



# Kahramanmaraş Sutcu Imam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 10.08.2022  
Kabul Tarihi : 05.12.2022

Received Date : 10.08.2022  
Accepted Date : 05.12.2022

### KİMYASAL KORUYUCU GİYSİLERİN SEÇİMİ, TEMİZLENMESİ VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

### SELECTION, DECONTAMINATION, PERFORMANCE PROPERTIES OF CHEMICAL PROTECTIVE CLOTHING

Dilara SEVİNDİK<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-8708-1939)  
Bengi KUTLU<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-3838-7736)

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Bengi KUTLU, bengi.kutlu@deu.edu.tr

#### ÖZET

Koruyucu giysilerin, çalışana çalışma ortamındaki risklere karşı koruyabilmesi için çalışma ortamı, riskin türü ve kimyasal çeşitleri göz önüne alınarak performans özellikleri belirlenmektedir. Permeasyon parametreleri de koruyucu giysi seçiminde ve temizleme etkinliğinin belirlenmesinde kritik bir öneme sahiptir. Bunun yanında, koruyucu iş giysilerinde kullanım ve temizleme-bakım işlemleri ile meydana gelen gözle görülmeyen kimyasal ve temizleme maddeleri birikmeleri ile deformasyon, giysileri çalışana koruyamayacak hale getirebilmektedir. Bu makalede kimyasal koruyucu giysilerin performans özellikleri, seçimi ve temizleme koşullarının önemini açıklanması amaçlanmaktadır. Bir iş yerinde kullanılacak giysinin seçimi ve temizlenmesinin etkilerinin değerlendirilmesi için incelenmesi gereken performans özellikleri açıklanmış ve ölçüm yöntemleri anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal koruyucu giysi, permeasyon, seçim

#### ABSTRACT

Performance properties of chemical protective workwear to protect workers are determined regarding the types of risks, the workplace and the types of chemicals. Permeation parameters are critical for selecting chemical protective workwear and determining efficiency of cleaning process. In addition, during usage and decontamination, chemicals and cleaning agents can accumulate on chemical protective workwear decreasing its protective properties. The aim of the paper is to explain performance properties of chemical protective workwear, important factors for selecting protective clothing and importance of decontamination conditions are discussed. The performance characteristics that need to be examined in order to evaluate the selection and effects of cleaning of the clothing to be used in a workplace are explained and the measurement methods are explained.

**Keywords:** Chemical protective workwear, decontamination, permeation, selection

## GİRİŞ

Teknik tekstillerin en önemli sınıflarından bir tanesi olan koruyucu giysiler, giyen kişiyi ölüm ya da yaralanma ile sonuçlanabilecek ağır çevresel etkilerden koruyan giysilerdir. Maruz kalınan riskler farklı olduğu için tek bir tür koruyucu giysinin tüm tehlikelerden koruması olası değildir. Isı, alev, soğuk, elektrik, biyolojik, mekanik vb. zararlara karşı koruyan farklı koruyucu giysiler kullanılmaktadır. Koruyucu iş giysileri, çalışma ortamındaki tüm riskler için önlem alındıktan sonra, son önlem olarak kullanılan koruyucu malzemelerdir.

Kimyasal koruyucu giysiler, kimyasal madde üretim tesislerinde, kimyasal maddelerin kullanıldığı tesislerde çalışanların, zehirli ve tehlikeli, sıvı, gaz ya da partikül halindeki kimyasallardan korunması için kullanılan giysilerdir. Çeşitli özelliklere sahip kimyasal maddelerin zararlarından koruma ancak o kimyasala özgü koruyucu malzeme ile gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle iş yerlerinde uygun kimyasal koruyucu giysinin seçimi çok önemlidir. Genelde koruyucu giysiler konusunda bilgisi olmayan çalışanlar koruyucu giysilerin seçimi ve alımını yapmaktadır. Bu nedenle seçimi yapan ve/veya giysileri kullanan çalışanlar, giysilerin seçimi, neden ve nasıl kullanılması gerektiği konusunda bilgilendirilmelidir. Karar verme süreci için, çalışma ortamındaki performans gerekliliklerinin anlaşılması ve giysi özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada, güncel literatür incelenerek kimyasal koruyucu giysi seçimi ve kullanımı ile ilgili göz önünde bulundurulması gereken faktörler ile kimyasal koruyucu giysilerin seçiminde belirleyici kriter olan performans özellikleri ve ölçüm yöntemleri anlatılmaktadır (Scott, 2005; Forsberg vd., 2020).

## KİMYASAL KORUYUCU GİYSİLERİN SEÇİMİ

İşyeri risklerinden çalışanları korumada, önce kaynaktan kontrol ve yolda kontrol, ardından kişide kontrol yapılmaktadır. Dolayısıyla kimyasal koruyucu giysilerin seçimi, iş alanı için yapılan risk değerlendirmesi ile başlayarak adım adım uygulanması gereken bir süreçtir. Koruyucu giysi seçiminden önce çalışma ortamlarındaki kimyasal tehlikelerin belirlenmesi ve risk analizinin yapılması önemlidir. Risk analizinin yapılması ile birlikte kimyasal maruziyetini azaltan başka yöntemlerin (çalışma ortamında kullanılan tehlikeli kimyasalın daha az tehlikeli olanla değiştirilmesi, kullanılan tehlikeli kimyasal miktarının azaltılması, havalandırma yapılması vb.) uygulanmasının ardından risk belirlenmektedir. Böylece kimyasal koruyucu giysiye olan gerçek ihtiyaç ortaya çıkmaktadır (Raheel, 1994; Scott, 2005; Van Wely, 2017; Forsberg vd., 2020). Farklı kimyasal maddelerden koruyan giysilerin farklı hammaddelerden üretilmesi gereklidir. Tek bir koruyucu malzeme, tüm kimyasal maddelere karşı koruyucu değildir. Dolayısıyla kimyasal koruyucu giysilerin seçimi karmaşık bir iştir ve yanlış bir seçim yapmanın sonuçları, ciltte hafif yaralanmalardan hayati tehlike oluşturacak zararlara kadar değişiklik gösterebilmektedir (Raheel, 1994; Van Wely, 2017). Kimyasal koruyucu giysilerin çalışma ortamlarında bulunan kimyasal maddelerden uygun düzeyde koruyacak şekilde seçilmesi ile kullanım sonrasında da bu koruma özelliklerini kaybetmemesi, çalışanların sağlık ve güvenliği için büyük önem taşımaktadır. İlgili risklerin (ısı stresi, konfor sorunları, hareket kısıtlılıkları vb.) ve fiyatının artmasına neden olacağı için, koruyucu giysinin, o iş yerindeki risklerin gerektirmeyeceği kadar çok koruması da (aşırı-koruma) istenmeyen bir durumdur. İş yerinde bulunan tehlikelerden koruyan malzemelerle, uygun korumayı göstermesi yeterlidir. Kimyasallardan koruma özelliklerinin yanı sıra, giysinin mekanik (delinme, yırtılma mukavemeti vb.) özellikleri de seçimde göz önünde bulundurulmalıdır. Giysilerin koruma özelliklerinin yeterli düzeyde devam etmesi için yeniden kullanımdan önce etkin ve zarar vermeyecek şekilde temizlenmesi gerekmektedir (Scott, 2005; Van Wely, 2017).

Seçimde göz önünde bulundurulması gereken birçok faktör arasında en önemli olanı, kimyasal koruyucu giysinin kullanılacağı çalışma ortamında kullanılan kimyasallara karşı etkili bir şekilde bariyer oluşturabilmesidir. Bunun yanında farklı maruz kalma şekilleri ve süresi, giysinin üretildiği malzemeler, kullanılan koruyucu giysinin bariyer performansı (tipi ve yapısı), sıcaklık, nem gibi farklı çevre koşulları da dikkate alınmalıdır. Tek ya da çok kullanımlık olması ve fiyatı da diğer faktörlerdir (Raheel, 1994; Van Wely, 2017). Çok tehlikeli kimyasallar içeren çalışma ortamları için seçim yapılırken konunun uzmanlarından yardım alınması önemlidir. Kimyasal koruyucu giysinin seçiminde, giysinin bütün olarak koruma, permeasyon ve penetrasyon özellikleri dikkate alınır. Bu özellikleri etkileyen faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Raheel, 1994; Forsberg vd., 2020).

### **Kimyasala Maruz Kalma**

Kimyasala maruz kalma, maruziyet şekli ve süresi ile giysi seçimi için risk analizi sırasında değerlendirilmektedir. Vücutta kimyasallara maruz kalma şekilleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Van Wely, 2017):

a-Nefes yoluyla

b-Sindirim sistemi yoluyla (gıda ya da sudan)

c-Deriden penetrasyon ya da vücutta yaralanma, kesik vb. yoluyla

Kimyasallarla temas kısa süreli sıçrama, buhar, basınçlı ya da basınçsız spreye maruz kalma şeklinde olabileceği gibi uzun süreli içine dalma şeklinde de olabilmektedir. Kimyasallara maruz kalma sürelerinin artması, permeasyon-penetrasyon ve degradasyon yoluyla geçen kimyasal miktarının artmasına neden olmaktadır. Raporlanmış işle ilgili rahatsızlıklarda, kimyasala deriden maruziyete, nefes yoluyla maruziyetten daha çok rastlandığı belirtilmiştir. Kimyasalların deri ile temas süresinin artması insan vücudunu zehirleyecek düzeye ulaşmasına neden olabilmektedir (Scott, 2005; Van Wely, 2017; Forsberg vd., 2020).

### **Kimyasal Türleri**

Karşılaşılan kimyasallar veya kimyasal karışımlar bilinmediğinde uygun kimyasal koruyucu giysinin seçimi problem haline gelmektedir. Çünkü kimyasal karışımı içinde hızlı şekilde nüfuz eden karışım bileşenleri olduğunda, bunlar yavaş nüfuz eden diğer bileşenlerin de hızını artırmaktadır. Çözünürlük, koruyucu giysi malzemesi ve nüfuz eden kimyasal madde arasındaki etkileşim olarak tanımlanmaktadır ve koruyucu giysinin absorbe ettiği kimyasal madde miktarı ile ölçülebilmektedir (Raheel, 1994; Forsberg vd., 2020). Yüksek çözünürlüğe sahip kimyasallar hızlı bir şekilde kimyasal koruyucu giysiye nüfuz edebileceklerdir. Fakat bu durum düşük çözünürlüğe sahip kimyasalların mutlaka düşük permeasyon oranına karşılık geleceği anlamına gelmemektedir (Protective clothing and equipment committee, 2005). Örneğin gazlar, düşük çözünürlüğe sahip olmasına rağmen sıvılar ile karşılaştırıldığında kimyasal koruyucu giysiye daha yüksek oranda nüfuz edebilmektedir (Raheel, 1994).

### **Giysinin Malzemesi**

Kimyasal koruyucu giysilerde kullanılan malzemelerin, çalışma ortamında kullanılan kimyasallardan korumaya uygun malzemeler olması önemlidir. Kimyasal koruyucu giysilerde, kimyasal maddelere dayanıklı doğal kauçuk, nitril kauçuk, bütül kauçuk, neopren, PVC, PVA gibi polimer ve kompozitler kullanılmaktadır. Kullanım açısından, tekrar kullanılabilir ve tek kullanımlık olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Tek kullanımlık olanlar –kendi içinde çok farklı performans özellikleri göstermekle birlikte- dokusuz yüzey teknolojileri ile elde edilmektedir. Tekrar kullanılabilir lamine ürünler, farklı risklere (ısı-alev-biyolojik) karşı da koruyucu olabilen farklı bileşenler içermektedir (Raheel, 1994; Forsberg vd., 2020; Sevindik & Kutlu, 2022, Van Wely, 2017).

### **Giysinin Tipi ve Yapısı**

Kimyasal koruyucu giysilerin kaplama kalınlığındaki hatalar, dikiş yerleri ve fermuarlar vb. kimyasalın permeasyon ve penetrasyonuna neden olarak giysinin koruma özelliğini etkilemektedir. Bu nedenle birleştirme yerlerine özen gösterilmeli örneğin geçirmeyi engelleyen tipte dikişler uygulanmış olmalıdır. Permeasyon kalınlık ile ters orantılı olduğundan kalınlığın azalması kimyasalın koruyucu giysiye nüfuz etme süresinin kısılmasına neden olmaktadır. En iyi kimyasal dirence sahip malzemeler bile kesilip, delinip, yırtıldığında veya herhangi bir şekilde hasara uğradığında etkisiz hale gelmektedir. Bu nedenle kimyasal koruyucu giysilerde ihtiyaç duyulan diğer özellikler koruyucu giysi seçimi sırasında değerlendirilmelidir. Bunlar, aşınma mukavemeti, kesilme mukavemeti, delinme mukavemeti, yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, ortam sıcaklığının etkisine (aşırı soğuk / aşırı sıcak) dayanım, güç tutuşurluk olarak sıralanabilir (Raheel, 1994; Forsberg vd.,2020; Van Wely, 2017):

### **Çevre Koşulları**

Artan sıcaklık ile permeasyon oranı artarken kimyasalın nüfuz etme süresi düşmektedir. Kimyasal koruyucu giysilerin artan sıcaklıktan etkilenme derecesi, kimyasal/giysi malzemesi türlerine göre değişim göstermektedir. Ayrıca artan sıcaklık ve nem, özellikle tekrar kullanılabilen giysilerde kullanım sırasında ısı stresinin artmasına neden olmaktadır (Van Wely, 2017; Forsberg vd., 2020).

### **KİMYASAL KORUYUCU GİYSİLERİN TEMİZLENMESİ**

Kimyasal koruyucu giysilerin temizlenmesi ile ilgili prosedür, giysi ile birlikte verilen kullanım bilgileri arasında bulunmaktadır. Bununla birlikte, temizlenmesi işlemi ile, kimyasalların zarar vermeyecek düzeyde temizlenemediği durumlarda giysinin koruyucu performansında, kullanılmamasını gerektiren ciddi düşüşler olmaktadır.

Kimyasal koruyucu giysilerde iki tip kirlenme söz konusu olmaktadır: yüzey kirlenmesi ve matris kirlenmesi. Yüzey kirliliğinin temizlenmesi, matris kirlenmesine göre nispeten daha kolay olmaktadır. Matris kirlenmesi durumunda, kirlenici kimyasal koruyucu giysinin dış kısmında çözünmektedir ve sonrasında malzemenin içine dağılmaktadır. Bu durum kirlenmenin ortadan kaldırılmasını zorlaştırmaktadır. Giysilerin tekrarlı kullanımlarında ise kirlenmenin

uzaklaştırılması daha da güç hale gelmektedir. Ek olarak, temizleme işlemleri koruyucu giysi malzemesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirerek kimyasalların giysiden geçiş süresi (BT) ve sabit durum geçirgenlik oranında (SSPR) değişikliklere neden olabilmektedir (Gao, El-Ayouby ve Wassell, 2005). Kimyasallar koruyucu giysiye nüfuz etmeye başladıktan sonra kimyasal koruyucu giysinin matrisinde-iç tabakalarında birikmektedir ve giysi temizleme işleminden geçtiğinde bile matris kirlenmiş olan kimyasallar giysinin iç yüzeylerine nüfuz etmeye devam etmektedir (Raheel, 1994; Van Wely, 2017; Gao, Tomosovic ve Stein, 2011). Bu nedenle tekrar kullanılan kimyasal koruyucu giysiler, kullanıcının herhangi bir kalıntı kimyasala maruz kalmayacağı şekilde temizlenmelidir. Bu giysilerin uygun olmayan temizleme yöntemleri ile temizlenmesi ya da yeterli derecede temizlenmemesi, ciddi sağlık ve çevre sorunlarına sebep olabilmektedir. Eğer kimyasal koruyucu giysi etkili bir şekilde temizlenemezse, atılmalı ve yeni kimyasal koruyucu giysi kullanılmalıdır (Protective clothing and equipment committee, 2005; Holtz, 2011, Van Wely, 2017).

Kimyasal koruyucu giysilerin kullanım ömürleri ve kimyasal koruyucu giysilerin bertaraf edilmesi gereken durumlar hakkında bilgi sahibi olunması önemlidir. Bazı kimyasal koruyucu giysiler ozon, ısı vb sebeplerle malzemenin degradasyona uğraması sonucu sınırlı raf ömrüne (kullanım öncesi depolama) sahip olabilmektedirler. Eğer kimyasal koruyucu giysi geri dönülemez şekilde kirlendiyse veya kullanım sırasında hasara uğradıysa giysi kullanılamaz hale gelebilmektedir (Gao, El-Ayouby & Wassell, 2005; Forsberg vd., 2020).

## KİMYASAL KORUYUCU GİYSİLER İÇİN TEST YÖNTEMLERİ

Kimyasal koruyucu giysilerin seçiminde dikkat edilecek kriterler çeşitli testlerde değerlendirilmektedir. Kimyasal koruyucu giysinin malzemesinin koruyucu olması yanında giysi halinde kullanımında da herhangi bir geçişe izin vermemesi önemlidir. Kimyasal direncini belirleyen ölçümler ile giysinin bir bütün halinde sızdırmazlığının ve koruyuculuğunun belirlenmesi için farklı testler yapılmaktadır. ISO 16602 standardında Avrupa tipi kimyasal koruyucu giysi sınıflarına göre yapılması gereken testler Tablo 1’de verilmiştir. Avrupa tipi sınıflandırma, hangi vücut bölümünün korunacağı ve nüfuz etmeden koruma düzeylerine göre yapılan EN ve ISO standartlarında geçerli olan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmada giysiler, gaz geçirme (1a-b-c: gaz sızdırmaz, 2:gaz sızdırır), sıvı geçirme (3:basıncılı sıvı, 4:sprey), partikül geçirme (5), düşük maruziyet-sıvıdan koruma (6) özelliklerine göre 6 ana tipe ayrılmaktadır (ISO 16602, 2007; Sevindik & Kutlu, 2022).

**Tablo 1.** Kimyasal Koruyucu Giysi Tiplerine Göre Testler (ISO 16602)

Genel Performans	Özel Performans Testleri	Kimyasal Koruyucu Giysi Tipleri							
		1a	1b	1c	2	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
Kimyasal koruyucu giysinin bileşenlerinin bütünlüğü	Sızdırmazlık testi	X	X	X	-	-	-	-	-
	İçe sızıntı testi	-	X <sup>b</sup>	X	X	-	-	-	-
	Sıvı jet testi	-	-	-	-	X	-	-	-
	Sıvı sprej testi	-	-	-	-	-	X	-	-
	Katı aerosol içe sızıntı testi	-	-	-	-	-	-	X	-
Sınırlı düzeyde sıvı sprej testi	-	-	-	-	-	-	-	X	
Kimyasal koruyucu giysi malzemelerinin kimyasal dayanımı <sup>c</sup>	Permeasyon testi	X	X	X	X	X	X	-	-
	Basınc altında sıvı penetrasyon testi	-	-	-	-	-	X <sup>d</sup>	-	-
	Parçacık penetrasyon dayanımı testi	-	-	-	-	-	-	- <sup>e</sup>	-
	Sıvı penetrasyon dayanımı testi	-	-	-	-	-	-	-	X
Sıvı iticilik testi	-	-	-	-	-	-	-	X	

a Kimyasal koruyucu giysi gövde, kollar ve bacakları korumadığında tip 3, tip 4, tip 6 vücutu kısmi olarak koruyan giysiler için sadece ilgili tipteki malzeme kimyasal dayanım testlerinin gerekliliklerini sağlamalıdır.

b Tip 1b kimyasal koruyucu giysiler yüz koruyucu kalıcı olarak giysiye bağlı değilse kullanılmaktadır.

c Kimyasal dayanım testleri tip 5 ve tip 6 kimyasal koruyucu giysilerinin dikişlerine uygulanmamaktadır.

d Permeasyon dayanımı testi de basınç altında sıvı kimyasal dayanımı testi de kullanılabilir.

e Katı parçacıklara karşı koruma sağlayan kimyasal koruyucu giysilerin değerlendirilmesinde bu test önerilmemektedir.

## ***Kimyasallardan Koruyucu Giysilerin Bütünlüğünün Sızdırmazlığının Ölçülmesine Yönelik Testler***

### ***Sızdırmazlık Testi***

Bu test yönteminde gaz sızdırmaz kimyasal koruyucu giysi malzemesinin şişirme işleminden sonra esnemesinden dolayı delik, yarıklar ve yırtıklar gibi küçük kusurlar tespit edilerek içerideki havanın dışarı sızıp sızmadığı durumu değerlendirilmektedir.

Giysi belirlenen basınca şişirildikten sonra, hava sızıntısının miktarı, belli bir süre sonraki basınç kaydedilerek değerlendirilir. İki farklı basınç testi bulunur. İlk yöntem minimum iç basınç testi olarak kabul edilir ve 1250 Pa'lık bir şişirme basıncı kullanılır. İkinci yöntem ise gaz sızdırmazlık özelliğinin daha güvenilir bir şekilde ölçülmesini sağlar ve 1750 Pa'lık basınç kullanılmaktadır. Kimyasal koruyucu giysilerde sızıntının belirlenmesi için giysi şişirilmektedir ve sabun-su çözeltisiyle silindikten sonra gözlemlenmektedir. Bulunan tüm sızıntı yerleri onarılmaktadır ve onarılan kimyasal koruyucu giysilerin yeniden şişirilerek test edilmesi gerekmektedir (ISO 17491, 2012).

Bu test tip 1a, tip 1b ve tip 1c kimyasal koruyucu giysiler için yapılmaktadır. Giysilerde basınç ile şişirme işleminden sonra % 20 den fazla basınç düşmesi olmamalıdır. Sızdırmazlık testinin en az iki kimyasal koruyucu giysinin üzerinde yapılması gerekmektedir (ISO 16602, 2007).

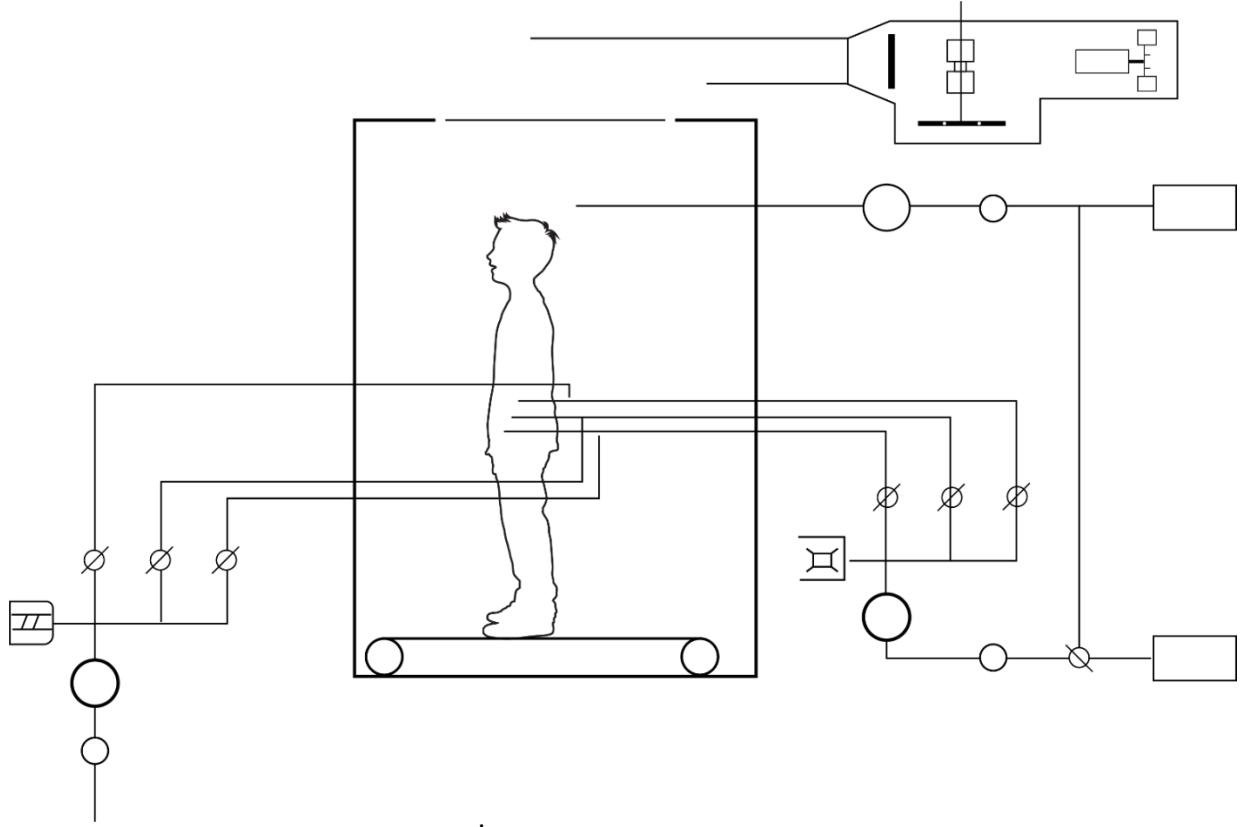
### ***Aerosol ve Gazlar İçin İç Sızdırmazlık Testi***

Kimyasal koruyucu giysiyi giyen denek test odasına girer ve test odasındaki tüp örneklem noktalarına bağlanır. Denek test odasında bir yürüme bandı üzerinde ayakta durma, yürüme ve çömelme gibi bir dizi hareket gerçekleştirir. Aynı zamanda yürüme bandı üzerinde sabit konsantrasyonda deney sıvısı akmaktadır. Hareketler esnasında dedektör ile giysi içindeki konsantrasyon ölçülür. Ölçülen konsantrasyon giysinin iç sızıntısıdır.

Aerosoller için kullanılan metotta deney sıvısı sodyum klorürdür. Gazlar için kullanılan metotta ise sülfür hekzaflorür deney kimyasalıdır. Her iki metotta, tip 1c ve tip 2 kimyasal koruyucu giysiler, % 0,05'ten daha büyük bir iç sızıntı göstermemelidir.

Yüz maskesi kimyasal koruyucu giysi ile kalıcı bir şekilde birleştirilmediğinde, tip 1b kimyasal koruyucu giysiler, sızıntıya karşı test edilmeli ve maskenin göz oyuntusu için olan boşlukta % 0,05'ten daha büyük bir iç sızıntı olmamalıdır. En az iki kimyasal koruyucu giysi üzerinde iç sızıntı testinin yapılması gerekmektedir (ISO 16602, 2007).

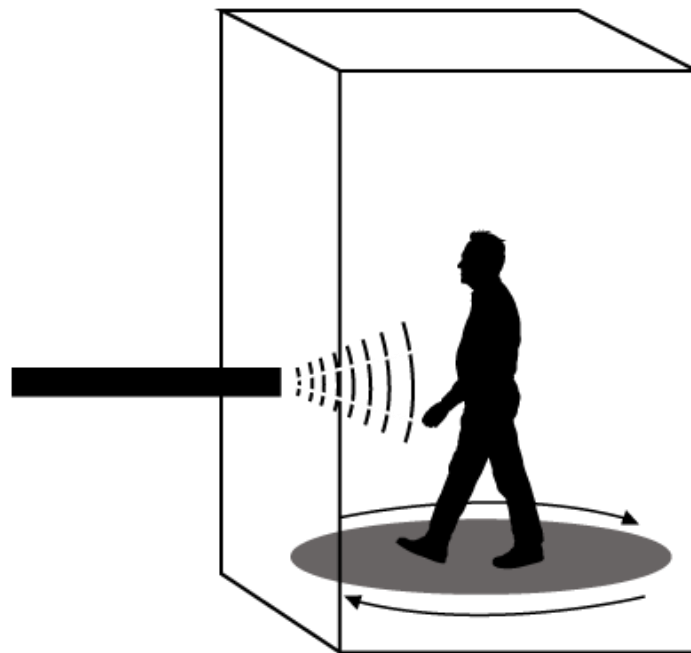
ISO 13982-2 standardına göre katı aerosol sızdırma testinde, sodyum klorür aerosolünün bulunduğu bir test odasında koruyucu giysiyi giyen denek yürüme bandında ayakta durma, 5 km/s hız ile yürüme ve çömelme hareketi yapmaktadır (Şekil 1). Kıyafet içindeki her örneklem noktasında iç sızıntı alev fotometrisi ile ölçülmektedir. Elbise içindeki konsantrasyonun ölçülmesi için üç test çubuğu deneğin gövdesine yakın şekilde göğsünün sağ tarafı, bel arkası ve dizine yerleştirilmiştir (ISO 13982-2, 2004). Örneklem noktalarındaki iç sızma yüzdesi, giysi ve denek başına toplam iç sızma miktarı, her hareket ve örneklem noktasındaki iç sızıntı ve ortalama toplam sızıntı hesaplanmalıdır (ISO 13982-2). On giysi test edilmeli ve bunların sekiz tanesinde toplam iç sızma miktarı %15'ten düşük olmalıdır (ISO 13982-2).



Şekil 1. Katı Aerosol İçerme Sızıntı Test Düzenegi (ISO 13982-2, 2004)

### Sıvı Jet Testi

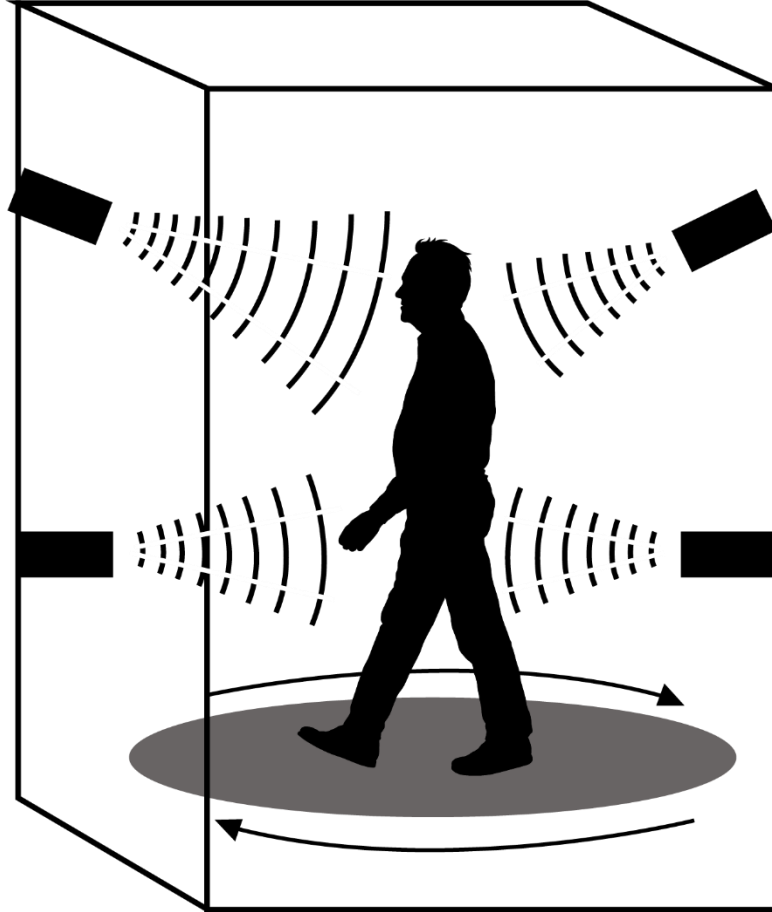
Boya içeren basınçlı su (sıvı jet) kimyasal koruyucu giysiyi giyen bir test mankenini üstündeki her bir noktaya 5 saniye olacak şekilde püskürtülmektedir. Jet test mankeninden 1 metre uzakta bulunmalıdır. Giysi iç yüzeyi ve giysinin içine giyilen emici giysilerin dış yüzeyinin incelenmesi ile iç sızıntı noktalarının belirlenmesi sağlanmaktadır (ISO 16602, 2007). Tip 3 kimyasal koruyucu giysiler jet testi kullanılarak sıvı penetrasyonu direnci için test edildiğinde penetrasyon, toplam kalibre leke alanının ( $2,0\text{cm}^2$ ) üç katından fazla olmamalıdır (ISO 16602, 2007) (Şekil 2).



Şekil 2. Sıvı Jet Test (Zimová, 2011)

### *Sıvı Sprey Testi*

Boya içeren sprej test mankeni üzerindeki giysiye püskürtülmektedir. Bu test bir dakika süre veya otuz dakika süre ile yapılabilmektedir (ISO 17491, 2012). Kimyasal koruyucu giysi sprej test ile düşük düzey sıvı penetrasyon dayanımı için test edildiğinde, spreje maruz kalma süresi bir dakika olmaktadır. Otuz dakika süre için yapılan test daha yüksek sprej dayanımı gerektiğinde kullanılmaktadır (ISO 17491, 2012). Giysinin iç yüzeyi ve içine giyilen giysinin dış yüzeyi incelendiğinde sızıntı noktaları belirlenebilmektedir. Penetrasyon miktarı toplam kalibre leke alanın (2,0cm<sup>2</sup>) üç katından fazla olmamalıdır (ISO 16602, 2007) (Şekil 3).



Şekil 3. Sıvı Sprej Test (Zimová, 2011)

### *Kimyasallardan Koruyucu Giysi Malzemelerinin Kimyasal Dayanım Özelliklerinin Ölçümüne Yönelik Testler*

#### *Permeasyon Testi*

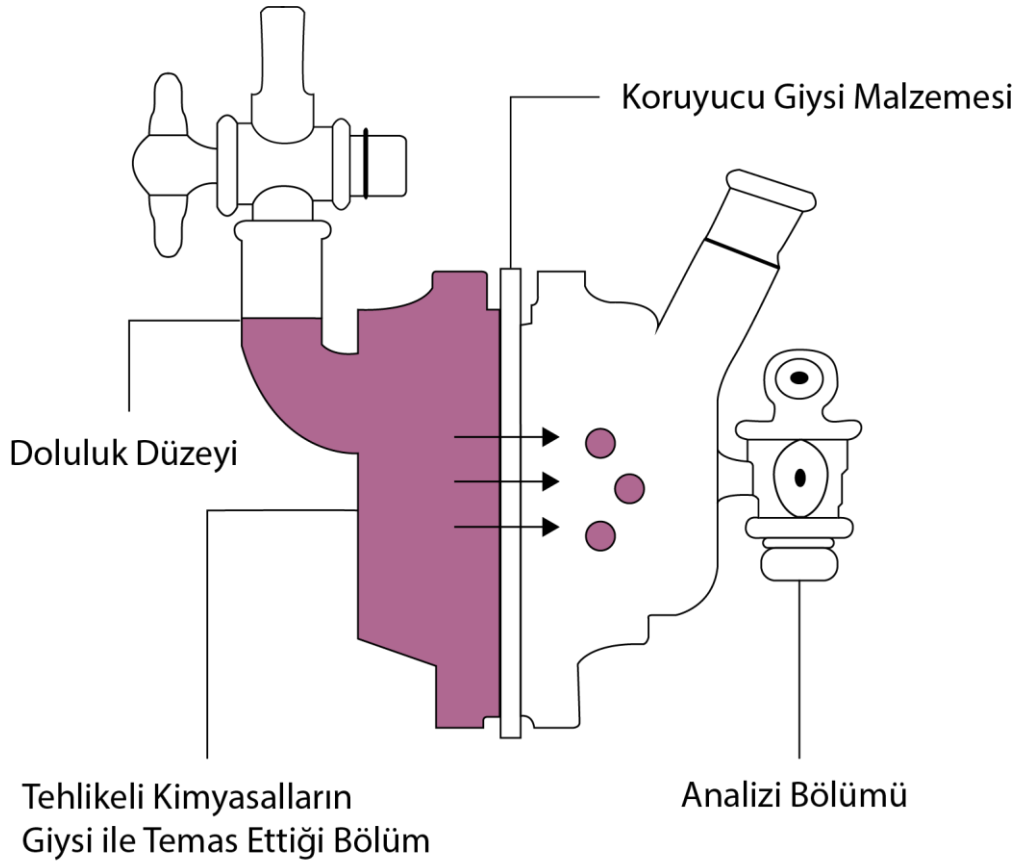
Bu test koruyucu giysilerde kullanılan malzemelerin sürekli veya aralıklı temas koşulları altında sıvı veya gaz kimyasallara karşı dayanımının belirlenmesi için yapılmaktadır (ISO 6529, 2013). Permeasyon testi Tip 1,2,3 ve 4 kimyasal koruyucu giysiler için uygulanmaktadır.

**Metot A:** Koruyucu giysi materyali ile sürekli temas halinde olması beklenen, suda çözülebilen veya uçucu olan test kimyasalları için kullanılan yöntemdir.

**Metot B:** Koruyucu giysi materyali ile sürekli temas halinde olması beklenen gaz haldeki test kimyasalları için kullanılan yöntemdir.

**Metot C:** Koruyucu giysi materyali ile aralıklı olarak temas halinde olması beklenen suda çözülebilen veya uçucu olan sıvı test kimyasalları için kullanılan yöntemdir.

Şekil 4' de permeasyon test hücresinin şematik gösterilişi bulunmaktadır (Frosberg vd., 2020; ISO 6529, 2013; Van Wely, 2017).

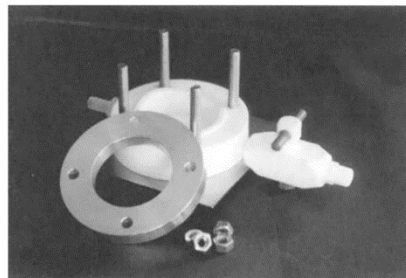


Şekil 4. Permeasyon Test Hücresinin Şematik Gösterilişi (Forsberg vd., 2020)

Test hücresi koruyucu giysi materyali tarafından bölünen iki yarım küreden oluşmaktadır. Test hücresinin bir yarısı kimyasalın koruyucu giysi malzemesine temas ettiği kısım olarak işlev görmektedir. Diğer kısım ise koruyucu giysi malzemesinden kimyasalın geçişini göstermek için toplama kısmı olarak kullanılmaktadır. Permeasyon testinin en önemli amacı kimyasal maruziyetin başından kimyasalın ilk tespitine kadar geçen süre (breakthrough time) (BT), geçirgenlik oranı (SSPR) ve kümülatif permeasyonun belirlenmesidir (Forsberg vd., 2020).

### **Basınç Altında Sıvı Penetrasyon Testi**

Basınç altında sıvı penetrasyon testinde, penetrasyon test hücresi kullanılarak koruyucu giysi malzemesi basınçlı sıvı test kimyasalına maruz bırakılmaktadır (Şekil 5). Penetrasyonun daha kolay fark edilebilmesi için sıvı kimyasala boya eklenmiştir. Testin yapıldığı süre boyunca veya testin sonunda koruyucu giysi malzemesi gözlemlenmektedir. Koruyucu giysi malzemesinde herhangi bir sıvı görülürse veya karakteristik bir renk değişikliği olursa test başarısız olmaktadır. Eğer test süresince herhangi bir sıvı veya karakteristik renk değişikliği yok ise malzemenin testi geçtiği anlamına gelmektedir. Kimyasal ile temas süresi ve uygulanan basınç miktarı farklılık gösterebilmektedir (ISO 13994, 2005; Henry ve Stull, 2003). Bu test yöntemi, çeşitli durumlarda tehlikeli sıvı kimyasallara maruz kalmayı sınırlandıran koruyucu giysi malzemelerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Özellikle mikro gözenekli kumaşların sıvı tutma özelliklerini göstermek için yararlı olmaktadır (Henry ve Stull, 2003).



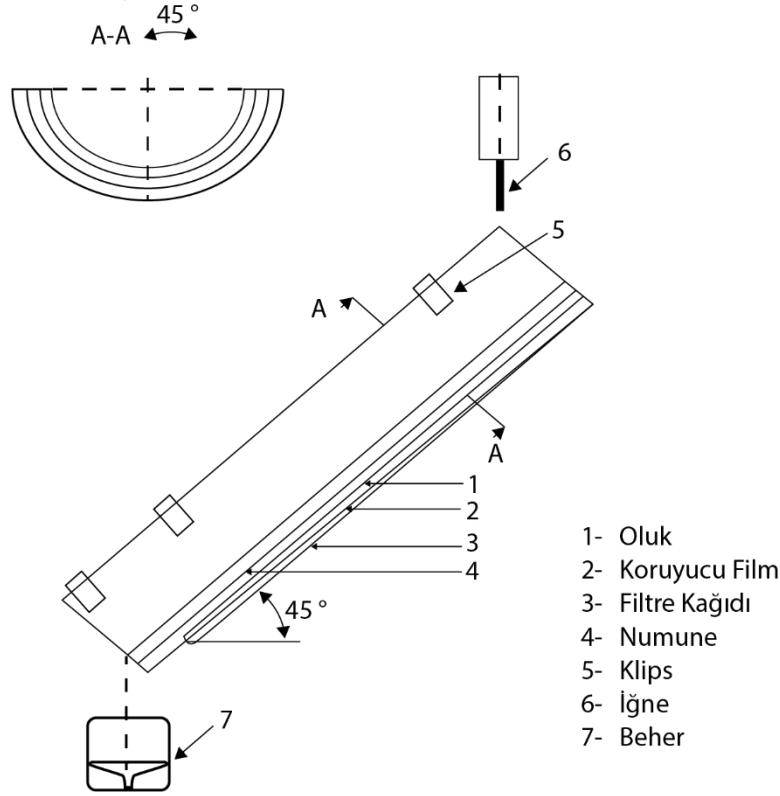
Şekil 5. Basınç Altında Sıvı Penetrasyon Test Cihazı (Henry ve Stull, 2003)



## Sıvı Penetrasyon Testi

Bu yöntem ile sadece tip 6 düşük maruziyet giysileri test edilmektedir. Bu test özellikle düşük uçuculuğa sahip sıvı kimyasal maddelerin düşük basınçlı ve düşük hacimli sıçramalara karşı kimyasal koruyucu giysi malzemelerinde nüfuziyet, absorpsiyon ve geçirmezlik indislerini ölçmek için kullanılmaktadır.

45° derece eğimli bir olukta giyecek malzemesinin yüzeyine deney sıvısı 1cm<sup>3</sup>/s hızında sıringa ile püskürtülmektedir. Deney parçasına nüfuz eden ve yüzeyi tarafından itilen kimyasalın miktarı belirlenmektedir. Her deney parçası ve her deney sıvısı için nüfuziyet, absorpsiyon ve geçirmezlik indisleri hesaplanmaktadır (ISO 6530, 2005). Test düzeneği Şekil 6'da gösterilmektedir. Kullanılan deney sıvıları; sülfürik asit, sodyum hidroksit, butan-1-ol, o-ksilen'dir (ISO 6530, 2005).



Şekil 6. Gutter Test Düzeneği (ISO 6530, 2005)

## SONUÇ

Kimyasal koruyucu giysilerin seçiminin çalışma ortamında kullanılan kimyasal madde türleri, kimyasallara maruz kalma şekli ve süresi, koruyucu giysi malzemelerinin, giysinin tipi ve yapısı ile çevre koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörlerin anlaşılması, giysilerin çalışılan iş ortamına göre uygun şekilde seçilmesinde yol gösterici olmaktadır. Kullanım sırasında maruz kalmakta olduğu koşullardan ve temizleme işlemlerinden sonra, giysilerin performans özelliklerinin değişebilirliği, kullanımının devam etmesi durumundaki riski göstermektedir. Bu makalede kimyasal koruyucu giysilerin seçimi için iş yerinin ve kimyasalların öncelikli risk analizi sonrasında ihtiyaç duyulan kimyasal koruyucu giysinin belirlenmesi için göz önüne alınması gereken faktörler anlatılmıştır. Ardından giysilerin temizlenmesi ve temizleme işleminin sonucunda giysinin giyilebilirliğinin değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Kimyasal koruyucu giysilerin seçiminde ve kullanım-temizleme sonrasında önemli olan performans özelliklerinin neler olduğu ve nasıl ölçüldüğü açıklanmıştır.

## KAYNAKLAR

Forsberg, K., Van den Borre, A., Henry III, N., & Zeigler, J. P. (2020). *Quick selection guide to chemical protective clothing (7th Ed.)*. John Wiley & Sons Inc.

Gao, P., El-Ayouby, N., & Wassell, J. T. (2005). Change in permeation parameters and the decontamination efficacy of three chemical protective gloves after repeated exposures to solvents and thermal decontaminations. *American journal of industrial medicine*, 47(2), 131-143. <https://doi.org/10.1002/ajim.20121>

- Gao, P., Tomasovic, B., & Stein, L. (2011). Performance evaluation of 26 combinations of chemical protective clothing materials and chemicals after repeated exposures and decontaminations. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 8(11), 625-635. <https://doi.org/10.1080/15459624.2011.616161>
- Henry, W.H., Stull, J.O. (2003). Test methods & standards. In Anna, D.H (Ed.), *Chemical Protective Clothing* (pp.175-268). USA: American Industrial Hygiene Association.
- Holtz, L. A. (2011). Change in permeation rates of acids and bases through limited use protective fabrics after repeated wash cycles. Master's thesis. The University of Texas, Austin.
- ISO 13982-2. Protective clothing for use against solid particulates—Part 2: Test method of determination of inward leakage of aerosols of fine particles into suits. International Organization for Standardization, & International Organization for Standardization. (2004).
- ISO 13994. Clothing for protection against liquid chemicals — Determination of the resistance of protective clothing materials to penetration by liquids under pressure. International Organization for Standardization, & International Organization for Standardization. (2005).
- ISO 16602. Protective clothing for protection against chemicals: classification, labeling and performance requirements. International Organization for Standardization, & International Organization for Standardization. (2007).
- ISO 6530. Gutter test method for measuring protection against hazardous chemical liquids. International Organization for Standardization, & International Organization for Standardization. (2008).
- ISO 17491. Protective clothing-Test methods for clothing providing protection against chemicals. International Organization for Standardization, & International Organization for Standardization. (2012).
- ISO 6529. Protective clothing -Protection against chemicals-Determination of resistance of protective clothing materials to permeation by liquids and gasses.International Organization for Standardization, & International Organization for Standardization. (2013).
- Protective Clothing, & Equipment Committee. (2005). *Guideline for the Decontamination of Chemical Protective Clothing and Equipment* (Vol. 6). AIHA.
- Raheel, M. (1994). *Protective Clothing Systems and Materials*. CRC Press LLC.
- Scott, R.A. (Ed.). (2005). *Textiles for Protection*, CRC Press LLC.,
- Sevindik, D., Kutlu, B. (2022). Chemical Protective Workwear Part 1: Classification of Chemical Protective Workwear, Materials and Pass Through Mechanism of Chemicals. *Nonwoven Technical Textiles Technology*. 73 (July), 56-63.
- Van Wely, E. (2017). Current global standards for chemical protective clothing: how to choose the right protection for the right job?. *Industrial health*, 55(6), 485-499. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2017-0124>
- Zimová, M. (2011). *Hodnocení Ochranných Vlastností Profesionálních Oděvů*. (Lisans Tezi). Technická Univerzita V Liberci, Liberec.