



# NEM İŞLEME İNDİSİ İÇİN İKİ KISA SÜRELİ İKLİMLENDİRME DENEY YÖNTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

(TS EN 1279-6:2005 Ek-B.4 ve TS EN 1279-6:2019 Ek-B.4)

Mehmet Yakut  
2 Ekim 2020



Standart Belgelendirme Den. Deney. Muayene ve Teknik Kont. Ltd. Şti.

## 1. Özet

Bu raporda TS EN 1279-1'den TS EN 1279-6'ya kadar olan standartlarda yapılan değişikliklerin birer düzelti olmadığı, deney yöntemlerinde büyük değişiklikler olduğu ve bu değişikliklerin deney sonuçlarına ve dolayısıyla performans değerlendirmelerine önemli ölçüde etki ettiği gösterilmiştir.

Bu çalışma kapsamında TS EN 1279-6:2005 Ek-B.4 deney standardı ile TS EN 1279-6:2018(2019) Ek-B.4 deney standardında belirtilen deney yöntemleri aynı üreticiden aynı üretim tarihli numuneler üzerinde paralel olarak uygulanmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda da her iki deney yönteminde yöntemsel ve kökten değişiklikler olduğu ve bu değişikliklerin sonuca etki ettiği görülmüş; bu sonuca dayanarak deneylerin yeni standarda göre yeniden yapılması gerektiği gösterilmiştir.

## 2. Amaç

Bu deney raporuyla;

1. TS EN 1279-6:2005 Ek-B.4 standardına göre yapılan rutubet işleme indisi için kısa süreli iklimlendirme deney sonuçları ile TS EN 1279-6:2019 Ek-B.4 standardına göre yapılan rutubet işleme indisi için kısa süreli iklimlendirme deney sonuçlarının karşılaştırılması ve
2. Her iki deney yöntemiyle elde edilen sonuçların birbiri yerine kullanılıp kullanılamayacağı belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 3. Deney Yöntemleri

Yapılan çalışmada tek bir üreticinin ardışık olarak ürettiği –tek bir üretim partisinden- alınan on (10) adet cam yalıtım birimi kullanılmıştır. Her ne kadar tek bir üreticiden alınan on (10) adet cam yalıtım birimi kullanılsa da, numune üretim süreci gözetim altına alınmamıştır. Üretici bütün numunelerde aynı tedarikçiden aynı üretim partisinden alınan nem çekici maddeyi kullandığını bildirmiştir. Dolayısıyla numunelerin aynı özellikleri gösterdiği varsayılabilir.

Alınan deney numuneleri gelişigüzel beşer adet iki eşit öbeğe ayrılmıştır. Birinci öbeğe (5 adet numune) TS EN 1279-6:2005 Ek-B.4 deney yöntemi uygulanmıştır. İkinci öbeğe (5 adet numune) ise TS EN 1279-6:2019 Ek-B.4 deney yöntemi uygulanmıştır.

1. TS EN 1279-6:2005 Ek-B.4 deney yöntemi (Yöntem-A) aşağıda açıklanmıştır:
  - a. Deney, biri yedek olmak üzere en az beş adet numuneyle yapılır. Deney numuneleri 352 mm x 502 mm'dir. Cam yalıtım birimlerinin bileşimi 4 mm + 12 mm (Hava)+4 mm'dir.

- b. Deney yöntemine göre numuneler en az iki hafta standart laboratuvar koşullarında şartlandırılmıştır.
- c. Deney yöntemine göre beş adet numuneye çiylenme deneyi yapılmış ve deney numunelerinin çiylenme noktası sıcaklıkları -60°C'den düşük bulunmuştur. Dolayısıyla ilk nem içerikleri ölçülecek ve iklimlendirmeye alınacak numuneler gelişigüzel seçilmiştir.
- d. İki adet numunenin ilk nem içeriği ölçülmüştür. İlk nem içeriğinin ölçüldüğü fırın sıcaklığı (950±10)°C'dir.
- e. İki adet numune iklimlendirmeye alınmıştır. İklimlendirme dolabının sıcaklığı (58±0,5)°C'dir. İklimlendirme süresi üç (3) haftadır. İklimlendirme süresi içinde her hangi bir kesinti ya da aksaklık yaşanmamıştır.
- f. İklimlendirme deneyine alınan numuneler en az iki hafta standart laboratuvar koşullarında şartlandırılmıştır.
- g. İklimlendirmeye alınan iki adet numunenin son nem içeriği ölçülmüştür. Son nem içeriğinin ölçüldüğü fırın sıcaklığı (950±10)°C'dir.
- h. İlk nem içeriklerinin ortalaması alınmış ve her bir son nem içeriklerine göre rutubet işleme indisi hesaplanmıştır. Hesaplama standart nem çekme kapasitesi %20 olarak alınmıştır.
- i. Rutubet işleme indisi için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:
$$I_i = (T_{fi} - T_{i,o}) / (T_c - T_{i,o})$$
Burada,  
 $I_i$  (Her bir numunenin) rutubet işleme indisi  
 $T_{fi}$  (Her bir numunenin) son nem içeriği  
 $T_{i,o}$  (Her bir numunenin) ilk nem içeriği  
 $T_c$  Standart nem çekme kapasitesidir.
- j. Özetle, deney TS EN 1279-2:2005 standardında verilen deneyin –on beş numune yerine- beş numune ve üç hafta iklimlendirme süresi dışında aynıdır.

2. TS EN 1279-6:2018(2019) Ek-B.4 deney yöntemi (Yöntem-B) aşağıda açıklanmıştır:
  - a. Deney numuneleri sayısı ve boyutları Yöntem-A'da belirtildiği gibidir.
  - b. Deney yöntemine göre numuneler en az üç gün standart laboratuvar koşullarında şartlandırılmıştır.
  - c. Deney yönteminde çiylenme noktası sıcaklıkları ölçülmesi işlemi yoktur. Dolayısıyla ilk nem içerikleri ölçülecek ve iklimlendirmeye alınacak numuneler gelişigüzel seçilmiştir.
  - d. İki adet numunenin ilk nem içeriği ölçülmüştür. İlk nem içeriğinin ölçüldüğü fırın sıcaklığı (540±10)°C'dir.

- e. İki adet numune iklimlendirmeye alınmıştır. İklimlendirme dolabının sıcaklığı (58±1)°C'dir. İklimlendirme süresi üç (3) haftadır. İklimlendirme süresi içinde her hangi bir kesinti ya da aksaklık yaşanmamıştır.
- f. İklimlendirme deneyine alınan numuneler bir hafta standart laboratuvar koşullarında şartlandırılmıştır.
- g. İklimlendirmeye alınan iki adet numunenin son nem içeriği ölçülmüştür. Son nem içeriğinin ölçüldüğü fırın sıcaklığı (540±10)°C'dir.
- h. İlk nem içeriklerinin ortalaması alınmış ve her bir son nem içeriklerine göre rutubet işleme indisi hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan standart nem çekme kapasitesi, TS EN 1279-4:2018 Ek-1,2 ve 3'e göre saptanmıştır.
- i. Rutubet işleme indisi için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:  

$$I_i = (T_{f,i} - T_{i,o}) / (T_c - T_{i,o})$$
 Burada,  
 $I_i$  (Her bir numunenin) rutubet işleme indisi  
 $T_{f,i}$  (Her bir numunenin) son nem içeriği  
 $T_{i,o}$  (Her bir numunenin) ilk nem içeriği  
 $T_c$  Standart nem çekme kapasitesidir.
- j. Özetle, deney TS EN 1279-2:2018 standardında verilen deneyin –on beş numune yerine- beş numune ve üç hafta iklimlendirme süresi dışında aynıdır.

3. Eşitlikte kullanılan standart nem çekme kapasitesinin belirlenmesi için TS EN 1279-4:2018 Ek-1, 2 ve 3 standardında belirtilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde önce standardın Ek-E.1'ine göre nem çekicilerin önce kızdırma kaybı (LOI), sonra Ek-E.2'ye göre kullanılabilir su çekme kapasitesi (AWAC) bulunur; Standart nem çekme kapasitesi ( $T_c$ ) ise her iki sayının toplamıdır:

$$T_c = LOI + AWAC$$

#### 4. Deney Bulguları ve Yorumlar

İlk olarak 'B' deney yöntemiyle bulunan ilk nem içeriklerinin standardın belirttiği sınır değer olan %3'ten büyük çıktığını belirtmek gerekir.

Her iki deney standardına göre bulunan ilk nem içerikleri aşağıda **Çizelge-1**'de verilmiştir.

Buna göre, beklendiği gibi, 950°C gibi yüksek sıcaklıkta nem çekiciye bağlı olan su miktarı da uçtuğundan, 950°C'deki ilk nem içerikleri, 540°C'de ölçülen nem miktarından yüksek çıkmıştır. Her ne kadar Yöntem-A'daki her iki deney numunesinin ilk nem içerikleri birbirine yakın (%13,59 ve % 13,65) çıktıysa da, Yöntem-B'deki deney numunelerinin ilk nem içerikleri arasında az da olsa bir fark (%5,88 ve %5,74) vardır.

Çizelge-1: Deney yöntemlerine göre ilk nem içerikleri ( $T_i$ )							
Deney yöntemi	Numune #	Kruze #	İlk nem içeriği				
			Dara (g)	İlk tartım (g)	Son tartım (g)	İlk nem içeriği (%)	Ortalama ilk nem içeriği (%)
A	1	3	35,7527	65,8426	62,2281	13,65%	13,62%
	2	12	38,6490	68,6229	65,0370	13,59%	
B	1	29	38,4874	68,6856	67,0077	5,88%	5,81%
	2	30	33,9476	64,7940	63,1202	5,74%	

**Açıklama:** A ve B deney yöntemleri TS EN 1279-6 Ek-B.4 standardının 2005 ve 2018 yıl baskılarını göstermektedir. A: EN 1279-6:2005 Ek-B.4 B: EN 1279-6:2018 Ek-B.4



Bütün deney numuneleri (toplamda 2 + 2) aynı iklimlendirme dolabı içine konmuş, bütün numuneler üç hafta boyunca aynı koşullar altında tutulmuştur. Yöntem-B'ye göre standart laboratuvar koşulları altında üç gün tutulan iki

adet numunenin son nem içeriği ölçülmüştür. Yöntem-A'ya göre standart laboratuvar koşulları altında iki hafta tutulan iki adet numunenin son nem içeriği ölçülmüştür. Son nem ölçme sonuçları **Çizelge-2**'de verilmiştir.

Çizelge-2: Deney yöntemlerine göre son nem içerikleri (T <sub>f</sub> )							
Deney yöntemi	Numune #	Kruze #	Son nem içeriği				
			Dara (g)	İlk tartım (g)	Son tartım (g)	Son nem içeriği (%)	Ortalama son nem içeriği (%)
A	3	22	38,6742	68,7693	65,0868	13,94%	13,92%
	4	27	36,3964	66,6107	62,9247	13,89%	
B	3	32	39,1481	69,5684	67,5200	7,22%	6,68%
	4	44	42,4351	72,5677	70,8230	6,15%	

Yöntem-A'daki her iki deney numunesinin son nem içerikleri birbirine yakın çıktıysa da, Yöntem-B'deki deney numunelerinin son nem içerikleri arasında önemli bir fark vardır (%7,22

ve %6,15). Numunelerin ilk ve son nem içerikleri bulunduğundan sonra deney numunelerinin nem işleme (geçirgenlik) katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları **Çizelge-3**'de verilmiştir.

Çizelge-3: Deney yöntemlerine göre nem geçirgenlik katsayıları (I <sub>1</sub> )								
Deney yöntemi	Numune #	Kruze #	Ortalama ilk nem içeriği (%)	Son nem içeriği (%)	T <sub>c</sub> (%)	Nem geçirgenlik katsayısı (%)	Ortalama nem geçirgenlik katsayısı (%)	Deney yöntemleri farkı (%)
A	3	22	13,62%	13,94%	20,00%	5,04%	4,67%	77,22%
	4	27		13,89%		4,29%		
B	3	32	5,81%	7,22%	10,07%	33,09%	20,48%	
	4	44		6,15%		7,88%		

**Açıklama:** B deney yönteminde standart nem çekme kapasitesi TS EN 1279-4:2018 Ek-E'ye göre saptanmıştır.

Yöntem-A ile bulunan nem işleme katsayısı %5,04 ve %4,29 çıkmıştır. Her iki değer birbirine yakındır ve ortalaması %4,67'dir. Yöntem-B ile bulunan nem işleme katsayısı %33,09 ve %7,88 çıkmıştır. Her iki değer arasında önemli bir fark vardır; ortalama %20,48 olmuştur. Yöntem-B ile bulunan nem işleme katsayısı, Yöntem-A ile bulunan nem işleme

katsayısından önemli ölçüde yüksektir. Bunun en önemli nedeni standart nem çekme kapasitesinin %20 yerine %10,07 alınmasıdır. Bu değer, nem işleme katsayısını hesaplarırken kullanılan eşitlikteki paydanın küçülmesi ve dolayısıyla da bölme işlemi sonucu çıkan sayının büyümesi sonucunu doğurmuştur. Bunu en iyi aşağıdaki **Çizelge-4**'de görebiliriz.

Çizelge-4: Aynı deney yöntemine (Yöntem B) göre standart nem çekme kapasitesinin nem geçirgenlik katsayısına etkisi								
Deney yöntemi	Numune #	Kruze #	Ortalama ilk nem içeriği (%)	Son nem içeriği (%)	T <sub>c</sub> (%)	Nem geçirgenlik katsayısı (%)	Ortalama nem geçirgenlik katsayısı (%)	Standart nem çekme kapasitesinin ortalama nem geçirgenlik katsayısına etkisi (%)
B	3	32	5,81%	7,22%	10,07%	33,09%	20,48%	69,98%
	4	44		6,15%		7,88%		
B(1)	3	32	5,81%	7,22%	20,00%	9,93%	6,15%	
	4	44		6,15%		2,36%		

Görüldüğü gibi, aynı deney yöntemi kullanılsa (Yöntem-B) bile, nem işleme katsayısının hesaplanmasında ölçme sonucu bulunan standart nem çekme kapasitesi (%10,07) yerine standart değer (%20) kullanılmış olsaydı, %33,09 olan nem işleme katsayısı %9,93'e ve %7,88 olan nem işleme katsayısı %2,36'ya düşmüş olacaktı. Fark, neredeyse, 1/3,33 oranındadır. Bu standart nem çekme kapasitesinin önemini göstermektedir. Bu noktada Yöntem-B ile yapılan iki deney numunesinin sonuçları

arasındaki farka dikkat edilebilir. Gerçekte iki deney numunesinin nem işleme katsayıları arasında dikkat çekici bir fark vardır: %33,09 ve %7,88. Bu fark, nem çekiciden kaynaklandığı gibi, cam yalıtım biriminin üretiminden de kaynaklanabilir. Ancak Yöntem-B'de kullanılan en yüksek nem işleme katsayısına sahip deney numunesini dışta bırakarak bile, karşılaştırma yapılacak değerler (%4,67 ve %7,88) arasında büyük bir fark vardır. (Aşağıdaki **Çizelge-5'e** bakınız)

Çizelge-5: A deney yöntemi sonuçları ile B4 deney yöntem sonucunun karşılaştırılması (B3 numunesini dışta bırakarak)								
Deney yöntemi	Numune #	Kruze #	Ortalama ilk nem içeriği (%)	Son nem içeriği (%)	T <sub>c</sub> (%)	Nem geçirgenlik katsayısı (%)	Ortalama nem geçirgenlik katsayısı (%)	Ortalama nem geçirgenlik katsayılarının B yöntemine göre farkı (%)
A	3	22	13,62%	13,94%	20,00%	5,04%	4,67%	40,76%
	4	27		13,89%		4,29%		
B	4	44	5,81%	6,15%	10,07%	7,88%	7,88%	

**Açıklama:** B3 deney sonucu sapan değer olarak düşünülmüştür (B3 yerine B4 sapan değer olarak düşünülseydi, fark daha da büyük olacaktı - %85,86)

Görüldüğü gibi, her iki deney standardından elde edilen değerler büyük ölçüde (%40,76) farklıdır. Bu fark, özellikle performans değerlendirmenin deney sonucu bulunan değerlerin standartta verilen bir sınır değerine göre yapıldığı için kayda değerdir ve sonucu doğrudan etkilemektedir. Aşağıda **Çizelge-6'da** son olarak nem çekici numunelerinin her iki deney yöntemiyle bulunan ilk ve son nem içerikleri karşılaştırılmıştır. Bu konu daha önceki paragraflarda da belirtilmiştir. Her bir deney yöntemi için kullanılan numune sayısı iki adet olduğu için, bu konuda bir çıkarsamada bulunulamaz. Deneyleri aynı üretim tekniğiyle üretilen daha çok numuneyle yinelenmek gerekebilir. Ancak, gene de, yukarıdaki deney sonuçları her iki deney yönteminin karşılaştırılması için yeterli veriyi sağlamaktadır.



Çizelge-6: Her iki deney yöntemine göre numunelerin ilk ve son nem içerikleri arasındaki farklar								
Deney yöntemi	Numune #	Kruze #	İlk nem içeriği			Son nem içeriği		
			İlk nem içeriği (%)	Ortalama ilk nem içerikleri (%)	İlk nem içeriklerinin ortalamaya göre farkı (%)	Son nem içeriği (%)	Ortalama son nem içerikleri (%)	Son nem içeriklerinin ortalamaya göre farkı (%)
A	1	3	13,65%	13,62%	0,46%	13,94%	13,92%	0,34%
	2	12	13,59%			13,89%		
B	1	29	5,88%	5,81%	2,51%	7,22%	6,68%	16,07%
	2	30	5,74%			6,15%		

## 5. Bulguların Değerlendirilmesi ve Sonuç

2018 yılında ve Ocak 2019'da yeniden yayınlanan ve TS 3539-2 EN 1279-2:2005 ve ilişkili standartlar yerine geçen yeni standartlar (TS EN 1279-1'den 1279-6'ya kadar), eski standartlarda yalnızca redaksiyonel değişiklikler (düzelti) yapmakla kalmamış, neredeyse bütün deney yöntemlerini değiştirmiştir. Deney yöntemleri, doğal olarak, yalnızca değişmekle kalmamış, deney sonucu bulunan değerleri de etkilemiştir. Bu da, sonuç olarak, ürünlerin performans değerlendirme sonuçlarını etkileyecek düzeydedir.

Yapılan karşılaştırma deneyleri TS EN 1279-6 Ek-B.4 standardı kapsamında nem işleme katsayısı için kısa süreli iklimlendirme deneyinin her iki deney standardına göre tümüyle farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

TS EN 1279-6 Ek-B.4 standardı, temel olarak TS EN 1279-2 nem işleme katsayısı için uzun süreli iklimlendirme deneyinin kısa bir çeşitlemesidir. Dolayısıyla, TS EN 1279-6 Ek-B.4 için geçerli olan sonuç, doğrudan doğruya TS EN 1279-2 deneyi için de geçerli olmaktadır ve TS EN 1279-2 deneyi de cam yalıtım birimlerinin ürün tanımına uygunluğu ve dayanıklılığı gösteren önemli bir deneydir.

Yapılan karşılaştırma deney sonuçları bu yönde olmasına karşın TS EN 1279-5:2018 ürün standardının 5.2 Maddesinde "EN 1279-2 ve/veya EN 1279-3'ün daha önceki baskılarına göre yapılmış deney ve değerlendirmeler geçerlidir" denmektedir. Oysa ki, ürün özelliklerinin kullanılan malzeme ve bileşenler, üretim tekniği, donanım ya da çalışanlar bakımından, sürekli değişikliğe uğraması bir yana, değişen



deney yöntemlerine göre aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Deney yöntemine ve bu deney yönteminden elde edilen sonuca göre performans değerlendirmenin yeniden yapılması kaçınılmaz olduğundan, TS EN 1279-5:2018 5.2 Maddesinde yer alan ifadenin değişmesi gerekmektedir.

Bu raporda da, değişen deney standardına göre, daha önceki baskılara göre gerçekleştirilen deneylerin yeni deney standartlarına göre yeniden yapılması gerektiği gösterilmiştir.

## 6. Kaynaklar

1. TS 3539-2 EN 1279-2:2005 Standardı
2. TS 3539-6 EN 1279-6:2005 Standardı
3. TS EN 1279-2:2018 Standardı
4. TS EN 1279-4:2018 Standardı
5. TS EN 1279-6:2018(2019) Standardı



+90 (0) 216 574 8801



+90 (0) 216 574 7882



info@sbg.com.tr



www.sbg.com.tr

**Standart Belgelendirme Den. Deney. Muayene ve Teknik Kont. Ltd. Şti.**

Mimar Sinan Mah. YEDPA Bulvarı No:1 YEDPA Ticaret Merkezi, F Caddesi No:13/14 Ataşehir, İstanbul, Türkiye