SANDVİÇ PANEL İÇ DOLGU MALZEMELERİ

Poliüretan, PIR, Polistren, Fenolik Köpük ve Taş Yünü gibi malzemeler sandviç panel uygulamalarında en çok tercih edilen iç dolgu çekirdek malzemeleridir. Poliüretan, PIR, Polistren, Fenolik gibi tüm malzemeler Plastik Köpük, Taş Yünü ise İnorganik lifli malzeme olarak iki ayrı grupta nitelendirilmektedir. Aralarındaki farklılık veya sundukları performans avantajları sıkça sorulan ve merak edilen konulardan biridir. Geniş kullanım alanına sahip sandviç panellerin teknik özellikleri bakımından ciddi yanlış anlaşılmaların yanısıra eksik bilgi akışının varlığını kabul etmek gerekir. Yapı fiziğine uygun mekanik dayanım, yalıtım, yangın performansı ve üretim prosesleri dikkate alınarak doğru kompozit sandviç panel tercihinde çekirdek malzeme tipi çok önemli rol oynamaktadır. Bu açıdan bakıldığında, malzemelerden beklenen tüm performansların doğru belirlenip doğru karşılaştılırması ayrıca önem kazanmaktadır.

PUR / PIR (Poliüretan) : Poliüretan (PUR) ve Polisoziyanat (PIR) sandviç panel üretiminde en çok kullanılan plastik köpüklerdir. Genellikle laminasyolu hatlarda tercih edilen bu tip plastik köpüklerin Köpürme aşamasında yapışma özelliğinin olması çok ciddi avantajlar sunmaktadır. Son yıllarda kimyasal özellikleri daha da geliştirilerek yangın performansları artırılmıştır. Üretiminde çevreye dost n-pentane şişirici gaz tercih edilmektedir. Sandviç panel üretiminde yaklaşık 50 yıldır kullanılan poliüretan en güvenilir yalıtım malzemesi olarak bilinmektedir.

PUR / PIR (Poliüretan)

XPS / EPS (Polistren) : Extrude (XPS) ve Expanded (EPS) olmak üzere iki formda polistren köpük bulunmaktadır. Sandviç panel uygulamalarında ilave yapıştırıcı kullanılarak metal yüzeylere yapıştırılırlar. Thermoplastik olarak nitelendirilen polistren köpükler düşük sıcaklıklarda erimektedirler.

EPS (Expanded Polistren)

XPS (Extrude Polistren)

Fenolik (PF) : Fenolik köpük diğer plastik köpüklere nazaran daha yeni bir malzemedir. Sandviç panelde çok az tercih edilmektedir. Plastik köpükler içerisinde en iyi yangın performansını sunmaktadır.

Fenolik

Taş yünü : Bazalt, diyabaz, dolomit gibi kayaların ergitilerek püskürtüldükten ve bakalit ile karıştırılıp daha sonra özel işlemlerden geçirilmesi sonucu elde edilen mineral yün çeşididir. Yangın dayanımı ve ses yalıtımında mükemmel sonuçlar veren taş yünü, ısı yalıtımında plastik köpüklere nazaran daha düşük yalıtım değerlerine sahiptir.

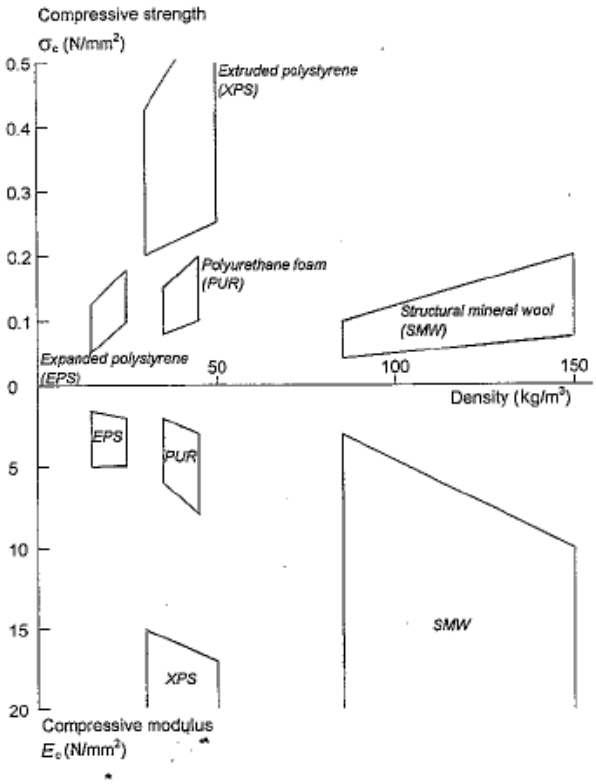
Taş yünü

Aşağıda verilen teknik bilgiler özel bir üreticiye özgü olmayıp, fikir verme amaçlı genel karşılaştırma verileridir:

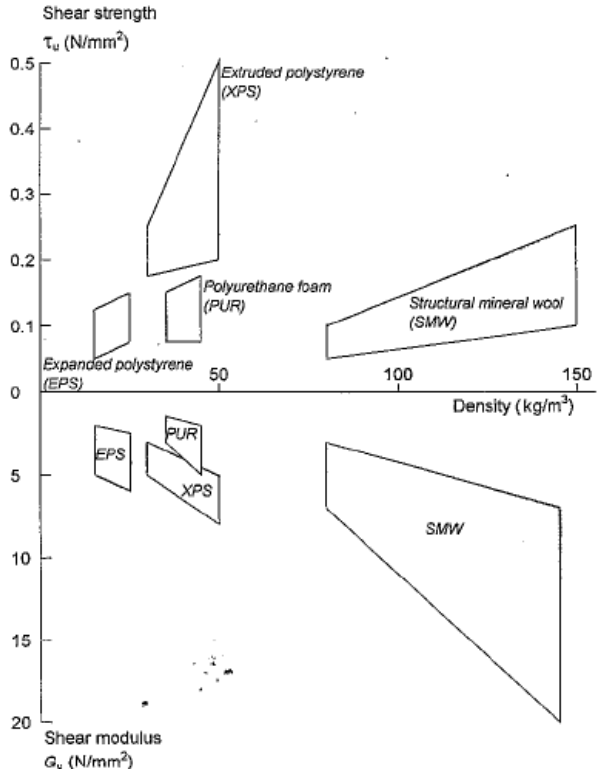
1. **Mekanik Dayanım**

Basma dayanımı, çekme dayanımı, kayma dayanımı ve kayma modülü gibi parametreler kompozit malzeme mekanik dayanım performanslarını belirleyen en önemli değerlerdir. Ayrıca, kompozit malzemelerde mukavemet, bileşenlerinin aralarındaki davranışla birebir ilgilidir. Polistren köpük ve taşyünü gibi malzemeler metal yüzeylere ilave poliüretan bazlı yapıştırıcılarla, Poliüretan, PIR, Fenolik köpükler ise sıvı karışım halinden genişleyerek metal yüzeylere kendinden yapışmaktadır. EPS ve XPS, ucuz üretim prosesiyle iyi yalıtım malzemesi olmasına rağmen ilave yapıştırıcı ihtiyacı sandviç panel uygulamalarında az tercih edilmesine neden olmaktadır. Genellikle, metal yüzeylerdeki yapıştırıcının çekme dayanımı polistren iç dolgu malzemelerinin çekme dayanımından fazla olmasına rağmen analizler bu değerin 0,10 N/mm2' in altına düşmemesi istenir. Tersi durumlarda olası gerilimler yüzeyde burulmalara neden olmaktadır.
Bu tip polimer içerikli malzemelerin özellikleri ortamın sıcaklığı ve nemden etkilenme ihtimalinin yanısıra uzun süreli yüklemeler sonrası köpük malzemelerin visko elastik davranışı yani sünmeye neden olabilmesi sandviç panel tasarım aşamalarında dikkatlice değerlendirilmelidir. Sandviç panel Plastik köpüklerinin mekanik özellikleri yoğunlukla birebir ilgili olup, Taş yünü gibi malzemelerde ise birinci etken olmayıp lifli yapının özelliği gibi üretim prosesleriyle değişebilmektedir.
PIR köpüklerin PUR poliüretan köpüklerden farkı sadece üretiminde kullanılan bileşen oranlarındaki farklılıktır. Dolayısıyla her ikisininde köpürme prosesinin yanısıra mekanik ve fiziksel özellikleri çok benzerdir.

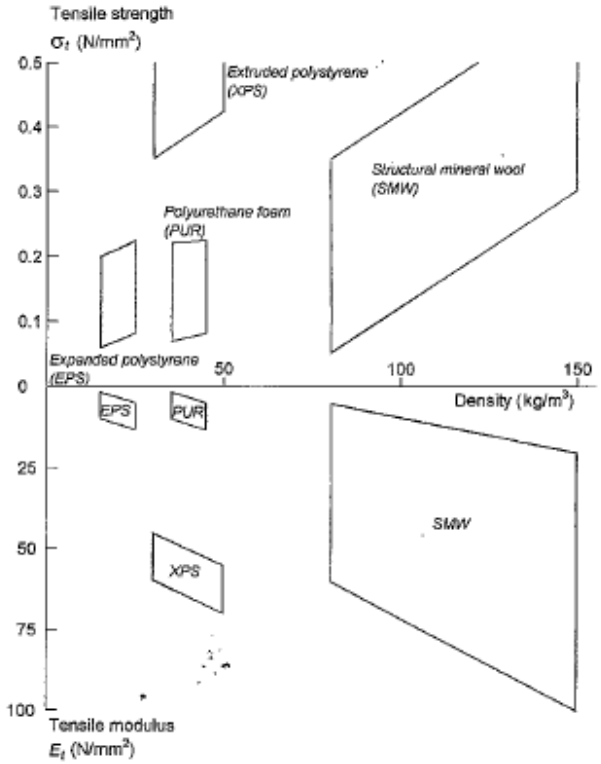
1970' li yıllardan itibaren poliüretanın yangın performansını daha da artırmak için geliştirilen Fenolik köpüklerin mekanik dayanımı ile ilgili son zamanlarda problemler tespit edilmiştir. Özellikle, önemli miktarda yürüme trafiğinin olduğu çatı uygulamalarında tercih edilen Fenolik içerikli sandviç paneller, zamanla Fenolik yapısından kaynaklandığı düşünülen erken panel ayrışmaları gözlenmiştir. Tekrarlı yükleme oluşan yapılarda sandviç panel iç dolgu malzemesinin özellikleri çok iyi bilinmelidir.



Basma Dayanımı ve Modülü



Kayma Dayanımı ve Modülü

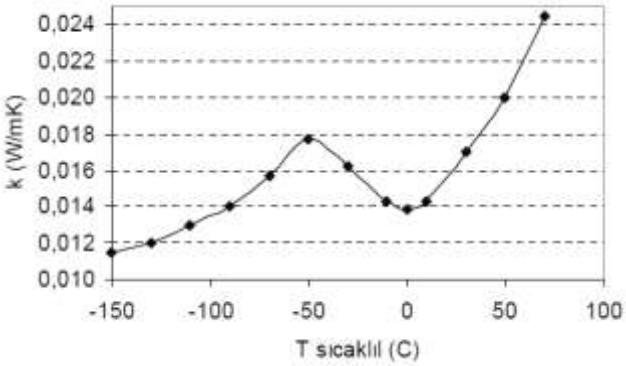


Çekme Dayanımı ve Modülü

	PUR/PIR	EPS	XPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Kayma Dayanımı (N/mm2)	0,08-0,15	0,09-0,16	0,18-0,5	0,05-0,15	0,03-0,2
Kayma Modülü (N/mm2)	1,2-5,0	3,0-7,2	3,2-8,4	2,0-4,0	2,0-15,0
Çekme Dayanımı (N/mm2)	0,07-0,22	0,08-0,17	0,34-0,52	0,03-0,1	0,03-0,6
Çekme Modülü (N/mm2)	1,0-10,0	1,0-10,0	45,0-70,0	1,0-3,0	5,0-40,0
Basma Dayanımı (N/mm2)	0,10-0,16	0,10-0,18	0,20-0,70	0,08-0,2	0,10-0,15
Basma Modülü (N/mm2)	2,3-6,0	1,2-3,5	15,0-20,0	2,0-8,0	6,0-15,0

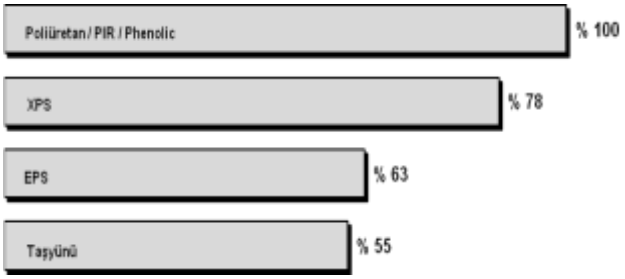
2. Isı Yalıtımı

Isı iletkenlik değeri (λ) her malzemeye özel sabit değerdir. 1 m² yüzeye sahip 1 m kalınlıkta malzemeden iç ve dış yüzeylerde sıcaklık farkının 1 Kelvin olduğu durumda oluşan ısı akışının Watt (W) cinsinden ifadesidir. Aşağıdaki tabloda yeralan tipik yalıtım malzemerine ait ısı iletkenlik değerleridir. Düşük ısı iletkenlik değeri yüksek ısı yalıtım performansı demekdir ki düşük yalıtım malzeme kalınlığı ile istenen performans rahatlıkla karşılanabilmektedir.
Tüm yalıtım malzemelerinde Isı iletkenlik değeri sıcaklık derecesine göre değişmektedir. Ancak, bu ilişki genellikle lineerdir. Hesaplamalarda malzeme kalınlığı belirlenirken normal uygulamalardaki 10 °C sıcaklık esas alınır ve bu sıcaklığa göre ısıl iletkenlik dizayn değerleri belirlenir.



Sıcaklığın PUR ısı iletkenliği üzerindeki etkisi

Optimum ısı yalıtım malzemesinin tercihinde başlangıç ısı geçirgenlik değeri çok önemli parametre olmakla beraber özellikle plastik köpüklerde zamanla ısı yalıtım kapasitesinin azalması yaşlanmış malzemede yalıtım değerlerini de dikkate alınması gerektirmektedir. Düşük yalıtım değerleri karşılaştırıldığında çok yönlü kullanım ve uzun dönemli performansları da dikkate alarak PUR/PIR köpükleri en optimum çözümü sunabilmektedir.
Plastik köpüklerin kapalı hücre yapısı su karşısında daha dayanıklı olmasına karşın Taş yünü gibi inorganik malzemelerin suyla teması ısıl performansta %75 gibi oranda ciddi azalmalara neden olabilmektedir.



Çekirdek malzemeler Yalıtım Etkinliği

	PUR/PIR	EPS	XPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Isı İletkenlik (W/m.K)	0,022-0,028	0,034-0,037	0,025-0,028	0,022-0,028	0,034-0,040

3. Su Emme Kapasitesi

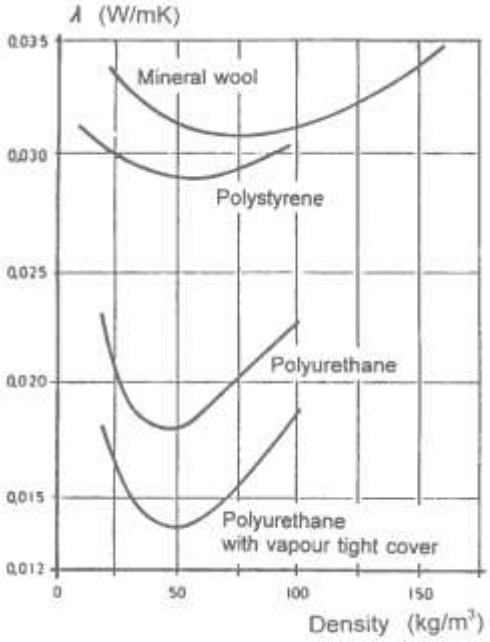
Yalıtım malzemesinden istenen sudan direkt etkilenmemesidir. Ayrıca, kapilarite yoluyla dolaylı olarak ıslanıp ısıl geçirgenlik değeri yükselmemelidir. Taşyününde bulunan lifler aslında ıslanmaz ancak lifler arasında bulunan hava boşlukları suyla temas halinde dolarak ıslanan taşyünü yalıtım görevini yapamaz hale gelir.

	PUR/PIR	EPS	XPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Hacimce Su Emme (%)	2-5	0-5	0-0,5		2,5-10

4. Yoğunluk

Üretim maliyetleri göz önünde tutularak olabildiğince düşük yoğunlukla en iyi performans hedeflenerek ancak sarfedilen malzeme miktarı azaltılabilir. Özellikle plastik köpüklerde yoğunluk, mekanik dayanımı direkt etkilemektedir. Diğer taraftan, yüksek yoğunluklarda taş yünü ile üretimi gerçekleştirilen sandviç panellerin ağırlıkları nedeniyle yapılarda hem montaj zorlukları hemde taşıyıcı konstrüksiyona ilave yükler getirmektedir.

Isı iletkenlik katsayısı zamana baglı olmayan çok degisik faktörlere baglıdır. Bu faktörlere örnek olarak kapalı hücre yüzdesi, numunenin kalınlıgı, daha uzun yayılma zamanı, daha yavas ısı iletkenlik katsayısı degisimi, hücre boyutu, köpürtme malzemesinin tipi ve diger faktörler gösterilebilir. Aşağıdaki grafikte yogunluğun ısı iletkenlik katsayısı üzerindeki etkilerini göstermektedir.



Yoğunluğun Isı iletkenlik değeri üzerindeki etkisi

	PUR/PIR	EPS	XPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Yoğunluk (kg/m3)	36-50	10-25	30-50	35-55	70-150

5. Sıcaklık Dayanımı

Her ısı yalıtım malzemesinin özelliklerini kaybetmeye başlayıp deforme olmaya başladığı bir sıcaklık noktasıdır. Bu nedenle malzemenin uygulandıgı yerde maruz kalacagı sıcaklık önceden belirlenmeli ve bu sıcaklıga uygun malzeme seçilmelidir.

	PUR/PIR	EPS	XPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Max. Sıcaklık Dayanımı (°C)	110	80	80	120	850

6. Su Buharı Geçirgenliği

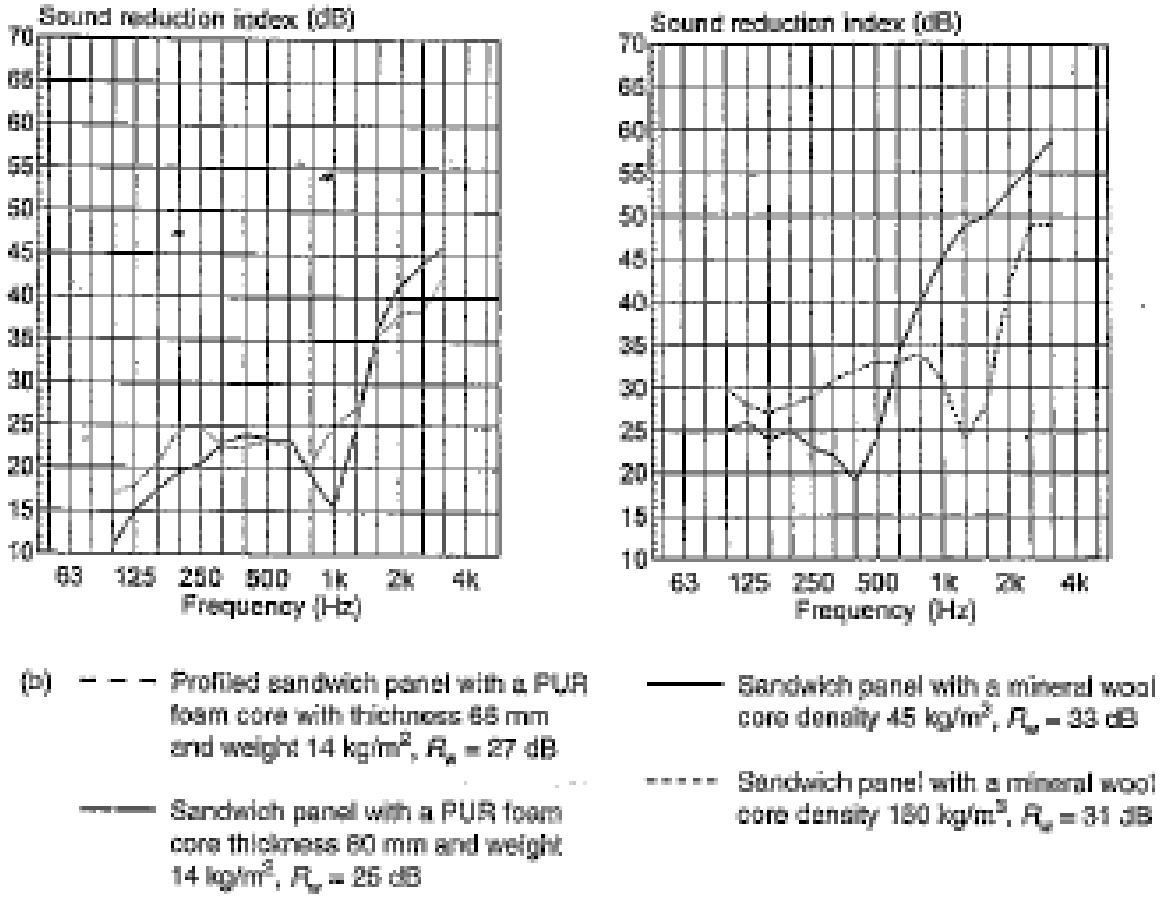
Su buharı geçirgenliği yapılarda konfor açısından çok önemlidir. Su buharı difüzyon dayanımı (μ) ve difüzyona tabi kalınlık (S_d) iki önemli karakteristik değerlerdir. Su buharı difüzyon dayanımı (μ) değeri malzemeye özel olup, 1 kabul edilen havanın dayanımıyla karşılaştırılarak belirlenir. Sandviç panel sistemlerde su buharı geçirgenliği de malzemenin yoğunluğuna, birleşim detaylarına, üretim prosesine ve metal yüzeyin tipine bağlıdır. Buhar difüzyon direnci yükseldikçe malzemenin içinden geçebilecek buhar miktarı azalır. Isı yalıtım malzemesinden istenen buhar difüzyon direnç katsayısının yüksek olmasıdır.

	PUR/PIR	EPS	XPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayı(μ)	30-100	20-100	90-100	10-50	1

8. Ses Yalıtımı

Çatı ve cephe kaplamaların ses yalıtımı için istenen parametreler ve hesaplama yöntemleri dizayn aşamasında belirlenebilmektedir. Bir yüzeye çarpan ses dalgasının bir kısmı yansır, bir kısmı emilir geriye kalan kısmı da iletilir. Yansıma, emilme ve iletilme oranları yüzeyin şekline, malzemenin ses yutuculuğuna ve sesin frekansına bağlıdır. Kapalı gözenekli plastik köpük malzemeler esas itibariyle ısı yalıtım malzemeleridir.
Hava kaynaklı seslerin yalıtımı için açık gözenekli (cam yünü, taşyünü, akustik sünger, gibi) malzemeler kullanılır. Ses yutucu malzemeler, gözenekli veya lifli malzemeler olup yapılarındaki boşluklara giren havanın sürtünme kayıplarına yol açarak akustik enerjinin bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesi yoluyla etkili olurlar. Taşyünü dolgulu sandviç paneller ses yalıtımına katkı sağlama özelliği diğer panellere nazaran çok daha iyidir.

	PUR/PIR	EPS	TAŞYÜNÜ
Sandviç panel sistem ses yalıtımı(dB)	≥ 25	≥ 24	≥ 34



PUR ve Taşyünü Dolgulu Sandviç Paneller Ses Yalıtımı

9. Boyutsal Kararlılık

Tüm plastik köpüklerin hacimleri sıcaklık değişimlerinden etkilenmektedir. Köpükte sıcaklık artışı ile hücrelerin içerisindeki gazların basıncı artarak genişlemeye neden olmaktadır. Ani soğumalarda ise tersi durum sözkonusudur. Negatif basınç nedeniyle köpük yapısının zarar görme ihtimali vardır. Özellikle PUR köpüklerin üretimi sonrasındaki soğutma prosesinde dikkat edilmesi gerekmektedir.

	PUR/PIR	XPS	EPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Boyutsal Değişim (80 °C 48 saat)	%2	%5	%1,5	%1	%1

10. Kimyasal Dayanım

Korozyon etkisiyle malzemeler, görselliğinin yanısıra mekanik dayanım gibi tüm işlevlerini kaybedebilmektedir. Herzaman, yapıya ait tüm malzemelerin ya korozyona dayanıklı olması yada korozyondan korunacak ilave tedbirlerin alınması istenmektedir. Bu açıdan bakıldığında sandviç panel metal yüzeyleri gibi iç dolgu malzemelerinin de korozyona dayanıklı olması gerekmektedir. Fenolik köpüklerin üretiminde katalizör olarak kullanılan aromatic sulfonic asidin, suyla temasında çözünebilmektedir. Yüksek miktarda suyun emilmesi ile phenolik köpük içerisinden çözülen ve metal yüzeylere sızan sülfrik asidin metalde korozyona neden olabilmektedir.

XPS ve EPS polistren köpüklerin kimyasal dayanımları PUR köpüklere nazaran zayıftır dolayısıyla sandviç panel metal yüzeylere yapıştırılırken hassaslığı nedeniyle poliüretan bazlı çözücü olmayan yapıştırıcılar tercih edilmektedir.
Taşyünün kimyasal dayanımı iyi olduğu gibi korozyona neden olmamaktadır.

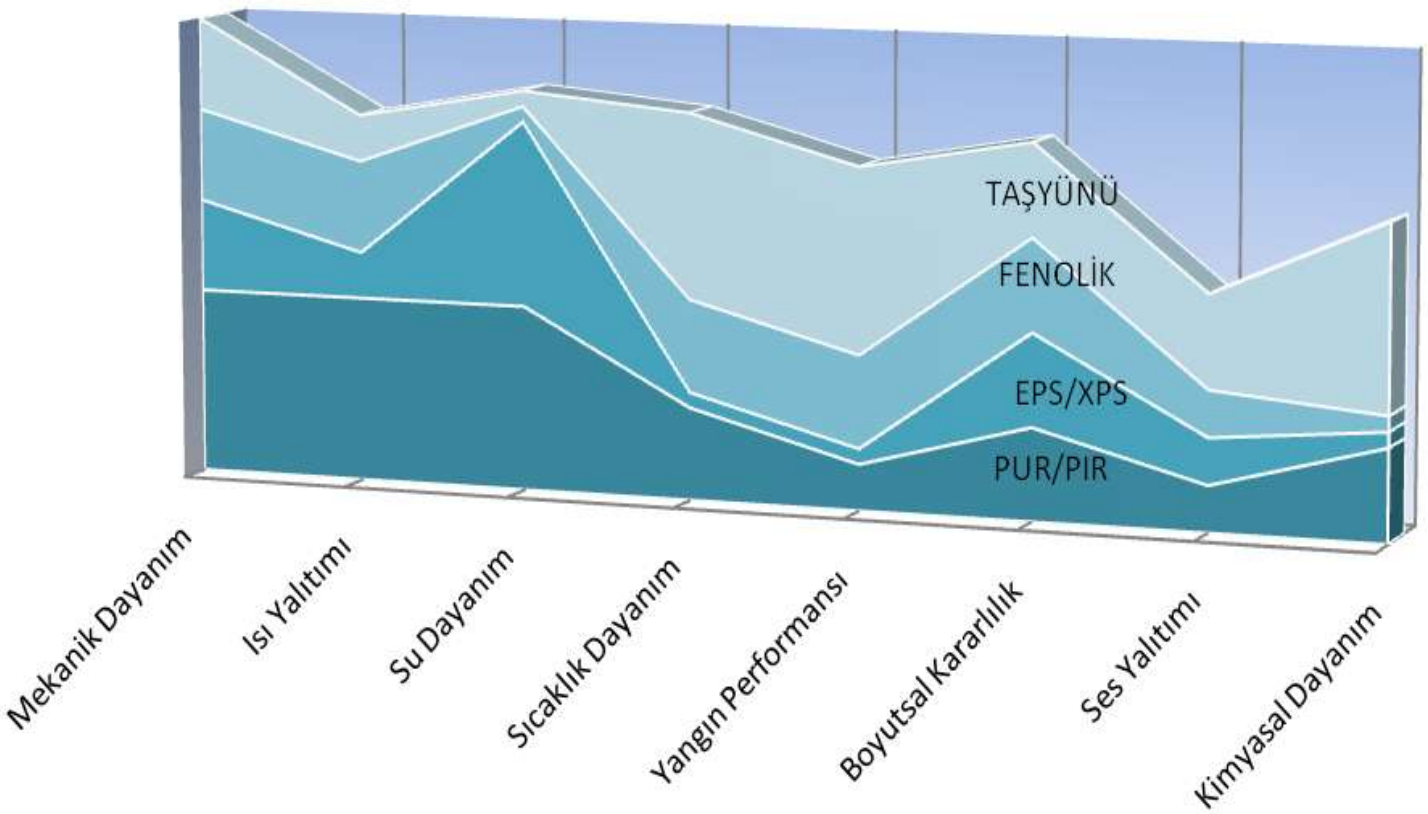
	PUR/PIR	XPS/EPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Kimyasal Dayanım	İyi	Orta	Orta	İyi

11. Yangın Performansı

Taşyünü, inorganik malzeme gurubunda yer alarak yanmaz olarak sınıflandırılmaktadır. Yangına dayanıklı cephe, çatı veya iç bölme duvar uygulamalarında en iyi performansı taş yünü dolgulu sandviç paneller sunmaktadır. Ayrıca, 100 mm kalınlığında taş yünü dolgulu sandviç panelin yangın dayanımı ele alındığında taşyünü tipi ve birleşim detaylarına bağlı olarak olarak 30 ila 120 dakika arasında değişebilmektedir. Diğer taraftan, sandviç panel sistemde taşyünü ile metal yüzeylere yapışmayı sağlayan poliüretan bazlı yapıştırıcılar yangının ilk aşamalarında PUR dolgulu panellerle eşdeğer davranışı sergilemektedir.
Tüm plastik köpükler ise organiktir dolayısıyla tümü yanıcıdır. Yangın karşısındaki davranışları, uygun hammadde tercihine, köpükleme prosesine, yangın geciktirici katkılara ve içeriğindeki inorganik komponentlere bağlı olarak çok değişenlik göstermektedir. Plastik köpük genel karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir;
PUR/PIR: Doğru kimyasal formulasyon plastik köpüklerde yangın performansı açısından avantajlar sunabilmektedir. Yüksek izosiyanat oranları ve yangın geciktirici katkı poliüretanların performanslarında belirleyici olmaktadır. Pur malzeme 150-200 °C ‘de dağılmaya, 300 °C üzerinde yanmaya ve duman çıkışına neden olmaktadır. Örnek olarak 60 mm kalınlığında poliüretan köpük, yapılan testlerde kritik yangın dayanım süresi 30 dakikayı yakalabilmektedir.
XPS/EPS: Hem expanded polistren (EPS) hemde Extruded polistren (XPS) yangın dayanımı en düşük plastik köpüklerdir. 100°C sıcaklıkta erimeye ve yangın damlacıkları oluşmaya başlamaktadır.
FENOLİK: Fenolik polimerik yapısıyla yangın karşısında PUR/PIR köpüklere nazaran iyi performans sunmaktadır. Ayrıca, PUR/PIR ile eşdeğer düşük duman çıkışı oluşmaktadır. Diğer taraftan Plastik köpüklerin yangın dayanımını artırmak amacıyla geliştirilen fenolik aynı zamanda farklı dezavantajları da sözkonusudur. Başta üretim prosesindeki asit olmak üzere düşük mekanik dayanımı, kırılganlık ve nispi olarak düşük ısı yalıtım performansına sahiptir.

	PUR	PIR	EPS/XPS	FENOLIK	TAŞYÜNÜ
Boyutsal Kararlılığını yitirdiği sıcaklık (°C)	~200	~200	~90-100	>250	
Tutuşma Sıcaklığı (°C)	285-310	415	245-345	490	
Yangın Performansı	Orta	Orta	Zayıf	İyi	Çok İyi

İç Dolgu Malzemeleri Performans Karşılaştırma Çizelgesi:



	PUR/PIR	EPS/XPS	FENOLİK	TAŞYÜNÜ
Mekanik Dayanım	*****	****	****	****
Isı Yalıtımı	*****	***	****	***
Su Dayanım	*****	*****	**	**
Sıcaklık Dayanım	****	**	****	*****
Yangın Performansı	***	**	****	*****
Boyutsal Kararlılık	****	****	****	****
Ses Yalıtımı	***	***	***	****
Kimyasal Dayanım	****	**	**	*****

Çok iyi ***** - İyi **** - Orta *** - Zayıf ** - Yetersiz *

Assan Panel, bilgi amaçlı verilen bu dosyada değişiklik yapma hakkını saklı tutmaktadır.

Kaynakça: 1. Assan Panel Çalışmaları 2. TSE EN 14509 /08.01.2009 3. Lightweight Sandwich Construction, J.M. Davies 4. Sandwich Panel Construction, Rolf Koschade 5. Practical Guide to EN 14509, Klaus Berner 6. Durability Assessment of Sandwich Panel Construction, Dr. Lars Pfeiffer
7. TSE EN 13501-1 / Aralık 2003 8. Ode Teknik Yayınlar – 1999 9. TSE 825 / Nisan 1999 10. Heat loss: John Bradley, School of the Built Environment, Leeds Metropolitan University 11.STO Yayınları "Building with conscience" 12. Eleventh International IBPSA Conference -2009, Uncertainty in The Thermal Conductivity of Insulatıon Materials 13. The European XPS Associations, Exiba Yayınları 14.Knauf Insulatıon Yayınları 15.EPS Product Solutions, Plasti-Fab Yayınları 15. J-RAK Consulting for The Alliance for Fire and Smoke Containment-2004, Technical Buyer's Guide 16.Isopa, Fire Performance of Polyurethane Steel Deck Roofing 17.CPS, Composite Panel Services Ltd Yayınları 18. Alternatives to Glass Mineral Wool, 2004, Mott MacDonald
19.Optimum Design of Composite Cladding Panels, J.M. Davies