H. Ekrem Cunedioğlu[1]
Kalkınma Programı Direktörü

DEĞERLENDİRME NOTU

GÜNEŞ ALTINDA MESAİ: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'DE İŞ KAZALARINA VE ÇALIŞMA KAPASİTESİNE ETKİSİ

"Yorucu sıcakların mevsiminde ağustosböceği ağaca tünemiş, kanatlarının altından durmadan tiz şarkısını dökerken (...) erkekler en takatsiz hâlindedir, çünkü Sirius başı ve dizleri kavurur, ten sıcaktan kurur."

Hesiodos, İşler ve Günler (MÖ 700 dolayı)

İklim değişikliğinin ekonomik bedeli Türkiye'de çoğunlukla sel, kuraklık ve orman yangını gibi görünür afetler üzerinden tartışılmaktadır. Oysa sıcak hava, bir afete dönüşmediği günlerde de çalışanı etkilemektedir. Pamuk tarlasında, iskelede ya da asfalt serilen bir yolda sıcaklık arttıkça iş kazaları çoğalmakta, çalışanın bir saatte yapabildiği iş azalmaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütünün (ILO) tahminine göre dünyada her yıl 22,85 milyon iş kazası ve 18.970 işle ilgili ölüm aşırı sıcağa bağlanmaktadır (ILO, 2024). Türkiye'de ise sıcaklığın iş kazalarına etkisi ulusal ölçekte henüz yeterince incelenmemiş, iş sağlığı mevzuatında ısı stresi için bir eşik tanımlanmamıştır.

Türkiye'de 2013-2025 döneminde kayıtlı 23.832 iş kazası iklim değişikliğine atfedilmektedir. Bu tahmin, sıcak mesai saatlerinin 1991-2012 ortalamasına göre uzun dönemde ne kadar arttığına dayanmaktadır. Yalnız kayıtlı çalışanları kapsadığı için gerçek sayı daha yüksektir. Bu kazaların bütün kayıtlı iş kazaları içindeki payı da 2013'ten 2025'e iki katından fazla artmıştır. Sıcak, kazaya yol açmadığı saatlerde de çalışanı yavaşlatmaktadır. COP31'in toplandığı Antalya ile komşusu Isparta ve Burdur'da açık alanda çalışanların ısı stresi yüzünden kaybettiği iş, 2014-2025 ortalamasında çalışılan saatlerin yüzde 3,9'una denk gelmektedir (güneş

[1] https://www.tepav.org.tr/tr/ekibimiz/s/1459

Bu çalışmada ifade edilen bulgular, yorumlar, sonuçlar, öneriler ve görüşler tamamen yazarına aittir. TEPAV'ın resmi görüşü değildir. © TEPAV, aksi belirtilmedikçe her hakkı saklıdır.

altında çalışma varsayımıyla). Bölge, Türkiye'nin 26 istatistiki bölgesi arasında bu kaybın en yüksek olduğu üç bölgeden biridir.

Isı stresi, iklim değişikliğinin çalışanın sağlığına iş yerinde en doğrudan dokunduğu yoldur. COP31'e ev sahipliği yapan Türkiye'nin zirvede öne çıkardığı sağlık ve uyum gündeminin ülke içindeki en somut karşılığı da bu nedenle sıcakta çalışanın korunmasıdır. Türkiye'nin COP31 sürerken, 14 Kasım 2026'da yayımladığı Ulusal Adil Geçiş Stratejisi ve Eylem Planı (2027-2029) aşırı sıcağı çalışma hayatındaki iklim kaynaklı riskler arasında saymaktadır. Plan, bu riske yönelik iş sağlığı ve güvenliği eylemlerini ise 2028 ve 2029 yıllarına yaymaktadır (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2026a). Notta önce sigortalıların çalıştığı illerde sıcak saatlerin nasıl arttığı, ardından bu artışın iş kazalarına yansıması ve bu kazalarda iklim değişikliğinin payı ele alınmaktadır. Sonra sıcağın açık alanda kaybettirdiği iş saatleri tahmin edilmekte, son olarak Türkiye'deki mevzuat uluslararası uygulamalarla karşılaştırılarak sıcakta çalışmayı bağlayıcı bir eşikle düzenleyecek öneriler sunulmaktadır.

1. SİGORTALILARIN ÇALIŞTIĞI İLLERDE SICAK SAAT ARTIK DAHA FAZLA

Bedene binen ısı yükünü termometredeki değerin yanında nem, güneş radyasyonu ve rüzgâr da belirler. Nem, terlemeyle serinlemeyi zorlaştırır. Güneş radyasyonu bedene ek ısı yükler, rüzgâr ise bu yükü hafifletir. Beden bu yükü atamadığında ısı stresi ortaya çıkar. İş sağlığında bu dört etkeni birlikte ölçen gösterge, yaş hazne küre sıcaklığıdır (WBGT, wet bulb globe temperature). ISO 7243 standardı, iklime alışmış ve orta yoğunlukta iş yapan çalışanlar için 28 dereceyi referans değer olarak önermektedir (ISO, 2017). "Sıcak saat", hafta sonları dâhil her gün 06.00 ile 18.00 arasındaki 12 saatte WBGT'nin 28 derece ya da üzerinde olduğu saat olarak tanımlanmaktadır. Bu dilim tek bir çalışanın çalışma süresini değil, yazın açık alanda iş yapılan gündüz saatlerini kapsamaktadır.

WBGT, geçmiş hava gözlemlerini bir hava modeliyle birleştiren ERA5 verisinden her mesai saati için ayrı ayrı hesaplanmış ve illerin değerleri sigortalı sayısıyla ağırlıklandırılarak Türkiye değerine çevrilmiştir (Ek 1).[2] Sigortalıların çoğu kapalı alanda çalıştığı için gösterge onların güneş altında geçirdiği süreyi vermemektedir. Göstergenin ölçtüğü, sigortalıların çalıştığı il ve aylarda güneş altında yapılan bir işin kaç sıcak saate denk geleceğidir. Güneş altındaki sıcak saatlerin arttığı günlerde iklimlendirmesi yetersiz atölye, depo ve fabrikalar da ısındığı için gösterge kapalı alanda çalışanların karşılaştığı sıcağı da izlemektedir. İller sigortalı sayısıyla ağırlıklandırıldığında, yani ortalama bir sigortalı için, 2019-2025 yazlarında günlük en yüksek sıcaklığın ortalaması 29,1 derece iken güneş altındaki günlük en yüksek WBGT'nin ortalaması 26,7 derecedir (Ek 1). Sıcak saat, bu nedenle, ortalama bir yaz gününün en sıcak saatinden de sıcak bir saattir.

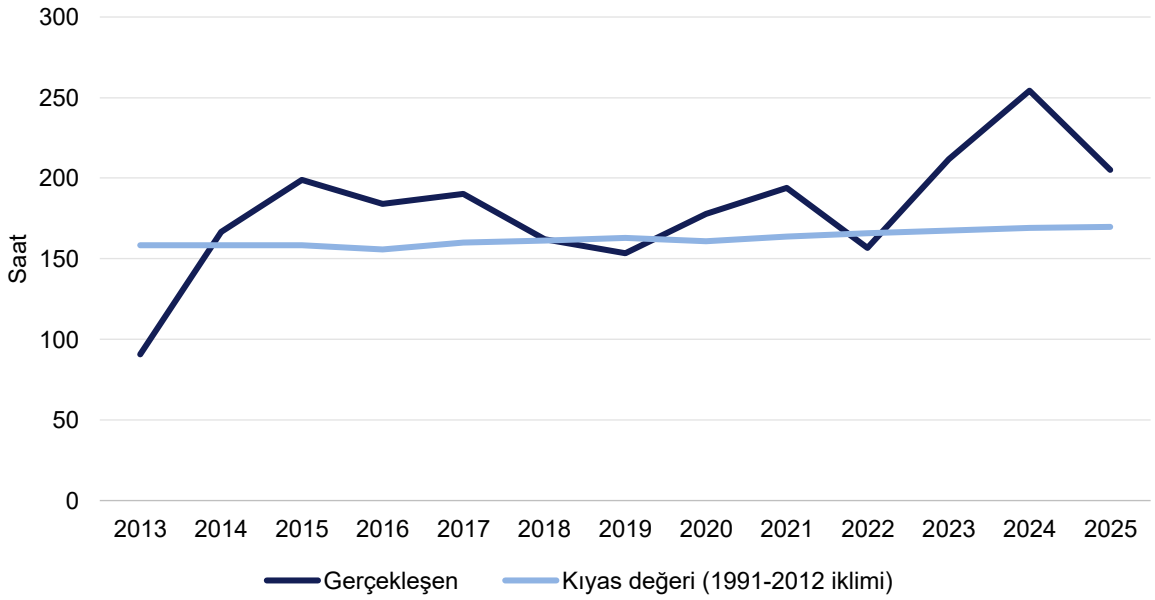
Bu göstergeye göre ortalama bir sigortalının 2024'ün mayıs-ekim döneminde karşılaştığı sıcak saat sayısı 254,3'tür ve bu süre aynı dönemdeki 2.208 mesai saatinin (184 gün boyunca 06.00 ile 18.00 arasındaki 12 saat) yüzde 11,5'idir (Şekil 1.1). 1991-2012 dönemi iklim koşulları sürseydi, sigortalıların aynı il ve ay dağılımıyla bu sayı 169,3 saat olacaktı. Bu sayıya kıyas değeri denmektedir. 2024'ün sıcak saat sayısı kıyas değerinden 85 saat fazladır. On üç yıllık serinin en yüksek üç değeri 2024, 2023 ve 2025 yıllarına aittir.

Tek bir yılın kıyas değerinden farkı, iklimdeki uzun dönemli değişimin yanında o yazın hava koşullarını da yansıtmaktadır. Sigortalıların 2024'teki il ve ay dağılımı sabit tutularak 1991'e

[2] WBGT'nin yaş hazne ve küre sıcaklığı bileşenleri, ERA5'in saatlik hava sıcaklığı, nem, rüzgâr ve güneş radyasyonu verisinden (Hersbach vd., 2020) Liljegren vd. (2008) modeliyle hesaplanmıştır.

kadar geri götürülen seride 2010 yazı 274,4 saatle 2024'ün üzerindedir, 1998 ve 2001 yazları da 2024'e yakındır. Seri yıldan yıla dalgalansa da eğilimi yukarı doğrudur. Sıcak saat sayısı 1991-2025 döneminde yılda ortalama 1,67 saat artmış ve 2019-2025 ortalaması 1991-1997 ortalamasının yüzde 53,4 üzerine çıkmıştır. 2024'teki 85 saatlik farkın 37,6 saati bu eğilimden, kalanı o yazın olağandan sıcak geçmesinden gelmektedir. Isınma, hava sıcaklığını yükselttiği kadar WBGT'yi yükseltmemiştir, çünkü günün en sıcak saatlerinde sıcaklık yükselirken havadaki su buharı miktarı artmamıştır (Ek 1).

Şekil 1.1. Sigortalıların çalıştığı il ve aylarda güneş altında sıcak saat sayısı (mayıs-ekim toplamı), 2013-2025



Kaynak: ERA5, SGK, WorldPop, TEPAV hesaplamaları.
Not: Kıyas değeri, 1991-2012 dönemi iklim koşullarının her yılın il ve ay sigortalı dağılımıyla ağırlıklandırılmasıyla bulunmuştur.

Sıcak saat sayısını iklimin yanında sigortalıların nerede çalıştığı da belirlemektedir. Kıyas değeri 2013'teki 158,3 saatten 2025'te 169,8 saate yükselmiştir. Bu hesapta iklim 1991-2012 dönemindeki hâlinde sabit tutulduğu için artış yalnız sigortalıların iller arasındaki dağılımından gelmekte ve sigortalı istihdamın sıcak illerdeki payının büyüdüğünü göstermektedir.

2. HER 10 SICAK SAAT İŞ KAZALARINI YÜZDE 1,4 ARTIRIYOR

Isı stresi kazaya birkaç yoldan dönüşmektedir. Vücut sıcaklığı yükseldikçe dikkat ve el becerisi azalır, yorgunluk erken gelir, terleyen el aleti sağlam kavrayamaz, koruyucu ekipmanı takmak zorlaşır. Kaliforniya'nın 2001-2018 dönemine ait tazminat kayıtlarını inceleyen Park, Pankratz ve Behrer (2021), yüksek sıcaklıkların yılda yaklaşık 20 bin ek kazaya yol açtığını ve etkinin imalat ve depolama gibi kapalı alanlarda da görüldüğünü tahmin etmektedir. Martínez-Solanas vd. (2018) İspanya'da 1994-2013 döneminde iş kazalarının yüzde 2,4'ünü sıcağa atfetmektedir. Fatima vd.'nin (2021) 22 çalışmayı birleştiren meta-analizine göre sıcaklık her 1 derece arttığında iş kazası riski yüzde 1, sıcak hava dalgalarında yüzde 17,4 yükselmektedir.

Türkiye için tahmin, SGK'nin 2013-2025 dönemine ait 156 aylık 4/1-a (hizmet akdiyle çalışan zorunlu sigortalılar) iş kazası serisine dayanmaktadır. Model, aylık kaza sayısını sigortalı sayısına oranlamakta ve mevsimi, yıllar arasındaki eğilimi, iş günü ve bayram sayısını, salgın

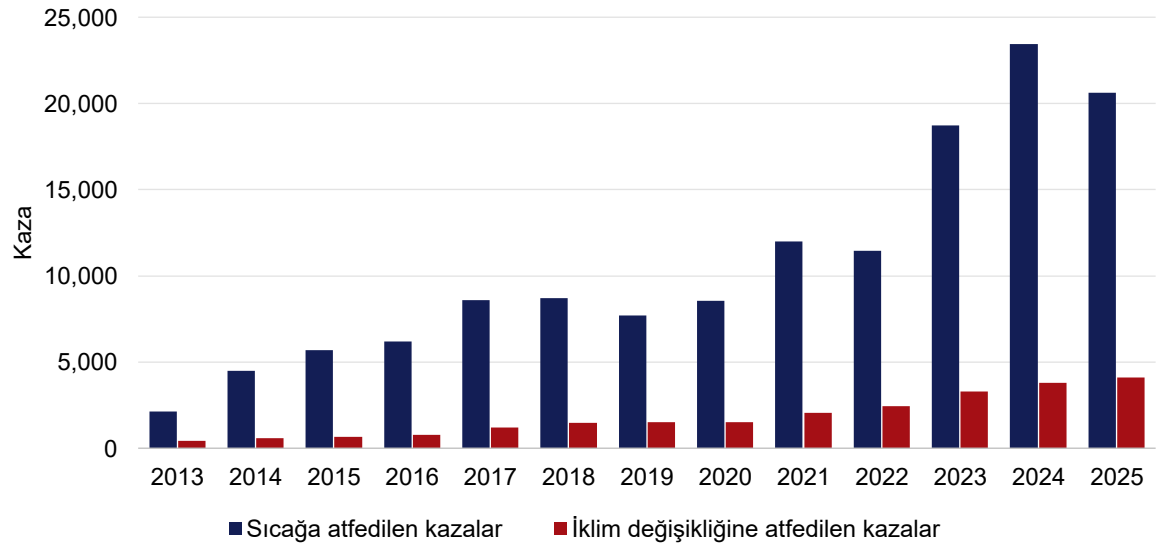
dönemini ve ekonomik faaliyeti sabit tutmaktadır. Böylece aynı takvim ayının sıcak ve serin geçen yılları karşılaştırılmaktadır. Kayıtlı iş kazası sayısı 2013'teki 191.389'dan 2025'te 766.039'a yükseldiği için yıllar arasındaki eğilimin sabit tutulması gerekmektedir. Sıcakla ilgisi olmayan bu artış, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun getirdiği yükümlülüklerle iş yerlerinden kaza verisi toplanmasının iyileşmesinden kaynaklanmaktadır (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023).

Ortalama bir sigortalının ay içinde karşılaştığı sıcak saat sayısındaki 10 saatlik artış, o ayın iş kazalarını yüzde 1,4 artırmaktadır (Tablo E.1). Etkinin yüzde 95 güven aralığı yüzde 0,8 ile yüzde 2 arasındadır. Sonucun tek bir yıldan ya da model tercihinden kaynaklanmadığını görmek için tahmin her yıl dışarıda bırakılarak ve farklı yöntem ve dönemlerle tekrarlanmıştır. Etki, yöntem ve dönem değiştirilerek kurulan bu tahminlerin hepsinde yüzde 0,8 ile yüzde 1,6 arasında kalmaktadır. İllerin sigortalılar içindeki payı sabit tutulduğunda da etki yüzde 1,4'tür, yani sonuç istihdamın sıcak illere kaymasından gelmemektedir. Etki orta ve ağır kazalarda belirgindir, hafif kazalarda ve iş kazası sonucu ölümlerde ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Gölgede bile WBGT'nin 28 dereceye ulaştığı saatler yalnız en sıcak ve nemli aylarda görülmektedir. Bu saatler modele eklendiğinde güneş altındaki sıcak saatlerin etkisi küçülmektedir. Kaza riski en çok, gölgenin bile serinletmediği bu aylarda artmaktadır (Tablo E.1).

Bu katsayıyla iki ayrı kaza sayısı hesaplanmaktadır. Sıcağa atfedilen kazalar, o ay hiç sıcak saat yaşanmasaydı olmayacak kazalardır. İklim değişikliğine atfedilen kazalar ise bunların, sıcak saatlerdeki uzun dönemli artıştan kaynaklanan kısmıdır.

2013-2025 döneminde kaydedilen 5.818.726 iş kazasının 138.390'ı (yüzde 2,4) sıcağa atfedilmektedir. Pay, yazı serin geçen 2013'te yüzde 1,1 iken 2024'te yüzde 3,2'ye yükselmiş, 2025'te yüzde 2,7 olmuştur (Şekil 2.1, Tablo E.2). Yaz aylarında bu pay daha yüksektir. Ortalama bir sigortalının 99,3 sıcak saatle karşılaştığı Temmuz 2025'te o ayın iş kazalarının yüzde 13'ü sıcağa atfedilmektedir.

Şekil 2.1. Sıcağa ve iklim değişikliğine atfedilen iş kazaları, 2013-2025



Kaynak: SGK, ERA5, Eurostat, TEPAV hesaplamaları.
Not: İklim değişikliğine atfedilen kazalar, sıcak saatlerdeki 1991-2025 eğiliminin 1991-2012 ortalamasına göre getirdiği fazladan sıcak saatlerle hesaplanmıştır. 2013-2025 toplamında sıcağa atfedilen kazaların yüzde 95 güven aralığı 82.829 ile 191.924 arasındadır.

İklim değişikliğinin payını ayırmak için tek tek yazların sıcak saatleri yerine sıcak saatlerdeki eğilim kullanılmıştır. Her il ve takvim ayı için 1991-2025 dönemindeki sıcak saatlerin doğrusal eğilimi tahmin edilmiş, eğilim çizgisinin her yıldaki değeri aynı il ve ayın 1991-2012 ortalamasıyla karşılaştırılmıştır. Ortalama bir sigortalı için bu fark 2013'te 18,6 saat iken 2025'te 39,3 saattir. Bu fazladan sıcak saatler 2013-2025 döneminde 23.832 iş kazasına karşılık gelmektedir (yüzde 95 güven aralığı 14.052-33.541). Yıllık sayı 2013'teki 443'ten 2025'te 4.117'ye çıkmıştır (Şekil 2.1). Kıyas döneminin ortası 2001-2002 olduğu için hesap, 2000'lerin başından bu yana süren ısınmanın payını vermektedir. 1991-2012 dönemi de ısınmanın sürdüğü bir dönem olduğundan, sanayi öncesi iklime göre yapılacak bir hesap daha yüksek bir pay verecektir.

Kayıtlı kaza sayısı on üç yılda dört katına çıktığı için bu yıllık sayılar kayıttaki büyümeyi de taşımaktadır. Dönem toplamının yüzde 65,8'inin 2021-2025 yıllarında birikmesinde bu büyümenin de payı vardır. Kayıt artışından etkilenmeyen ölçü, iklim değişikliğine atfedilen kazaların bütün kayıtlı kazalar içindeki payıdır. Bu pay dönem toplamında yüzde 0,41'dir ve 2013'teki yüzde 0,23'ten 2024'te yüzde 0,52'ye, 2025'te yüzde 0,54'e çıkmıştır.

Bu kazalar yalnız hizmet akdiyle çalışan kayıtlı sigortalıların kazalarıdır. 2024'te açık alan çalışanlarının yüzde 63,1'i, tarımda çalışanların yüzde 82'si SGK'ye kayıtlı olmadığı için sıcağa bağlı kazaların gerçek sayısı hesaplanan sayıların üzerindedir.

3. ISI STRESİ KAYNAKLI İŞ SAATİ KAYBI GÜNEYDE VE TARIM İLE İNŞAATTA YOĞUN

Sıcak, kazaya yol açmadığı saatlerde de çalışanın yapabildiği işi azaltmaktadır. Yüksek WBGT altında çalışan beden, ısı dengesini korumak için temposunu düşürmek ve daha sık mola vermek zorunda kalır. Literatürde bu kayıp, WBGT yükseldikçe ve işin fiziksel yükü arttıkça büyüyen saatlik çalışma kapasitesi kaybı olarak ölçülmektedir. Dantas vd.'nin (2025) parametreleriyle ağır işte WBGT 32,5 dereceye ulaştığında bir mesai saatinin yarısı kaybedilmektedir. Hesaplanan kayıp, çalışanın yavaşladığı için yapamadığı işin saat karşılığıdır ve işin fiilen durduğu süreden farklıdır. Tarım ve inşaat ağır iş (ILO, 2019), diğer açık alan işleri orta yoğunlukta iş olarak sınıflandırılmıştır.[3]

Açık alanda çalışanların sayısı ve iş saatleri TÜİK Hanehalkı İşgücü Araştırması (HİA) mikro verisinden 26 istatistiki bölge için hesaplanmıştır.[4] HİA'ya dayanan bu hesap kayıt dışı çalışanları da kapsamaktadır. Çalışanların mesai boyunca güneş altında çalıştığı varsayımı kayıp için bir üst sınır, gölgede çalıştığı varsayımı bir alt sınır vermektedir. Gerçek kayıp, açık alandaki işin ne kadarının gölgede yapıldığına bağlı olarak bu iki sınır arasındadır.

2024'te açık alanda ısı stresi nedeniyle kaybedilen iş saati, gölgede çalışma varsayımında 65,8 milyon, güneş altında çalışma varsayımında 375,6 milyondur (Şekil 3.1). Bu kayıp, ortalama bir açık alan çalışanının yıllık çalışma süresiyle ölçüldüğünde 34.779 ile 198.640 kişinin bir yıl boyunca çalışmasına denktir. Açık alan çalışanlarının medyan net saatlik ücretiyle değerlendirildiğinde kaybın parasal karşılığı 2024 fiyatlarıyla 6,4 milyar TL (gölge) ile 36,8 milyar TL (güneş altı) arasındadır. Kaybın yüzde 91,2'si tarım ve inşaatta yaşanmaktadır. Parasal karşılık bu iki sektörün 2024 katma değerinin yüzde 0,1 ile yüzde 0,7'si arasındadır (TÜİK, 2025). Gökçe, Kurtaran ve Yılmaz'ın (2026) Türkiye'deki firmaların 2009-2023 verisiyle

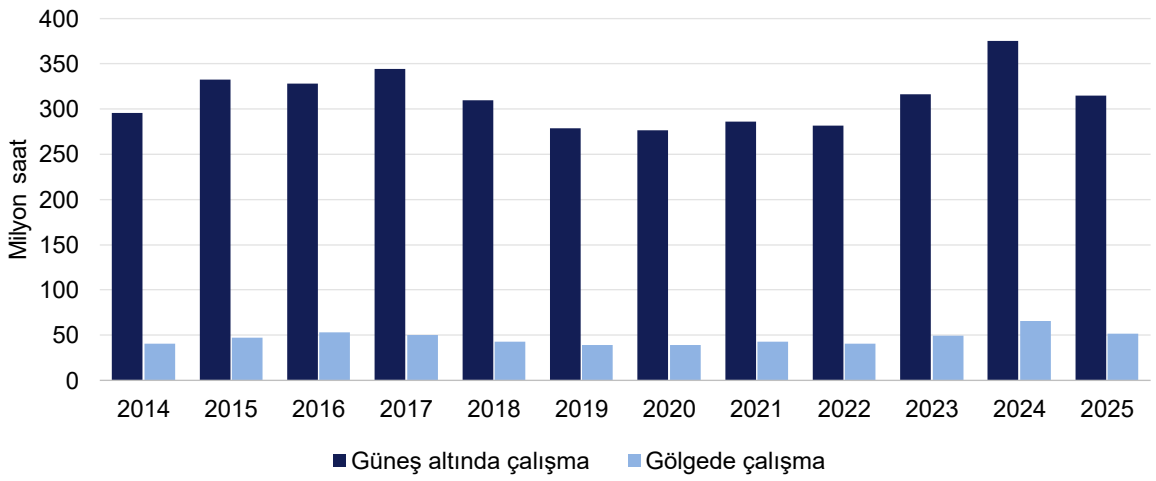
[3] Ağır işin metabolik hızı 400 W, orta yoğunlukta işinki 300 W'tır. Saatlik çalışma kapasitesi kaybı bu iki iş yükü için ayrı parametrelerle hesaplanmıştır (Dantas vd., 2025).
[4] Açık alan çalışanları, tarım ve inşaat sektörlerinde çalışanlar ile HİA'da işini tarla ve bahçede, pazar yerinde ya da seyyar olarak yaptığını beyan eden diğer özel sektör çalışanlarıdır. Yıllık iş saati, fiilen çalışılan haftalık saatin 52 haftaya yayılmasıyla bulunmuştur. Bölgeler, İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması'nın 2. düzeyindeki 26 bölgedir.

yaptığı tahmine göre de en yüksek sıcaklığın 35 dereceyi aştığı gün sayısındaki yılda 10 günlük artış çalışan başına reel katma değeri yüzde 0,4, 37-38 derecede ise yüzde 0,7 düşürmektedir.

Açık alan istihdamı 2014-2024 döneminde 8,4 milyon kişiden 8,1 milyon kişiye gerilemiştir. Yıllar arasındaki karşılaştırmada bu yüzden kaybın açık alan iş saatleri içindeki payı esas alınmaktadır. Güneş altında çalışma varsayımında bu pay 2014-2023 döneminde yüzde 1,7 ile yüzde 2,1 arasında kalmışken 2024'te yüzde 2,5'e çıkmış, 2025'te yüzde 2,2 olmuştur.

Kayıp, güney bölgelerinde toplanmaktadır (Şekil 3.2). 2014-2025 ortalamasında açık alan iş saatlerinin ısı stresi nedeniyle kaybedilen payı yüzde 5,9 ile en yüksek düzeyine Adana ve Mersin'de ulaşmaktadır. COP31'e ev sahipliği yapan Antalya'nın Isparta ve Burdur'la oluşturduğu bölge ile Mardin, Batman, Şırnak ve Siirt bölgesi yüzde 3,9'luk payla Adana ve Mersin'i izlemektedir. Erzurum, Erzincan ve Bayburt'ta ise bu pay yüzde 0,2'dir. Bu dağılım, Ulusal Adil Geçiş Stratejisi'nin aktardığı, İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı kapsamındaki sıcak hava dalgası risk analizinde Güneydoğu Anadolu ve Doğu Akdeniz illerinin yüksek risk düzeyleriyle öne çıkmasıyla örtüşmektedir.

Şekil 3.1. Isı stresi nedeniyle açık alanda kaybedilen iş saati (milyon saat), 2014-2025

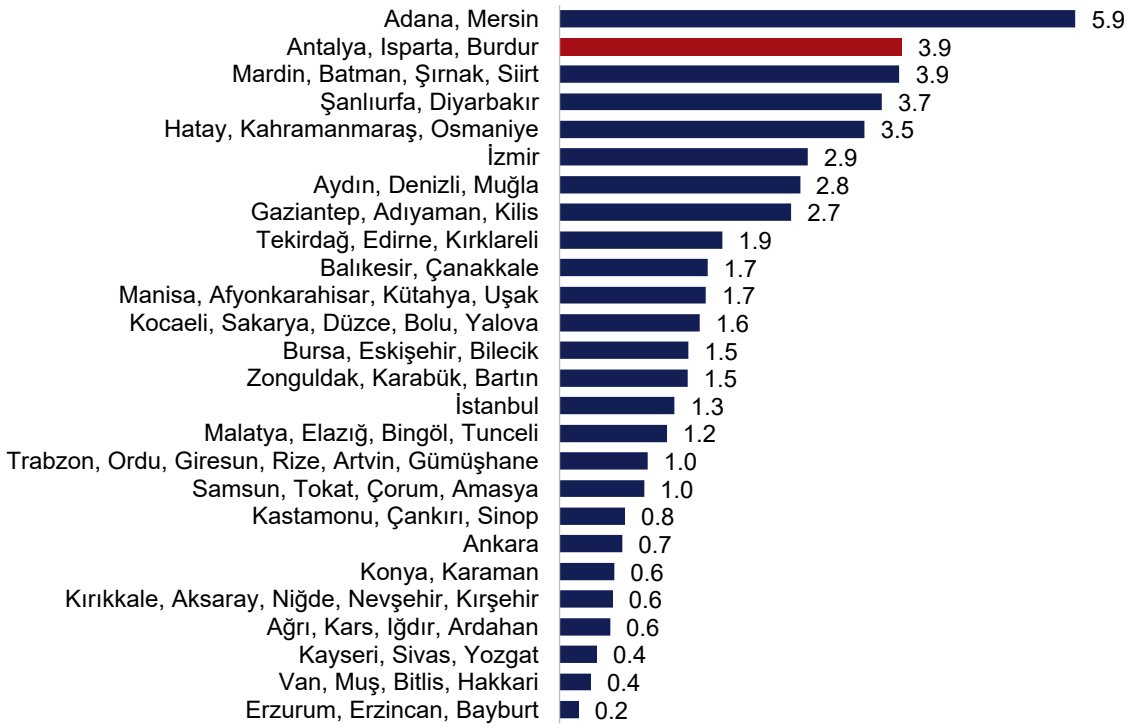


Kaynak: TÜİK HİA mikro verisi, ERA5, SGK, TEPAV hesaplamaları.

4. MEVZUATTA ISI STRESİ İÇİN BİR EŞİK YOK

Türkiye'de sıcakta çalışma, 6331 sayılı Kanun'un işverene yüklediği genel önlem yükümlülüğü içinde ele alınmaktadır. Kanun ve ona bağlı yönetmelikler sıcağa maruziyet için bir üst sınır, ölçüm yöntemi ya da çalışmanın durdurulacağı koşul tanımlamamaktadır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının (ÇSGB) rehberi ısı stresinin ölçülmesini, dinlenme molalarının sistemli olarak planlanıp zorunlu olarak verilmesini ve mümkünse 10.00-16.00 arasında güneşe çıkılmamasını önermektedir (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2026b). Ancak rehber bağlayıcı değildir. Kanun'un 13. maddesi ciddi ve yakın tehlike karşısında çalışanlara çalışmaktan kaçınma hakkı tanımaktadır. Ancak ısı stresinin hangi düzeyde ciddi ve yakın tehlike sayılacağı tanımlı olmadığı için bu hakkın sıcakta nasıl kullanılacağı belirsiz kalmaktadır. Bu boşluk sendikaların ve meslek örgütlerinin de gündemindedir. Birleşik Metal İşçileri Sendikası ve Türk Tabipleri Birliği (2026), 7 Ağustos 2026'da ÇSGB'ye gönderdikleri ortak yazıda WBGT gibi göstergelere dayanan bağlayıcı sınırlar, sınır aşıldığında işin durdurulması ve ücret kaybı olmadan çalışmaktan kaçınma hakkı talep etmiştir.

Şekil 3.2. Bölgelere göre açık alan iş saatlerinde ısı stresi kaynaklı kayıp payı, 2014-2025 ortalaması (%)



Kaynak: TÜİK HİA mikro verisi, ERA5, SGK, TEPAV hesaplamaları.
Not: Güneş altında çalışma varsayımıyla hesaplanmıştır.

Konu, Ulusal Adil Geçiş Stratejisi ile kamu politikasının gündemine de girmiştir. Strateji, aşırı sıcağın inşaat ve tarımda açık alanda çalışanlar ile iklimlendirmesi yetersiz kapalı iş yerlerinde çalışanlar için iş sağlığı ve güvenliği risklerini artırdığını tespit etmektedir. Mevzuatta termal konfora ilişkin tedbirler bulunmakla birlikte ısı stresinin risk değerlendirmelerine ve önleyici tedbirlere daha etkin yansıtılması gerektiğini de belirtmektedir (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2026a). Eylem planı ise aşırı sıcağı ÇSGB'nin 2028'e kadar belirleyeceği yeni ve değişen iş sağlığı ve güvenliği riskleri arasında saymakta (46. eylem), yeşil ve dijital dönüşüm işlerine yönelik iş sağlığı ve güvenliği rehberlerinin ise 2029'a kadar hazırlanmasını öngörmektedir (47. eylem). Planda ısı stresi için bir üst sınır, ölçüm yöntemi ya da çalışmanın durdurulacağı koşul yer almamaktadır. Strateji sorunu doğru tanımlamakla birlikte çözümü bağlayıcı bir kural yerine riskin belirlenmesine ve rehberliğe dayandırmaktadır.

Bağlayıcı bir eşiğe yöneltilebilecek başlıca itirazlar, risk değerlendirmesi yükümlülüğünün sıcağı zaten kapsadığı, tek tip bir ulusal eşiğin sektör ve iş yeri farklarını görmeyeceği ve ölçüm yükünün küçük işletmeler ile tarımsal üreticiler için ağır olacağıdır. Ancak risk değerlendirmesi ısı stresi için ölçülebilir bir sınır tanımlamadığı sürece hangi düzeyde önlem alınacağı işverenin takdirinde kalmaktadır. İş yüküne göre kademelenen bir eşik sektör farklarını gözetebilir, Meteoroloji Genel Müdürlüğünün (MGM) il düzeyinde yayımlayacağı günlük WBGT tahmini de küçük işletmelerin ve tarımsal üreticilerin ölçüm yükünü hafifletebilir. İşi durduracak bir üst eşik ise ortalama bir sigortalı için seyrek, en sıcak illerde daha sık aşılmaktadır. WBGT 32 derecelik bir eşik, 2019-2025 ortalamasıyla ortalama bir sigortalının çalıştığı ilde mayıs-ekim mesai saatlerinin yüzde 0,4'ünde, bu eşiğin en sık aşıldığı il olan Adana'da yüzde 5,2'sinde aşılmaktadır. Önlem yükümlülüğünü başlatacak 28 derecelik eşik ise aynı dönemde ortalama

bir sigortalının çalıştığı ilde mesai saatlerinin yüzde 8,8'inde, Antalya'da yüzde 26,9'unda, Adana'da yüzde 42,9'unda aşılmaktadır.

Eşiğin işverene getireceği maliyet ayrı bir hesap gerektirmektedir, ancak kayıp iş saati hesabı sıcak saatlerde çalışmanın eşik olmadan da bir bedeli olduğunu göstermektedir (Şekil 3.1). Gölgede çalışma varsayımındaki kayıp, güneş altında çalışma varsayımındaki kaybın yüzde 17,5'idir. Aradaki fark, kaybın asıl kaynağının doğrudan güneş radyasyonu olduğunu göstermektedir. Gölgelik, çalışma saatlerinin kaydırılması ve dinlenme molası bu nedenle çalışma kapasitesini koruyan bir yatırım olarak da okunmalıdır. Aynı kazanç kapalı iş yerinde de ölçülmüştür. Hindistan'da Bangalore çevresindeki hazır giyim fabrikalarında daha az ısı yayan aydınlatmaya geçiş, özellikle sıcak günlerde verimliliği artırmıştır (Adhvaryu, Kala ve Nyshadham, 2020).

ABD verisi, bağlayıcı kuralların sıcağa bağlı kazaları azalttığına işaret etmektedir. Park vd. (2021), Kaliforniya'da kazaların sıcaklığa duyarlılığının 2005'te bağlayıcı bir sıcakta çalışma standardının yürürlüğe girmesinin ardından belirgin biçimde azaldığını bulmuştur. Alahmad vd.'ye (2025) göre hava sıcaklığı ve nemden hesaplanan hissedilen sıcaklığın 43,3 dereceye ulaştığı ya da aştığı günlerde iş kazası riski, hissedilen sıcaklığın 26,7 derece olduğu günlere göre sıcakta çalışma kuralı bulunmayan eyaletlerde yüzde 22, kuralı bulunan beş eyalette (Kaliforniya, Colorado, Minnesota, Oregon ve Washington) yüzde 9 artmaktadır. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir, ancak yönü Kaliforniya bulgusuyla aynıdır.

Avrupa'da Belçika'nın iş yerinde çalışan sağlığını ve refahını düzenleyen mevzuatı, WBGT için eylem değerlerini hafif işte 29, orta işte 26, ağır işte 22, çok ağır işte 18 derece olarak belirlemektedir. Bu değerler aşıldığında iş durdurulmamakta, işverenin önlem alma yükümlülüğü başlamaktadır. Aşım, iş yerindeki ısı kaynaklarından değil hava koşullarından geldiğinde işveren güneşten koruma, ücretsiz serinletici içecek, havalandırma ve çalışma-dinlenme döngüsü sağlamakla yükümlüdür (Belçika Federal İstihdam, Çalışma ve Sosyal Diyalog Kamu Hizmeti, 2017).

Türkiye'nin yakın çevresindeki ülkeler ise en sıcak saatlerde açık alanda çalışmayı yasaklamaktadır. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Meteoroloji Dairesinin tahminlerine dayanarak 2026 yazında 22 Temmuz-1 Ağustos ve 5-15 Ağustos dönemlerinde 12.00-16.00 saatleri arasında açık havada doğrudan güneş altında çalışmayı yasaklamıştır (KKTC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2026). Bahreyn, Kuveyt, Umman, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri'nde yaz aylarında öğle saatlerinde açık alanda çalışma yasağı her yıl uygulanmaktadır. Katar'da ise 1 Haziran-15 Eylül döneminde öğle saatlerindeki yasağa ek olarak WBGT 32,1 dereceyi aştığında açık alandaki iş, saatten bağımsız olarak durdurulmaktadır (ILO, 2024). Bu örneklerin hepsinde sıcakta çalışma işverenin takdirine bırakılmamakta, bağlayıcı bir kuralla sınırlanmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sıcak mesai saatlerindeki uzun dönemli artış kayıtlı iş kazalarına yansımakta, kazaya dönüşmeyen sıcak saatler de açık alanda çalışma kapasitesini düşürmektedir. Kaza hesabı kayıt dışı çalışanları kapsamadığı için gerçek yük hesaplananın üzerindedir. Buna karşın mevzuat ısı stresi için bir eşik tanımlamamakta, Ulusal Adil Geçiş Stratejisi de bu boşluğu kapatacak bir kural öngörmemektedir.

Çalışanları sıcaktan korumak için şu adımlar atılabilir:

1. ÇSGB, 6331 sayılı Kanun'a dayanan ayrı bir yönetmelikle iki kademeli, bağlayıcı bir WBGT eşiği tanımlamalıdır. İlk kademe, ISO 7243'teki referans değerlerini (iklime alışmış ve orta yoğunlukta iş yapan çalışan için WBGT 28 derece) esas alan ve iş yüküne göre kademelenen bir eylem eşiğidir. İlk kademe aşıldığında çalışma-dinlenme döngüsü, gölge ve su zorunlu olmalıdır. İkinci kademe, Katar'daki WBGT 32,1 derecelik uygulama gibi açık alanda çalışmanın durdurulduğu bir üst eşiktir. Bu eşik, Kanun'un 13. maddesindeki çalışmaktan kaçınma hakkının ısı stresi için hangi koşulda doğduğunu da tanımlamalıdır. Kaza verisi eşiğin 28, 30 ya da 32 derece olması gerektiğini ayırt edecek ayrıntıda olmadığı için (Ek 1) önerilen değerler ISO 7243'ten ve Katar uygulamasından alınmıştır. Belçika'nın eylem değerleri bu referans değerlerden düşüktür ve daha koruyucu bir seçenektir. Eşikler açık alanla sınırlı kalmamalı, iklimlendirmesi yetersiz kapalı iş yerlerini de kapsamalıdır, çünkü kaza tahmini çoğunluğu kapalı alanda çalışan kayıtlı sigortalıların verisine dayanmaktadır ve sıcağın kaza etkisi kapalı alanlarda da görülmektedir (Park, Pankratz ve Behrer, 2021). Ulusal Adil Geçiş Stratejisi'nin 46. eylemi ile Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Konseyinde kurulacak alt çalışma grubu (50. eylem), eşiğin sosyal taraflarla birlikte belirlenmesi için uygun bir zemindir. Eşik ise bu eylemlerin 2028-2029 takvimini beklemeden tanımlanmalıdır.
2. MGM, il düzeyinde günlük WBGT tahmini yayımlamalı ve bu tahmin ÇSGB aracılığıyla işverenlere, iş güvenliği uzmanlarına ve işyeri hekimlerine erken uyarı olarak ulaştırılmalıdır. İl tahmini iş yerinde yapılacak ölçümün yerini tutmaz, uyarı ve planlama aracıdır. Sağlık Bakanlığının Ulusal Adil Geçiş Stratejisi kapsamında MGM'nin de iş birliğiyle 2027'ye kadar hazırlayacağı, aşırı sıcağı da kapsayan ulusal ve bölgesel sağlık risk haritaları (51. eylem), bu uyarının hangi illerde öncelikli olacağını gösterebilir.
3. ÇSGB, bu tahmine dayanarak mayıs-ekim döneminde açık alan iş saatlerindeki kaybın en yüksek olduğu güney bölgelerinde (Şekil 3.2) açık alandaki ağır işler için öğle saatlerinde çalışmayı sınırlayan dönemsel bir düzenleme yapmalıdır. Kaybın en yüksek olduğu beş bölgeden üçü (Adana ve Mersin, Şanlıurfa ve Diyarbakır ile Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye) 6 Şubat 2023 depremlerinden etkilenen illeri kapsadığı için bu illerdeki yeniden inşa şantiyeleri düzenlemenin öncelikli alanı olmalıdır. Düzenleme, öğle saatlerinde çalışılamayan sürenin aynı gün sabah ve akşam saatlerine kaydırılmasına izin vermelidir.
4. Saat kaydırmanın yetmediği günlerde ücret kaybı İşsizlik Sigortası Fonundan karşılanabilir. İtalya'da sıcaklığın, hissedilen sıcaklık dâhil, 35 dereceyi aştığı günlerde işini durduran ya da çalışma saatlerini azaltan işveren kısa çalışma ödeneğine başvurabilmektedir (INPS, 2026a). 2026 yazında bu koruma belirli süreli tarım işçilerine de geçici olarak genişletilmiştir (INPS, 2026b). Türkiye'de kısa çalışma ödeneği ise çalışma süresinin en az dört hafta boyunca en az üçte bir azalmasını ya da faaliyetin en az dört hafta durmasını aramaktadır. Zorlayıcı sebeplerde ödeme ancak ilk haftadan sonra başladığı için birkaç gün süren sıcak hava dalgalarında öğle saatlerinde verilen aralar bu kapsamın dışında kalmaktadır. ÇSGB, kısa çalışma ödeneği mevzuatında aşırı sıcağı zorlayıcı sebepler arasında açıkça saymalı ve sıcak nedeniyle günlük çalışma saatlerinde yapılan azaltmaları dört haftalık asgari süre aranmadan kapsama almalıdır. Bu durumda çalışanın kaybettiği ücretin en çok yüzde 60'ı İşsizlik Sigortası Fonundan karşılanabilir. Mevsimlik tarım işçileri işsizlik sigortası primi ödemediği için bu araçtan yararlanamamaktadır. ÇSGB onlar için de İtalya'nın 2026'daki adımına benzer biçimde, aşırı sıcak günlerinde çalışılamayan saatleri karşılayan ayrı bir ödenek tanımlamalıdır. Ulusal Adil Geçiş Stratejisi kısa çalışmayı, iklim kaynaklı afetlerin işletmelerde yol açtığı

geçici kesintilerde çalışanların gelir kaybını sınırlayan araçlar arasında saymaktadır. Strateji ayrıca çalışma ve sosyal güvenlik mevzuatının 2029'a kadar adil geçiş açısından gözden geçirilmesini öngörmektedir (64. eylem). Aşırı sıcağın kısa çalışmada zorlayıcı sebep sayılması ve mevsimlik tarım işçileri için ayrı bir ödenek tanımlanması bu gözden geçirmenin ilk adımları olabilir.

5. SGK, iş kazası istatistiklerini il ve ay düzeyinde yayımlamalı, bildirim formunda zaten kaydedilen kaza saatini istatistiklere yansıtmalı ve forma kazanın açık ya da kapalı alanda olduğunu ve ortam koşullarını kaydeden alanlar eklemelidir. Sıcağın iş güvenliğine etkisi ancak bu veriyle il düzeyinde izlenebilir. Ulusal Adil Geçiş Stratejisi de SGK verilerinin aşırı sıcak maruziyeti gibi riskleri izleyebilecek ayrıntıda olması gerektiğini belirtmekte ve 2029'a kadar SGK'nin il ve sektör verisine dayanan bir Adil Geçiş Sosyal Risk Haritası hazırlanmasını öngörmektedir (37. eylem). Kaza verisinin il, ay ve ortam koşullarına göre yayımlanması bu haritanın iklim boyutunu da taşımasını sağlayacaktır.
6. İklim Değişikliği Başkanlığı, güncellenmekte olan İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı'nda çalışanların sıcağa karşı korunmasına ayrı bir eylem alanı olarak yer vermeli ve bu alanı Ulusal Adil Geçiş Stratejisi'nin iş sağlığı ve güvenliği eylemleriyle birlikte izlemelidir. Böylece COP31 sürerken yayımlanan adil geçiş çerçevesi, iklim değişikliğinin çalışma hayatındaki en doğrudan etkisine somut bir karşılık verebilir.

Sıcak saatlerin artışını Türkiye tek başına durduramasa da bu saatlerde kimin, hangi koşulda ve hangi korumayla çalışacağı doğrudan kamu politikasının konusudur. Isınma sürdükçe iklim değişikliğine atfedilen iş kazalarının ve kayıp iş saatlerinin artması beklenmektedir. Bir sonraki mayıs-ekim dönemi, Ulusal Adil Geçiş Stratejisi'nin uygulama dönemiyle aynı yıl, Mayıs 2027'de başlayacağı için ÇSGB bağlayıcı WBGT eşiğini bu tarihten önce tanımlamalıdır.

KAYNAKÇA

Adhvaryu, A., Kala, N. ve Nyshadham, A. (2020). The Light and the Heat: Productivity Co-Benefits of Energy-Saving Technology. Review of Economics and Statistics, 102(4), 779-792.

Alahmad, B., Kessler, W., Alwadi, Y., Schwartz, J., Wagner, G. R. ve Michaels, D. (2025). A nationwide analysis of heat and workplace injuries in the United States. Environmental Health, 24(1), 65.

Belçika Federal İstihdam, Çalışma ve Sosyal Diyalog Kamu Hizmeti (2017). Code du bien-être au travail, Livre V.- Facteurs d'environnement et agents physiques, Titre 1er.- Ambiances thermiques. Brüksel.

Birleşik Metal İşçileri Sendikası ve Türk Tabipleri Birliği (2026). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına yazı, 7 Ağustos 2026, Sayı: BMİS-E-3487 ve TTB-3034/2026.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2026a). Ulusal Adil Geçiş Stratejisi ve Eylem Planı 2027-2029. Ankara: Çalışma Genel Müdürlüğü.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2026b). Sıcak ve Nemli Ortamlarda Çalışmalarda Sağlık Gözetimi. Ankara: İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.

Dantas, L. G., de Oliveira, B. F. A., Cremonese, C., Bitencourt, D. P. ve da Silveira, I. H. (2025). Projected productivity losses and economic costs due to heat stress under climate change scenarios in Brazil. Scientific Reports, 15, 39775.

Eurostat (2026). Production in industry - monthly data; Production in construction - monthly data; Unemployment by sex and age - monthly data. Lüksemburg: Eurostat.

Fatima, S. H., Rothmore, P., Giles, L. C., Varghese, B. M. ve Bi, P. (2021). Extreme heat and occupational injuries in different climate zones: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. Environment International, 148, 106384.

Gökçe, M. B., Kurtaran, E. S. ve Yılmaz, Z. (2026). The Effect of Heat Stress on Labor Productivity: What Are the Underlying Mechanisms? TCMB Çalışma Tebliği No. 26/11. Ankara: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J. vd. (2020). The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146(730), 1999-2049.

ILO (2019). Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work. Cenevre: Uluslararası Çalışma Örgütü.

ILO (2024). Ensuring safety and health at work in a changing climate. Cenevre: Uluslararası Çalışma Örgütü.

INPS (2026a). Messaggio n. 2103 del 24 giugno 2026: Richieste di integrazione salariale per la sospensione o la riduzione dell'attività lavorativa a causa del caldo eccessivo. Roma: Istituto Nazionale della Previdenza Sociale.

INPS (2026b). Messaggio n. 2418 del 20 luglio 2026: Disposizioni in materia di integrazione salariale ordinaria (CIGO) e di cassa integrazione speciale per gli operai agricoli (CISOA) conseguenti all'emergenza climatica. Roma: Istituto Nazionale della Previdenza Sociale.

ISO (2017). ISO 7243:2017 Ergonomics of the thermal environment: Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index. Cenevre: Uluslararası Standardizasyon Örgütü.

KKTC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2026). 22 Temmuz 2026 tarihinden 1 Ağustos 2026 tarihine kadar ve 5 Ağustos 2026 tarihinden 15 Ağustos 2026 tarihine kadar 12.00-16.00 saatleri arasında dışarıda, açıkta (güneş altında) çalışma yapılmasının yasaklanması (22/1992 sayılı İş Yasası madde 36). Lefkoşa.

Liljegren, J. C., Carhart, R. A., Lawday, P., Tschopp, S. ve Sharp, R. (2008). Modeling the wet bulb globe temperature using standard meteorological measurements. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 5(10), 645-655.

Martínez-Solanas, È., López-Ruiz, M., Wellenius, G. A., Gasparrini, A., Sunyer, J., Benavides, F. G. ve Basagaña, X. (2018). Evaluation of the impact of ambient temperatures on occupational injuries in Spain. Environmental Health Perspectives, 126(6), 067002.

Park, R. J., Pankratz, N. ve Behrer, A. P. (2021). Temperature, workplace safety, and labor market inequality. IZA Tartışma Tebliği, No. 14560. Bonn: IZA.

Runfola, D., Anderson, A., Baier, H., Crittenden, M., Dowker, E., Fuhrig, S. vd. (2020). geoBoundaries: A global database of political administrative boundaries. PLOS ONE, 15(4), e0231866.

SGK (2026a). SGK İstatistik Yıllıkları, 2013-2025. Ankara: Sosyal Güvenlik Kurumu.

SGK (2026b). Aylık İstatistik Bültenleri, Ocak 2013-Aralık 2025. Ankara: Sosyal Güvenlik Kurumu.

Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023). On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) İş Sağlığı ve Güvenliği Çalışma Grubu Raporu. Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

Tatem, A. J. (2017). WorldPop, open data for spatial demography. Scientific Data, 4, 170004.

TÜİK (2025). Yıllık Gayrisafi Yurt İçi Hasıla, 2024. Haber Bülteni, 1 Eylül 2025. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.

TÜİK (2026). Hanehalkı İşgücü Araştırması Mikro Veri Setleri, 2014-2025. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.

Webb, M. D. (2023). Reworking wild bootstrap-based inference for clustered errors. Canadian Journal of Economics, 56(3), 839-858.

EK 1. VERİ VE YÖNTEM

Veri ve Göstergeler

İklim verisi, ERA5'in 1991-2025 dönemi mayıs-ekim aylarına ait saatlik verisidir (Hersbach vd., 2020). Nüfus dağılımı WorldPop'tan (Tatem, 2017), il sınırları geoBoundaries'ten (Runfola vd., 2020), aylık iş kazası sayıları SGK İstatistik Yıllıklarından (SGK, 2026a), illerin aylık sigortalı sayıları SGK Aylık İstatistik Bültenlerinden (SGK, 2026b) alınmıştır. Açık alan istihdamı ve çalışma saatleri HİA 2014-2025 mikro verisinden (TÜİK, 2026), sanayi ve inşaat üretim endeksleri ile işsizlik oranı Eurostat'ın Türkiye için yayımladığı aylık serilerden (Eurostat, 2026) gelmektedir.

WBGT, açık alanda üç sıcaklığın ağırlıklı ortalamasıdır.

$$WBGT = 0{,}7T_{nw} + 0{,}2T_g + 0{,}1T_a \quad \text{(E.1)}$$

Burada T_{nw} doğal havalandırmaya açık yaş hazne sıcaklığını, T_g siyah küre sıcaklığını, T_a kuru termometre sıcaklığını göstermektedir (ISO, 2017). ERA5 yaş hazne ve küre sıcaklığını doğrudan vermediği için bu iki büyüklük, Liljegren vd. (2008) modelindeki enerji dengesi denklemlerinin sayısal çözümüyle elde edilmiştir. Gölge WBGT, aynı model güneş radyasyonu sıfır alınarak hesaplanmıştır.

Her ilin değeri, WorldPop pikselleri il sınırlarına ve en yakın ERA5 hücresine atanarak hesaplanan nüfus payları π_{ic} ile bulunmuştur. i ilinde t ayındaki sıcak saat sayısı ve ulusal gösterge aşağıdaki denklemlerle hesaplanmıştır.

$$H_{it} = \sum_c \pi_{ic} \sum_{h \in t} 1[WBGT_{ch} \geq 28] \quad \text{(E.2)}$$

$$H_t = \sum_i \frac{S_{it}}{S_t} H_{it} \quad \text{(E.3)}$$

Burada $1[\cdot]$, c hücresinde h saatinde güneş altındaki WBGT'nin 28 derece ya da üzerinde olup olmadığını gösteren göstergedir. Mesai saatleri, hafta sonları dâhil her günün 06.00 ile 18.00 arasındaki 12 saatidir. Her saat, ERA5'te o saatin sonundaki gözlemle temsil edilmektedir. S_{it}, i ilindeki 4/1-a zorunlu sigortalı sayısıdır.

Isınmanın Biçimi

Isınma, hava sıcaklığını yükselttiği kadar WBGT'yi yükseltmemiştir. İller 2013-2025 ortalama sigortalı sayısıyla ağırlıklandırıldığında haziran-ağustos döneminde günlük en yüksek sıcaklık ortalaması 1991-1997 ile 2019-2025 arasında 27,1 dereceden 29,1 dereceye, güneş altındaki günlük en yüksek WBGT ise 25,9 dereceden 26,7 dereceye yükselmiştir. Sıcaklık ve çiy noktası (havadaki nemin yoğuşmaya başladığı sıcaklık) il ortalamalarından ve yerel saatle 14.00-16.00 için, WBGT ise nüfus ağırlıklı hücrelerden ve bütün mesai saatleri için hesaplanmıştır. Aynı dönemde çiy noktası, iller eşit ağırlıkla alındığında 11,4 dereceden 10,7 dereceye, sigortalı sayısıyla ağırlıklandırıldığında 13,8 dereceden 13,7 dereceye inmiştir. Havadaki su buharı miktarı değişmemiş, bağıl nem düşmüştür.

Kaza Modeli ve İklim Değişikliğine Atfedilen Kazalar

Ana modelde aylık kaza sayısı, aylık zorunlu sigortalı sayısını maruziyet değişkeni olarak alan bir Poisson yarı olabilirlik modeliyle tahmin edilmiştir.

$$E[K_t] = S_t \cdot exp(\beta \frac{H_t}{10} + X_t'\gamma + \mu_{m(t)} + \tau_{y(t)}) \quad \text{(E.4)}$$

Burada K_t, t ayındaki iş kazası sayısını, S_t 4/1-a zorunlu sigortalı sayısını, H_t ortalama bir sigortalının o ay karşılaştığı sıcak saat sayısını göstermektedir. Ay sabit etkileri (μ) mevsimi, yıl sabit etkileri (τ) uzun dönemli eğilimi ve kayıt düzenindeki değişimleri arındırmaktadır. X_t vektörü iş günü ve bayrama denk gelen iş günü sayılarını, salgın kapanması kuklasını, inşaat, tarım ve imalatın sigortalı istihdamdaki paylarını, sanayi üretim endeksinin logaritmasını ve işsizlik oranını içermektedir. Standart hatalar 12 gecikmeli Newey-West yöntemiyle hesaplanmıştır. Küçük örneklem çıkarımı için yıllara göre kümelenmiş standart hatalara Webb (2023) ağırlıklarıyla wild bootstrap uygulanmıştır (Tablo E.1).

Konaklama ve yeme içme sektörünün istihdam payı modele eklendiğinde etki yüzde 1'e inmektedir. Veri dönemi ikiye bölündüğünde 2013-2018 dönemindeki etki (yüzde 0,8) tek

başına yüzde 5 düzeyinde anlamlı bulunmamaktadır. İki dönem arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı değildir ve etki 2019 sonrasında azalmamıştır. 81 ilin yıllık verisiyle kurulan il ve yıl sabit etkili modelin katsayısı (0,0041) ulusal modelle aynı yöndedir, ancak istatistiksel olarak anlamlı değildir (p = 0,169). Öncül sınamasında gelecek ayın sıcak saatlerinin katsayısı ters işaretlidir ve yüzde 5 düzeyinde anlamlı değildir. Sıcak saatlerle birlikte hareket eden başka bir mevsim etkisi sonucu büyütseydi bu katsayının artı işaretli çıkması beklenirdi. Saat bantları (WBGT 28-30, 30-32 ve 32 derecenin üzeri) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı için ulusal aylık seri eşiğin 28, 30 ya da 32 dereceye konması arasında ayrım yapmamaktadır.

Gölgede WBGT'nin 28 derece ya da üzerinde olduğu saatler ayda ortalama 0,3 saattir, 156 ayın yalnız 48'inde yaşanmaktadır ve en yüksek 10 ay toplamın yüzde 61,7'sini oluşturmaktadır. Bu saatler modele eklendiğinde güneş altı katsayısı küçülmektedir. Gölge saatleri güneş altındaki en uç sıcak saatlerle birlikte görüldüğü için bu sonuç, kaza riskindeki artışın en sıcak ve nemli aylarda yoğunlaştığına işaret etmektedir (Tablo E.1).

t ayında sıcağa atfedilen kaza sayısı ile iklim değişikliğine atfedilen kaza sayısı aşağıdaki denklemlerle hesaplanmıştır.

$$A_t = K_t(1 - exp(-\beta \frac{H_t}{10})) \quad \text{(E.5)}$$

$$F_t = K_t(1 - exp(-\beta \frac{\hat{H}_t - \bar{H}_t}{10})) \quad \text{(E.6)}$$

Burada $\hat{H}_t$, her il ve takvim ayı için tahmin edilen 1991-2025 doğrusal eğiliminin t ayındaki değerini, $\bar{H}_t$ aynı il ve ayın 1991-2012 ortalamasını göstermektedir. İki büyüklük de t ayının il sigortalı dağılımıyla ağırlıklandırılmıştır. Alt ve üst sınırlar, β katsayısının yüzde 95 güven aralığının uç değerleriyle hesaplanmıştır. Eğilimin kendi belirsizliği (yılda 1,67 saat, standart hata 0,70) bu aralığa eklenmemiştir. Her yılın gerçekleşen sıcak saatleri 1991-2012 ortalamasıyla karşılaştırıldığında dönem toplamı 19.844'tür. Bu hesap, iklimdeki uzun dönemli değişimi o yazın hava koşullarından ayırmadığı ve yazı serin geçen yıllarda sıfırın altına indiği için esas alınmamıştır.

Kaybedilen İş Saatleri

Bir mesai saatindeki çalışma kapasitesi kaybı aşağıdaki fonksiyonla hesaplanmıştır.

$$L(WBGT) = \Phi(\frac{WBGT - \mu}{\sigma}) \quad \text{(E.7)}$$

Φ standart normal dağılım fonksiyonudur. Ağır iş için $\mu = 32{,}465$ ve $\sigma = 4{,}1607$, orta yoğunlukta iş için $\mu = 33{,}492$ ve $\sigma = 3{,}948$ alınmıştır (Dantas vd., 2025). Yıllık kayıp oranı, mayıs-ekim dönemindeki günlük kayıpların toplamının yılın gün sayısına bölünmesiyle bulunmuş, r bölgesinde tarım ve inşaattaki yıllık iş saatleri (A_r) ile diğer açık alan işlerindeki yıllık iş saatlerine (O_r) ayrı ayrı uygulanmıştır.

Kişi karşılığı, kaybedilen saatin ilgili yılda bir açık alan çalışanının HİA'daki ortalama yıllık fiilî çalışma saatine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Kaybın TL karşılığı, HİA 2024'te gelir bildiren açık alan çalışanlarının medyan net saatlik ücretiyle (ağır işte 98,08 TL, orta yoğunlukta işte 96,15 TL) hesaplanmış, gelir bildirmeyen kendi hesabına çalışanların ve ücretsiz aile işçilerinin saatleri de bu ücretle değerlendirilmiştir.

Kapsam ve Sınırlar

Ana kaza analizi, SGK iş kazası verisini il ve ay düzeyinde yayımlamadığı için ulusal aylık seriye dayanmaktadır. Kayıtlı kazalar yalnız 4/1-a kapsamındaki sigortalıları içerdiği için kayıt dışı tarım işçilerinin kazaları sayıların dışındadır. 0,25 derecelik ERA5 ızgarası kent içi ısı adalarını ve yerel rüzgâr farklarını tam yansıtmamaktadır.

EK 2. TABLOLAR

Tablo E.1. Ana model ve sağlamlık sınamalarında 10 sıcak saatin aylık iş kazalarına etkisi

Model	Katsayı	Std. hata	Gözlem
Ana model: Poisson, sigortalı maruziyeti, takvim ve ekonomik faaliyet kontrolleri	0,0141	0,0030	156
Doğrusal model, ln (kaza / sigortalı), takvim kontrolleri	0,0149	0,0037	156
Ana model ve inşaat üretim endeksi (2017-2025)	0,0122	0,0042	108
Negatif binom	0,0155	0,0032	156
Yalnız 2013-2022	0,0137	0,0040	120
Sabit il ağırlıklı gösterge	0,0137	0,0031	156
Aya özgü doğrusal eğilimden arındırılmış sıcak saat	0,0109	0,0036	156
Hafif kazalar	0,0066	0,0070	156
Orta kazalar	0,0274	0,0104	156
Ağır kazalar (beş gün ve üzeri iş göremezlik)	0,0207	0,0087	156
İş kazası sonucu ölümler	-0,0059	0,0066	156
2013-2018 dönemi	0,0080	0,0044	156
2019-2025 dönemi	0,0136	0,0030	156
Yalnız nisan-kasım ayları (nisan ve kasımda sıcak saat sıfır)	0,0081	0,0024	104
Bir önceki yılın aynı ayına göre fark (doğrusal)	0,0135	0,0055	144
Öncül sınaması: gelecek ayın sıcak saatleri	-0,0062	0,0036	155
Ana model ve konaklama-yeme içme istihdam payı	0,0098	0,0028	156
Gölge sıcak saatleri kontrol edildiğinde: güneş altı sıcak saatler	0,0070	0,0038	156
Gölge sıcak saatleri kontrol edildiğinde: gölge sıcak saatler	0,1401	0,0543	156
İl-yıl paneli (81 il, 2013-2025, yıllık kaza)	0,0041	0,0030	1.053

Kaynak: SGK, ERA5, Eurostat, TEPAV hesaplamaları.
Not: Katsayılar, ortalama bir sigortalının ay içinde güneş altında karşılaştığı sıcak saat sayısındaki 10 saatlik artışın log kaza sayısına etkisidir. Aksi belirtilmedikçe modeller ay ve yıl sabit etkilerini içermekte, standart hatalar 12 gecikmeli Newey-West yöntemiyle hesaplanmaktadır. Sabit il ağırlıklı gösterge satırında iller 2013-2025 ortalama sigortalı sayılarıyla ağırlıklandırılmıştır. Güneş altı ve gölge sıcak saatlerinin birlikte anlamlılık sınamasında $p < 0,001$, saat bantlarının eşitliği sınamasında $p = 0,868$, yıllara göre kümelenmiş wild bootstrap sınamasında (9.999 tekrar) ana katsayı için $p = 0,005$ ve yüzde 95 güven aralığı 0,0057-0,0249, bir yılın dışarıda bırakıldığı 13 tahminde katsayı aralığı 0,0118-0,0157'dir. 2013-2018 ve 2019-2025 dönemi satırları, dönem sabitini ve sıcak saatle dönem etkileşimini içeren ayrı bir modelden gelmektedir. 2019-2025 satırı bu modeldeki 2013-2018 katsayısı ile etkileşim katsayısının toplamıdır. Bu yüzden ana model katsayısı iki dönem katsayısının ortalaması değildir. İl-yıl paneli satırında model il ve yıl sabit etkilerini içermekte, standart hatalar il düzeyinde kümelenmektedir. Bu satırdaki katsayı yıllık kaza sayısına etkidir. Hafif kazalar kaza günü çalışmaya devam edilen, orta kazalar 1-4 gün, ağır kazalar 5 gün ve üzeri iş göremezliğe yol açan kazalardır.

Tablo E.2. Yıllara göre temel göstergeler, 2013-2025

Yıl	Sıcak saat	Kıyas değeri	Toplam kaza	Sıcağa atfedilen kaza	Güven aralığı	İklim değişikliğine atfedilen kaza	Alt sınır	Üst sınır	Kayıp iş saati, güneş (milyon)	Kayıp iş saati, gölge (milyon)
2013	90,7	158,3	191.389	2.112	1.250-2.961	443	261	625	-	-
2014	166,6	158,6	221.366	4.505	2.694-6.254	565	333	797	295,6	40,9
2015	199,0	158,3	241.547	5.707	3.419-7.908	651	384	918	332,8	47,0
2016	184,1	155,8	286.068	6.204	3.709-8.613	776	457	1.094	327,9	53,1
2017	190,2	160,1	359.653	8.594	5.131-11.945	1.203	709	1.695	344,0	50,4
2018	162,2	161,3	430.985	8.715	5.193-12.138	1.489	878	2.098	310,0	43,1
2019	153,4	163,1	422.463	7.713	4.584-10.770	1.513	892	2.130	278,4	38,8
2020	177,8	161,0	384.262	8.556	5.095-11.926	1.500	884	2.112	276,7	39,2
2021	193,8	163,8	511.084	11.993	7.185-16.615	2.046	1.206	2.880	285,9	42,7
2022	156,6	165,8	588.823	11.468	6.843-15.951	2.451	1.445	3.450	281,6	40,7
2023	211,6	167,5	681.401	18.734	11.260-25.873	3.297	1.945	4.639	316,2	49,3
2024	254,3	169,3	733.646	23.452	14.082-32.422	3.779	2.230	5.316	375,6	65,8
2025	205,2	169,8	766.039	20.637	12.383-28.548	4.117	2.429	5.790	315,0	51,4

Kaynak: SGK, TÜİK HİA mikro verisi, ERA5, Eurostat, TEPAV hesaplamaları.

Not: Sıcak saat, sigortalıların çalıştığı il ve aylarda güneş altında WBGT'nin 28 derece ya da üzerinde olduğu mesai saatlerinin (hafta sonları dâhil) mayıs-ekim toplamıdır. Kıyas değeri, 1991-2012 dönemi iklim koşullarına göre hesaplanmıştır. İklim değişikliğine atfedilen kazalar sıcak saat ve kıyas değeri sütunlarından değil, sıcak saatlerdeki 1991-2025 eğiliminin 1991-2012 ortalamasından farkından (ortalama bir sigortalı için mayıs-ekim toplamında 2013'te 18,6, 2024'te 37,6, 2025'te 39,3 saat) hesaplanmıştır. Güven aralığı sıcağa atfedilen kazaların, alt ve üst sınır ise iklim değişikliğine atfedilen kazaların yüzde 95 güven aralığıdır. İki aralık da katsayının yüzde 95 güven aralığının uç değerleriyle hesaplanmıştır. Kayıp iş saati hesabı HİA verisinin başladığı 2014 yılından itibaren yapılmıştır. Toplamlar yuvarlanmamış yıllık değerlerden hesaplanmıştır.