

MİLLÎ TEKNOLOJİ HAMLESİNDE BİRLİKTE
GELİŞTİRME VE BİRLİKTE BAŞARMADA TOPLUM
İLE DÖRTLÜ SARMAL İŞ BİRLİĞİNİN
YANSIMALARI VE GELECEĞİ

*REFLECTIONS ON THE QUADRUPLE HELIX WITH SOCIETY
AND THE FUTURE OF CO-CREATING AND SUCCEEDING
TOGETHER IN THE NATIONAL TECHNOLOGY INITIATIVE*

Prof. Dr. Hasan MANDAL

MİLLÎ TEKNOLOJİ HAMLESİNDE BİRLİKTE GELİŞTİRME VE BİRLİKTE BAŞARMADA TOPLUM İLE DÖRTLÜ SARMAL İŞBİRLİĞİNİN YANSIMALARI VE GELECEĞİ

Prof. Dr. Hasan MANDALⁱ
TÜBİTAK Başkam

Özet

Değişken, karmaşık ve dinamik süreçlerin karşısında araştırma, geliştirme ve yenilik tabanlı atılımların başarıya ulaşmasında üniversite, sanayi, kamu kurum ve kuruluşları ile toplum genelinde ekosistemi kapsayan dörtlü sarmal işbirliğinin kilit rolü bulunmaktadır. Toplumsal seferberlik ve toplumsal sahiplenme odağında hayata geçirilen Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımaları bu kitap bölümünde üç boyutta değerlendirilmiştir: (i) teknolojik kazanımların toplumsal yansımaları, (ii) genç insan kaynağına yönelik toplumsal yansımalar ve (iii) güçlük alanlarındaki çözümlerde toplumsal yansımalar. Birinci boyutta birlikte geliştirme ve birlikte başarma yaklaşımı odağında yerli ve millî teknolojik kazanımların ekonomik, toplumsal, çevresel ve ulusal güvenlik etkisi açısından toplumsal yansımaları ve bu teknolojik kazanımlara yönelik toplumsal farkındalığın artırılması ele alınmaktadır. Bu kapsamda birlikte geliştirme ve birlikte başarma odaklı platform yaklaşımları, Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı ile çıktı ve etki odaklı süreçlerin toplumsal yansımaları temsil edilmiştir. İkinci boyutta Ar-Ge ve yenilik ekosistemine dahil olan genç yetenekler için TEKNOFEST yarışmaları, yenilikçi burs imkanları, Stajyer Araştırmacı Burs Programları, Deneyap Teknoloji Atölyesi ile bilim ve toplum gelişmeleri kapsamaktadır. Üçüncü boyutta küresel riskler ve toplumsal ihtiyaçlar nedeniyle kritik öneme sahip olan güçlük alanlarında çözümlerin üretilmesinde topluma uzanan yansımalara yoğunlaşma sağlanmıştır. Kritik güçlük alanları olarak küresel salgın ve COVID-19 Türkiye Platformu, müsilaj araştırmaları, deprem araştırmaları ve iklim değişikliği ortaya konmaktadır. Her üç boyuttan değerlendirilmesinde vurgulandığı gibi Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımaları dörtlü sarmal işbirliğini ifade etmektedir. Karşılaştırma yapıldığında toplumsal ihtiyaç ve etkileşimlerden uzak geleneksel bilim yerine toplumsal ihtiyaçlara odaklı kapsayıcı, bütünsel, şeffaf ve etkileşimli bilim yaklaşımlarının önemi yükselmektedir. Gücünü toplumdan alan ve topluma katkı sağlayan Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımalarında teknolojik kazanımlar, genç insan kaynağı ve güçlük alanlara yönelik çözümler ülkemizin geleceğini toplumsal refah artışı ve sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya yönlendirmiştir. Cumhuriyetimizin 100. yılı olan 2023 ve net-sıfır salım hedefi olan 2053 yılı doğrultusunda toplum ile birlikte geliştirme ve birlikte başarma yaklaşımı artarak sürdürülecektir.

Anahtar Kelimeler

Ar-Ge ve yenilik, Birlikte geliştirme, Dörtlü sarmal iş birliği, Toplum, Seferberlik

ⁱ ORCID: 0000-0002-0050-6648

REFLECTIONS ON THE QUADRUPLE HELIX WITH SOCIETY AND THE FUTURE OF CO-CREATING AND SUCCEEDING TOGETHER IN THE NATIONAL TECHNOLOGY INITIATIVE

Prof. Dr. Hasan MANDAL
President of TÜBİTAKⁱⁱ

Abstract

In the context of changing, complex and dynamic processes, a quadruple helix that involves cooperation across universities, industry, public institutions and society has a key role in the success of research, development and innovation-based initiatives. The societal reflections of the National Technology Initiative in Türkiye, which is implemented with a focus of societal mobilization and societal ownership, are evaluated in this book chapter based on evaluations in three dimensions: (i) societal reflections of technological achievements, (ii) societal reflections on young human resources and (iii) societal reflections on solutions for complex challenge areas. In the first dimension, the societal reflections of domestic and national technological achievements based on a co-creation and succeeding together approach towards economic, social, environmental and national security impacts as well as increasing societal awareness on these technological achievements are discussed. Accordingly, co-creation and succeeding together based platform developments, the Technology-Oriented Industry Move Program and the societal reflections of output and impact-oriented processes are represented. In the second dimension, the societal reflections of TEKNOFEST competitions for young talents that enter the R&D and innovation ecosystem, innovative scholarship opportunities, a research intern scholarship program, and Try-Do Technology Ateliers are covered. In the third dimension, the focus is on reflections that extend to society when addressing challenging areas of critical importance due to global risks and societal needs. As critical challenges, the global pandemic, and the COVID-19 Türkiye Platform, research on mucilage, earthquake research and climate change are presented. As emphasized in the evaluation of all three dimensions, the societal reflections of the National Technology Initiative express a quadruple helix mode of ecosystem cooperation. Inclusive, holistic, transparent and interactive science approaches that focus on societal needs are increasing in importance when compared to traditional science that is far from societal needs and interactions. The societal reflections of the National Technology Initiative, which draws its strength from society and contributes to society, including technological achievements, young human resources and solutions for challenging areas have directed the future of our country to increased social welfare and sustainable economic development. In line with 2023 goals, the 100th anniversary of the Republic, and the year 2053, which is the net-zero emission target, the approach of co-creating and succeeding together with society will increasingly be continued and sustained into this future.

Keywords

R&D and innovation, co-creation, Quadruple helix, Society, Mobilization

ⁱⁱ ORCID: 0000-0002-0050-6648

Giriş

Araştırma, geliştirme (Ar-Ge) ve yenilik tabanlı atılımların başarıya ulaşmasında üniversite, sanayi ve kamu kurum ve kuruluşlarının etkileşimini ifade eden üçlü sarmal işbirliği kadar dördüncü boyut olarak topluma uzanan dörtlü sarmal işbirliğinin rolü bulunmaktadır. Dörtlü sarmal işbirliğinde toplumun sadece teknolojinin son kullanıcısı olarak talep tarafında değil, daha geniş bir bakış açısından doğrudan yenilik sistemlerinin geleceğine yönelik bilimsel bilgi üretimi ve teknoloji geliştirme beklentilerine birlikte yön veren ve sürecin içerisinde yer alarak toplumsal arayüzleri güçlendiren temel bir boyut olarak ele alınması önemlidir (González-Martinez vd., 2021; Leydesdorff & Smith, 2022). Vatandaş bilimi kapsamında özellikle çevre odaklı güçlük alanları ve sürdürülebilir kalkınma gelişmeleri için de toplumsal aktörler çözümüm önemli bir parçasıdır (Skarzauskiene & Mačiulienė, 2021). Bilim ve teknoloji tabanlı süreçlerde toplumun etkin katılım sağlaması ve sürece dahil olması toplumsal güvenin oluşturulmasında önem taşıdığı gibi kurumların da toplumsal katılımı teşvik edecek şekilde süreçleri yönetmesini gerektirmektedir (ISC, 2021a). Dörtlü sarmal işbirliğinin sağlanarak değişken, karmaşık ve dinamik süreçler içeren günümüz ihtiyaçları karşısında toplum önemli bir boyut olarak yer almaktadır.

Ülkemizde Millî Teknoloji Hamlesi olarak gerçekleştirilmekte olan atılımın ekosistemimizin tüm aktörlerini kapsayan ve toplum genelinde sahiplenilmesini sağlayan bir yaklaşım içerisinde geniş çapta gerçekleştiriliyor olması dörtlü sarmal işbirliğinin en belirgin örnekleri arasında yer almaktadır. Cumhuriyetimizin 100. yılına geçerken ekonomik ve teknolojik bağımsızlık açısından önemli bir yere sahip olan Millî Teknoloji Hamlesi, toplumsal seferberlik odağında yediden yetmişe her yaşta insan kaynağının toplumsal sahiplenmesi ve seferberlik ruhu ile hayata geçirilmektedir (STB, 2019). Bu kapsamda millî ve özgün teknolojik kazanımların toplum ile paylaşılmasını, genç insan kaynağının teknoloji geliştirme süreçlerine dahil olmasını ve toplumun “teknoloji üreten, güçlü Türkiye” odağında seferberliğini güçlendiren bir konumda olmasını içermektedir (STB, 2019). Millî mücadele düzeyinde toplumsal seferberliğin bu denli kilit ve merkezi rol aldığı Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımaları ise benzer şekilde çok boyutlu olarak toplam üç temel boyutta tanımlanması mümkündür.

Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımalarına ve ülkemizin geleceğine odaklanan bu kitap bölümünde sırasıyla ele alınan bu üç temel boyutun birincisi, birlikte geliştirme ve birlikte başarıma yaklaşımı odağında elde edilen yerli ve millî teknolojik kazanımlara yönelik toplumda oluşturulan farkındalıktır. İkincisi, Millî Teknoloji Hamlesinin genç insan kaynağına olan yansımaları açısından Ar-Ge ve yenilik ekosistemine dahil olan genç yeteneklerin temsil ettiği katılımcılıktır. Üçüncü boyut ise küresel sorunların ve toplumsal ihtiyaçların çözümünde güçlük alanlarında topluma uzanan ve toplumu içerisine alan ekosistem seferberliğini güçlendiren yaklaşımlardır. Bu kapsamda sırasıyla (i) teknolojik kazanımların toplumsal yansımaları, (ii) genç insan kaynağına yönelik toplumsal yansımalar ve (iii) güçlük alanlarındaki çözümlerde toplumsal yansımalar değerlendirilmektedir. Her bir boyut ayrıntılı olarak değerlendirilerek dörtlü sarmal işbirliğinin önemi vurgulanmaktadır. Millî Teknoloji Hamlesi ile ülkemizin sürdürülebilir geleceğine yönelik dörtlü sarmal işbirliğinin kilit önemi ortaya konulmaktadır.

Teknolojik Kazanımların Toplumsal Yansımaları

Kritik teknolojilere sahip olunmasında ve yüksek teknolojilerde bağımsızlığının artırılmasında Millî Teknoloji Hamlesini güçlendiren stratejik bir yaklaşım

uygulanmaktadır. Bu yaklaşım Ar-Ge ve yenilik ekosistemindeki farklı yetkinlikleri etkileşimli olarak harekete geçiren ve sinerji oluşturmasını sağlayan “birlikte geliştirme ve birlikte başarma” yaklaşımıdır (Mandal, 2022). Çıktı ve etki odaklı süreç yönetimi kapsamında bu modellerin ekonomik, toplumsal, çevresel ve ulusal güvenlik açısından önemli etki potansiyelleri bulunmakta olup önemli teknolojik kazanımların toplumsal yansımaları bulunmaktadır.

Birlikte Geliştirme ve Birlikte Başarma Platformları

Ülkemizin birlikte geliştirme modellerinde önemli bir yere sahip olan Yüksek Teknoloji Platformları, araştırma üniversitelerini ve araştırma altyapılarını, özel sektör Ar-Ge veya tasarım merkezlerini ve kamu Ar-Ge birimlerini geniş çapta ortak amaçta bir araya getirerek Stratejik Araştırma Programlarının uygulanmasını sağlamaktadır. Stratejik Araştırma Programlarının uygulandığı ilk 8 Yüksek Teknoloji Platformunda 23 firma, 19 üniversite, 4 araştırma altyapısı ve 2 kamu Ar-Ge birimi araştırma programı yürütücüsü olarak görev alarak teknolojik kazanımlara yönelik ekosistemi bir araya getirmektedir (TÜBİTAK, 2022f). Sağlıklı yaşam açısından etki sağlayacak olan 5 platformda rejeneratif ve restoratif tıp araştırmaları ve uygulamaları, hedefe özgü pan-kanser terapileri, nanoteknolojik sensörler, fonksiyonel yüzeyler, biyoçipler ve biyoyumlu aktif ve entegre sistemler, HPV ve enflüanza kaynaklı enfeksiyonlara karşı tanı kitleri, ilaç formülasyonları ve aşular ile otoenflamatuvar hastalıkların takip ve tedavisine yönelik biyogösterge ve ileri teknoloji ürünü ilaçlar geliştirilmektedir. Rekabetçi sanayi ve temiz enerji açısından yüksek teknoloji katkılar odağındaki 3 platformda ise ileri malzemeler, aviyonik ekran teknolojileri, yeni nesil 3-boyutlu yazıcı imalat teknolojileri ve silisyum tabanlı güneş hücreleri dahil yüksek verimli güneş hücreleri geliştirilmektedir. Platformların kapsadığı alanların her birinde teknoloji kazanım yol haritalarına göre geliştirilen yüksek teknolojiler sayesinde sağlanacak olan toplumsal faydalar da dikkate alınarak etki potansiyellerinin gerçekleştirilmesine odaklanılmaktadır.

Sanayi Yenilik Ağları kapsamında ilk 4 platformda 18’i KOBİ ve 23’ü büyük ölçekli kuruluş olmak üzere toplam 41 sermaye şirketi, 18 üniversite ve 5 araştırma merkezi bir araya gelmiştir. Ürünleşme yol haritalarına göre Stratejik Ürün Ar-Ge Programlarının desteklediği bu platformlarda akıllı ev ürünleri, akıllı şehirler, eklemeli imalat ve sağlık ürünler odağında 87 proje yürütülmektedir (TÜBİTAK, 2022f). Birlikte geliştirme ve birlikte başarma yaklaşımına dayalı olarak her bir platformun yine yüksek etki potansiyeli bulunmakta olup ekosistemin sağladığı bu gelişmeler hakkında toplumsal farkındalığın artırılması önemlidir. Yeni desteklenecek olan Yüksek Teknoloji Platformları ve Sanayi Yenilik Ağlarında ise Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyumlu öncelikli Ar-Ge ve yenilik alanları olarak iklim değişikliği, dögüsel ekonomi, temiz enerji, akıllı ulaşım veya sürdürülebilir tarım için yüksek teknoloji tabanlı katkı sağlayacak birlikte geliştirme odaklı platform oluşumlarına öncelik verilmektedir.

Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi ve Firma Ziyaretleri

Millî Teknoloji Hamlesinin en kritik programı olan Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi (HAMLE) Programı kapsamında ithal edilen 919 kritik ürünün yerli ve millî olarak üretilmesi ve 50 milyar dolarlık ithalatın önüne geçilmesi hedeflenmektedir (STB, 2019); (Duran, 2022). Ar-Ge aşamasından yatırıma uzanan ve ilk pilot çağrısının makine sektöründe gerçekleştirilen bu programda yüksek katma değerli, orta-yüksek ve yüksek teknoloji içeren ürünlerin yerli ve millî imkanlar ile üretilmesi sağlanmaktadır. Uçtan uça bir yaklaşım içeren bu programda desteklenen toplam 20 makine sektörü projesinin (STB,

2021) 11'i Ar-Ge ve yenilik ihtiyacı içermekte olup Ar-Ge ve yenilik giderleri TÜBİTAK tarafından karşılanmaktadır. Bu firmalara gerçekleştirilen ziyaretler sayesinde de Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımaları kapsamında yerli ve millî üretimde ekosistemimiz bünyesinde sanayi aktörlerinin gerçekleştirmekte olduğu teknoloji tabanlı atılımlar hakkında toplumsal farkındalık artırılmaktadır.

HAMLE Programının makine sektörü çağrısı altında Ar-Ge ve yenilik desteği alan ve ziyaret edilmekte olan 11 firma tarafından çeşitli sektörlerde makine odaklı orta-yüksek ve yüksek teknoloji içeren ürünler geliştirilmektedir. Bu kapsamda, havacılık, savunma ve sağlık sektörü için yenilikçi eklemeli imalat teknolojisi olarak otomatik toz sirkülasyon eklemeli 4 lazerli eklemeli imalat sistemi ile yerli ve millî üretim için önem taşıyan takım tezgâhları ve alt ürünleri geliştirilmektedir. Savunma sanayinde hassas hassas pozisyonlama ihtiyacı bulunan uygulamalar için ince cidarlı bilyeli rulmanlar, %100 yerli robotlar ve alt bileşenleri, sivil alanda ve savunma sanayinde kritik bir bileşen olan senkron yapıllı elektrikli tahrik sistemi servo motoru da geliştirilen diğer örneklerdir. Dizel veya alternatif yakıtlı içten yanmalı motorlar, bu motorlardaki yağ ve yakıt filtrelerinin üretim süreçleri ile süperkritik su oksidasyonu reaktörü de sanayi aktörler tarafından geliştirilmektedir. Özellikle otomotiv, beyaz eşya ve bilişim sektörlerinde kullanılan elektrikselsel kablo üretiminin tam otomasyonunu sağlayan görüntü işleme yazılımı ve otomasyon makinesi de geliştirilmiştir. Akıllı binalar ile uyumlu, rejeneratif sistem ile enerji tüketimini azaltan ve hijyenik tanıma gibi yenilikçi yazılım ve donanımları bulunan asansör teknolojileri de örneklerin arasında bulunmaktadır (STB, 2021). HAMLE Programının en yeni çağrıları olan mobilite çağrısında 91 Ar-Ge projesi başvurusu, üretimde yapısal dönüşüm çağrısında 41 Ar-Ge projesi başvurusu, sağlık ve kimya ürünleri çağrısında 105 Ar-Ge projesi başvurusu ve dijital dönüşüm çağrısında 117 Ar-Ge projesi başvurusu olmak üzere toplam 354 Ar-Ge projesi başvurusu alınmıştır.

Çıktı ve Etki Odaklı Süreç Yönetimi ile Toplum

Çıktı ve etki odaklı süreç yönetimi kapsamında uygulamaya geçirilen yeni bir değerlendirme olarak her teknoloji ve yenilik odaklı proje için Ticarileşme İzleme Süreci oluşturulmuştur (TÜBİTAK, 2021c). Bu sayede teknoloji ve yenilik odaklı projelerin destek süresinin tamamlanmasının ardından çıktı ve etki odaklı süreç yönetimi devam etmektedir. Bu uygulama Ar-Ge ve yeniliğin toplumda etki oluşturmasının gözetilmesi açısından yarar sağlamaktadır. Çıktı ve etki odağında artırılan çeşitli imkanlardan Patent Tabanlı Teknoloji Transferi Destekleme Çağrısı kapsamında ise üniversitelerde, araştırma kurumlarında ve teknoloji geliştirme bölgelerinde geliştirilen patentli teknolojilerin etki oluşturması için sanayiye aktarılması sağlanmaktadır (TÜBİTAK, 2022d). Bu kapsamda açılan ilk 3 çağrıda 43 proje desteklenmiş olup 51 patentin lisanslanmasına yönelik 31 farklı teknoloji sağlayıcı ve 39 farklı müşteri kuruluşun işbirliğini içermektedir. Sanayiye aktarılmakta olan bu patentlerde rekabetçi sanayiye, sağlıklı yaşama, temiz ve verimli enerjiye ve yenilikçi gıda ürünlerine katkı sağlayan farklı teknolojiler bulunmaktadır. Örneğin, daha rekabetçi sanayi kapsamında büyük veriyi daha az kriptografik işlem ile şifreleme teknolojisi, çok katmanlı hibrit ve fonksiyonel dereceli kompozit malzeme ile yenilikçi insansız hava aracı kanatları yer almaktadır. Sağlıklı yaşama hizmet eden teknolojiler kapsamında ASC zerrecik kanser aşısı, bağırsak mikrobiyomundan Alzheimer hastalığının teşhisi için biyobelirteçler ile dental ve ortopedik implant yüzeyleri için organik biyoaktif malzemeler sanayiye aktarılmaktadır. Temiz ve verimli enerjiye hizmet eden teknolojiler kapsamında aktif takip sistemli konsantre güneş paneline entegre beton pil ile yenilikçi rüzgâr türbini teknolojisi bulunur iken yenilikçi gıda ürünlerine hizmet eden teknolojiler kapsamında da doğal

protein ve kolajen içeren yenilikçi gıda ürünü ile raf ömrünü uzatan nanoteknolojik gıda ambalaj malzemesinin örnek olarak verilmesi mümkündür. Bu süreçlerin toplumsal yansımaları da etkiye dönüşen teknolojik kazanımlar sayesinde topluma uzanmaktadır.

Genç İnsan Kaynağına Yönelik Toplumsal Yansımalar

Ülkemizin genç insan kaynağının Milli Teknoloji Hamlesi doğrultusunda geleceğine sahip çıkan ve güncel ihtiyaçlara çözüm bulan nitelikte, birlikte geliştirme odağında yetiştirilmesi ekosistemin gücüne güç katan stratejik bir değerdir. Geleceğin meslekleri için önem taşıyan becerilere bakıldığında ilk 10 beceri arasında ilk sıralara yeni yükselen teknoloji tasarımı ve programlama, kritik düşünme ile sistem analizi ve değerlendirme becerileri bulunmaktadır. Bu becerilerin yanında yenilikçilik, aktif öğrenme, yaratıcılık, özgünlük ve inisiyatif alma, karmaşık sorun çözme ile liderlik ve sosyal etki becerileri de yer almaktadır (WEF, 2020). Küresel salgın döneminin değişken, karmaşık ve dinamik koşulları kapsamında ön plana çıkan özellikler de olmuştur. Örneğin, çeviklik ve esneklik için algılama ve hızlı hareket etme yeteneği, sürekli gelişme ve öğrenme sağlanarak zorlukların üstesinden gelme ve strateji geliştirme yeteneği, takım çalışması ve işbirliği açısından takım üyesi olarak birlikte çalışma yeteneği ve dinamik süreçlere uyum için ortamdaki değişiklikleri belirleme ve öngörme özellikleri ön plana çıkmıştır (Lieberman, 2021). Bu kapsamda, geleceğin kritik ihtiyaçlarına cevap verebilen genç insan kaynağından beklentiler açısından değişken, karmaşık ve dinamik süreçlerdeki ihtiyaçlara göre hareket edebilen, bilimsel ve teknolojik yetkinliklerini takım çalışması ile birleştiren bir profil çizilmektedir.

Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivalinde Genç Yetenekler

Odaklı takım çalışmaları içerisinde teknoloji geliştirme yeteneklerinin TEKNOFEST Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali düzeyinde yarıştırılması sağlanarak genç insan kaynağımızın enerjisi Milli Teknoloji Hamlesine yansıtılmaktadır. Tam bağımsız, güçlü Türkiye odağında bu yıl beşincisi 30 Ağustos - 4 Eylül 2022 tarihleri arasında Samsun'da ve ilk kez 26-29 Mayıs 2022 tarihleri arasında Azerbaycan'da düzenlenen TEKNOFEST kapsamında jet motor tasarımı, model uydular, robotik, sağlıkta ve ulaşımda yapay zekâ, tarım teknolojiler ile çevre ve enerji teknolojilerine odaklı yarışmalar düzenlenmektedir (TEKNOFEST, 2022). Toplam 40 farklı yarışmadan 15'inde TÜBİTAK düzenleyici veya düzenleyici ortak olarak yer alarak insansız hava araçları (İHA), elektrikli araçlar, otonom araç, roket geliştirme, biyoteknolojik inovasyon, kutup araştırmaları ve diğer alanlarda genç insan kaynağının projelerinin hayata geçirilmesi sağlanmaktadır. Makine imalatı ve otomotiv, savunma, uzay ve havacılık, sağlık, gıda ve tarım, enerji ve çevre, akıllı şehirler, bilgi ve iletişim teknolojileri, eğitim ile sosyal yenilikçi ve girişimcilik olarak toplam 9 kategoriden oluşan Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışmaları da bulunmaktadır. Ayrıca, 2022 yılında ilk kez düzenlenecek olan Lise Öğrencileri İklim Değişikliği Araştırma Projeleri Yarışması, Hyperloop Geliştirme Yarışması ve Dikey İnişli Roket Yarışması ile genç insan kaynağının çözüm odaklı bilimsel ve teknolojik becerileri teşvik edilmektedir.

Uluslararası İHA Yarışması aracılığıyla önlisans, lisans ve lisansüstü öğrencilerde İHA'lar konusunda farkındalığın artırılması ve yaygınlaştırılması sağlanmaktadır. Döner ve sabit kanat kategorilerindeki teknolojik gelişmelere hâkim olunmasına da katkı sağlayacak takımlar yarıştırılmaktadır. 2022 yılı Uluslararası İHA Yarışmasına döner kanat kategorisinde toplam 290 ve sabit kanat kategorisinde 370 takım olmak üzere 660 takım başvuru yapmıştır (TÜBİTAK, 2022c). Uluslararası Serbest Görev İHA Yarışmasında kategori ve görev tanımı olmaksızın döner kanat ve sabit kanat dışında hibrit ve çırpan kanat gibi farklı yapılarıdaki İHA'lar da yarışmaktadır. Bu yarışma için lise ve dengi okul

öğrencileri ile ön lisans, lisans ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan 382 takımın başvurusu alınmıştır (TÜBİTAK, 2022c). Sadece lise ve dengi okul öğrencilerine yönelik Liseler Arası İHA Yarışmasında ise döner ve sabit kanat kategorilerinde toplam 1252 takım başvuru yapmıştır. Bu sayılar Millî Teknoloji Hamlesinin topluma yansıyan başarıları olarak genç insan kaynağında yüksek teknolojilere yönelik uyandırılan merak ve teknoloji geliştirme arzusunun önemli göstergesidir. TEKNOFEST yarışmalarının genelinde genç insan kaynağının teknoloji odaklı takım çalışması becerileri önemli düzeyde geliştirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji sistemlerinde önemli bir teknoloji seçeneği olan elektrikli ve temiz yakıtlı araçlara yönelik genç insan kaynağında teknoloji geliştirme becerilerinin ileriye taşınması için Uluslararası Efficiency Challenge Elektrikli Araç Yarışları düzenlenmektedir. Önlisans, lisans ve lisansüstü öğrencilerinin katıldığı bu yarışlarda alternatif ve temiz enerji kaynakları konusunda oluşturulan farkındalığın ötesinde teknik, mesleki ve takım çalışması deneyimi kazandırılmaktadır. Bu kapsamda 2022 yılı Uluslararası Efficiency Challenge Elektrikli Araç Yarışlarına yönelik elektromobil kategorisinde 102 takım ve hidromobil kategorisinde 18 takım olmak üzere rekor sayıda toplam 120 takım başvuru yapmıştır (TÜBİTAK, 2022b). Bu heyecan Liseler Arası Efficiency Challenge Elektrikli Araç Yarışlarına da yansımış bulunmaktadır. Bilim ve Sanat Merkezleri, Gençlik Merkezleri, Deneyap Teknoloji Atölyeleri ve Bilim Merkezleri'nin lise seviyesindeki öğrencileri ile Türkiye, Azerbaycan ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki lise öğrencilerine açık olan bu yarışlar için 250 takım başvurusu alınmıştır. Elektrikli araçların ülkemizde gelişimi için genç insan kaynağını harekete geçiren bu yarışlar yeşil teknolojilerin önemli bir itici güç olduğu çevre dostu geleceğin şekillenmesini de sağlamaktadır. Bu doğrultuda ülkemizin yeşil kalkınma devrimi için de önem taşımaktadır (İletişim Başkanlığı, 2021).

Genç İnsan Kaynağı için Yenilikçi Burs İmkanları

Ekosistemin birlikte geliştirme ve birlikte başarıya yaklaşımına katkı sağlayacak olan nitelikli genç insan kaynağının yetiştirilmesine yönelik diğer önemli bir imkân Sanayi Doktora Programıdır. Sanayinin ihtiyaç duyduğu alanlarda doktoralı insan kaynağının üniversite-sanayi işbirliğine dayalı olarak yetiştirilmesi ve sanayide doktoralı araştırmacı istihdamının teşvik edilmesi için özgün bir şekilde oluşturulan Sanayi Doktora Programında birlikte geliştirme odaklı 1.162 bursiyer yetiştirmektedir. Bu kapsamda 49 farklı üniversitenin 210 farklı sanayi kuruluşu ile sürdürdüğü 308 işbirliği projesinde yetiştirilen bursiyerlere yönelik burs ve mezuniyet sonrasında 3 yıl istihdam desteği sağlanmaktadır (TÜBİTAK, 2022f). Sanayi Doktora Programı bursiyerleri elektrik ve elektronik mühendisliği, makina mühendisliği, malzeme bilimi ve mühendisliği, endüstri mühendisliği, bilgisayar bilimleri, yapay zekâ, enerji, kimya mühendisliği ve teknolojisi, biyoteknoloji ve yaşam bilimleri dahil çeşitli alanlarda yetiştirilmektedir. Sanayinin ihtiyaçlarına göre sanayinin yeni alanlara girmesine, mevcut alanların güçlendirilmesine, yeni teknolojik kazanımların elde edilmesine ve hatta yeni gelişen teknolojik alanlarda patent şampiyonu olunmasına (Patent Effect, 2022) da katkılar sağlanır iken Ar-Ge ve yenilik ekosisteminde birlikte geliştirme odaklı yaklaşımın sürdürülebilirliği için önem taşıyan bir programdır. Sanayi Doktora Programında işbirliği yapan ekosistem aktörlerinin önemli bir kısmı özellikle Yüksek Teknoloji Platformları ve Sanayi Yenilik Ağlarının birlikte geliştirme modelleri içerisinde yer aldığı dikkate alındığında programın çıktı ve etki odaklı süreç yönetimi açısından da önemi anlaşılmaktadır.

TEKNOFEST ortamına bizzat katılım sağlayarak genç insan kaynağını teşvik eden Nobel Kimya Ödülü sahibi bilim insanı Prof. Dr. Aziz Sancar'ın akademik danışmanlığında

birlikte geliştirme odaklı insan kaynağının yetiştirilmesi için oluşturulan TÜBİTAK burs programı ise önemli bir yenilik daha ortaya koymuştur. Doktora sonrası araştırmalara yönelik bu burs programında, doktora derecesi veya tıpta uzmanlık derecesine sahip genç insan kaynağının doktora sonrası çalışmalarını Prof. Dr. Aziz Sancar'ın araştırma laboratuvarında sürdürmesi için imkân sunulmaktadır (TÜBİTAK, 2022a). Genç insan kaynağının eğitim ve araştırma kariyerlerinin her düzeyinde araştırmacı olarak “biz de varız” demesine karşılık veren Stajyer Araştırmacı Burs Programının (STAR) çağrıları ise lisans düzeyindeki öğrencilere odaklanmıştır. İlk iki çağrısında 3.043 lisans öğrencisi TÜBİTAK tarafından desteklenen veya TÜBİTAK Merkez ve Enstitülerinde yürütülen araştırma projelerine dahil edilmiştir. Fen, mühendislik, sağlık ve sosyal bilim alanları kapsamında bilgisayar mühendisliği, elektrik ve elektronik mühendisliği ile moleküler biyoloji ve genetik mühendisliği odaklı araştırma projeleri ön plana çıkmıştır (TÜBİTAK, 2021b). Lisans düzeyindeki öğrencilerin Ar-Ge ve yenilik ekosisteminde stajyer araştırmacı olarak görev almalarını sağlayan bu programın yeni çağrılarında ise 300'ü arkeoloji ile kültür varlıklarını koruma ve onarım bölümlerindeki lisans öğrencileri olmak üzere toplam 2.300 lisans öğrencisi Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Gençlik ve Spor Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın iş birliğinde desteklenecektir. Arkeoloji odaklı STAR bursiyerlerine Şanlıurfa'daki Göbeklitepe Ören Yeri'nde dünyaca ünlü bilim insanları ile birlikte araştırma yapma imkânı tanınacaktır (TÜBİTAK, 2022e).

Geleceğin Teknoloji Yıldızları ve Toplumsal Yansımalar

Millî Teknoloji Hamlesi toplumun her kesimini kapsadığı gibi tüm yaş gruplarına ve geleceğin teknoloji yıldızlarına kadar uzanmaktadır. 2023 yılında 81 ilimizde 100 Deneyap Teknoloji Atölyesi hedefi kapsamında 55 ilde 66 atölye ve toplamda 12.000 öğrenci deneyen, sorgulayan, üreten ve geliştiren genç insan kaynağı olarak halihazırda yetiştirilmektedir. Geleceğin meslekleri ile uyumluluk içerisinde tasarım ve üretim, robotik ve kodlama, elektronik programlama ve nesnelerin interneti, yazılım teknolojileri, ileri robotik, havacılık ve uzay teknolojileri, enerji teknolojileri, nanoteknoloji ve malzeme bilimi, yapay zekâ ve siber güvenlik alanlarında geleceğin teknoloji yıldızları insan kaynağı teknoloji eğitimleri almaktadır (Deneyap Türkiye, 2022). Millî Teknoloji Hamlesinin gelecek nesiller genelinde sürdürülmesi açısından önem taşıyan Deneyap Teknoloji Atölyelerinin ötesinde çeşitli bilim ve toplum destek ve faaliyetleri kapsamında yaklaşık 18 milyon kişiye ulaşılmaktadır (TÜBİTAK, 2022f). Bilim kültürünün toplumda yaygınlaştırılması amacıyla kurulan Bilim Merkezlerinin sayısı da artmaktadır (TÜBİTAK, 2022h). İlk tematik ve 6. bilim merkezi olan Bursa Gökmen Uzay ve Havacılık Eğitim Merkezi sonrasında Antalya, Gaziantep, Şanlıurfa, Düzce ve Denizli bilim merkezleri kurulacaktır.

Güçlük Alanlarındaki Çözümlerde Toplumsal Yansımalar

Küresel salgın, doğal afetler ve iklim değişikliği gibi kritik güçlük alanlarının karşısında bilim ve teknoloji tabanlı çözümlerin oluşturulmasında Ar-Ge ve yenilik ekosisteminin seferberliği bir zorunluktur (Mandal, 2020). Güçlük alanlarının içerdiği karmaşıklık düzeyi nedeniyle tek bir disiplin veya sektörün çözüm getiremeyeceği kadar geniş sorun alanları söz konusudur. Küresel riskler dikkate alındığında olasılık ve etki eksenlerinde aşırı iklim olayları ve bulaşıcı hastalıklar ön plana çıkan riskler arasında yer almaktadır (WEF, 2021). Farklı küresel risklerin arasında etkileşimler de bulunmaktadır. Örneğin, iklim değişikliği karşısında yetersizlik, insan kaynaklı çevresel hasar ve biyoçeşitlilik kaybı birbirine önemli düzeyde bağlı olan ve bir riskin diğer riski tetiklediği küresel riskler olduğu bilinmektedir. Tek sağlık bakış açısından bu risklerin özellikle bulaşıcı hastalar ile de etkileşimleri

bulunmaktadır. Diğer yandan, yaşam koşullarında zorluklar ve zorunlu göç gibi toplumsal düzeyde zincirleme olarak devam eden etkiler nedeniyle bu küresel risklerin diğer etkileşimleri mevcuttur (WEF, 2022). Birbirine bağlı risk kümelerine karşı bilim insanları ve iş dünyasının bir araya gelerek bu risklerin azaltılması için birlikte çalışması ve toplumun birbirinden öğrenmesi bir gereklilik haline gelmiştir (Future Earth-ISC, 2021). Tüm bu nedenlerden dolayı stratejik bir yaklaşım olarak uygulanan birlikte geliştirme ve birlikte başarıya yaklaşımının güçlük alanlarına özel toplumsal yansımaları bulunmaktadır.

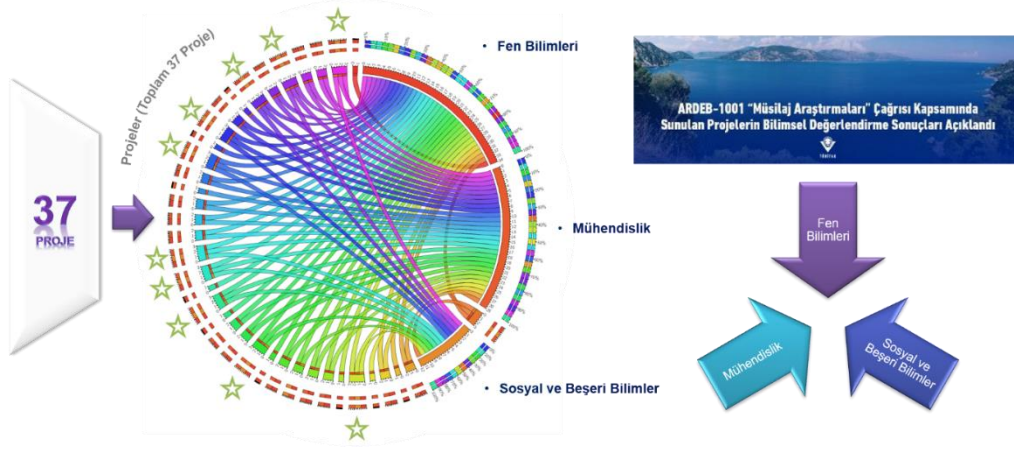
Küresel Salgına Yönelik Ekosistem Seferberliği

Dünya çapında öncü atılımlara yön verilmesi, çevik ve yeniliklere uyarlanabilir yaklaşımların uygulanması ve küresel rekabet gücünün artırılması önemli önceliklerin arasında yer almaktadır (STB, 2019). Bu kapsamda Millî Teknoloji Hamlesinde küresel riskler dikkate alınarak küresel salgın, doğal afetler ve iklim değişikliği alanlarında bilim ve teknoloji tabanlı ekosistem seferberliği güçlendirilmiştir. Küresel salgın ilan edilmeden önce aşı ve ilaç geliştirilmesine yönelik oluşturulan COVID-19 Türkiye Platformu'nda birlikte geliştirme ve birlikte başarıya odağında 49 kurum ve kuruluştan bir araya gelen 436 araştırmacının sağladığı ekosistem seferberliğinin önemli toplumsal yansımaları olmuştur (Mandal, 2021b). Aşı ve ilaç adaylarının geliştirme sürecinde düzenlenen sanal konferanslar aracılığıyla toplum ile gelişmelerin şeffaf bir yaklaşım ile paylaşılması sağlanmış olup toplumu bilgilendiren ve aynı zamanda sorularını yanıtlayan etkileşimli bir süreç içermiştir. Küresel salgına karşı Ar-Ge ve yenilik süreçlerinin etkin bir şekilde hızlandırılmasında ise şeffaflık ve işbirliği önemli faktörlerin arasında sayılmıştır (WHO, 2020). COVID-19 Türkiye Platformunun aşı ve ilaç adayları kapsamında klinik faz çalışmaları aşamasında da toplumsal katılım açısından önemli toplumsal yansımalar gerçekleşmiştir. Virüs benzeri parçacık (VLP) aşısının Faz 1 çalışmasında 38 gönüllü, Faz 2 çalışmasında 349 gönüllü ve Faz 2 sonrasında ileri aşama Faz 2B çalışmalarında 600 gönüllü dahil olmuştur. VLP dışında yenilikçi inaktif ve vektör bazlı adenovirüs aşı adaylarında da klinik faz çalışmaları toplumun katılımı ile mümkün olmuştur (TÜBİTAK, 2022i). Toplam 20.000 molekülün sanal olarak taranmasına dayalı olarak tespit edilen Montelukast dahil olmak üzere ilaç adaylarında da klinik faz çalışmaları yürütülmüştür. Sağlıklı yaşam yönünde etki oluşturması için önem taşıyan aşı ve ilaç gelişmeleri dışında küresel salgının sosyal, ekonomi ve beşerî etkilerinin incelenmesine yönelik “COVID-19 ve Toplum” odaklı sosyal ve beşerî bilimler çağrısında ise 97 araştırma projesi desteklenmiştir. Eğitim, iktisat, işletme, kitle iletişimi ve araçları, mimarlık ile şehir ve bölge planlama, psikoloji, sağlık, siyaset bilimi ve kamu yönetimi ile sosyoloji gibi alanları kapsayan projelerin sonuçları yine şeffaf bir yaklaşım ile toplumsal paydaşlar ile paylaşılmıştır (STB-TÜBİTAK, 2021). Küresel salgın dönemi bilim-toplum arayüzünü güçlendirmiştir.

Müsilaj ve Depremde Çok Disiplinli Araştırmalar

Çevre kirliliği ve iklim değişikliğinin ortak olarak tetiklediği müsilaj sorunu kapsamında deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik teknolojik çözümler ve bilinçlendirme (MMB, 2021), topluma uzanan vatandaş bilimi ve ayrıca müsilaj sorunun toplumsal etkilerinin incelenmesine yönelik çok disiplinli ve transdisipliner araştırmalar önemli rol almıştır. Müsilaj Araştırmaları Özel Çağrısı aracılığıyla müsilajın biyoçeşitliliğe etkilerinin araştırılması, restorasyon çalışmaları, müsilajın oluşum mekanizmalarının ortaya çıkarılması, denizel ortama girecek kirletici miktarının azaltılması, müsilajın bertarafı, müsilajın halk sağlığına etkileri ve sosyoekonomik etkilerinin analiz edilmesi alanlarına odaklanılmıştır. Desteklenen 37 projede 31 farklı kurum/kuruluştan 153 araştırmacı yerli ve millî çözümler oluşturmak üzere bir araya gelmiştir (TÜBİTAK, 2021a). Müsilaj

oluşumunun kaynağından önlenmesine yönelik çözümler, çoklu uydu sensörleri ile müsilağın tespit ve takip edilmesi, müsilağ için oşinografik erken uyarı sistemleri ile deniz taşımacılığı ve balıkçılık faaliyetleri gibi mavi ekonomi sektörleri üzerine bütünleşik etkilerin değerlendirilmesi de sağlanmaktadır. Fen bilimleri, mühendislik ile sosyal ve beşerî bilimler etkileşimlerinin 37 proje için ortaya konulduğu Şekil 1'de temsil edildiği gibi güçlük alanlarındaki ihtiyaçları karşılayabilecek çok disiplinli ve transdisipliner araştırmalar özel öneme haizdir. Toplam 37 projeden 10'u fen bilimlerini, mühendislik ile sosyal ve beşerî bilimleri birlikte ele almıştır. Müsilağ araştırmaları projelere ilişkin kamuoyunda bilim temelli farkındalığın oluşturulması için 5 oturumlu sanal etkinlikte araştırmacılar toplumsal paydaşlar ile buluşarak paylaşımlar yapmıştır.

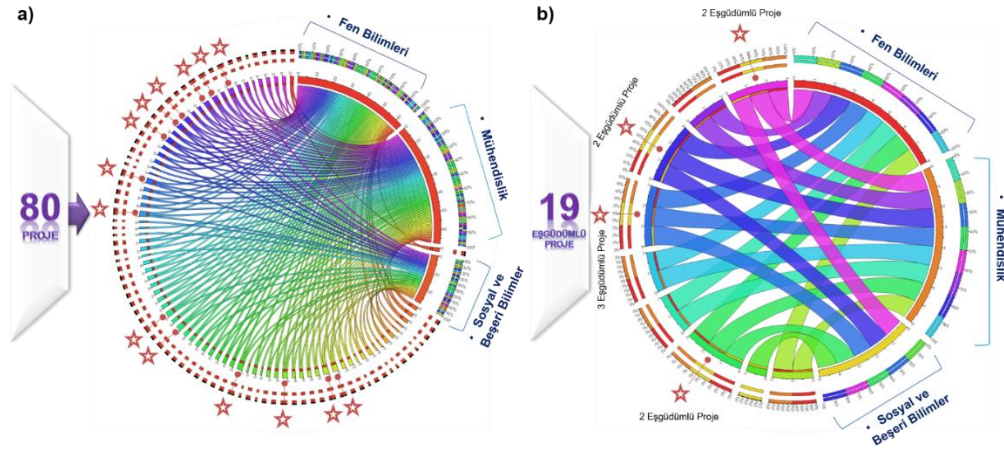


Şekil 1. Müsilağ araştırmaları özel çağrısında çok disiplinli ve transdisipliner araştırmaların gösterimi

Ülkemizin bulunduğu coğrafi konum itibariyle ekosistem seferberliğinin kritik önemde olduğu diğer bir alan deprem araştırmalarıdır. Doğa kaynaklı afetlere karşı afet yönetimi kapsamında ise afet öncesi, sırası ve sonrası için bilim ve teknoloji tabanlı çözümlerin artırılması bir gerekliliktir (JRC, 2017). Bu kapsamda Deprem Araştırmaları Çağrısında çok yönlü yer bilim araştırmaları, kapsamlı senaryo, öngörü ve analiz çalışmaları, deprem mühendisliğine yönelik dijital teknolojiler, arama-kurtarma faaliyetlerinde robotik sistemler, yenilikçi inşaat modelleri ve ileri malzeme teknolojileri, mimari tasarımlara yönelik mühendislik çözümleri ile depremin sosyo-ekonomik ve toplumsal yaygın etkileri odağında 80 proje desteklenmiştir (Mandal, 2021a). Bu projelerin içerisinde ortak amaç ve hedeflerde buluşan 19 eşgüdümlü projede deprem araştırmalarına yönelik birlikte geliştirme ve birlikte başarma yaklaşımı da yaygınlaştırılmıştır. Deprem Araştırmaları Çağrısının 80 projesi ve ayrıca 19 eşgüdümlü proje özelinde fen bilimleri, mühendislik ile sosyal ve beşerî bilimlerin alan dağılımı Şekil 2'de temsil edilmektedir.

Çağrı genelinde her üç alanı içeren projelerin toplam içerisindeki oranı %18 iken eşgüdümlü projelerin içerisindeki oranı %48 olarak gerçekleşmiştir. Örneğin, desteklenen projelerin arasında yer bilimleri, deprem mühendisliği, inşaat mühendisliği, şehir ve bölge planlama alanları ile eşgüdüm içererek kentsel dirençliliğin artırılmasına yönelik geliştirilen Deprem Senaryo Simülasyon Platformu bulunmaktadır. Depremlerin neden olabileceği fiziksel, ekonomik, sosyal, çevresel ve politik zarar ve kayıpların önlenmesi veya etkilerinin azaltılması için dirençli, güvenli ve hazırlıklı kentler, depreme dayanıklı ve deprem etkisini sönümleyici mimari tasarımlara yönelik etkili mühendislik çözümleri, risk yönetimine yönelik uydu ve yerleşik sensör verilerinden bütüncül olarak faydalanan yaklaşımlar ile dron

rotalama modelleri de desteklenen diğer projelerde geliştirilen yeniliklerin arasında yer almaktadır. Proje gelişmelerinin şeffaf bir yaklaşım içerisinde paylaşılması için düzenlenen Deprem Araştırmaları Çağrısı Projeleri Sanal Konferansında ise 11 oturumda araştırmacılar, toplum ve ilgili kurum ve kuruluşlar arasında etkileşim sağlanmıştır. Araştırmacılar 41 farklı üniversite ve araştırma enstitüsünden olup jeoloji mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, haberleşme mühendisliği, harita mühendisliği, inşaat mühendisliği, kamu yönetimi, psikoloji, sosyoloji ve eğitim bilimleri dahil çeşitli disiplinleri içermiştir.



Şekil 2. Deprem araştırmaları özel çağrısı projeleri genelinde (a) ve eşgüdümlü projelerin (b) alan gösterimleri

İklim Değişikliği ve Güçlük Alanlarında Toplum

Kritik bir güçlük alanı olarak yer alan iklim değişikliği, toplumsal sistemler düzeyinde dönüşümlerin gerçekleştirilmesini gerektirmektedir (IPCC, 2022). İklim değişikliğinin kritik eşik değeri olarak kabul edilen 1,5°C küresel ısınma düzeyinin aşılması için sera gazı salımlarının hızlı, kapsamlı ve süreklilik arz eden bir eğilimde azaltılması elzemdir (IPCC, 2022). İklim değişikliğinin yaygın etkileri dünya çapındaki doğal dengelere ve ekosistemlerin bütünlüğüne kadar uzandığı için toplumun doğal sistemler üzerinde sürdürülebilir olmayan baskılarının azaltılmasını sağlayan daha verimli sistemlere yönelik yaklaşımlar acil bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu kapsamda Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyumlu öncelikli Ar-Ge ve yenilik alanlarında TÜBİTAK'ın ilk çağrılarında 170 akademik proje ve KOBİ'lerin 34 projesi desteklenmiştir. Projelerde enerji depolama, lityum iyon piller, şebeke bağlantılı batarya enerji depolama, perovskit güneş hücreleri, yüksek başarılı rüzgâr enerjisi üretimi tahmin modeli, su-enerji-gıda-ekosistem etkileşimlerini dikkate alan dögüsel ekonomi çözümleri, yeşil kimya ile uyumlu katalitik yöntemler ve membranlar, nanoplastikler ve nanokompozit geri kazanımı, toprak kalitesi için biyoçar ve tarımda insansız hava araçları ve uydu sistemleri de geliştirilmektedir. Ayrıca, toplam 1948 girişimci firmanın desteklendiği Girişimcilik Destek Programı (BiGG) altında Yeşil Büyüme odaklı ilk tematik çağrıda yeşil büyüme odaklı iş planlarını gerçekleştirmek üzere 45 yeni girişimci desteklenmiştir (TÜBİTAK, 2022g). Ülkemizin Yeşil Dönüşüm Hamlesi ve 2053 yılı net-sıfır salım hedefi bünyesinde düzenlenen İklim Şurasının Bilim ve Teknoloji Komisyonunun 34 teknoloji tabanlı politika önerisi de İklim Şurası kararında kabul edilmiştir. Teknoloji tabanlı politika önerilerini yatay olarak kesen öneri ise iklim değişikliği ile mücadele edilmesinde ve uyum sağlanmasında ekosistem seferberliğinin güçlendirilmesine yönelik olmuştur. Ar-Ge insan kaynağı, teknoloji girişimciliği, birlikte

geliştirme odaklı işbirliği platformları, araştırma altyapılarının ortak kullanımı, finans, toplum ve bu hususları kolaylaştırıcı, destekleyici ve tamamlayıcı unsurların hepsinde bütünsel adımlar atılmaktadır.

Güçlük alanları genelinde değerlendirme yapıldığında, Ar-Ge ve yenilik süreçlerinde gerçekleştirilen dönüşüm kapsamında geleneksel bilimden 21. yüzyılın ihtiyaçlarını karşılayabilen gerekli olan bilime geçiş sağlanmaktadır (ISC, 2021b). Geleneksel bilimin özelliklerinde disiplin ve sektör ayrımlarının hâkim olması ve toplumsal ihtiyaç ve etkileşimlerden uzak kalması bulunmaktadır. Ayrıca birleşme sağlanamayan parçalı yaklaşımlar ve ortak hedeflere yeterince katkı sağlanamaması geleneksel bilimin diğer özelliklerindedir. İklim değişikliği başta olmak üzere 21. yüzyılın ihtiyaçlarını karşılayabilen gerekli olan bilimde ise kapsayıcı, entegre ve açık bilim ile toplumsal ihtiyaçlar odaklı olması ve etkin etkileşimlerin gerçekleştirilmesi ön plandadır. Bilim tabanlı kapsamlı yaklaşımların gerekliliği ve ortak hedeflere çok disiplinli katkıların sağlanması da gerekli olan bilimi tanımlayan özelliklerdir. Anahtar kelimelerini özetle kapsayıcılık, bütünsel yaklaşımlar, şeffaflık ve etkileşim oluşturmaktadır. Bu anahtar kelimeler birlikte geliştirme ve birlikte başarma yaklaşımı için önem taşıdığı gibi Millî Teknoloji Hamlesinde toplumsal seferberlik yaklaşımını da ifade etmektedir. Dünya genelinde gelecek yıllar için tanımlanan araştırma ortamı senaryolarında ise açık bilim, işbirliği ve teknolojik dönüşüm içeren senaryolar (Elsevier, 2022) güçlük alanları için daha etkili olabilecektir. Ekosistemin ortak amaçlarda bulunduğu sürdürülebilirlik odaklı yenilik sistemlerine doğru yönelim bulunmaktadır (Kalkış, 2016).

Sonuç: Dörtlü Sarmal İşbirliğinin Geleceği ve Toplum

Cumhuriyetimizin 100. yılı olan 2023 yılına ulaşılır iken yerli ve millî teknolojiler odağında kritik teknolojilerde bağımsızlığın sağlanması ve sürdürülebilir geleceğe katkı sağlayacak olan çevre dostu yeşil teknolojilerin geliştirilmesi stratejik öneme sahiptir. Millî Teknoloji Hamlesi ile toplumsal refah artışı ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma için etki oluşturulması (STB, 2019) sürecinde toplum ile dörtlü sarmal işbirliğinin yansımaları gerçekleştirilmekte olan toplumsal seferberliğin yansımalarıdır. Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımaları olarak ele alınan değerlendirmeler (i) teknolojik kazanımların toplumsal yansımaları, (ii) genç insan kaynağına yönelik toplumsal yansımalar ve (iii) güçlük alanlarındaki çözümlerde toplumsal yansımalar kapsamında bu kitap bölümünde incelenmiştir. Değerlendirmelerde vurgulandığı gibi Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal yansımaları birlikte geliştirme ve birlikte başarma yaklaşımı odağında ekosistem seferberliğinin temel unsurlarındandır. Dörtlü sarmal işbirliği ile uyumluluk içerisinde üniversite, sanayi, kamu kurum ve kuruluşları ile toplumu içerisine alan yaklaşımların başarıya ulaşması, toplumun bir ekosistem aktörü olarak sağladığı katkı ve etkileşimler ile mümkündür. Ülkemizin 2053 yılı net-sıfır salım hedefine dayalı olarak yerli ve millî teknolojiler ile daha sürdürülebilir bir geleceğin elde edilmesinde ekosistemin seferberliği kritik önem taşımaya devam edecektir. Millî Teknoloji Hamlesinin toplumsal boyutu stratejik bir konumda olup toplum ile birlikte geliştirme ve toplum ile birlikte başarma yaklaşımı artarak sürdürülecektir.

Kaynakça / References

- Deneyap Türkiye. (2022). *Deneyap Teknoloji Atölyeleri*. <https://www.deneyapturkiye.org/>
- Duran, B. (2022). Sanayi ve Teknoloji Bakanı Mustafa Varank: Millî Teknoloji Hamlesi Bu Ülkenin Hem Geleceği Hem Refahı Hem De Bağımsızlığıdır. *Kriter Dergisi*. <https://kriterdergi.com/mustafa-varank/sanayii-ve-teknoloji-bakani-mustafa-varank-milli-teknoloji-hamlesi-bu-ulkenin-hem-gelecegi-hem-refahi-hem-de-bagimsizligidir>
- Elsevier. (2022). *Research Futures 2.0: A new look at the drivers and scenarios that will define the decade*. https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0017/1250423/Research-Futures-2_0-Full-Report.pdf
- Future Earth-ISC. (2021). *Global Risks Perceptions Report 2021*. <https://futureearth.org/wp-content/uploads/2021/12/GlobalRisksPerceptionsReport2021.pdf>
- González-Martinez, P., García-Pérez-de-lema, D., Castillo-Vergara, M., & Hansen, P. B. (2021). Systematic Review of The Literature on The Concept of Civil Society in The Quadruple Helix Framework. In *Journal of Technology Management and Innovation*. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242021000400085>
- İletişim Başkanlığı. (2021). *Türkiye'nin Yeşil Kalkınma Devrimi*. Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı Yayınları. https://www.iletisim.gov.tr/images/uploads/dosyalar/Turkiyenin_Yesil_Kalkinma_Devrimi.pdf
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- ISC. (2021a). *Public Perceptions and Understandings of Science: From International Contexts to Institutional Responses*. <https://council.science/wp-content/uploads/2020/06/Public-perceptions-of-science-v2-2021-10-27.pdf>
- ISC. (2021b). *Transformations Within Reach: Pathways to a Sustainable and Resilient World - Strengthening Science Systems*. <https://council.science/wp-content/uploads/2020/06/IIASA-ISC-Reports-Science-Systems.pdf>
- JRC. (2017). *Science for Disaster Risk Management 2017*. <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/knowledge/science-for-drm/science-for-disaster-risk-management-2017>
- Kılıç, Ş. (2016). Sustainability-oriented innovation system analyses of Brazil, Russia, India, China, South Africa, Turkey and Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.138>
- Leydesdorff, L., & Smith, H. L. (2022). Triple, Quadruple, and Higher-Order Helices: Historical Phenomena and (Neo-)Evolutionary Models. In *Triple Helix*. <https://doi.org/10.1163/21971927-bja10022>
- Lieberman, M. (2021). These Are the Skills Students Need in a Post-Pandemic World. *Education Week*. <https://www.edweek.org/technology/top-u-s-companies-these-are-the-skills-students-need-in-a-post-pandemic-world/2021/03>
- Mandal, H. (2020). Yeni Normal Dönemde Ar-Ge ve Yenilik Yaklaşımları ve Birlikte Geliştirme Çözümleri. In *Küresel Salgının Anatomisi: İnsan ve Toplumun Geleceği* (pp. 216–234). <https://doi.org/10.53478/TUBA.2020.033>

- Mandal, H. (2021a). Special Issue Preface: Active Tectonics and Seismicity of the Aegean Region with special emphasis on the Samos Earthquake struck on 30 October 2020. *Türkish Journal of Earth Sciences*, 30(6), 1.
- Mandal, H. (2021b). Achievements of the COVID-19 Turkey Platform in vaccine and drug development with an approach of co-creation and succeeding together. *Türkish Journal of Medical Sciences*, 51(SI-1), 3139–3149. <https://doi.org/10.3906/sag-2112-178>
- Mandal, H. (2022). Türkiye'nin Bilim ve Teknoloji Yolculuğunda TÜBİTAK Faaliyetleri. *Kriter Dergisi*. <https://kriterdergi.com/yazar/hasan-mandal/turkiyenin-bilim-ve-teknoloji-yolculugunda-tubitak-faaliyetleri>
- MMB. (2021). *Marmara Denizi Müsilaj Çalışmaları*. <https://marmara.gov.tr/marmara-denizi-eylem-planı/>
- Patent Effect. (2022). *Türkiye'nin Patent Raporu 2021*. <https://www.patentraporu.com/turkiyenin-patent-raporu-2021>
- Skarzauskiene, A., & Mačiulienė, M. (2021). Citizen science addressing challenges of sustainability. In *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su132413980>
- STB-TÜBİTAK. (2021). *COVID-19 ve Toplum: Salgınun Sosyal, Ekonomik ve Beşeri Etkileri Bulgular, Sonuçlar ve Öneriler*. https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/20689/covid_19_ve_toplum_salginin_sosyal_beseri_ve_ekonomik_etkileri_sorunlar_ve_cozumler.pdf
- STB. (2019). *2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi*. <https://www.sanayi.gov.tr/2023-sanayi-ve-teknoloji-stratejisi>
- STB. (2021). *Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı Makine Sektörü Çağrısı*. <https://hamle.gov.tr/Home/OncekiCagrilarDetay/1>
- TEKNOFEST. (2022). *TEKNOFEST Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali Yarışmaları*. <https://www.teknofest.org/tr/competitions/>
- TÜBİTAK. (2021a). *Marmara Denizi'nde Müsilaj ile Mücadelede TÜBİTAK Destekli Çalışmalar İlk Kez Kamuoyuna Açıklandı*. <https://tubitak.gov.tr/tr/haber/marmara-denizinde-musilaj-ile-mucadelede-tubitak-destekli-calismalar-ilk-kez-kamuoyuna-aciklandi>
- TÜBİTAK. (2021b). *Stajyer Araştırmacı Burs Programı (STAR) 2021 Yılı 1. Çağrısı Sonuçları Açıklandı*. <https://tubitak.gov.tr/tr/duyuru/stajyer-arastirmaci-burs-programi-star-2021-yili-1-cagrisi-sonuclari-aciklandi>
- TÜBİTAK. (2021c). *Ticarileşme İzleme Süreci Oluşturulmuştur*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/duyuru/teydeb-tarafindan-desteklenen-projelerin-destek-sureci-tamamlandiktan-sonrasi-icin-ticarilesme>
- TÜBİTAK. (2022a). *Aziz Sancar Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/burslar/doktora-sonrasi/arastirma-burs-programlari/icerik-2219-aziz-sancar-yurt-disi-doktora-sonrasi-arastirma-burs-programi>
- TÜBİTAK. (2022b). *Efficiency Challenge (EC) Elektrikli Araç Yarışları Başvurularında Rekor Artış*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/duyuru/efficiency-challenge-ec-elektrikli-arac-yarislari-basvurularinda-rekor-artis>

- TÜBİTAK. (2022c). *İnsansız Hava Araçları (İHA) Yarışmaları Başvurularında Büyük Artış*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/duyuru/insansiz-hava-araclari-ihayarismalari-basvurularinda-buyuk-artis>
- TÜBİTAK. (2022d). *Patent Lisans 2021-2 Çağrısı Sonuçları Açıklandı*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/duyuru/1702-patent-lisans-2021-2-cagrisi-sonuclari-aciklandi>
- TÜBİTAK. (2022e). *Stajyer Araştırmacı Burs Programı (STAR)*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/burslar/lisans/burs-programlari/icerik-2247-c-stajyer-arastirmaci-burs-programi-star>
- TÜBİTAK. (2022f). *Teknolojiye ve Teknolojinin İtici Gücü Olan Bilime Adanmış bir Yıl 2021*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/teknolojiye-ve-teknolojinin-itici-gucu-olan-bilime-adanmis-bir-yil-2021>
- TÜBİTAK. (2022g). *TÜBİTAK BiGG 2021-2 Yeşil Büyüme Çağrısının Sonuçları Belli Oldu*. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/duyuru/tubitak-bigg-2021-2-yesil-buyume-cagrisinin-sonuclari-belli-oldu>
- TÜBİTAK. (2022h). *TÜBİTAK Bilim Merkezleri*. <https://bilimmerkezleri.tubitak.gov.tr/>
- TÜBİTAK. (2022i). *TÜBİTAK Destekli Adenoviral Vektör Bazlı COVID-19 Aşısında Kritik Gelişme*. <https://tubitak.gov.tr/tr/haber/tubitak-destekli-adenoviral-vektor-bazli-covid-19-asisinda-kritik-gelisme>
- WEF. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/>
- WEF. (2021). *The Global Risks Report 2021*. <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2021/>
- WEF. (2022). *The Global Risks Report 2022*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf
- WHO. (2020). *A Coordinated Global Research Roadmap: 2019 Novel Coronavirus*. <https://www.who.int/publications/m/item/a-coordinated-global-research-roadmap>

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Hasan MANDAL | TÜBİTAK Başkanı | ORCID: 0000-0002-0050-6648

Prof. Dr. Hasan Mandal, doktora unvanını 1992'de Newcastle Üniversitesi'nden almıştır. Doktora sonrası araştırmalarını Newcastle Üniversitesi'nde (1992-1994) ve Alexander Humboldt Bursu ile Karlsruhe Üniversitesinde (1997-1998) gerçekleştirmiştir. 1994 yılında Anadolu Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümünde Yardımcı Doçent olarak göreve başladıktan sonra 1996'da Doçent ve 2001'de Profesör unvanını elde etmiştir. 75'si SCI kapsamındaki dergilerde yayınlanmış toplam 140'ın üzerinde eseri, h-indeksi 22 olmak üzere 1740 atfı ve 6 adet uluslararası patenti bulunan Prof. Mandal TÜBİTAK Bilim Ödülü dahil olmak üzere ulusal ve uluslararası düzeyde farklı ödüllere layık görülmüştür. Kendisi TÜBA, Dünya Seramik Akademisi ve Avrupa Akademisi üyesidir. Prof. Mandal, Mart 2015'te YÖK Üyeliğine atanmıştır. Nisan 2015'te YÖK Yürütme Kurulu Üyesi, Temmuz 2016'da YÖK Başkan Vekilliğine seçilmiş ve bu görevlerini Ocak 2018'e kadar sürdürmüştür. Prof. Mandal Ocak 2018'den Şubat 2018'e kadar Sabancı Üniversitesi Rektör Vekili olarak görev yapmıştır. 22 Şubat 2018 tarihinde TÜBİTAK Başkanı olarak atanmış, 8 Ekim 2018 tarihinde Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu üyeliğine atanmış ve 1 Kasım 2018 tarihinde Başkan Vekilliği görevine seçilmiştir. Prof. Mandal 27 Nisan 2019 tarihinde YÖK üyeliğine seçilmiştir. TÜBİTAK Başkanı olarak tekrar atanarak ikinci dönemi 21 Şubat 2022 tarihinde başlamıştır.

Prof. Dr. Hasan MANDAL | President of TÜBİTAK | ORCID: 0000-0002-0050-6648

Prof. Hasan Mandal attained his Ph.D. degree from Newcastle University in 1992. Post-doctoral studies were undertaken at Newcastle University (1992-1994) and Karlsruhe University (1997-1998) as an Alexander Humboldt scholar. In 1994, Mandal became Assistant Professor in the Department of Ceramic Engineering at Anadolu University, receiving an Associate Professor status in 1996 and tenured professor status in 2001. With more than 140 publications, 75 in SCI journals, an h-index of 22, 1740 citations, and 6 international patents, Prof. Mandal holds various national and international awards, including the TÜBİTAK Science Award. He is a member of TÜBA, World Academy of Ceramics, and Academia Europaea. Prof. Mandal was appointed as a member of the Council of Higher Education (CoHE) in March 2015, elected to the Executive Board of CoHE in April 2015, and the Deputy Chairman of CoHE in July 2016. Prof. Mandal served in these positions until January 2018 and as Deputy Rector of Sabancı University from January to February 2018. He was assigned as the President of TÜBİTAK on February 22, 2018, appointed as a member of the Presidential Science, Technology and Innovation Policies Council on October 8, 2018, and elected as the acting president on November 1, 2018. He was elected as a board member of the Council of Higher Education in April 2019. The second term of Prof. Mandal as the President of TÜBİTAK through appointment commenced on February 21, 2022.