



E-BÜLTEN SAYI 86

OCAK-ŞUBAT 2026

TÜRK MÜHENDİS VE MİMARLAR
ODALARI BİRLİĞİ

FİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI

www.fmo.org.tr

İÇİNDEKİLER

SUNUŞ	1
FMO'DAN HABERLER	2
EĞİTİMLER	9
YENİ ÜYELER	11
TMMOB'DEN HABERLER	12
GÜNCEL DERLEMELER	16
İLETİŞİM	46

SUNUŞ

Değerli Meslektaşlarımız,

2026 yılının ilk bülteninde, Ocak-Şubat döneminde gerçekleştirdiğimiz etkinlikleri, yürüttüğümüz mesleki faaliyetleri ve üyelerimizle birlikte sürdürdüğümüz çalışmalarını sizlerle paylaşmaktan memnuniyet duyuyoruz.

2025 yılı, ülkemizdeki tüm emekçi kesimler açısından ekonomik ve sosyal anlamda zorlu bir dönem olarak geride kalmıştır. 2026 yılına umut ve kararlılıkla başlamış olmakla birlikte, Ocak ayında enflasyonun %4,85'in üzerine çıkması, içinde bulunduğumuz ekonomik koşulların önümüzdeki süreçte de dikkatle izlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu yıl aynı zamanda 6 Şubat Kahramanmaraş ve 20 Şubat Hatay merkezli depremlerin üçüncü yıl dönümüne tanıklık etmekteyiz. Halen zorlu koşullar altında yaşam mücadelesi veren yurttaşlarımızın bir an önce kalıcı ve güvenli konutlarına kavuşmalarını temenni ediyoruz.

Ocak-Şubat dönemi Odamız açısından yoğun ve verimli bir çalışma takvimiyle geçmiştir. Bu süreçte çok sayıda toplantı, sertifika eğitimi ve kurum ziyareti gerçekleştirilmiş; mesleğimizi ilgilendiren güncel gelişmeler yakından takip edilerek ilgili kurum ve kuruluşlarla gerekli yazışmalar yapılmıştır. İstanbul Şubemizde XVII. Dönem seçimleri gerçekleştirilmiş ve seçilen yeni yönetime başarılar diliyoruz. Odamızın **35. Dönem Genel Kurulu ve seçimler**, çoğunluklu olarak 7, 8 Mart'ta, çoğunluk sağlanmasa çoğunluksuz olarak 14 Mart'ta Genel Kurul, 15 Mart'ta ise seçimler yapılacaktır, tüm üyelerimizi genel kurulumuza bekliyoruz.

Odamız, Hacettepe Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulama ve Araştırma Merkezi iş birliğiyle, 08 Mayıs 2026 tarihinde Hacettepe Üniversitesi Beytepe Yerleşkesi K-Salonu'nda gerçekleştirilecek olan **"IX. İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu - İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yapay Zekâ Kullanımı"** etkinliğini düzenleyecektir. Sempozyum programına ilişkin hazırlık çalışmaları titizlikle sürdürülmektedir.

Kamuoyunda yer alan haberlerde, üniversite eğitiminin dört yıldan üç yıla indirilmesine yönelik olarak YÖK tarafından bir çalışma başlatıldığı ve söz konusu uygulamanın 2026-2027 eğitim-öğretim yılında hayata geçirilmesinin planlandığı ifade edilmektedir. Bu kapsamda Eğitim Komisyonumuz tarafından, düzenlemenin doğurabileceği muhtemel olumsuzlukları ortaya koyan kapsamlı bir değerlendirme raporu hazırlanmış ve ilgili kurumlarla paylaşılmıştır. Rapora Odamız WEB sayfamızdan ulaşılabilir.

Aynı dönemde İstanbul ve Ankara'da D1 Temel Bina Akustik Eğitimleri gerçekleştirilmiş; Ankara'da üyelerimize yönelik ANSYS Zemax Optic Studio Orta-İleri Seviye Eğitimi düzenlenmiştir. Ayrıca üyemiz Haluk Orhun tarafından "Yapay Zekâyâ Genel Bakış" başlıklı söyleşi çevrim içi olarak üyelerimizin katılımına sunulmuştur.

Önümüzdeki aylarda ise ANSYS Başlangıç Optik Yazılım, TS ISO EN 17025, AS/EN 9100 Standardı, Radyoterapide Zırhlama Hesaplamaları ve Raporlaması, Nükleer Tıp ve Yataklı Tedavi Ünitelerinin Tasarlanması, Radyoloji Tesislerinin Zırhlama Hesaplamaları ve Aydınlatma konularında eğitim programlarının düzenlenmesi planlanmaktadır.

34. Dönem sonunda iki yıl boyunca özveriyle çalışan, odamızın ve mesleğimizin daha görünür ve daha etkin olması için büyük gayret gösteren Yönetim Kurulumuza, Denetleme Kurulumuza, Onur Kurulumuza, komisyonlarda görev alan üyelerimize ve fedakârca çalışan personelimize teşekkür ederiz.

Tüm üyelerimizi 35. Dönem Genel Kuruluna ve seçimlere katılmaya davet ediyoruz.

Saygılarımızla,

Dr. Abdullah ZARARSIZ

FMO Yönetim Kurulu a. Başkan

FMO'DAN HABERLER

35.DÖNEM OLAĞAN GENEL KURUL DUYURUSU

Odamızın 35. Dönem Olağan Genel Kurulu aşağıdaki gündem ile 07 Mart 2026 Cumartesi günü saat 10:00' da Mithatpaşa Cad. 44/16 Kızılay /ANKARA adresindeki Oda genel merkezinde aşağıdaki gündemle toplanacaktır. Toplantıda çoğunluk sağlanırsa seçimler 08 Mart 2026 Pazar günü saat 09:00-17:00 saatleri arasında aynı yerde yapılacaktır. Bu tarihlerde çoğunluk sağlanamadığı takdirde, Genel Kurul aynı gündemi görüşmek üzere 14 Mart 2026 Cumartesi günü saat 10:00'da Konur Sokak No:1 Kızılay/Ankara adresinde bulunan Mülkiyeliler Birliği Kültür Merkezinde çoğunluk aranmaksızın toplanacaktır. Seçimler 15 Mart 2026 Pazar günü saat 09:00-17:00 arasında Mithatpaşa Cad. 44/16 Kızılay /ANKARA (FMO Genel Merkez) adresinde yapılacaktır.

Genel Kurul Gündemi

Birinci Gün

1. Açılış,
2. Başkanlık Divanı Seçimi,
3. Gazi Mustafa Kemal Atatürk ve Silah Arkadaşları ile aramızdan ayrılmış meslektaşlarımız için saygı duruşu,
4. Yönetim Kurulu Başkanının Açılış Konuşması,
5. Yönetim Kurulu 34. Dönem Çalışma Raporunun ve Denetleme Kurulu Raporunun okunması, görüşülmesi,
6. Yönetim ve Denetleme Kurullarının aklanması,
7. 35. Dönem taslak bütçelerinin görüşülmesi ve karara bağlanması,
8. 35. Dönem için Genel Kurul'a sunulan önergelerin görüşülmesi,
9. 35. dönem Oda Yönetim Kurulu, Denetleme Kurulu ve Onur Kurullarının Asil ve Yedek adaylarının, 49. Dönem TMMOB Yönetim, Yüksek Onur ve Yüksek Denetleme Kurulu ile TMMOB delegasyon Asıl, Yedek adaylarının belirlenmesi,
10. Dilek ve öneriler

İkinci Gün

Seçimler

İstanbul Şubemizin Genel Kurulu Gerçekleştirildi

Odamızın İstanbul Şubesi XVII. Olağan Genel Kurulu 24.01.2026 tarihinde Şube adresinde gerçekleşti.

Divan başkanlığını Aydın ALP 'in yaptığı genel kurul şube başkanı Erdal ÇATAK ve Merkez Yönetim Kurulu Başkanı Dr. Abdullah ZARARSIZ'ın konuşmalarıyla devam etti. Şube çalışma, mali raporların okunması, raporlar hakkında görüşmeler sonrası XVII. dönem Yönetim kurulu asil ve yedek adaylar belirlenmesi ve dilek ve temenniler sonrası genel kurul tamamlandı. 25.01.2026 tarihinde ise şube merkezinde seçimler yapıldı.



34.DÖNEM VIII. DENETİM GERÇEKLEŞTİRİLDİ

Odamızın 34. Dönem sekizinci denetimi 23.01.2026 tarihinde gerçekleştirildi.

Denetleme Kurulu üyelerimiz, Sn. İbrahim KAYHAN ve Sn. Dr. Nurhak TATAR tarafından genel merkez ve İstanbul Şubemizin mali ve idari denetimi yapıldı. Denetime mali müşavirimiz Sn. Boran TURHAN' da katılım sağladı.

FMO Yönetim Kurulu



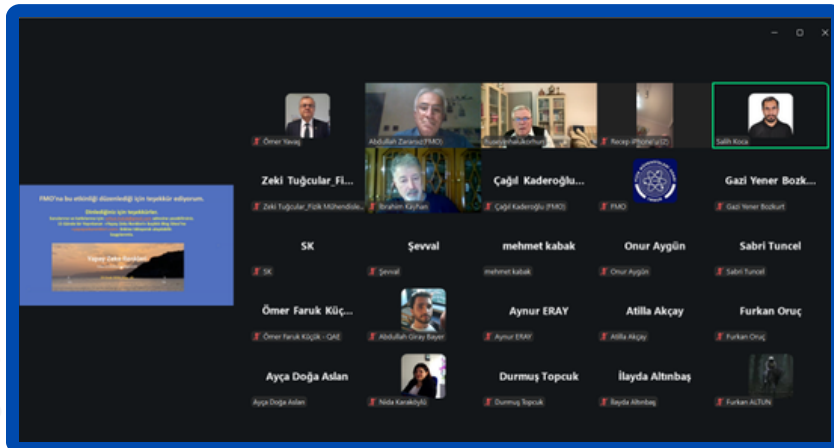
Yapay Zekaya Genel Bakış Söyleşisi

Odamız tarafından 26.02.2026 tarihinde uzaktan erişim yöntemiyle düzenlenen ve üyemiz Sayın Haluk ORHUN tarafından sunulan "Yapay Zekâya Genel Bakış" başlıklı söyleşi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Toplam 34 katılımcının izlediği programda; yapay zekânın tarihsel gelişim süreci, günümüzdeki uygulama ve kullanım alanları, etik boyutu ile ülkelerin bu sürecin doğurduğu ve doğuracağı hukuksal sorunlara yönelik mevcut ve planlanan düzenlemeleri kapsamlı biçimde ele alınmıştır.

Değerli katkıları ve kıymetli sunumu için Sayın Haluk ORHUN'a Yönetim Kurulu olarak teşekkürlerimizi sunarız.

FMO Yönetim Kurulu



IX. İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu “İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yapay Zeka Kullanımı”

Son yıllarda hızla hayatımıza giren yapay zeka teknolojileri ve uygulamaları pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanında yapay zekanın sağlayabileceği olası faydaları sektör temsilcileri ve meslektaşlarımızla paylaşmak amacıyla, bu yılki etkinliğimizin temasını “İSG’de Yapay Zeka” olarak belirledik.

İş Sağlığı ve Güvenliğinde (İSG) yapay zeka kullanımı, çalışma ortamlarında risklerin önceden tespit edilmesi ve kazaların azaltılması açısından önemli bir dönüşüm sağlamaktadır. Yapay zeka destekli sistemler; sensör verileri, kamera görüntüleri ve büyük veri analizleri aracılığıyla tehlikeli durumları anlık olarak izleyebilmekte ve olası riskleri önceden tahmin edebilmektedir. Özellikle makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde iş kazası eğilimleri analiz edilerek önleyici tedbirler geliştirilebilmekte, çalışanların güvenli ekipman kullanımı ve kişisel koruyucu donanım takibi otomatik olarak yapılabilmektedir. Ayrıca doğal dil işleme teknolojileri ile kaza raporları ve saha geri bildirimleri analiz edilerek güvenlik politikalarının iyileştirilmesi desteklenmektedir.



Bu sayede yapay zeka, hem çalışan sağlığını koruyan hem de işletmelerin verimliliğini artıran proaktif bir İSG yönetim anlayışının oluşmasına katkı sağlamaktadır.

Bu yıl İSG sempozyumunun dokuzuncusunu yine Hacettepe Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Meslek Hastalıkları Uygulama ve Araştırma Merkezi ile birlikte 8 Mayıs 2026 tarihinde Hacettepe Üniversitesi Beytepe Yerleşkesi, K-Salonunda gerçekleştireceğiz.

HÜ Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü Dış Paydaş Toplantısına Katılım Sağladık

Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneğinin, H.Ü Mühendislik Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirdiği değerlendirme süreci kapsamında düzenlenen dış paydaş toplantısına katılım sağladık. Toplantıda Yönetim Kurulu Başkanımız Dr. Abdullah ZARARSIZ, bölüm ,oda ve mezunlarla sürdürülen ilişkileri hakkında bilgi paylaşımında bulundu. Ayrıca toplantıya bölüm mezunu, odamız Denetleme Kurulu üyesi Dr. Sibel TÜRKES YILMAZ'da katılım sağladı.



Fizik Bilimi ile İlgili Deneyimlerin Gelecek Nesillere Aktarımı-III: Deneyimli Fizikçiler ile Genç Fizikçilerin Buluşması

Türk Fizik Vakfı (TFV) tarafından organize edilen, Fizik Mühendisleri Odası (FMO) ile Ankara ve Eskişehir'deki üniversitelerin fizik öğrenci toplulukları tarafından desteklenen "Fizik Bilimi ile İlgili Deneyimlerin Gelecek Nesillere Aktarımı-III: Deneyimli Fizikçiler ile Genç Fizikçilerin Buluşması" etkinliği, 31 Ocak 2026 tarihinde Eskişehir Teknik Üniversitesi Yunusemre Kampüsü Fen Fakültesi'nde gerçekleştirildi. Deneyimli akademisyenler ile genç fizikçileri bir araya getirmesi amaçlanan etkinliğe Ankara ve Eskişehir'den çok sayıda dinleyici katılım sağladı.

Etkinliğe, Odamız adına Yönetim Kurulu II. Başkanı Çağıl Kaderoğlu Abazarı katıldı. Bu güzel etkinliğin gerçekleşmesinde emeği geçen, başta Prof. Dr. Semra İde olmak üzere Prof. Dr. Muhsin Zor, Prof. Dr. Engin Türe, Prof. Dr. Atilla Aydınli ve Prof. Dr. Çelik Tarımcı'ya teşekkürlerimizi sunarız.



Ziyaretler Gerçekleştirdik

- **Üyelerimizin Çalıştığı Kuruluşları(REKROM Ltd: řti), ELİTE Enerji Sistemleri A.ř., HÜ Tıp Fakóltesi Onkoloji Hastanesi) Ziyaret ettik.**

Üyelerimizin görev yaptığı kuruluşlara gerçekteştirdiğimiz ziyaretler kapsamında; optik sistem tasarımı yapan ve LIDAR sistemleri üreten REKROM Ltd. şti.'yi ziyaret ettik. Kurucu ortağı ve üyemiz Sn. Altuğ Uçar'a nazik daveti için teşekkür ederiz. Bu firmada dört meslektaşımız görev yapmaktadır.

Ayrıca meteorolojik sistemler tasarlayan ve kuran ELİTE A.ř.'yi ziyaret ederek, şirketin kurucu ortağı Sn. Giray Avşar ile bir araya geldik. Bu kuruluşta da iki meslektaşımız çalışmaktadır.

Son olarak, HÜ Tıp Fakóltesi Onkoloji Hastanesi'nde görev yapan Medikal Fizikçi üyemiz Doç. Dr. Fazlı Yağız Yedekçi'nin daveti üzerine kendisini ziyaret ettik. Bu kurumda ise altı meslektaşımız görev yapmaktadır.

Ziyaretlerimizde mesleğimizle ilgili gelişmeler ve daha görünür olunması için yapılması gereken hususlar değerlendirildi. Misafirperverliklerinden dolayı çok teşekkür ederiz.

GERÇEKLEŞEN EĞİTİMLER

D1 Temel Bina Akustiği Sertifika Eğitimi Ankara

Odamız tarafından dzenlenen D1 Temel Bina Akustik Uzmanlığı Eğitimi 21 Şubat- 01 Mart 2026 tarihlerinde Ankara'da 13 kişinin katılımıyla gerçekleştirildi.

D1 Temel Bina Akustiği Sertifika Eğitimi İstanbul

Odamızın evre ve Őehircilik Bakanlığı ile yaptđđ protokol kapsamında, Odamız tarafından 20,21,22-27,28 Şubat, 01 Mart-6,7,8 Mart 2026 tarihleri arasında toplam 11 kişinin katılımı ile "D-1 Temel Bina Akustiği" kursu İstanbul'da dzenlendi.

Ansyz ZEMAX Orta-İleri Eğitimi

Odamız tarafından 28 Şubat-01 Mart 2026 tarihlerinde Prof. Dr. Ahmet BİNGÜL tarafından Ansys Zemax Opticstudio Orta-İleri Seviye Eğitimi gerekleştirileştirildi. 24 kişinin katıldıđđ eğitim sonunda katılımcılara katılım sertifikası verildi.

Talep doğrultusunda önümüzdeki süreçte benzer eğitimler gerçekleştirilecektir. Bu etkinlikte yazılım desteđđ veren Numesys'e teşekkür ederiz.

DÜZENLENECEK EĞİTİMLER

AS/EN 9100 Havacılık, Uzay ve Savunma Sanayi Kalite Yönetim Sistemi Temel Eğitimi

11 Nisan 2026 tarihinde düzenlenecektir.

AS/EN 9100 Havacılık, Uzay ve Savunma Sanayi Kalite Yönetim Sistemi İç Denetçi Eğitimi

12 Nisan 2026 tarihinde düzenlenecektir.

Ansys Zemax OpticStudio Temel Eğitimi İstanbul

4-5 Nisan 2026 tarihlerinde düzenlenecektir.

17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliği için Genel Şartlar&Ölçüm Belirsizliği Temel Eğitimi

28 Mart 2026 tarihinde düzenlenecektir.

Nükleer Tıp ve Yataklı Tedavi Ünitelerinin Tasarımı

29 Mart-4,5 Nisan tarihlerinde düzenlenecektir.

D1 Temel Bina Akustiği Sertifika Eğitimi Ankara

2-10 Mayıs 2026 tarihlerinde düzenlenecektir.

D1 Temel Bina Akustiği Sertifika Eğitimi İstanbul

8,9,10-15,16,17-22,23,24 Mayıs 2026 tarihlerinde düzenlenecektir.

YENİ ÜYELER

OCAK - ŞUBAT ÜYELER

Sicil No	Ad	Soyad	Okul	Bölüm
2549	Erkan	Biçer	Ankara Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2548	Özgür	Saygı	İstanbul Teknik Üniversitesi	Matematik Mühendisliği
2547	Okan	Demirci	Ankara Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2546	Altuğ	Boz	Ankara Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2545	İrem	Şenel	Ankara Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2544	Yıldız	Demirkıran	İstanbul Teknik Üniversitesi	Matematik Mühendisliği
2543	Ali	Öztürk	İstanbul Teknik Üniversitesi	Matematik Mühendisliği
2542	Zehra Gizem	Mutlay	Ankara Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2541	Buğra Orhan	Toraman	Ankara Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2540	Nalan Bülent	Akpınar	İstanbul Teknik Üniversitesi	Matematik Mühendisliği
2539	Reşit	Kurtkaya	İstanbul Teknik Üniversitesi	Matematik Mühendisliği
2538	Rabia	Çavuşoğlu	Yıldız Teknik Üniversitesi	Matematik Mühendisliği
2537	Savaş	Ulucan	Hacettepe Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2536	Melih	Uluer	Gaziantep Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2535	Tolga	Aydın	Hacettepe Üniversitesi	Fizik Mühendisliği
2534	Sema	Karaköse	İstanbul Teknik Üniversitesi	Fizik Mühendisliği

TMMOB'DEN HABERLER



02.01.2026

DİSK-KESK-TMMOB-TTB:YALOVA'DA YAŞANANLAR, SURUÇ VE 10 EKİM GAR KATLIAMLARINDAN BUGÜNE UZANAN KARANLIK TABLONUN DEVAMIDIR

DİSK KESK TMMOB ve TTB, 28 Aralık tarihinde Yalova'da İŞİD ile yaşanan çatışma ile ilgili ortak basın açıklaması gerçekleştirdi.

02.01.2026

MÜHENDİS, MİMAR VE ŞEHİR PLANCILARI İÇİN 2026 YILI TAVSİYE EDİLEN TABAN BRÜT ÜCRETİ 94.500 TL OLARAK BELİRLENDİ

TMMOB Yönetim Kurulu tarafından alınan karar uyarınca ücretli çalışan Mühendis, Mimar ve Şehir Plancıları Tavsiye Edilen Taban Ücreti 2026 yılı için brüt 94.500 TL olarak tespit edildi.



05.01.2026

EMEĞİMİZİ, GELECEĞİMİZİ VE YAŞAMLARIMIZI HIÇE SAYAN ZAM ORANLARINI VE SEFALET DÜZENİNİ KABUL ETMİYORUZ!

TMMOB Yönetim Kurulu Başkanı Emin Koramaz, 5 Ocak 2026 tarihinde "Emeğimizi, Geleceğimizi ve Yaşamlarımızı Hiçe Sayan Zam Oranlarını ve Sefalet Düzenini Kabul Etmiyoruz!" başlıklı bir basın açıklaması yaptı.





08.01.2026

TMMOB'YE BAĞLI ODALARIN ÜYE SAYISI 729 BİN OLDU

TMMOB'ye bağlı 24 Odanın üye sayıları 2025 yılı sonu itibariyle 729 bin 401 oldu. Buna göre 2025 yılında bir önceki yıla göre odalarımızın üye sayısı 23 bin 609 kişi arttı.

12.01.2026

TMMOB YEREL YÖNETİMLER VE DEMOKRASİ SEMPOZYUMU GERÇEKLEŞTİRİLDİ

Yerel yönetimlerde yaşanan değişim ve dönüşümlerin ekonomiye ve toplumsal yaşama, kentlerimiz ve meslek alanlarımıza etkilerinin değerlendirildiği TMMOB Yerel Yönetimler ve Demokrasi Sempozyumu 9-10 Ocak 2026 tarihlerinde İMO Teoman Öztürk toplantı salonunda gerçekleştirildi.



20.01.2026

ÜNİVERSİTE EĞİTİMİNİN SÜRESİ DEĞİL NİTELİĞİ TARTIŞILMALIDIR!

TMMOB Yönetim Kurulu, YÖK Başkanının üniversitelerdeki dört yıllık lisans programlarının süresinin kısaltılmasına yönelik çalışma içinde olduklarını duyurması üzerine 20 Ocak 2026 tarihinde konuya ilişkin "Üniversite Eğitiminin Süresi Değil Niteliği Tartışılmalıdır!" başlıklı bir basın açıklaması yaptı.





21.01.2026

BOLU KARTALKAYA FACİASINI UNUTMADIK, UNUTTURMAYACAĞIZ!

TMMOB Yönetim Kurulu Başkanı Emin Koramaz, 21 Ocak 2025 tarihinde Bolu Kartalkaya Kayak Merkezi'nde bulunan bir otelde 78 yurttaşımızın yanarak yaşamını yitirdiği facianın yıldönümü dolayısıyla 21 Ocak 2026 tarihinde bir basın açıklaması yaptı.

21.01.2026

TMMOB - TTB: BİLİMİ VE KAMUSAL DENETİMİ DIŞLAYAN DÜZENLEMELER YAŞAM HAKKIMIZA SALDIRIDIR

TMMOB ve TTB, 21 Ocak 2026 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Konseyi Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelikle Ulusal İSG Konseyinin çalışmalarında yer alacak tüm kurum, kuruluş ve kişilere ilişkin hükümlerin düzenlenmesine ilişkin ortak bir basın açıklaması yaptılar.

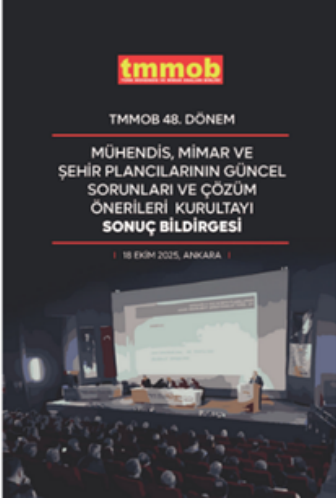


24.01.2026

UĞUR MUMCU'YU SAYGI VE ÖZLEMLE ANIYORUZ

İnsan haklarının, demokrasinin, laikliğin ve aydınlanmanın yılmaz savunucusu Uğur Mumcu'yu katledilişinin 33. yılında sevgi, saygı ve özlemle anıyoruz.





27.01.2026

TMMOB MÜHENDİS, MİMAR VE ŞEHİR PLANCILARININ GÜNCEL SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ KURULTAYI SONUÇ BİLDİRGESİ YAYIMLANDI

18 Ekim 2025 tarihinde Ankara'da düzenlenen TMMOB 48. Dönem Mühendis, Mimar ve Şehir Plancılarının Güncel Sorunları ve Çözüm Önerileri Kurultayı'nın sonuç bildirgesi yayımlandı.

09.02.2026

TÜRKİYE BELEDİYELER BİRLİĞİ, TMMOB'Yİ ZİYARET ETTİ

Türkiye Belediyeler Birliği Genel Sekreteri Suat Yıldız, Genel Sekreter Yardımcıları Ferudun Ulutaş ve Şengül Altan Arslan, Eğitim Müdür Evren Haspolat ve Özel Kalem Müdürü Nurdan Türeci Akova 9 Şubat 2026 tarihinde TMMOB'yi ziyaret ederek TMMOB Yönetim Kurulu Başkanı Emin Koramaz, TMMOB Yönetim Kurulu II. Başkanı Ekrem Poyraz ve TMMOB Genel Sekreteri Özgür Topçu ile görüştü. Görüşmede Birlik çalışmaları ve ülke gündemine ilişkin görüş alışverişinde bulunuldu.



12.02.2026

"KORUNAN ALANLARIN TESPİT, TESCİL VE ONAYINA İLİŞKİN USUL VE ESASLARA DAİR YÖNETMELİK"TEKİ KORUMA İLKE VE KURALLARINA AYKIRI BİR KISIM İBARELERİN YÜRÜTMESİNİN DURDURULMASINA KARAR VERİLDİ



GÜNCEL DERLEMELER

ALARA Radyasyon Doz Optimizasyonu Nedir? Avrupa Birliği, ABD ve Türkiye'deki Uygulamaları Trump Yönetimi ALARA uygulamasını kaldırdı mı?

Dr. Yüksel ATAKAN

Radyasyon Fizikçisi, Almanya, ybatakan4@gmail.com

12.02.2026

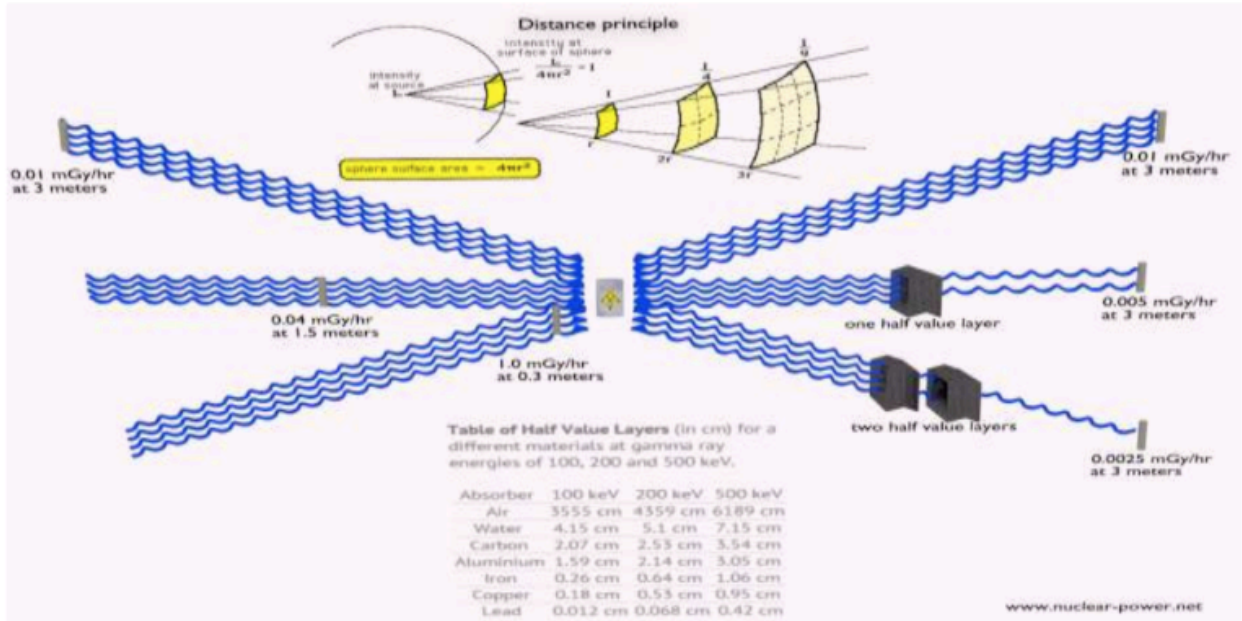
Özet

Bu yazımızda, radyasyondan etkilenme (maruziyet) bağlamında kullanılan uluslararası korunma ilkelerinden biri olarak ALARA (**As Low As Reasonably Achievable – Makul Ölçüde Sağlanabilecek En Düşük Düzey**) ilkesini bilimsel temelde yakından inceliyoruz. İlk bölümde radyasyonun biyolojik etkileri ve koruma sisteminin temel ilkeleri tanımlanmakta; ikinci bölümde AB, ABD ve Türkiye'deki yasal düzenlemeler ve uygulamalar karşılaştırmalı olarak açıklanmaktadır. Yazıda ayrıca ABD'de Trump yönetimindeki DOE'nin (Department of Energy) ALARA ilkesini uygulamadan kaldırma girişimi ve Almanya bağlamında radyasyon korumanın tarihsel gelişimi yer almaktadır.

1. Giriş ve Temel Kavramsal Çerçeve

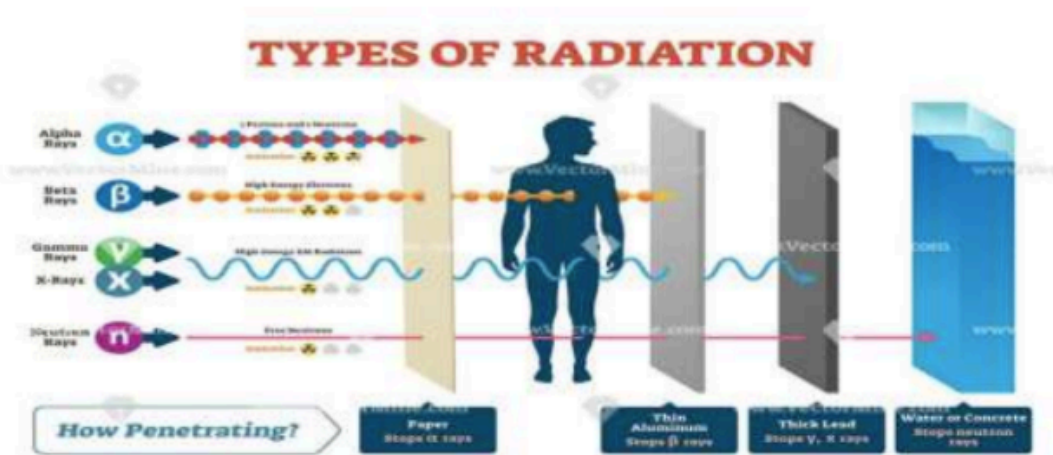
Radyasyonun canlı doku üzerindeki etkileri iki ana grupta inceleniyor: deterministik etkiler (eşik değer üzerinde ortaya çıkan belirgin etkiler) ve stokastik etkiler (bir eşik değer olmadan, olasılığa bağlı rastgele etkiler). Radyasyondan korunma sistemi, bu etkileri önlemek ya da azaltmak amacıyla üç temel ilke üzerine kurulmuştur:

- Gerekçelendirme:** Radyasyon içeren her çalışmanın, işlemin toplumsal ya da bireysel bir yararı olmalı ve radyasyondan etkilenmenin (maruziyetin) neden olduğu risk bu yararı aşmamalıdır.
- Optimizasyon:** Güncel sınır değerler aşılmassa dahi, radyasyondan etkilenme dozları makul olarak en düşük düzeye indirgenmelidir.
- Doz sınırlaması:** Radyasyonun, mesleki ve halk etkilenmelerine ilişkin ulusal ve uluslararası kabul görmüş sınır değerleri aşılmamalıdır. Ayrıntılar şekillerde.



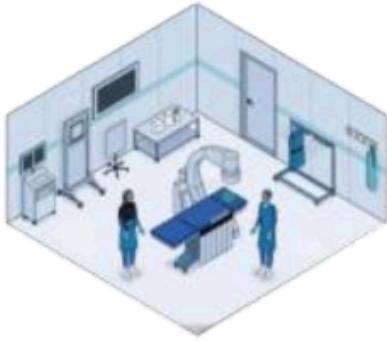
Şekil'deki çizelgede farklı enerjilerdeki radyasyonların doz hızını yarıya indirecek malzemelerin yarı zırh kalınlıkları gösteriliyor. Burada ALARA uygun malzeme ve uzaklık seçilerek uygulanabilir. Yukarıda ise, noktasal bir radyasyon kaynağının radyasyonunun, küre yüzeyine uzaklıkla azalarak dağıldığı sarı renkli alanlar olarak gösteriliyor.

Optimizasyon ilkesinin güncel uygulama karşılığı uluslararası literatürde ALARA olarak adlandırılır: **radyasyondan etkilenme düzeyinin makul sınırlar içinde mümkün olan en düşük düzeyde tutulmasıdır.** Bu yaklaşım, rastgele (stokastik) risklerin minimize edilmesini amaçlar ve sınır değerlerin altında kalan dozlarda dahi sürekli iyileştirmeyi öngörür. ALARA ilkesi ülkelerin ilgili yasa ya da yönetmeliklerine göre radyasyonun ortaya çıktığı tüm işyerlerinde oradaki sorumlu 'Radyasyon Fizikçi' ya da 'Sağlık Fizikçi' Grubu'nca uygulanır ve yetkili kurumlarca denetlenir. Radyasyonlar çok çeşitli radyoaktif maddelerden, örneğin Kobalt kaynaklarından gelebildiği gibi Röntgen makinelerinden de gelebilirler.



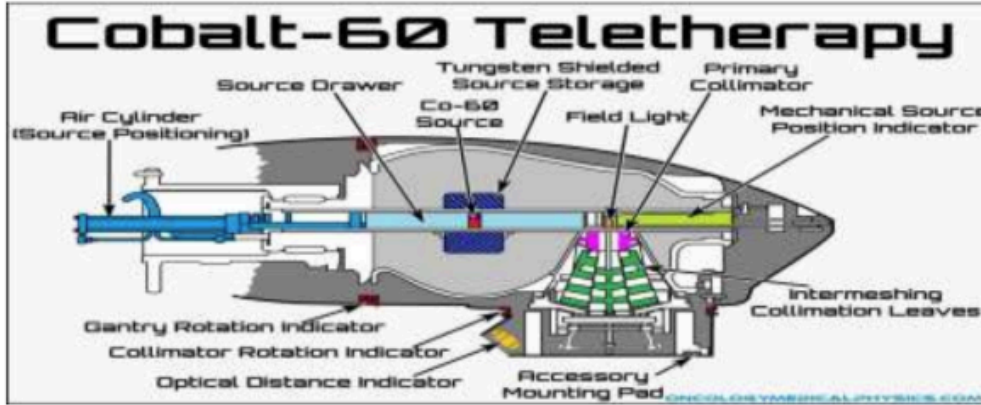
2. ALARA İlkesinin Kuramsal Temeli

ALARA ilkesi, radyasyondan etkilenmenin sıfırlanamayacağı varsayımına dayanır. Bu ilke, yalnızca kabul edilebilir sınır değerleri sağlamakla yetinmez; radyasyondan etkilenmenin olası olan en düşük düzeye düşürülmesi için sürekli iyileştirmeyi gerektirir. Optimizasyon sürecinde benimsenecek araçlar şunlardır:



- Mühendislik çalışmaları, kontrolleri (örneğin zırhlama, uzaktan aletlerle çalışma),
- İdari kontroller (süre sınırlamaları, talimatlar),
- Kişisel koruyucu zırhlar, giysiler, aletler,
- Sürekli doz izleme ve geri bildirim sistemi.

ALARA, özellikle **linear eşiksiz model (Linear No-Threshold – LNT)** kabulüne göre, düşük dozların bile stokastik risk oluşturabileceği varsayımıyla uygulanır ve bu nedenle tüm etkilenme türlerinin optimize edilmesini vurgular.



3. Avrupa Birliği'nde ALARA

3.1 Yasal Dayanak ve Tarihsel Gelişim

AB'de radyasyondan korunma yaklaşımı, 2013/59/Euratom Temel Güvenlik Standartları Direktifi ile bağlayıcı duruma getirilmiştir. Bu düzenleme, optimizasyon ilkesini açıkça zorunlu kılar ve bunu, tüm üye devletlerin ulusal yönetmeliklerine entegre etmelerini öngörür. ALARA yaklaşımı, 1980'lerden beri Avrupa Temel Güvenlik Standartları içinde yer almış ve 1996 sonrası Avrupa ALARA Ağı (European ALARA Network – EAN) oluşturularak bunun olumlu uygulama örneklerinin paylaşılması desteklenmiştir.

3.2 Uygulama Mekanizmaları

AB’de ALARA, radyasyon içeren tıbbi, endüstriyel ve nükleer uygulamalarda **sistematiik** olarak uygulanır. EAN gibi organlar, ulusal uygulamalar arasında bilgi paylaşımı ve kapasite geliştirme sağlar. AB yaklaşımının ayırt edici özelliği, optimizasyonun kurumsal kalite güvence sistemleriyle entegre edilmesidir.

4. ABD’de ALARA ve Son Gelişmeler

4.1 Klasik Düzenleyici Çerçeve

Geleneksel olarak ABD’de ALARA, özellikle nükleer enerji ve radyasyon güvenliği düzenlemelerinde benimsenmiştir. **Nuclear Regulatory Commission (NRC)** ve **Department of Energy (DOE)** gibi kurumlar, ALARA ilkesini radyasyon güvenliği standartlarının temeli olarak kabul etmişlerdir.

4.2 Trump Yönetimi Döneminde DOE’de ALARA’nın Kaldırılması

2026 başında yayımlanan haberlere göre, **ABD Enerji Bakanlığı (DOE)**, uzun süredir kendi düzenlemelerinde yer alan ALARA ilkesini **resmen uygulamadan kaldırmıştır**; DOE içi güvenlik direktifleri ve radyasyon güvenliği standartlarından çıkarılmıştır. Bu değişikliğin gerekçesi olarak, ilkenin endüstriyel ve enerji projeleri için maliyet ve operasyonel yük getirdiği ileri sürülmüştür. Ancak bu adımın kamuya açık düzenleme süreciyle yapılmadığı ve değişikliğin belirsiz bir süreç içinde yürütüldüğü rapor edilmiştir.

Önemli Not: Bu değişiklik yalnızca DOE içi düzenlemeleri kapsamaktadır; NRC’(Nuclear Regulatory Commission) nin bağımsız düzenleyici görevleri hâlen yürürlüktedir ve ALARA’nın daha geniş ABD radyasyon koruma düzenlemelerinden tümüyle kaldırıldığı yönünde resmi bir genel hüküm bulunmamaktadır.

Bu uygulama, ALARA ilkesinin tarihsel rolü ve ABD’deki standart radyasyon koruma kültürü açısından **önemli bir kırılma** olarak değerlendirilmektedir. DOE’nin bu adımı, nükleer projelerin maliyetlerini düşürme amacıyla düzenleyici yükleri hafifletme stratejisi çerçevesinde yorumlanmaktadır. **Öte yandan, aslında** ALARA kaldırılırsa optimizasyon kalkacağı ve makul olmayacak şekilde minimuma gidileceğinden (örneğin zırlama 10 katına çıkabileceği için) maliyetler artabileceğinden DOE’nin bu kararı tam anlaşılammıştır.

5. Türkiye’de ALARA

5.1 Yasal ve Kurumsal Çerçeve

Türkiye’de nükleer tesislerde ve radyasyonla ilgili faaliyetlerde **ALARA (mümkün olan en düşük radyasyon dozu)** ilkesi ile radyasyondan korunma uygulamaları, ulusal mevzuat kapsamında düzenlenir. 2022 tarihli **7381 sayılı Nükleer Düzenleme Kanunu** ile kurulmuş olan **Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK)**, nükleer güvenlik, radyasyon koruması ve ilgili lisanslama, denetim ve gözetim faaliyetlerinin **bağımsız düzenleyici otoritesi** olarak belirlenmiştir; bu kapsamda radyasyon güvenliği denetimleri ve ALARA uyumu da NDK tarafından yürütülür.

5.2 Radyasyon Kaynaklı Uygulamalarda ALARA'nın Uygulamalı Boyutları

Türkiye'de ALARA uygulamaları, özellikle reaktörler, hızlandırıcılar, radyoterapi ve Röntgen aletleri çerçevesinde çeşitli teknik ve idari önlemlerle sağlanır:

- Reaktör (örneğin Akkuyu NGS) ve radyasyon uygulama sistemlerinde, zırhlama ve mühendislik kontrolleri,
- Çalışma sürelerinin kontrolü,
- Dozimetri izleme programları,
- Eğitim ve uygulama geliştirme çalışmaları.

6. Almanya'da Radyasyon Koruma ve ALARA İlkesi

Almanya'da radyasyondan korunma çalışmaları, tarihsel olarak 1940'lardan itibaren başlamıştır. İlk X-ray düzenlemeleri 1941'de çıkarılmış, daha sonra temel radyasyon koruma standartları 1950'lerde ve 1960'larda geliştirilmiştir. 1980'lerden itibaren ALARA ilkesi Strahlenschutzgesetz (Radyasyondan Korunma Yasası çerçevesinde benimsenmiş ve AB düzenlemeleri yoluyla uygulanmaktadır.

Almanya'da ALARA, radyasyondan korunma yasa ve yönetmelikleri içinde yer almakta ve özellikle tıbbi radyasyon kullanımı ile nükleer endüstride optimizasyon gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu tarihsel süreç, Almanya'nın AB standartına paralel olarak ALARA'yı erken dönemden itibaren entegre ettiğini göstermektedir.

7. Karşılaştırmalı Değerlendirme

Kriter	Avrupa Birliği	ABD	Türkiye	Almanya
Yasal zorunluk	Direktif temelli	NRC & DOE (şu anda DOE'de ALARA kaldırdı)	NDK mevzuatı ile	Ulusal yasa + AB uyumu
Uygulama yaklaşımı	Sistematik ve entegre	Düzenleyici kültür / DOE'de reform süreci	Denetim ve lisans odaklı	AB ile paralel, köklü tarih
Eğitim ve denetim	Üye devlet sorumluluğu	Federal eğitim zorunlulukları	Sertifikasyon	Ulusal uygulamalar

8. Uygulamalı ALARA – Sayısal Karşılaştırmalı Analiz

ALARA optimizasyonu üç temel fiziksel değişkene dayandığı yukarıda vurgulanmıştır:

Zaman (süre), Mesafe ve Zırhlama. ALARA'nın pratikte nasıl uygulandığını aşağıdaki örneklerde bir çalışanın bulunduğu ortamda başlangıç doz hızının **100 $\mu\text{Sv/saat}$** olduğu kabul edilerek göstereceğiz:

8.1 Süre Faktörüne Göre Radyasyondan Etkilenme

Çalışma Süresi	Süre Artış/ Azalış Katsayısı	Alınan Doz (μSv)
1 saat	1×	100
2 saat	2×	200
4 saat	4×	400
10 saat	10×	1000

Yorum: Doz, süre ile **doğrusal** artıyor. Ancak pratikte ALARA planlaması, görev süresini teknik olarak mümkün olan en kısa süreye indirmeyi hedefler. Örneğin 1 saatlik bir işin 4 saate uzatılması dozda 4 kat artışa neden olur; bu **makul değildir**. Uygulama elverirse 1-2 saatte kalınır ve personel çok daha az doz alır. Bu ALARA'dır.

8.2 Uzaklık Faktörüne Göre Radyasyondan Etkilenme

(Ters kare yasası uygulanır)

Başlangıç doz hızı: 1 metrede 100 µSv/saat ise:

(Karşılaştırma: Bir Röntgen filminden ortalama 20 ile 100 µSv doz alınıyor)

Mesafe	(Mesafe Katsayısı)	Doz Hızı (µSv/saat)	1 Saatte Alınan Doz (µSv)
1 m	1×	100	100
2 m	2× (2 kat)	25	25 (Doz 1/4)
4 m	4× (4 kat)	6.25	6.25 (Doz 1/16)
10 m	10× (10 kat)	1	1 (Doz 1/100)

Açıklama: Uzaklık artışı dozda **karesel azalma** sağlar. 2 metreye çıkmak dozu 4 kat düşürürken, 10 metreye çıkmak 100 kat düşüş sağlar. Ancak uygulamada her zaman 10 m ve daha fazla uzaklıklar mümkün olmayabilir (alet, ekipman erişimi, kontrol ihtiyacı vb.).

8.3 ALARA Karar Noktasının Değerlendirilmesi

ALARA, fiziksel olarak mümkün olan en düşük dozun seçilmesi anlamına gelmez. Karar şu unsurların birlikte değerlendirilmesiyle verilir:

Seçenek	Doz Azalması	Operasyonel Zorluk	Makullük Değerlendirmesi
Süreyi 1 saate düşürmek	Yüksek	Planlama gerekir	ALARA'ya uygundur
Süreyi 10 dk'ya düşürmek	Çok yüksek	İş kalitesi riske girebilir	Her zaman makul olmayabilir
Uzaklığı 2 m yapmak	4 kat azalma	Kolay	ALARA'ya uygundur
Uzaklığı 10 m yapmak	100 kat azalma	İş yapılamayabilir	Aşırı optimizasyon olabilir ALARA uygun değil

Sonuçlar

Bu çalışmadaki sayısal örneklerden, ALARA ilkesinin “mümkün olan en düşük doz” yaklaşımı olmadığı; teknik uygulanabilirlik, iş güvenliği ve operasyonel gereklilikler ile dengelenmiş bir optimizasyon süreci olduğu açıkça görülmektedir. Süre ve uzaklık örneklerinde görüldüğü gibi: 2–4 kat iyileştirim sağlanabiliyor.

ALARA ilkesi, radyasyondan etkilenme riskini minimize etmek üzere uluslararası radyasyon koruma sisteminin temel taşı olarak kabul edilmiştir. AB ve Almanya'da uzun süredir entegre biçimde uygulanan ALARA, ABD'de güncel olarak tartışma ve reform sürecine girmiş, DOE tarafından iç düzenlemelerden çıkarılmıştır.

Türkiye’de önce TAEK sonra ise NDK çerçevesinde düzenleyici denetim ile ALARA yaklaşımı sürdürülebilir bir biçimde 1962 yılından beri (CNAEM reaktörü ve nükleer tıp’ta , Röntgen odalarında) sorumlu personelce uygulanmaktadır.

Akkuyu Nükleer A.Ş. / Rosatom, tesisin **işletmecisi** olarak kendi iç prosedürleri ve ALARA uygulamalarını yürütür; fakat bu uygulamaların **uyumunun bağımsız denetimi ve lisans gerekliliklerinin sağlanması** NDK’nın sorumluluğundadır. Akkuyu’daki lisanslama ve güvenlik onayları da NDK tarafından verilmektedir.


Kaynaklar /I/

- Council of the European Union. (2013). *Council Directive 2013/59/Euratom ...* (radyasyon koruma temel standartları).
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2007). *The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 103)*.
- Republic of Türkiye. (2023). *Law and Presidential Decree establishing Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK)*.
- Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK). (2025). *Kurumsal lisans ve denetim faaliyetleri*.
- Radyasyondan korunma ile ilgili kurumlar – NDK tanımı. (2025).
- Radyasyon tesisleri ve uygulamalarında koruma sorumluları ile ilgili usul ve esaslar. (2025).
- IAEA European ALARA Network dokümanları.
- DOE’nin ALARA standardını kaldırdığına dair haber raporları.
- Almanya radyasyondan koruma kurumu.
- NRC tarihçesi ve ABD radyasyon koruma yapısı.

Avrupa Birliği radyasyon koruma mevzuatı: Directive 2013/59/Euratom (temel güvenlik standartları)

OSHA Ionizing Radiation kontrol ve önleme rehberi (ABD)

10 CFR Part 835 – ABD’de ALARA tanımı ve uygulama rehberi

 Avrupa ALARA Network – ALARA Süreç Rehberi

 Radon yönetiminde ALARA uygulama çalışması

Elektron Demeti Hızlandırıcıları Teknolojisi

Fiziksel Çalışma İlkesi, Küresel ve Türkiye’de Durum ve Stratejik Değerlendirme

Not: Bu uzun makale hazır yazılardan ‘Kes Yapıştır’ Derlemesi değildir . Her ‘Bilim Sayfası’ ilgili yayınlar incelenerek ve 2 farklı YZ ile 5-6 taslahta tartışılarak yeniden kaleme alınıp hazırlanmıştır .

Radyasyon dozunun besin ve insan hücrelerinde olabilecek değişimleri yazının son bölümünde Dünya’ca tanınmış yetkili organların verileriyle ele alınmıştır.

Dr. Yüksel ATAKAN

Radyasyon Fizikçisi, Almanya, ybatakan4@gmail.com

22.02.2026

YÖNETİCİ ÖZETİ

1. Elektron Demeti Hızlandırıcısı Nedir?

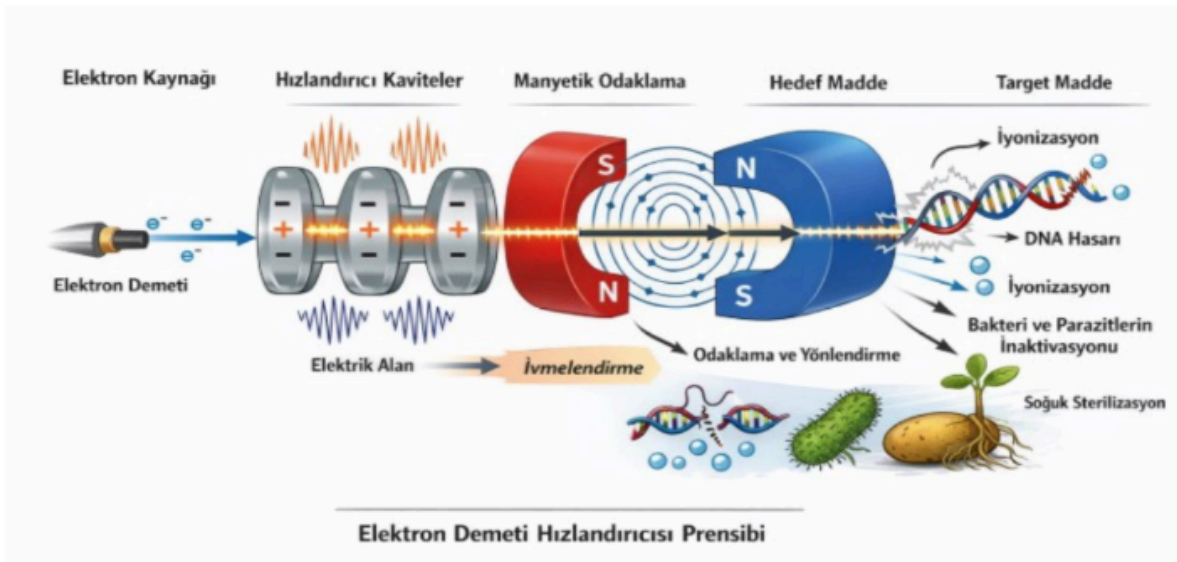
Elektron demeti hızlandırıcıları (Electron beam accelerators), elektron demetlerinin güçlü elektrik alanlar yardımıyla çok yüksek hızlara — ışık hızına yakın düzeylere — çıkarıldığı ve kontrollü biçimde bir hedefe yönlendirildiği ileri teknoloji sistemleridir. Yirminci yüzyılın başında temel parçacık fiziği araştırmaları amacıyla geliştirilen bu sistemler, bugün endüstrinin çok geniş bir yelpazesinde kritik altyapı teknolojileri arasında yer almaktadır.

Çalışma ilkesi üç temel fizik yasasına dayanır:

- **Coulomb kuvveti:** Katot ile anot arasına uygulanan yüksek voltaj, elektronu hızlandırır.
- **Lorentz kuvveti:** Manyetik alanlar demeti odaklar ve hedefe hassas biçimde yönlendirir.
- **İyonizasyon:** Yüksek enerjili elektronlar maddeye çarptığında atomlardan elektron koparır, DNA zincirlerini kırar ve mikroorganizmaları etkisizleştirir.

Stratejik çıkarımlar:

- Elektron demet (E-demet) teknolojisi küresel ölçekte güçlü bir büyüme eğilimi içindedir; Çin ve ABD bu alanda büyük yatırımlar yapmaktadır.
- Türkiye'nin tungsten rezervleri ve teknik insan gücü, yerli hızlandırıcı üretimi için sağlam bir temel sunmaktadır.
- 5–10 MeV ölçeğinde yerli bir endüstriyel E-demet tesisi; ithalat bağımlılığını azaltacak, ihracat fırsatı yaratacak ve savunma-sanayi boyutunda stratejik güvenlik sağlayacaktır. Ankara’da faaliyet gösteren Elektron Teknolojileri Anonim Şirketi (ETAŞ), bu teknolojik dönüşümün Türkiye’deki öncü özel sektör kurumu olarak konumlanmaktadır (<https://www.elektronteknolojileri.com>).



Temel özelliği: Radyoaktif kaynak içermez; sistem anında durdurulup tekrar çalıştırılabilir; doz kontrolü duyarlı olarak yapılabilir. Bu nedenle gama ışınlama sistemlerine göre, güvenlik, esneklik ve düzenleyici uyum açısından belirgin üstünlük sağlar.

2. Uygulama Alanları

Sektör	Uygulama	Sağlanan Fayda
Besin Güvenliği	Baharat, et, meyve-sebze ışınlama	Raf ömrü uzar, patojenler yok edilir
Tıbbi Sterilizasyon	Tek kullanımlık tıbbi ürünler, implantlar	Radyoaktif olmayan güvenli sterilizasyon
Malzeme Mühendisliği	Polimer çapraz bağlama, kablo izolasyonu	Isıya ve kimyasallara dayanım artar
Çevre Teknolojileri	Atık su arıtımı, baca gazı temizleme	Kimyasal madde kullanımı azalır
Endüstriyel Kaynak	Havacılık, otomotiv, savunma bileşenleri	Derin, hassas, kirlenmeyen kaynak
İnce Film Kaplama	Yarı iletken, optik yüzeyler	Yüksek saflık ve homojenlik

3. Dünya'daki Durum

Dünya genelinde 10.000'i aşkın endüstriyel hızlandırıcı aktif olarak kullanılmakta; küresel pazar büyüklüğü 2024 itibarıyla 3-4 milyar USD'ye ulaşmış ve istikrarlı büyüme sürmektedir. Yıllık ışınlanmış besin miktarı 700.000-1.000.000 ton bandındadır. Çin toplam dünya kapasitesinin yaklaşık %40'ını elinde bulundurmaktadır.

Ülke	Yıllık Işınlanan Besin miktarı	Başlıca Ürünler	Teknoloji
Çin	300.000-400.000 ton	Sarımsak, baharat, et	E-demet + Gama
ABD	100.000-120.000 ton	Baharat, kırmızı et, tavuk	E-demet + Co-60
Hindistan	60.000-80.000 ton	Baharat, mango	Gama + E-demet
Almanya	10.000-15.000 ton	Baharat, tıbbi ürünler	E-demet + Gama
Türkiye	< 1.000 ton	Baharat (kısıtlı)	Gama (ağırlıklı)

Bir çok modern teknolojiye olduğu gibi bu teknolojiye de Çin başta!

4. Türkiye ve ETAŞ

Türkiye'de besin ışınlama ve endüstriyel E-demet kapasitesi, ülkenin büyüklüğüne ve potansiyeline karşın son derece sınırlı kalmaktadır. TENMAK-NÜKEN'de (Ankara) ağırlıklı olarak baharat ve bakliyat ışınlamada kullanılan gama (Co-60) kaynaklı bir ışınlama tesisi bulunmaktadır. Tam ölçekli yerli E-demet üretimi henüz gelişme aşamasındadır. Oysa ülkenin et, baharat, tıbbi ürün ve atık su sektörlerindeki toplam talep potansiyeli yüz binlerce ton ve yüz milyonlarca ürün ölçeğindedir.

Bu tablonun değişmesinde kritik bir rol üstlenen ETAŞ Elektronik Teknolojileri A.Ş., 2021 yılında Ankara'da kurulmuş olup Türkiye'nin bu alandaki ilk yerli tasarım ve üretim şirkettir. Akademisyen kökenli ekibiyle kilo-volttan mega-volta uzanan enerji aralığında elektron hızlandırıcıları geliştiren ETAŞ; EDK kaynak makinesi, sterilizasyon sistemi, buharlaştırma ve X-ışını üretimi ürün ailesiyle sektöre girmiş, TÜBİTAK TEYDEB desteğiyle Ar-Ge çalışmalarını sürdürmektedir.

1. GİRİŞ

Elektron demeti hızlandırıcı teknolojisi, modern fiziğin temel ilkelerine dayanan ve günümüzde çok geniş bir uygulama alanına sahip ileri mühendislik sistemlerinden biridir. Bu teknoloji, yüklü parçacıkların elektrik alanlar yardımıyla çok yüksek hızlara çıkarılması ve kontrollü biçimde bir hedef üzerine yönlendirilmesi temeline dayanır. İlk olarak yirminci yüzyılın başlarında temel parçacık fiziği araştırmaları amacıyla geliştirilen hızlandırıcı sistemler, zamanla sanayi, tıp, malzeme bilimi, savunma teknolojileri, çevre mühendisliği ve besin güvenliği gibi çok sayıda stratejik alana uyarlanmıştır.

Elektron demeti hızlandırıcıları, özellikle iyonlaştırıcı radyasyonun kontrollü üretimini sağlamaları nedeniyle, gama ışın kaynaklarına alternatif olarak öne çıkmıştır. Radyoaktif bir kaynak içermemeleri, sistemin istenildiği anda çalıştırılıp durdurulabilmesi ve doz kontrolünün hassas biçimde yapılabilmesi, bu teknolojiyi güvenlik açısından avantajlı kılar. Bu özellikler, özellikle besin ışınlama ve tıbbi sterilizasyon gibi toplum sağlığını doğrudan ilgilendiren alanlarda büyük önem taşımaktadır.

Son kırk yılda küresel ölçekte yaşanan gelişmeler, bu teknolojinin önemini daha da artırmıştır. Artan dünya nüfusu, küreselleşen besin ticareti, uzun mesafeli ulaşım ve taşımacılık, antibiyotik direnci gelişen mikroorganizmalar ve besin kaynaklı hastalık olaylarındaki artış, besin güvenliğini uluslararası bir güvenlik sorunu durumuna getirmiştir. Benzer biçimde, tek kullanımlık steril tıbbi ürünlere olan gereksinim, özellikle bulaşıcı hastalık salgınları (pandemi) döneminde dramatik biçimde artmıştır. Bu bağlamda elektron demeti hızlandırıcıları, hem ekonomik hem de stratejik açıdan kritik altyapı teknolojileri arasında yer almaya başlamıştır.

Başta Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Almanya ve Japonya olmak üzere birçok ülke, endüstriyel elektron demeti tesislerine önemli yatırımlar yapmaktadır. Özellikle Çin, hem kapasite hem de kurulu tesis sayısı bakımından dünya lideri konumundadır.

Bu yazının amacı; elektron demeti hızlandırıcı teknolojisinin fiziksel çalışma ilkelerini basit ve anlaşılır bir dille açıklamak, küresel kullanım durumunu ortaya koymak ve Türkiye açısından stratejik bir değerlendirme sunmaktır.

Elektron demeti hızlandırıcıları (Electron beam accelerators), yüklü parçacıkların elektrik alanlar yardımıyla yüksek hızlara çıkarılması ilkesine dayanan ileri teknoloji sistemleridir. Son 40 yıl içinde sanayi, tıp, çevre ve besin güvenliği alanlarında stratejik öneme sahip ileri teknoloji sistemleri haline gelen bu

cihazların, günümüzde dünyada 10.000'in üzerinde endüstriyel ünitesinin aktif olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir. Günümüzde başta Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Almanya ve Japonya olmak üzere birçok ülke bu alanda endüstriyel ölçekli yatırımlar yapmaktadır.

Başlıca kullanım alanları:

- Tek kullanımlık tıbbi ürünlerin sterilizasyonu
- Besin ışınlama ve raf ömrü uzatma
- Kanalizasyon ve tıbbi atık su arıtımı
- Termik santral baca gazı arıtımı
- Polimer modifikasyonu ve malzeme mühendisliği
- Havacılık, otomotiv ve savunma sanayii

Özellikle son 20–30 yılda artan besin kaynaklı hastalıklar ve küresel tedarik zincirlerinin büyümesi, bu uygulamaların kapsamını genişletmiştir.

2. ELEKTRON DEMETİ TEKNOLOJİSİNİN FİZİĞİ?

Elektron demeti hızlandırıcılarının çalışma ilkesi temel olarak üç fizik yasasına dayanır:

1. **Yüklü parçacıkların elektrik alan içinde ivmelenmesi**
2. **Manyetik alan ile yönlendirme**
3. **İyonlaştırıcı radyasyonun madde ile etkileşimi**

2.1 Elektron Nasıl Hızlandırılır?

Elektron negatif yüklü bir parçacıktır. Temel ilke şudur: Bir elektrik alan içinde bulunan yüklü parçacık kuvvet duyumsar ve ivmelenir. Hızlandırıcıda bu elektrik alan kuvveti, katot ile anot arasında uygulanan yüksek gerilim (voltaj) sayesinde elektronları hızlandırmak için kullanılır. Hızlandırıcıda işleyiş:

- **Katot:** Elektron üretir (örneğin tungsten veya lantanyum heksaborür — LaB₆).
- **Yüksek Voltaj:** Katot ile anot arasında çok yüksek voltaj uygulanır.
- **İvmelenme:** Elektronlar bu elektrik alan içinde hızlanır ve vakum ortamında hareket ederek enerji kazanırlar.

Elektronun kazandığı enerji, uygulanan voltajla doğru orantılıdır:

$$E = e \cdot V$$

Burada E enerjisi (Joule ya da elektron volt), e elektron yükünü ($1,6 \times 10^{-19}$ C), V ise uygulanan voltajı (Volt) gösterir. Örneğin 10 MeV'lik (Milyon Elektron Voltluk) bir hızlandırıcıda elektronlar yaklaşık ışık hızına çok yakın hızlara ulaşır.

2.2 Manyetik Alan Ne İşe Yarar?

Hareketli elektron manyetik alana girdiğinde Lorentz kuvvetine maruz kalır.

Lorentz Kuvveti Nedir?

Lorentz kuvveti, yüklü bir parçacığın elektrik ve manyetik alan içinde maruz kaldığı toplam kuvvettir:

$$F = q(E + v \times B)$$

Yalnızca manyetik bileşen ele alındığında $F = q(v \times B)$ ifadesi kullanılır. Burada q parçacık yükü, v hız vektörü ve B manyetik alan vektörüdür. Hızlandırıcılarda manyetik alanlar şu işlevleri yerine getirir:

- Elektron demeti odaklanır.
- Yol boyunca oluşabilecek sapmalar düzeltilir.
- Hedefe kontrollü ve hassas yönlendirme sağlanır.

Bu ilke tüm modern hızlandırıcılarda temel bileşen olarak kullanılmaktadır.

2.3 Besin veya Malzemede Ne Olur?

Yüksek enerjili elektronlar bir maddeye çarptığında:

- Atomlardan elektron koparır (iyonizasyon).
- DNA zincirlerini kırar.
- Mikroorganizmaların çoğalmasını engeller.

Bu sayede:

- Bakteriler ölür ve parazitler etkisizleşir.
- Küf sporları işlevsiz hâle gelir.
- Filizlenme durur.
- Besinlerin raf ömürleri uzar.

Bu işlem ısıtma gerektirmediğinden "soğuk sterilizasyon" olarak da adlandırılır. Elektron demetiyle besinlerin ışınlaması, besin korumasını stratejik bir teknoloji hâline getirmiştir.

2.4 Vakum Ortamı Neden Gereklidir?

Elektronların hava molekülleriyle çarpışması önemli enerji kayıplarına yol açar. Bu nedenle hızlandırıcı tüpleri yüksek vakum altında çalışır ($10^{-6} - 10^{-8}$ mbar). Vakum ortamı aynı zamanda kaynak ve sterilizasyon uygulamalarında kirlenme riskini ortadan kaldırır, son ürünün saflığını güvence altına alır.

2.5 Madde ile Etkileşim (Genel)

Yüksek enerjili elektronlar maddeye çarptığında atomlardan elektron koparır (iyonizasyon), DNA zincirlerini kırar ve mikroorganizma hücre yapısını bozar. Sonuç olarak bakteri ve parazitler inaktive olur, filizlenme durur ve raf ömrü uzar. Bu işlem ısı olmadığı için "soğuk sterilizasyon" olarak adlandırılır.

3. HIZLANDIRICI TÜRLERİ

3.1 Doğrusal Hızlandırıcı (LINAC)

Elektronlar doğrusal bir hat boyunca ivmelendirilir. Endüstriyel uygulamalarda en yaygın tiptir. Yüksek enerji verimliliği ve kompakt tasarım imkânı sunduğundan, besin ışınlama ve tıbbi sterilizasyon tesislerinde tercih edilir.

3.2 Sinkrotron

Elektronlar dairesel yörüngede hızlandırılır. Sinkrotronlar daha çok araştırma amaçlı kullanılır ve son derece parlak X-ışını demetleri üretebilir. Malzeme bilimi, biyomedikal araştırmalar ve kristalografi gibi alanlarda bilimsel kullanımı yaygındır.

4. TEKNİK BİLEŞENLER

Bir elektron demeti hızlandırıcısı şu ana bileşenlerden oluşur:

- Elektron kaynağı (katot)
- Yüksek voltaj sistemi
- RF (radyo frekansı) ivmelendirme yapısı
- Manyetik odaklama sistemi
- Vakum sistemi
- Soğutma sistemi
- Kontrol ve güvenlik sistemi

5. ELEKTRON KAYNAKLARI

5.1 Termiyonik Katotlar

Isıtılmış bir katot malzemesinden elektron yayılımı elde edilir. Bu yöntem en yaygın ve güvenilir elektron üretme tekniğidir. Kullanılan başlıca malzemeler ve işlevleri şöyledir:

Malzeme	Kimyasal Sembol	Özelliği ve İşlevi
Tungsten	W	Çok yüksek erime noktası (3.422 °C), yüksek sıcaklıkta stabil elektron emisyonu sağlar. Endüstriyel sistemlerde yaygın.
Lantanyum Hekzaborür	LaB ₆	Düşük iş fonksiyonu sayesinde daha az ısıtma ile yüksek elektron akısı sağlar. Bilimsel ve hassas uygulamalarda tercih edilir.

🔗 *Tungsten ve diğer metaller bu teknolojiye neden önemlidir? Tungsten (W), periyodik tablonun en yüksek erime noktasına sahip metalidir (3.422 °C). Hızlandırıcılarda katot malzemesi olarak kullanılan tungsten, yüksek sıcaklıklara dayanarak kararlı elektron yayımı sağlar. Türkiye, dünya tungsten rezervlerinin önemli bir bölümüne sahip olmakla birlikte, bu rezervlerin yerli teknoloji üretiminde değerlendirilmesi stratejik bir fırsattır. LaB₆ ise daha düşük çalışma sıcaklığında daha yüksek elektron akısı sağladığından yüksek hassasiyetli bilimsel sistemlerde öne çıkar.*

5.2 Fotoelektron Kaynakları

Lazer ışınıyla tetiklenen, son derece kısa ve yoğun elektron darbeleri üreten bu kaynaklar, özellikle fotonik ve serbest elektron lazer (FEL) uygulamalarında kullanılır. Yüksek parlaklık ve düşük enerji dağılımı (düşük emittans) gerektiren araştırma sistemlerinde tercih edilmektedir.

5.3 Alan Emisyon Kaynakları

Çok güçlü bir elektrik alan altında metal yüzeyinden elektron çekimiyle çalışır. Nanometre ölçeğinde uç geometrileri sayesinde son derece küçük alandan yüksek akım elde edilebilir. Özellikle elektron mikroskopisi ve litografi gibi uygulamalarda kullanılır.

6. BESİN GÜVENLİĞİ VE IŞINLAMA

6.1 Besin Işınlamasının Uluslararası Düzenleyici Durumu

Besin işleme güvenliği, aşağıdaki uluslararası kuruluşlar tarafından bilimsel kanıtlarla desteklenmiş ve kabul edilmiştir:

- Dünya Sağlık Örgütü (WHO — World Health Organization): Besin işlenmeyi insan sağlığı açısından güvenli bulan kapsamlı raporlar yayımlamıştır.
- BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO — Food and Agriculture Organization): Besin işleme konusunda WHO ile ortak kılavuzlar geliştirmiştir.
- Kodeks Alimentarius Komisyonu (Codex Alimentarius Commission): BM bünyesindeki bu uluslararası gıda standartları kuruluşu, besin işleme için uluslararası standartları belirler. "Codex Alimentarius" Latince olup "Gıda Kanunu" ya da "Gıda Kuralları" anlamına gelir; 1963 yılında FAO ve WHO tarafından kurulmuştur.
- ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA — U.S. Food and Drug Administration): 1963 yılında buğday ve unun işlenmesini onaylamış; kırmızı et, beyaz et, baharat, taze meyve ve sebzeler için onay kapsamını zamanla genişletmiştir. **(Bu konudaki ayrıntılı açıklamalar için son Bölüm'e bkz.)**

🔗 *Codex Alimentarius Komisyonu nedir? BM bünyesinde FAO ve WHO tarafından 1963 yılında kurulan bu uluslararası kuruluş, gıda güvenliği ve ticaretine ilişkin uluslararası standartları belirler. "Codex Alimentarius" ifadesi Latince "Gıda Kanunu" anlamına gelir ve 180'den fazla üye ülkeyi kapsar.* 6.2 Dünyada Besin İşleme Kullanım Miktarları

Dünya genelinde yıllık toplam işlenmiş besin miktarının yaklaşık 700.000 – 1.000.000 ton aralığında olduğu tahmin edilmektedir

Elektron Demeti (E-demet) Tesis Fiyatları — Güç ve Enerji Seviyesine Göre
Tahmini Cihaz + Kurulum Maliyetleri (USD) | 2024–2025 Pivasa Verileri

Fiyatlandırma ile ilgili Genel Bilgi

Bir elektron demeti hızlandırıcı tesisinin toplam maliyeti; enerji seviyesi (MeV), demet gücü (kW), akseleratör tipi, malzeme taşıma sistemi, radyasyon kalkanı, kontrol sistemleri ve kurulum gibi bileşenlere göre belirlenir. Cihaz bedeline ek olarak; inşaat/altyapı, radyasyon kalkanı (beton/kurşun), otomasyon ve sertifikasyon maliyetleri tüm kurulum bedelinin önemli bir bölümünü oluşturur. **Toplam proje maliyeti (TCO) genellikle cihaz bedelinin 1,5–3 katına ulaşır.**

6.2. Enerji ve Güç Seviyesine Göre Tesis Maliyetleri

Kategori	Enerji (MeV)	Güç (kW)	Akseleratör Tipi	Tahmini Cihaz Bedeli (USD)	Tahmini Toplam Kurulum Bedeli (USD)	Geri Dönüş Süresi	Tipik Uygulama Alanları
Düşük Enerji (Giriş Seviyesi)	0,1 – 0,5 MeV (100–500 kV)	5 – 50 kW	DC (Dinamitron, Van de Graaff)	300.000 – 800.000 USD	500.000 – 1,5 M USD	3–5 yıl	Kablo/tel çapraz bağlama, yüzey kaplama, baskı/mürekkep kütleme
Orta-Düşük Enerji	0,5 – 1,5 MeV	30 – 200 kW	DC (Dinamitron), RF Linac	800.000 – 2,5 M USD	1,5 – 4 M USD	3–6 yıl	Polimer modifikasyonu,

Kategori	Enerji (MeV)	Güç (kW)	Akseleratör Tipi	Tahmini Cihaz Bedeli (USD)	Tahmini Toplam Kurulum Bedeli (USD)	Geri Dönüş Süresi	Tipik Uygulama Alanları
Orta Enerji (Endüstriyel)	3 – 5 MeV	50 – 300 kW	RF Linac, Rhodotron	2,5 – 6 M USD	5 – 10 M USD	4–7 yıl	tıbbi ambalaj sterilizasyonu, atık su ön arıtımı Besin işleme (baharat, meyve), tıbbi sterilizasyon, polimer
Yüksek Enerji (Standart)	5 – 10 MeV	100 – 500 kW	Rhodotron (IBA), LINAC (NHV, Mevex)	5 – 12 M USD	8 – 20 M USD	4–8 yıl	Et/kırmızı et işleme, medikal sterilizasyon, atık su, bacia gazı
Çok Yüksek Enerji	7 – 10 MeV (X-ışın modu)	300 – 700 kW	Rhodotron TT1000 (IBA), Paletron sistemi	10 – 20 M USD	15 – 35 M USD	5–10 yıl	Palet halinde büyük hacimli işleme, büyük endüstriyel tıbbi sterilizasyon merkezleri
Araştırma / Sinkrotron	10 – 1.000+ MeV	100 kW – 1.000+ kW	Sinkrotron, SRF Linac	20 – 500+ M USD	50 M – 1+ milyar USD	10–20+ yıl	Parçacık fiziği, malzeme bilimi, ilaç Ar-Ge, nükleer tıp

Önde Gelen Üreticiler ve Referans Modeller

Üretici / Model	Ülke	Enerji Aralığı	Güç Aralığı	Tahmini Fiyat (USD)	Özellik / Uygulama
IBA Rhodotron® TT100	Belçika	3–10 MeV	35 kW	3 – 6 M USD	Giriş seviyesi Rhodotron, besin işleme ve sterilizasyon
IBA Rhodotron® TT200	Belçika	3–10 MeV	80 kW	6 – 10 M USD	Orta kapasite; tıbbi sterilizasyon, besin, polimer
IBA Rhodotron® TT300	Belçika	3–10 MeV	200 kW	10 – 16 M USD	Yüksek kapasite endüstriyel; büyük besin ve tıbbi tesisler

Üretici / Model	Ülke	Enerji Aralığı	Güç Aralığı	Tahmini Fiyat (USD)	Özellik / Uygulama
IBA Rhodotron® TT1000	Belçika	5–7 MeV	700 kW	18 – 30 M USD	En yüksek güçlü Rhodotron; X-ışını üretimi, palet ışınlama
NHV (Japonya) — EPS/ESH Serisi	Japonya	0,15 – 5 MeV	5 – 200 kW	500.000 – 8 M USD	Geniş enerji aralığı; tel/kablo, tıbbi ambalaj, yüzey kaplama
Mevex (STERIS) — Linac Serisi	Kanada	3 – 10 MeV	10 – 50 kW	2 – 7 M USD	RF Linac tabanlı; araştırma ve orta ölçekli endüstriyel
CGN Dasheng (Çin)	Çin	1,5 – 10 MeV	10 – 100 kW	1 – 5 M USD (Rekabetçi fiyat)	Çin pazarı başta; besin, polimer, atık su. Devlet destekli.
ETAŞ (Türkiye) — miniEDK Serisi	Türkiye	0,2 – 2 MeV (Geliştirme aşamasında)	< 20 kW (Prototip)	TBD — Yerli üretim hedefi	Türkiye'nin ilk yerli EDK makinesi (miniEDK200/2000); EDK kaynak ve buharlaştırma uygulamaları

Toplam Proje Maliyetine Dahil Edilmesi Gereken Ek Kalemler

Yapısal / İnşaat	Güvenlik ve Düzenleyici	Operasyonel (Yıllık)	İşletme Ömrü ve Bakım
Radyasyon kalkımı (beton/kurşun): 500.000 – 3 M USD Altyapı ve bina: 200.000 – 1 M USD Malzeme taşıma/konveyör: 100.000 – 500.000 USD Vakum sistemi: 50.000 – 300.000 USD	Lisans ve sertifikasyon: 50.000 – 200.000 USD Dozimetri sistemi: 30.000 – 100.000 USD Güvenlik PLC ve izleme: 50.000 – 150.000 USD Personel eğitimi: 20.000 – 80.000 USD	Enerji tüketimi: 100.000 – 1 M USD/yıl Bakım ve yedek parça: %1–3 cihaz bedeli/yıl Personel (operatör, teknisyen): 100.000 – 300.000 USD/yıl Sigorta ve denetim: 20.000 – 80.000 USD/yıl	Tipik işletme ömrü: 15–25 yıl Katot/elektron tüpü değişimi: 5–10 yılda bir Büyük revizyon maliyeti: 500.000 – 2 M USD Yükseltme (upgrade) imkânı: evet (modüler sistemlerde)

* Tüm fiyatlar USD cinsinden tahmini değerlerdir. IBA Rhodotron model fiyatları; IAEA endüstriyel hızlandırıcı raporları, Cleland (CERN, 2006), UV+EB Technology dergisi (2024) ve sektör danışmanlık kaynaklarından derlenmiştir.

* NHV, Mevex ve CGN Dasheng fiyatları; kamuya açık pazar araştırma raporlarından (Valuates Reports, Business Research Insights, 2024) elde edilmiştir.

* Toplam Proje Maliyeti (TCO) = Cihaz bedeli + Altyapı + Güvenlik + Yıllık operasyonel maliyet × İşletme yılı. Geri dönüş süresi hesabında tesis doluluk oranı (%60–80) ve ışınlama hizmet geliri dikkate alınmıştır.

6.3 Ülke Bazlı Kullanım Miktarları ve Işınlama Hizmet Fiyatları

Ülkelere Göre Besin Işınlama (E-demet) Kapasitesi ve Tahmini Hizmet Fiyatları Elektron Demeti Hızlandırıcıları Teknolojisi — Küresel Pazar Verileri | 2024–2025 Tahmini

Fiyatlandırma Hakkında

Elektron demeti ışınlama hizmet fiyatları; **ürün türü, uygulanan doz (kGy), tesis kapasitesi, enerji maliyetleri ve ülkedeki rekabet ortamına** göre önemli ölçüde değişmektedir. Aşağıdaki fiyat aralıkları; USDA, IAEA ve sektör raporlarından derlenen kamuya açık veriler ile bölgesel endeksler kullanılarak türetilmiş **tahmini ortalama** değerlerdir. Baharat gibi düşük-yoğunluk ürünlerde ton başı maliyet düşüken, yüksek doz gerektiren et ve tıbbi ürünlerde maliyet belirgin biçimde artar.

Ülke	Yıllık Işınlanan Besin (Ton)	Başlıca Ürünler	Kullanılan Teknoloji	Tahmini E-demet Hizmet Fiyatı (USD/ton)	Açıklama / Fiyat Etkenleri
Amerika Birleşik Devletleri	100.000–120.000	Baharat, kırmızı et, tavuk	E-demet + Co-60	80–150 USD/ton	Yüksek tesis kapasitesi, gelişmiş rekabet ortamı. Et için üst sınıra yakın.
Çin	300.000–400.000	Sarımsak, baharat, et	E-demet + Gama	30–70 USD/ton	Düşük işçilik ve enerji maliyeti, devlet destekli tesis yatırımları.
Hindistan	60.000–80.000	Baharat, mango	E-demet + Gama	40–80 USD/ton	Büyüyen tesis altyapısı; baharat ihracatı için E-demet kullanımı artıyor.
Brezilya	25.000–40.000	Et ve tropikal meyveler	Gama	60–100 USD/ton	Ağırlıklı gama kullanımı; E-demet kapasitesi sınırlı, fiyat görece yüksek.
Fransa	20.000–25.000	Baharat	Gama	100–160 USD/ton	AB düzenlemeleri ve yüksek işletme maliyetleri fiyatı yukarı çekiyor.
Belçika	15.000–20.000	Baharat ve kuruyemiş	Gama	100–150 USD/ton	AB merkezli hizmet hub'ı; yüksek kalite standartları ve denetim maliyetleri.

Ülke	Yıllık Işınlanan Besin (Ton)	Başlıca Ürünler	Kullanılan Teknoloji	Tahmini E-demet Hizmet Fiyatı (USD/ton)	Açıklama / Fiyat Etkenleri
Hollanda	~15.000	Et ürünleri	Gama	110–160 USD/ton	Avrupa'nın en yüksek enerji maliyetleri; AB sertifikasyon gereksinimleri.
Almanya	10.000–15.000	Baharat, tıbbi ürünler	E-demet + Gama	120–180 USD/ton	En yüksek düzenleyici standartlar. Tıbbi ürünlerde fiyat üst sınıra yakın.
Güney Kore	5.000–10.000	Kurutulmuş ürünler	E-demet	70–120 USD/ton	E-demet ağırlıklı modern tesis altyapısı; orta düzey fiyat.
Japonya	3.000–5.000	Baharat, tıbbi malzeme	E-demet + Gama	130–200 USD/ton	Çok sıkı gıda güvenliği mevzuatı ve yüksek enerji maliyeti.
Türkiye	< 1.000 (sınırlı)	Baharat (kısıtlı)	Gama (ağırlıklı)	Veri yok (≈80–140 tahmini)	Yerli E-demet hizmeti yok. Mevcut gama tesisi fiyatı.

Referans Fiyat Aralıkları — Ürün Türüne Göre (Küresel Ortalama)

Ürün Kategorisi	Tipik Doz (kGy)	Düşük Maliyet Bölgesi (Çin, Hindistan)	Orta Maliyet Bölgesi (ABD, G.Kore)	Yüksek Maliyet Bölgesi (AB, Japonya)
Baharat ve kuru bitkiler	5–30 kGy	30–60 USD/ton	80–120 USD/ton	100–150 USD/ton
Taze meyve ve sebze	0,15–1 kGy	20–40 USD/ton	60–100 USD/ton	90–140 USD/ton
Kırmızı et ve tavuk	1,5–4,5 kGy	50–80 USD/ton	80–150 USD/ton	120–180 USD/ton
Tıbbi sterilizasyon	25–50 kGy	80–150 USD/ton	150–250 USD/ton	200–400 USD/ton

* Kaynaklar: USDA Economic Research Service, IAEA Industrial Electron Accelerators, sektör raporları (Market Growth Reports, Business Research Insights 2024). Fiyatlar tahmini olup ticari sözleşme koşulları, hacim indirimleri ve tesis özellikleri nedeniyle değişkenlik gösterir.

* 1 ton = 1.000 kg. Birim fiyat hesabı: ton başı USD = hizmet bedeli / işlenen ağırlık. Tıbbi sterilizasyon fiyatları adet bazlı da uygulanabilir (medikal ürün/birim).

Not: Çin, dünya toplam kapasitesinin yaklaşık %40'ına sahiptir. Almanya, sınırlı besin ışınlaması yapmasına karşın E-demet teknoloji üretiminde dünya liderleri arasında yer almaktadır.

7. ELEKTRON DEMETİ TEKNOLOJİSİNİN GAMA IŞINLAMAYA GÖRE AVANTAJLARI

Kriter	Elektron Demeti (E-demet)	Gama (Co-60)
Radyoaktif kaynak	Yok	Var (Kobalt-60)
Aç/Kapa kontrolü	Anlık	Sürekli radyasyon
İşlem süresi	Kısa	Uzun
Güvenlik	Yüksek	Kaynak güvenliği kritik
Regülasyon	Daha kolay	Daha karmaşık
Nüfuz derinliği	Ürün kalınlığına göre sınırlı (5–10 MeV)	Daha derin (yüksek enerjili foton)

E-demet teknolojisi özellikle güvenlik, operasyonel kontrol ve çevresel açıdan gama sistemlerine belirgin üstünlük sağlar.

8. TEKNİK PARAMETRELER

Besin uygulamalarında tipik teknik değerler:

- Enerji: 5–10 MeV
- Doz aralığı: 0,2 – 10 kGy (kilo Gray)
- Yüksek doz sterilizasyon: 25 – 50 kGy

Doz birimleri:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} \quad 1 \text{ kGy} = 1.000 \text{ Gy}$$

Gray (Gy) birimi, soğurulan radyasyon dozunu ifade eder. Kilogram başına düşen Joule cinsinden tanımlanır. Sterilizasyon uygulamalarında genellikle 25 kGy ve üzeri dozlar kullanılırken, besin konservasyonunda 0,2–10 kGy aralığı tercih edilir.

9. ENDÜSTRİYEL ELEKTRON HIZLANDIRICI PAZARI

Küresel endüstriyel hızlandırıcı pazarı 2024 itibarıyla yaklaşık 3 – 4 milyar USD büyüklüğündedir ve önümüzdeki on yılda istikrarlı bir büyüme öngörülmektedir.

Başlıca üretici ülkeler: Almanya, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Çin.

Başlıca üretici firmalar:

- IBA Industrial (Belçika)
- Mevex (Kanada)
- NHV Corporation (Japonya)
- Wasik Associates (ABD)
- Comet Technologies (İsviçre)
- EB-TECH (Güney Kore)

Teknik ve Ekonomik Fizibilite Özeti

5–10 MeV bir endüstriyel sistem için:

- Yatırım maliyeti: 5 – 15 milyon USD
- Geri dönüş süresi: 4 – 7 yıl
- Enerji tüketimi: 100 – 500 kW
- İşlem kapasitesi: 5 – 20 ton/saat

10. TÜRKİYE'DE DURUM VE STRATEJİK DEĞERLENDİRME

BÖLÜM 10

Türkiye'de Durum ve Stratejik Değerlendirme

10.1 Genel Durum



Türkiye'de besin ışınlama kapasitesi son derece sınırlı olup mevcut tesisler ağırlıklı olarak gama (Co-60) temelinde dayanmaktadır. Tam ölçekli, yerli üretimli endüstriyel E-demet sistemi henüz bulunmamaktadır.

Türkiye'nin yüksek potansiyele sahip pazar segmentleri:

- **Hastaneler ve özel klinikler** (sterilizasyon)
- Tek kullanımlık medikal ürün üreticileri
- Süt ve et entegre tesisleri
- **Belediyeler** (atık su arıtımı)
- **Termik santraller** (baca gazı arıtımı)
- Baharat ve kuru gıda ihracatçıları

10.2 Türkiye'de Elektron Demeti Teknolojisiyle İlgili Araştırma Merkezleri

Türkiye'de elektron demeti hızlandırıcı teknolojisi alanında çalışmaları olan bir dizi akademik ve kurumsal merkez mevcuttur. **Ancak bu merkezlerin tamamı araştırma ve Ar-Ge amaçlıdır; besin ışınlaması, tıbbi sterilizasyon veya endüstriyel E-demet hizmeti sunmamaktadır.** Türkiye'de endüstriyel elektron hızlandırıcıları tasarlayıp ve üretimini yapan ETAŞ şirketi bulunmaktadır. İthal edilmiş elektron hızlandırıcılarını kablo, plastik gibi endüstri alanlarında kullanan üretici firmalar da mevcuttur. Örneğin Ankara'da bulunan Tamer Elektrik firmasında (<https://www.tamerelektrik.com.tr>) 3 MeV'lik elektron hızlandırıcısı kullanılarak elektron ile ışınlama yoluyla ve çapraz bağlama yöntemi ile kablo, lastik ve plastik ürünlerine dayanıklılık kazandırılmaktadır.

Kurum / Merkez	Proje / Program	Elektron Demeti ile İlgili Odak Alanı	Faaliyet Türü
TÜRK HIZLANDIRICI VE IŞINIM LABORATUVARI (TARLA)	Süperiletken elektron hızlandırıcısına dayalı serbest elektron lazeri (FEL) tesisi ve araştırma istasyonları	Elektron hızlandırıcısı altyapısına sahip Türkiye'nin en kapsamlı tesisi. Elektron tabanlı ışınım araştırmaları, malzeme ve biyolojik örneklerin ışınlanması.	 Yalnızca Araştırma / Ar-Ge
TENMAK-NÜKEN (Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu - Nükleer Enerji Enstitüsü)	Proton ve elektron hızlandırıcı tesisleri. Hızlandırıcıya dayalı Ar-Ge ve radyoizotop üretimi	Hızlandırıcı tabanlı radyasyon uygulamaları ve radyoizotop üretimi. Endüstriyel E-demet altyapısıyla örtüşen yetki alanı; ancak ticari hizmet sunmamaktadır.	 Yalnızca Araştırma / Ar-Ge

Kurum / Merkez	Proje / Program	Elektron Demeti ile İlgili Odak Alanı	Faaliyet Türü
ANKARA ÜNİVERSİTESİ Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü (HTE) & PALS Araştırma Grubu	Parçacık hızlandırıcıları ve ısıtım kaynakları alanlarında Ar-Ge ve proje çalışmaları	Parçacık hızlandırıcıları ve ısıtım kaynakları tasarımı. Elektron hızlandırıcı sistem Ar-Ge'si. TARLA ile eş güdümlü akademik çalışmalar.	Yalnızca Araştırma / Ar-Ge
ODTÜ - İVMER	Hızlandırıcı ve uzay teknolojileri alanında araştırma ve uygulama projeleri	Hızlandırıcı ve radyasyon teknolojileri Ar-Ge'si. Endüstriyel E-demet ile kısmi örtüşme; ağırlıklı odak uzay uygulamaları	Yalnızca Araştırma / Ar-Ge
ETAŞ Elektronik Teknolojileri A.Ş. — Ankara (İvedik OSB + Teknopark)	Endüstriyel elektron hızlandırıcısı tasarımı, imalatı ve ticarileştirme	Türkiye'nin ilk ve tek yerli endüstriyel E-demet üreticisi. EDK kaynak, sterilizasyon, buharlaştırma ve X-ısıtım sistemleri. TÜBİTAK TEYDEB destekli projeler.	Endüstriyel Üretim + Ar-Ge (Yerli Üretici)

(*) Tablo kamuya açık kaynaklara (kurumsal web siteleri, TENMAK, Ankara Üniversitesi HTE, TÜBİTAK) dayalı olarak derlenmiştir. Kurumların proje kapsamı zamanla değişkenlik gösterebilir.  Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) 2022 yılında kapatılmış; nükleer ve radyasyon güvenliği görevleri Nükleer Düzenleme Kurumu'na (NDK) devredilmiştir.

10.3 Türkiye için Sonuç ve Stratejik Boşluk

Türkiye'nin araştırma ekosistemi değerlendirildiğinde, elektron demeti teknolojisinde güçlü bir akademik temel mevcut olduğu görülmektedir. Bununla birlikte araştırma kapasitesi ile ticari/endüstriyel uygulama arasında kritik bir boşluk bulunmaktadır. Dünyada pek çok ülkede bu boşluk; özel sektör yatırımları, kamu-özel ortaklıkları ve teknoloji transferiyle kapatılmıştır.

Bu bağlamda öne çıkan stratejik fırsatlar:

- TARLA ve TENMAK-NÜKEN altyapısının endüstriyel ısıtım tesislerine dönüştürülmesi (pilot besin/tıbbi ısıtım hattı)
- ETAŞ'ın geliştirdiği yerli sistemlerin yukarıdaki araştırma merkezleriyle ortak test ve sertifikasyon süreçlerine entegre edilmesi
- Türkiye'nin tungsten rezervlerinin yerli katot üretimine yönelik değerlendirilmesi
- 5–10 MeV ölçeğinde ilk ticari endüstriyel E-demet besin ısıtım tesisinin kamu-özel ortaklığıyla kurulması

Türkiye'nin yüksek potansiyele sahip pazar segmentleri:

- Hastaneler ve özel klinikler (sterilizasyon)
- Tek kullanımlık medikal ürün üreticileri
- Süt ve et entegre tesisleri
- Belediyeler (atık su arıtımı)
- Termik santraller (baca gazı arıtımı)
- Baharat ve kuru gıda ihracatçıları

10.4. TÜRKİYE İÇİN EKONOMİK FIRSAT ANALİZİ

Türkiye'nin potansiyel yurt içi talebi:

Sektör	Yıllık Potansiyel İşlem
Baharat	15.000 – 20.000 ton
Et ürünleri	50.000+ ton
Patates depolama	200.000+ ton
Medikal sterilizasyon	100 milyon adet/yıl
Atık su arıtımı	Büyük kentsel kapasiteler

Yerli üretim bir E-demet ünitesi; dışalım (ithalatı) azaltır, dışsattım (ihracat) potansiyeli oluşturur ve stratejik teknoloji bağımsızlığı sağlar.

10.5 ETAŞ ELEKTRONİK TEKNOLOJİLERİ A.Ş. — TÜRKİYE’NİN İLK YERLİ ELEKTRON DEMET ŞİRKETİ ETAŞ-

WEB SAYFALARINDAN AKTARILAN BİLGİLER

Türkiye’de elektron demeti hızlandırıcı teknolojisi alanındaki en önemli gelişmelerden biri, 2021 yılında kurulan ETAŞ Elektronik Teknolojileri Anonim Şirketi’nin faaliyete geçmesidir. ETAŞ, bu kritik teknoloji alanında Türkiye’nin dışa bağımlılığını azaltmak ve yerli-millî üretim kapasitesi oluşturmak amacıyla akademisyen kökenli bir ekip tarafından kurulmuştur.

Kuruluş Amacı ve Vizyonu

ETAŞ; akademik hayatta biriktirilen bilgi ve deneyimi Türkiye endüstrisinin hizmetine sunmak, yüksek teknoloji ürünü olan elektron hızlandırıcılarını yerli imkânlarla üretmek ve bu teknolojinin endüstriyel uygulamalarını hayata geçirmek amacıyla kurulmuştur.

Şirketin vizyonu: Elektron demeti kaynağı, malzeme iyileştirme ve tıbbi sterilizasyon hizmetleri veren cihazları yurt dışından satın almak yerine tasarlayıp ülke içinde üretmek; bu teknolojileri geliştirerek hem yurt içi ihtiyacı karşılayan hem de dünya pazarına ürün sunan bir firma olmak.

Misyonu ise kilo-volttan mega-volta kadar potansiyellerde elektronların enerjisini artırıp odaklayarak üreticinin, sanayicinin ve toplumun hizmetine sunmak; bu süreçte gereken tüm cihazları yerli olanaklarla tasarlamak ve üretmek; aynı zamanda yarının mühendis ve teknisyenlerini yetiştirmektir.

Şirket Profili ve Teknik Ekip

Bilgi	Detay
Kuruluş Yılı	2021
Unvan	ETAŞ Elektronik Teknolojileri Anonim Şirketi
Merkez	İvedik OSB Mah. Melih Gökçek Blv. 1445. Sk. No:13, Yenimahalle/ANKARA
Teknopark Ofis	Teknopark Ankara TGB Yerleşkesi, İvedik OSB Mah. 2224. Cad. No: 1/115, Yenimahalle/ANKARA
İletişim	bilgi@elekronteknolojileri.com +90 506 578 3827
Web	www.elekronteknolojileri.com
Nitelik	Türkiye’nin ilk yerli endüstriyel elektron demeti hızlandırıcı üreticisi
TÜBİTAK Projesi	S-Bandında çalışacak Şerit Dolayıcı Geliştirme (TEYDEB 1507) — TÜBİTAK tarafından kabul edilmiştir.

Liderlik ve Teknik Kadro

ETAŞ, fizik ve mühendislik alanlarında uzmanlaşmış akademisyen ve araştırmacılardan oluşan bir ekip tarafından yönetilmektedir:

- **N. Gökhan Ünel** — Yönetim Kurulu Başkanı
- **Ümit Kaya** — Üretim ve Planlama Müdürü
- **Görkem Türemen** — Ar-Ge ve Prototipleme Müdürü
- **V. Erkan Özcan** — Strateji Geliştirme Müdürü

Ekipte ayrıca elektronik ve haberleşme mühendisleri, fizikçiler, makine mühendisleri ve uluslararası ticaret uzmanları görev yapmaktadır.

ETAŞ — Neden Elektron Demeti Kaynağı (EDK) Tercih Edilmeli?

ETAŞ olarak, en zorlu uygulamalarınız için üstün hassasiyet ve güç sunan Elektron Demeti Kaynağı (EDK) teknolojisinde uzmanız. Aşağıda EDK’nın lazer kaynak gibi diğer yöntemlere göre öne çıkma nedenleri detaylı biçimde ele alınmaktadır.

Eşsiz Nüfuz ve Derinlik Kontrolü

- **Üstün Nüfuz:** EDK, daha kalın malzemeler ve yüksek yapısal bütünlük gerektiren uygulamalar için ideal olan daha derin ve hassas kaynaklar sunar.
- **Kesin Derinlik Kontrolü:** Kaynak derinliğinde hassas kontrol sağlayarak tüm eklemlerde tutarlı kalite ve güç elde edilir.

Yüksek Verimlilik ve Minimal Bozulma

- **Enerji Verimliliği:** EDK, odaklanmış bir elektron demeti kullanarak kinetik enerjini doğrudan ısıya dönüştürür ve bu da yüksek verimlilik sağlar.
- **Düşük Termal Bozulma:** Konsantrasyonlu ısı kaynağı, termal bozulmayı ve artık gerilmeleri en aza indirir, malzemenizin bütünlüğünü korur.

Esneklik ve Çeşitlilik

- **Geniş Malzeme Uyumluluğu:** EDK, yüksek erime noktası metaller dahil olmak üzere çeşitli malzemelerle uyumludur; bu da onu çeşitli endüstriler için çok yönlü bir seçim haline getirir.
- **Karmaşık Geometriler:** Elektron demeti, karmaşık şekiller ve geometrilerde hassas kaynaklar yapmak için mükemmel biçimde kontrol edilebilir.

Daha Temiz ve Güçlü Kaynaklar

- **Yüksek Safılıkta Kaynaklar:** EDK'nın vakum ortamı, kirlenmeyen kaynaklar sağlar ve bu da daha güçlü ve güvenilir eklemelerle sonuçlanır.
- **Azaltılmış Hatalar:** EDK, daha az hata içeren kaynaklar üreterek ürünlerinizin genel kalitesini ve dayanıklılığını artırır.

Maliyet Etkin ve Ölçeklenebilir

- **Azaltılmış Son İşlem:** EDK'nın hassasiyeti ve temiz kaynakları, geniş çaplı son işlem gereksinimini azaltarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlar.
- **Büyük Projeler İçin Ölçeklenebilir:** Küçük ölçekli uygulamalardan büyük endüstriyel projelere kadar, EDK üretim ihtiyaçlarınızı verimli biçimde karşılar.

Kanıtlanmış Uygulama Alanları

- **Havacılık ve Otomotiv:** Güç ve hassasiyetin kritik olduğu bileşenler için güvenilir çözüm sunar.
- **Tıbbi Cihazlar:** Tıbbi implantlar ve enstrümanlar için biyouyumluluk ve yapısal bütünlük sağlar.
- **Elektronik:** Hassas elektronik bileşenlerde güvenilir bağlantılar oluşturmak için idealdir.

Ürünler ve Teknoloji Alanları

ETAŞ'ın geliştirdiği ve sunduğu ürün ile teknoloji alanları şunlardır:

Elektron Demeti Kaynak Makinesi — miniEDK2000

ETAŞ'ın geliştirdiği miniEDK2000, Türkiye'nin ilk yerli üretim elektron demeti kaynak makinesidir. Akım, voltaj, hacim, vakum süresi ve serbestlik dereceleri gibi parametreler müşteri ihtiyacına özel olarak yapılandırılabilir. Giriş seviyesi modelinde (miniEDK200) güvenilir performans ve verimlilik bir arada sunulmaktadır. Makine, geleneksel TIG kaynağına kıyasla çok daha dar ısı tesiri bölgesi ve derin nüfuz özelliği sayesinde hassas endüstriyel uygulamalarda belirgin üstünlük sağlamaktadır.

Elektron Demeti Buharlaştırma (EBE)

İnce film kaplama ve malzeme buharlaştırma uygulamaları için geliştirilen EBE teknolojisi; yarı iletken, optik ve savunma sanayii başta olmak üzere yüksek hassasiyetli yüzey işleme gerektiren sektörlerle hitap etmektedir.

Elektron Demeti Sterilizasyon

Tıbbi ürün ve gıda sterilizasyonu için geliştirilen bu teknoloji, Türkiye'nin bağımsız ve yerli sterilizasyon kapasitesi oluşturmasına katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Elektron Demeti X-Işını Üretimi

Elektron demeti kullanarak Bremsstrahlung yöntemiyle X-ışını üretimi; endüstriyel muayene, tıbbi görüntüleme ve araştırma uygulamalarında kullanılabilir.

Destek Bileşenleri ve Sistemler

- Elektron üreteçleri (elektron tabancaları)
- Vakum ölçerler
- RF bileşenleri
- Parçacık hızlandırıcı çözümleri
- RF ve vakum özel çözümleri
- Teknik danışmanlık

Kapasite ve Uygulama Örnekleri

ETAŞ'ın yerli geliştirdiği EDK makineleri, aşağıdaki malzeme ve uygulamalarda başarıyla test edilmiştir:

Uygulama / Malzeme	Kalınlık	Özellik
SS 439 (Paslanmaz Çelik)	1,35 mm	Tam ve kısmi nüfuz kaynağı
Ti6Al4V – SS304 (Titanium-Paslanmaz)	2 mm	Farklı metal birleştirme
Tam giricilik kaynağı	Malzemeye göre değişken	Yüksek yapısal bütünlük
Kısmi giricilik kaynağı	Malzemeye göre değişken	Kontrollü ısı etkisi

Stratejik Önemi

ETAŞ'ın varlığı, Türkiye açısından birden fazla stratejik boyutu olan önemli bir kırılma noktasını temsil etmektedir:

- **Teknoloji Bağımsızlığı:** Dünyada yalnızca birkaç ülkenin ürettiği elektron demeti hızlandırıcı teknolojisi, ETAŞ aracılığıyla artık Türkiye'de yerli olarak geliştirilebilmektedir.
- **İhracat Potansiyeli:** Yurt içi ihtiyacı karşılamamın ötesinde, geliştirilen cihazların uluslararası pazara sunulması hedeflenmektedir.
- **Akademi-Sanayi İşbirliği:** TÜBİTAK projesiyle desteklenen ETAŞ, akademisyen kökenli kurucuların sanayi deneyimiyle birleştiği özgün bir model sunmaktadır.
- **Savunma ve Kritik Altyapı:** Elektron demeti teknolojisi, savunma sistemleri ve kritik altyapı uygulamalarında da kullanılabilir; ETAŞ bu alanda yerli kapasite oluşturmaktadır.
- **İnsan Kaynağı Geliştirme:** Şirket, bir yandan üretim yaparken diğer yandan yarımın mühendis ve teknisyenlerini yetiştirmeyi misyonunun parçası olarak görmektedir.

EDK ile Lazer Kaynak: Karşılaştırmalı Değerlendirme

- Diğer kaynak yöntemlerine göre belirgin üstünlükleri olan elektron demeti kaynağı ve lazer kaynağını karşılaştırdığımızda şu temel fark öne çıkar: EDK, iyi odaklanmış bir elektron demeti kullanırken; lazer kaynağı eş fazlı fotonlardan yararlanır. Her iki yöntemde de elektronların veya fotonların kinetik enerjisi, metal yüzeyine çarptığında ısı enerjisine dönüşür. Ancak özellikle yüksek kaynak nüfuzu gerektiren uygulamalarda ve yansıtıcı metallerin kaynağında EDK, en üstün çözümü sunar.
- Lazer kaynağında fotonlar parlak veya yansıtıcı metal yüzeylerinde (örneğin bakır, alüminyum) kısmen geri yansiyabildiğinden enerji aktarımı düşer. EDK'da ise yüklü elektronlar yüzeyle doğrudan etkileşime girerek enerji transferini maksimize eder; bu sayede yansıtıcı malzemelerde dahi tutarlı ve derin kaynak elde edilir.

• EDK ile Lazer Kaynağı — Teknik Karşılaştırma

Kriter	EDK (Elektron Demeti)	Lazer Kaynak
Enerji Kaynağı	Odaklanmış elektron demeti	Eş fazlı foton demeti
Yansıtıcı Metaller	Üstün performans	Enerji kaybı yaşanabilir
Kaynak Nüfuzu	Çok derin, yüksek kontrol	Sınırlı nüfuz
Vakum Gereksinimi	Gerekli (yüksek saflık sağlar)	Genellikle gerekli değil
Termal Bozulma	Çok düşük	Düşük-orta
Enerji Verimliliği	Yüksek	Orta

10.6 Türkiye'deki Mevcut Co-60 Gama Işınlama Tesisleri

Tesis	Konum / Kuruluş	Kapasite	Durum
Gammapak Sterilizasyon A.Ş.	Çerkezköy OSB, Tekirdağ — 1994	101 PBq (3.000.000 Ci) Co-60 — Türkiye'nin en yüksek kapasiteli gıda ışınlama tesisi	☑ Aktif — AB onaylı (2004); 7/24, 365 gün
TENMAK-NÜKEN Gama Tesisi	Kahramankazan, Ankara — 1993 (eski adı SANAEM)	140 kCi Co-60 — kutu tipi IV. Sınıf tesisi	☑ Aktif — ağırlıklı tıbbi ürün ve araştırma amaçlı

🔗 SANAEM kapanmadı — 2020 tarihli Cumhurbaşkanlığı Kararnamesiyle TENMAK (Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu) çatısı altında NÜKEN adıyla yeniden yapılandı. Fiziksel tesis ve faaliyetler kesintisiz devam etmektedir.

Türkiye'de yılda yaklaşık 4.000 ton gıda ışınlanmaktadır. Başlıca ürünler:

- **Baharatlar** (kırmızı biber, karabiber, kimyon, kekik, nane) — toplam ışınlamanın ~%85–90'; ağırlıklı olarak AB ihracatı için
- **Bitkisel çaylar ve kurutulmuş sebzeler** (pırasa, soğan, sarımsak) — ~%5–8
- **Kırmızı et, tavuk, deniz ürünleri** — yılda yaklaşık 550 ton
- **Transit ürünler** (Çin sarımsak tozu vb.) — AB pazarı için

Ürün	Tipik Doz	Tahmini Fiyat (USD/ton)	Karşılaştırma AB
Baharat	5–10 kGy	80–130 USD/ton	100–150 USD/ton
Et / deniz ürünleri	1,5–4,5 kGy	100–160 USD/ton	120–180 USD/ton
Tıbbi sterilizasyon	25–50 kGy	Adet/kg bazlı	200–400 USD/ton eşd.

* Gammapak fiyat listesi kamuya açık değildir; yukarıdaki değerler bölgesel karşılaştırmaya dayalı tahmindir.

11. SONUÇ VE STRATEJİK ÖNERİLER

Elektron demeti hızlandırıcıları, elektrik alanla hızlandırılmış elektronların kontrollü iyonizasyon etkisine dayanır. Güvenli, kontrollü ve yüksek verimli bir teknolojidir. Küresel eğilim artış yönündedir. Çin ve ABD büyük yatırım yapmaktadır. Türkiye için bu alanda yerli üretim tesisinin kurulması teknolojik atılım, ekonomik kazanç ve stratejik güvenlik sağlayacaktır.

Elektron demeti hızlandırıcıları; besin güvenliği, medikal sterilizasyon, çevre teknolojileri ve yüksek katma değerli sanayi üretimi alanlarında geleceğin kritik altyapı teknolojilerinden biridir.

Türkiye'nin tungsten rezervi ve teknik insan kaynağı dikkate alındığında, yerli katot üretimi (W veya LaB₆) ve hızlandırıcı tasarımı mümkün görünmektedir.

Özetle:

Dünya genelinde besin ışınlama yeniden yükseliş eğilimindedir.

Elektron demeti teknolojisi gama sistemlerine göre daha güvenli ve kontrol edilebilirdir.

Çin ve ABD büyük ölçekli yatırım yapmaktadır.

Türkiye'de ciddi bir pazar potansiyeli mevcuttur.

Yerli ve milli bir 5–10 MeV endüstriyel hızlandırıcı üretim tesisi stratejik öneme sahiptir

🔗 Tungsten ve diğer metaller bu teknolojiye neden önemlidir? Tungsten (W): Dünyanın en yüksek erime noktasına (3.422 °C) sahip metali olan tungsten, hızlandırıcılarda katot malzemesi olarak kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda dahi stabil elektron emisyonu sağlar ve termal bozunmaya son derece dirençlidir. Türkiye, dünyada önemli tungsten rezervlerine sahip ülkeler arasında yer almakta olup bu metal hızlandırıcı katot üretiminde kritik bir hammaddede niteliği taşımaktadır. Lantanyum Hekzaborür (LaB₆): Daha düşük iş fonksiyonuna sahip olduğundan daha az ısıtılmaya yüksek elektron akısı üretir. Araştırma hızlandırıcılarında ve hassas uygulamalarda tungstene alternatif olarak kullanılır. Molibden (Mo): Bazı hızlandırıcı yapısal bileşenlerinde ve ısı kalkanlarında kullanılır. Yüksek sıcaklık direnci nedeniyle tercih edilir.

Besin İşinlamasında Doz Etkileri ve Işınlardan Maddeye Giriciliği

Elektron Demeti (E-demet) ve Gama İşinlamasının Besin ve İnsan Hücreleri Üzerindeki Etkileri — WHO / IAEA / FDA Verileri

1. Temel Kavramlar: Doz Birimi ve İşinlama Kategorileri

İşinlama dozu, birim kütleye soğurulan enerji miktarıdır. Birimi Gray (Gy)'dir:

1 Gy = 1 Joule / kilogram. Pratikte kiloGray (kGy) kullanılır: 1 kGy = 1.000 Gy.

Karşılaştırma için: bir röntgen çekiminde insan ~0,0001 Gy (0,1 mGy) doz alır; tam vücut radyasyon tedavisinde ~2 Gy; güneş ışığının bir yıllık birikimi ~0,001 Gy.

Kategori	Doz Aralığı	Uygulama	WHO / Codex Durumu
Düşük Doz	0,05 – 1 kGy	Filizlenme önleme (patates, soğan), böcek dezenfeksiyonu, olgunlaşmayı geciktirme	✅ Onaylı / Güvenli
Orta Doz	1 – 10 kGy	Bakteri ve patojen azaltma (pastörizasyon eşdeğeri), et, deniz ürünleri, baharat	✅ Onaylı — Genel limite kadar güvenli
Yüksek Doz	> 10 kGy	Tam sterilizasyon — NASA uzay besinleri (44 kGy), hastane besinleri, tıbbi malzeme (25–50 kGy)	📌 1997 WHO/FAO/IAEA: Üst sınır kaldırıldı — İyi üretim koşullarında güvenli

📌 WHO Temel Kararı (1980, JECFI): "10 kGy'a kadar işinlenen herhangi bir besin toksik tehlike oluşturmaz; bu nedenle toksikolojik test artık zorunlu değildir." — 1997'de üst sınır tamamen kaldırılmış; iyi üretim koşullarında 10 kGy üzeri dozlar da güvenli bulunmuştur.

2. Hangi Dozdan İtibaren Besinde Değişiklik Başlar?

2. Hangi Dozdan İtibaren Besinde Değişiklik Başlar?

İşinlama dozu arttıkça besinde gözlemlenen değişiklikler de artmaktadır. Aşağıdaki tablo bilimsel literatür ve WHO/IAEA verilerine göre eşik değerleri göstermektedir.

Doz Eşiği	Etkilenen Bileşen	Değişimin Türü	Bilimsel Değerlendirme
0,05 – 0,15 kGy	Canlı hücreler (filiz meristemi)	Filizlenme durur, solunuma baskı	Besin bileşiminde ölçülebilir değişiklik yok. Tamamen güvenli.
0,15 – 1 kGy	DNA (mikroorganizma ve böcek)	Parazit ve böcek sterilizasyonu, Vibrio %100 inaktivasyon	Besin makro besin öğelerinde değişim yok. Hassas vitaminlerde (A, B1, E, K) minimal kayıp.
1 – 3 kGy	Bakteri DNA'sı (Salmonella, E.coli)	%99,9 – %99,999 bakteri azalması	Protein yapısı korunur. Tiamin (B1) kaybı %2-5. Duyusal özellikler büyük ölçüde korunur.
3 – 7 kGy	Protein yapısı, yağ asitleri	Serbest radikal oluşumu — radioliz başlar. Myofibrillar protein çözünürlüğü artar.	İşlemden hemen sonra tüketilirse kısa süreli reaktif radikaller sorun olabilir; ancak radikaller saatler içinde dağılır. WHO: hâlâ güvenli.
7 – 10 kGy	Vitamin kompleksleri, aromatik moleküller	B1 (tiamin) kaybı %10-50'ye ulaşabilir. Koku/rengi değişimi bazı ürünlerde (et pembeleşir).	Yalnızca tiamin önemli ölçüde azalabilir; karma diyetle toplam kayıp insan için önemi %2,3'ten düşük. Genel beslenme değeri korunur.
> 10 kGy	Makromolekül yapısı (protein, yağ)	2-alkilsiklobutanonlar ve furan gibi radioliz ürünleri oluşabilir. Tat ve doku değişimi belirginleşir.	WHO 1997: İyi üretim koşullarında güvenli. Hayvan çalışmaları (25–50 kGy) nesiller boyu toksite, mutajenite veya teratojeni göstermemiştir.
> 25 kGy (sterilizasyon)	Tüm organizma DNA'sı	Prion hariç tüm mikroorganizma ve sporlar yok edilir. Radioliz ürünleri maksimum.	Yalnızca immün yetmezlik hastaları, astronotlar, uzun süreli depolama için kullanılır. Hayvan beslenme denemeleri (35 yıl) güvenliği desteklemiştir.

⚠️ Önemli: İşinlama tamamlandıktan sonra gıdada hiçbir radyoaktivite kalmaz. 10 MeV altında elektron ve 5 MeV altında X-ışını ile işinlenen besinlerde indüklenmiş radyoaktivite fiziğin temel yasaları gereği mümkün değildir. Oluşan serbest radikaller ise ortam sıcaklığında dakikalar-saatler içinde dağılır.

3. İnsan Hücrelerine Dolaylı Etki: Ne Zaman Risk Olur?

Temel soru: İşinlanmış besini yiyen insan etkilenir mi? **Bilimsel konsensüs şudur:** İşinlanmış besin radyoaktif değildir; onu tüketen insan işinlanmaz. Asıl soru, radioliz ürünlerinin (işinlama sırasında oluşan kimyasal bileşikler) insan hücrelerine etkisidir.

Bileşik / Etki	Doz Eşiği	İnsan Hücrelerine Potansiyel Etkisi	Uluslararası Kuruluş Değerlendirmesi
Serbest Radikaller (OH•, H•, H ₂ O ₂)	Her dozda oluşur	DNA iplik kırıklarına yol açabilir — ancak yalnızca İŞINLAMA ANI için; besin tüketildiğinde zaten dağılmış.	✅ Risk yok — Pişirme ve sindirimdeki serbest radikallerden farklı değil.

2-Alkilsiklobutanonlar (2-ACB)	> 0,5 kGy (yağlı gıdalarda)	In vitro çalışmalarda hücre zarı hasarı ve DNA kırığı gözlenmiştir. In vivo (hayvan) çalışmaları kesin hasarı doğrulamamıştır.	⚠ Değerlendirme devam ediyor — WHO güvenli buluyor; bazı araştırmacılar uzun dönem çalışma talep ediyor.
Furan	> 3 kGy	Pişirilmiş gıdalarda da doğal oluşur. Hayvanlarda karaciğer toksisitesi; insanlarda kesin kanser bağlantısı kurulamamıştır.	⚠ IARC: 2B — 'İnsanda kanserojen olabilir' (sınırlı kanıt). Kavrulmuş kahvede furan düzeyi ışınlanmış gıdadan yüksektir.
Vitamin Kaybı (B1, A, E, K)	> 1 kGy	Vitaminin biyoyararlanımının azalması → uzun vadede eksiklik riski (karma diyetle ihmal edilebilir).	✅ Karma diyetle toplam kayıp %2,3'ün altı. Klinik önemi yok.
Poliploid Hücre Artışı (İddia)	Tartışmalı (1975 çalışması)	1975 Hindistan: 0,75 kGy ışınlı buğday yiyen çocuklarda poliploid hücre artışı iddiası → Diyetle son verilince normale dönmüş.	✅ WHO: Çalışma metodolojisi yetersiz (yalnızca 100 hücre/çocuk sayıldı). Sonraki çalışmalarda doğrulanamadı.

🔗 Genel konsensüs (WHO, FDA, IAEA, Codex Alimentarius, Avrupa Bilimsel Gıda Komitesi): 10 kGy'a kadar ışınlanan besinler insan sağlığı için güvenlidir. Hayvan beslenme deneyleri 35 yıl boyunca sürdürülmüş; mutajenite, teratojenite veya onkojenite gözlemlenmemiştir. 25–50 kGy ile sterilize edilmiş besinlerin nesiller boyu tüketimi dahi güvenli bulunmuştur.

4. Elektron Demeti ve Gama Işınlamasının Maddeye Giriciliği Karşılaştırması

Bu en kritik teknik farktır. Elektron demeti yüklü parçacıklar kullandığından maddede **belirli bir derinlikte durur**; gama ışınları ise foton (elektromanyetik dalga) olduğundan maddede, matematiksel üstel fonksiyon azalmayla kuramsal olarak **sonsuz derinliğe iner** (ama enerjisi azalarak).

Parametre	Düşük Enerjili E-demet (< 1 MeV)	Yüksek Enerjili E-demet (5–10 MeV)	Gama Işını (Co-60: ~1,25 MeV)	X-Işını (5–7,5 MeV Bremsstrahlung)
Nüfuz Derinliği (tek yön, yoğunluk =1 g/cm ³)	< 1 cm (yüzey ışınlama)	3–4 cm (tek yön) 8 cm (çift yön)	25–30 cm (çift yön)	25 cm+ (çift yön)

Maksimum İşlenebilir Ürün Kalınlığı	İnce film, yüzey kaplama, küçük tanecekler	İnce et dilimleri, baharat, ambalajlı ürünler (< 8 cm)	Büyük palet, bütün karton kutu (30+ cm)	Büyük palet, karton kutu — gama ile benzer
Penetrasyon Prensipleri	Elektronlar yavaşlayarak tam durur — kesin sınır	Elektronlar yavaşlayarak tam durur — kesin sınır	Fotonlar üstel azalmayla ilerler — teorik sınır yok	Fotonlar üstel azalmayla ilerler — teorik sınır yok
Doz Hızı	Yüksek (saniyeler)	Çok yüksek (saniyeler)	Düşük (saatler)	Orta (dakikalar)
Homojen Doz Dağılımı	Yüzeyden içe gradient — heterojen	Yüzeyden içe gradient — orta homojenlik	Çok homojen (büyük hacimlerde)	Homojen (büyük hacimlerde)
Radyoaktif Kaynak	Yok	Yok	Var (Co-60)	Yok
Tipik Uygulama	Yüzey sterilizasyon, kaplama, folyo	Baharat, ince et, kümes hayv., ambalaj sterilizasyon	Kalın ürünler, palet ışınlama — büyük hacimli besin	Kalın ürünler, gama yerine geçen modern alternatif

5. Elektron Derinlik Giriciliği MeV Enerjisine Göre

Elektronların derinlik giriciliği için pratik kural: **1 MeV = yaklaşık 0,5 cm penetrasyon (su yoğunluğunda)**.

Daha kesin ifadeyle: nüfuz derinliği (cm) ≈ Enerji (MeV) / 2.

Enerji (MeV)	Maks. Nüfuz (tek yön, cm)	Maks. Nüfuz (çift yön, cm)	İşlenebilir Ürün Örneği	Tipik Endüstriyel Kullanım
0,1 MeV (100 keV)	0,06 cm (0,6 mm)	0,1 cm (1 mm)	Ambalaj yüzeyleri, folyo, ince plastik	Baskı kütleme, yüzey kaplama
0,3 MeV (330 keV)	~0,06 cm (yüzey)	~0,1 cm	Baharat yüzeyi — sadece 60 µm derinlik	Düşük enerjili yüzey dezenfeksiyonu (LEEB)
1 MeV	~0,5 cm	~1 cm	İnce gıda dilimleri, küçük meyve	Tel/kablo çapraz bağlama, ince film

3 MeV	~1,5 cm	~3 cm	Tavuk göğsü, balık filetosu	Et işleme (ince), tıbbi ambalaj
5 MeV	~2,5 cm	~5 cm	Kıyma, baharat (250 g torba)	Baharat, kümes hayv. işleme
10 MeV (max. izin)	~4 cm	~8 cm	~1 kg et paketi, kalın baharat torbaları	Standart endüstriyel besin işleme — E-demet üst sınırı
Gama (Co-60) ~1,25 MeV foton	10–15 cm (tek yön)	25–30 cm (çift yön)	Büyük et paletleri, tam karton kutular	Üstel fonks.azalma

🔑 **Kilit Gerçek:** 10 MeV E-demet ile çift taraflı işlemede maksimum ~8 cm penetrasyon elde edilir (su yoğunluğunda). Gama ışını (Co-60) ise teorik olarak sınırsız — pratik olarak onlarca santimetre — nüfuz eder. Bu nedenle kalın ürünler ve palet işleme için gama veya X-ışını daha uygundur; ince ve orta kalınlıktaki ürünler için E-demet yeterli ve daha güvenlidir.

6. Özet: E-demet ile Gama İşlemesi — Güvenlik ve Penetrasyon Açısından

Konu	E-demet (Elektron Demeti)	Gama Işını (Co-60)
Nüfuz Derinliği	Sınır: 10 MeV'de çift yön maks. 8 cm (yoğunluk 1 g/cm ³)	Derin: Çift yön 25–30 cm; büyük palet mümkün
İşleminin Durması	Kesin durur — elektronların kinetik enerjisi tükenir	Üstel azalır ama tamamen durmuyor — küçük fraksiyon her zaman devam eder
Besin Radyoaktivitesi	Sıfır (< 10 MeV'de)	Sıfır (Co-60 enerjisi nükleer aktivasyon eşliğinin altında)
Serbest Radikal Oluşumu	Her iki yöntemde de oluşur — saatler içinde dağılır	Her iki yöntemde de oluşur — saatler içinde dağılır
Besin Güvenliği (WHO)	✅ Güvenli — 10 kGy altı kesinlikle; 10 kGy üzeri iyi üretim koşullarında	✅ Güvenli — 10 kGy altı kesinlikle; 10 kGy üzeri iyi üretim koşullarında
İnsan Hücrelerine Dolaylı Etki	Pratik doz aralığında ihmal edilebilir — radioliz ürünleri pişirilmiş gıdalardan fazla değil	Pratik doz aralığında ihmal edilebilir — radioliz ürünleri pişirilmiş gıdalardan fazla değil
Yüksek Doz (> 10 kGy) Özel Durumu	Tiamin kaybı belirginleşir; furan ve 2-ACB oluşabilir; ancak hayvan çalışmaları nesiller boyu güvenliği göstermiştir	Tiamin kaybı belirginleşir; furan ve 2-ACB oluşabilir; ancak hayvan çalışmaları nesiller boyu güvenliği göstermiştir

KAYNAKLAR // 2 YZ

Elektron Demeti Hızlandırıcı Teknolojisi

Ana kaynaklar:

- World Health Organization — Food Irradiation Reports
 Food and Agriculture Organization — Food Irradiation Guidelines
 U.S. Food and Drug Administration — Irradiation of Food Regulation
 International Atomic Energy Agency — Industrial Electron Accelerators
 Rahman, M.S. (2007). Handbook of Food Preservation
 Stefanova et al. (2010). Food Irradiation Review
 Codex Alimentarius Commission — Codex Standard for Irradiated Foods (CODEX STAN 106-1983)
 TENMAK-NÜKEN: Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu, Nükleer Enerji Enstitüsü <https://www.tenmak.gov.tr/nukleer-enerji-arastirma-ensitusu>
 TARLA – Türk Hızlandırıcı ve İşinim Laboratuvarı <https://tarla-fel.org>
 A.Ü. HTE – Ankara Üniversitesi Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü <https://hte.ankara.edu.tr>
 A.Ü. PALS – Ankara Üniversitesi Parçacık Hızlandırıcıları ve İşinim Kaynakları Araştırma Grubu <https://pals.ankara.edu.tr>
 ODTÜ İVMER - Uzay ve Hızlandırıcı Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi <https://ivmer.metu.edu.tr>
 ETAŞ — Elektron Demeti Kaynağı (EDK) Teknoloji Sayfası | ETAŞ Elektron Teknolojileri A.Ş. <https://www.elektronteknolojileri.com>

Ve Makaleler:

- Cleland, M.R. & Galloway, R.A. (2006). Industrial Applications of Electron Accelerators. EPAC 2006, CERN-AB-2006-056. <https://cds.cern.ch/record/1005393/files/p383.pdf>
- Berejka, A.J. & Cleland, M.R. (2008). Industrial Electron Beam Processing. IAEA Working Material, Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1433_CD/datasets/presentations/SM-EB-26.pdf
- IAEA (2011). Industrial Radiation Processing with Electron Beams and X-Rays. IAEA Radiation Technology Series, Vienna. <https://www.irradiationpanel.org/app/download/3792773/IAEA+Guide+Industrial+Radiation+Processing+2011.pdf>
- Hamm, R.W. & Hamm, M.E. (eds.) (2012). Industrial Accelerators and Their Applications. World Scientific Publishing, Singapore. ISBN 978-981-4307-04-8.
- IAEA (2010). Use of Mathematical Modelling in Electron Beam Processing: A Guidebook. IAEA Radiation Technology Series No. 1, Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1474_Web.pdf
- IAEA (2004). Emerging Applications of Radiation Processing. IAEA-TECDOC-1386, Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1386_web.pdf
- Kume, T. et al. (2009). Status of food irradiation in the world. *Radiation Physics and Chemistry*, 78(3), 222–226. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.03.062>
- Chmielewski, A.G. (2006). Electron Beam Processing — What are the Limits? IAEA International Symposium on Radiation Technology, AP/INT-03, Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1433_CD/datasets/papers/ap_int-03.pdf
- Schissel, S. (2024). The Cost and Value of Electron Beam. UV+EB Technology Magazine, Q3 2024, PCT Ebeam and Integration LLC. <https://uvebtech.com/articles/2024/the-cost-and-value-of-electron-beam/>
- IARC at Fermilab (2024). Electron Beam Applications. Illinois Accelerator Research Center, Fermi National Accelerator Laboratory. <https://iarc.fnal.gov/electron-beam-applications/>

İŞİNLANMAYLA İLGİLİ KAYNAKLAR

- WHO Technical Report Series 890 (1999),
 FAO/IAEA/WHO Joint Expert Committee (JECFI 1980),
 FDA Food Irradiation Overview,
 Codex Alimentarius General Standard for Irradiated Foods (CODEX STAN 106-1983), IFST Information Statement on Food Irradiation (2023), PMC: Control of Foodborne Biological Hazards by Ionizing Radiations,
 PMC: Meat Irradiation Review (2023),
 NextBeam: Depth-Dose Curves and E-demet Penetration (2025),
 Korea Science: Bologna Sausage E-demet vs X-ray (2014),
 NCBI: Sterilization Using Radiation Modalities.

Yükseköğretimde Süre Kısaltımı: Nitelik, İstihdam ve Uluslararası Tanınırlık Açısından Bir Değerlendirme

“Diploma Hızlanırken Gelecek Daralıyor: 4 Yıdan 3 Yıla Eğitimin Bedeli”

Abdullah ZARARSIZ

TMMOB Fizik Mühendisleri Odası

Giriş

Türkiye’de üniversite lisans eğitimi geleneksel olarak 4 yıl sürmektedir ve bu süre, öğrencilerin akademik bilgi birikimini derinleştirmeleri, pratik beceriler kazanmaları ve kişisel gelişimlerini tamamlamaları için tasarlanmıştır. Ancak, son aylarda Yükseköğretim Kurulu (YÖK), başarılı ve istekli öğrenciler için lisans eğitimini 3 yıla indirme yönünde bir çalışma başlattığını açıklamış, bu dönüşümün veliler ve öğrencilerin istediğini açıklamıştır.

YÖK bu modelin, 2026-2027 akademik yılından itibaren uygulanmaya başlanacağını ancak tıp fakülteleri hariç bazı bölümlerde 12-14 haftalık 3 dönemlik bir yapı öngörmektedir. Bu değişiklik, eğitim maliyetlerini düşürme ve iş gücüne erken katılımı teşvik etme amacıyla önerilse de, potansiyel sakıncaları göz ardı etmemek gerekir. TMMOB Fizik Mühendisleri Odası olarak hazırlanan bu raporda, eğitim süresinin kısaltılmasının akademik, ekonomik, sosyal ve uluslararası boyutlardaki dezavantajlarını kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Raporda pek çok veri internette bulunan raporlardan faydalanılmıştır.

Dünyadaki Lisans Eğitimi Uygulamaları

Dünyada lisans eğitimi süresi, ülkeye ve eğitim sistemine göre değişmektedir. Bologna Süreci gibi standartlar, Avrupa’da 3+2 yıl (lisans + yüksek lisans mecburi) modelini teşvik etse de, birçok ülkede 4 yıllık sistem hâkimdir. Aşağıdaki tablo, seçili ülkelerin lisans eğitimi sürelerini özetlemektedir:

Ülke/ Bölge	Lisans Süresi	Notlar
İngiltere, Galler (AB)	3 yıl	Yoğun programlar; genel eğitim az.
İskoçya	4 yıl	Daha geniş müfredat, araştırma odaklı.
ABD	4 yıl	Geniş genel eğitim ve seçmeli dersler; bazı eyaletlerde 3 yıl seçenekli.
Kanada	4 yıl	Pratik stajlar ve disiplinlerarası yaklaşım.
Avustralya, Yeni Zelanda	3-4 yıl	3 yıl standart, mühendislik gibi alanlarda 4 yıl.
Almanya, Fransa (AB)	3 yıl	Bologna uyumlu; yüksek lisans için zorunlu.
Hindistan	3-4 yıl	Son reformlarla (NEP 2020) esnek 3 yıl seçenek.
Türkiye (Mevcut)	4 yıl	Geniş müfredat; YÖK’ün yeni modeli 3 yıl opsiyonel.

Eğitimin 4 Yılda 3 Yıla İndirilmesinin Sakıncaları

Eğitim süresinin kısaltılması, kısa vadede maliyet tasarrufu ve erken istihdam gibi avantajlar sunsa da, uzun vadeli dezavantajları akademik kaliteyi, öğrenci refahını ve ekonomik üretkenliği tehdit edebilecektir. Aşağıda, bu sakıncalar ana kategorilere ayrılarak detaylandırılmıştır.

1. Akademik Derinlik ve Kalite Kaybı
2. Öğrenci Refahı ve Başarı Oranları Üzerindeki Etkiler
3. İstihdam ve Ekonomik Etkiler
4. Uluslararası Tanınırlık ve Akademik Mobilité

1. Akademik Derinlik ve Kalite Kaybı

- **Müfredat Sıkışması:**

Mevcut dört yıllık lisans programları; temel alan dersleri, kuramsal altyapı, uygulamalı çalışmalar, seçmeli dersler ve bitirme projeleri arasında dengeli bir yapı üzerine inşa edilmiştir. Eğitimin üç yıla indirilmesi halinde, bu yapının korunması güçleşecek; program içeriklerinin daha kısa bir zaman dilimine sıkıştırılması kaçınılmaz hale gelecektir. Müfredat sıkışması olarak tanımlanabilecek bu durum, derslerin içerik olarak daraltılması veya bazı kazanımların tamamen program dışı bırakılması riskini beraberinde getirebilecektir.

Müfredatın yoğunlaştırılması, öğrencilerin konuları kavramsal derinlik içinde öğrenmelerini zorlaştırarak, öğrenme süreçlerinde yüzeyselleşmeye neden olabilecektir. Akademik bilgi üretimi ve bilimsel düşünme becerilerinin gelişmesi için gerekli olan tekrar, tartışma, analiz ve uygulama olanakları sınırlanacak; öğrenciler öğrenme sürecinden ziyade dersleri yetiştirmeye odaklanmak durumunda kalacaktır. Bu durum, lisans eğitiminin temel amacı olan akademik yeterlilik ve bilimsel altyapı kazandırma hedefiyle çelişmektedir.

Akademik derinlik açısından bir diğer önemli husus, seçmeli derslerin ve disiplinler arası çalışmaların azalması ihtimalidir. Üç yıllık bir program yapısında, zorunlu derslerin yoğunluğu artarken, öğrencilerin ilgi ve yeteneklerine göre yönelim sağlayabilecekleri seçmeli ders alanlarının daralması söz konusu olabilecektir. Bu durum, öğrencilerin belirli alt alanlarda derinleşmesini ve akademik ilgi geliştirmesini sınırlandırarak, mezuniyet sonrası akademik ve mesleki gelişim süreçlerini olumsuz etkileyebilir.

Eğitim kalitesi bakımından değerlendirildiğinde, müfredat sıkışmasının öğretim yöntemleri üzerinde de olumsuz etkiler doğurması beklenmektedir. Etkileşimli öğrenme, proje temelli çalışmalar, akademik tartışmalar ve uygulamalı öğretim gibi kaliteyi artıran yöntemlerin, zaman kısıtı nedeniyle geri plana itilmesi riski bulunmaktadır. Bu durum, niceliksel olarak hızlandırılmış ancak niteliksel olarak zayıflamış bir eğitim sürecine yol açabilecektir.

Özellikle mühendislik ve mimarlık eğitimi gibi tasarım, çizim, atölye, analiz, çözüm geliştirme, laboratuvar, staj, araştırma projesi ve mezuniyet tezi hazırlamayı da içeren araştırma ve uygulama temelli eğitimler göz önüne alındığında, son yıllarda lise eğitiminde müfredatta sadeleşmeye gidilmesi ve örneğin integral gibi temel konuların sınav kapsamından çıkartılması gibi faktörler üniversitedeki lisans eğitiminin 4 yıllık süresinde azaltılmaya gidilmesi durumunda mesleki yeterlilik açısından telafisi güç boşlukların oluşması gerçeğini ortaya çıkartacaktır. Bu olgular mühendislik ve mimarlık gibi uygulamalı alanlarda eğitimi en az 4 yıl olacak şekilde uygulanmaya devam edilmesini gerektirmektedir.

- **Araştırma ve Pratik Eksikliği:**

Mevcut dört yıllık lisans eğitimi modeli, öğrencilerin kuramsal bilgi ediniminin yanı sıra araştırma yöntemleri, proje çalışmaları, laboratuvar uygulamaları, saha çalışmaları ve stajlar yoluyla akademik ve mesleki pratik kazanmalarını hedeflemektedir. Eğitim süresinin üç yıla indirilmesi halinde, bu faaliyetlere ayrılan zamanın daralması kaçınılmaz olacak; araştırma ve uygulama temelli öğrenme süreçleri ikincil plana itilebilecektir.

Araştırma boyutu açısından değerlendirildiğinde, lisans düzeyinde verilen araştırma yöntemleri dersleri, bitirme projeleri ve akademik çalışmalara katılım olanakları, öğrencilerin bilimsel düşünme, analiz yapma ve akademik yazım becerilerini geliştirmede kritik bir rol oynamaktadır. Üç yıllık bir program yapısında, bu tür faaliyetlerin ya tamamen program dışı kalması ya da sınırlı bir kapsamla yürütülmesi riski bulunmaktadır. Bu durum, öğrencilerin lisansüstü eğitime veya araştırma odaklı kariyerlere yeterli altyapı olmadan yönelmelerine neden olabilecektir.

Pratik ve uygulamalı eğitim açısından ise, müfredatın sıkışmasıyla birlikte laboratuvar çalışmaları, atölye uygulamaları, klinik ve saha çalışmaları ile staj sürelerinin kısalması veya yüzeysel hale gelmesi olasılığı artmaktadır. Uygulama eksikliği, öğrencilerin teorik bilgiyi gerçek yaşam ve mesleki bağlamlarla ilişkilendirmesini zorlaştıracak; mezuniyet sonrası iş yaşamına uyum süreçlerini olumsuz etkileyecektir. Bu durum, mezunların mesleki yeterlilikleri konusunda işverenler nezdinde tereddüt oluşmasına da yol açabilecektir.

Akademik derinlik ve kalite açısından bakıldığında, araştırma ve pratik faaliyetlerin zayıflaması, üniversitelerin eğitim-öğretim işlevinin temel bileşenlerinden birinin aşınması anlamına gelmektedir. Öğrencilerin pasif bilgi alıcısı konumuna indirgenmesi, eleştirel düşünme, sorgulama ve problem çözme becerilerinin yeterince gelişmemesine neden olabilecektir. Bu durum, yükseköğretimin bilgi üretme ve topluma yön verme misyonuyla bağdaşmamaktadır.

- **Küresel Karşılaştırma:**

Ülkemizde üniversitelerde yürütülmekte olan lisans eğitiminin dört yıldan üç yıla indirilmesine yönelik olarak gündeme gelen düzenleme, yükseköğretim sistemimizin akademik niteliği ve uluslararası konumu açısından dikkatle ele alınması gereken stratejik bir değişiklik niteliği taşımaktadır. Bu kapsamda, söz konusu düzenlemenin **akademik derinlik ve eğitim kalitesi** üzerindeki muhtemel etkilerinin, küresel yükseköğretim uygulamalarıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi gerekli görülmüştür.

Uluslararası yükseköğretim sistemleri incelendiğinde, lisans eğitimi sürelerinin ülkelerin eğitim felsefesi, akademik hedefleri ve iş gücü piyasası beklentileri doğrultusunda şekillendiği görülmektedir. Avrupa'da Bologna Süreci kapsamında bazı ülkede lisans eğitimi üç yıl olarak yapılandırılmış olmakla birlikte, bu programlar genellikle sınırlı uzmanlaşma içeren, lisansüstü eğitimle tamamlanması öngörülen bir sistemin parçasıdır. Buna karşılık; mühendislik, mimarlık, sağlık bilimleri ve öğretmen yetiştirme gibi alanlarda dört yıl veya daha uzun süreli programların yaygın olarak korunduğu görülmektedir.

Kuzey Amerika başta olmak üzere birçok gelişmiş yükseköğretim sisteminde ise lisans eğitimi ağırlıklı olarak dört yıl sürmekte; bu süre, öğrencilerin genel akademik altyapı kazanmaları, disiplinler arası bakış açısı geliştirmeleri ve alanlarında derinleşmeleri için gerekli görülmektedir. Bu modellerde, araştırma temelli öğrenme, proje çalışmaları ve uygulamalı eğitim, akademik kalitenin vazgeçilmez unsurları olarak değerlendirilmektedir.

Küresel karşılaştırmalar, lisans eğitimi süresinin kısaltılmasının çoğu zaman akademik içeriğin daraltılması, seçmeli ders olanaklarının azalması ve ileri düzey kuramsal konuların program dışına itilmesi sonucunu doğurduğunu göstermektedir. Akademik derinlik açısından kritik öneme sahip olan araştırma, analiz ve sentez becerilerinin gelişimi için gerekli olan zamanın azalması, öğrenme süreçlerinde yüzeyselleşme riskini artırmaktadır. Bu durum, lisans eğitiminin bilimsel altyapı kazandırma işlevini zayıflatacaktır.

Ayrıca, uluslararası akreditasyon ve tanınırlık süreçlerinde, lisans programlarının süresi kadar içerik yoğunluğu, öğrenme çıktıları ve uygulama bileşenleri de belirleyici rol oynamaktadır. Küresel ölçekte rekabet gücü yüksek üniversitelerin, akademik kaliteyi korumak adına program sürelerinde radikal kısaltmalardan kaçındıkları; aksine, eğitimin niteliğini artırmaya yönelik yapısal iyileştirmelere odaklandıkları gözlemlenmektedir.

2. Öğrenci Refahı ve Başarı Oranları Üzerindeki Etkiler

• Yoğun İş Yükü ve Stres:

Bu kapsamda, söz konusu değişikliğin akademik iş yükü ve stres düzeyleri üzerindeki muhtemel etkilerinin değerlendirilmesi, karar alma süreçleri açısından önem arz etmektedir.

Dört yıllık lisans programları, öğrencilerin bilişsel, akademik ve mesleki gelişimlerinin zamana yayılmış ve kademeli bir biçimde gerçekleşmesini esas almaktadır. Eğitim süresinin üç yıla indirilmesi halinde, müfredatın yoğunlaştırılması kaçınılmaz olacak; bu durum dönem başına düşen ders sayısında, haftalık ders saatlerinde ve ölçme-değerlendirme faaliyetlerinde belirgin bir artışa yol açacaktır. Öğrencilerin daha kısa sürede aynı akademik çıktılara ulaşma zorunluluğu, öğrenme süreçlerinde derinlikten ziyade hız ve yetiştirme odaklı bir yaklaşımın hâkim olmasına neden olabilecektir.

Bu bağlamda, öğrenciler üzerinde sürekli bir zaman baskısı oluşması, akademik stres düzeylerinin artması ve bıkkınlık riskinin artmasına neden olabilecektir. Artan ders ve sınav yoğunluğu, öğrencilerin sosyal, kültürel ve kişisel gelişim faaliyetlerine ayırabilecekleri zamanı sınırlayarak üniversite deneyiminin bütüncül niteliğini zayıflatabilecektir.

Öğretim üyeleri açısından değerlendirildiğinde ise üç yıllık lisans modelinin, ders içeriklerinin yeniden yapılandırılması, daha yoğun ders programları ve artan ölçme-değerlendirme yükü anlamına geldiği görülmektedir. Bu durum, öğretim üyelerinin araştırma, yayın, proje geliştirme ve akademik danışmanlık gibi temel akademik faaliyetlerine ayırabilecekleri zamanı azaltabilecektir. Artan akademik ve idari yük, öğretim üyelerinde mesleki stres ve tükenmişlik riskini yükselterek eğitim-öğretim kalitesini dolaylı biçimde olumsuz etkileyebilir.

Öğrenci ve öğretim üyelerinin eş zamanlı olarak artan iş yükü ve stres altında kalmaları, üniversitelerdeki eğitim ortamının niteliği üzerinde de belirleyici olacaktır. Etkileşimli öğrenme, akademik tartışma ve bireysel rehberlik gibi yükseköğretimin temel unsurlarının zayıflaması, niceliksel olarak hızlanan ancak niteliksel olarak gerileyen bir eğitim sürecine yol açma riski taşımaktadır.

3. İstihdam ve Ekonomik Etkiler

• Mezuniyet Sonrası Hazırlıksızlık:

Üniversitelerde lisans eğitiminin dört yıldan üç yıla indirilmesine yönelik olarak gündeme gelen düzenleme, yalnızca eğitim süresini değil; mezunların istihdam edilebilirliğini, iş gücü piyasası ile uyumunu ve uzun vadeli ekonomik etkileri de doğrudan etkileyecek yapısal bir değişiklik niteliği taşımaktadır. Bu nedenle söz konusu düzenlemenin, istihdam ve mezuniyet sonrası hazırlık düzeyi açısından akademik bir bakış açısıyla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Mevcut dört yıllık lisans eğitimi modeli, öğrencilerin mesleki bilgi ve becerilerinin yanı sıra; problem çözme, eleştirel düşünme, iletişim ve ekip çalışması gibi iş gücü piyasasında talep edilen temel yetkinlikleri geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Eğitim süresinin üç yıla indirilmesi durumunda, bu yetkinliklerin kazandırılmasına ayrılan sürenin daralması kaçınılmaz olacaktır. Bu durum, mezunların iş hayatına geçiş sürecinde kendilerini yeterince hazır hissetmemelerine ve işveren beklentilerini karşılamakta zorlanmalarına yol açabilecektir.

İstihdam açısından değerlendirildiğinde, daha kısa sürede mezun olan bireylerin iş gücü piyasasına daha erken katılması ilk bakışta olumlu bir gelişme olarak görülebilir. Ancak mezunların mesleki ve uygulamalı yeterliliklerinin eksik olması, işverenler açısından ek eğitim ve uyum maliyetlerini artırabilecektir. Bu durum, özellikle özel sektörde üç yıllık

lisans mezunlarına yönelik temkinli bir yaklaşımın benimsenmesine ve mezunların istihdamda dezavantaj yaşamamasına neden olabilir.

Ekonomik etkiler bağlamında ise, nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesinde yaşanabilecek zayıflama, orta ve uzun vadede iş gücü verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Yetersiz donanımına sahip mezunların iş hayatında daha sık iş değiştirmesi, daha uzun uyum süreçlerine ihtiyaç duyması ve düşük verimlilikle çalışması, hem işletmeler hem de ulusal ekonomi açısından maliyet unsuru oluşturabilecektir. Bu durum, kısa vadede eğitim süresinin kısalmamasından elde edilecek olası ekonomik kazanımların, uzun vadede nitelik kaybı nedeniyle telafi edilememesi riskini beraberinde getirmektedir.

Mezuniyet sonrası hazırlıksızlık sorunu, üç yıllık lisans eğitiminin en belirgin sonuçlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Staj, uygulamalı ders, bitirme projeleri ve mesleki yönlendirme süreçlerine ayrılan zamanın azalması; öğrencilerin mezuniyet sonrası kariyer planlaması yapmadan, iş hayatının gerekliliklerini yeterince tanımadan mezun olmalarına yol açabilir. Bu durum, mezunlarda işsizlik süresinin uzaması, düşük ücretli veya alan dışı işlerde çalışma gibi olumsuz sonuçlar doğurabilecektir.

Uzmanlık Alanlarında Sorunlar

Üniversitelerde lisans eğitiminin dört yıldan üç yıla indirilmesine yönelik olarak gündeme gelen düzenleme, yükseköğretim sisteminin temel çıktıları olan nitelikli insan kaynağı, uzmanlaşma kapasitesi ve ekonomik verimlilik üzerinde önemli etkiler doğurabilecek yapısal bir değişikliktir. Bu çerçevede, söz konusu düzenlemenin istihdam, mezuniyet sonrası uzmanlık ve ekonomik etkiler açısından doğurabileceği olası sorunların akademik bir bakış açısıyla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Mevcut dört yıllık lisans eğitimi, öğrencilerin temel alan bilgilerini edinmelerinin yanı sıra, belirli alt alanlarda uzmanlaşmalarına imkân tanıyan seçmeli dersler, uygulamalı çalışmalar ve bitirme projeleriyle desteklenmektedir. Eğitim süresinin üç yıla indirilmesi halinde, bu uzmanlaşma süreçlerine ayrılan zamanın daralması kaçınılmaz olacaktır. Bu durum, mezunların belirli bir alanda derinleşmeden, daha genel ve sınırlı bir bilgi birikimiyle iş gücü piyasasına katılmalarına yol açabilecektir.

İstihdam açısından bakıldığında, uzmanlaşma düzeyi düşük mezunların iş gücü piyasasında rekabet avantajı elde etmeleri güçleşebilir. İşverenler, özellikle teknik bilgi ve alan derinliği gerektiren pozisyonlarda, daha uzun ve kapsamlı eğitim almış adayları tercih etme eğiliminde olabilir. Bu durum, üç yıllık lisans mezunlarının istihdam süreçlerinde dezavantaj yaşamalarına, işe alım sürelerinin uzamasına veya alan dışı istihdam oranlarının artmasına neden olabilir.

Mezuniyet sonrası uzmanlaşma eksikliği, ekonomik etkiler açısından da değerlendirilmesi gereken önemli bir unsurdur. Yetersiz uzmanlık düzeyine sahip bireylerin iş yaşamında daha uzun uyum süreçlerine ihtiyaç duyması, işletmeler açısından ek eğitim ve adaptasyon maliyetlerini artırabilecektir. Bu maliyetler, işletmelerin verimliliğini olumsuz etkileyebileceği gibi, ülke ekonomisi genelinde iş gücü verimliliğinin düşmesine de yol açabilir.

Ayrıca, lisans eğitiminin üç yıla indirilmesi, mezunların lisansüstü eğitime yönelme eğilimini artırabilir. Lisans düzeyinde yeterli uzmanlaşma sağlayamayan bireylerin, yüksek lisans ve sertifika programlarını bir tür “tamamlayıcı zorunluluk” olarak görmeleri, bireysel eğitim maliyetlerini artırırken, yükseköğretim sisteminde kaynak kullanımına yönelik yeni baskılar oluşturabilecektir. Bu durum, ekonomik açıdan hem bireyler hem de kamu açısından ilave yükler doğurabilecektir.

Uzun vadeli ekonomik etkiler değerlendirildiğinde, nitelikli ve uzmanlaşmış iş gücü yetiştirme kapasitesinde yaşanabilecek bir zayıflamanın, yenilikçilik, üretkenlik ve rekabet gücü üzerinde olumsuz sonuçlar doğurması olasıdır. Ekonomik büyümenin temel unsurlarından biri yetişmiş insanların niteliğinde meydana gelebilecek bu tür bir gerileme, kısa vadeli kazanımların ötesinde, uzun vadeli yapısal sorunlara zemin hazırlayabilecektir.

- **Uzun Vadeli Ekonomik Maliyet**

Üniversitelerde lisans eğitiminin dört yıldan üç yıla indirilmesine yönelik olarak gündeme gelen düzenleme, kısa vadeli idari ve mali gerekçelerin ötesinde, ülkenin insan potansiyel yapısını, iş gücü piyasasının niteliğini ve uzun vadeli ekonomik performansını doğrudan etkileyebilecek stratejik bir karar niteliği taşımaktadır. Bu nedenle söz konusu düzenlemenin, uzun vadeli ekonomik etkiler açısından akademik bir bakış açısıyla ele alınması önem arz etmektedir.

Lisans eğitimi, bireylerin yalnızca mesleki bilgi edinmelerini değil; aynı zamanda problem çözme, eleştirel düşünme, yenilikçilik ve üretkenlik gibi ekonomik büyümenin temel belirleyicileri olan yetkinlikleri kazanmalarını hedeflemektedir. Eğitim süresinin üç yıla indirilmesi halinde, bu yetkinliklerin geliştirilmesine ayrılan sürenin azalması, mezunların beşeri sermaye niteliğinde görece bir zayıflamaya yol açabilecektir. Uzun vadede bu durum, iş gücü verimliliğinde düşüş riskini beraberinde getirebilir.

İstihdam perspektifinden bakıldığında, daha kısa sürede mezun olan bireylerin iş gücü piyasasına erken katılması, niceliksel olarak iş gücü arzını artırabilir. Ancak bu artışın niteliksel olarak desteklenmemesi durumunda, düşük katma değerli işlerde yoğunlaşma, gizli işsizlik ve vasıf uyumsuzluğu gibi yapısal sorunların derinleşmesi olasıdır. Uzun vadede bu durum, ücret seviyeleri üzerinde baskı oluşturarak gelir dağılımı dengesizliklerini artırabilir.

Uzun vadeli ekonomik etkiler açısından bir diğer önemli husus, yenilikçilik ve rekabet gücüdür. Ar-Ge faaliyetleri, teknolojik gelişme ve yüksek katma değerli üretim, büyük ölçüde iyi yetişmiş ve alanında derinleşmiş insan kaynağına dayanmaktadır. Lisans eğitim süresinin kısaltılmasıyla birlikte uzmanlaşma ve akademik derinliğin zayıflaması, ülkenin inovasyon kapasitesini sınırlayabilir. Bu durum, uluslararası rekabet gücünde gerileme ve orta-uzun vadede ekonomik büyüme hızında düşüş riski doğurabilir.

Ekonomik sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde, yetersiz donanıma sahip mezunların iş yaşamında daha uzun uyum süreçlerine ihtiyaç duyması, işletmeler için ek eğitim ve adaptasyon maliyetleri anlamına gelmektedir. Bu maliyetler, zaman içerisinde üretim maliyetlerine yansyarak ekonomik verimliliği olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, bireylerin mesleki yeterliliklerini tamamlamak amacıyla lisansüstü eğitim veya ek sertifika programlarına yönelmesi, hem bireysel hem de kamusal eğitim harcamalarını artırarak dolaylı ekonomik yükler oluşturabilecektir.

Uzun vadede yetişmiş insan gücünde yaşanabilecek bir zayıflama, ekonomik büyümenin yapısal temellerini olumsuz etkileyebilir. Eğitim süresinin kısaltılması sağlanabilecek olası kısa vadeli tasarruflar, uzun vadede düşük verimlilik, sınırlı yenilik kapasitesi ve küresel rekabet gücünde azalma gibi daha büyük ekonomik maliyetlere dönüşme riski taşımaktadır.

4. Uluslararası Tanınırlık ve Akademik Mobilité

Üç yıllık diplomalar, Bologna Süreci'ne uyumlu olmalarına rağmen, Avrupa Yüksek Öğretim Alanı (EHEA) dışındaki ülkelerde denklik sorunlarına yol açma potansiyeli taşımaktadır:

ABD'deki Kabul Zorlukları: AACRAO'nun değerlendirmelerine göre, ABD'deki yüksek lisans programlarının %40-50'si üç yıllık diplomaları tam olarak eşdeğer saymamaktadır; bu da, mezunlar için ek bir yıl eğitim veya köprü programları zorunlu kılabilir. Türk mezunları, MIT veya Harvard gibi prestijli kurumlara yaptıkları başvurularında "yetersiz akademik derinlik" gerekçesiyle elenebilir; Hindistan veya Çin kökenli üç yıllık diplomalar gibi, Türk diplomaları da ilave kredi yükümlülükleri getirebilir.

Kanada ve Avustralya'daki Durum: Kanada Göçmenlik, Mültecilik ve Vatandaşlık Kanada (IRCC) kuralları, göçmenlik ve yüksek lisans başvurularında dört yıllık bir eşdeğerlik şartı aramaktadır; Avustralya'da ise mühendislik gibi disiplinlerde ABET akreditasyonu titizlikle incelenmektedir. Bu koşullar, mezunların yurtdışındaki iş imkanlarını %10-20 oranında daraltabilir.

Genel Kalite Riskleri: Kısaltılmış eğitim süresi, genel kültür eğitimi ve uzmanlık alanındaki derinliği azaltacağından, ENIC-NARIC gibi merkezler diplomaları yeniden değerlendirme ihtiyacı duyabilir ve bu da "yetersizlik" algısına neden olabilir. Önerilen reform, öğrenci ve akademisyen değişimlerini yanı sıra yurtdışı fırsatlarını kısıtlayacaktır:

Yurtdışı Erişim Engelleri: Üç yıllık diploma, Fulbright veya Erasmus+ gibi programların ardından yüksek lisans başvurularında rekabet gücünü zayıflatabilir ve bu durum önemli zaman kayıplarına yol açabilir. Araştırmalar, hızlandırılmış programların akademik mobilitéyi %8-15 oranında azalttığını ortaya koymaktadır.

Değişim ve Araştırma Fırsatlarındaki Kısıtlamalar: Yoğunlaşmış müfredat, staj veya dil eğitimi için yeterli zaman bırakmayacaktır; yaz dönemlerinin sömestrlere dönüştürülmesi ise akademisyenlerin yayın faaliyetlerini ve üniversitelerin QS gibi sıralamalarını olumsuz etkileyebilir. Düşük gelirli öğrenciler bu süreçte eşitlikten uzaklaşacak; kültürel gelişim eksikliği ise küresel uyum yeteneğini zorlaştıracaktır.

Uzun Vadeli Etkiler: Olgunlaşma sürecinin kısaltılması, mezunların yurtdışındaki liderlik pozisyonlarında dezavantaja uğramasına neden olabilir; 2026 yılına ait analizler, üç yıllık diplomaların yabancı kurumlar tarafından sıklıkla sorgulandığını vurgulamaktadır.

Genel Değerlendirme

Anayasamız uyarınca üniversiteler, özerk yapılarıyla faaliyet gösteren kurumlardır. Yükseköğretim Kanunu çerçevesinde, akademik karar alma süreçleri ile ders programlarının oluşturulması yetkisi, üniversitelerin senatolarına aittir. Yükseköğretimde, derslerin yalnızca ardışık biçimde yığılmasıyla gerçekleştirilen bir yaklaşım, gerçek anlamda bilimsel bir eğitim sunamaz.

Güncel yükseköğretim sistemi, ön lisans, lisans ve yüksek lisans aşamalarının hiyerarşik bütünlüğüyle, erken istihdam arzusunda gençlere zaten yeterli olanaklar sağlamaktadır. Bununla birlikte, üniversite eğitimi salt mesleki yeterlilik kazandırmayı aşan, kapsamlı bir süreçtir; bu süreç, bilimsel perspektifin edinilmesini, araştırma yürütme, sorgulama, sorun tanımlama ve çözümleme yetkinliklerinin geliştirilmesini, evreni kavrama, değişimi yönlendirme ve uyum sağlama becerilerini, öğrenme metodolojisinin içselleştirilmesini ve yenilikçi bilgi üretimini hedefler. Üniversite müfredatı, teorik ve pratik

dersler, temel bilimler, sosyal disiplinler, kültürel ve sanatsal unsurlar, laboratuvar uygulamaları ile saha incelemeleri gibi birbirini tamamlayan bileşenleri barındırır. Bu unsurlardan vazgeçilerek yalnızca mesleki odaklı derslere indirgenirse, geriye yalnızca mesleki eğitim kurumuna indirgenmiş bir yapı kalır. Akademik oluşum, "işyeri odaklı mesleki eğitim" paradigmasıyla mesleki lise veya ön lisans programlarına dönüştürülemez.

Bilindiği üzere, Dünya Bankası verilerine göre Türkiye, üniversite mezunlarının işsizlik oranının genel işsizlik oranını aştığı tek Avrupa ülkesi konumundadır. Lisans eğitimi dört yıldan üç yıla indirerek mezun sayısını artırmak, mühendislik, mimarlık ve şehir plancılığı gibi alanlarda bütüncül kavrayış, çözüm tasarlama ve uygulama becerisi beklenen mezunların niteliğini "ara eleman" seviyesine düşürmekten ve ücretlerini asgari düzeylere çekmekten öteye gitmeyecektir; bu da, sermayenin düşük maliyetli işgücü talebini karşılamaya yönelik bir işlev üstlenecektir.

Önerilen model, "esneklik", "verimlilik" veya "uluslararası uyum" gibi kavramlarla gerekçelendirilmeye çalışılsa da, asıl niyetin yükseköğretimin akademik niteliğinden uzaklaştırılması, sistematik bir şekilde piyasalaştırılması ve daraltılması olduğu görülmektedir. Eğitim süresinin kısaltılması, yükseköğretimi kamusal bir alandan çıkarıp, sermayenin kısa vadeli ihtiyaçlarına göre yeniden şekillendirme amacı taşımaktadır. Bu yaklaşım, mühendislik, mimarlık ve şehir plancılığı eğitimlerini, standartlaştırılmış, bilimsel üretimden yoksun, salt işgücü sertifikası dağıtan bir forma dönüştürme tehlikesini barındırmaktadır.

Günümüzün asıl gereksinimi, aceleye getirilmiş diplomalar değil; gençlere umut aşılayan, kamusal sorumluluk taşıyan, bilimsel temelli ve özerk üniversitelerdir. Üniversiteler, süre kısaltma yoluyla değil, kamusallaştırma çabalarıyla güçlendirilmelidir. Aksi takdirde, eğitim süresi kısalırken, genç nesillerin geleceği daha da sınırlanacaktır.

Dört yıllık lise eğitiminin yeniden üç yıl olacak şekilde düzenlenmesi, üniversite eğitimi dahil toplam eğitim süresinde hedeflenen öne çekmeyi sağlayabilir. Bu açıdan ele alındığında yabancı dil hazırlık sınıfı da dahil toplamda 5 yıl süren mühendislik eğitimi uygulamasının ülkemizde uygulandığı şekilde devam ettirilmesi gerekir görüşüdeyiz.

Kaynaklar:

1. <https://www.yok.gov.tr/tr/news/lisans-egitiminin-3-yila-indirilecek-olmasindan-veliler-ve-ogrenciler-memnun-zBMLK>
2. <https://www.tmmob.org.tr/icerik/universite-egitiminin-suresi-degil-niteliği-tartisilmalidir>
3. <https://www.bbc.com/turkce/articles/cn5lvkr9p9o>
4. <https://bilimakademisi.org/yokun-lisans-egitiminin-uc-yila-dusurulmesine-iliskin-plani-hakkinda-aciklama>
5. <https://www.tv5.com.tr/yaz-tatili-yerini-ucuncu-somestra-birakacak-universitelerde-lisans-egitimi-3-yila-indirilecek>
6. <https://www.aydindenge.com.tr/egitim-bilim/22/12/2025/universitelerde-lisans-egitimi-3-yila-mi-dusuyor-yokten-dikkat-ceken-donusum-plani>

- OECD Eğitim Raporları(2025): Hızlandırılmış programların istihdam etkileri
- QS World University Rankings Analizleri (2026): Diploma tanınırlığı ve mobilite verileri (Bologna Süreci uyumu).
- World Education Services (WES): Üç yıllık diplomaların ABD/Kanada eşdeğerliği raporları.
- ABD'deki üç yıllık derece modelleri için Harvard Education Review ve Inside Higher makaleleri (örneğin, "Three-Year Degrees: Pros and Cons"-2024)

kullanıldı,

İLETİŞİM BİLGİLERİ

GENEL MERKEZ

Dr. Abdullah ZARARSIZ - YK Başkanı
fmo@fmo.org.tr

İSTANBUL ŞUBE

Dr. Erdal ÇATAK - Şube YK Başkanı
fmoist@fmo.org.tr

ADANA İL TEMSİLCİLİĞİ

Nihat BEYAZ - İl Temsilcisi
nihatbeyaznb@gmail.com
Yusuf EROL - İl Temsilci Yardımcısı
yhazerer@yahoo.co.uk

ANTALYA İL TEMSİLCİLİĞİ

Prof. Dr. Yasemin KÜÇÜK - İl Temsilcisi
ykucuk@akdeniz.edu.tr
Gonca DÜLGER - İl Temsilcisi Yardımcısı
dulger.gonca@gmail.com

BURSA İL TEMSİLCİLİĞİ

Nigâr ÖZEY - İl Temsilcisi
nigarozey@gmail.com

İZMİR İL TEMSİLCİLİĞİ

Melih Zafer ÖNDERLİ - İl Temsilcisi
melihzfronderli@gmail.com

GAZİANTEP İL TEMSİLCİLİĞİ

Prof. Dr. Vural Emir KAFADAR - İl Temsilcisi
kafadar@gantep.edu.tr

MERSİN İL TEMSİLCİLİĞİ

Figen ÇEVİK - İl Temsilcisi
cevik.figen@gmail.com

TÜRK MÜHENDİS VE MİMARLAR
ODALARI BİRLİĞİ

FİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI

E-BÜLTEN SAYI 86
OCAK-ŞUBAT 2026

FMO e- bültenine ilişkin görüş, öneri, değerlendirme ve yazılarınızı e- posta adresimiz üzerinden bizimle paylaşabilirsiniz.

Sosyal medya hesaplarımız için:



@fmogeneralmerkez



@fmogeneralmerkez



Fizik Mühendisleri
Odası



Fizik Mühendisleri
Odası