



İş Yerinde Isı Stresi: Konforu Ölçülebilir Bir Güvenlik Faktörü Olarak Yeniden Düşünmek

Yeni veriler, test yöntemleri ve gelişen standartlar KKD'nin değerlendirilme şeklini nasıl değiştiriyor?

tyvek.com.tr/apx



Giriş

“Isı stresi artık konfor sorunu değil, giderek büyüyen bir güvenlik riski.”

*DuPont Personal Protection
EMEA Pazarlama Müdürü
Chloé Caux-Wetherell.*



Isı stresi büyüyen bir iş yeri riskidir. Dünya genelinde artan sıcaklıklar, daha sık görülen sıcak hava dalgaları ve fiziksel olarak zorlayıcı ortamlar, çalışanların günlük görevleri sırasında giderek daha fazla aşırı ısıya maruz kalmalarına yol açıyor. Avrupa genelinde, iş gücünün önemli bir kısmı artık yüksek sıcaklık koşullarında çalıştığını bildiriyor ve bunun artık niş bir sorun değil, yaygın bir güvenlik sorunu olduğunu vurguluyor¹.

Dünya genelinde, düzenleyici kurumlar ve sağlık uzmanları da çalışanların refahına daha fazla önem veriyor. Birçok ülke kararname yürürlüğe alırken konfor iddialarının verilerle doğrulanması artıyor.

Isı stresi, rahatsızlığa yol açmanın yanı sıra daha ciddi sonuçlar doğurur. Vücut, sıcaklığını düzenlemekte zorlandığında fiziksel gerginlik artar, konsantrasyon azalır ve karar verme yetisi bozulur. Güvenlik açısından kritik ortamlarda bu durum hatalara ve uyumsuzluğa yol açabilir. Hatta çalışanlar, güvenli olmayan giyim uygulamalarında bulunarak koruma yerine konforu tercih edebilir ve bu da büyük bir güvenlik riski oluşturur².

Sağlık ve güvenlik uzmanları için bu durum karmaşık bir zorluk teşkil eder: çalışanları tehlikelere maruz kalmaktan korunurken ısı ile ilişkili fizyolojik risklerin nasıl yönetileceği.

Isı stresi yönetimi şu anda kişisel koruyucu donanımdan (KKD) çok çevresel kontrollere ve iş uygulamalarına odaklanır. Ancak çalışanların ne giydiği, vücutlarının ısıya nasıl tepki vereceğini önemli ölçüde etkileyebilir³.

Bu e-kılavuzda, konforun bilimsel olarak ölçülebilir bir faktör olarak ele alındığında, bilimin hem güvenliği hem de performansı artıracak koruyucu giysilerin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için nasıl güçlü bir araç haline geldiğini açıklanmaktadır.

1. Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu (EU-OSHA). Heat at work: preventing illness and protecting workers.

<https://osha.europa.eu/en/highlights/heat-work-preventing-illness-and-protecting-workers>

2. Kjellstrom, T. ve ark. (2016). Impact of heat on labour productivity and occupational health and safety <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20007118/>

3. Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (NIOSH). PPE Heat Burden. <https://www.cdc.gov/niosh/heat-stress/recommendations/ppe.html>

Özet



1. Isı Stresi Nedir ve Güvenliği Neden Etkiler?

DuPont Personal Protection Küresel Teknik Müdürü Aldjia Begriche'e göre

“Isı stresi sadece çalışmayı daha rahatsız hale getirmekle kalmayıp aynı zamanda güvenli çalışma becerisini de tehlikeye atar.”



Isı stresi, vücut sabit bir iç sıcaklığı koruyamadığında ortaya çıkar. Normal koşullar altında vücut, terleme ve buharlaşma yoluyla ısıyı düzenler. Ter ciltten buharlaşırken ısıyı uzaklaştırır ve çekirdek vücut sıcaklığını güvenli bir aralıktta tutmaya yardımcı olur.

Ancak sıcak ortamlarda veya ısı yayılımını sınırlayan koruyucu giysiler giyildiğinde bu doğal soğutma süreci etkisini kaybeder. Vücutta ısı oluşmaya başlar ve fizyolojik gerginlik artar. Vücut ısısı yükselir, kalp atış hızı hızlanır ve dehidrasyon bařlayabilir⁴. Bu durum zamanla sıcak tükenmesine veya sıcakla ilgili daha ciddi hastalıklara yol açabilir.

En önemlisi, etkiler fiziksel rahatsızlıkla sınırlı değildir. Isı stresi bilişsel performansı doğrudan etkiler. Araştırmalar, yüksek ısıya maruz kalan çalışanların konsantrasyonlarının azaldığını, tepki sürelerinin yavaşladığını ve karar verme süreçlerinin bozulduğunu göstermektedir. Isı stresi aynı zamanda üretkenliğin azalması ve hata ve kaza olasılığının artmasıyla da iliřkilendirilmiřtir⁵.

Yüksek riskli ortamlarda bu durum ciddi bir güvenlik endişesi yaratır. Isı stresi sadece işi zorlaştırmakla kalmayıp aynı zamanda daha az güvenli hale getirir.

Isı Stresini Tanıma - 5 Temel İşaret

- ✓ Baş dönmesi veya kafa karışıklığı
- ✓ Aşırı terleme (veya terlememe)
- ✓ Yorgunluk veya halsizlik
- ✓ Mide bulantısı
- ✓ Yüksek kalp atış hızı

Ne yapılımalı: Çalışmayı derhal durdurun, daha serin bir alana geçin, sıvı alın ve gerekirse KKD'yi güvenli bir şekilde çıkarın. Belirtiler devam ederse tıbbi yardım alın.

4. Sağlık ve Güvenlik Yöneticisi (HSE). Isı stresi belirtileri. <https://www.hse.gov.uk/temperature/employer/heat-stress.htm#symptoms>
5. Kjellstrom, T. ve ark. (2016). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20007118/>

2. KKD: Sorunun ve Çözümün Bir Parçası

“KKD çok sıcak veya kısıtlayıcı olarak algılandığında çalışanlar, konforu korumaya tercih edebilir ve bu da ciddi bir güvenlik riski oluşturur.”

Aldja Begriche

İş yerinde ısı stresi tipik olarak çevresel ve davranışsal kontroller yoluyla yönetilir: vardiya düzenini ayarlama, dinlenme aralarını artırma veya sıvı alımını teşvik etme. Bu önlemler önemli olmakla birlikte, büyük ölçüde altta yatan nedenden çok semptomlara yöneliktir.

Kritik bir faktör ise genellikle hafife alınır: kişisel koruyucu ekipmanların rolü. Çalışanları kimyasal, biyolojik ve mekanik tehlikelerden korumak için KKD gereklidir. Ancak KKD, termal yükü de artırabilir. Koruyucu tulumlar hava akışını kısıtlayabilir, nemin buharlaşmasını sınırlayabilir ve ısıyı vücuda yakın bir yerde hapsedebilir⁶. Sonuç olarak çalışanlar daha yüksek düzeyde rahatsızlık ve fizyolojik zorlanma yaşar. Bunun ciddi sonuçları olabilir. KKD rahatsız edici olarak algılandığında, çalışanlar bunları daha kısa süre giyebilir, giysileri yanlış şekilde değiştirebilir veya yanlış biçimde ayarlayabilir ya da katmanları tamamen çıkarabilir. Bu da korumayı zayıflatır ve riski artırır.

Isının düzenlenmesini engellemek yerine desteklemesi için koruyucu giysilerin nasıl tasarlandığını ve değerlendirildiğini, özellikle nefes alabilirlik ve nem kontrolü açısından yeniden düşünmenin zamanı gelmiştir.

İşte bu noktada konfora yönelik daha bilimsel ve ölçülebilir bir yaklaşım hayati önem taşır.

6. NIOSH. <https://www.cdc.gov/niosh/heat-stress/recommendations/ppe.html>

3. KKD'de Konforun Ölçülmesi

“Konfor artık bir algı meselesi değil. Ölçülebilir bir performans parametresidir.”

Tarihsel olarak kişisel koruyucu ekipmanlarda konfor; “çok sıcak” veya “rahatsız” gibi kullanıcı geri bildirimlerine dayalı olarak öznel bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu geri bildirim hâlâ değerli olsa da, KKD performansını değerlendirmek için tutarlı veya karşılaştırılabilir bir temel sağlamamaktadır.

Malzeme bilimi ve test metodolojilerindeki gelişmeler, objektif ölçütler kullanarak konforu ölçmek için yeni fırsatlar sunuyor. Özellikle sektör, termal dengenin korunmasında kilit faktörler olarak bir malzemenin ısı ve nem transferini ne kadar etkili desteklediğini değerlendirmeye doğru ilerliyor.

Düzenleyici kuruluşlar da ısı stresi riskini kontrol etmeye ve değerlendirmeye odaklanmaya başladı. EMEA dahil olmak üzere bazı bölgelerde, konfor iddialarının ölçülebilir veriler ve ISO 11092 (Tekstil - Fizyolojik etkiler - Kararlı durum koşulları altında termal ve su buharı direncinin ölçülmesi) gibi genel kabul gören test standartları ile desteklenmesi giderek daha fazla beklenmektedir. Bu yöntemde malzeme, terlemeyi taklit eden korumalı sıcak plaka kullanılarak test edilir. Tüm bir tulum grubunun Ret* analizi için insan şeklindeki bir termal manken; terleme sistemleri, sıcaklık sensörleri ve/veya ısı akısı sensörleri ile donatılır. Şu anda, terleyen bir manken kullanılarak giysilerin buharlaşma direncinin ölçülmesini ele alan tek standart ASTM F2370 (2016) standardıdır.

Bu standart, sağlık ve güvenlik uzmanlarının giysilerin nefes alabilirliğini bire bir karşılaştırmasına ve daha bilinçli kararlar vermesine olanak tanır. Yani konfor öznel bir algı olmaktan çıkarak belirlenebilen, test edilebilen ve doğrulanabilen bir kriter olan ölçülebilir bir performans kriterine dönüşür.

*Buharlaştırıcı Isı Transferine Direnç

4. KKD'de Nefes Alabilirliği Anlamak

Nefes alabilirlik, ısı stresini yönetmede kritik bir faktördür. Koruyucu giysi bağlamında, bir malzemenin ısı ve nemin, özellikle de terden kaynaklanan su buharının dışarı çıkmasına izin verme kabiliyetini ifade eder.

Nefes alabilirlik düşük olduğunda, ter cilt üzerinde birikir ve buharlaşma kısıtlanır. Bu da vücudun ısıyı dağıtma kabiliyetini sınırlayarak termal zorlanma ve rahatsızlığı artırır. Buna karşılık, daha yüksek nefes alabilirliğe sahip malzemeler daha etkili nem transferini destekleyerek vücut ısısını düzenlemeye ve uzun süreli kullanım sırasında fizyolojik stresi azaltmaya yardımcı olur.

Objektif karşılaştırma yapabilmek için nefes alabilirlik standartlaştırılmış laboratuvar yöntemleri kullanılarak değerlendirilir. En önemli ölçütlerden biri, bir malzemenin nem buharının geçişine karşı ne kadar direnç gösterdiğini ölçen Su Buharı Direncidir (Ret). Sektör çerçevelerinde, çok düşük dirençli malzemelerin son derece nefes alabilir olarak tanımlanması dahil olmak üzere nefes alabilirliği sınıflandırmak veya ölçmek için Ret tabanlı testler kullanılır. Bu tür malzemeler nem transferine karşı çok düşük direnç sağlayarak ısının düzenlenmesini aktif bir şekilde destekler ve ısı stresini azaltmaya yardımcı olur.

Ret, temelde hava geçirgenliğinden farklıdır. Bir malzeme basınç ve sıcaklık değişimleri altında su buharını tutmaya devam ederken havanın geçmesine izin verebilir.⁷

“Nefes alabilirlik, vücudun ısıyı ne kadar etkili bir şekilde düzenleyebileceğini belirlemesiyle ısı stresini yönetmede kritik bir faktördür.”



7. Adámek, K.; Havelka, A.; Kúš, Z.; Mazari, A. (2023) The Correlation between Air and Water Vapour Permeability of Textiles.

<https://doi.org/10.3390/coatings13010163>

4. KKD'DE NEFES ALABİLİRLİĞİ ANLAMAK

Önemli bir referans noktası olan Ret sınıflandırması, güvenlik uzmanlarının ölçülebilir performansa dayalı olarak malzemenin nefes alabilirliğini karşılaştırmasına olanak tanır. Bununla birlikte, nefes alabilirliği tanımlamak zorluğun sadece bir parçasıdır. Örneğin kimyasal koruyucu giysilerde, malzemeler aynı zamanda güvenilir bariyer performansı ve dayanıklılık sağlamalıdır. Tarihsel olarak nefes alabilirliği artırmak genellikle korumayı azaltmak anlamına gelmiş, korumayı artırmak ısı ve nemin kaçma kabiliyetini sınırlamıştır.

Bu durum, hem güvenlik uzmanları hem de üreticiler için temel bir soru ortaya koyar: **KKD'nin sağlamak üzere tasarlandığı koruyucu performanstan ödün vermeden nefes alabilirlik nasıl geliştirilebilir?**

Zorlu kullanım koşullarında kimyasal koruyucu özelliklerini ve dayanıklılıklarını koruyan ve son derece nefes alabilir nitelikte olan öncü malzemelerin yakın zamanda geliştirilmesi bu soruya bir yanıt sunar.



5. Bir Bilim Olarak Konforu İleriye Taşımak

Chloé Caux-Wetherell

“Zor olan nefes alabilirliği ölçmek değil, korumadan ödün vermeden bunu başarmaktır.”

diyor.

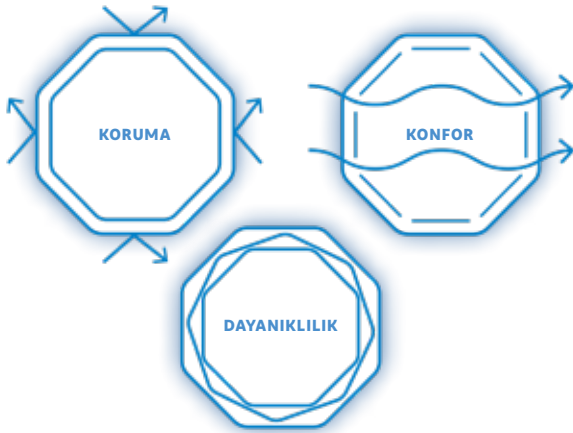
Son derece nefes alabilir nitelikte olan kimyasal koruyucu malzemelerin geliştirilmesi önemli bir atılımı temsil eder. Bu ilerleme, fizyolojik bir süreç olarak ısı stresinin daha iyi anlaşılması ve konfor ile nefes alabilirliğin objektif olarak ölçülmesindeki gelişmeler sayesinde mümkün olmuştur.

DuPont, zorlu çalışma ortamlarında gerekli olan kimyasal koruma ve dayanıklılığı muhafaza ederken son derece nefes alabilir bir sınıflandırma sağlayan yeni nesil Tyvek® malzemesine öncülük ederek bu gelişimin ön saflarında yer alır. Tyvek® APX™ malzemesi adlı yeni malzeme; konfor ve koruma arasındaki geleneksel dengeden uzaklaşmaya işaret ederek artık bunların her ikisinin de aynı anda sağlanabileceğini ortaya koyuyor.

Kullanıcı konforunu birbirine bağlı üç seviyede değerlendirmek için çok ölçekli bir metodoloji kullanılmıştır: malzeme performansı, giysi tasarımı ve fizyolojik tepki.

Bu özellikler, bağımsız bir laboratuvar olan Empa* tarafından bilimsel olarak doğrulanmış, burada öngörücü bilimden gerçek insan tepkisine doğru ilerleyen bir yolculuk olarak konfor değerlendirmesi yapılmıştır. Amaç, konforu öznel bir iddia olarak değil, tahmin edilebilen, ölçülebilen ve doğrulanabilen fizyolojik bir sonuç olarak ölçmektir.

*İsviçre Federal Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Laboratuvarları



5. BİR BİLİM OLARAK KONFORU İLERİYE TAŞIMAK

Malzeme performansı

Koruma için gerekli doğal bariyer özelliklerini korurken nem buharı iletimini optimize etmek için gelişmiş malzeme mühendisliği kullanılmıştır. Hohenstein Enstitüsü, çoğunlukla Ret olarak adlandırılan su buharı direnci başta olmak üzere objektif laboratuvar ölçümlerine dayanarak malzemeleri nefes alabilirlik seviyelerine göre gruplandırılan bir sınıflandırma tablosu oluşturmuştur.

Ret, bir malzemenin vücuttan buharlaşan tere karşı ne kadar direnç oluşturduğunu gösterir. Ret değeri ne kadar düşük olursa ter o kadar kolay kaçabilir ve bu durumda tulum o kadar rahat olur.

Hohenstein sınıflandırması, Ret değeri 30'un üzerinde olan malzemeler için nefes almaz veya çok az nefes alır ile Ret değeri 6'nın altında olan malzemeler için son derece nefes alır arasında 5 seviyeye sahiptir.

Giyisi performansı

Bir malzemenin bitmiş bir tulumla dönüştürülme şekli; uyum, dikiş yapısı ve desen tasarımı dahil olmak üzere termal performans üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Bunu değerlendirmek için DuPont, insan vücudu ve çevre arasındaki ısı alışverişini simüle etmeyi amaçlayan terleme mankeni testini kullandı. Bu testler prototip giysi hakkında ayrıntılı veriler sağlayarak tek başına malzeme yerine tüm sistemin optimize edilmesini mümkün kıldı.

Fizyolojik tepki

Konfor söz konusu olduğunda, kullanıcının fizyolojik tepkisi, nihai ve en anlamlı doğrulama seviyesini sağlar. Fizyolojik veriler; dinamik, gerçek yaşam senaryolarında vücudun KKD'ye verdiği tepkiyi yakalar ve insan vücudunun termal, dokunsal ve psikolojik uyarılara verdiği bütünlüklü tepkiyi yansıtır. DuPont, öngörücü termoregülasyon modellerini kullanarak insan vücudunun farklı giysi kombinasyonlarına, aktivite seviyelerine ve çevresel koşullara nasıl tepki verdiğini simüle etmiştir. Bu simülasyonlar daha sonra çekirdek vücut sıcaklığı, kalp atış hızı ve solunum sıklığı gibi parametrelerin gerçek zamanlı olarak ölçüldüğü kontrollü insan giyimi denemeleriyle doğrulanmıştır.

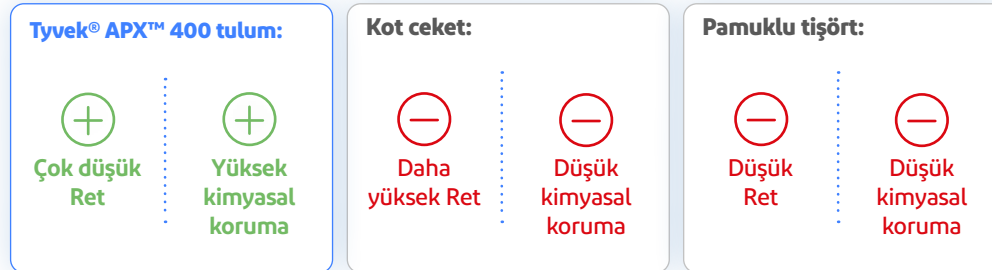
Bu üçlü doğrulama yaklaşımının sonuçları, fizyolojik yükte ölçülebilir bir azalma olduğunu göstermektedir. Son derece nefes alabilir yapıda olan Tyvek® APX™ malzemesi, çekirdek vücut ısısının daha yavaş yükselmesine, kardiyovasküler gerginliğin azalmasına ve dinlenme dönemlerinde daha iyi iyileşme sağlanmasına yardımcı olabilir. Bazı durumlarda, kullanıcının tepkileri günlük giysilerde gözlemlenenlerle karşılaştırılabilir.

Tyvek® APX™ Empa Laboratuvar Testleri ile tanışın



Gelişmiş malzeme biliminden tam fizyolojik doğrulamaya kadar uzanan bu ilerleme, konforun artık sadece öznel bir özellik olmadığını göstermektedir. Konfor artık koruma ve dayanıklılıktan ödün vermeden hem güvenliği hem de performansı destekleyecek şekilde tasarlanabilen ölçülebilir, kanıta dayalı bir parametredir.

Nefes alabilirlik ve koruma karşılaştırması



6. Bunun Güvenlik Uzmanları İçin Anlamı

“Daha iyi veriler daha iyi KKD kararlarının verilmesini ve nihayetinde iş yerlerinin daha güvenli olmasını sağlar.”

Sağlık ve güvenlik profesyonelleri için bu gelişmelerin sonuçları önemlidir. Isı stresi giderek daha fazla kabul gören bir iş yeri riski haline geldiğinden, KKD seçimi artık öznel konfor değerlendirmelerine veya temel giysi özellikleri arasındaki bir ödünleşme gerektirmez. Bunun yerine, karar verme süreci ölçülebilir, kanıta dayalı parametrelerle desteklenebilir.

Ret ve yerleşik nefes alabilirlik sınıflandırmaları gibi ölçütler, kimyasal koruyucu giysilerin kullanımda nasıl performans göstereceğini değerlendirmenin daha objektif bir yolunu sağlar. Güvenlik uzmanları, KKD'nin ısı ve nem transferini ne kadar etkili bir şekilde desteklediğini ve bunun fizyolojik etkiye nasıl dönüştüğünü göz önünde bulundurarak çalışanların güvenliğini, performansını ve uyumluluğunu doğrudan etkileyen daha bilinçli seçimler yapabilir.

Bu aynı zamanda konforun nasıl anlaşıldığı konusunda da bir değişime işaret eder. İkincil veya isteğe bağlı bir özellik olarak görülme yerine, artık çalışanların zaman içinde görevleri güvenli bir şekilde yerine getirme becerilerini doğrudan etkileyen bir faktör olarak kabul edilir.

Daha da önemlisi, KKD özellikleri belirlenirken artık ödün vermek gerekmez. Malzeme bilimindeki gelişmeler, son derece nefes alabilen koruyucu giysilerin hem yüksek düzeyde koruma hem de gelişmiş termal konfor sağlayabileceğini göstermiştir.

Tyvek® APX™ 400 koruyucu tulum, bu yeni nesil kimyasal koruyucu giysilerin ilkidir. Gerekli dayanıklılık ve korumayı muhafaza ederken son derece nefes alabilir bir sınıflandırma sağlayan bu ürün; konfor ve korumanın birlikte tasarlanabileceğini kanıtlar niteliktedir.

Anlayışımız gelişmeye devam ettikçe, ölçülebilir konfora dayalı KKD belirleme yeteneği, ısı stresini azaltmada ve daha güvenli çalışma ortamlarını desteklemede giderek daha önemli bir rol oynayacaktır.

DUPONT Tyvek® APX™

Bu bilgiler DuPont'un güvenilir olduğunu düşündüğü teknik verilere dayanmaktadır. Ek bilgilere ve deneyimlere ulaşıldığında bu bilgiler değişebilir. Belirli bir ortamdaki toksisite seviyesini ve gereken uygun kişisel koruyucu donanımı belirlemek kullanıcının sorumluluğundadır. Burada belirtilen bilgiler, kontrollü koşullar altında tulumların değil, kumaşların laboratuvar performansını yansıtmaktadır. Bu bilgi, kendi son kullanım koşullarını kendi başına ve kendi risklerini gözeterek değerlendirebilecek teknik uzmanlığa sahip kişilere yöneliktir. Bu bilgileri kullanmayı düşünen kişiler öncelikle seçtikleri tulumun planladıkları kullanım alanına uygun olup olmadığını kontrol etmelidir. Kumaşın yırtılması, aşınması veya delinmesi durumunda son kullanıcı olası kimyasal maruziyetten kaçınmak üzere tulumu kullanmayı durdurmalıdır. Kullanım koşulları DuPont'un kontrolü dışında olduğundan DUPONT DE NEMOURS, INC. VE BAĞLI KURULUŞLARI PAZARLANABİLİRLİK VEYA BELİRLİ BİR AMACA UYGUNLUK GARANTİLERİ DAHİL ANCAK BUNLARLA SINIRLI OLMAMAK ÜZERE AÇIK VEYA İMA YOLUYLA HİÇBİR GARANTİ VERMEZ VE BU ÜRÜNLERİN VE BİLGİLERİN HERHANGİ BİR KULLANIMI İLE BAĞLANTILI OLARAK HİÇBİR SORUMLULUK ÜSTLENMEZ. Bu bilgiler, çalışma lisansı olarak sunulmamıştır. Ayrıca DuPont'a veya diğer kişilere ait herhangi bir materyali ya da kullanımı kapsayan patent veya teknik bilgilerinin ihlalini önermez.

© 2026 DuPont. Tüm hakları saklıdır. DuPont™, DuPont Oval Logo ve ™, SM veya ® ile işaretlenmiş tüm ticari markalar ve hizmet markaları, aksi belirtilmedikçe, DuPont de Nemours, Inc. bağlı şirketlerine aittir.