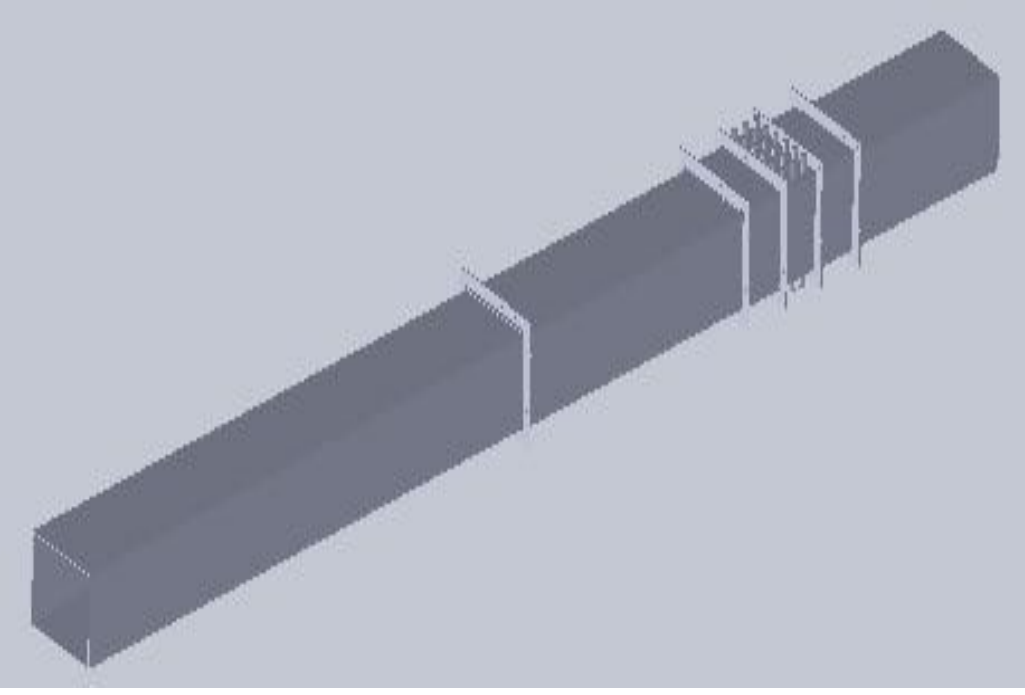
Çengel and Turner (2005), [34] kaynağından yararlanılarak ulaşılan sonuca göre; akış türbülanslı olduğundan tam gelişmiş akımın oluşması için gerekli mesafe kural olarak hidrolik çapın 10 katı kadardır.

Kanal içi akış için hidrolik çap $D_{HK} = 0.251994437 \text{ m}$ olarak hesaplanmış idi.

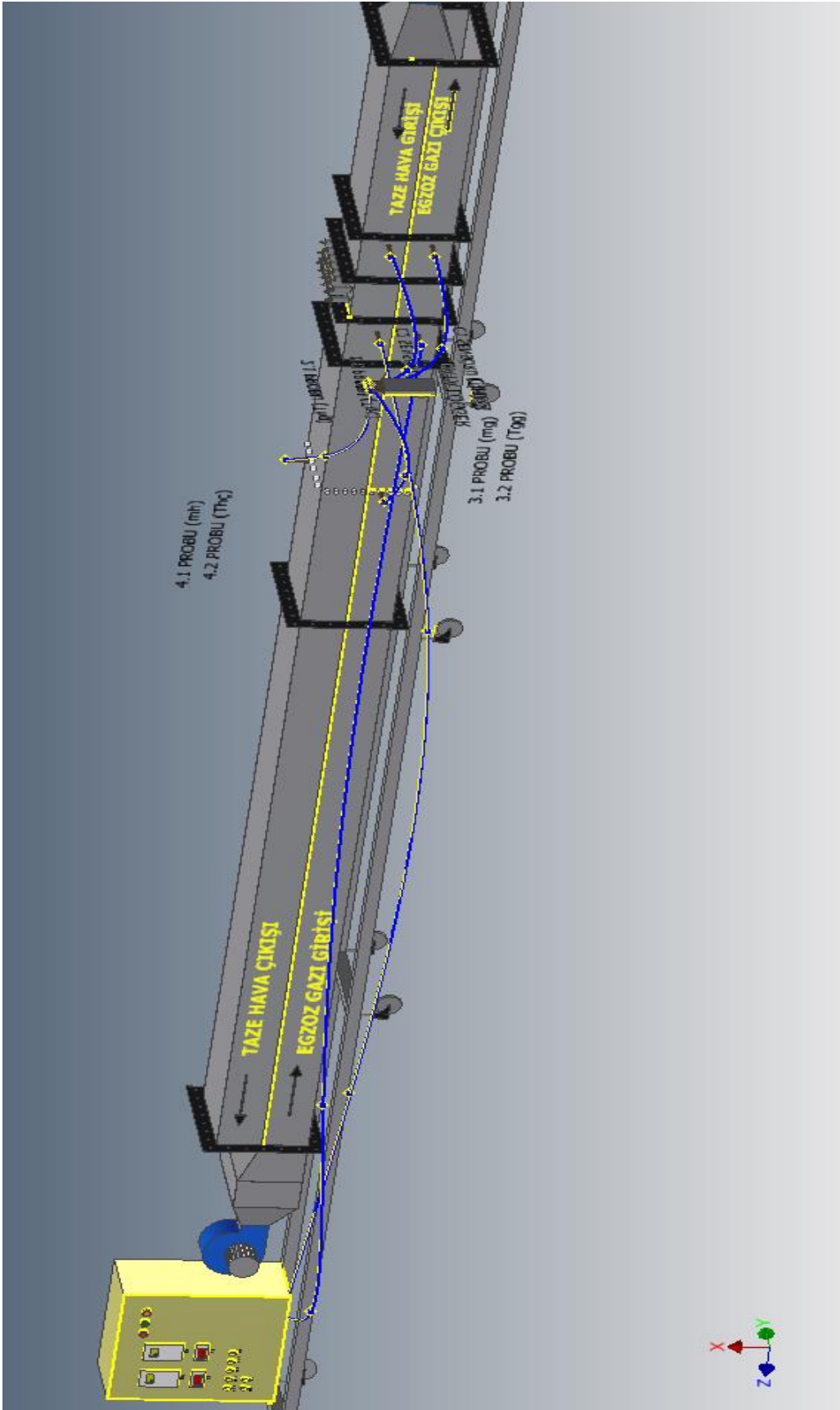
Bu noktadan hareket ile hidrolik çapın 10 katı hesaplanır ise;

$$10 \times D_{HK} = 10 \times 0.251994437 = 2.51994437 \text{ m}$$

Yaklaşık olarak 2.52 m şeklinde bir mesafenin tam gelişmiş akımın elde edilmesi için gerekli olacağı görülmektedir. Şekil 1'de ısı borulu hava reküperatörü prototipi ve tüm bağlantı kanalları ile komple montajının katı modeli, Şekil 2'de ise ısı borulu hava reküperatörü deney düzeneği egzoz gazı ve taze hava akış yönleri görülmektedir.



Şekil 1 Isı borulu hava reküperatörü prototipi ve tüm bağlantı kanalları ile komple montajının katı modeli.



Şekil 2 Isı borulu hava reküperatörü deney düzeneği egzoz gazı ve taze hava akış yönleri

Conclusion

Böylelikle ısı borulu hava reküperatörünün daha önceden imal edilmiş olan 0.25 m.'ye yakın giriş tarafı boğazı ve 1.5 metrelik giriş kanalına ilave olarak 2.52 m şeklinde hesaplanan uzunluk değerinin eklenmesi gerekmektedir. Gerekli bu mesafenin karşılanması için 3 m uzunluğunda ilave bir kanalın daha imalatı yapılmıştır. İmal edilen bu ilave kanal sayesinde tam gelişmiş akımın oluşması sağlanmıştır. [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36].

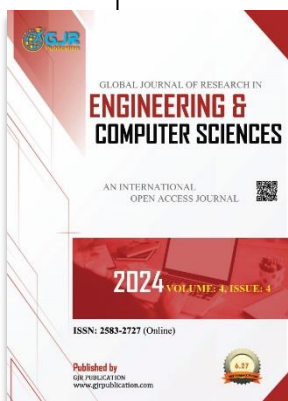
References

1. Emin Taner ELMAS, Doktora Tezi, “Yüksek Sıcaklıklı, Isı Borulu, Isı Geri Kazanım Ünitelerinin Tasarım Parametrelerinin Termodinamiksel ve Deneysel Analizi”, Tez Danışmanı:Prof. Dr. Ali Güngör, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Termodinamik Bilim Dalı, İzmir, 2011.
2. Emin Taner E. (2023). Thermodynamical And Experimental Analysis of Design Parameters of a Heat Pipe Air Recuperator. *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences*, 3(6), 6–33. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10116309>
3. Emin T. Elmas, & İhsan Ö. Bucak. (2023). Modeling and Simulation of Smart-Drug Algorithms Through Frequency Modulation for the Treatment of Covid-19 and Similar Viruses. *Global Journal of Research in Medical Sciences*, 3(5), 1–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10051793>
4. Emin T. E., & İhsan Ömür B. (2024). FM Modulated Smart Drug Algorithm for the treatment of Cancer Cells. In *Global Journal of Research in Medical Sciences (Vol. 4, Number 1, pp. 1–6)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10463529>
5. Emin Taner ELMAS. (2023). Prototype Design, Production and Functioning of a Portable (Movable), Home-Type (Domestic) Hemodialysis Machine (Unit). In *Global Journal of Research in Medical Sciences (Vol. 3, Number 6, pp. 11–12)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10252972>
6. Elmas, Emin Taner (2019) Thermodynamical Balance Associated with Energy Transfer Analysis of the Universe Space as a Pressure Vessel Analogy. *Journal of Applied Sciences, Redelve International Publications 2019(1): RDAPS- 10002*.
7. Elmas, Emin Taner (2017) Productivity and Organizational Management (The Book) (Chapter 7): Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of Mechanical Engineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management and Productivity. Machado Carolina, Davim J Paulo (Eds.), DEGRUYTER, Walter de Gruyter GmbH, Berlin / Boston, Spain (ISBN:978-3-11-035545-1)
8. Elmas, Emin Taner (2017) Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of MechanicalEngineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management and Productivity). DeGruyter, Germany (DOI 10.1515 / 9783110355796-007)
9. Elmas, Emin Taner, Evaporation Plant for Recycling of Caustic Soda, *INTERNATIONAL JOURNAL of ENGINEERING TECHNOLOGIES-IJET* Emin Taner Elmas., Vol.3, No.3, 2017
10. Elmas, Emin Taner, (2014), Çağımızın Mühendisinden Beklenenler, Gece Kitaplığı, ISBN:9786053244158
11. Emin T. E. (2023). Design, Production, Installation, Commissioning, Energy Management and Project Management of an Energy Park Plant Consisting of Renewable Energy Systems Established at Iğdır University. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 3, Number 6, pp. 67–82)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10406670>
12. ÇELİK ÜRETİMİNDE ELEKTRİK ARK OCAKLARINDA ENERJİ MALİYETLERİNİN VE ENERJİ VERİMLİLİK FAKTÖRLERİNİN ARAŞTIRILMASI INVESTIGATION ON ENERGY COSTS AND ENERGY EFFICIENCY FACTORS OF ELECTRIC ARC FURNACE FOR STEEL PRODUCTION, Fenerbahçe Üniversitesi Tasarım, Mimarlık ve Mühendislik Dergisi - Journal of Design, Architecture & Engineering Hasan TAMSÖZ *, Emin Taner ELMAS ** FBU-DAE 2021 1 (3): 163-180
13. SİNTER TESİSLERİNDE ENERJİ KULLANIM NOKTALARI VE ENERJİYİ VERİMLİ KULLANACAK YÖNTEMLERİN BELİRLENMESİ DETERMINATION OF ENERGY UTILIZATION POINTS AND THE METHODS USING THE EFFICIENT ENERGY FOR SINTERING PLANTS, Fenerbahçe Üniversitesi Tasarım, Mimarlık ve Mühendislik Dergisi - Journal of Design, Architecture & Engineering Adem KAYA*, Emin Taner ELMAS** FBU-DAE 2022 2 (2): 170-181
14. Emin Taner ELMAS. (2024). The Electrical Energy Production Possibility Research Study by using the Geothermal Hot Water Resources, which is a kind of Renewable Energy Resource, located at the Region of Mollakara Village which is a part of Diyadin Town and City of Ağrı, Turkey. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 1, pp. 90–101)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10729333>
15. ELMAS, Emin Taner. (2024). Energy Analysis, Energy Survey, Energy Efficiency and Energy Management Research carried out at Iğdır University. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 2, pp. 12–30)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10828077>
16. ELMAS, Emin Taner. (2024). A Research Study of Salt Dome (Salt Cave) Usage Possibility for CAES – Compressed Air Energy Storage Systems. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 2, pp. 128–131)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10980421>

17. ELMAS, Emin Taner. (2024). Wankel Rotary Piston Engine Design Project. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 3, pp. 1–4). <https://doi.org/10.5281/zenodo.11117047>
18. Emin Taner ELMAS*. Project for “Amphibious Mobile Snow Track Ambulance” for Healthcare System. Am J Biomed Sci & Res. 2024 22(4) AJBSR.MS.ID.002990, DOI: 10.34297/AJBSR.2024.22.002990
19. Emin Taner ELMAS*. The first “Olive Seedlings” and “Artichoke Seedlings” Planted in Iğdır Province, Turkey. Am J Biomed Sci & Res. 2024 22(5) AJBSR.MS.ID.002996, DOI: 10.34297/AJBSR.2024.22.002996
20. ELMAS, Emin Taner. (2024). An innovative solar dish type collector – concentrator system having an original – unique geometrical mathematical model called as DODECAGON which has 12 equal segments. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 3, pp. 31–38). <https://doi.org/10.5281/zenodo.11397848>
21. Emin Taner ELMAS*. Waste Heat Recovery Boilers (WHRBs) and Heat Recovery Steam Generators (HRSGs) used for Co-generation and Combined Cycle Power Plants. Op Acc J Bio Sci & Res 12(1)-2024. DOI: 10.46718/JBGSR.2024.12.000284
22. ELMAS, Emin Taner. (2024). Presentation and Curriculum of Division of Motor Vehicles and Transportation Technologies & Department of Automotive Technology at Vocational School of Higher Education for Technical Sciences at Iğdır University, Turkey. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 3, pp. 60–67). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12536211>
23. Elmas, Emin Taner (2020) Medical Treatment Method of “Bio-robotic Resonance and Thermodynamical Interaction” with Analogy of “Frequency – Resonance Setting Formation” on the Application of “Algorithm for Smart Drugs Controlled by a Bio-robotic System” developed for the “Treatment of Covid-19, Coronavirus and Virus Infections”. Open Access Journal of Biogeneric Science and Research (BGSR), Op Acc J Bio Sci & Res 1: 1. DOI: 10.46718/JBGSR.2020.01.000007.
24. Elmas Emin Taner (2020) Scope of Applications for Medical Technique at Science and Engineering, Open Access Journal of Biogeneric Science and Research (BGSR), Op Acc J Bio Sci & Res 1: 1. DOI: 10.46718/JBGSR.2020.01.000002.
25. Elmas, Emin Taner, ELMAS’s Theory of Thermodynamics”: A Scientific Approach for 5th Law of Thermodynamics -A Theoretical Application Example for Medical Thermodynamics. Op Acc J Bio Sci & Res 2(1)-2020. DOI: 10.46718/JBGSR.2020.01.000030
26. Emin Taner ELMAS. (2023). Design and Production of a Unique Hand-Made Energy-Efficient 4 x 4 – Four Wheel Drive (4wd – 4 Matic) Traction System Electric Automobile. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 3, Number 6, pp. 48–51). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10359170>
27. Emin Taner ELMAS*. Medical Treatment Method of Alzheimer’s Disease & Parkinson’s Disease by the Help of the Natural Musical Sound of Nây-ı Şerif, Instrument of Ney (Ney: Turkish Reed Flute, Nay). IJCMCR. 2024; 42(3): 004. DOI: 10.46998/IJCMCR.2024.42.001039
28. ELMAS, Emin Taner. (2024). Three – Pass Fire Tube Boilers for production of Steam, Hot Water and Superheated Water. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 4, pp. 29–38). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12741030>
29. Emin Taner ELMAS (2024) Design of Bionic Eye and Artificial Vision System; a Unique Project “Mobile Bio-Eye-Tronic System”. Herculean Res 4(1):97-100 <https://dx.doi.org/10.70222/hres23>
30. Emin Taner ELMAS (2024) System Design and Development of a Novel Unique Neuro-Physical Medical Treatment Method for SMA-SPINAL MUSCULAR ATROPHIA-Disease and for Similar Neurological Muscle Diseases. Herculean Res 4(1):90-97
31. ELMAS, Emin Taner. (2024). Design of Bionic Ear - Cochlear Implant and Artificial Hearing System; a Unique Project "Mobile Bio-Ear-Tronic System". In Global Journal of Research in Medical Sciences (Vol. 4, Number 2, pp. 6–11). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12751385>
32. Emin Taner Elmas. Design of Bio-Artificial Liver Organ. J Biomed Sci Biotech Res. 2024. 2(3): 1-4. DOI: doi.org/10.61440/JBSBR.2024.v2.12
33. Emin Taner Elmas. A Review for Combined Cycle Power Plants. Biomed J Sci & Tech Res 58(1)-2024. BJSTR. MS.ID.009087. DOI: 10.26717/BJSTR.2024.58.009087
34. Çengel, Y.A. and Turner, R.H., 2005, Fundamentals of Thermal – Fluid Sciences, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 1232p.
35. ELMAS, Emin Taner. (2024). Dimensional Unit Analysis Applications for Heat Pipe Design. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 5, pp. 12–26). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13741540>
36. ELMAS, Emin Taner. (2024). Calculation of the Filling Amount of Working Fluid to be Placed in a Heat Pipe. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 5, pp. 100–108). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13844847>

CITATION

ELMAS, Emin Taner. (2024). Providing Fully Developed Flow for Waste Exhaust Gas at the Inlet Region of a Heat Pipe Air Recuperator. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 5, pp. 118–124). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13931542>



Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences

Assets of Publishing with Us

- **Immediate, unrestricted online access**
- **Peer Review Process**
- **Author's Retain Copyright**
- **DOI for all articles**