



Rentocchini, F., Vezzani, A., Montresor, S.

2024



Bu belge, Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi servisi olan Ortak Araştırma Merkezi'nin (JRC) bir yayınıdır. Avrupa politika oluşturma sürecine kanıta dayalı bilimsel destek sağlamayı amaçlamaktadır. Bu yayının içeriği Avrupa Komisyonu'nun pozisyonunu veya görüşünü yansıtmak zorunda değildir. Ne Avrupa Komisyonu ne de Komisyon adına hareket eden herhangi bir kişi bu yayının kullanımından sorumlu değildir. Bu yayında kullanılan ve kaynağı ne Eurostat ne de diğer Komisyon hizmetleri olan verilerin altında yatan metodoloji ve kalite hakkında bilgi almak için, kullanıcılar atıfta bulunulan kaynakla irtibata geçmelidir. Haritalarda kullanılan tanımlamalar ve materyallerin sunumu, Avrupa Birliği'nin herhangi bir ülke, bölge, şehir veya alanın veya yetkililerinin yasal statüsü veya sınırlarının veya sınırlarının sınırlandırılmasıyla ilgili herhangi bir görüş ifade ettiği anlamına gelmez.

Bu belge, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi - Yenilik ve Büyüme Müdürlüğü ile Araştırma ve Yenilik Genel Müdürlüğü - F, Refah Müdürlüğü tarafından ortaklaşa yürütülen Küresel Endüstriyel Araştırma ve Yenilik Analizleri (GLORIA) faaliyetleri kapsamında hazırlanmıştır. GLORIA, Avrupa Birliği'nin Horizon 2020 araştırma ve yenilikçilik programından fon almıştır.

Her türlü yorum e-posta ile gönderilebilir: JRC-B6-secretariat@ec.europa.eu, Faaliyetler ve yayınlar da dahil olmak üzere daha fazla bilgiye <https://iri.jrc.ec.europa.eu/home/> adresinden ulaşılabilir.

İletişim bilgileri

E-posta: JRC-B6-secretariat@ec.europa.eu

AB Bilim Merkezi

<https://joint-research-centre.ec.europa.eu>

JRC133670

Sevilla: Avrupa Komisyonu, 2024

© Avrupa Birliği, 2024



Avrupa Komisyonu belgelerinin yeniden kullanım politikası, Komisyon belgelerinin yeniden kullanımına ilişkin 12 Aralık 2011 tarihli ve 2011/833/EU sayılı Komisyon Kararı ile uygulanmaktadır (OJ L 330, 14.12.2011, s. 39). Aksi belirtilmedikçe, bu belgenin yeniden kullanımına Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) lisansı altında izin verilmektedir (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Bu, uygun şekilde atıfta bulunulması ve değişikliklerin belirtilmesi koşuluyla yeniden kullanıma izin verildiği anlamına gelmektedir.

Bu rapora nasıl atıfta bulunulur? Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkezi, Rentocchini, F. Vezzani, A., Montresor, S., *Walking the Green Line: Devlet Destekli Ar-Ge ve Temiz Teknolojiler*, Avrupa Komisyonu, Seville, 2024, JRC133670.

İçindekiler

Özet	2
Teşekkür	3
Yönetici özeti	4
1 Giriş	5
2 Veriler ve açıklayıcı kanıtlar	8
3 Tahmin stratejisi ve değişkenler	11
4 Sonuçlar	13
4.1 Çekirdek tahminleri	13
4.2 Devlet destekli Ar-Ge'nin yayılma etkilerinin ayrıştırılması	15
4.3 Sağlamlık testleri	17
4.4 Devlet destekli Ar-Ge'nin dağılımsal etkileri	21
5 Son Sözler	24
Referanslar	25
Şekillerin listesi	28
Tabloların listesi	29
Ekler	30
Bir Veri Yapısı	31
B. Sağlamlık Kontrolleri ve Özellikler	33
Sonuç ve tedavi modellerinin yanlış belirlenmesi: iki kat sağlam tahminciler	33
IPW tedavi modelinden ve alternatif ağırlıklardan elde edilen sonuçlar	35
Devlet destekli temiz teknolojilerin alternatif dağılımsal etkileri	41

Özet

Devlet destekli Ar-Ge'nin, sonraki teknolojik gelişme üzerinde yüksek etkiye sahip temiz teknolojilerin geliştirilmesini teşvik edip etmediğini inceliyoruz. Analizde 2005 ve 2015 yılları arasında verilen USPTO patentlerine ilişkin bilgiler kullanılmakta ve projelerin kamu finansmanına ve rastgele olmayan (kamu) muameleye göre olası sıralamasını kontrol etmek için farklı yöntemler birleştirilmektedir. Ayrıca devlet destekli Ar-Ge'nin dağılımsal etkisini de değerlendiriyoruz. Sonuçlar, kamu tarafından finanse edilen projelerden alınan patentlerin önemli ölçüde daha yüksek bir etkiye sahip olduğunu ve bunun özellikle yüksek atıf alan patentler için geçerli olduğunu, dolayısıyla temiz bir teknolojik geçişin belirlenmesinde teknoloji itici politikaların rolünü desteklediğini göstermektedir.

Teşekkür

Yazarlar, Amerikan Ekonomi Derneği'nin ortak yazarların rastgele sıralanmasına ilişkin yönergelerine uygun olarak rastgele sırayla listelenmiştir. Tüm ortak yazarlar tarafından bir onay formu imzalanmıştır, dijital onay kodu: _5DcvWHF8IZK.

Bu makalenin önceki bir versiyonu aşağıdaki etkinliklerde sunulmuştur: GDS17 çalışma grubu semineri, Roma Tre Üniversitesi, 9 Mayıs 2022; EC-JRC IID seminer serisi, 16 Mayıs 2022; Eko-inovasyon topluluğunun 1. yıllık çalıştay, Ferrara Üniversitesi, 10-11 Kasım 2022; INNOVA MEASURE V Final Çalıştay, JRC-ISPRA, 18 Nisan 2023; Eko-inovasyon, döngüsel ekonomi ve firma performansı üzerine IV çalıştay, Barcelona Üniversitesi, 20-21 Nisan 2023. Ayrıca iki anonim hakeme ve çalışma raporu serisinin editörüne faydalı önerileri için teşekkür ederiz.

Francesco Rentocchini şu anda Avrupa Komisyonu'nun bir çalışanıdır. İfade edilen görüşler tamamen kendi kişisel görüşleridir ve hiçbir koşulda Avrupa Komisyonu'nun resmi bir pozisyonunu ifade ettiği şeklinde değerlendirilemez. Olağan uyarılar geçerlidir.

Yazarlar

Francesco Rentocchini: Avrupa Komisyonu, JRC Seville ve DEMM, Milano Üniversitesi. Sorumlu yazar: Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkezi (JRC). Ofis 00/017, Edificio Expo, calle Inca Garcilaso 3, 41092 Sevilla, İspanya. E-posta: francesco.rentocchini@ec.europa.eu

Antonio Vezzani: Rennes İşletme Fakültesi, Strateji ve İnovasyon Bölümü Sandro Montresor:

Gran Sasso Bilim Enstitüsü.

JRC Kurumsal R&Ç Çalışma Raporları ID and Innovation Alexander Tübke ve James Gavigan'ın editörlüğünde, Avrupa Komisyonu - Ortak Araştırma Merkezi'nden Sofia Amaral-Garcia, Fernando Hervás, Koen Jonkers, Francesco Rentocchini ve Alman Ekonomik Araştırmalar Enstitüsü'nden Sara Amoroso'nun işbirliğiyle yayımlanmıştır, DEU), Michele Cincera (Solvay Brussels School of Economics and Management, Université Libre de Bruxelles, BEL), Alex Coad (Waseda University, Tokyo, JAP), Enrico Santarelli (University of Bologna, ITA), Daniel Vertesy (International Telecommunication Union, CHE - ve UNU-MERIT, NLD), Antonio Vezzani (Roma Tre University, ITA); Marco Vivarelli (Università Cattolica del Sacro Cuore, Milan, ITA) ve Zoltan Csefalvay (Mathias Corvinus Collegium, HUN).

Yönetici Özeti

Bu çalışma, temiz teknolojilerin geliştirilmesi ve benimsenmesinde kamu politikasının rolünün, özellikle de devlet destekli Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) programlarının etkisinin eleştirel bir analizini sunmaktadır. Çalışma, kamu Ar-Ge politikalarının önemli bilgi yayımları ile temiz teknolojilerin iletilmesi üzerindeki etkisine dair ampirik kanıtlar sunmayı amaçlamaktadır.

Sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik küresel taahhüde rağmen, temiz teknolojilere yönelik kamu desteği düzeyi 2011 yılından bu yana OECD ülkeleri arasında tutarsızlık göstermektedir. Temiz teknolojilerin gelişimi durgunlaşmıştır ve özel sektörün bu alanda yenilik yapma teşviki azalmış görünmektedir. Bu durum, temiz teknolojilerin geliştirilmesini teşvik eden Ar-Ge politikalarının etkinliğinin yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Bu çalışma, iklim değişikliği ekonomisinde kamu eylemine duyulan ihtiyacın altını çizmektedir. Karbon vergisi gibi piyasa temelli politikalar, üstün, temiz teknolojilerin uzun vadeli faydalarını içselleştiremedikleri için yeterli değildir. Bu nedenle, inovasyonu kirli teknolojilerden temiz teknolojilere yönlendirmek için Ar-Ge sübvansiyonları gereklidir.

Bu çalışma, kamu Ar-Ge'si gibi bilim itici politikaların, yenilikleri ve sonraki teknolojik ilerlemeler için temel unsurlar olarak rolleri nedeniyle yeni temiz teknolojiler üzerinde derin bir etkiye sahip olmasının beklendiğini ortaya koymaktadır. Kamu Ar-Ge'si, yeni bir teknolojik paradigmanın temelini oluşturan yüksek etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmede çok önemlidir.

Ampirik araştırmamızda, teknoloji itme politikasının etkisini incelemek için 2005 ve 2015 yılları arasında USPTO tarafından verilen patentleri, bir ABD fon ajansı ile yapılan tedarik sözleşmeleri veya araştırma hibeleri ile bağlantılı olarak kullanıyoruz. Sonuçlar, devlet destekli temiz teknolojilerin sonraki inovasyonlar üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır; desteklenen teknolojiler 5 yıllık bir süre içinde desteklenmeyenlere kıyasla yaklaşık %26 daha fazla atıf almaktadır. Bu etki, sonraki teknolojik gelişme üzerinde en yüksek etkiye sahip temiz teknolojiler arasında kaydedilmiştir.

Bu analiz iki önemli sonuç ortaya koymaktadır:

- İklim değişikliği politika modellemesi, politikaları dışsal olarak ele almak yerine, politikaların teknolojilerin bilgi yayımları üzerindeki potansiyel etkisini kabul etmelidir.
- İklim değişikliği politikalarının uygulanmasında, sürdürülebilir büyümeye yönelik teknik değişimi hızlandırmak için Ar-Ge desteği standart piyasa çekme müdahalelerine eşlik etmelidir. Bu argüman, 2011 yılından bu yana OECD ülkelerinde gözlemlenen teknoloji destek politikalarındaki dönüş eğilimini tersine çevirmek için bir gerekçe sunmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, etkili temiz teknolojilerin teşvik edilmesinde devlet destekli Ar-Ge'nin kritik rolünü vurgulamaktadır. Bulgular, politika yapımcıların sürdürülebilir büyümeyi sağlamak ve iklim değişikliğini azaltmak için Ar-Ge programlarını güçlendirmeleri için ikna edici bir argüman sunmaktadır.

1 Giriş

Sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğini hafifletmenin en önemli yoludur (IPCC, 2022). İnovasyon politikası paketleri maliyetlerin düşürülmesini sağlamış ve düşük emisyonlu teknolojilerin küresel olarak benimsenmesini desteklemiştir. Bununla birlikte, emisyon azaltımının önemli bir kısmı, hala embriyonik olan ve yüksek teknolojik ve piyasa belirsizliği ile işaretlenen yeni temiz teknolojilere bağlı olacaktır (IEA, 2021). Bu durum özel girişimlerin önünde bir engel teşkil etmekte ve kamu politikalarının desteğini bu teknolojilerin gelişimi için hayati hale getirmektedir. Bu amaçla, bazı hükümetler, ABD'de ARPA-E programı ve AB'de İnovasyon Fonu gibi çevresel inovasyonu teşvik etmek için Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) programlarını güçlendirmiştir.

Bununla birlikte, temiz teknolojilere yönelik kamu desteği görüldüğünden daha az sistematiktir. OECD genelinde, 2011'den itibaren teknoloji destek politikalarının (sıklık) seviyesi 2016'ya kadar düşmüş ve daha sonra 2011'deki zirveye ulaşmadan dağınık bir artış yaşamıştır (Kruse vd., 2022). Bu durum, çevre patentlerinin ortaya koyduğu gibi temiz teknolojilerin gelişimi durmuş ve son yıllara kadar sürekli bir yavaşlama sürecine girmiştir (Dechezleprêtre ve Kruse, 2022; IEA, 2020). Yeni temiz teknolojiler geliştirmeye yönelik özel teşvikler azalmış olabilir ve bu nedenle bütçelerini haklı çıkarmak için Ar-Ge politikalarının bunları geri kazanmadaki etkinliği hakkında kanıtlara ihtiyaç vardır.

Kamu eyleminin önemi, iklim değişikliği ekonomisinin iyi bilinen bir özelliğidir (Stern, 2008; Nordhaus, 2019). Farklı kaldıraçlar arasında, Ar-Ge'ye yönelik kamu desteğinin rolü, piyasa temelli ve düzenleyici yaklaşımlara kıyasla daha az incelenmiştir. Teknik değişimin sürdürülebilir büyümeye doğru yönlendirilmesindeki rolüne rağmen, kamu Ar-Ge'sinin bu rolü oynamadaki gücü konusunda bir boşluk bulunmaktadır: sonraki teknolojik gelişmeler için basamak taşı görevi gören çevresel yenilikleri kolaylaştırıyor mu?

Teorik açıdan bakıldığında, yakın zamanda çevreye uygulanan içsel büyüme modelleri, teknik değişimin patikaya bağlı doğası göz önüne alındığında, politikanın temiz teknolojilerin gelişimi için çok önemli olduğunu göstermiştir (Acemoğlu vd., 2012; 2016; Hémous ve Olsen, 2021). Karbon vergisi gibi tek başına piyasa temelli bir politika yeterli değildir (Acemoğlu vd., 2012). Piyasa, üstün teknolojilerin uzun vadede getireceği indirimli faydaları göz önünde bulundurmaksızın, anlık karlara bakarak inovasyona kaynak ayırmaya devam ettiğinden, kirli teknoloji sektörü, karbon vergisi olsa bile yerleşikler için ilk en iyi tahsisat olmaya devam edebilir. İnovasyonu kirli teknolojilerden temiz teknolojilere yönlendirmek için, piyasanın uzun vadede temiz teknolojilerin özel ve sosyal daha yüksek getirilerini içselleştirmesini sağlayacak Ar-Ge sübvansiyonlarına ihtiyaç vardır.

Aynı arka planı takiben, kamu Ar-Ge'si gibi bilim-itme politikalarının yeni temiz teknolojiler üzerinde, yenilikleri ve sonraki teknolojik gelişim için temel bileşenler olarak rolleri ile ilgili daha derin bir etkiye sahip olması beklenebilir (Trajtenberg vd., 1997). Kısa vadede özel teşvikler üzerinde etkili olan piyasa-çekme politikalarının aksine, bilim-itme politikaları, zaman ufku daha uzun olan temiz teknolojilerin beklenen sosyal değerini artırır ve mucitlere daha radikal yenilikler üzerinde çalışma teşvikleri sağlar. Diğer teknolojilerde olduğu gibi (Acemoglu ve Linn, 2004; Dranove vd., 2020; Dubois vd., 2015; Finkelstein, 2004), yeni bir teknolojik paradigmanın ortaya çıkmasında temel basamak taşlarını temsil eden yüksek etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmek için kamu Ar-Ge'sine ihtiyaç duyulduğu söylenebilir. Bu argümanın arkasındaki sezgiye rağmen, destekleyici teorik mekanizmalar henüz tam olarak ele alınmamıştır. Ayrıca, Ar-Ge politikasının bu özel etkisinin gerçekte ne ölçüde gerçekleştiği hala sistematik ampirik kanıtlardan yoksundur.

Bu boşluğu doldurmak için, devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki yenilikler üzerinde büyük bilgi yayımları olan temiz teknolojilerin geliştirilmesini kolaylaştırıp kolaylaştırmadığını inceliyoruz. Teknik değişimi karakterize eden yol bağımlılığı (Acemoğlu vd., 2012) göz önüne alındığında, politika etkisinin önemli bir kısmı aslında yeni geliştirilen yeşil teknolojilerin sonraki teknolojilerin geliştirilmesi için sahip olduğu (bilgi) değerinden geçmektedir. Yol-bağımlılık hipotezi ile tutarlı olarak,

Politika kaynaklı temiz teknolojilerin daha büyük yayılmalar göstermesi halinde, bunlar sonraki teknolojik gelişmeler üzerindeki etkileri yoluyla temiz bilginin yayılmasını teşvik edebilirler.

Bunun gerçekleşmesini, firmaların bilgi yayılımı açısından yüksek etkiye sahip yenilikçi sonuçlar veren radikal yeni araştırma projelerine (Azoulay vd., 2019) yatırım yapma kararlarına atıfta bulunarak bekliyoruz. Bu projeler tipik olarak riskli ve erken aşamadadır ve bu nedenle daha düşük etkili projelere kıyasla marjinal faydalarını daha büyük ölçüde aşan marjinal maliyetlerle işaretlenir. Bu durum farklı mekanizmalardan kaynaklanmaktadır. Öncelikle, yüksek etkili yenilikçi sonuçlar taklit edilme riskini artırır ve bu da yenilikçi zaman içinde bunların gerçekleştirilmesini geciktirmeye teşvik eder (Mukherjee ve Pennings, 2004). Ayrıca, daha büyük bir etkiye sahip olmak doğal olarak erken inovasyon yapanların daha sonraki inovasyon yapanlar üzerinde dinamik olarak sahip olabileceği dışsallıkları artırır, birincilerin sahip olabileceği getirileri ve dolayısıyla ilgili yatırımları üstlenme teşviklerini azaltır (Scotchmer, 1991). Bu nedenlerden dolayı, firmalar genellikle yüksek etkili projelere yatırım yapmayı karlı bulmazlar ve bu projelerin gerçekleştirilmesi önemli ölçüde kamu desteğine bağlıdır. Aynı şekilde, devlet destekli Ar-Ge'nin desteklediği marjinal teknolojinin, desteklenmeyenlere kıyasla daha yüksek bilgi yayılımına sahip olması beklenebilir.

Bu farklı etki, Azoulay ve diğerleri (2019) tarafından bilimsel hibelerin ilaç ve biyoteknoloji sektörlerinde firmaların patent almaları üzerindeki etkisine bakılarak bulunmuştur. Onların sonuçlarına yol açan altta yatan mekanizmaların temiz teknolojiler açısından da geçerli olması beklenmektedir. Bunlar, gelişimi temiz olmayanlara kıyasla daha çeşitli ve yeni teknolojik bileşenlerin bir araya getirilmesine dayanan ve bu nedenle daha büyük ve daha belirsiz bir bilişsel çaba gerektiren teknolojilerdir (Barbieri vd., 2020). Ayrıca, temiz teknolojilere yapılan yatırımların firmalara yalnızca yüksek enerji maliyetlerinin varlığında olumlu getiri sağladığı kanıtlanmıştır, bu da pazar belirsizliğini artırmaktadır (Popp, 2002). Bu durum, firmaların yeni, yüksek etkili temiz teknolojilere yatırım yapma teşviklerini daha da kısıtlamaktadır. Bu tür teknolojilerin devlet destekli Ar-Ge'den destek alma olasılığı daha yüksektir.

Temiz teknolojilerin gelişimine ilişkin ampirik araştırmalardaki bir boşluğu doldurarak, durumun gerçekte ne ölçüde böyle olduğunu araştırıyoruz; bu boşluğu doldurmak için, enerji fiyatlarında değişikliklere neden olan şoklar (Noailly ve Smeets, 2015; Hassler vd., 2021) gibi (özel) piyasa tarafında hareket eden çevre politikalarına odaklanıyoruz, 2021), emisyon ticareti sistemleri (Calel ve Dechezleprêtre 2016), emisyon standartlarındaki değişiklikler (Rozendaal ve Vollebergh, 2021), uluslararası çevre anlaşmaları (Dugoua, 2021) ve karbon ve çevre vergileri (Aghion vd., 2016). Ar-Ge politikalarına ilişkin ampirik analizler ise daha dağınıktır. Otomobil endüstrisi ile ilgili olarak Aghion ve diğerleri (2016), enerji verimliliğini artırmak için tasarlanan geçici Ar-Ge sübvansiyonlarının artımlı temiz (gri) yeniliklerin geliştirilmesini destekleyebileceğini, radikal temiz yeniliklerin ise etkileneceğini göstermiştir. ABD Enerji Bakanlığı tarafından verilen Ar-Ge hibeleri üzerinde çalışan Howell (2017), temiz enerji sektörlerindeki alıcı küçük işletmelerin patent alma, VC finansmanı ve hayatta kalma oranlarını artırdığını, doğal gaz ve kömür gibi geleneksel (kirlili) enerji teknolojilerinde ise bu etkilerin anlamlı olmadığını göstermiştir. Diğer teknoloji destek politikalarının, özellikle de kamu yeşil alımları gibi talep tarafı stratejilerine odaklananların etkisine ilişkin ek kanıtlar sınırlıdır ve esas olarak birkaç seçkin çalışmada bulunmaktadır (Ghisetti 2017; Krieger ve Zipperer, 2022).

ABD'de devlet destekli Ar-Ge'ye odaklanan bu ampirik araştırma akımına katkıda bulunuyor ve sonraki yenilikler üzerinde yüksek etkisi olan temiz teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmedeki rolüne dair kanıtlar sunuyoruz. USPTO'da 2005 ve 2015 yılları arasında bir ABD fon ajansı ile en az bir tedarik sözleşmesi veya araştırma hibesi ile bağlantılı başvuru sahiplerine verilen patentlere dayanıyoruz ve yarı deneysel bir tahmin çerçevesi aracılığıyla teknoloji itme politikasının etkisini araştırıyoruz.

Sonraki teknolojik gelişme üzerindeki etkiyi göstermek için diğer patentlerden yapılan atıfları kullanarak, etkinin boyutunun dikkate değer olduğunu gösteriyoruz: 5 yıllık bir zaman aralığında devlet destekli temiz teknolojiler, desteklenmeyenlere göre yaklaşık %26 daha fazla atıf almıştır. Etkinin boyutu, farklı türdeki atıfları dikkate almak için atıfları daha da ayırttığımızda da büyük olmaya devam etmektedir.

bilgi yayımları, giderek daha sıkı yayılma kanalları gerektirmektedir. Devlet destekli temiz teknolojiler tarafından üretilen bilgi yayımları, özel sektör tarafından finanse edilenlere kıyasla ABD içinde daha az (veya daha fazla) yerleşmiş görünmemektedir, ancak daha geniş bir ülke grubundan başvuru sahipleri tarafından geliştirilen teknolojilerle ilgili olarak daha yüksek bir coğrafi kapsama sahiptirler. Ayrıca, devlet Ar-Ge desteğinin, atıfların dağılımı boyunca artan ve yalnızca sonraki teknolojik gelişme üzerinde en yüksek etkiye sahip temiz teknolojiler arasında anlamlı olan dağılımsal etkisini de ortaya çıkarıyoruz. Sonuçlar, devlet Ar-Ge desteğinin temiz teknolojilerin bilgi yayılımı üzerindeki etkisini doğrulamak için uyguladığımız bir dizi sağlamlık kontrolüne karşı dayanıklıdır.

Sonuçlarımızın iki doğrudan etkisi vardır. Birincisi, iklim değişikliği politikalarının modellenmesinde, teknolojilerin bilgi yayımlarının dışsal olarak ele alınabileceği varsayımının aşılması gerektiğini göstermektedir. Dechezleprêtre ve diğerlerinin (2017) gösterdiği gibi, sadece politikalar kirli teknolojilere kıyasla daha büyük yayımlara sahip temiz teknolojilerin gelişimini desteklemekle kalmaz; teknoloji itici politikalar temiz teknolojiler arasında da yayımları artırır ve bu da Ar-Ge yatırımlarının ve yaparak öğrenmenin nasıl modellenmesi gerektiğine dair sonuçlar doğurur.

İkinci olarak, iklim değişikliği politikasının üstlenilmesinde, sonuçlarımız, sadece teknik değişimi daha sürdürülebilir büyüme modellerine yönlendirmek için değil, aynı zamanda teknik değişimin hızını aynı yönde teşvik etmek için Ar-Ge desteğinin daha standart piyasa çekme müdahalelerine eşlik etmesi gerektiğini göstermektedir. Bu, OECD ülkelerinin 2011 zirvesinden bu yana teknoloji destek politikalarında gösterdiği düşüş eğilimini tersine çevirmek için önemli bir argümandır.

Çalışmamız üç literatür akışına katkıda bulunmaktadır. İlk olarak, iklim değişikliği ekonomisi literatürüne (Nordhaus, 2019) değiniyor ve iklim değişikliğinin azaltılmasında inovasyonun rolünü ele alıyor. Özellikle, büyük ölçüde ihmal edilen ancak ekonomik olarak ilgili bir politika kaldırıcı olan devlet destekli Ar-Ge'nin temiz inovasyonun etkisini teşvik etme üzerindeki etkisine odaklanıyoruz.

İkinci olarak, yönlendirilmiş teknik değişim ve çevre konusundaki literatüre (Acemoğlu ve diğerleri, 2012; Hemous ve Olsen, 2021) iki açıdan katkıda bulunuyoruz. Devlet destekli Ar-Ge'nin, sonraki yeniliklerin gelişimi üzerinde yüksek etkiye sahip yeni yeşil teknolojilerin gelişimi üzerindeki etkisine odaklanıyoruz. Buna ek olarak, önceki ampirik uygulamaların kapsamını genişletiyor ve iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu ile ilgili tüm teknoloji yelpazesini göz önünde bulundurarak devlet destekli Ar-Ge'nin etkili temiz teknolojilerin üretilmesi üzerindeki etkisine dair ilk tahminleri sunuyoruz; bu da enerji üretim teknolojilerinin veya ulaştırma sektöründeki baskın odağın ötesine geçmemizi sağlıyor.

Üçüncü olarak, patent verileri aracılığıyla kamu Ar-Ge'sinin inovasyon getirilerini inceleyen geniş bir inovasyon ekonomisi literatürüne katkıda bulunuyoruz (Howell, 2017; Plank ve Doblinger, 2018; Azoulay vd., 2019; Santoleri vd., 2023). Bu literatüre, kamu Ar-Ge finansmanının iklim değişikliğine karşı inovasyon üzerindeki etkisine özgün bir şekilde odaklanarak ve etkisini patent atıfları ile vekaleten göstererek katkıda bulunuyoruz.

2 Veriler ve açıklayıcı kanıtlar

Ampirik analizde, kamu finansmanı ile desteklenen Ar-Ge projelerinden kaynaklanan yeni temiz teknolojilerin sonraki teknolojik gelişme üzerinde kamu desteği olmadan geliştirilenlerden daha yüksek bir etkiye sahip olup olmadığını değerlendiriyoruz. Bunu yapmak için farklı veri kaynaklarına dayanıyoruz.

3PFL veri tabanından (de Rassenfosse vd., 2019) ABD hükümeti tarafından imzalanan tedarik sözleşmeleri ve araştırma hibeleri ile sonuçta ortaya çıkan buluşları korumak için açılan patentler hakkında bilgi alıyoruz. 3PFL veri tabanı, 2005-2015 yılları arasında USPTO tarafından verilen 37.925 patentin bilgilerini içermektedir.

Daha sonra, Avrupa Patent Ofisi'nin dünya çapındaki istatistiksel veritabanından (PATSTAT), USPTO tarafından aynı dönemde 3PFL'de yer alan başvuru sahiplerine verilen tüm patentleri alarak 3PFL veritabanını tamamlıyoruz. Başka bir deyişle, 3PFL'de yer alan başvuru sahipleri tarafından başvurusu yapılan ve hükümet tarafından finanse edilen projelerle bağlantılı olmayan patentleri ekliyoruz. Bu patentler kontrol grubunu oluşturmak ve yarı deneysel bir tahmin çerçevesi tasarlamak için kullanılmaktadır.

Son olarak, OECD Patent Kalite Göstergeleri Veritabanından (Squicciarini vd., 2013) örnekleminize dahil edilen patentler hakkında daha fazla veri topluyoruz. Daha sonra, OECD (2009) tarafından özetlenen yaklaşımı kullanarak, sonraki teknolojik gelişme üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir dizi alternatif patent atıf ölçütü hesaplıyoruz. Nihai veri seti 4.086 farklı başvuru sahibine ait 464.123 patent içermekte olup bunların 36.966'sı bir kamu sözleşmesiyle ilişkilendirilmiştir.

Temiz teknolojiler, Kooperatif Patent Sınıflandırması'nın (CPC) Y etiketlemesi kullanılarak belirlenir ve şu şekilde sınıflandırılan patentler temiz teknoloji olarak kabul edilir: i) Y02 kodu, İklim değişikliğine karşı azaltım veya adaptasyon teknolojileri veya uygulamaları ve/veya; ii) Y04 kodu, Diğer teknoloji alanları (elektrik üretimi ve dağıtımı) üzerinde etkisi olan bilgi veya iletişim teknolojileri.

Nihai örnekleimde, temiz teknoloji patentleri 1.420 farklı başvuru sahibine verilmiştir. Örnekleimdeki temiz teknoloji patentlerinin payı yaklaşık %8 olup, aynı dönemde USPTO'da verilen toplam patentler içindeki temiz teknoloji patentlerinin payından (%7) biraz daha yüksektir. Örnekleminiz yalnızca en az bir devlet sözleşmesi almış başvuru sahiplerini içermesine rağmen, yine de temiz teknolojilerin genel payını taklit edebilmektedir.

Tablo 1, 2005-2015 döneminde en az bir kamu sözleşmesi alan başvuru sahipleri tarafından başvurusu yapılan patentlere ilişkin özet istatistikleri sunmaktadır. Örnekleminizdeki patentler ortalama 13,77 atıf almakta, 3 başvuru sahibine ait olmakta ve 3 mucit tarafından geliştirilmektedir. Tablo, temiz teknoloji ve temiz teknoloji dışı patentlere göre özet istatistikleri daha da ayrıştırmaktadır. Temiz teknoloji patentleri, temiz teknoloji olmayanlara kıyasla ortalama olarak daha fazla atıf almakta, daha özgün olmakta ve daha fazla sayıda mucit ve başvuru sahibine sahip olmaktadır.

Tablo 1: Özet istatistikler

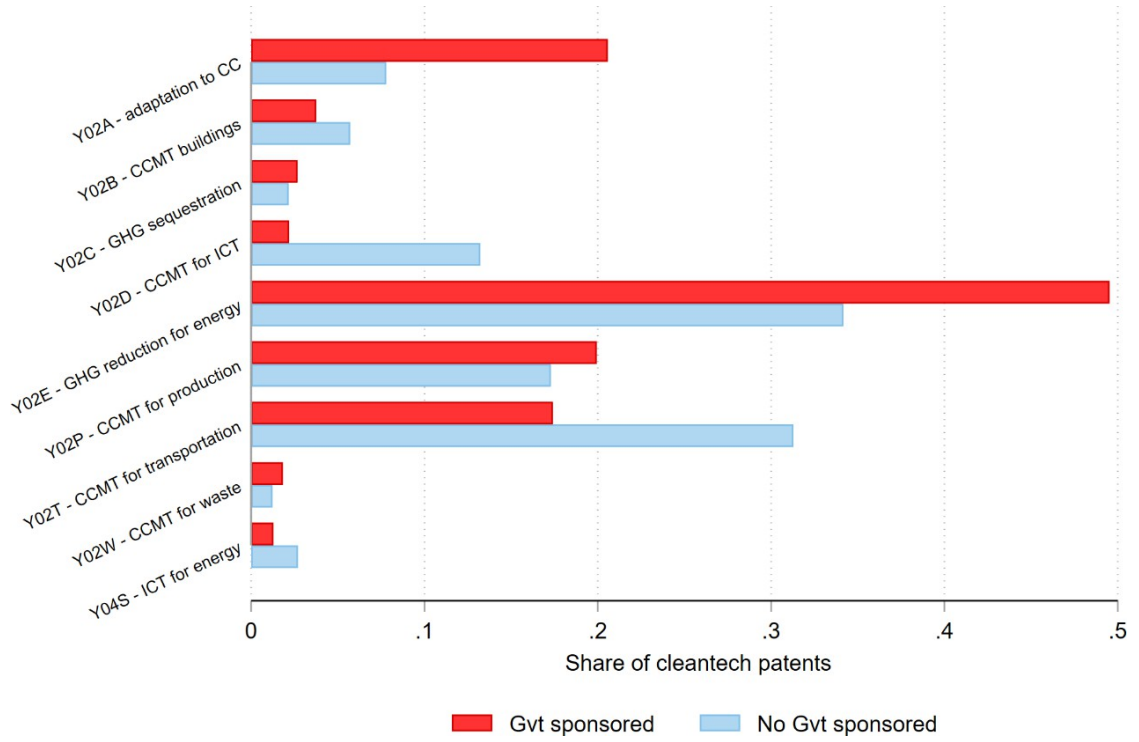
	ortalama	sd	min	maksimum
Tüm patentler (n = 464,123)				
fwd_cits5	13.77	42.35	0	3054
Devlet Ar-Ge	0.0796	0.271	0	1
Özgünlük	0.784	0.171	0	0.989
# Mucit sayısı	3.016	1.929	0	76
# Başvuru sayısı	2.987	2.183	1	77

Temiz teknoloji dışı patentler (n=425,394)				
fwd_cits5	13.46	41.34	0	3054
Devlet Ar-Ge	0.077	0.266	0	1
Özgünlük	0.782	0.172	0	0.989
# Mucit sayısı	3.004	1.919	0	76
# Başvuru sayısı	2.963	2.169	1	77
Temiz teknoloji patentleri (n=38,729)				
fwd_cits5	17.14	52.05	0	1892
Devlet Ar-Ge	0.114	0.318	0	1
Özgünlük	0.814	0.154	0	0.988
# Mucit sayısı	3.144	2.035	0	61
# Başvuru sayısı	3.254	2.314	1	62

Genel olarak, patentlerin yaklaşık %8'i hükümet tarafından finanse edilen projeler kapsamında geliştirilmiştir; temiz teknoloji patentlerinin hükümet finansmanından kaynaklanma olasılığı daha yüksektir (%11,4'e karşı %7,7). Bu durum, hükümetin yeşil teknolojilere olan ilgisinin, finanse edilen projelerin rastgele olmayan bir seçimini belirlemiş olabileceğini ve yüklenicileri tarafından geliştirilen teknolojiler üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.

Şekil 1, temiz teknolojiler arasında devlet desteğinde önemli bir heterojenlik olduğunu göstermektedir. Desteklenen temiz teknoloji patentlerinin payı, enerji ile ilgili sera gazı emisyonlarının azaltılmasında (Y02E) ve iklim değişikliğine uyumda (Y02A) desteklenmeyenlerden daha fazladır. Tersine, desteklenmeyen patentler, ulaşımda iklim değişikliğinin azaltılması (Y02T) ve BİT'de iklim değişikliğinin azaltılması (Y02D) alanlarında desteklenenlerden daha ağır basmaktadır.

Şekil 1 - Temiz teknoloji türüne göre devlet destekli ve devlet destekli olmayan patentlerin payı.



Not: Temiz teknolojiler, CPC sınıflandırmasının Y etiketlemesi altındaki 4 basamaklı sınıflara göre sınıflandırılmıştır. Patentler birden fazla CPC koduyla ilişkilendirilebildiği için payların toplamı %100'den fazladır.

Bu tanımlayıcı kanıtlar, temiz teknolojilere verilen devlet desteğinin rastgele olarak değerlendirilemeyeceğini, çünkü belirli teknolojilere yönelik açık bir eğilim olduğunu, diğerlerinin ise desteklenmeyen projeler aracılığıyla daha sık geliştirildiğini göstermektedir.

3 Tahmin stratejisi ve değişkenler

Devlet desteğinin (muamele) etkili yeni (temiz) teknolojilerin geliştirilmesi üzerindeki etkisini, örneklemimizdeki muamele görmüş ve görmemiş patentlerin takip eden atıflarını karşılaştırarak tespit ediyoruz. Daha açık bir ifadeyle, aşağıdaki denklemin bir dizi varyantını tahmin ediyoruz:

$$citations_i = \beta GvRD_i + XXXX + \lambda_t + \delta \delta_{tec} + \alpha_e + u_i \quad (1)$$

Burada bağımlı değişken i patentinin 5 yıllık bir zaman aralığında aldığı atıf sayısıdır. Literatürdeki uzun bir geleneği takiben, bir odak patentin ileriye dönük atıfları, bilgi yayımlarının (Caballero ve Jaffe, 1993; Jaffe ve Trajtenberg, 1999; Hall vd., 2001) ve ilgili yeni teknolojinin sonraki teknolojilerin gelişimi için sahip olduğu önemin güvenilir bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Patentin ileriye dönük atıf sayısı ne kadar yüksekse, bilgi yayılımı o kadar büyük olur ve gelecekteki teknoloji dalgaları için görece bilginin rolü o kadar büyük olur (Dechezleprêtre vd., 2014; Guillard vd., 2021).

Denklem (1)'de ilgilenilen parametre, devlet destekli Ar-Ge'nin ($GvRD$) etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesi üzerindeki etkisini yakalayan β 'dir. X , aşağıdakileri içeren bir değişkenler vektörüdür: bir patent belgesinde bildirilen mucit sayısı (ekip büyüklüğü), kuruluş sayısı

buluşun geliştirilmesine katılanlar (başvuru sahiplerinin sayısı) ve özgünlüğün bir ölçüsü

patent tarafından korunan buluşun (özgünlük). Bu ölçü $1 - \sum_{j=1}^2 s_{ij}^2$ olarak hesaplanır¹

Burada s , atıf yapılan patent belgesinde bildirilenden farklı IPC kodları (j) içeren patentlerden yapılan atıfların payıdır (Hall vd., 2001). λ_t patent başvuru yılları için sabit etkileri ve $\delta \delta_{tec}$ teknolojiye özgü

sabit etkileri ifade eder. Teknoloji ve zaman sabit etkileri şunları garanti eder

tedavi edilen ve edilmeyen patentler arasındaki atıflarda gözlenen varyansın etkili bir şekilde

temel teknolojik fırsatlardaki farklılıklardan veya zaman içinde değişen atıf kalıplarından kaynaklanmayan etkilerindeki farklılıkları yakalamak.

Söylediğimiz gibi, Ar-Ge devlet desteğinin tesadüfi olarak kabul edilebileceğini varsaymak pek sürdürülebilir değildir ve β parametresinin belirlenmesi, olası yanlışlık kaynaklarının dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir. Uygulamanın, en az üç nedenden ötürü devlet destekli Ar-Ge projelerinin potansiyel sonuçlarından bağımsız olması pek olası değildir.

İlk olarak, şekil 1'de gösterildiği gibi, hükümet belirli teknolojilere diğerlerinden daha fazla destek tahsis etme eğilimindedir ve değerlendirme süreci, en umut verici projelerin veya şirketlerin tercihli muamele için seçilmesiyle sonuçlanabilir. İkincisi, başvuru sahipleri kamu desteği arayışında daha yüksek belirsizlik içeren ve ticari olarak kullanılabilir hale gelmesinin birkaç yıl sürmesi beklenen Ar-Ge projelerini seçebilir.

Bu olası seçim yanlılığı kaynaklarını hesaba katmak için, bir dizi kontrol değişkenini ve teknoloji sabit etkilerini dahil ediyoruz. Ekip büyüklüğü, başvuru sahibi sayısı ve özgünlük değişkenleri, projelerin uygulamaya seçilmesine yol açabilecek projeye özgü özellikleri yakalamayı amaçlamaktadır. İlk ikisi, patent almada işbirliği ile araştırma etkisi arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır (Larivière vd., 2015). Bunun yerine özgünlük değişkeni, çeşitlendirilmiş bir teknik bilgi setine dayanan daha riskli projelerin daha özgün ve etkili buluşlara yol açabileceği gerçeğini açıklamaktadır. Teknoloji sabit etkileri bunun yerine tahmin örneklemini yeniden dengelemek ve desteklenen ve desteklenmeyen patentlerin teknolojik dağılımlarındaki belirgin farklılıkları dengelemek için dahil edilmiştir (Şekil 1). Ek bir spesifikasyonda, denklem (1)'de kullanılan tüm değişkenleri içeren tedavi denkleminde bir seçimden gelen ters olasılık ağırlıklarını dahil ederek regresyonları da ayarlıyoruz.¹

¹ Ek B, Tablo B1'de, farklı hesaplanmış ağırlıklar kullanılarak elde edilen sonuçlar raporlanmakta ve bulgularımızın, artırılmış ters olasılık ağırlıklı (AIPW) ve ters olasılık ağırlıklı regresyon düzeltme tahminleri (IPWRA) aracılığıyla tedavi modeline seçimin yanlış belirlenmesiyle ilgili sorunlara karşı sağlamlığı araştırılmaktadır.

İkinci olarak, devlet tarafından finanse edilen projeler, başvuru sahibinin genel Ar-Ge potansiyelini artıracak ve böylece sabit birim işlem değeri varsayımının (SUTVA) ihlal edilmesine yol açabilecek iç yayılmalar yaratır. Bu potansiyel SUTVA ihlalini hesaba katmak için

olmak üzere kurum düzeyinde sabit etkileri tahmin eder. Bu, tanımlama stratejimizin kilit bir unsurudur. Dahil edilmesi, başvuru sahibi düzeyinde işlem gören ve görmeyen patentler arasında karşılaştırma yapılmasını zorunlu kılar, böylece

Bağımlı değişkenimizdeki artık varyasyonu açıklayabilecek ortak gözlemlenemeyen belirleyicileri de kontrol ediyoruz. Ayrıca, Bölüm IV.B'de bağımlı değişkenimizi kendi kendine atıfları hariç tutarak yeniden hesaplıyoruz. Bu şekilde, kurum içi Ar-Ge projelerinden kaynaklanan sonraki teknolojik gelişme üzerindeki etkiyi elimine ediyoruz. Daha sonra daha ayrıntılı olarak tartışacağımız üzere, ayrıntılı yayılma analizi, devlet desteğinin toplumsal açıdan etkisine ilişkin kanıtlar sunmamızı da sağlamaktadır. Sağlıklik kontrolleri arasında, sonuçlarımızın heterojenlik muamelesi yanlılığından muzdarip olup olmadığını da değerlendiriyoruz.

Üçüncü bir yanlılık kaynağı da örneklem seçiminden kaynaklanabilir. Örneklem sadece en az bir kamu sözleşmesi almış başvuru sahiplerini içermektedir, bu da başlı başına bir seçim anlamına gelmektedir: ABD firmaları ve araştırma kurumları evrenini gözlemlemiyoruz. Başka bir deyişle, belirli bir başvuru sahibi içinde işlem görmüş ve görmemiş patentler arasında ayırım yaparken, hiç kamu ihalesi almamış aktörler tarafından geliştirilen patentleri gözlemlemiyoruz. Bununla birlikte, örneklem 10 yıl içinde kamu ihalesi alan tüm başvuru sahiplerini (orijinal 3PFL) içerdiği unutulmamalıdır; bu da seçimin temiz teknolojilere özgü olmadığı anlamına gelmektedir; bu da bizim durumumuzda olası seçim sorunlarını daha az sorunlu hale getirmektedir. Dahası, seçim, yalnızca örneklemdeki işlem görmemiş patentler, hiç işlem görmemiş başvuru sahipleri tarafından geliştirilen patentlerden sürekli olarak daha az etkiliyse, devlet desteğinin etkisinin fazla tahmin edilmesine yol açabilir. Başka bir deyişle, devlet desteğinin etkisinin olduğundan fazla tahmin edilmesi, devletin projeleri sistematik olarak daha az etkili teknolojiler geliştiren başvuru sahiplerinden seçmesini gerektirecektir. Şu anda bu durum hem mevcut kanıtlar hem de teorik argümanlar tarafından kesin bir şekilde desteklenmiyor gibi görünmektedir. Daha fazla araştırma daha fazla içgörü sağlayabilir ve kavrayışımızı geliştirebilir.

4 Sonuçlar

4.1 Çekirdek tahminleri

Bu makalenin temel amacı, etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesinde devlet Ar-Ge desteğinin etkisini temsil eden β parametresini belirlemektir. Ancak, daha önce

Ana sonuçları tartışırken, temiz ve temiz olmayan teknolojiler de dahil olmak üzere tüm örneklem için tahminler sunuyoruz. Bu analizin amacı, devlet Ar-Ge desteğinin sonraki teknolojik gelişme açısından ikisi arasında farklılaşmış bir etkiye sahip olup olmadığını araştırmaktır.

Tablo 2, temiz teknolojiler için bir kukla ve bunun *GvtRD* ile etkileşimi dahil olmak üzere tüm patent örneklemine kullanarak denklem (1) sonuçlarını raporlamaktadır; atıflar 5 yıllık bir zaman aralığı için dikkate alınmıştır. Sütun 1'deki sonuçlar başvuru sahibi sabit etkilerini içermemekte, bunun yerine sütun 2'de yer almaktadır. Başvuru sahibi sabit etkilerinin dahil edilmesiyle, devlet destekli Ar-Ge'ye bağlı katsayının işareti pozitiften negatife değişmektedir. Tahmin örneklemine teknolojiler ve başvuru sahipleri açısından heterojenliği nedeniyle, sonuçların devlet desteğinin etkisine dair genel bir kanıt olarak alınmaması gerektiğini düşünüyoruz. Bunun yerine, sonuçlar hükümetin projeleri değerlendirirken başvuru sahiplerinin potansiyelini hesaba katma eğiliminde olabileceğini göstermektedir: bu da başvuru sahipleri arası karşılaştırmaların, hükümetin Ar-Ge desteğinin sonraki buluşlar üzerindeki etkisini doğru bir şekilde değerlendirmek için kilit bir unsur olduğunu doğrulamaktadır.

Tablo 2 - Devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - tüm teknolojiler.

	# beş yıllık ileri atıflar	
	(1)	(2)
Devlet Ar-Ge	0.971**	-1.134**
	[0.262]	[0.336]
Temiz teknoloji	4.375**	4.287**
	[0.261]	[0.261]
Devlet Ar-Ge x temiz teknoloji	3.184*	2.278*
	[1.267]	[0.935]
özgünlük	6.775**	5.189**
	[0.266]	[0.260]
ekip büyüklüğü	1.896**	1.804**
	[0.071]	[0.071]
# Başvuru sayısı	0.010	-0.074
	[0.070]	[0.069]
Dosyalama yılı FE	Evet	Evet

Teknoloji FE	Evet	Evet
Başvuru Sahibi FE	Hayır	Evet
F-testi	71.030	40.983
R kare	0.047	0.117
N(Patentler)	464,123	462,745

Gözlem birimi tüm örneklem için patent başvurusudur. Tüm sütunlardaki bağımlı değişken beş yıllık ileri atıf sayısıdır. Tüm tahminler OLS'dir ve 3 basamaklı CPC düzeyinde teknoloji sabit etkisini içermektedir. Sağlam standart hatalar parantez içinde. + p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01.

Tablo 2, temiz teknolojilerin sonraki buluşlar üzerinde diğer teknolojilere kıyasla ortalama olarak daha yüksek bir etkiye sahip olduğunu gösteren önceki kanıtları doğrulamaktadır (Barbieri vd., 2020; Dechezleprêtre vd., 2017). Tablo ayrıca, devlet destekli temiz teknolojiler için devlet destekli olmayanlara kıyasla daha yüksek bir atıf primine işaret etmektedir. Genel olarak, bu ön tahminler, kamu desteğinin rolü de göz önünde bulundurulduğunda, temiz teknolojilerin temiz olmayanlardan farklı davrandığını ortaya koymaktadır.

Şimdi temiz teknolojilere odaklanıyoruz ve makalenin ana sonuçlarını sunuyoruz. Tablo 3, devlet Ar-Ge desteğinin sonraki buluşlar üzerindeki mutlak ve nispi etkisini gösteren denklem (1)'in temiz teknolojilere ilişkin tahminlerini raporlamaktadır. Sütun 1'de, ters olasılık ağırlıklandırma şeması ve başvuru sahibi sabit etkileri kullanılmadan doğrusal bir spesifikasyonun sonuçlarını rapor ediyoruz. Daha sonra ters olasılık ağırlıklandırması uygulanarak (sütun 2) ve başvuru sahibi sabit etkileri eklenerek (sütun 3) elde edilen sonuçları raporluyoruz. Tablonun alt kısmında raporlanan sütunlar arasındaki göreceli Ortalama Tedavi Etkisinin (ATE) karşılaştırılması, tahmin yaklaşımının zenginleştirilmesinden kaynaklanan yanlışlık azalmasını değerlendirmemize olanak tanımaktadır.

Tablo 3 - Devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - temiz teknolojiler.

	# beş yıllık ileri atıflar		
	(1)	(2)	(3)
Devlet Ar-Ge	6.472**	6.107**	4.427**
	[1.346]	[1.341]	[1.109]
özgünlük	26.221**	32.572**	16.635**
	[1.409]	[2.322]	[1.819]
Takım büyüklüğü	4.272**	5.103**	3.520**
	[0.384]	[0.639]	[0.420]
# Başvuru sayısı	-0.951**	-1.420*	-0.864*
	[0.362]	[0.589]	[0.436]
Dosyalama yılı FE	Evet	Evet	Evet

Teknoloji FE	Evet	Evet	Evet
Başvuru Sahibi FE	Hayır	Hayır	Evet
Ağırlıklandırma şeması	Hayır	IPW	IPW
F testi	29.197	20.829	16.011
Göreceli ATE	0.394**	0.360**	0.258**
	[0.084]	[0.082]	[0.066]
R kare	0.053	0.052	0.421
N(Patentler)	38,729	36,726	36,245

Gözlem birimi, temiz teknoloji patentleri örnekleme için patent başvurusudur. Tüm sütunlardaki bağımlı değişken beş yıllık ileriye dönük atıfların sayısıdır. Göreceli ATE'ler, işlenmiş ve işlenmemiş patentler için potansiyel sonuç ortalamaları arasındaki göreceli fark olarak hesaplanır. tedavi edilmemiş gruplar $(\sum_{i \in T} y_i / N - \sum_{i \in U} y_i / N) / \sum_{i \in U} y_i / N$ burada y_i ilgili regresyon modelinden tahmin edilen değerdir. Sütun 2

ve 3, tedavi edilmemiş gözlemleri ağırlıklandırmak için $p(x_i) / (1 - p(x_i))$ ve aksi takdirde 1 kullanılarak tahmin edilir. $p(x_i)$ Ek B'deki Tablo B.2'ye göre hesaplanan eğilim puanıdır. Ek B'deki Şekil B.1 ve B.2, eğilim puanına ilişkin istatistikleri raporlamaktadır ağırlıkları hesaplamak için kullanılan prosedür, yanlılığı azaltma açısından iyi bir performans göstermektedir. Tüm tahminler OLS'dir ve 4 basamaklı CPC düzeyinde teknoloji sabit etkisini içermektedir. Sağlam standart hatalar parantez içinde. + p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01.

Devlet Ar-Ge desteğinin etkisi tüm spesifikasyonlarda yüksek ve anlamlıdır. İlginç bir şekilde, başvuru sahibi sabit etkileri dahil edildiğinde sapma azalması özellikle güçlüdür: eğilim puanının kullanılması, kamu desteğinin göreceli ATE'sini (potansiyel sonuç açısından ATE) yüzde 5,7 puan düşürürken, sabit etkiler eklendiğinde bu yüzde 10,7 puan daha azalmaktadır.

Tercih ettiğimiz spesifikasyona göre (sütun 3), devlet destekli temiz teknolojiler, 5 yıllık bir süre içerisinde desteklenmeyenlere kıyasla yaklaşık %26 daha fazla atıf almaktadır. Beklentiler doğrultusunda, daha yüksek *özgünlüğe* ve daha büyük bir *ekip boyutuna* sahip patentler ortalama olarak daha fazla atıf alırken, beklenmedik bir şekilde daha fazla başvuru sahibi arasında işbirliği yapılan patentler daha az sayıda atıf göstermektedir. Bu son sonuç, başvuru sahiplerinin daha umut verici Ar-Ge projelerini (gelecekteki potansiyel etki açısından) tek başlarına veya küçük işbirliği ortamlarında geliştirme eğiliminde olduklarını gösterebilir.

4.2 Devlet destekli Ar-Ge'nin yayılma etkilerinin ayrıştırılması

Bu bölümde, farklı bilgi yayılımı türlerini göz önünde bulundurarak, etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesinde devlet desteğinin etkisini daha da ayrıştırıyoruz.

İlk olarak, kendi atıflarından kaynaklananları hariç tutarak, odak başvuru sahibinin alanı dışında kamu Ar-Ge desteği tarafından üretilen bilgi yayılımlarını dikkate alıyoruz. Bağımlı değişkenimizi kendi atıflarından temizlemek için iki farklı yaklaşım kullanıyoruz: *i)* bir atıfı yalnızca atıfta bulunan patentin aynı başvuru sahibi tarafından tamamen belirlenmişse eliyoruz (*no self_nostric*); *ii)* atıfta bulunan patentte en az bir başvuru sahibi aynı zamanda atıfta bulunan patentte de yer alıyorsa bir atıfı eliyoruz (*no self_strict*). İlk durumda, sadece keskin "başvuru sahibi içi" yayılımları eliyoruz, ancak yine de aynı başvuru sahibinin sonraki projelerdeki işbirliklerinden kaynaklanan bilgi yayılımlarına izin veriyoruz (A ve B başvuru sahiplerinin bir patenti A başvuru sahibinin bir patentine atıfta bulunursa, atıfı yine de sayıyoruz). İkinci durumda, saf bilgi yayılımlarını, yani başvuranlar arası yayılımları yakalıyoruz, çünkü atıf yapanların hiçbir

başvuru sahiplerinin atıfta bulunulan patentin geliştirilmesinde yer alması gerekmektedir. Sonuçlar Tablo 4'ün (1) ve (2) numaralı sütunlarında raporlanmıştır.

İkinci olarak, devlet Ar-Ge desteği alan başvuru sahiplerinden dünyanın geri kalanına akan bilgi yayılımlarına odaklanıyoruz. Bunu yapmak için, 3PFL tarafından kaydedildiği üzere en az bir ABD kamu sözleşmesi almış olan başvuru sahipleri tarafından tescil edilen patentlere yapılan tüm atıfları bağımlı değişkenimizden hariç tutuyoruz. Kendine atıflarda olduğu gibi, bu yayımları katı olmayan ve katı bir tanım kullanarak hesaplıyoruz; sonuçlar sütun (3) ve (4)'te raporlanmıştır.

Son olarak, devlet Ar-Ge desteğinin daha yüksek uluslararası bilgi yayılımına sahip temiz teknolojilerin üretilmesine yardımcı olup olmadığını, dolayısıyla diğer ekonomilerdeki müteakip teknolojik gelişme üzerinde daha yüksek bir etkiye sahip olup olmadığını değerlendiriyoruz. Bunu yapmak için iki değişken oluşturuyoruz: i) cit_US, belirli bir patentin tüm atıfları yalnızca ABD'li başvuru sahipleri tarafından üretilmişse 1 değerini alan ikili bir değişken (sütun 5); ii) geo_breadth, atıfta bulunulan patentlerin başvuru sahibinin ülkelerinin sayısını sayıyor (sütun 6).

Tablo 4'te rapor edilen sonuçlar, yayılma etkilerinin oldukça güçlü olduğunu ve kamu desteği alan başvuru sahipleri arasında yerelleşmediğini göstermektedir. Aslında, devlet destekli Ar-Ge'ye bağlı katsayı 1 ile 4. sütunlarda olağan düzeyde istatistiksel olarak anlamlıdır. Yayılımların daha katı tanımı kullanıldığında katsayının büyüklüğü azalmaktadır, bu da dikkate alınan atıf sayısının azalmasıyla tutarlıdır. Bununla birlikte, göreceli ortalama uygulama etkileri ana tahminlerden önemli ölçüde farklılık göstermemektedir (bkz. Tablo 3, sütun 3), bu da devlet desteğinin takip eden buluşlar üzerindeki büyük etkisini doğrulamaktadır.

Tablo 4 - Devlet destekli Ar-Ge'nin farklı bilgi yayılımları üzerindeki etkisi, temiz teknolojiler

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	KENDİ KENDİ NE Nostrict	kendi kendine katı	dışarı nostrict	sıkı dışar ı	cit ABD	coğrafi genişlik
Devlet Ar-Ge	4.376** [1.017]	3.151** [0.866]	4.350** [1.051]	2.176** [0.672]	0.006 [0.007]	0.137+ [0.073]
özgünlük	15.795** [1.764]	12.856** [1.655]	16.104** [1.800]	9.132** [1.241]	0.171** [0.018]	1.453** [0.119]
Takım büyüklüğü	3.049** [0.370]	2.773** [0.360]	3.259** [0.389]	2.110** [0.262]	0.010** [0.002]	0.238** [0.019]
# Başvuru sayısı	-0.692+ [0.380]	-0.824* [0.372]	-0.783+ [0.401]	-0.562* [0.268]	- 0.003* [0.002]	-0.051** [0.019]
Dosyalama yılı FE	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Teknoloji FE	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet

Başvuru Sahibi FE	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Ağırlıklandırma şeması	IPW	IPW	IPW	IPW	IPW	IPW
Göreceli ATE	0.286**	0.256**	0.274**	0.230**	0.007**	0.041+
	[0.067]	[0.071]	[0.067]	[0.072]	[0.009]	[0.022]
N(Patentler)	36,245	36,245	36,245	36,245	36,245	36,245

Gözlem birimi, temiz teknoloji patentleri örneklemi için patent başvurusudur. Göreceli ATE'ler göreceli fark olarak hesaplanır tedavi edilen ve edilmeyen gruplar için potansiyel sonuç ortalamaları arasındaki fark $(\sum_{i \in T} y_i / N - \sum_{i \in U} y_i / N) / \sum_{i \in T} y_i / N$ burada y_i öngörülen ilgili regresyon modelinden elde edilen değer. Tüm sütunlar, tedavi edilmemiş gözlemleri ağırlıklandırmak için $p(x_i) / (1 - p(x_i))$, aksi takdirde 1 kullanılarak tahmin edilmiştir. $p(x_i)$ Ek B'deki Tablo B2'ye göre hesaplanan eğilim puanıdır. Eğilim skoru yoluyla regresyon düzeltmesi için, eğilim skoru yoğunluğunun %5 olduğu tedavi gözlemlerini kaldırarak ortak bir destek uyguluyoruz. kontrol gözlemleri minimum düzeydedir. Tüm tahminler OLS'dir ve 4 basamaklı CPC düzeyinde teknoloji sabit etkisini içermektedir. Sağlam standart hatalar parantez içinde. + p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01.

Sütun 5 ve 6'da rapor edilen sonuçlar, devlet destekli temiz patentler tarafından üretilen yayımların ABD içinde özel olarak finanse edilenlerden daha yerel olmadığını, ancak daha yüksek bir coğrafi genişliğe sahip olduğunu göstermektedir: teknoloji, daha geniş bir ülke sepetinden başvuru sahipleri tarafından daha da geliştirilmektedir. Bu durum, devlet destekli temiz teknolojilerden kaynaklanan yayımların diğer müdahale alanlarındakilerden farklı olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, ülkeler arasında temiz araştırmalardaki stratejik tamamlayıcılıkları vurgulayan büyüme modelleri doğrultusunda (Aghion vd., 2015; Dechezlepretre vd., 2017), atıfların daha geniş coğrafi kapsamı, temiz teknolojilerin geliştirilmesini destekleyen politikaların bu tür teknolojilerin küresel üretimini teşvik etmede etkili olabileceği fikriyle tutarlıdır.

4.3 Sağlamlık testleri

Bu bölümde, ana sonuçlarımızı daha da desteklemek için bir dizi sağlamlık kontrolü sunuyoruz.

İlk olarak, analizimizde farklı yayılma türlerini ve potansiyel sonuçlardaki gözlemlenebilir farklılıkları kontrol ederken, elimizdeki verilerle patent düzeyinde bütçe tahsisi yapamıyoruz. Devlet destekli projelerin bütçesi homojen değildir ve teknolojik gelişme için Ar-Ge dışındaki farklı faaliyetlere tahsis edilebilir; ayrıca, aynı devlet destekli projeye bağlı birden fazla patentin olduğu durumlar vardır. Bu, muamelenin homojen olmayabileceği anlamına gelir ve bunu doğrudan modelleyemeyiz. Devlet Ar-Ge desteğindeki heterojenliğin takip eden atıflar üzerindeki etkisini belirlemeye çalışırken bir sorun olup olmadığını değerlendirmek için, başvuru sahibi düzeyinde iki yardımcı regresyon çalıştırıyoruz. İlkinde, daha yüksek miktarda devlet desteğinin daha fazla temiz teknoloji patentine yol açıp açmadığını değerlendiriyoruz. İkincisinde ise, daha yüksek miktarda devlet desteğinin, sayıları kontrol edildikten sonra desteklenen patentlerin genel portföyüne daha fazla atıf yapılmasına yol açıp açmadığını değerlendiriyoruz. Eğer devlet desteğine bağlı katsayı ilkinde istatistiksel olarak anlamlıysa ikincisinde anlamlı değilse, bu, desteklenen temiz teknolojinin takip eden yenilikler üzerindeki etkisi değerlendirilirken uygulamadaki heterojenliğin önemli bir sorun olmadığına dair dolaylı bir kanıt olacaktır.

Tablo 5'te rapor edilen sonuçlar durumun böyle olduğunu göstermektedir. Daha yüksek miktarda devlet Ar-Ge desteği daha fazla sayıda temiz teknoloji patentine yol açmaktadır, ancak temiz teknoloji patentleri kontrol edildiğinde alınan atıf sayısı üzerinde bir etkisi yoktur.

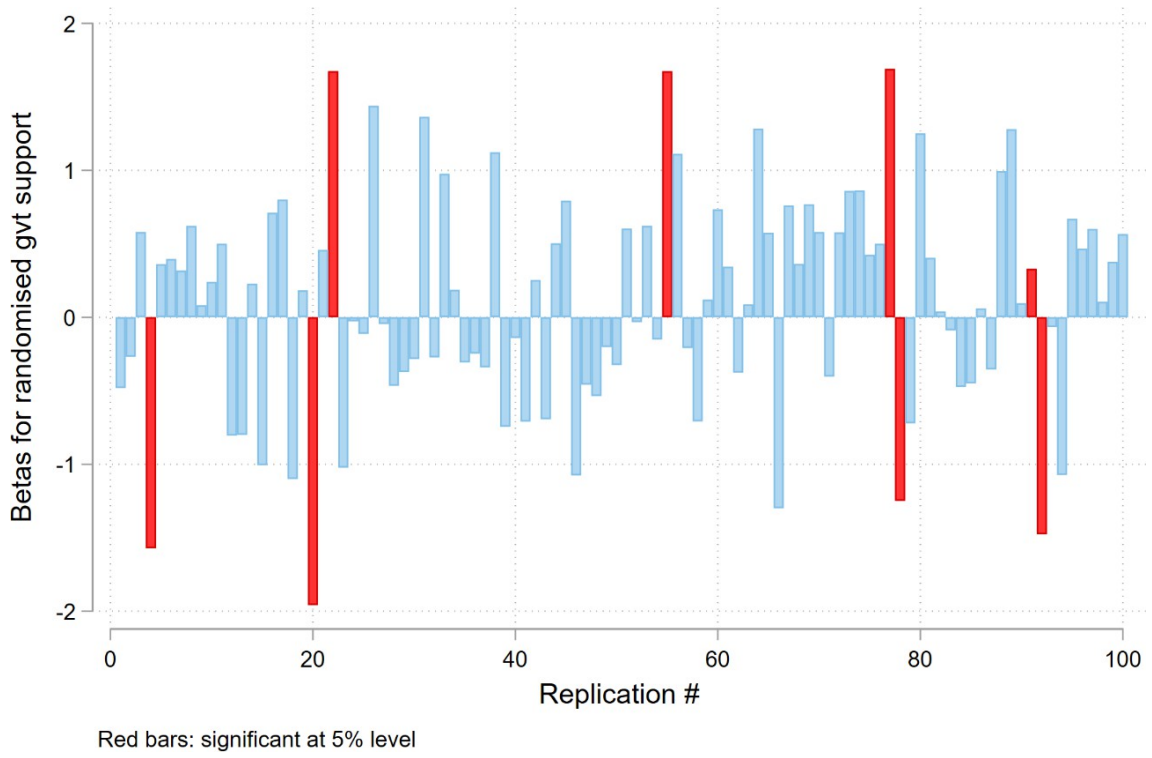
Tablo 5: Devlet destekli Ar-Ge'nin buluşların miktarı ve kalitesi üzerindeki etkisi - temiz teknoloji örneği

	(1)	(2)
	# yeşil devlet patentleri	# yeşil patentlere yapılan atıflar
Devlet Ar-Ge Miktarı	0.082** [0.028]	-1.497 [0.996]
# yeşil devlet patentleri		31.500** [11.378]
Ortalama ekip büyüklüğü	0.128 [0.123]	37.426** [11.398]
Avg. # Başvuru sayısı	0.098 [0.089]	-0.014 [10.099]
Ortalama özgünlük	-0.165 [1.185]	170.284 [88.706]
Sabit	2.483* [1.197]	-260.113* [103.976]
R kare	0.320	0.328
N(başvuru sahipleri)	868	868

Regresyonlar, devlet destekli Ar-Ge alan ve yeşil teknolojiler geliştiren 868 başvuru sahibine dayanmaktadır. Sütun 1'deki bağımlı değişken kamu Ar-Ge'si tarafından desteklenen yeşil patentlerin sayısı ve sütun 2'deki bağımlı değişken ise kamu Ar-Ge'si tarafından desteklenen yeşil patentlerin aldığı atıf sayısıdır. Devlet Ar-Ge miktarı, başvuru sahibi tarafından alınan toplam miktardır. Her iki sütundaki tahminler ortalama mucit sayısı, ortalama başvuru sahibi sayısı, ortalama özgünlük endeksi ve farklı temiz teknoloji teknoloji sınıflarındaki patentlerin payı için kontrolleri içermektedir. Sütun 2, kamu Ar-Ge'si tarafından desteklenen yeşil patent sayısını da içermektedir. + p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01

İkinci olarak, temiz teknoloji patentleri örneğimizde rastgele bir uygulama atayarak ve uygulanan patentlerin payını sabit tutarak rastgele bir yanlışlama testi gerçekleştiriyoruz. Plasebo devlet desteğinin ileriye dönük atıflar üzerinde hala olumlu bir etki yaratıp yaratmayacağını değerlendirmek için favori spesifikasyonumuzun (Tablo 3 Sütun 3) 100 farklı tekrarını oluşturuyoruz. Şekil 2, 100 tekrar için plasebo devlet Ar-Ge desteğine bağlı katsayıları göstermektedir: şekil, katsayının sıfıra eşit olduğu hipotezini reddedemeyeceğimizi göstermekte ve sonuçlarımızı destekleyen daha fazla kanıt sağlamaktadır.

Şekil 2: Rastgele tahrifat testi



Şekilde, tedavi temiz patentler arasında rastgele dağıtıldığında GVT Ar-Ge'ye (denklem 1) bağlı katsayılar bildirilmektedir. Tercih ettiğimiz spesifikasyonda olduğu gibi (Tablo 3, sütun 3), tahminler başvuru sahibi sabit etkilerini ve olasılık ağırlıklarını içermektedir.

Üçüncü olarak, gözlemleri başvuru sahiplerinin temiz teknoloji patent portföylerinin büyüklüğünün tersine göre ağırlıklandırarak favori spesifikasyonumuzu yeniden çalıştırıyoruz. Örneklemimizde, başvuru sahiplerinin gözlem sayısı temiz teknoloji patentlerinin sayısı ile orantılıdır; her başvuru sahibine aynı ağırlığı veren bu yeniden ağırlıklandırma şeması, sonuçların daha büyük portföylere sahip başvuru sahipleri tarafından yönlendirilmemesini sağlar. Tablo 6 sütun 1'de raporlanan sonuçlar, devlet desteğinin olumlu etkisini doğrulamaktadır.

Tablo 2: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - sağlamlık kontrolleri

	# beş yıllık ileri atıflar		# yedi yıllık ileri atıflar	# beş yıllık ileri atıflar		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Devlet destekli Ar-Ge	6.593*	6.257**	6.411**	0.233**	3.733**	5.467*
	[2.872]	[1.232]	[1.441]	[0.048]	[1.091]	[2.436]
özgünlük endeksi	32.189**	9.774**	20.327**	1.435**	16.433**	18.574**
	[3.647]	[1.287]	[2.112]	[0.134]	[1.805]	[4.651]

Takım büyüklüğü	6.222**	1.961**	4.491**	0.127**	3.446**	1.671**
	[1.071]	[0.254]	[0.471]	[0.009]	[0.411]	[0.349]
# Başvuru sayısı	0.056	-0.296	-1.078*	-0.014	-0.900*	0.236
	[1.193]	[0.271]	[0.478]	[0.010]	[0.424]	[0.316]
Dosyalama yılı FE	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Teknoloji FE	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Başvuru Sahibi FE	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Dosyalama yılı X Tech FE	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Hayır
Model	OLS	OLS	OLS	Poisson	OLS	OLS
Ağırlıklandırma şeması	GPAT	IPW	IPW	IPW	IPW	IPW
SE'ler	Sağlam	Sağlam	Sağlam	Sağlam	Sağlam	TBM-Yıl
F testi	5.826	15.888	17.994	.	52.906	5.103
Rel ATE	0.358*	0.445**	0.284**	0.262**	0.216**	0.345*
Rel ATE SE	[0.160]	[0.090]	[0.065]	[0.060]	[0.065]	[0.155]
R kare	0.085	0.287	0.423	.	0.425	0.424
N(Patentler)	36,245	25,025	36,245	36,238	36,244	31,058

Gözlem birimi, temiz teknoloji patentleri örnekleme için patent başvurusudur. Bağımlı değişkenler sütun 1, 2, 4, 5 ve 6'daki beş yıllık ileri atıfların sayısı ve sütun 3'teki yedi yıllık ileri atıfların sayısıdır. Göreceli ATE'ler tedavi edilen ve edilmeyen gruplar için potansiyel sonuç ortalamaları arasındaki göreceli fark olarak hesaplanır ($\sum_i y_i / N - \sum_i y_i / N$) burada y_i ilgili regresyon modelinden tahmin edilen değerdir. Sütun 1 regresyonu, sütun 2 regresyonu ile ağırlıklandırılmıştır. başvuru portföyündeki cleatech patentlerinin sayısının tersidir. Sütun 2 ve 3, işlem görmemiş gözlemleri ağırlıklandırmak için $p(x_i) / (1 - p(x_i))$, aksi takdirde 1 kullanılarak tahmin edilmiştir. $p(x_i)$ Ek B'deki Tablo B2'ye göre hesaplanan eğilim puanıdır. Eğilim skoru yoluyla regresyon düzeltmesi için, tedavi gözlemlerinin %5'ini aşağıdaki durumlarda kaldırarak ortak bir destek uyguluyoruz Kontrol gözlemlerinin eğilim puanı yoğunluğunun minimum olduğu. Tüm tahminler OLS'dir ve 4 basamaklı CPC düzeyinde teknoloji sabit etkisini içermektedir. Sağlam standart hatalar parantez içinde. + p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01.

Dördüncü olarak, sonuçlarımızın sağlamlığını daha muhafazakar bir temiz teknoloji tanımına karşı test ediyoruz. Dechezleprêtre ve diğerlerini (2021) temel alıyor ve temiz patentleri 4 basamaklı CPC teknolojik sınıfları Y02B, Y02C, Y02E ve Y02T kullanarak tanımlıyoruz.² Tablo 6 sütun 2'de raporlanan bu temiz teknolojiler alt kümesi üzerindeki tahminden elde edilen sonuçlar, ana sonuçlarımızı doğrulamakta ve muhtemelen devlet desteğinin göreceli ATE açısından etkisini büyütmemektedir. Tablo 6'daki 3. sütun ayrıca ileri atıf sayısının hesaplanmasında 7 yıllık bir pencere kullanıldığında elde edilen sonuçları göstermektedir. Devlet desteğine bağlı katsayı 5 yıllık pencere için olandan daha yüksek olsa da, devlet desteğinin göreceli ATE açısından etkisi ana sonuçlarımızla uyumludur.

² Bu dört CPC kodu, binalar, sera gazı yakalama ve depolama, enerji üretimi ve dağıtımında sera gazı azaltımı ve ulaşım ile ilgili teknolojileri gruplandırmaktadır. Başka bir deyişle, temiz teknoloji tanımımızdan kodlu patentleri çıkarıyoruz: Y02A, Y02D, Y02P, Y02W ve Y04S (kısa etiketler için bkz. Şekil 1).

Tablo 6'daki Sütun 4, çoklu yüksek boyutlu sabit etkilere sahip (sözde) Poisson regresyon modelinin (Correia, 2020) sonuçlarını sunmakta ve bulgularımızın bağımlı değişkenimizin (atıf sayısı) sayım veri formatına sağlamlığını garanti etmektedir. Sütun 5, patent başvuru yılı ve teknolojik sınıfın her bir kombinasyonu için sabit etkiler içermektedir (alt sınıf düzeyinde CPC, örn. Y02A). Son olarak, Sütun 6 aynı seviyede (patent başvuru yılı-teknolojik sınıf seviyesi) kümelenmiş standart hatalarla sonuçları rapor etmektedir.³ Güven verici bir şekilde, tüm sağlamlık kontrolleri temel sonuçlarımızla tutarlı sonuçlar üretmektedir.

4.4 Devlet destekli Ar-Ge'nin dağılımsal etkileri

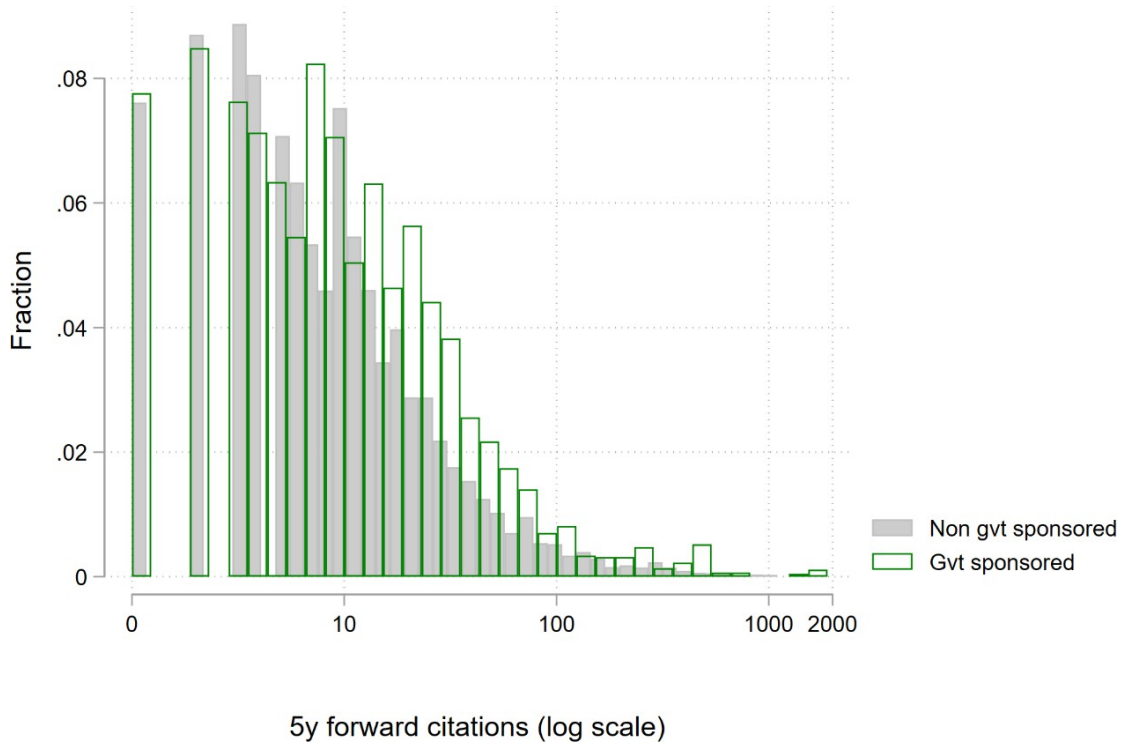
Bu bölümde, Ar-Ge devlet desteğinin takip eden yenilikler üzerindeki dağılımsal etkilerini değerlendiriyoruz. Bunu yapmak için, koşulsuz kuantilin (Firpo vd., 2009) yeni etki fonksiyonunu (RIF) uygulayarak, tedavi edilmeyen durumdan tedavi edilen (devlet destekli) duruma geçişin ileriye dönük atıfların marjinal dağılımının kuantilleri üzerindeki etkisini değerlendiriyoruz.

Önceki sonuçlar nihayetinde şu şekilde yorumlanabilir: Hükümet, ekonomideki diğer aktörlere kıyasla, takip eden yenilikler üzerinde potansiyel olarak daha yüksek etkiye sahip teknolojik ihtiyaçları/çözümleri sistematik olarak tanımlayabilir/seçebilir. Kilitlenme etkilerine ve özel aktörler tarafından gerçekleştirilen olası yerel araştırmaya rağmen, bu öne sürülmesi oldukça güçlü bir sonuçtur. Bunun yerine, çoğu durumda devlet desteğinin gerçek bir etkisi olmayacağı beklenebilir. Tersine, kısa vadede beklenen özel getirisi daha düşük olan araştırma alanlarında araştırmayı teşvik etmesi ve böylece bazı kilit teknolojilerin geliştirilme olasılığını artırması beklenebilir. Başka bir deyişle, yukarıda tartışılan devlet Ar-Ge desteğinin (ortalama) etkisi, örneklemdaki yüksek atıf alan patentler tarafından yönlendiriliyor olabilir.

Bu nedenle, önceki bölümlerde bulunan etkinin dağılımsal yönlerini değerlendirmenin önemi, ortalama etkilerin altında yatan varsayımlardan ve göreceli sonuçların yorumlanmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 3, devlet tarafından desteklenen projelerden kaynaklanan patent grubu ile devlet destekli Ar-Ge projelerinden kaynaklanmayan patent grubunu karşılaştırarak temiz teknoloji patentlerine yapılan atıfların dağılımını göstermektedir. Şekil, patentlere yapılan atıfların dağılımının oldukça çarpık olduğunu göstermekte ve devlet tarafından desteklenen ve desteklenmeyen patentler arasındaki farkların dağılım boyunca sabit olmadığını ortaya koymaktadır. Atıf dağılımının en altında, desteklenen ve desteklenmeyen patentler çok fazla farklılık göstermemekte, ikincisi biraz daha yüksek bir patent oranı göstermektedir. Bunun yerine, devlet destekli temiz teknoloji patentleri atıf dağılımının üst kuyruğunda daha sık görülmekte, bu da devlet desteğinin etkisinin en etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesi yoluyla işlediğini düşündürmektedir.

³ Ekonometri literatüründeki son tartışmalar, kümelenmiş standart hataların aşırı muhafazakar olabileceğini ve uygun kümeleme seviyesinin dikkatle seçilmesi gerektiğini öne sürmektedir (Abadie vd., 2023). Çalışmamızda, çoğu az sayıda gözleme sahip olan çok sayıda küme (1.400) nedeniyle standart hataların başvuru sahibi düzeyinde kümelenmesi tavsiye edilmemektedir. Sonuç olarak, devlet desteğinin teknoloji düzeyinde rastgele olmayan dağılımına ilişkin kanıtlara (bkz. Şekil 1) ve potansiyel yıllık farklılıklara uygun olarak standart hataları teknoloji yılı düzeyinde kümelemeye karar verdik ve 144 küme elde ettik. Ancak, birden fazla 4 basamaklı CPC koduna atandıkları için 5.187 patenti hariç tutmak zorunda kaldık. Bu nedenle, tüm spesifikasyonlarda kümelenmiş standart hataları uyguluyoruz.

Şekil 3: Atıf sayısına göre devlet destekli ve devlet destekli olmayan patentler için temiz teknoloji patentlerinin oranı.



Tablo 7, RIF tahminlerinin atıf dağılımlarının nicelikleri üzerindeki sonuçlarını rapor etmektedir. Yukarıdaki argüman ve tanımlayıcı kanıtlarla tutarlı olarak, devlet Ar-Ge desteğinin etkisi, atıf dağılımının yalnızca üçüncü ve dördüncü beşte birlik dilimlerinde görülebilir; burada ilgili potansiyel sonuca göre yaklaşık %8,1 ve %8,6 atıfta ölçülebilir. İlginç bir şekilde, *özgünlüğe* bağlı katsayılar da dağılımların beşte birlik dilimi boyunca büyük ölçüde artmakta ve daha özgün (ve daha riskli) temiz patentlerin takip eden yenilikler üzerinde daha yüksek bir etkiye sahip olabileceği genel sonucunu doğrulamaktadır.

Tablo 3: Devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi, temiz teknoloji için RIF regresyonları yoluyla dağılımsal etkiler

	(1)	(2)	(3)	(4)
	20. kantil	40. kantil	60. kantil	80. kantil
Devlet Ar-Ge	0.160	0.264	0.722*	1.610*
	[0.101]	[0.177]	[0.343]	[0.821]
özgünlük	1.827**	3.120**	5.982**	15.097**
	[0.220]	[0.311]	[0.538]	[1.320]
Takım büyüklüğü	0.122**	0.231**	0.521**	1.777**

	[0.019]	[0.030]	[0.059]	[0.176]
# Başvuru sayısı	0.018	0.004	-0.003	-0.325+
	[0.020]	[0.031]	[0.059]	[0.171]
Dosyalama yılı FE	Evet	Evet	Evet	Evet
Teknoloji FE	Evet	Evet	Evet	Evet
Başvuru Sahibi FE	Evet	Evet	Evet	Evet
Ağırlıklandırma şeması	IPW	IPW	IPW	IPW
Göreceli ATE	0.069	0.054	0.081**	0.087+
	[0.044]	[0.037]	[0.039]	[0.045]
N(Patentler)	36,726	36,726	36,726	36,726

Gözlem birimi, temiz teknoloji patentleri örnekleme için patent başvurusudur. Bağımlı değişkenler beş yıllık ileri atıfların sayısıdır. Göreceli ATE'ler, işlenmiş ve işlenmemiş patentler için potansiyel sonuç ortalamaları arasındaki göreceli fark olarak hesaplanır. grupları $(\sum_{i=1}^N y_{it} / N - \sum_{i=1}^{N_{it}} y_{it} / N) / \sum_{i=1}^{N_{it}} y_{it} / N$ burada y_{it} ilgili regresyon modelinden tahmin edilen değerdir. Tüm sütunlar tedavi edilmemiş gözlemleri ağırlıklandırmak için p_{it} ve aksi takdirde 1 kullanılarak tahmin edilmiştir. $p(x)$ Tablo B2'ye göre hesaplanan eğilim puanıdır. $1 - p(x)$

Ek B. Eğilim skoru yoluyla regresyon düzeltmesi için, kontrol gözlemlerinin eğilim skoru yoğunluğunun minimum olduğu tedavi gözlemlerinin %5'ini kaldırarak ortak bir destek uyguluyoruz. Tüm tahminler 4 basamaklı CPC düzeyinde teknoloji sabit etkisini içermektedir. Sağlam standart hatalar parantez içinde. + p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01.

Son olarak, bir sıralı logit regresyonu çalıştırarak devlet Ar-Ge desteğinin dağılımsal etkisini daha fazla araştırıyoruz. Bunu yaparak, atıfları olduğu gibi almak yerine, atıf dağılımının ondalık dilimlerini göz önünde bulundurarak patentleri göreceli sıralamalarına göre sıralıyoruz. Bu yaklaşım, çok sayıda patentin hiç atıf almadığı veya az sayıda atıf aldığı ve dağılımın en altındaki patent atıflarındaki değişkenliğin çok küçük olduğu gerçeğinden etkilenmeyen bir çerçeve sağlama avantajına sahiptir. Şekil B.5 ve B.6'da raporlanan sonuçlar RIF regresyonlarıyla uyumludur, devlet Ar-Ge desteğinin etkisi 5th ondalık dilimden sonra istatistiksel olarak sıfırdan farklıdır. Devlet desteğinin etkisi ortalama olarak güçlü ve pozitif kalırken, esas olarak en etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesini destekleyerek işlemektedir.

5 Son Sözlür

Çevreye uygulanan modern içsel büyüme modelleri, bilim itici politikaların temiz teknolojilerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Acemoğlu vd., 2012; 2016; Hémous ve Olsen, 2021). Teknik değişimin patikaya bağılı doğası karşısında kamu desteğı, firmaların temiz teknolojilerin (yüksek) uzun vadeli sosyal getirilerini içselleştirmesine ve kirli teknolojilerin kümülatif avantajlarını kırmasına yardımcı olabilir.

Bu çalışmada, temiz teknolojik değişimin hızını ve yönünü etkilemede hükümetin Ar-Ge desteğinin rolünü ortaya çıkartıyor ve böylece yeşil geçiş için önemli bir politika kaldıracına işaret ediyoruz. Yüksek etkili yenilikçi sonuçlar veren ve firmaların bunlara yatırım yapma engellerini koruyan radikal yeni araştırma projelerinin önemini göz önünde bulundurarak (Azoulay vd., 2019; Mukherjee ve Pennings, 2004; Scotchmer, 1991), kamu Ar-Ge'sinin büyük ölçüde ihmal edilen ancak temel bir rolünün, sonraki teknolojiler üzerinde yüksek bilgi yayılımına sahip temiz teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmek olduğunu savunduk.

ABD hükümetinden tedarik sözleşmeleri veya araştırma hibeleri alan başvuru sahiplerine 2005 ve 2015 yılları arasında verilen tüm USPTO patentlerini içeren yeni bir veri seti oluşturarak, yarı deneysel bir tahmin çerçevesi aracılığıyla ABD hükümetinin Ar-Ge desteğinin olumlu etkisine dair sağlam kanıtlar elde ettik. Teknoloji itici politikalar, araştırma çabalarını (belirli) temiz teknolojilere yönlendirebilir ve sonraki bilgi üretimi üzerinde yüksek etkiye sahip teknolojilerin geliştirilmesini destekleyebilir.

ABD hükümetinin Ar-Ge desteğinin yüksek etkili temiz teknolojiler üzerindeki etkisi dikkate değer boyuttur. Bilgi yayılımının bir göstergesi olarak takip patentlerinden alınan ileri atırlar kullanıldığında, devlet destekli temiz teknolojiler, desteklenmeyenlere kıyasla (takip eden 5 yıl içinde) yaklaşık %26 daha fazla atıf almaktadır. Kurum içi yayımları kurumlar arası yayımlardan ayırarak, Ar-Ge devlet desteğinin, sonraki teknolojik etkisi sosyal açıdan da daha büyük olan temiz yenilikleri kolaylaştırdığını gösteriyoruz. Ar-Ge devlet desteğı, yayımların yerli-yabancı kalıplarını etkilememekte, ancak coğrafi dağılımlarını genişletmektedir. Son olarak, Ar-Ge devlet desteğinin etkisi, yeni bir yeşil teknolojik paradigmanın ortaya çıkmasını desteklemede en temel role sahip olan temiz teknolojileri kolaylaştırmada dikkate değerdir.

Sonuçlarımız hem iklim değişikliği politikalarının modellenmesi hem de bunların uygulanması için önemli çıkarımlara sahiptir. İlk açıdan, sürdürülebilir büyümeye yönelik teknik değişimin yönü hakkındaki teorik sonuçlar, temiz ve riskli teknolojilerin yayılması ve bunların Ar-Ge yatırımları ve öğrenme üzerindeki etkileri hakkında daha sofistike hipotezlere dayanmalıdır. İkinci açıdan, iklim değişikliğinin artan baskısı altında, analizimiz teknoloji destek politikalarındaki genel azalma eğilimini tersine çevirmek ve hükümetlerin yeşil politika müdahaleleri paketleri içindeki kilit rollerini yeniden gözden geçirmek için güçlü bir durum sunmaktadır.

Sonuçlarımız aynı zamanda üç farklı ancak birbiriyle ilişkili araştırma akışı boyunca akademik literatürün ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. İlk olarak, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında teknoloji itici politikaların önemini vurgulayan iklim değişikliği ekonomisi literatürünün zenginleşmesine katkıda bulunuyoruz. İkinci olarak, (en) etkili temiz teknolojilerin geliştirilmesi için uygunluğuna dair ampirik kanıtlar sunarak, yönlendirilmiş teknik değişim ve çevre literatürünü, devlet destekli Ar-Ge'nin teknolojik gelişme üzerindeki etkisine yeni bir odaklanma ile zenginleştiriyoruz. Son olarak, patent verileri aracılığıyla kamu Ar-Ge'sinin inovasyon getirileri hakkındaki literatüre, değerlendirmesini temiz patent verilerine ve farklı bilgi yayılım türlerine genişleterek katkıda bulunuyoruz.

Bunu yaparken, inovasyon politikasında kamu Ar-Ge'sinin inovasyon getirilerini inceleyen "Nelson-Arrow paradigması" (Trajtenberg, 2012) ile çevresel sürdürülebilirliğin en acil olanlardan biri olduğu sosyal zorluklar karşısında kamu Ar-Ge'si hakkındaki son tartışmalar arasında orijinal bir ampirik bağlantı sağlıyoruz (Foray vd., 2012).

Referanslar

- Abadie, A., Athey, S., Imbens, G. W., & Wooldridge, J. M. (2023). Kümeleme için standart hataları ne zaman ayarlamalısınız? *The Quarterly Journal of Economics*, 138(1), 1-35.
- Acemoğlu D., ve Linn J. (2004). İnovasyonda Pazar Büyüklüğü: Teori ve İlaç Endüstrisinden Kanıtlar. *The Quarterly Journal of Economics*, 119(3), 1049-1090.
- Acemoğlu D., Aghion P., Bursztyn L. ve Hemous D. (2012). Çevre ve Yönlendirilmiş Teknik Değişim. *American Economic Review*, 102(1), 131-166.
- Acemoğlu D., Akcigit U., Hanley D. ve Kerr W. (2016). Temiz Teknolojiye Geçiş. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52-104.
- Aghion P., Dechezleprêtre A., Hemous D., Martin R., ve Van Reenen J. (2016). Karbon vergileri, patika bağımlılığı ve yönlendirilmiş teknik değişim: Otomobil endüstrisinden kanıtlar. *Journal of Political Economy*, 124(1), 1-51.
- Aghion P., Jaravel X., Cohen W.M., ve Levinthal D.A. (2015). Bilgi Yayılımı, İnovasyon ve Büyüme. *The Economic Journal*, 125(583), 533-573.
- Azoulay P., Graff Zivin J.S., Li D. ve Sampat B.N. (2019). Kamu Ar-Ge yatırımları ve özel sektör patentleri: NIH fonlama kurallarından elde edilen kanıtlar. *Review of Economic Studies*, 86(1), 117-152.
- Barbieri N., Marzucchi A. ve Rizzo U. (2020). Bilgi kaynakları ve sonraki buluşlar üzerindeki etkileri: Yeşil teknolojiler yeşil olmayanlardan farklı mı? *Araştırma Politikası*, 49(2), 103901.
- Caballero R.J., ve Jaffe A.B. (1993). Devlerin omuzları ne kadar yüksek: Bir ekonomik büyüme modelinde bilgi yayılımı ve yaratıcı yıkımın ampirik bir değerlendirmesi. *NBER makroekonomi yayılımı*, 8, 15-74.
- Calel R., ve Dechezleprêtre A. (2016). Çevre Politikası ve Yönlendirilmiş Teknolojik Değişim: Avrupa Karbon Piyasasından Kanıtlar. *Review of Economics and Statistics*, 98(1), 173-191.
- Correia, S., Guimarães, P., & Zylkin, T. (2020). Yüksek boyutlu sabit etkiler ile hızlı Poisson tahmini. *Stata Journal*, 20(1), 95-115.
- de Rassenfosse G., Jaffe A. ve Raiteri E. (2019). ABD hükümeti tarafından inovasyon tedariki. *PloSone*, 14(8), e0218927.
- Dechezleprêtre A., ve Kruse T. (2022). İklim politikasının tedarik zinciri boyunca inovasyon ve ekonomik performans üzerindeki etkisi: Firma ve sektör düzeyinde bir analiz. *OECD Çevre Çalışma Belgeleri*, No. 189, OECD Yayıncılık, Paris.
- Dechezlepretre A., Martin R. ve Mohnen M. (2017). Temiz ve Kirli Teknolojilerden Bilgi Yayılımı (No. 135). *Grantham İklim Değişikliği ve Çevre Araştırma Enstitüsü*.
- Dranove D., Garthwaite C. ve Hermosilla, M.I. (2020). Beklenen kârlar ve inovasyonun bilimsel yeniliği. *Ulusal Ekonomik Araştırma Bürosu*, No. w27093.
- Dubois P., De Mouzon O., Scott-Morton F. ve Seabright P. (2015). Pazar büyüklüğü ve farmasötik inovasyon. *RAND Journal of Economics*, 46(4), 844-871.
- Dugoua, E. (2021). İndüklenmiş inovasyon ve uluslararası çevre anlaşmaları: ozon rejiminden kanıtlar. *Grantham İklim Değişikliği ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Çalışma Belgesi No. 363*.
- Finkelstein, A. (2004). Sağlık politikasının statik ve dinamik etkileri: Aşı endüstrisinden kanıtlar. *The Quarterly Journal of Economics*, 119(2), 527-564.
- Firpo S., Fortin N.M. ve Lemieux T. (2009). Koşulsuz kantil regresyonları. *Econometrica*, 77(3), 953-973.

- Foray D., Mowery D.C., ve Nelson, R.R. (2012). Kamu Ar-Ge'si ve sosyal zorluklar: Misyon Ar-Ge programlarından ne gibi dersler çıkarılabilir? *Araştırma Politikası*, 41, 1697-1702.
- Ghisetti, C. (2017). Talep-çekme ve çevresel yenilikler: Yenilikçi kamu alımlarının etkilerinin tahmin edilmesi. *Technological Forecasting and Social Change*, 125, 178-187.
- Guillard C., Martin R., Mohnen P., Thomas C. ve Verhoeven, D. (2021). İnovasyon için etkin sanayi politikası: gizli devlerin omuzlarında durmak. *Academy of Management Proceedings* içinde (Cilt 2022, No. 1, s. 17477). Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management.
- Hall B.H., Jaffe A., Trajtenberg M. (2001). NBER Patent Atıf Veri Dosyası: Dersler, Anlayışlar ve Metodolojik Araçlar. NBER Çalışma Belgeleri No. 8498, Ulusal Ekonomik Araştırma Bürosu, Inc.
- Hassler J., Krusell P. ve Olovsson C. (2021). Doğal kaynak kıtlığına bir yanıt olarak yönlendirilmiş teknik değişim. *Journal of Political Economy*, 129(11), 3039-3072.
- Hémous D., ve Olsen M. (2021). Çalışma ve çevre ekonomisinde yönlendirilmiş teknik değişim. *Annual Review of Economics*, 13, 571-597.
- Howell S.T. (2017). İnovasyonun finansmanı: Ar-Ge hibelerinden elde edilen kanıtlar. *American Economic Review*, 107(4), 1136-1164.
- Jaffe A.B., ve Trajtenberg M. (1999). Uluslararası bilgi akışları: Patent atıflarından elde edilen kanıtlar. *Economics of Innovation and New Technology*, 8(1-2), 105-136.
- Krieger B., ve Zipperer V. (2022). Yeşil kamu alımları çevresel yenilikleri tetikler mi? *Araştırma Politikası*, 51(6), 104516.
- Kruse T., Dechezleprêtre A., Saffar R. ve Robert L. (2022). OECD ülkelerinde çevre politikası sıklığının ölçülmesi: An update of the OECD composite EPS indicator, OECD Ekonomi Departmanı Çalışma Belgeleri 1703, OECD Yayıncılık.
- IEA (2020), *Energy Technology Perspectives 2020 - Special Report on Clean Energy Innovation*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ab43a9a5-en>.
- IEA (2021), *Dünya Enerji Görünümü 2021*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>, Lisans: CC BY 4.0.
- IPCC, 2022: İklim Değişikliği 2022: İklim Değişikliğinin Azaltılması. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Altıncı Değerlendirme Raporuna Çalışma Grubu III'ün Katkısı [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK ve New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926
- Larivière V., Gingras Y., Sugimoto C.R., ve Tsou A. (2015). Ekip büyüklüğü önemlidir: 1900'den beri işbirliği ve bilimsel etki. *Bilgi Bilimi ve Teknolojisi Demeği Dergisi*, 66(7), 1323-1332.
- Mukherjee A., Pennings E. (2004). Taklit, patent koruması ve refah. *Oxford Economic Papers*, 56(4), 715-733.
- Noailly J., ve Smeets R. (2015). Teknik değişimin fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji inovasyonuna yönlendirilmesi: Firma düzeyinde patent verilerini kullanan bir uygulama. *Çevre Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 72, 15-37.
- Nordhaus W. (2019). İklim değişikliği: Ekonomi için nihai zorluk. *American Economic Review*, 109(6), 1991-2014.
- OECD (2009), *OECD Patent İstatistikleri El Kitabı*, OECD Yayıncılık, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264056442-en>.
- Plank J., ve Dobliger C. (2018). Kamu Ar-Ge finansmanının firma düzeyinde inovasyon etkisi: Alman yenilenebilir enerji sektöründen kanıtlar. *Enerji Politikası*, 113, 430-438.

- Popp D. (2002). İndüklenmiş inovasyon ve enerji fiyatları. *American Economic Review*, 92(1), 160-180.
- Rozendaal R.L., ve Vollebergh, H.R.J. (2021). Temiz teknolojilerde politika kaynaklı inovasyon: Otomobil pazarından kanıtlar. CESifo Çalışma Belgesi No. 9422.
- Santoleri P, Mina A., Di Minin A. ve Martelli I. (2023). Ar-Ge Hibelerinin Nedensel Etkileri: Regresyon Süreksizliğinden Elde Edilen Kanıtlar, *Review of Economics and Statistics*, 1-42.
- Scotchmer S. (1991). Devlerin omuzlarında durmak: kümülatif araştırma ve patent yasası. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 29-41.
- Squicciarini M., Demis H. ve Criscuolo C. (2013). Patent kalitesinin ölçülmesi: Teknolojik ve ekonomik değer göstergeleri. OECD Bilim, Teknoloji ve Sanayi Çalışma Belgeleri, No. 2013/03, OECD Yayıncılık, Paris.
- Stern N. (2008). İklim değişikliğinin ekonomisi. *American Economic Review*, 98(2), 1-37.
- Trajtenberg M., Henderson R. ve Jaffe A. (1997). Üniversite ve şirket patentleri: Buluşun temelliği üzerine bir pencere. *Yenilik ve Yeni Teknoloji Ekonomisi*, 5 (1): 19-50.
- Trajtenberg M. (2012). Nelson-Arrow paradigması hala inovasyon politikasının yol göstericisi olabilir mi? Lerner J. ve Stern S. (eds.), *The rate and direction of inventive activity revisited* içinde. Chicago Üniversitesi Yayınları, s. 679-684.
- Wooldridge, J. M. (2010). Kesit ve panel verilerinin ekonometrik analizi. MIT Press.

Şekillerin listesi

Şekil 1 - Temiz teknoloji türüne göre devlet destekli ve devlet destekli olmayan patentlerin payı.	10
Şekil 2: Rastgele tahrifat testi.....	19
Şekil 3: Atıf sayısına göre devlet destekli ve devlet destekli olmayan patentler için temiz teknoloji patentlerinin oranı.....	22
Şekil B.1: Eşleştirme öncesi ve sonrası artıkların sapmaya karşı varyans oranı	37
Şekil B.2: Eşleştirme öncesi ve sonrası kovaryans yanlılığı.....	38
Şekil B.3: Devlet Ar-Ge desteği olan ve olmayan çok değişkenli ve yerel dengesizlik ölçümleri.....	39
Şekil B.4: Devlet Ar-Ge desteği olan ve olmayan değişken ortalamalarının karşılaştırılması	39
Şekil B.5: sponsorlu ve sponsorlu olmayan patentler için 5 yıl ileriye dönük atıfların ondalık dilimleri	41
Şekil B.6: Devlet destekli Ar-Ge'nin ortalama marjinal etkisi.....	42

Tabloların listesi

Tablo 1: Özet istatistikler	8
Tablo 2 - Devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - tüm teknolojiler	13
Tablo 3 - Devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - temiz teknolojiler	14
Tablo 4 - Devlet destekli Ar-Ge'nin farklı bilgi yayımları üzerindeki etkisi, temiz teknolojiler	16
Tablo 5: Devlet destekli Ar-Ge'nin buluşların miktarı ve kalitesi üzerindeki etkisi - temiz teknoloji örneği	18
Tablo 6: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - sağlamlık kontrolleri	19
Tablo 7: Devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi, temiz teknoloji için RIF regresyonları yoluyla dağılımsal etkiler	22
Tablo A.1: Temiz teknoloji patentleri için 3PFL'deki yüklenici sayısı ile Patstat'taki başvuru sayısı arasındaki uyum	31
Tablo B.1: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki temiz inovasyon üzerindeki etkisi - iki kat sağlam tahminciler (AIPW ve IPWRA)	33
Tablo B.2: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'ye seçim - eğilim puanı	35
Tablo B.3: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - regresyon düzeltmesi için alternatif ağırlıklar.....	40

Ekler

Bir Veri Yapısı

3PFL veri tabanından (de Rassenfosse vd., 2019) ABD hükümeti tarafından imzalanan tedarik sözleşmeleri ve araştırma hibeleri ile sonuçta ortaya çıkan buluşları korumak için başvuru patentler hakkında bilgi alıyoruz. 3PFL veri tabanı, 2005-2015 yılları arasında USPTO tarafından verilen 37.925 patentin bilgilerini içermektedir.

İşlem görmemiş patentlerden oluşan kontrol grubunu oluşturmak için aşağıdaki şekilde hareket edilmiştir:

i) 3PFL, patent başvuru sahiplerini tanımlamak için Patstat'ta doğrudan kullanılabilecek bir kod sağlamamaktadır. Bu nedenle, Patstat'tan 3PFL patentleriyle ilişkili tüm kişi tanımlayıcılarını almak için 3PFL veritabanındaki patent_nr alanını (USPTO'da verilen başvurunun yayınına tanımlayan numara) kullandık. Buluş sahibinin aynı zamanda başvuru sahibi olduğu ve PATSTAT'ta başka bir başvuru sahibinin bildirilmediği patentleri hariç tuttuğumuz için bu, patent örneklemini 37.003'e düşürmektedir.

Tablo A.1, her bir 3PFL patenti için Patstat'taki başvuru sahibi sayısını ve 3PFL'deki yüklenici sayısını göstermektedir. Çoğu durumda yazışmalar 1:1'dir ve başvuru sahibi-yüklenici çifti doğrudan tanımlanmıştır.

Tablo A.1: Temiz teknoloji patentleri için 3PFL'deki yüklenici sayısı ile Patstat'taki başvuru sahibi sayısı arasındaki uyum.

		3PFL'deki yüklenici sayısı								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PATSTAT'taki başvuru sayısı	1	30,213	3,002	332	40	13	2	1		1
	2	2,309	483	93	24	1		1		
	3	303	70	28	2	1				
	4	55	13	2	1					
	5	10	3							
	6									
	7	1								

Not: seçimde buluş sahibinin aynı zamanda başvuru sahibi olduğu ve başka bir başvuru sahibinin bildirilmediği patentler hariç tutulmuştur.

ii) Eşleştirmenin 1:1 veya 1:çok sayıda eşleşmeyle sonuçlanmadığı tüm durumlarda, iki veri tabanındaki başvuru sahiplerinin ve yüklenicilerin adlarını kullanarak eşleştirmeyi belirsizleştirdik.

Başvuru sahibi ve yüklenici sayısının aynı olduğu tüm durumlarda (Tablo A.1'in ilk satırı ve ilk sütunu), iki veri tabanında bildirilen isimler arasındaki benzerliğin bir ölçüsünü sağlayan Levenshtein mesafesini kullanarak ilgili girişleri ilişkilendirdik. Diğer tüm vakalar manuel olarak belirsizleştirilmiştir. Sonuç olarak, Patstat'taki başvuru sahibi kodları (*person_id*) ile 3PFL'de bildirilen yüklenici tanımlayıcısı arasında bir yazışma tablosu oluşturduk.

iii) 2005-2015 dönemi boyunca aynı başvuru sahibine verilen tüm patentleri almak için belirsizliği giderilmiş *kişi_id* listesini kullandık. Bu patentler kontrol grubunu temsil etmektedir.

B. Sağlamlık Kontrolleri ve Spesifikasyonlar

Sonuç ve tedavi modellerinin yanlış belirlenmesi: iki kat sağlam tahmin ediciler

Bulgularımızın tedavi modeline seçimin yanlış belirlenmesiyle ilgili olası sorunlara karşı sağlamlığını değerlendirmek için artırılmış ters olasılık ağırlıklı (AIPW) ve ters olasılık ağırlıklı regresyon-ayarlama (IPWRA) tahmincilerine güveniyoruz.

Ana analizde kullanılan IPW tahmincisi sadece tedavi olasılığını modellerken, AIPW tahmincisi hem sonucu hem de tedavi olasılığını modellemektedir. AIPW'nin avantajı, tedavi etkisini tutarlı bir şekilde tahmin etmek için iki modelden yalnızca birinin doğru bir şekilde belirtilmesinin yeterli olmasıdır; bu nedenle bu tür bir tahminci varlık olarak bilinen bir özellik olarak bilinir. AIPW tahmincisi, tedavi modeli yanlış olduğunda tahminciyi düzelten bir artırma terimi içerir. Bu artırma terimi, tedavi uygun şekilde belirlendiğinde ve örneklem büyüklüğü fazla olduğunda ortadan kalkar.

Benzer şekilde, ters olasılık ağırlıklı regresyon-ayarlama (IPWRA) tahmin edicileri sonuç ve tedavi durumu için modelleri bütünleştirir ve çifte sağlamlık özelliğine sahiptir. IPWRA tahmin edicileri, eksik verileri düzelten regresyon katsayılarını tahmin etmek için tahmin edilen tedavi-olasılık ağırlıklarının tersini kullanır. Bu katsayılar daha sonra potansiyel sonuç ortalamalarını hesaplamak için kullanılır (Wooldridge, 2010).

Bildiğimiz kadarıyla, AIPW ve IPWRA tahmincilerinin göreceli verimliliğini karşılaştıran bir literatür bulunmamaktadır, bu nedenle aşağıdaki tabloda her iki yaklaşımdan elde edilen sonuçları rapor ediyoruz. Sonuçlar yüksek ve anlamlı katsayılar göstermektedir. Beklendiği üzere, AIPW ve IPWRA tahmincileri başvuru sahibi sabit etkilerini kontrol etmeye izin vermediğinden, katsayılar favori spesifikasyonumuzdan (ana metindeki Tablo 3'te Sütun 3) daha yüksektir.

Tablo B.1: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki temiz inovasyon üzerindeki etkisi - iki kat sağlam tahminciler (AIPW ve IPWRA)

	(1)	(2)
Devlet Ar-Ge	9.074**	9.250**
	[1.801]	[1.761]
Kontroller	Evet	Evet
Dosyalama yılı FE	Evet	Evet
Teknoloji FE	Evet	Evet
Başvuru Sahibi FE	Hayır	Hayır
Tahminleyici Göreceli ATE	AIPW 0.566**	IPWRA 0.577**

		[0.114]	[0.111]
	N(Patentler)	36,726	36,726
+ p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01			

IPW tedavi modelinden ve alternatif ağırlıklardan elde edilen sonuçlar

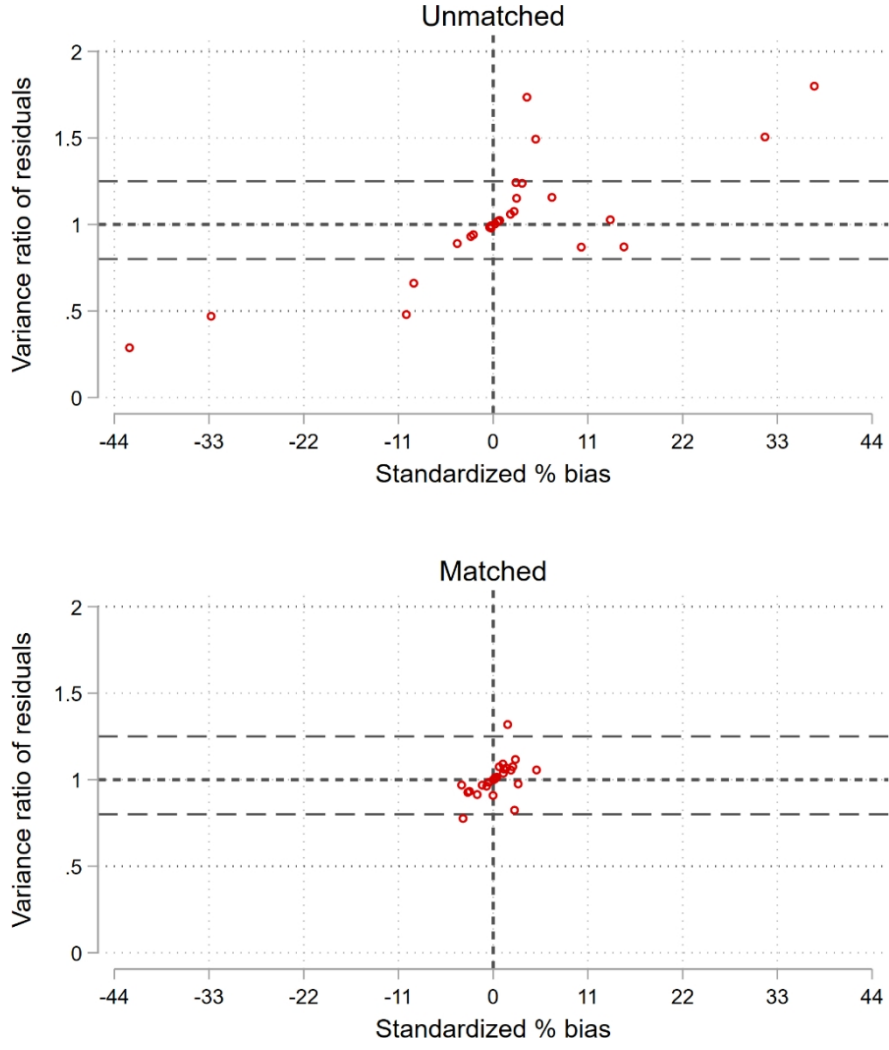
Tablo B.2: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'ye seçim - eğilim puanı.

	(1)
özgünlük	0.458** [0.065]
Takım büyüklüğü	0.015** [0.006]
# Başvuru sayısı	0.014* [0.006]
CC adaptasyonu (Y02A)	0.591** [0.033]
CCMT binaları (Y02B)	-0.158** [0.047]
Sera gazı yakalama (Y02C)	0.040 [0.057]
CCMT ICT (Y02D)	-0.763** [0.051]
Sera gazı enerjisi (Y02E)	0.297** [0.027]
CCMT üretimi (Y02P)	-0.007 [0.027]
CCMT taşımacılığı (Y02T)	-0.281** [0.030]
CCMT atıkları (Y02W)	0.135+ [0.072]
Enerji için BİT (Y04S)	-0.320**

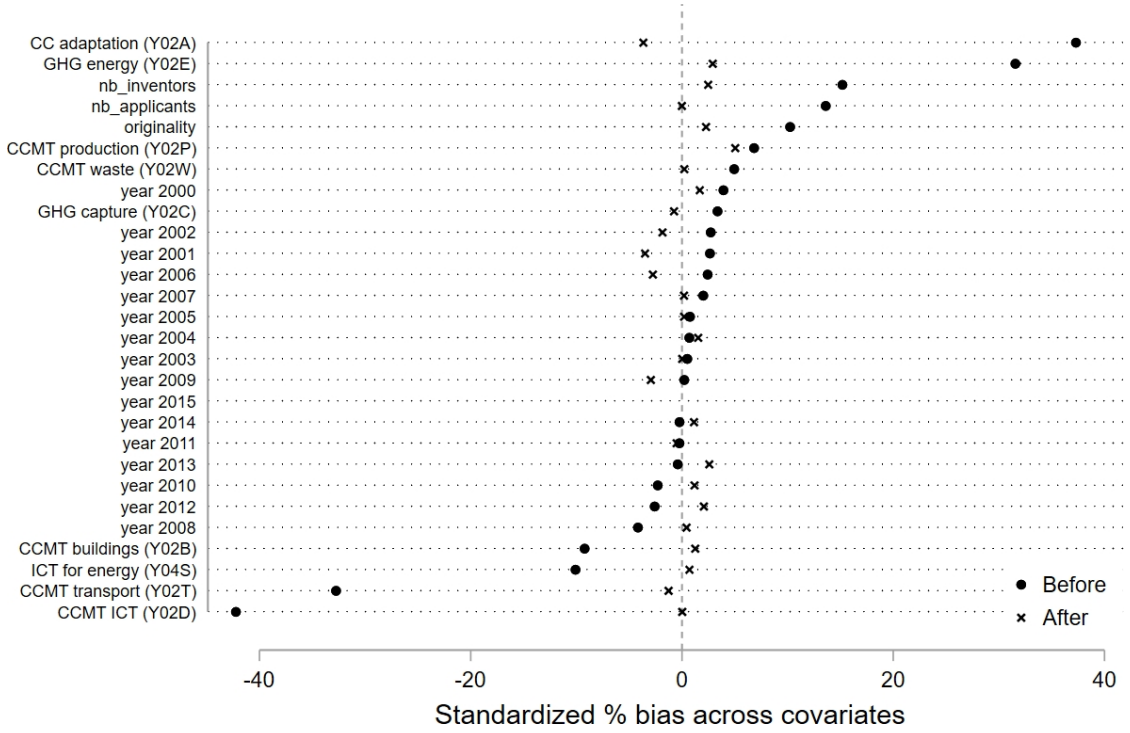
+ p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01

	[0.069]
Dosyalama yılı FE	Evet
Teknoloji FE	Evet
Chi2 testi	1643.711
McFadden's R sq	0.070
N(Patentler)	38657

Şekil B.1: Eşleştirme öncesi ve sonrası artıkların sapmaya karşı varyans oranı

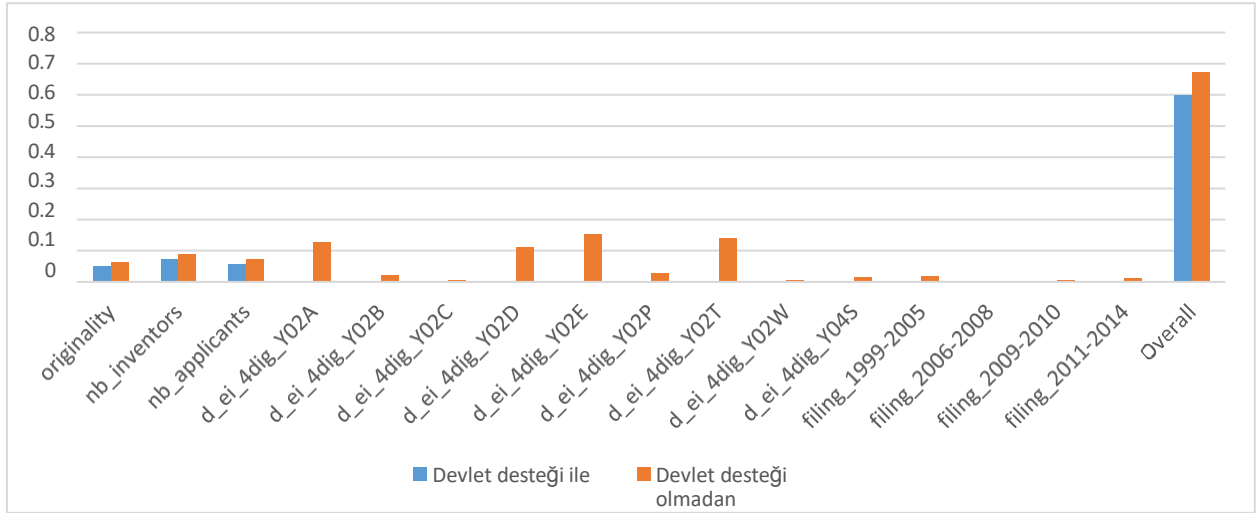


Şekil B.2: Eşleştirme öncesi ve sonrası kovaryans yanlılığı

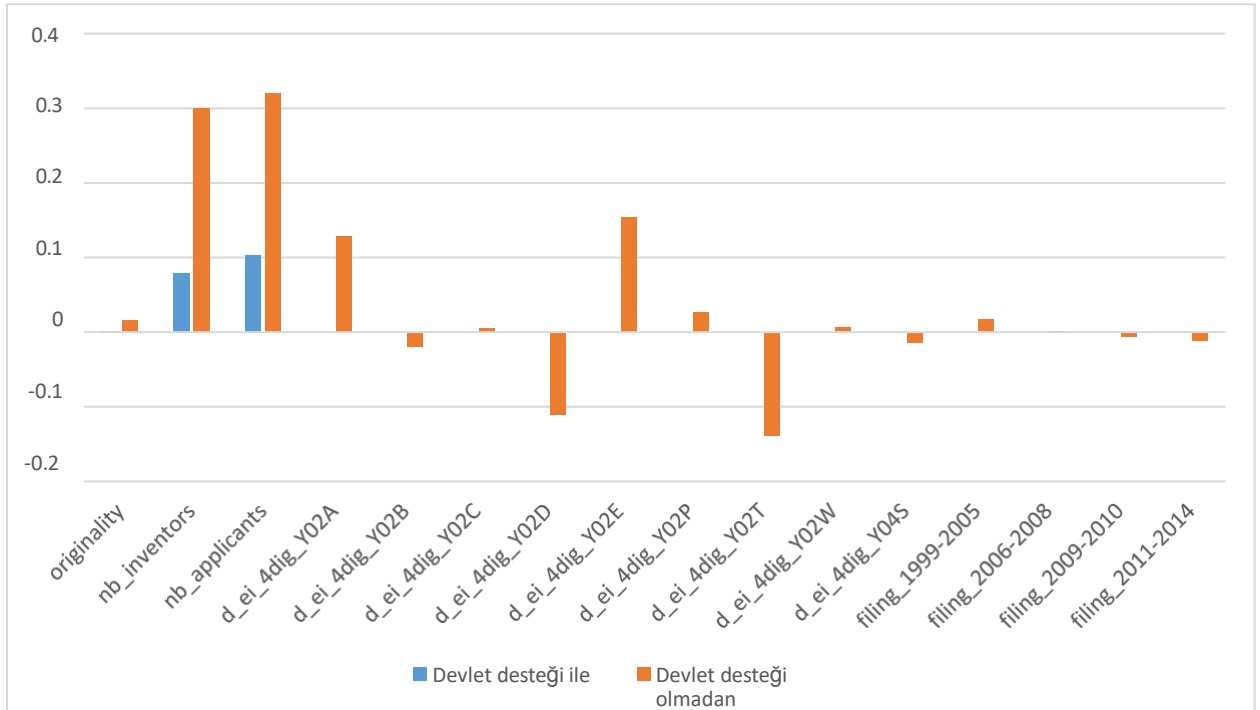


Sonuçlarımızın regresyon düzeltmesi için kullanılan alternatif ağırlıklara karşı sağlamlığını test ediyoruz. İlk olarak, eğilim puanı hesaplamasından gelen iki farklı şekilde tanımlanmış ağırlık uyguluyoruz. İlk ağırlık sadece tedavi edilen grubu yeniden dengeler: $(1 - \hat{p}_i) / \hat{p}$ değerini alır. devlet Ar-Ge desteği almıştır ve aksi takdirde 1'dir ($\hat{p}_i$, Tablo B2'deki uygun değerdir). Yukarıda. İkinci ağırlık, devlet Ar-Ge desteği alan temiz teknoloji patentleri için $1/\hat{p}$ ve aksi takdirde $1/(1 - \hat{p})$ değerini alan standart bir ters olasılık ağırlığıdır. Mevcut çalışmaları takiben (Hirano vd., 2003; Brunell ve Di Nardo, 2004), her iki ağırlık da oranlar korunarak hesaplanır tedavi edilen ve edilmeyen grup arasında. Son olarak, kabalaştırılmış bir eşleştirme prosedüründen ağırlıkları hesaplıyoruz (Iacus vd., 2012). Şekil B.3, global ve yerel dengesizlik ölçütlerine göre tedavi edilen ve edilmeyen patentler arasındaki karşılaştırmayı raporlamaktadır. Global dengesizlik istatistiği, tedavi edilen gruptaki tedavi öncesi ortak değişkenlerin çok boyutlu histogramı ile kontrol grubundaki aynı histogram arasındaki yerel dengesizlik ölçütleri farkı olarak hesaplanır. Bizim özel durumumuzda, 0,672 değeri eşleştirilmemiş veriler için referans noktasıdır ve eşleştirmeden sonra değerdeki düşüş (0,597) dengesizlik seviyesinde bir azalmaya işaret etmektedir. Yerel dengesizlik ölçütlerinde benzer azalmalar bireysel değişkenler için de bulunmaktadır. Şekil B.4, eşleştirme öncesi ve sonrası değişken ortalamalarının bir karşılaştırmasını sunmakta ve eşleştirme prosedürünün ardından yanlılıkta önemli bir azalma olduğunu göstermektedir. Genel olarak, bu iki şekil, seçilen yaklaşımın gözlemlenebilir değişkenlerden kaynaklanan yanlılığı azaltma kabiliyeti konusunda bize güven vermektedir.

Şekil B.3: Devlet Ar-Ge desteği olan ve olmayan çok değişkenli ve yerel dengesizlik ölçümleri.



Şekil B.4: Devlet Ar-Ge desteği olan ve olmayan değişken ortalamalarının karşılaştırılması.



Tablo B.3 yukarıda açıklanan üç ağırlık setini kullanan sonuçları göstermektedir. CEM ağırlığının uygulanmasının, hem tedavi edilen hem de kontrol gruplarındaki ortak değişkenler üzerinde kapalı eşleşmeleri olmayan gözlemleri budama ihtiyacı nedeniyle örnekleme 32.132 gözleme düşürdüğünü fark ediyoruz.

Eğilim puanı ağırlıklarının alternatif tanımlarını kullanan modeller için Devlet Ar-Ge'sinin etkisine ilişkin katsayılar, temel tahminlerimize kıyasla daha yüksek katsayılar gösterirken (metinde Tablo 3'teki 3. sütuna bakınız), CEM ağırlıklı regresyon, favori spesifikasyonumuzda rapor edilenle çok uyumlu bir katsayıya sahiptir (3,78'e karşı 4,43).

Tablo B.3: Yeşil devlet destekli Ar-Ge'nin sonraki inovasyon üzerindeki etkisi - regresyon düzeltmesi için alternatif ağırlıklar

	(1)	(2)	(3)
Devlet Ar-Ge	5.174** [1.226]	5.159** [1.201]	3.784** [1.014]
özgünlük	15.557** [1.244]	15.786** [1.310]	17.724** [1.997]
Takım büyüklüğü	3.038** [0.311]	3.095** [0.319]	1.931** [0.353]
# Başvuru sayısı	-0.577+ [0.311]	-0.608+ [0.321]	-0.032 [0.335]
Dosyalama yılı FE	Evet	Evet	Evet
Teknoloji FE	Evet	Evet	Evet
Başvuru Sahibi FE	Evet	Evet	Evet
Ağırlıklandırma şeması	IPW	IPW	CEM
F testi	19.971	19.823	8.617
Göreceli ATE	0.316**	0.313**	0.223**
Bağıl ATE SE	[0.076]	[0.074]	[0.062]
R kare	0.416	0.411	0.434
N(Patentler)	36245	36245	31644

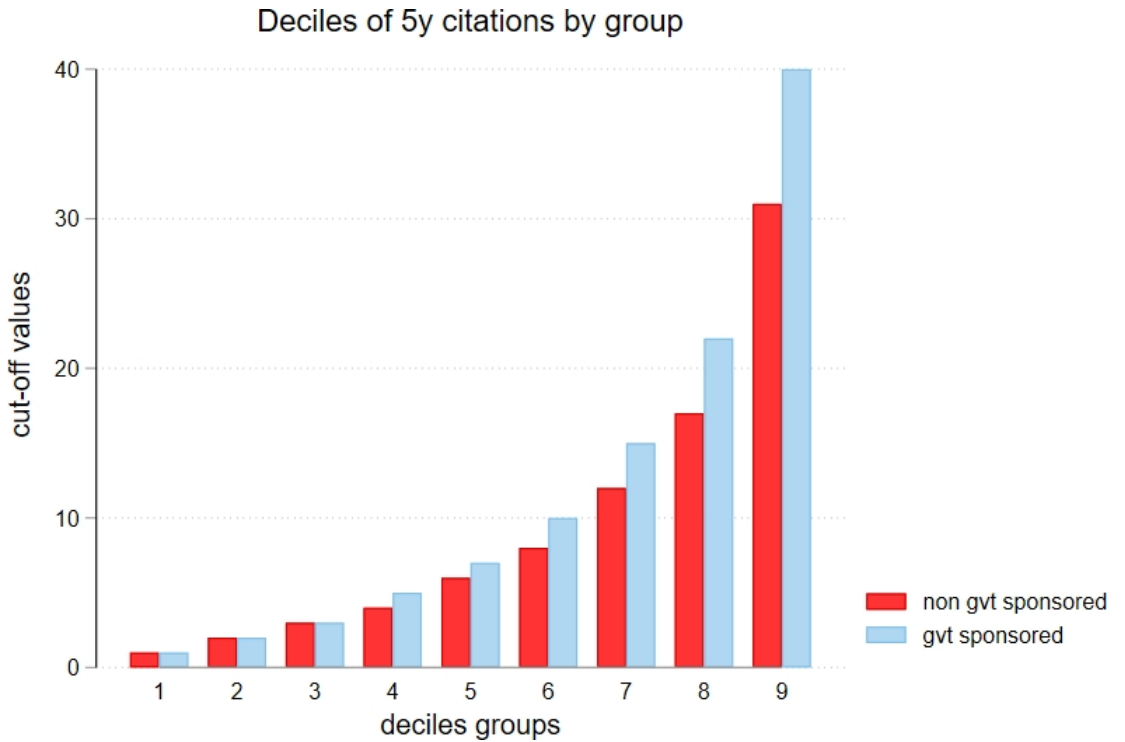
+ p<0.1, * p<0.05, ** p<0.01 Eğilim skoru yoluyla regresyon düzeltmesi için, kontrol gözlemlerinin eğilim skoru yoğunluğunun minimum olduğu tedavi gözlemlerinin %5'ini kaldırarak ortak bir destek uyguluyoruz.

Devlet destekli temiz teknolojilerin alternatif dağılımsal etkileri

Şekil B.5, desteklenen ve desteklenmeyen patentler için 5 yıllık atıfların kesitlerini göstermektedir: hem kesitler hem de desteklenen ve desteklenmeyen patentler arasındaki farklar dağılım boyunca doğrusaldan daha fazla artmaktadır.

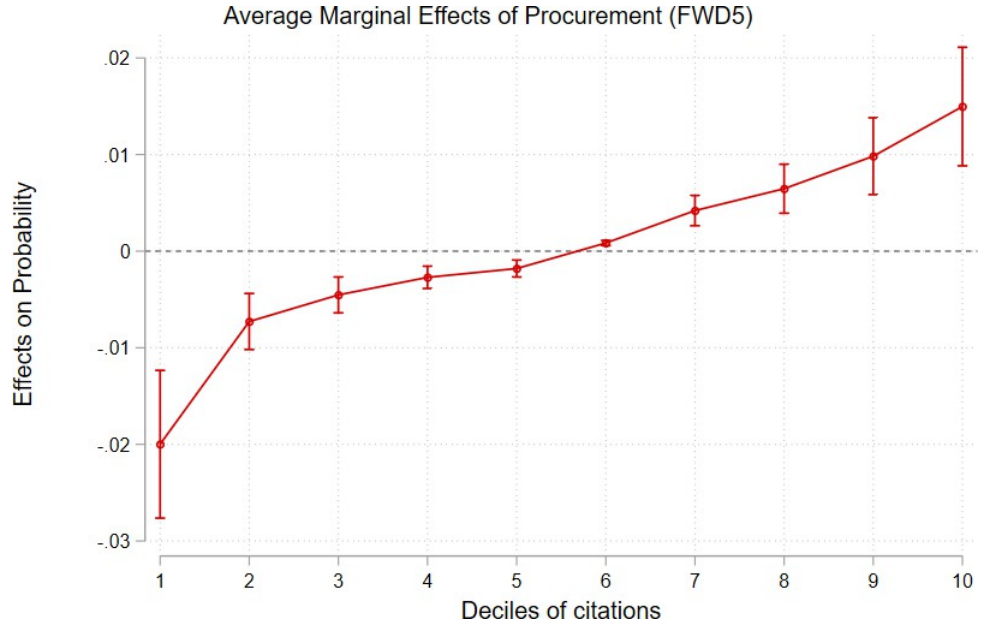
Şekil B.6, devlet destekli patentler için marjları (olasılıktaki fark), tedavi edilen ve edilmeyen patentler birlikte dikkate alınarak çizilen atıf dağılımının ondalık dilimi boyunca rapor etmektedir. Sıralı logit regresyonunun sonuçları, önceki regresyonlarla aynı kontrol değişkenlerini kullanmakta, ancak başvuru sahibi sabit etkilerini atmakta ve bunun yerine belirli bir başvuru sahibinin patent portföyünün büyüklüğünü kontrol etmektedir,⁴ tanımlayıcı kanıtları doğrulamaktadır.

Şekil B.5: sponsorlu ve sponsorlu olmayan patentlerin 5 yıl ileriye dönük atıflarının ondalık dilimleri.



⁴ Doğrusal olmayan modellerde yol açabilecekleri potansiyel sorunlar nedeniyle bu son tahmine başvuru sahibi sabit etkilerini dahil etmiyoruz.

Şekil B.6: Devlet destekli Ar-Ge'nin ortalama marjinal etkisi.



AB ile temasa geçmek

Şahsen

Avrupa Birliği'nin her yerinde yüzlerce Europe Direct merkezi bulunmaktadır. Size en yakın merkezin adresini internetten bulabilirsiniz (european-union.europa.eu/contact-eu/meet-us_en).

Telefonda veya yazılı olarak

Europe Direct, Avrupa Birliği hakkındaki sorularınızı yanıtlayan bir hizmettir. Bu hizmetle iletişime geçebilirsiniz:

- ücretsiz telefonla: 00 800 6 7 8 9 10 11 (bazı operatörler bu aramalar için ücret talep edebilir),
- aşağıdaki standart numaradan ulaşabilirsiniz: +32 22999696,
- Aşağıdaki form aracılığıyla: european-union.europa.eu/contact-eu/write-us_en.

AB hakkında bilgi bulma

Çevrimiçi

Avrupa Birliği hakkında AB'nin tüm resmi dillerinde bilgi Europa web sitesinde (european-union.europa.eu) mevcuttur.

AB yayınları

AB yayınlarını op.europa.eu/en/publications adresinden görüntüleyebilir veya sipariş edebilirsiniz. Europe Direct veya yerel dokümantasyon merkezinizle (european-union.europa.eu/contact-eu/meet-us_en) irtibata geçerek ücretsiz yayınların birden fazla kopyasını temin edebilirsiniz.

AB hukuku ve ilgili belgeler

1951'den bu yana tüm resmi dillerdeki AB yasaları da dahil olmak üzere AB'nin yasal bilgilerine erişmek için EUR-Lex'e (eur-lex.europa.eu) gidin.

AB açık verileri

Data.europa.eu portalı AB kurum, kuruluş ve ajanslarının açık veri setlerine erişim sağlamaktadır. Bunlar hem ticari hem de ticari olmayan amaçlarla ücretsiz olarak indirilebilir ve yeniden kullanılabilir. Portal ayrıca Avrupa ülkelerinden çok sayıda veri setine erişim sağlamaktadır.

Science for policy

Ortak Araştırma Merkezi (JRC), toplumu olumlu yönde etkileyecek AB politikalarını destekleyen bağımsız, kanıta dayalı bilgi ve bilim sağlar



AB Bilim Merkezi

Joint-research-centre.ec.europa.eu

