



Nörodejeneratif Hastalıkların Teşhis ve Tedavisine Yönelik Termal ve Akışkan Bilimleri Temelli Kapsamlı Bir Çalışma: Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi, Biyofizik ve İleri Matematiksel Modelleme Perspektifleri

(“A Comprehensive Study of Thermal and Fluid Sciences-Based Approaches to the Diagnosis and Treatment of Neurodegenerative Diseases: Perspectives from Thermodynamics, Fluid Mechanics, Heat Transfer, Biophysics, and Advanced Mathematical Modeling”)

* **Emin Taner ELMAS¹ and İbrahim DAĞ²**

¹ Dr. Öğr. Üyesi ve Makina Yüksek Mühendisi; Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Otomotiv Teknolojisi, Teknik Bilimler MYO, Iğdır Üniversitesi, Türkiye, Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Iğdır Üniversitesi, Türkiye-76000

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7290-2308> | e.taner.elmas@igdir.edu.tr | +90 (0) 543 7336421

² İnşaat Mühendisi, Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1191-6630> | dagibrahim81@gmail.com | +90 (0) 544 4435725

Submission Date: 20 April 2026 Published Date: 28 July 2026

Citation: Elmas, E. T., & Dağ, İ. (2026). Nörodejeneratif Hastalıkların Teşhis ve Tedavisine Yönelik Termal ve Akışkan Bilimleri Temelli Kapsamlı Bir Çalışma: Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi, Biyofizik ve İleri Matematiksel Modelleme Perspektifleri. In INSR Journal of Mathematics, Science and Technology Education (Vol. 2, Number 7, pp. 46–75). <https://doi.org/10.5281/zenodo.21680066>

Copyright: © 2026 Emin Taner ELMAS. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 international License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Abstract

(“A Comprehensive Study of Thermal and Fluid Sciences-Based Approaches to the Diagnosis and Treatment of Neurodegenerative Diseases: Perspectives from Thermodynamics, Fluid Mechanics, Heat Transfer, Biophysics, and Advanced Mathematical Modeling”)

Neurodegenerative diseases are complex biophysical processes characterized by progressive neuronal loss, synaptic deterioration, and cognitive decline in the central nervous system. Today, it is understood that diseases such as Alzheimer's disease, Parkinson's disease, Huntington's disease, and ALS cannot be explained solely by biochemical processes. The brain is an extremely complex multi-physical system where energy conversion, fluid circulation, heat transfer, ion transport, and electromechanical signals occur simultaneously. Therefore, understanding neurodegenerative diseases requires a combined approach of engineering and medical sciences. In this study, the diagnosis and treatment of neurodegenerative diseases are examined in detail based on the principles of Thermodynamics, Fluid Mechanics, Heat Transfer, and Advanced Mathematics. Brain blood circulation, cerebrospinal fluid movement, metabolic energy production, protein diffusion, biothermal behavior, and electromechanical resonance mechanisms are explained using mathematical models. In particular, the physical foundations of neurodegenerative processes were analyzed using Navier–Stokes equations, Fourier Heat Transfer Equation, Pennes Bio-Heat Model, Fick Diffusion Law, and reaction-diffusion systems. Furthermore, CFD-based brain flow analyses, temperature distribution maps, EEG spectral studies, and biophysical resonance methods were evaluated for early diagnosis. In the treatment sections, controlled thermal interventions, electromagnetic stimulation, ultrasonic stimulation, and acoustic frequency therapies were examined in detail. This article aims to provide a theoretical foundation for future biophysics-based diagnostic and treatment systems by developing an interdisciplinary approach between engineering and neuroscience. [1-106]

Keywords: Thermal and Fluid Sciences, Navier-Stokes Equations, Alzheimer's, Brain, Dementia, Neuron, Neurotransmitter, Neuro-engineering, Neuroscience, Medicine, Medical Technique, Neurodegenerative Diseases, Thermal and Fluid Sciences, Energy Transfer, Thermodynamics, Fluid Mechanics, Heat Transfer, Entropy, ELMAS' Theory of Thermodynamics, Fifth Law of Thermodynamics, Medical Thermodynamics, Medical Engineering, Neuroplasticity.

Özet

Nörodejeneratif hastalıklar, merkezi sinir sisteminde ilerleyici nöronal kayıp, sinaptik bozulma ve bilişsel gerileme ile karakterize karmaşık biyofiziksel süreçlerdir. Günümüzde özellikle Alzheimer's disease, Parkinson's disease, Huntington hastalığı ve ALS gibi hastalıkların yalnızca biyokimyasal süreçlerle açıklanamayacağı anlaşılmıştır. Beyin; enerji dönüşümü, akışkan dolaşımı, ısı transferi, iyon taşınımı ve elektromekanik sinyallerin eş zamanlı olarak gerçekleştiği son derece karmaşık bir çok-fiziksel sistemdir. Bu nedenle nörodejeneratif hastalıkların anlaşılması için mühendislik bilimleri ile tıp bilimlerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada nörodejeneratif hastalıkların teşhis ve tedavisi; Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi ve Yüksek Matematik prensipleri temelinde ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Beyin kan dolaşımı, serebrospinal sıvı hareketi, metabolik enerji üretimi, protein difüzyonu, biyotermal davranışlar ve elektromekanik rezonans mekanizmaları matematiksel modeller ile açıklanmıştır. Özellikle Navier-Stokes equations, Fourier Isı İletim Denklemi, Pennes Biyo-Isı Modeli, Fick Difüzyon Yasası ve reaksiyon-difüzyon sistemleri kullanılarak nörodejeneratif süreçlerin fiziksel temelleri analiz edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada erken teşhis için CFD tabanlı beyin akış analizleri, sıcaklık dağılım haritaları, EEG spektral incelemeleri ve biyofiziksel rezonans yöntemleri değerlendirilmiştir. Tedavi bölümlerinde ise kontrollü termal müdahaleler, elektromanyetik stimülasyon, ultrasonik uyarım ve akustik frekans terapileri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bu makale, mühendislik ve nörobilim arasında disiplinler arası bir yaklaşım geliştirerek gelecekteki biyofizik tabanlı tanı ve tedavi sistemleri için teorik altyapı sunmayı amaçlamaktadır. [1-106]

Anahtar Kelimeler: Termal ve Akışkan Bilimleri, Navier-Stokes Denklemleri, Alzheimer, Beyin, Demans, Nöron, Neurotransmitter, Nöromühendislik, Nörobilim, Tıp, Tıbbi Teknik, Nörodejeneratif Hastalıklar, Termal ve Akışkan Bilimleri, Enerji Transferi, Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi, Entropi, ELMAS'ın Termodinamik Teorisi, Termodinamiğin Beşinci Yasası, Tıbbi Termodinamik, Tıp Mühendisliği, Nöroplastisite.

Giriş

1. GİRİŞ

Nörodejeneratif hastalıklar, insanlık tarihinin en karmaşık biyolojik problemleri arasında yer almaktadır. Bu hastalıklar merkezi sinir sisteminde ilerleyici nöronal kayıplar oluşturarak bireyin bilişsel, motor ve davranışsal fonksiyonlarını ciddi biçimde etkilemektedir. Özellikle Alzheimer hastalığı dünya genelinde milyonlarca insanı etkileyen en yaygın nörodejeneratif bozukluklardan biridir. [87-106]

Klasik tıbbi yaklaşım uzun yıllar boyunca bu hastalıkları yalnızca genetik mutasyonlar, protein agregasyonları ve biyokimyasal reaksiyonlar üzerinden açıklamaya çalışmıştır. Ancak modern biyofizik ve biyomühendislik çalışmaları göstermektedir ki beyin yalnızca biyolojik bir organ değil, aynı zamanda yüksek düzeyde enerji transferlerinin, akışkan hareketlerinin, elektromanyetik sinyallerin ve ısı süreçlerinin gerçekleştiği kompleks bir fiziksel sistemdir.

İnsan beyninin toplam vücut ağırlığına oranı yaklaşık %2 olmasına rağmen toplam metabolik enerjinin yaklaşık %20'sini tüketmesi, beyin son derece yoğun enerji kullanan bir sistem olduğunu göstermektedir. Beyin içerisinde sürekli olarak: [87-106]

- İyon hareketleri,
- Elektriksel sinyaller,

- Metabolik enerji dönüşümleri,
- Kan dolaşımı,
- Serebrospinal sıvı akışı,
- Isı transferi,
- Protein taşınımı

meydana gelmektedir.

Bu süreçlerin herhangi birindeki bozulma nörodejeneratif hastalıkların oluşumuna katkı sağlayabilmektedir. [87-106]

Örneğin Alzheimer hastalığında gözlenen temel fiziksel problemler şunlardır: [87-106]

- Beyin kan akışında azalma
- Mikrodamar sertleşmesi
- BOS dolaşım bozukluğu
- Protein difüzyon anomalileri
- Enerji metabolizmasının yavaşlaması
- Bölgesel sıcaklık değişimleri
- Sinaptik iletişimde enerji kayıpları

Dolayısıyla nörodejeneratif hastalıkların yalnızca biyokimyasal değil aynı zamanda termodinamik ve akışkan sistemler olarak incelenmesi gerekmektedir. [87-106]

2. BEYNİN BİYOFİZİKSEL YAPISI VE ÇOK-FİZİKLİ SİSTEM MODELİ

İnsan beyni, eş zamanlı çalışan çok sayıda fiziksel alanın birleşiminden oluşan kompleks bir sistemdir. Bu nedenle modern mühendislikte kullanılan “multiphysics” yaklaşımı beyin modellemeleri için büyük önem taşımaktadır. [87-106]

Beyinde aynı anda gerçekleşen temel fiziksel mekanizmalar aşağıdaki gibidir: [87-106]

Sistem	Fiziksel Süreç
Kardiyovasküler Sistem	Kan dolaşımı
BOS Sistemi	Akışkan taşınımı
Sinir Sistemi	Elektriksel iletişim
Metabolik Sistem	Enerji dönüşümü
Termal Sistem	Isı üretimi ve transferi
Moleküler Sistem	Protein difüzyonu

Bu fiziksel sistemler birbirlerinden bağımsız değildir. Tam tersine güçlü biçimde birbirlerine bağlıdır. [87-106]

Örneğin:

Azalan kan akışı → düşük oksijen taşınımı → ATP üretiminde düşüş → mitokondriyal bozulma → lokal sıcaklık değişimi → protein agregasyonu → nöronal ölüm.

Bu zincirleme mekanizma aslında nörodejeneratif sürecin temel biyofiziksel yapısını oluşturmaktadır. [87-106]

3. TERMODİNAMİK YAKLAŞIM: BEYNİN ENERJİ SİSTEMİ OLARAK İNCELENMESİ

Nörodejeneratif hastalıkların anlaşılmasında termodinamik yaklaşım oldukça önemlidir. Çünkü beyin yalnızca sinir hücrelerinden oluşan biyolojik bir organ değildir; aynı zamanda sürekli enerji alan, enerji dönüştüren, enerji harcayan ve bu süreçler sonucunda ısı üreten açık bir termodinamik sistemdir. Beyin, dış ortamdan doğrudan enerji almaz; enerji

ihtiyacını kan yoluyla taşınan glikoz ve oksijenden sağlar. Bu nedenle beyin sağlığının korunması, yalnızca sinir hücrelerinin yapısal bütünlüğüne değil, aynı zamanda enerji üretimi, enerji dağılımı ve enerji tüketimi arasındaki hassas dengeye bağlıdır. [1-106]

Termodinamik açıdan insan beyni açık sistem olarak kabul edilir. Çünkü beyin çevresiyle sürekli madde ve enerji alışverişi yapar. Kan yoluyla beyne oksijen, glikoz, aminoasitler ve iyonlar taşınır; metabolik faaliyetler sonucunda karbondioksit, laktat, ısı ve çeşitli atık ürünler oluşur. Bu maddeler tekrar kan ve beyin omurilik sıvısı aracılığıyla uzaklaştırılır. Bu bakımdan beyin, sürekli çalışan bir enerji santrali gibi düşünülebilir. Ancak bu enerji santrali klasik makinelerden çok daha karmaşıktır; çünkü enerji yalnızca mekanik iş için değil, düşünme, hafıza, dikkat, hareket kontrolü, duygu düzenleme ve sinaptik iletişim için kullanılır. [1-106]

Termodinamiğin birinci yasası, enerjinin yoktan var edilemeyeceğini ve yok edilemeyeceğini, yalnızca bir biçimden başka bir biçime dönüşebileceğini ifade eder. Beyin açısından bu yasa şu şekilde yorumlanabilir: Glikoz ve oksijenin kimyasal enerjisi, mitokondrilerde ATP enerjisine dönüştürülür. ATP daha sonra iyon pompalarının çalıştırılmasında, sinirsel uyarıların iletilmesinde, nörotransmitter salınımında, hücre içi düzenleme mekanizmalarında ve protein sentezinde kullanılır. Bu süreçlerin tamamı kusursuz ilerlediğinde beyin işlevleri sağlıklı biçimde devam eder. Ancak enerji üretiminde meydana gelen bir aksama, doğrudan nöronal fonksiyonları bozar. [1-106]

Bu durum özellikle Alzheimer hastalığında oldukça belirgindir. Alzheimer hastalığında beyin hücrelerinin glikoz kullanımında azalma olduğu bilinmektedir. Glikoz metabolizmasının azalması, hücrelerin yeterli ATP üretememesi anlamına gelir. ATP üretiminin düşmesi ise iyon pompalarının yavaşlamasına, hücre zar potansiyelinin bozulmasına, sinaptik iletimin zayıflamasına ve hücre içi kalsiyum dengesinin bozulmasına neden olur. Böylece başlangıçta yalnızca enerji yetersizliği gibi görünen problem, zamanla protein birikimi, hücre ölümü, hafıza kaybı ve bilişsel gerileme gibi çok daha ağır sonuçlara dönüşür. [1-106]

Termodinamik açıdan nörodejeneratif hastalıkların bir diğer önemli yönü entropidir. Entropi, bir sistemdeki düzensizliği ifade eder. Sağlıklı bir beyinde milyonlarca nöron ve sinaptik bağlantı belirli bir düzen içinde çalışır. Bilgi akışı belirli yolları takip eder, elektriksel sinyaller belirli ritimlerle ilerler, proteinler doğru şekilde katlanır ve hücre içi yapılar düzenli biçimde görev yapar. Ancak Alzheimer ve Parkinson gibi hastalıklarda bu düzen bozulur. Proteinler yanlış katlanır, beta-amiloid plakları ve tau yumakları oluşur, hücre içi taşıma sistemleri bozulur ve sinaptik ağlar düzensizleşir. Bu durum biyolojik açıdan hastalık, termodinamik açıdan ise sistem entropisinin artması olarak yorumlanabilir. [1-106]

Beyindeki entropi artışı yalnızca moleküler düzeyde değil, bilgi işleme düzeyinde de görülür. Sağlıklı bir beyinde sinirsel ağlar arasında yüksek düzeyde koordinasyon vardır. Alzheimer hastalığında ise bu koordinasyon giderek zayıflar. EEG sinyallerinde ritim bozuklukları, gamma bandı aktivitesinde azalma, yavaş dalga aktivitelerinde artış gibi bulgular ortaya çıkar. Bu durum beyin bilgi işleme kapasitesinin termodinamik anlamda daha düzensiz ve verimsiz hale geldiğini gösterir. [1-106]

Bu nedenle nörodejeneratif hastalıklar yalnızca hücre ölümüyle açıklanamaz. Asıl problem, beyin enerji üretim, enerji dağıtım ve enerji kullanma mekanizmalarının bozulmasıdır. Termodinamik yaklaşım bize şunu gösterir: Eğer bir sistem yeterli enerji alamıyor, aldığı enerjiyi verimli dönüştüremiyor ve ürettiği atıkları uzaklaştırıyorsa, o sistem zamanla düzensizleşir ve fonksiyon kaybına uğrar. Beyinde olan süreç de büyük ölçüde budur. [1-106]

Yöntem, Bulgular ve Tartışma

4. AKIŞKANLAR MEKANIĞI AÇISINDAN BEYİN KAN DOLAŞIMI

Beyin fonksiyonlarının sürdürülebilmesi için kan akışı hayati öneme sahiptir. Çünkü beyin kendi içinde büyük enerji depolarına sahip değildir. Kas dokusu gibi uzun süreli enerji rezervleri oluşturamaz. Bu nedenle beyin hücreleri, sürekli ve düzenli kan akışına bağımlıdır. Kan akışı kısa süreli bile azaldığında nöronal fonksiyonlar bozulmaya başlar. Uzun süreli ve kronik azalma ise nörodejeneratif süreçleri hızlandırabilir. [87-106]

Akışkanlar mekaniği açısından kan, damar sistemi içinde hareket eden biyolojik bir akışkandır. Kanın hareketi basınç farkı, damar çapı, damar duvarı elastikiyeti, kan viskozitesi ve damar iç yüzeyinin durumuna bağlıdır. Sağlıklı bir beyin dolaşımında kan, belirli bir basınç altında damar ağı boyunca düzenli şekilde ilerler. Bu akış sayesinde oksijen ve glikoz nöronlara taşınır, karbondioksit ve metabolik atıklar dokudan uzaklaştırılır. [87-106]

Beyin damarlarında meydana gelen küçük değişiklikler bile ciddi sonuçlar doğurabilir. Çünkü beyin mikrodamar sistemi oldukça hassastır. Damar çapında meydana gelen daralma, kan akışını doğrusal değil çok daha güçlü biçimde azaltır. Bu durum Hagen–Poiseuille denklemi ile açıklanabilir: [87-106]

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \mu L}$$

Bu denklemde Q hacimsel debiyi, r damar yarıçapını, ΔP basınç farkını, μ dinamik viskoziteyi ve L damar uzunluğunu gösterir. Burada en dikkat çekici nokta, yarıçapın dördüncü kuvvetle etkili olmasıdır. Yani damar yarıçapında küçük bir azalma bile kan akışında çok büyük bir düşüşe yol açabilir. Örneğin damar çapı yarıya düşerse akış yaklaşık on altı kat azalabilir. Bu durum Alzheimer hastalığında görülen mikrovasküler bozuklukların neden bu kadar önemli olduğunu açıklar. [87-106]

Beyin kan akışının matematiksel modellenmesinde Navier–Stokes denklemleri temel alınır: [87-106]

$$\rho \left(\frac{\partial V}{\partial t} + V \cdot \nabla V \right) = -\nabla P + \mu \nabla^2 V + \rho g$$

Bu denklem, akışkanın hareketini belirleyen temel fiziksel etkileri bir araya getirir. Sol tarafta akışkanın ivmelenmesi yer alır. Sağ tarafta ise basınç kuvvetleri, viskoz kuvvetler ve hacim kuvvetleri bulunur. Beyin damarları için bu denklem, kanın damar içinde nasıl hızlandığını, nerelerde yavaşladığını, hangi bölgelerde basınç kaybı oluştuğunu ve hangi bölgelerde akışın düzensizleştiğini anlamak için kullanılabilir. [87-106]

Alzheimer hastalığında serebral kan akışının azalması oldukça önemli bir bulgudur. Beynin özellikle hipokampus ve temporal korteks gibi hafıza ile ilişkili bölgelerinde kan akışının azalması, hastalığın erken dönemlerinde ortaya çıkabilir. Bu nedenle akışkanlar mekaniği temelli beyin dolaşımı analizleri, erken teşhis açısından değerli olabilir. Eğer bir kişide henüz belirgin hafıza kaybı başlamadan önce belirli beyin bölgelerinde kronik düşük perfüzyon tespit edilirse, bu durum nörodejeneratif risk açısından erken uyarı işareti olabilir. [87-106]

Kan akışı yalnızca oksijen taşımakla kalmaz, aynı zamanda ısı transferi açısından da önemlidir. Beyin yüksek metabolik aktivite nedeniyle sürekli ısı üretir. Bu ısının dengelenmesinde kan dolaşımı önemli görev yapar. Kan akışı azaldığında bir bölgede hem enerji yetersizliği hem de ısı düzenleme bozukluğu ortaya çıkabilir. Bu nedenle akışkanlar mekaniği ile ısı transferi süreçleri birbirinden ayrı düşünülmemelidir. [87-106]

5. SEREBROSPINAL SIVI DINAMIĞI VE NÖRODEJENERASYON

Beyin omurilik sıvısı, yani BOS, merkezi sinir sistemi için hayati öneme sahip bir akışkandır. BOS yalnızca beynin etrafında bulunan pasif bir sıvı değildir; aksine mekanik koruma, besin taşınımı, atık uzaklaştırma ve basınç düzenleme gibi önemli görevleri vardır. Beyin kafatası içinde hassas bir yapıdır ve doğrudan sert kemik yüzeylerle temas etmez. BOS, beyin ile kafatası arasında bir tampon görevi görür ve mekanik darbeleri sönümler. [87-106]

Nörodejeneratif hastalıklar açısından BOS'un en önemli görevlerinden biri atık temizliğidir. Beyinde metabolik faaliyetler sonucunda çeşitli atık moleküller oluşur. Bunlar arasında beta-amiloid ve tau proteinleri Alzheimer hastalığı açısından özellikle önemlidir. Sağlıklı koşullarda bu proteinlerin belirli miktarı temizlenir ve dengede tutulur. Ancak BOS dolaşımı yavaşladığında veya glifatik sistem denilen beyin temizleme mekanizması bozulduğunda, bu proteinlerin uzaklaştırılması zorlaşır. Böylece proteinler zamanla birikerek toksik etki oluşturabilir. [87-106]

BOS akışı, klasik boru akışlarından farklı olmakla birlikte akışkanlar mekaniği prensipleriyle incelenebilir. BOS hareketi basınç farkları, solunum hareketleri, kalp atımı, damar titreşimleri ve vücut pozisyonu gibi faktörlerden etkilenir. Bu nedenle BOS akışı zamana bağlı, düşük hızlı ve karmaşık bir biyolojik akıştır. Bu akışın bozulması, Alzheimer ve diğer nörodejeneratif hastalıkların ilerlemesinde etkili olabilir. [87-106]

BOS akışı için basitleştirilmiş bir model Hagen–Poiseuille denklemidir. Bu denklem, dar kanallar içindeki laminar akışı açıklar. BOS'un geçtiği bazı dar anatomik bölgelerde bu yaklaşım yaklaşık olarak kullanılabilir. Denklem şunu gösterir: Akış miktarı kanal yarıçapının dördüncü kuvvetiyle orantılıdır. Bu nedenle BOS yollarındaki küçük daralmalar, basınç değişiklikleri veya viskozite artışları temizleme kapasitesini ciddi şekilde azaltabilir. [87-106]

Alzheimer hastalığında uyku bozukluklarının da sık görülmesi bu açıdan önemlidir. Çünkü glifatik sistemin özellikle uyku sırasında daha aktif çalıştığı düşünülmektedir. Uyku sırasında beyin hücreleri arasındaki boşlukların genişlediği ve atık temizliğinin arttığı yönünde çalışmalar vardır. Bu durum akışkanlar mekaniği açısından değerlendirildiğinde, hücreler arası sıvı geçiş yollarının hidrolik direncinin azalması ve atık moleküllerin daha kolay taşınması anlamına gelir. [87-106]

Dolayısıyla BOS dinamiği yalnızca anatomik bir konu değildir. Nörodejeneratif hastalıkların erken teşhisi ve tedavisinde önemli bir biyofiziksel parametredir. Gelecekte BOS akış hızının, basınç değişimlerinin ve protein temizleme kapasitesinin görüntüleme yöntemleriyle analiz edilmesi, Alzheimer riskinin belirlenmesinde önemli bir araç olabilir. [87-106]

6. ISI TRANSFERİ VE BEYİN SICAKLIK DAĞILIMI

Beyin, vücudun en fazla enerji tüketen organlarından biri olduğu için sürekli ısı üretir. Bu ısı, metabolik reaksiyonların doğal sonucudur. Sağlıklı bir beyinde üretilen ısı kan dolaşımı ve çevre dokular aracılığıyla dengelenir. Ancak nörodejeneratif hastalıklarda enerji metabolizması, kan akışı ve hücresel aktivite bozulduğu için sıcaklık dağılımında da değişiklikler meydana gelebilir. [1-106]

Isı transferi açısından beyinde üç temel mekanizma vardır: iletim, taşınım ve metabolik ısı üretimi. İletim, beyin dokusu içinde sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşen ısı geçişidir. Taşınım ise kan akışı yoluyla ısının taşınmasıdır. Metabolik ısı üretimi ise nöronların ve glial hücrelerin enerji kullanımı sonucu ortaya çıkar. [1-106]

Fourier ısı iletim yasası şu şekilde ifade edilir:

$$q = -k\nabla T$$

Bu denklemde q ısı akısını, k dokunun ısı iletkenliğini, T sıcaklığı ifade eder. Denklemdeki negatif işaret, ısının yüksek

sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru aktığını gösterir. Beyin dokusunda bölgesel metabolik aktivite arttığında o bölgede ısı üretimi artar. Eğer kan akışı yeterliyse bu fazla ısı taşınarak uzaklaştırılır. Ancak kan akışı bozulursa lokal sıcaklık değişimleri meydana gelebilir. [1-106]

Beyindeki ısı transferini açıklamada Pennes biyo-ısı denklemi önemli bir modeldir: [87-106]

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + \omega_b c_b (T_a - T) + Q_m$$

Bu denklemde doku yoğunluğu, özgül ısı, ısı iletkenlik, kan perfüzyonu ve metabolik ısı üretimi birlikte değerlendirilir. Denklem bize şunu gösterir: Beyin sıcaklığı yalnızca dokunun kendi ısı iletimine bağlı değildir; aynı zamanda kan akışı ve metabolik faaliyetlerle doğrudan ilişkilidir. [1-106]

Alzheimer hastalığında bazı bölgelerde metabolik aktivite azalırken, inflamasyon görülen bölgelerde lokal ısı artışı meydana gelebilir. Bu nedenle sıcaklık dağılımı homojen olmaktan çıkar. Bazı bölgelerde düşük metabolizma nedeniyle ısı üretimi azalabilirken, bazı bölgelerde bağışıklık aktivasyonu nedeniyle sıcaklık artabilir. Bu durum termal görüntüleme ve ileri görüntüleme teknikleriyle değerlendirilebilir. [1-106]

Isı transferi yaklaşımı tedavi açısından da önemlidir. Çünkü sıcaklık, protein katlanması ve çözünürlüğü üzerinde etkilidir. Beta-amiloid ve tau gibi proteinlerin davranışı sıcaklık, pH, iyon yoğunluğu ve çevresel biyokimyasal koşullara bağlıdır. Kontrollü termal müdahaleler teorik olarak protein agregasyon süreçlerini etkileyebilir. Ancak bu tür uygulamalar son derece hassas olmalıdır. Çünkü beyin dokusu sıcaklık değişimlerine karşı duyarlıdır. Küçük sıcaklık artışları bile hücresel fonksiyonları etkileyebilir. [1-106]

Bu nedenle ısı transferi temelli tedavi yaklaşımlarında temel amaç doğrudan yüksek sıcaklık uygulamak değil, lokal ısı dengesini, kan akışını ve metabolik aktiviteyi kontrollü biçimde düzenlemek olmalıdır. [1-106]

7. KÜTLE TRANSFERİ, PROTEİN DİFÜZYONU VE ALZHEIMER PATOLOJİSİ

Nörodejeneratif hastalıkların en önemli biyolojik özelliklerinden biri anormal protein birikimleridir. Alzheimer hastalığında beta-amiloid plakları ve tau yumakları, Parkinson hastalığında alfa-sinüklein birikimi, Huntington hastalığında huntingtin proteini, ALS'de ise farklı protein agregasyonları görülür. Bu proteinlerin beyinde nasıl yayıldığı ve neden belirli bölgelerde yoğunlaştığı yalnızca biyokimyasal değil, aynı zamanda kütle transferi problemidir. [1-106]

Kütle transferi, bir maddenin bir bölgeden başka bir bölgeye taşınmasını inceler. Beyinde proteinler, iyonlar, nörotransmitterler ve metabolik atıklar difüzyon, konveksiyon ve aktif taşıma mekanizmalarıyla hareket eder. Difüzyon, moleküllerin yüksek konsantrasyonlu bölgeden düşük konsantrasyonlu bölgeye doğru hareketidir. Konveksiyon ise akışkan hareketiyle taşınım anlamına gelir. Beyinde her iki mekanizma da birlikte çalışır. [1-106]

Fick'in birinci difüzyon yasası şu şekildedir: [87-106]

$$J = -D \nabla C$$

Burada J difüzyon akışını, D difüzyon katsayısını, C ise konsantrasyonu ifade eder. Bu denklem, proteinlerin konsantrasyon farkı nedeniyle nasıl yayıldığını açıklar. Eğer bir bölgede beta-amiloid yoğunluğu artarsa, normal koşullarda bu moleküller çevre bölgelere doğru yayılabilir veya temizleme sistemleriyle uzaklaştırılabilir. Ancak temizleme mekanizmaları zayıflarsa, difüzyon ve birikim dengesi bozulur. [87-106]

Fick'in ikinci yasası zamana bağlı difüzyonu açıklar: [87-106]

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C$$

Bu denklem, bir molekülün zaman içinde doku içinde nasıl yayıldığını gösterir. Alzheimer açısından bu denklem tek başına yeterli değildir; çünkü beta-amiloid yalnızca yayılmaz, aynı zamanda üretilir, birikir, plak oluşturur ve temizlenir. Bu nedenle daha gelişmiş reaksiyon-difüzyon denklemleri kullanılır: [87-106]

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C + R(C) - K(C)$$

Burada $R(C)$ üretim veya agregasyon terimini, $K(C)$ ise temizlenme terimini ifade eder. Alzheimer hastalığında problem yalnızca üretimin artması değil, aynı zamanda temizlenmenin azalması olabilir. Bu nedenle hastalık modeli oluşturulurken üretim, yayılım, birikim ve temizlenme aynı anda değerlendirilmelidir. [87-106]

Bu yaklaşım erken teşhis açısından önemlidir. Eğer matematiksel modeller yardımıyla protein birikiminin hangi bölgelerde başlayabileceği tahmin edilebilirse, görüntüleme yöntemleri bu bölgelere odaklanabilir. Ayrıca BOS akışı ve kan dolaşımı verileri modele eklenirse, kişiye özgü risk haritaları oluşturulabilir. [87-106]

Tedavi açısından da kütle transferi önemlidir. Bir ilacın beyin dokusuna ulaşması, kan-beyin bariyerini geçmesi, hedef bölgede yeterli konsantrasyona ulaşması ve toksik olmayan seviyede kalması tamamen taşıma problemidir. Bu nedenle nörodejeneratif hastalıklarda ilaç tedavisi yalnızca farmakolojik değil, aynı zamanda biyotransport problemidir. [87-106]

8. YÜKSEK MATEMATİK VE DİFERANSİYEL DENKLEM SİSTEMLERİ

Nörodejeneratif hastalıklar çok değişkenli, zamana bağlı ve doğrusal olmayan sistemlerdir. Bu nedenle basit matematiksel ilişkilerle tam olarak açıklanmaları mümkün değildir. Beyindeki kan akışı, ısı transferi, protein difüzyonu, elektriksel aktivite ve metabolik reaksiyonlar birbirine bağlı diferansiyel denklemlerle modellenmelidir. [87-106]

Bu tür sistemlerde genellikle kısmi diferansiyel denklemler kullanılır. Çünkü değişkenler yalnızca zamana değil, aynı zamanda konuma da bağlıdır. Örneğin sıcaklık $T(x,y,z,t)$, protein konsantrasyonu $C(x,y,z,t)$, hız alanı $V(x,y,z,t)$ ve basınç $P(x,y,z,t)$ şeklinde tanımlanır. Bu da problemi dört boyutlu hale getirir: üç uzay boyutu ve zaman. [87-106]

Beyin için çok-fiziksel bir model şu bileşenlerden oluşabilir: [87-106]

Akış, Alanı+Isı Alanı+Kütle Transferi+Elektriksel Aktivite

Bu alanlar birbirine bağlıdır. Örneğin kan akışı sıcaklığı etkiler, sıcaklık viskoziteyi etkiler, viskozite akışı değiştirir, akış protein temizliğini etkiler, protein birikimi hücre sağlığını bozar, hücre sağlığı metabolik ısı üretimini değiştirir. Bu nedenle model tek denklemlerle değil, denklem sistemleriyle kurulmalıdır.

Genel bir çok-fiziksel model şu şekilde düşünülebilir: [87-106]

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial V^{\rightarrow}}{\partial t} + V^{\rightarrow} \cdot \nabla V^{\rightarrow} \right) &= -\nabla P + \mu \nabla^2 V^{\rightarrow} \\ \rho c \frac{\partial T}{\partial t} &= k \nabla^2 T + \omega b c b (T_a - T) + Q_m \\ \frac{\partial C}{\partial t} &= D \nabla^2 C + R(C) - K(C) \end{aligned}$$

Bu üç denklem birlikte çözüldüğünde kan akışı, sıcaklık dağılımı ve protein birikimi arasındaki ilişki analiz edilebilir. [87-106]

Bu tür denklemlerin analitik çözümü çoğu zaman mümkün değildir. Çünkü beyin geometrisi karmaşıktır, damar yapısı düzensizdir, doku özellikleri bölgeden bölgeye değişir ve sınır şartları kişiden kişiye farklılık gösterir. Bu nedenle sayısal yöntemler kullanılır.

Başlıca sayısal yöntemler şunlardır:

- Sonlu Elemanlar Yöntemi
- Sonlu Hacimler Yöntemi

- Sonlu Farklar Yöntemi
- Spektral Yöntemler
- CFD analizleri
- Yapay zekâ destekli simülasyonlar

Bu yöntemlerle hastaya özgü beyin modelleri oluşturulabilir. MRI ve MR anjiyografi görüntülerinden damar geometrisi çıkarılır, BOS yolları modellenir, sıcaklık ve protein dağılımları simüle edilir. Böylece hastalık başlamadan önce riskli bölgeler belirlenebilir. [87-106]

9. ERKEN TEŞHİS AÇISINDAN TERMAL VE AKIŞKAN TEMELLİ GÖSTERGELER

Nörodejeneratif hastalıklarda erken teşhis son derece önemlidir. Çünkü Alzheimer ve Parkinson gibi hastalıklarda klinik belirtiler ortaya çıktığında beyinde ciddi düzeyde hücresel hasar oluşmuş olabilir. Bu nedenle hastalığı yalnızca unutkanlık, titreme veya davranış değişikliği başladıktan sonra teşhis etmek geç kalınmış bir yaklaşım olabilir. [87-106]

Termal ve akışkan bilimleri burada önemli fırsatlar sunar. Çünkü hastalık belirtileri ortaya çıkmadan önce beyin kan akışında, BOS dolaşımında, metabolik ısı üretiminde ve protein taşınımında değişiklikler meydana gelebilir. Bu değişiklikler erken biyofiziksel işaretler olarak değerlendirilebilir. [87-106]

Örneğin Alzheimer açısından erken göstergeler şunlar olabilir:

- Hipokampus bölgesinde düşük kan akışı
- Temporal kortekste metabolik aktivite azalması
- BOS temizleme hızında düşüş
- Beta-amiloid konsantrasyonunda bölgesel artış
- EEG gamma aktivitesinde azalma
- Lokal sıcaklık dağılımında bozulma

Bu göstergelerin her biri mühendislik modelleriyle sayısallaştırılabilir. Örneğin kan akış hızı, basınç gradyanı, damar direnci, sıcaklık gradyanı ve protein difüzyon katsayısı gibi parametreler hastalık risk skoruna dönüştürülebilir. [87-106]

Bu yaklaşım klasik teşhisten farklıdır. Klasik teşhis çoğunlukla belirtilere dayanırken, mühendislik temelli teşhis sistemleri hastalığın fiziksel altyapısını erken dönemde yakalamaya çalışır. Bu nedenle gelecekte nörodejeneratif hastalıklar için “biyofiziksel erken uyarı sistemleri” geliştirilebilir. [87-106]

10. Tedavi Yaklaşımlarının Termal ve Akışkan Bilimleriyle Değerlendirilmesi

Nörodejeneratif hastalıkların tedavisi yalnızca ilaç verilmesiyle sınırlı düşünülmemelidir. Çünkü hastalıkta damar akışı, BOS dolaşımı, ısı dengesi, protein taşınımı ve elektriksel ritimler birlikte bozulmaktadır. Bu nedenle tedavi yaklaşımları da çok yönlü olmalıdır. [87-106]

Akışkanlar mekaniği açısından tedavide temel amaçlardan biri beyin perfüzyonunu iyileştirmektir. Beyne giden kan akışının düzenlenmesi, oksijen ve glikoz taşınımını artırabilir. Bu durum nöronal enerji üretimini destekler. Fiziksel aktivite, damar sağlığını koruyan yaşam tarzı değişiklikleri ve bazı farmakolojik yaklaşımlar bu açıdan önemlidir.

BOS dolaşımının desteklenmesi de tedavi açısından önemlidir. Uyku düzeni, solunum düzeni, vasküler pulsasyonlar ve beyin temizleme sistemleri arasında ilişki vardır. Bu nedenle Alzheimer gibi hastalıklarda yalnızca hafıza ilaçları değil, uyku kalitesi, dolaşım sağlığı ve metabolik denge de dikkate alınmalıdır. [87-106]

Isı transferi açısından kontrollü termal yaklaşımlar teorik olarak önemlidir. Beyinde sıcaklık dengesinin korunması, protein stabilitesi ve hücre sağlığı için gereklidir. Ancak beyne doğrudan sıcaklık müdahalesi riskli olduğundan, bu tür yöntemler ancak hassas kontrollü tıbbi cihazlarla ve deneysel çalışmalarla değerlendirilebilir.

Akustik ve elektromanyetik uyarım yöntemleri de son yıllarda dikkat çekmektedir. Özellikle belirli frekanslardaki uyarımların nöronal senkronizasyonu etkileyebileceği düşünülmektedir. Gamma bandı, özellikle 40 Hz civarı frekanslar, Alzheimer araştırmalarında ilgi görmektedir. Bu frekansların beyin ağları üzerinde düzenleyici etki oluşturabileceği, mikrogial aktiviteyi etkileyebileceği ve protein temizliğini destekleyebileceği ileri sürülmektedir. [1-106]

Ancak burada dikkatli olunmalıdır. Akustik veya elektromanyetik uyarımlar doğrudan kesin tedavi olarak sunulmamalıdır. Bunlar henüz araştırma ve destekleyici tedavi alanlarıdır. Mühendislik açısından önemli olan nokta, bu uyarımların dalga mekaniği, rezonans, enerji aktarımı ve biyolojik doku etkileşimi prensipleriyle incelenbilmesidir. [1-106]

11. COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) İLE BEYİN MODELLEMESİ VE NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARIN SAYISAL ANALİZİ

Nörodegeneratif hastalıkların fiziksel süreçlerini anlamada Computational Fluid Dynamics (CFD) son derece önemli bir mühendislik alanıdır. CFD, akışkan hareketlerinin bilgisayar ortamında sayısal olarak modellenmesini sağlayan ileri düzey bir analiz yöntemidir. Klasik deneysel yöntemlerin ulaşamadığı karmaşık biyolojik akış problemleri CFD sayesinde incelenebilmektedir. Özellikle insan beynindeki damar ağının son derece karmaşık olması, doğrudan deneysel ölçümlerin zor yapılabilmesi ve akış parametrelerinin zamana bağlı değişmesi nedeniyle CFD tabanlı modeller nörobilim çalışmalarında giderek daha fazla kullanılmaktadır. [87-106]

Beyin damar sistemi düz borulardan oluşmaz. Damarlar sürekli dallanır, daralır, kıvrılır ve farklı elastik özellikler gösterir. Bu nedenle klasik basitleştirilmiş akış modelleri çoğu zaman yeterli değildir. CFD analizleri sayesinde gerçek MRI veya CT görüntülerinden çıkarılan damar geometrileri üç boyutlu hale getirilerek bilgisayar ortamında simüle edilebilir. Böylece damar içindeki hız dağılımları, basınç alanları, girdap oluşumları, kayma gerilmeleri ve akış düzensizlikleri ayrıntılı şekilde incelenebilir. [87-106]

CFD yaklaşımının temelinde Navier–Stokes denklemlerinin sayısal çözümü bulunmaktadır. Bu denklemler analitik olarak yalnızca çok basit geometrilerde çözülebilir. Ancak insan beyni gibi karmaşık yapılarda doğrudan çözüm mümkün değildir. Bu nedenle sayısal yöntemler kullanılır. Özellikle:

- Sonlu Hacimler Yöntemi (Finite Volume Method)
- Sonlu Elemanlar Yöntemi (Finite Element Method)
- Sonlu Farklar Yöntemi (Finite Difference Method)

gibi teknikler CFD analizlerinin temelini oluşturur.

Beyin damarlarında akış analizi yapılırken ilk olarak damar geometrisi oluşturulur. Bu geometri genellikle MR anjiyografi veya bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilir. Daha sonra bu geometri küçük hücresel ağlara yani “mesh” yapılarına bölünür. Mesh yapısı CFD analizinin doğruluğu açısından kritik öneme sahiptir. Çok kaba mesh kullanılırsa çözüm hassasiyeti azalır; aşırı ince mesh kullanılırsa hesaplama maliyeti çok yükselir. Bu nedenle optimum ağ yapısı oluşturulmalıdır. [87-106]

Beyin damarlarında Reynolds sayısı da önemli bir parametredir:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Burada:

- ρ : yoğunluk
- V : hız
- D : karakteristik çap
- μ : dinamik viskozite

olarak tanımlanır.

Reynolds sayısı akışın laminar mı yoksa türbülanslı mı olduğunu gösterir. Beyin damarlarının büyük kısmında akış genellikle laminar karakterdedir. Ancak damar daralmaları, anevrizmalar veya damar çatallanma bölgelerinde lokal türbülans benzeri düzensizlikler oluşabilir. Bu düzensizlikler damar duvarında mekanik stres oluşturur ve endotelial hasara katkıda bulunabilir. [87-106]

Özellikle Alzheimer hastalığında küçük damar hastalığı ve mikrovasküler bozulmalar önemli rol oynar. CFD analizleri sayesinde düşük akış bölgeleri, stagnasyon alanları ve düşük kayma gerilmesi bölgeleri belirlenebilir. Düşük kayma gerilmesi damar duvarında inflamasyonu artırabilir ve vasküler fonksiyonları bozabilir. Bu durum zamanla nöronal beslenmeyi etkileyerek nörodejenerasyonu hızlandırabilir. [87-106]

CFD aynı zamanda BOS dolaşımı için de kullanılabilir. BOS hareketi düşük hızlı, zamana bağlı ve pulsatif bir akıştır. Kalp atımı ve solunum hareketleri BOS akışını etkiler. CFD simülasyonları ile BOS yollarındaki daralmalar, basınç değişimleri ve akış düzensizlikleri analiz edilebilir. Böylece protein temizleme kapasitesinin hangi bölgelerde azaldığı tahmin edilebilir. [87-106]

Modern CFD çalışmaları yalnızca akış analizleriyle sınırlı değildir. Günümüzde “fluid-structure interaction” yani akışkan-yapı etkileşimi modelleri kullanılmaktadır. Bu modellerde damar duvarlarının elastik deformasyonları da hesaba katılır. Çünkü damarlar rijit değildir; basınca bağlı olarak genişleyip daralabilirler. Özellikle yaşlanma ile birlikte damar elastikiyetinin azalması nörodejeneratif hastalıklar açısından önemlidir. [87-106]

CFD tabanlı beyin modellerinin gelecekte kişiye özel teşhis sistemlerinde kullanılması beklenmektedir. Hastanın MRI görüntüleri alınarak kişiye özgü damar modeli oluşturulabilir ve riskli bölgeler önceden belirlenebilir. Böylece Alzheimer hastalığı belirtileri ortaya çıkmadan önce düşük perfüzyon bölgeleri tespit edilebilir. [87-106]

12. EEG ANALIZI, FOURIER DÖNÜŞÜMÜ VE BEYİN FREKANS DINAMİKLERİ

İnsan beyni yalnızca biyolojik ve kimyasal bir sistem değildir; aynı zamanda elektriksel ve frekans tabanlı çalışan karmaşık bir ağıdır. Nöronlar arasındaki iletişim elektriksel impulslarla gerçekleşir. Bu impulsların toplu davranışı EEG (Elektroensefalografi) cihazlarıyla ölçülebilir. EEG sinyalleri beynin zamana bağlı elektriksel aktivitesini gösterir ve nörodejeneratif hastalıkların teşhisinde önemli bilgiler sağlayabilir. [87-106]

EEG sinyalleri ham biçimde oldukça karmaşık görünür. Ancak bu sinyaller aslında farklı frekans bantlarının birleşiminden oluşmaktadır. Beyindeki temel frekans bantları şunlardır:

Bant	Frekans Aralığı
Delta	0.5–4 Hz
Theta	4–8 Hz
Alpha	8–13 Hz
Beta	13–30 Hz
Gamma	30–100 Hz

Bu bantların her biri farklı bilişsel durumlarla ilişkilidir. Örneğin:

- Delta dalgaları derin uyku ile,
- Theta dalgaları hafıza süreçleriyle,
- Alpha dalgaları dinlenme durumuyla,
- Beta dalgaları dikkat ve aktif düşünmeyle,
- Gamma dalgaları ise bilinç, algı ve yüksek bilişsel işlemlerle ilişkilidir.

Alzheimer hastalığında özellikle gamma bandı aktivitelerinde azalma olduğu gözlenmektedir. Gamma ritimleri nöronlar arası senkronizasyon için önemlidir. Bu ritimlerin bozulması bilgi işleme kapasitesini düşürebilir ve hafıza süreçlerini etkileyebilir. [87-106]

EEG sinyallerinin analizinde Fourier dönüşümü temel araçlardan biridir:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt$$

Bu dönüşüm zaman domenindeki sinyali frekans domenine çevirir. Böylece hangi frekans bileşenlerinin ne kadar enerji taşıdığı belirlenebilir.

Gerçek EEG verilerinde çoğunlukla Fast Fourier Transform (FFT) algoritması kullanılır. FFT sayesinde büyük veri setleri hızlı biçimde frekans analizine tabi tutulabilir. Alzheimer hastalarında yapılan FFT analizlerinde:

- düşük frekans aktivitelerinde artış,
- yüksek frekans aktivitelerinde azalma,
- spektral enerji dağılımında bozulma

gözlenmiştir.

Bu durum beynin bilgi işleme kapasitesinin yavaşladığını göstermektedir.

Beyin frekanslarının incelenmesi yalnızca teşhis için değil, tedavi açısından da önemlidir. Çünkü dışarıdan verilen ritmik uyarılar beyin frekanslarını etkileyebilir. Bu olaya entrainment yani frekans eşleşmesi denir. Özellikle belirli frekanslardaki ışık, ses veya elektromanyetik uyarıların beyin ritimleri üzerinde düzenleyici etkileri olabileceği düşünülmektedir. [87-106]

Gamma frekansları burada özel önem taşımaktadır. Son yıllarda yapılan bazı deneylerde 40 Hz civarındaki ritmik uyarıların Alzheimer modellerinde beta-amiloid yükünü azaltabileceği öne sürülmüştür. Bu etkinin tam mekanizması henüz net değildir ancak mikrogial aktivite, nöronal senkronizasyon ve metabolik düzenleme ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. [87-106]

EEG analizleri gelecekte yapay zekâ ile birlikte daha güçlü hale gelebilir. Derin öğrenme sistemleri EEG örüntülerini analiz ederek Alzheimer riskini klinik belirtiler ortaya çıkmadan önce belirleyebilir. Böylece EEG yalnızca nörolojik test olmaktan çıkıp biyofiziksel erken teşhis sistemi haline gelebilir. [87-106]

13. AKUSTİK DALGA MEKANİĞİ VE NÖROMODÜLASYON

Ses dalgaları mekanik titreşimlerdir ve belirli frekanslarda enerji taşırlar. İnsan kulağı yaklaşık 20 Hz ile 20 kHz arasındaki frekansları duyabilir. Ancak biyolojik dokular ses dalgalarından yalnızca işitsel olarak etkilenmez; aynı zamanda mekanik enerji transferi yoluyla fiziksel etkiler de oluşabilir. [1-86]

Akustik dalgaların temel özellikleri:

- frekans,
- genlik,
- dalga boyu,
- enerji yoğunluğu,
- rezonans

olarak tanımlanır.

Beyin dokusu tamamen katı değildir; viskoelastik özellik gösterir. Bu nedenle mekanik dalgalara belirli düzeyde tepki verebilir. Özellikle düşük yoğunluklu ultrasonik dalgalar son yıllarda nöromodülasyon çalışmalarında dikkat çekmektedir.

Akustik dalgaların biyolojik etkileri şunlar olabilir:

- hücrel membran titreşimleri,
- iyon kanallarının etkilenmesi,
- lokal kan akışının değişmesi,
- metabolik aktivitenin değişmesi,
- nöronal senkronizasyonun etkilenmesi.

Bu etkiler tamamen dalga mekaniği ve enerji transferi prensipleriyle ilişkilidir.

Bir sistem dış frekansla kendi doğal frekansı arasında uyum oluştuğunda rezonans meydana gelir. Beyin ağlarının da belirli doğal frekans davranışları vardır. Özellikle gamma bandı aktiviteleri yüksek bilişsel süreçlerle ilişkilidir. Bu nedenle bazı araştırmalar ritmik akustik veya görsel uyarımların gamma senkronizasyonunu destekleyebileceğini öne sürmektedir. [1-86]

Burada mühendislik açısından önemli soru şudur: [1-86]

“Belirli frekanslardaki dış dalgalar beynin biyofiziksel dinamiklerini etkileyebilir mi?”

Teorik olarak cevap evettir. Çünkü biyolojik sistemler tamamen fizik yasalarından bağımsız değildir. Ancak bu etkinin klinik anlamda ne kadar güçlü olduğu hâlâ araştırılmaktadır.

Akustik nöromodülasyon çalışmalarında yalnızca frekans değil, enerji yoğunluğu da kritik öneme sahiptir. Çok düşük enerji etkisiz olabilirken, yüksek enerji doku hasarı oluşturabilir. Bu nedenle biyolojik rezonans çalışmaları son derece hassas parametre kontrolü gerektirir. [1-86]

Özellikle müzik temelli yaklaşımlar burada ilginç bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Müzik yalnızca psikolojik değil aynı zamanda frekans temelli fiziksel bir fenomendir. Ney, bağlama ve benzeri enstrümanların oluşturduğu harmonik yapılar matematiksel olarak analiz edilebilir. Frekans spektrumları FFT yöntemleriyle çıkarılabilir ve EEG frekanslarıyla karşılaştırılabilir. [1-86]

Bu noktada “spektral örtüşme” kavramı önem kazanır. Eğer dış akustik sinyalin frekans bileşenleri belirli beyin ritimleriyle uyumluysa, teorik olarak nöronal aktivite üzerinde düzenleyici etkiler oluşabilir. Ancak bu alan hâlen deneysel araştırma

düzeyindedir ve kesin tedavi yöntemi olarak değerlendirilmemelidir. [87-106]

Ultrasonik nöromodülasyon ise daha doğrudan fiziksel etki oluşturabilir. Düşük yoğunluklu odaklanmış ultrason sayesinde beynin belirli bölgeleri hedeflenebilir. Bu yöntem:

- kan akışını etkileyebilir,
- hücrel membran geçirgenliğini değiştirebilir,
- kan-beyin bariyerini geçici olarak modüle edebilir,
- lokal nöronal aktiviteyi değiştirebilir.

Bu nedenle gelecekte akustik ve ultrasonik yöntemler nörodejeneratif hastalıkların destekleyici tedavilerinde önemli yer alabilir. [1-86]

14. ÇOK-FİZİKLI BEYIN MODELİ VE BİRLEŞİK DİFERANSİYEL DENKLEM SİSTEMLERİ

İnsan beyni tek bir fiziksel süreçle açıklanabilecek bir sistem değildir. Beyinde aynı anda akışkan hareketleri, elektriksel sinyaller, ısı transferi, kimyasal reaksiyonlar, iyon taşınımı ve biyomekanik etkileşimler meydana gelir. Bu nedenle nörodejeneratif hastalıkların gerçekçi biçimde modellenebilmesi için çok-fizikli (multiphysics) yaklaşım gereklidir. [87-106]

Klasik tıbbi modeller çoğu zaman yalnızca biyokimyasal reaksiyonlara odaklanır. Ancak mühendislik açısından bakıldığında Alzheimer veya Parkinson gibi hastalıklar, birbirine bağlı fiziksel alanların kararsız hale gelmesi sonucu ortaya çıkan kompleks sistem bozukluklarıdır. Bu nedenle beynin modellenmesinde birden fazla diferansiyel denklem sistemi birlikte çözülmelidir. [87-106]

Birleşik beyin modeli genel olarak şu fiziksel alanlardan oluşabilir: [87-106]

Fiziksel Alan	Matematiksel Model
Kan akışı	Navier–Stokes denklemleri
BOS dolaşımı	Laminer akış denklemleri
Isı transferi	Pennes Bioheat modeli
Protein taşınımı	Reaksiyon-difüzyon denklemleri
Elektriksel aktivite	Hodgkin–Huxley / EEG modelleri
Mekanik titreşim	Dalga denklemleri

Bu sistemlerin tamamı birbirleriyle etkileşim halindedir.

Örneğin:

- Kan akışı azalırsa oksijen taşınımı azalır.
- Oksijen azalırsa ATP üretimi düşer.
- ATP azalırsa iyon pompaları yavaşlar.
- İyon dengesi bozulursa elektriksel aktivite düzensizleşir.
- Elektriksel düzensizlik metabolik stresi artırır.
- Metabolik stres protein agregasyonunu hızlandırır.
- Protein birikimi hücre ölümüne neden olur.
- Hücre ölümü bölgesel kan akışını daha da bozar.

Bu zincirleme süreç doğrusal değildir. Yani küçük bir bozulma zamanla büyük sistem dengesizliklerine dönüşebilir.

Bu nedenle beynin davranışı çoğu zaman nonlinear dinamik sistemler çerçevesinde incelenir. [87-106]

14.1 Nonlinear Dinamikler ve Kaotik Davranışlar

Nöronal ağlar yüksek derecede karmaşık sistemlerdir. Milyarlarca nöron ve trilyonlarca sinaptik bağlantı sürekli etkileşim halindedir. Bu nedenle beyin tamamen deterministik değil, aynı zamanda karmaşık ve kısmen kaotik davranışlar sergileyen bir sistemdir. [87-106]

Kaotik sistemlerin temel özelliği başlangıç koşullarına aşırı duyarlılıktır. Çok küçük değişimler zamanla büyük farklılıklara yol açabilir.

Alzheimer açısından bu yaklaşım önemlidir çünkü:

- küçük metabolik bozukluklar,
- hafif damar hasarları,
- düşük düzeyli protein birikimleri

yıllar içinde ciddi nörodejenerasyona dönüşebilir.

Bu nedenle hastalık ani başlamaz; sistem uzun süre kararsızlığa doğru ilerler. [1-106]

Matematiksel olarak bu durum bifurkasyon teorisiyle açıklanabilir. Sistem belirli kritik eşiklere ulaştığında davranış biçimi değişebilir. Örneğin:

- sağlıklı durum,
- hafif bilişsel bozukluk,
- erken Alzheimer,
- ileri Alzheimer

farklı dinamik rejimler olarak düşünülebilir.

14.2 Stabilitate Analizi

Mühendislikte stabilite, bir sistemin küçük bozucular karşısında eski durumuna dönme kapasitesidir. [1-106]

Sağlıklı beyin yüksek derecede stabil sistemdir:

- enerji dengesi korunur,
- protein temizliği devam eder,
- elektriksel ritimler düzenlidir,
- damar akışı stabildir.

Ancak yaşlanma, damar hastalıkları, genetik faktörler ve metabolik stres bu stabiliteyi azaltabilir.

Bir sistem kararlılığını kaybetmeye başladığında:

- osilasyonlar,
- frekans düzensizlikleri,
- enerji kayıpları,
- protein agregasyonları

ortaya çıkabilir.

Bu nedenle Alzheimer yalnızca “protein hastalığı” değil, aynı zamanda sistem stabilitesinin bozulması olarak düşünülebilir. [1-106]

15. YAPAY ZEKÂ, DİJİTAL İKİZ SİSTEMLERİ VE SAYISAL TEŞHİS

Modern mühendislikte yapay zekâ ve veri bilimi biyomedikal alanlarda büyük dönüşüm oluşturmaktadır. Nörodejeneratif hastalıkların erken teşhisinde klasik yöntemler çoğu zaman yetersiz kalmaktadır çünkü belirtiler geç dönemde ortaya çıkar. [1-106]

Ancak yapay zekâ sistemleri çok büyük veri kümeleri içerisindeki küçük örüntüleri tespit edebilir.

Nörodejeneratif hastalıklarda kullanılabilecek başlıca veriler şunlardır:

- MRI görüntüleri
- PET taramaları
- EEG sinyalleri
- Beyin sıcaklık haritaları
- Kan akış verileri
- BOS akış parametreleri
- Genetik veriler

Bu veriler makine öğrenmesi algoritmalarıyla analiz edildiğinde erken risk belirlenebilir. [1-106]

15.1 Machine Learning Yaklaşımı

Makine öğrenmesi sistemleri veri içindeki örüntüleri öğrenir. [87-106]

Örneğin Alzheimer teşhisinde:

- hipokampus hacmi,
- kortikal incelme,
- düşük gamma aktivitesi,
- düşük serebral perfüzyon

birlikte değerlendirilerek risk modeli oluşturulabilir.

Başlıca algoritmalar:

- Support Vector Machine
- Random Forest
- Neural Networks
- Deep Learning
- Convolutional Neural Networks (CNN)

olarak sıralanabilir.

Özellikle CNN tabanlı sistemler MRI görüntülerindeki çok küçük anatomik değişimleri bile tespit edebilir. [87-106]

15.2 Dijital İkiz (Digital Twin) Beyin Modelleri

Geleceğin en önemli teknolojilerinden biri dijital ikiz sistemleridir. [87-106]

Dijital ikiz, gerçek bir sistemin bilgisayar ortamındaki birebir dinamik modelidir.

Bir insan beyninin dijital ikizi oluşturulduğunda:

- damar yapısı,
- BOS akışı,
- sıcaklık dağılımı,

- protein taşınımı,
- elektriksel aktivite

aynı anda simüle edilebilir.

Bu sayede:

- hastalık riski tahmin edilebilir,
- tedavi sonuçları önceden test edilebilir,
- ilaç etkileri modellenilebilir,
- kişiye özel tedavi geliştirilebilir.

Örneğin CFD modeliyle düşük akış bölgeleri tespit edilirse, sistem ileride hangi bölgelerde nörodejenerasyon gelişebileceğini tahmin edebilir.

Bu yaklaşım mühendislik ve tıbbın birleşim noktalarından biridir. [87-106]

16. KLINİK VE DENEYSEL ÇALIŞMALARIN BIYOFİZİKSEL YORUMU

Son yıllarda nörodejeneratif hastalıklar üzerine yapılan deneysel çalışmalar biyofiziksel yaklaşımların önemini artırmıştır. [87-106]

Özellikle şu alanlar dikkat çekmektedir:

- gamma frekans uyarımları,
- ultrasonik stimülasyon,
- transkraniyal manyetik stimülasyon,
- termal görüntüleme,

düşük yoğunluklu elektromanyetik alanlar.

16.1 40 Hz Gamma Çalışmaları

Bazı deneysel çalışmalarda 40 Hz ritmik ışık veya ses uyarımlarının Alzheimer modellerinde olumlu etkiler oluşturabileceği gözlenmiştir. [87-106]

Bu etkilerin olası mekanizmaları:

- nöronal senkronizasyon artışı,
- mikrogliyal aktivasyon,
- protein temizliğinin desteklenmesi,
- ağ bağlantılarının güçlenmesi

olarak düşünülmektedir.

Mühendislik açısından burada önemli olan nokta frekans eşleşmesidir. [1-86]

Beyin belirli frekanslarda çalışan osilasyon sistemlerinden oluşur. Eğer dışarıdan verilen enerji uygun frekansla uygulanırsa sistem davranışı etkilenebilir. [1-106]

Bu durum rezonans prensibiyle ilişkilidir. [1-86]

16.2 Ultrasonik Stimülasyon

Düşük yoğunluklu odaklanmış ultrason (LIFU) son yıllarda önemli araştırma alanı haline gelmiştir. [87-106]

Ultrasonik dalgalar:

- mekanik titreşim,
- mikroskobik basınç değişimi,
- hücrel deformasyon

oluşturabilir.

Bu etkiler:

- lokal kan akışını artırabilir,
- nöronal uyarılabilirliği değiştirebilir,
- ilaç taşınımını kolaylaştırabilir.

Bazı çalışmalar ultrasonun kan-beyin bariyerini geçici olarak geçirgen hale getirebildiğini göstermektedir. [87-106]

Bu durum ilaçların hedef bölgeye ulaştırılması açısından önemlidir. [87-106]

16.3 Termal Görüntüleme Çalışmaları

Termal görüntüleme teknikleri beyin metabolizmasının dolaylı göstergesi olabilir. [87-106]

Çünkü:

- aktif bölgeler daha fazla enerji tüketir,
- enerji tüketimi daha fazla ısı üretir,
- kan akışı sıcaklık dağılımını etkiler.

Alzheimer hastalarında bazı bölgelerde metabolik düşüş nedeniyle sıcaklık değişimleri oluşabilir.

Bu nedenle gelecekte termal haritalama yöntemleri erken teşhis aracı haline gelebilir. [87-106]

17. GELECEKTEKİ ARAŞTIRMA ALANLARI VE MÜHENDİSLİK PERSPEKTİFİ

Nörodejeneratif hastalıkların gelecekteki araştırmalarında mühendislik bilimleri merkezi rol oynayacaktır. [1-106]

Özellikle şu alanlar ön plana çıkacaktır: [1-106]

Alan	Gelecek Potansiyeli
CFD tabanlı beyin simülasyonları	Erken teşhis
Yapay zekâ destekli EEG analizi	Risk tahmini
Dijital ikiz sistemleri	Kişiyeye özel tedavi
Akustik nöromodülasyon	Destekleyici terapi
Ultrasonik tedavi	Hedefli müdahale
Biyotermal haritalama	Metabolik analiz

Gelecekte mühendislik destekli nöro bilim sistemleri sayesinde:

- Alzheimer riski yıllar önceden belirlenebilir,
- bireysel beyin modelleri oluşturulabilir,
- kişiyeye özgü tedavi stratejileri geliştirilebilir.

Bu yaklaşım klasik tıptan farklıdır çünkü yalnızca belirtileri değil, sistem dinamiklerini incelemektedir. [87-106]

Sonuç

18. TARTIŞMA

Bu çalışmada nörodejeneratif hastalıklar, özellikle Alzheimer hastalığı, Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi ve Yüksek Matematik perspektiflerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, nörodejeneratif süreçlerin yalnızca biyokimyasal reaksiyonlar veya genetik faktörlerle açıklanamayacağını, aynı zamanda çok sayıda fiziksel mekanizmanın etkileşimi sonucunda ortaya çıktığını göstermektedir. [1-106]

Geleneksel nörolojik yaklaşımlar büyük ölçüde beta-amiloid ve tau proteinlerinin birikimine odaklanmaktadır. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalar, bu protein birikimlerinin çoğu zaman daha geniş kapsamlı biyofiziksel bozuklukların sonucu olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle serebral kan akışındaki azalma, enerji metabolizmasındaki bozulmalar, BOS dolaşımındaki yetersizlikler ve oksidatif stres artışı, protein agregasyon süreçlerini hızlandıran temel faktörler olarak değerlendirilmektedir. [1-106]

Akışkanlar mekaniği açısından değerlendirildiğinde, beyin sağlıklı çalışması düzenli ve yeterli kan dolaşımına bağlıdır. Kan akışındaki küçük değişimler bile oksijen ve glikoz taşınımını etkileyerek nöronal fonksiyonların bozulmasına neden olabilir. Özellikle mikrodamar düzeyinde meydana gelen perfüzyon bozuklukları, nörodejeneratif süreçlerin erken dönemlerinde ortaya çıkabilen önemli biyofiziksel göstergelerden biridir. [1-106]

Benzer şekilde serebrospinal sıvı dolaşımının bozulması da hastalık gelişiminde önemli rol oynayabilir. BOS sistemi yalnızca mekanik koruma sağlamamakta, aynı zamanda metabolik atıkların ve toksik proteinlerin uzaklaştırılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu sistemde meydana gelen bozukluklar beta-amiloid ve tau proteinlerinin beyinde birikmesine zemin hazırlayabilir. [87-106]

Termodinamik açıdan bakıldığında, beyin son derece yüksek enerji tüketen açık bir sistemdir. Mitokondriyal fonksiyonların bozulması sonucunda ATP üretimi azalmakta, enerji verimliliği düşmekte ve sistem entropisi artmaktadır. Artan entropi, hücresel organizasyonun bozulmasına, protein yanlış katlanmalarına ve bilgi işleme süreçlerinin zayıflamasına neden olmaktadır. [1-86]

Isı transferi açısından değerlendirildiğinde ise bölgesel sıcaklık değişimleri ve metabolik aktivite farklılıkları, nörodejeneratif süreçlerin izlenmesinde potansiyel biyobelirteçler olarak görülebilir. Gelecekte gelişmiş biyotermal görüntüleme sistemleri sayesinde hastalığın erken dönemlerinin belirlenmesi mümkün olabilir. [1-106]

Çalışmada ele alınan EEG ve Fourier analizi sonuçları, nörodejeneratif hastalıkların yalnızca yapısal değil aynı zamanda fonksiyonel ağ bozukluklarıyla da ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle gamma frekans aktivitelerindeki azalma, bilişsel işlevlerdeki gerileme ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle frekans temelli analizler gelecekte erken teşhis açısından önemli rol oynayabilir. [87-106]

Ayrıca CFD tabanlı modelleme, yapay zekâ destekli analizler ve dijital ikiz teknolojileri, nörodejeneratif hastalıkların kişiye özel olarak değerlendirilmesine olanak sağlayabilecek yeni araştırma alanları olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde hastalık belirtileri ortaya çıkmadan önce biyofiziksel risk faktörlerinin belirlenmesi mümkün olabilir. [87-106]

Sonuç olarak nörodejeneratif hastalıklar; enerji, akış, taşınım, bilgi ve organizasyon süreçlerinin birlikte bozulduğu çok-fiziksel sistem hastalıkları olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle gelecekteki araştırmalarda biyoloji, tıp ve mühendislik disiplinlerinin ortak çalışması büyük önem taşımaktadır. [1-106]

19. SONUÇ

Bu çalışmada nörodejeneratif hastalıkların teşhis ve tedavisi, Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi ve Yüksek Matematik prensipleri temelinde incelenmiştir. Beyin; enerji dönüşümlerinin, akışkan hareketlerinin, kütle transferinin ve elektromekanik süreçlerin eş zamanlı olarak gerçekleştiği karmaşık bir çok-fizikli sistem olarak değerlendirilmiştir. [1-106]

Çalışma sonucunda aşağıdaki temel çıkarımlara ulaşılmıştır: [1-106]

1. Beyin yüksek enerji tüketen açık bir termodinamik sistemdir ve enerji metabolizmasındaki bozulmalar nörodejeneratif süreçleri hızlandırabilmektedir.
2. Serebral kan akışı, oksijen ve glikoz taşınımı açısından kritik öneme sahiptir. Kan dolaşımındaki bozulmalar nöronal fonksiyonların zayıflamasına neden olabilmektedir.
3. Serebrospinal sıvı dolaşımı, protein temizleme mekanizmalarının temel bileşenlerinden biridir. BOS akışındaki yetersizlikler toksik protein birikimlerini artırabilmektedir.
4. Isı transferi süreçleri ve bölgesel sıcaklık değişimleri, nörodejeneratif hastalıkların erken teşhisinde kullanılabilecek biyofiziksel göstergeler arasında yer alabilir.
5. Beta-amiloid ve tau proteinlerinin beyindeki davranışları, difüzyon ve kütle transferi prensipleri kullanılarak matematiksel olarak modellenilebilir.
6. EEG sinyalleri ve Fourier analizleri, beyin ağlarındaki fonksiyonel değişimlerin belirlenmesinde önemli araçlar sunmaktadır.
7. CFD tabanlı akış analizleri ve çok-fizikli matematiksel modeller, hastalık mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabilir.
8. Yapay zekâ, dijital ikiz sistemleri ve hesaplamalı biyomühendislik yaklaşımları, gelecekte kişiye özgü erken teşhis ve tedavi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli rol oynayabilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde nörodejeneratif hastalıklar yalnızca biyokimyasal bozukluklar değil; enerji üretimi, akışkan dolaşımı, ısı transferi, protein taşınımı ve bilgi işleme süreçlerinin birlikte etkilendiği karmaşık sistem hastalıklarıdır. Bu nedenle gelecekte geliştirilecek teşhis ve tedavi yöntemlerinin disiplinler arası mühendislik yaklaşımlarıyla desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. [1-106]

YAZARLARIN BİYOGRAFİLERİ:

(Dr. Öğr. Üyesi Mak.Yük.Müh. Emin Taner ELMAS) *¹



Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, Makina Yüksek Mühendisi olup 1974 yılı Sivas doğumludur. Kastamonu nüfusuna kayıtlıdır.

Doktora öğrenimini Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Termodinamik Bilim Dalı'nda, Yüksek Lisans - Master öğrenimini Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Bilim Dalı'nda tamamlamış olup , Lisans öğrenimini de Hacettepe Üniversitesi Z.M.F. Makina Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamış ve 1995 yılında fakülteyi derece ile bitirerek makina mühendisi olmuştur. Fakültede ilk 3 sınıfın sonunda birinci olması nedeni ile 4. sınıfta Makina Mühendisleri Odası tarafından karşılıksız burs ile ödüllendirilmiştir. 1991 yılında ise İzmir Atatürk Lisesi'nden mezun olmuştur.

Yedek Subaylık görevini Bosna Hersek'te, Saraybosna'da NATO bünyesinde SFOR Çok Uluslu Barış Gücü'nde İngilizce Tercüman olarak tamamlamış olup, 2 adet NATO Madalyası ile Türk Silahlı Kuvvetleri Hizmet Övünç Belgesi (Bosna Hersek) sahibidir.

Üniversitelerdeki akademisyenlik görevlerinin yanı sıra, çeşitli endüstriyel kurum, kuruluş ve şirketlerde mühendislik ve yöneticilik yapmış olup; Şantiye Şefi, Proje Yöneticisi, Yönetim Temsilcisi, Kalite Müdürü, Üretim Müdürü, Enerji Müdürü, CSO-CTO, CBDO, Fabrika Müdürü, Genel Müdür Yardımcısı ve Genel Müdür pozisyonlarında görevler almıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, Iğdır Üniversitesi öğretim üyesi olup Iğdır Teknik Bilimler MYO Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü (Otomotiv Teknolojisi) – Bölüm Başkanı ve Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilimdalı öğretim üyesidir. Akademik ve endüstriyel alanlarda yaklaşık olarak toplamda 30 yıllık mesleki tecrübeye sahiptir.

NASA da dahil olmak üzere ASME, TÜBİTAK ve birçok bilimsel kurum, kuruluş ve üniversite için bilimsel hakemlik ve panelistlik görevleri yapmış ve yapmaktadır.

Çok sayıda uluslararası ve ulusal akademik bilimsel makalesi, kitap ve kitap bölümleri yayınlanmıştır, uluslararası akademik dergilerde editörlük görevleri bulunmaktadır. Yine uluslararası çok sayıda konferansın bilim komitesinde yer almakta ve konferans, kongre bildirileri yayınlayıp sunumlar gerçekleştirmektedir.

“Makina Mühendisliği, Enerji Transferi, Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi, Yüksek Matematik, Evaporasyon, Isı Boruları, Uzay Bilimleri, Otomotiv, Biyomühendislik, Tıp Mühendisliği Uygulamaları, Nöromühendislik, Tıp Tekniği” akademik ve bilimsel çalışma alanları olup; “Isıtma-Havalandırma Klima Uygulamaları, Basınçlı Kaplar, Isı Değiştiriciler, Enerji Verimliliği, Buharlı Kazanlar, Enerji Santralleri, Kojenerasyon, Su Saflaştırma, Su Arıtımı, Endüstriyel Ekipman ve Makinalar, Kaynaklı İmalat, Saç Şekillendirme, Talaşlı İmalat” ise endüstriyel tecrübe alanlarıdır.

2026 yılı itibari ile Scientific Laurels isimli uluslararası platform kuruluş tarafından “Nobel Scientist Award” bilim ödülü ile taltif edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS aynı zamanda müzisyen olup, saz (bağlama) icrası sanatçısı ve neyzendir. Cümbüş sazı ve darbuka ile davul da çalmaktadır. Saz-Bağlama çaldığı ve Ney üflediği ses kayıtlarından bazılarının yer aldığı bir YouTube Müzik Kanalı (Emin Taner ELMAS) mevcuttur. Babası Hâkim “Raşit ELMAS” için büyük ozan Âşık Veysel ŞATIROĞLU'nun “Raşit Bey” ismi ile yazdığı şiiri “Raşit Bey Türküsü” olarak bestelemiş, notaya almış ve akademik makale olarak da yayınlarak kendi müzik kanalında neşretmiştir. Ayrıca babası için kaleme aldığı ve akademik edebiyat dergisinde yayınlanmış “Canım Babam” ve “Geldim Babam” isimli şiirleri yazmıştır, bu şiirlere ait enstrümental müzikler yapmıştır. “Annem Türküsü” isimli enstrümantal bir eser bestelemiş ve annesi Avukat Tuna ELMAS'a 11.05.2025 Anneler Gününde hediye etmiştir. “Ney ve Neyzen” isimli bir şiiri de mevcuttur. Arkeolog ve İngilizce Öğretmeni olan kızkardeşi “Esra ELMAS”a yazdığı ve hediye ettiği “Esra Kardeşim” isimli şiiri de bulunmaktadır. “Kazana Düşürdüm Başparemi”

isimli türkü karakterli hicivli şiirin yazarıdır. “Saz- Bağlama Akort Sistemi Metodu” ile “Ney ve Neyzen; Ney’de Perdeler, Ses Devreleri, Oktavlar, Yapısı, İcrası, Ney Bakımı ile Temel Musiki Nazariyatı”, Edebiyat ve Musiki Sanat Eserleri Külliyyatım – I Hikâye / Anekdote / Deneme / Şiir / Manzume / Nesir / Mizahi; nûkteli – hicivli; şiirsel hikâyeler / Güfte / Beste isimli kitapları basılmıştır. Muhtelif makale, kitap, şiir, manzume, nesir, güfte, beste ve repertuar çalışmalarına da devam etmektedir, ayrıca fotoğrafçılık ile ilgilenmektedir.

İbrahim DAĞ²

1995 yılında Şanlıurfa’da doğan İbrahim Dağ, mühendisliğe olan ilgisini genç yaşta keşfetti ve eğitim hayatını buna göre şekillendirdi. 2016 yılında Iğdır Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne kabul edildi ve 2020 yılında mezun oldu. Mühendisliğin farklı alanlarını disiplinlerarası bir bakış açısıyla birleştirmeyi hedefleyen İbrahim Dağ, Iğdır Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

Lisansüstü çalışmaları sırasında, özellikle Alzheimer hastalığı ve biyomekanik yaklaşımlar üzerine bilimsel araştırmalara odaklandı. Mekatronik mühendisliğine çok disiplinli yaklaşımı sayesinde, yapay zekâ destekli erken tanı yöntemleri ve nörodejeneratif hastalıklarda yapısal biyoloji modellemesi gibi konularda literatür taramaları ve saha araştırmaları yürütmektedir. Ayrıca, yüksek lisans danışman hocası Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS ile birlikte yürüttüğü yüksek lisans projesinde, ney flütünün ürettiği ses dalgalarının terapötik etkilerinden yararlanarak Alzheimer hastalığı için alternatif bir tedavi yöntemi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Danışmanı ile birlikte yürüttüğü Alzheimer tedavisi projesi, teknik mühendislik becerilerinin sağlık alanındaki uygulamasına önemli bir örnek teşkil etmektedir.

2017 yazında Bursa’da faaliyet gösteren Bak Yapı şirketinde inşaat mühendisi stajyeri olarak çalışarak şantiye ortamında uygulamalı deneyim kazandı. 2024 yılından itibaren Doğu Yapı Denetim’de İnşaat Müdürü olarak çalışmakta olup, mühendislik uygulamalarını akademik çalışmalarıyla dengeleyerek bilimsel projelere katkıda bulunmaya devam etmektedir. Dağ, AutoCAD, IdeCAD ve Microsoft Office programlarının ileri düzey kullanıcısı olup, teknik raporlama, saha veri analizi ve proje yönetimi konularında da deneyime sahiptir.

İngilizce okuma, yazma ve konuşma yeterliliği B1 seviyesinde olan İbrahim Dağ, Alzheimer ve benzeri hastalıklar için teknik çözümler geliştirmeyi ve çözüm odaklı, araştırmacı ve disiplinli bir mühendis olarak bu alanda akademik kariyerini ilerletmeyi hedeflemektedir.

Referanslar

1. 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/JBGRS.2020.01.000030
2. Emin Taner ELMAS*. Medical Treatment Method of Alzheimer's Disease & Parkinson's Disease by the Help of the Natural Musical Sound of Nây-ı Şerîf, Instrument of Ney (Ney: Turkish Reed Flute, Nay). IJCMCR. 2024; 42(3): 004 DOI: 10.46998/IJCMCR.2024.42.001039
3. 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 (BGRS), Op Acc J Bio Sci & Res 1: 1. DOI: 10.46718/JBGRS.2 020.01.000007.

4. 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.
5. 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
6. Fevzi Daş, Emin Taner Elmas and İhsan Ömür Bucak, Book Chapter: Innovative Use of Machine Learning-Aided Virtual Reality and Natural Language Processing Technologies in Dyslexia Diagnosis and Treatment Phases; From the Edited Volume Digital Frontiers - Healthcare, Education, and Society in the Metaverse Era;(2024) , Written By Fevzi Daş, Emin Taner Elmas and İhsan Ömür Bucak, DOI: 10.5772/intechopen.1006621, IntechOpen Limited, UNITED KINGDOM; indexed in the Book Citation Index in Web of Science™ Core Collection (BKCI)
7. 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>
8. 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
9. 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>
10. 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>
11. Emin Taner ELMAS. (2023). Prototype Design, Production and Functioning of a Portable (Movable), Home-Type (Domestical) 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>
12. 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.
13. 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)
14. Elmas, Emin Taner (2017) Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of Mechanical Engineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management and Productivity). DeGruyter, Germany (DOI 10.1515 / 9783110355796-007)
15. 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
16. ELMAS, E. T. (2024). Design of Bionic Ear-Cochlear Implant and Artificial Hearing System; a Unique Project “Mobile Bio-Ear-Tronic System”. Journal homepage: <https://gjrpublishation.com/gjrms>, 4(02).
<http://doi.org/10.5281/zenodo.12751385>
17. Elmas, Emin Taner, (2014), Çağımızın Mühendisinden Beklenenler, Gece Kitablığı, ISBN:9786053244158

18. Emin Taner ELMAS* and Levent OĞUL. The Effects of Medicine and Music Therapy Practices on Human Health. *IJCMCR*. 2025; 50(2): 003, DOI: 10.46998/IJCMCR.2025.50.001233
19. Emin Taner E, Servet K. (2025). Biomechanical Analysis of Transtibial Prosthesis Designed for Runners. *Biomedical and Clinical Research Journal*, 1(2); DOI: <http://02.2025/BCRJ/007>.
20. Emin Taner ELMAS Yavuz ORUÇ; A Novel Mobile Bio-Eye-Tronic System Based on the Elmas's Thermodynamic Theory for Cataract Disease, *Studies in Science of Science*, ISSN: 1003-20253, <https://doi.org/10.5281/zenodo.18516267>, Volume 44, Issue 2, 2026
21. ET Elmas and MA Cinibulak (2025) Fundamental Scientific and Technical Issues related with the "Hip Replacement Design and Biomechanical Analysis". *Journal of Material Science and Nanotechnology*, Matsci Nano J, 2025
22. ELMAS, Emin Taner, & KUNDURACIOĞLU, I. (2025). A Model for Second Law of Thermodynamics, Relationship between Health, Disease, Aging, Death Processes and Consciousness, Nervous System and Time. In *Global Journal of Research in Medical Sciences* (Vol. 5, Number 2, pp. 1–6). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14973559>
23. ELMAS, Emin Taner, & KUNDURACIOĞLU, I. (2025). Metabolic Heat Production with Energy Transfer and Laws of Human Thermodynamics: The Energy Balance of the Human Body. In *Global Journal of Research in Medical Sciences* (Vol. 5, Number 2, pp. 7–14). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14973620>
24. Elmas ET, Kunduracioğlu I (2025) Artificial Heart Design and Biomechanical Analysis. *Open Access Journal of Medicine and Healthcare*, Research Article 1(1): 01-06.
25. ELMAS, Emin Taner, & KUNDURACIOĞLU, I. (2025). Fundamentals of Human Vision System. In *Global Journal of Research in Medical Sciences* (Vol. 5, Number 2, pp. 103–117). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15078754>
26. ET Elmas (2025) Kitchen Hood Design & Manufacturing Project 3D Modeling, Engineering Calculations, and Technical Drawings for Iğdir University Medico Social Building Dining Hall". *Matsci Nano J* 1(1): 102.
27. Emin Taner ELMAS, İsmail KUNDURACIOĞLU. *Signal Transduction System in Neurons. International Journal of Research in Medical and Clinical Sciences*. 2025;3(1): 26-35.
28. Emin Taner ELMAS, İsmail KUNDURACIOĞLU. *An Introduction to Sound and Sound Perception System for Human Ear. International Journal of Research in Medical and Clinical Sciences*. 2025;3(1): 36-49.
29. Emin Taner ELMAS, İsmail KUNDURACIOĞLU. *Medical Structure of the Human Respiratory System. International Journal of Research in Medical and Clinical Sciences*. 2025;3(1): 50-63.
30. Emin Taner ELMAS, İsmail KUNDURACIOĞLU. *Medical Structure and Hemodynamics of the Human Circulatory System. International Journal of Research in Medical and Clinical Sciences*. 2025;3(1): 64-81.
31. Emin Taner ELMAS and İsmail KUNDURACIOĞLU. General Aspects of Advanced Biomechanics. *Biomed J Sci & Tech Res* 61(5)-2025. BJSTR. MS.ID.009658.
32. Emin Taner Elmas and İsmail KUNDURACIOĞLU. Conservation Laws and the Main Physical Parameters for Advanced Biomechanics. *Biomed J Sci & Tech Res* 61(5)-2025. BJSTR. MS.ID.009659.
33. Emin. T. Elmas, M. Şimşek (2025). Bionic Prosthetic Robotic Artificial Hand Design and Biomechanics Analysis. *Journal of Medical Discoveries. RPC Publishers*. 2(1); DOI: <https://www.doi.org/rpc/2025/rpc.jmd/00311>
34. ELMAS ET (2025) Prosthetics, Artificial Limbs, Implants and Their Biomedical Applications. *J Surg* 10: 11365 DOI:10.29011/2575-9760.011365
35. ELMAS ET (2025) An Introduction to Electrophysical Properties of the Human Heart. *J Surg* 10: 11364 DOI: 10.29011/2575-9760.011364

36. Elmas, E.T. (2025). A Brief Information about Cataract Operation. *European Journal of Science and Modern Technologies*, 1(2), 61-66. [https://doi.org/10.59324/ejsmt.2025.1\(2\).05](https://doi.org/10.59324/ejsmt.2025.1(2).05)
37. ELMAS, Emin Taner. (2025). A Brief Information about Blood Sugar and Diabetes Management. In *ICON Journal of Applied Medical Sciences* (Vol. 1, Number 1, pp. 1–5). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15870465>
38. Emin Taner Elmas, Ismail Kunduracioglu. An Introduction to the Medical Body Mechanics and Human Muscles. *Journal of Medical and Clinical Case Reports* 2(1). <https://doi.org/10.61615/JMCCR/2025/APRIL027140418>
39. Emin TE, İsmail K (2025) Elastomechanics Fundamentals for Bones and Fractures. *Ann Biotech & Biomed Sci* 1(1): 1-12.
40. Emin Taner ELMAS, Yavuz ORUC, “An Alternative Non-Surgical Cataract Treatment Method in Medicine and Ophthalmology; “Medi-Ultrasound Eye-Tronic Method””, *Universal Library of Medical and Health Sciences*, 2025; 3(3): 01-07. DOI: <https://doi.org/10.70315/uloap.ulmhs.2025.0303001>.
41. Emin Taner ELMAS. System Design and Development of a Novel Unique Neuro-Physical Medical Treatment Method for SMA- Spinal Muscular Atrophy Disease and for Similar Neurological Muscle Diseases. *Collect J Neurol*. 2024; 1: ART0037. <https://doi.org/10.70107/collectjneuro-art0037>
42. Emin Taner ELMAS. Design of Bionic Eye and Artificial Vision System; a Unique Project “Mobile Bio-EyeTronic System”. *Collect J Robotics AI*. 2024; 1: ART0038. <https://doi.org/10.70107/collectjroboticsai-art0038>
43. Elmas, Emin Taner (2025) Productivity and Organizational Management; Management Tools, Human Resource Mangement, Contemporary Engineers (The Book), 2nd Edition; (Chapter 8): 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, (ISBN:978-3-11-914732-3)
44. Elmas, Emin Taner (2025) Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of MechanicalEngineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management and Productivity). 2nd Edition, DeGruyter, Germany (DOI 10.1515 / 9783112206775-008)
45. Emin. T. Elmas, M. Şimşek (2025). Bionic Prosthetic Robotic Artificial Hand Design and Biomechanics Analysis. *Journal of Medical Discoveries. RPC Publishers*. 2(1); DOI: <https://www.doi.org/rpc/2025/rpc.jmd/00311s>
46. Emin Taner ELMAS and Servet KAYA. The Effect of Eye and Vision on the Body’s Balance System. *Biomed J Sci & Tech Res* 61(5)-2025. BJSTR. MS.ID.009660.
47. Emin Taner ELMAS, Murat SIMSEK, “A Novel Unique Neuro-Physical Medical Treatment Method for SMA – Spinal Muscular Atrophy Disease, Paralyzed Patients, ALS patients, MPS, SSPE, DMD Patients and for Similar Neurological Muscle Diseases”, *Universal Library of Medical and Health Sciences*, 2025; 3(3): 32-52. DOI: <https://doi.org/10.70315/uloap.ulmhs.2025.0303005>.
48. Emin Taner ELMAS, Thermodynamic and Mathematical Model of Human Brain for Neurodegenerative Diseases; Alzheimer's Disease (AD) Parkinson's Disease (PD) and Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) *International Journal of Science, Engineering and Technology*, 2026, 14:1
49. Emin Taner ELMAS, The Exploration of Alzheimer's Disease, along with other Neurodegenerative Disorders like Parkinson's and ALS, through the lens of Thermodynamics and Physical Sciences involves conducting a Thermodynamic Analysis of Alzheimer's including the Potential Connections between Treatment methods and the Therapeutic Effects of Musical Sound Frequencies produced by instruments such as the Nây-ı Şerîf, Instrument of Ney (Ney: Turkish Reed Flute, Nay) and others, *Gongcheng Kexue Xuebao* || Volume 11, No.02, 2026 || ISSN 2095-

50. Emin Taner Elmas (2025) “Applied Medi-Brain Energy-Tronic Treatment Method” for the Medical Treatments of SMA – Spinal Muscular Atrophy Disease, Paralyzed Patients, ALS Patients, MPS, SSPE, DMD Patients with the Biomechanical Analysis of Bionic Prosthetic Robotic Artificial Hand Design. *Journal of Engineering and Applied Sciences Technology*. SRC/JEAST-469. DOI: doi.org/10.47363/JEAST/2025(7)335
51. ELMAS, E. T. (2026). Scientific and Technical Introduction to - “Applied Medi-Brain Energy-Tronic Treatment Method”- which is a Novel and Unique Physiological, Neuroengineering and Neuroscientific Medical Treatment Method for SMA – Spinal Muscular Atrophy Disease, Paralyzed Patients, ALS patients, MPS, SSPE, DMD Patients and Other Similar Neurological Diseases. *J Psychol Neurosci*; 8(1):1-19. DOI: <https://doi.org/10.47485/2693-2490.1144>
52. ELMAS, E. T. (2026). Thermodynamics and Energy Transfer in Medicine Applications with Archaeomusicology and Music Therapy, *Studies in Science of Science* | ISSN:1003-205, <https://doi.org/10.5281/zenodo.18130664>, Volume 44, Issue 1, 2026
53. Emin Taner ELMAS and Ibrahim DAĞ, (2026), Alzheimer Hastalığı ve Parkinson, ALS gibi benzer Nörodejeneratif Hastalıkların, Termodinamik ve Fizik Bilimleri Dahilinde İncelenmesi, Alzheimer Hastalığının Termodinamiksel Analizinin Ortaya Konması ile Ney ve diğer Enstrümanların Ürettiği Müzik Sesi Frekansları ile Tedavinin nasıl İlişkilendirilebileceği Hususunun İncelenmesi (The study of Alzheimer's Disease and similar neurodegenerative diseases such as Parkinson's and ALS within the framework of Thermodynamics and Physical Sciences, the presentation of a thermodynamic analysis of Alzheimer's Disease, and the investigation of how the treatment can be related to the musical sound frequencies produced by the ney and other instruments); *Studies in Science of Science* | ISSN:1003-2053 <https://sciencejournal.re/> | Volume 44, Issue 1, 2026 , <https://doi.org/10.5281/zenodo.18302960>
54. Emin Taner ELMAS, (2026), Bilim ve Mühendislikte Tıp Tekniği Uygulama Alanlarının Türkiye Ekonomisi Yönünden Değerlendirme ve Analizi, *Journal of Xidian University* <https://doi.org/10.5281/Zenodo.18276829> ISSN No:1001-2400, VOLUME 20, ISSUE 1
55. Emin Taner ELMAS (2026). Thermodynamic Energy Transfer Modeling of Neurodegeneration with the ELMAS's Theory of Thermodynamics which is the Main Scientific Approach for 5th Law of Thermodynamics. *Research Paper*, 8(3), 1-22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19325343>
56. Editör: Doç. Dr. Ahmet Beyzade DEMİRPOLAT, Yazar: Emin Taner ELMAS - MAKİNE MÜHENDİSLİĞİNDE YENİ NESİL TEKNOLOJİLER: 4.BÖLÜM: MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMI İLE NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARIN TERMODİNAMİKSEL ANALİZİ GÖSTERİLEREK MÜZİK İLE TEDAVİSİ; ALZHEİMER, PARKİNSON VE ALS HASTALIKLARI İÇİN TERMODİNAMİK MODEL, E-ISBN: 978-625-382-219-4 DOI: 10.54637/vizetek.9786253822194, Vizetek Yayıncılık, Ankara, 2026
57. Editör: Doç. Dr. Ahmet Beyzade DEMİRPOLAT, Yazar: Emin Taner ELMAS - MAKİNE MÜHENDİSLİĞİNDE YENİ NESİL TEKNOLOJİLER: 5.BÖLÜM: MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMI İLE NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARIN TERMODİNAMİKSEL ANALİZİ GÖSTERİLEREK MÜZİK İLE TEDAVİSİ; MATEMATİKSEL MODEL VE LİTERATÜRDEKİ KLİNİK GÖZLEMLER, E-ISBN: 978-625-382-219-4 DOI: 10.54637/vizetek.9786253822194, Vizetek Yayıncılık, Ankara, 2026
58. Emin Taner ELMAS. *Multifaceted Holistic Medical Health Engineering Combined with Science and Art. International Journal of Research in Medical and Clinical Sciences*. 2026; 4(1): 91-102.

59. Emin Taner ELMAS, Kitap: Bilim ve Sanat ile Çok Yönlü Bütüncül Yaklaşım, ISBN: 978-625-382-263-7, E-ISBN: 978-625-382-264-4, DOI: 10.54637/vizetek.9786253822644, 2026, Vizetek Yayıncılık, Ankara
60. Emin Taner Elmas (2026) Cancer Medical Treatment in Conjunction with the ELMAS's Theory of Thermodynamics which is the Main Scientific Approach for 5th Law of Thermodynamics. Journal of Nanosciences Research & Reports. SRC/JNSRR-228. DOI: doi.org/10.47363/JNSRR/2026(8)186
61. Emin Taner Elmas (2026) Adaptation of AI Simulation Integrated Artificial Heart and Cardiology Applications with ELMAS's Theory of Thermodynamics, which is the Main Scientific Approach to the 5th Law of Thermodynamics. J of Card Vas Insights 2(2), 01-14. WMJ/JCVI-117
62. Emin Taner Elmas (2026) Adaptation of AI Simulation Integrated Artificial Heart and Cardiology Applications with ELMAS's Theory of Thermodynamics, which is the Main Scientific Approach to the 5th Law of Thermodynamics. J of Card Vas Insights 2(2), 01-14. WMJ/JCVI-117
63. Emin Taner Elmas (2026) "Medical Heat Pipes" - "Heat Pipe Applications in Medical Technique" on the Basis of "Elmas's Theory of Thermodynamics and 5th Law of Thermodynamics. Journal of Engineering and Applied Sciences Technology. SRC/JEAST-486. DOI: doi.org/10.47363/JEAST/2026(8)352
64. Traditional Diagnostic Methods of Alzheimer's Disease and Evaluation of Alzheimer's Diagnosis with Blood Tests. International Journal of Research in Medical and Clinical Sciences. 2026; 4(1): 133-146.
65. Emin Taner ELMAS, SCIENCE AND ART with a Multifaceted and Multidisciplinary Holistic Approach, 2026, Vizetek Yayıncılık, Ankara, ISBN: 978-625-382-284-2, E-ISBN: 978-625-382-285-9, DOI: 10.54637/vizetek.9786253822859, Book
66. Emin Taner Elmas (2026) ELMAS's "Energy-Tronic Medical Treatment Methods" based on the principles of Biomechatronics and Neuro-Physics in connection with the Applications of BCI Brain-Computer Interface for Modeling of Neurological Diseases. J. of Adv Clin Neu Res 2(2), 01-17. WMJ/JACNR-120
67. ELMAS, E. T. (2026). DBS - Deep Brain Stimulation Application for Parkinson's Disease on the basis of ELMAS's EnergyTronic System. J Sur & Surgic Proce.,4(2):1-11. DOI: https://doi.org/10.47485/3069-8154.1031
68. ELMAS, E. T. (2026). Engineering-Based Technological Transformation in Dentistry and Endodontics and its Impact on Türkiye's Competitiveness in the Health Tourism Market. *International Journal of Medical Science and Dental Health*, 12(04), 109-122. https://doi.org/10.55640/ijmsdh-12-04-14
69. Emin Taner ELMAS. (2026) "Application of ELMAS's Theory of Thermodynamics & 5th Law of Thermodynamics for Design and Optimization of ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) Machine and Life Support Units ." *International Journal of Clinical Case Reports and Clinical Reviews* 1(1). Doi: https://doi.org/IJCCRCR .RW .26.002
70. Emin Taner ELMAS. Diagnosis and Treatment of Internal Bleeding with "Medical Thermodynamics" which is the "Medicine of the Future". Biomed J Sci & Tech Res 65(3)-2026. BJSTR. MS.ID.010192.
71. Emin Taner ELMAS. *Design and Optimization of Mobile ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) Machine and Life Support Units. International Journal of Research in Medical and Clinical Sciences. 2026; 4(1): 156-166.*
72. Emin Taner ELMAS, "-Pancreatic Cancer Diagnosis and Medical Teatment- "ELMAS Medi-Bio-Energy Tronic" Medical Device System Design Study for Pancreatic Cancer Diagnosis Working on the Principle of "ELMAS's Theory of Thermodynamics" and "5th Law of Thermodynamics" in Connection with Medical Teatment by FM Modulated Bio-Robotic Resonance and Thermodynamical Interaction", Universal Library of Medical and Health Sciences, 2026; 4(2): 21-44. DOI: https://doi.org/10.70315/uloap.ulmhs.2026.0402004.

73. Emin Taner ELMAS., et al. AI-Enabled Bionic Eye and Artificial Vision System “AI – Enabled Mobile Bio-Eye-Tronic System” Based on the Scientific Framework of "Elmas’s Theory of Thermodynamics" (2026): 02-26.
74. Dr. Emin Taner ELMAS, Artificial Blood Model & Ideal "Super Blood" Model (Optimized Homeostasis) with “ELMAS’s Theory of Thermodynamics and 5 th Law of Thermodynamics including Hemodynamic Principles. Jour of Clin Cas Rep, Med Imag and Heal Sci 14 (4)-2026.
75. Emin Taner ELMAS. Application of “ELMAS's Theory of Thermodynamics” & the “Fifth Law of Thermodynamics” Approach with “Bio-Robotic Resonance and Thermodynamic Interaction Method” for the Medical Diagnosis and Treatment of Colon Cancer (Colorectal Cancer). AJMCRR. 2026; 5(5): 1-25.
76. Emin Taner Elmas. Life Support Units including ECMO Machine, Artificial Kidney (Dialysis), Artificial Liver, Artificial Pancreas, Artificial Lung (Advanced Oxygenator) Applications under a single ELMAS’s Operating System with Integrated Life Support Software “Central Homeostasis Processor”. J Recent Adv Nanomed & Nanotech. 2026; 2(1): 555578.
77. Emin Taner ELMAS1 Engineering Design and Operational Analysis of Cardiopulmonary Bypass (CPB) Machines with the 5th Law of Thermodynamics and ELMAS’s Theory of Thermodynamics. International Journal of Research in Medical and Health Sciences (IJRMHS) 2026. 1(1). 01-10.
78. Emin Taner ELMAS, “Designing a Next-Generation Smart Artificial Cornea from the Perspective of Bio-Robotic Resonance and Medical Thermodynamics: A Multidisciplinary Engineering Approach”, Universal Library of Medical and Health Sciences, 2026; 4(2): 45-57. DOI: <https://doi.org/10.70315/uloap.ulmhs.2026.0402005>.
79. Emin Taner Elmas (2026) Technical Design Study of a Mobile Portable (Movable), Home-Type (Domestic) Hemodialysis Machine Working as an Artificial Kidney. Journal of Internal Medicine Research & Reports. SRC/JIMRR-171. DOI: [doi.org/10.47363/JIMRR/2026\(5\)155](https://doi.org/10.47363/JIMRR/2026(5)155)
80. ELMAS, E. T. (2026) The Relationship and Treatment of Autoimmune Diseases, Particularly Thyroid Diseases, with Stress: Bio-robotic Resonance and Thermodynamical Interaction with Analogy of Frequency-Resonance Setting Formation Method and the Use of the 5th Law of Thermodynamics within the Scope of ELMAS’s Theory of Thermodynamics and ELMAS’s Equation. *J Psychol Neurosci*; 8(3):1-20.
81. ELMAS, Emin Taner. (2026). Scientific, Technical and Economic Analysis and Feasibility Study of a Domestic Medical Factory that will Design and Manufacture Intensive Care Life Support Units, Medical Devices and Machinery Using Domestic and National Resources. In INSR Journal of Mathematics, Science and Technology Education (Vol. 2, Number 6, pp. 1–23). <https://doi.org/10.5281/zenodo.20690647>
82. Elmas, E. T. (2026). ELMAS thermodynamic theory and FM-modulated biorobotic resonance approach for the early diagnosis and treatment of pancreatic cancer. *Frontiers in Research*, 6(3), 186–203. <https://doi.org/10.71350/30624533144>
83. Emin Taner ELMAS; Modern Mühendislik Yaklaşımları / Modern Approaches in Engineering, Kitap Bölüm 5: - “ELMAS’IN TERMODİNAMİK TEORİSİ” VE “TERMODİNAMİĞİN 5. YASASI” PRENSİPLERİNE DAYALI PANKREAS KANSERİ TANISI VE TIBBİ TEDAVİSİ- Kısım – 1: (“ELMAS Medi-Bio-Energy Tronic” Tıbbi Cihaz Sistemi Tasarım Çalışması: Pankreas Kanseri Tanısı için “ELMAS’ın Termodinamik Teorisi” ve “Termodinamiğin 5. Yasası” prensiplerine dayalı, FM Modüle Edilmiş Biyo-robotik Rezonans ve Termodinamik Etkileşim ile Tıbbi Tedavi bağlantılı Metodolojik Sistem Dizaynı), 2026, Vizetek Yayıncılık, Ankara, E-ISBN: 978-625-382-319-1, DOI: 10.54637/vizetek.9786253823191, Editör Doç. Dr. Emre ARABACI

84. Emin Taner ELMAS; Modern Mühendislik Yaklaşımları / Modern Approaches in Engineering, Kitap Bölüm 6: - “ELMAS’IN TERMODİNAMİK TEORİSİ” VE “TERMODİNAMİĞİN 5. YASASI” PRENSİPLERİNE DAYALI PANKREAS KANSERİ TANISI VE TIBBİ TEDAVİSİ- Kısım – 2: (“ELMAS Medi-Bio-Energy Tronic” Tıbbi Cihaz Sistemi Tasarım Çalışması: Pankreas Kanseri Tanısı için “ELMAS’ın Termodinamik Teorisi” ve “Termodinamiğin 5. Yasası” prensiplerine dayalı, FM Modüle Edilmiş Biyo-robotik Rezonans ve Termodinamik Etkileşim ile Tıbbi Tedavi bağlantılı Yapay Zekâ Entegrasyonu), 2026, Vizetek Yayıncılık, Ankara, E-ISBN: 978-625-382-319-1, DOI: 10.54637/vizetek.9786253823191, Editör Doç. Dr. Emre ARABACI
85. Emin Taner ELMAS; Makine Mühendisliği Alanında Uluslararası Araştırmalar-V / International Research in the Field of Mechanical Engineering; Kitap Bölümü: "ELMAS'IN TERMODİNAMİK TEORİSİ VE HEMODİNAMİK PRENSİPLERİ DAHİLİNDE TERMODİNAMİĞİN 5. YASASI" İLE BİRLİKTE YAPAY KAN MODELİ VE İDEAL "SÜPER KAN" MODELİ (OPTİMİZE EDİLMİŞ HOMEOSTAZ), 2026, Eğitim Yayınevi, ISBN: 978-625-8824-24-7 E-ISBN: 978-625-8824-25-4, Editör: Prof. Dr. Murat Makaracı
86. Emin Taner ELMAS; Makine Mühendisliği Alanında Uluslararası Araştırmalar-V / International Research in the Field of Mechanical Engineering; Kitap Bölümü, "MEKANİK REHABİLİTASYON" VE "BİYONİK YAPAY ORGANLAR" İLE MAKİNA MÜHENDİSLİĞİNDE YENİLİKÇİ TIP TEKNİĞİ UYGULAMALARI 2026, Eğitim Yayınevi, ISBN: 978-625-8824-24-7 E-ISBN: 978-625-8824-25-4, Editör: Prof. Dr. Murat Makaracı
87. Çengel, Y. A., & Boles, M. A. *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Education.
88. Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill Education.
89. Çengel, Y. A. *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill Education.
90. Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. *Transport Phenomena*. John Wiley & Sons.
91. Keener, J., & Sneyd, J. *Mathematical Physiology*. Springer.
92. Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. *Principles of Neural Science*. McGraw-Hill.
93. Anderson, J. D. *Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications*. McGraw-Hill.
94. Bronzino, J. D. *Biomedical Engineering Fundamentals*. CRC Press.
95. Pennes, H. H. “Analysis of Tissue and Arterial Blood Temperatures in the Resting Human Forearm.” *Journal of Applied Physiology*, 1948.
96. Hodgkin, A. L., & Huxley, A. F. “A Quantitative Description of Membrane Current and Its Application to Conduction and Excitation in Nerve.” *The Journal of Physiology*, 1952.
97. Sweeney, M. D., Kisler, K., Montagne, A., Toga, A. W., & Zlokovic, B. V. “The Role of Brain Vasculature in Neurodegenerative Disorders.” *Nature Neuroscience*, 2018.
98. Tarasoff-Conway, J. M. ve ark. “Clearance Systems in the Brain—Implications for Alzheimer Disease.” *Nature Reviews Neurology*, 2015.
99. Iliff, J. J. ve ark. “A Paravascular Pathway Facilitates CSF Flow Through the Brain Parenchyma and the Clearance of Interstitial Solutes.” *Science Translational Medicine*, 2012.
100. Iaccarino, H. F. ve ark. “Gamma Frequency Entrainment Attenuates Amyloid Load and Modifies Microglia.” *Nature*, 2016.
101. Jack, C. R. Jr. ve ark. “NIA-AA Research Framework: Toward a Biological Definition of Alzheimer’s Disease.” *Alzheimer’s & Dementia*, 2018.
102. Friston, K. “The Free-Energy Principle: A Unified Brain Theory?” *Nature Reviews Neuroscience*, 2010.

103. Bullmore, E., & Sporns, O. "Complex Brain Networks: Graph Theoretical Analysis of Structural and Functional Systems." *Nature Reviews Neuroscience*, 2009.
104. Deco, G., Jirsa, V., & McIntosh, A. R. "Emerging Concepts for the Dynamical Organization of Resting-State Activity in the Brain." *Nature Reviews Neuroscience*, 2011.
105. Querfurth, H. W., & LaFerla, F. M. "Alzheimer's Disease." *New England Journal of Medicine*, 2010.
106. Lane, C. A., Hardy, J., & Schott, J. M. "Alzheimer's Disease." *European Journal of Neurology*, 2018.