

T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ VE MALZEME PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ İÇİN PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK
KÜLÜNDEN ÜRETİLEN ISI KORUNUMLU CAM YAPI MALZEMESİ**

Genco BERKİN (Yüksek Mimar)
Danışman : Prof. Dr. Murat ERİÇ

Mart 2006
İstanbul

ÖNSÖZ

“Sürdürülebilir Mimari İçin Pirinç Çeltiği Kabuk Külünden Üretilen Isı Korunumlu Cam Yapı Malzemesi” adlı, bu doktora tezi, M.S.G.S.Ü. Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği ve Malzemesi Bilim Dalı’nda ve Prof. Dr. Murat ERİÇ yönetiminde hazırlanmıştır.

Araştırma süresince değerli önerileri ile çalışmamı bilimsel doğrultuda yönlendiren, engin bilgi ve tecrübelerinden devamlı yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Murat ERİÇ’e sonsuz şükran duygularımı sunarım.

Teşvik ve yardımlarını gördüğüm sayın hocam Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY ve Doç. Dr. Leyla TANAÇAN’a teşekkürü borç bilirim.

Bu konuda yakın ilgi gösterip, Türkiye Şişecam Sanayi Cam Araştırma Merkezinde deney yapma imkanı sunan ve araştırmanın belkemiğini oluşturan kompozisyonları düzenleyen Kimyager Hande SENGELE’e, cam eritilişlerinde ve spektrometre deneylerinde sabırla yardımlarını esirgemeyen sayın Ümit ÇITMACI’ya, ve tüm diğer Cam Araştırma Merkezi çalışanlarına teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesi sırasında, P.Ç.K.K. camının şeffaflaştırma deneylerinin yapılmasında teşvik ve yardımlarını gördüğüm İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Üniversite Sanayi İşbirliği Birim Başkanı Kimya Mühendisi Abidin TEKCAN’a içeten teşekkürlerimi sunarım.

İ.T.Ü. Makina Fakültesi Öğretim Üyelerinden Yrd.Doç.Dr. Mustafa Özdemir’e Termodinamik Laboratuvarında, ısı iletkenlik deneylerini gerçekleştirmeme izin verdiği ve yardımcı olmasından dolayı teşekkür ve minnetlerimi sunmak isterim.

Çalışmanın Mimarlar ve Cam Endüstrisinde çalışanlara faydalı olmasını dilerim.

SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ İÇİN PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜNDEN ÜRETİLEN ISI KORUNUMLU CAM YAPI MALZEMESİ

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
GİRİŞ	iii
SORUN.....	v
AMAÇ	vi
KAPSAM.....	vii
ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ.....	vii
BÖLÜM 1 : PİRİNÇ ÇELTİĞİ ÜRETİMİ VE KABUK KÜLÜ ELDE EDİMİ	
1.1. Pirinç Çeltiği Üretimi.....	1
1.1.1. Pirinç Çeltiği Kabuğu Ve Kabuk Külü Elde Edimi.....	6
1.1.1.1. Pirinç Çeltiği Kabuk Külünün Kullanım Alanları.....	10
BÖLÜM 2: SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ İÇİN YAPIDA EKOLOJİK MALZEME KULLANIMI	
2.1. Sürdürülebilirlik Kriterleri.....	16
2.1.1. Sürdürülebilir Mimari.....	25
2.1.1.1. Ekolojik Yapılar.....	27
2.1.1.1.1. Ekolojik Yapı Malzemelerin Tanımı.....	30
2.1.1.1.1.1. Ekolojik Yapı Malzemelerinden Beklenen Özellikler	
2.1.1.1.1.2. Atıkların Geri Dönüşümü.....	34
2.2.1.2. Atıkların Geri Dönüşümü	36
BÖLÜM 3: EKOLOJİK YAPILARDA ISI YALITIMLI CAM YAPI MALZEMESİ GELİŞİMİ	
3.1. Ekolojik Yapılarda Isı Yalıtımlı Cam Yapı Malzemesi.....	38
3.1.1. Isı Işınımı ve Güneş Kontrolü Sağlayan Camların Tanımı	42
3.1.1.1. Camda Tayfsal Geçirimsizlik (Spektral Transmisyon)	46
3.1.1.1.1. Camda Morötesi (Uv) Geçirimsizliği.....	47
3.1.1.1.2. Camda Görünür Bölge ve Direkt Güneş Enerjisi Geçirimi...48	

3.1.1.1.3. Camda Kıızıl Ötesi Bölge Geçirirnililiği.....	49
3.1.2. Camda Tayfsal Soğurum (Spektral Absorbsiyon).....	50
3.1.2.1. Camda Görünür ve Morötesi Bölgede Soğurum.....	51
3.1.2.2. Camda Kıızıl Ötesi Bölgede Soğurum.....	52
3.1.3. Camda Renklenme Mekanizmaları.....	53
3.1.3.1. Camda Elektronik (İyonik) Yapıya Bağlı Olan Renklenme.....	54
3.1.3.2. Camda Eritme Koşullarından Kaynaklanan Renklenme.....	57
BÖLÜM 4: PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ ESASLI CAM ÜRETİMİ	
4.1. Pirinç Çeltiği Kabuk Külünden Cam Elde Edilişi.....	58
4.1.1. Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camı Analiz Sonuçları.....	61
4.2. Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camı Üzerinde Yapılan Deneyler.....	64
4.2.1. Spektrometre Deneyi.....	64
4.2.2. Pirinç Çeltiği Kabuk Külünün Silisyum Dioksit Bazında Saflaştırılması.....	68
4.2.3. Isıl İletkenlik Deneyleri.....	71
4.2.3.1. Yatay Düzenlenmiş Isı İletimi Deney Aletinde Yapılan Deney.....	71
4.2.3.2. Dikey Düzenlenmiş Isı İletkenlik Deney Aletinde Yapılan Deney.....	78
4.2.4. Kırılma İndisi Deneyi.....	85
4.2.5. Yansıma Deneyi.....	87
4.2.5. Elektron Mikroskopuyla Görüntüleme (SEM).....	89
4.2.6. SEM/EDS Haritalama.....	92
4.2.7. Mikro Sertlik Deneyi.....	94
4.3. Deneylerin Değerlendirilmesi.....	95
SONUÇ.....	97
YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	99
EKLER	

ÖZET

Doğa ve kent etkileşimi, endüstri devrimi ve onu izleyen hızlı kentleşme sonucunda doğanın dengesini bozmuştur. Artan nüfus ve enerji ihtiyacı atmosfere daha fazla CO₂ bırakılmasına neden olmuştur. Bu etkenler sonucunda atmosferde soğurulan güneş ışınları sera etkisi yaratarak dünyanın yıllık ortalama sıcaklıklarını yükseltmiş ve küresel ısınmaya neden olmuştur. Ortaya çıkan insan ve çevre tehdidi, ekoloji biliminin gelişmesine yol açmıştır.

Yapı sektörünün doğal kaynakları bir taraftan tükettiği, diğer taraftan kirlettiği bilinmektedir. Bu düzenin sürdürülebilir bir tarafı kalmamıştır. Sürdürülebilir bir yaşam için kaynakların korunması, yapı malzemelerinin geri dönüşümlü malzemelerden elde edilmesi ve ısı yalıtımı sağlamaları gerekliliği ortaya çıkmıştır. Tüm bu parametreler sürdürülebilir mimari için ekolojik yapı malzemelerinin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Çevreci perspektifte bu malzemelerin, atıkların değerlendirilmesi ile oluşan, geri dönüşümlü ve yeniden kullanıma olanak tanıyan özellikte olmaları talep edilmektedir.

Bu çalışmada, yapıyı dış iklimsel etkilerden koruması, ekolojik dengelerin korunması ve sürdürülebilir mimarlığa katkı sağlamak amacıyla, bir bitki atığı olan pirinç çeltiği kabuk külü, literatürde ilk kez olarak, mevcut şartlarda düz cam kompozisyonunda kum yerine kullanılarak “ısı soğuran renkli cam yapı malzemesi” elde edilmiş ve çeşitli deneylere tabi tutulmuştur.

Çalışmanın birinci bölümünde pirinç çeltiği kabuk külünün elde edimi ve kullanım alanlarına değinilmiştir. Ayrıca pirinç çeltiği kabuk külünün, Çin ve Hindistan gibi büyük miktarlarda pirinç çeltiği üreten ülkelerde çevre kirliliğine yol açmakta olduğundan ve bu bitki atığının yapı endüstrisinde kullanılarak; kirlenmenin, kırsal ve kentsel bölgenin atık alış verişi ve geri dönüşümlü yapı malzemesi üretimi perspektifi ile ortadan kaldırılacağı savunulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde sürdürülebilir mimari ve ekolojik yapı malzemesi ilişkileri incelenmiş, yapı kabuğu bileşenleri içinde en çok ısı kaybına yol açan pencere camının ısı yalıtım özelliğinin iyileştirilmesinin sürdürülebilir mimariye ne ölçüde katkı sağlayacağı ortaya konmuştur.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ekolojik yapı malzemelerinde ısı yalıtımı ve kazanımı konuları işlenmiştir. Güneş enerjisinden pasif yollarla faydalanmanın yolları ve gerekliliği ortaya konmuştur. Isı soğuran camların kullanıcı konforunu nasıl etkilediği, hangi alanlarda kullanıldığı ve çeşitli dalga boylarında ısı dinamikleri ayrıntılı şekilde sunulmuştur.

Dördüncü bölümde düz cam kompozisyonunda kum yerine Pirinç Çeltiği Kabuk Külü kullanılarak yapılan eritişlerde elde edilen camın ışık ve solar geçirimsizlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Camların renklerinin pirinç çeltiği külündeki safsızlıklardan dolayı füme ve yeşil olduğu gözlemlenmiştir. TÜBİTAK MAM'da mikro sertlik ölçümü yapılmış ve elektron mikroskopuyla görüntü alınmıştır. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeokimya Laboratuvarında Pirinç Çeltiği Kabuk Külü içerdiği safsızlıklardan arındırılıp saf silisyum dioksit elde edilmiştir. Safsızlıklarından arındırılmış pirinç çeltiği kabuk külünden şeffaf cam elde etmek için bir eritiş daha yapılmıştır. Bu eritişte pirinç çeltiği kabuk külü camının şeffaf olduğu gözlenmiştir. İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Isı Geçişi Laboratuvarında Isı iletkenlik deneyleri yapılmıştır.

GİRİŞ

Günümüzde bina kabuğunun gördüğü işlevlerin başında ısı korunumu ve ısı kazanımı gelmektedir. Bu işlev, binayı kullananlara yakıt tasarrufu sağlamakla birlikte makro ölçekte enerji kaynaklarının tükenmesini önlemektedir. Gelişmiş ülkelerde ısı yalıtım özelliği kazandırılmış pek çok malzeme üretilmektedir. Enerji tüketim payının % 42'lik bölümünü yapıların ısıtılmasının alması, yurdumuzda da gelişmiş ülkelerin ardından yapı malzemesi ve bileşenlerinin ısı yalıtım özelliklerinin geliştirilmesi yolundaki çalışmaların artmasına neden olmuştur. Yapı kabuğunu oluşturacak malzemenin, ısı tasarrufuna yönelik olarak, imalat öncesinde, üniversiteler ve yapı malzemesi üreten fabrikaların araştırma geliştirme departmanları tarafından ısı korunum özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda belirmeye başlayan çevreye uyumlu bina tasarımını ele alan mimarlığın hedefi, olabildiğince az enerji tüketen, çevrenin kirlenmesine dolaylı ve doğrudan olabildiğince az etkisi bulunan, yani sürdürülebilir bir çevreye olanak tanıyan yapı malzemesi ve tasarım ortaya koymaktır.

Bu çalışmada binalarda ısı kayıplarının en çok görüldüğü pencerelerdeki ısı yalıtımı araştırmalarına bir yenisi eklenmiştir. Yakın zamana kadar yapı endüstrisine kazandırılan ısı yalıtımlı pencere sistemlerinde hava boşluklu çift cam, üç cam ve çeşitli asal gazlar kullanılmıştır. Ancak camın kendi bünyesinde bu sorunun çözümü somut olarak ortaya konamamıştır. Bu eksiği gidermek için, camın her iki yüzüne de gelen ışınların dalga boyunu değiştiren dolayısıyla ısı geçişini zayıflatan film tabakaları uygulanmıştır. Film tabakası uygulaması çift cam gerektirmektedir ve çizilmeye, deformasyona çok müsaittir. Son yıllarda iki cam arasına polivinil saydam kompozit malzeme, yada aerogeller koyularak, pencere sistemlerine, taş yünüyle aynı değerde ısı yalıtım özelliği kazandırılmıştır. Ancak aerogellerle ilgili sorunlar arasında optik kusurlar, basınç düşüklüğü ve sızdırmazlık riskleri bulunmaktadır. Diğer taraftan kırılğan yapılarından dolayı saydam kompozit malzemenin imalatı zordur ve maliyetleri çok yüksektir.

Yüksek performanslı ısı yalıtımı sağlayan pencerelerde en randımanlı uygulama çoklu low-E kaplaması ve gaz doludur. Ancak yapılacak her tabaka solar kazancı azaltmakla beraber binanın ağırlığını arttırmaktadır. Ilıman iklime sahip ülkelerde çift cam kullanılırken kuzey ülkelerinde üç yada dört kat cam ve kaplama uygulanmaktadır.

Sıcak iklimli ülkelerde yapılarda kullanılan camlar yaz aylarında sera etkisi oluşturup binanın iklimlendirme ihtiyacını arttırmaktadır. Bu olumsuz etki güneş kırıcı tasarımlarla giderilmeye çalışılmıştır. Bazı uygulamalarda aşırı güneş ışınlarının geçişini önlemek amacıyla ısı soğuran cam (heat absorbing glass) kullanılmıştır.

Günümüzde yapı malzemelerinin fiziksel özelliklerini iyileştirmek için insan sağlığına ve çevreye zarar veren bir çok kimyasal kullanılmıştır. Yapı malzemelerinin bu olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak yükselen bir talep görmüştür. Yapı malzemelerinin işlenmiş madenler yerine tarımsal ürünler ve yan ürünlerinden üretilmesi sonucunda, insana ve doğaya daha duyarlı ve sağlıklı mekanlar oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasında düz cam yapımında kullanılan silis yerine, ilk kez, tarımsal bir atık olan pirinç çeltiği kabuk külü kullanılmıştır. Pirinç çeltiği kabuk külü %95 oranında silisyum ve %5 oranında demir, alüminyum, magnezyum ve diğer elementleri içermektedir. Pirinç yetiştirilen ülkelerde büyük oranlarda elde edilen pirinç çeltiği kabuğu fırınlarda yakılarak elektrik elde edilmektedir. Ortaya çıkan küller toprağa gömüldüğü için çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu atığın yapı malzemesi olarak kullanılması, hem doğal kaynakların değerlendirilmesi hem de doğanın kirletilmemesi adına ekolojik bir hamle olarak kabul edilmelidir.

Pirinç kabuğu külünden blok, tuğla, çini ve briket üretiminde yararlanmak amacıyla da çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca pirinç kabuğu külü bitümlü karışımlarda da dolgu şeklinde kullanılmıştır. Bazı ülkelerde kül, basit sıva ve harç işlerinde halen kullanılmaktadır. Pirinç üretiminin fazla olduğu ülkelerde (Çin, Tayland, Hindistan, Malezya v.d.) özellikle kırsal bölgelerde bölgesel konut yapımında, külden geniş ölçüde yararlanır. Bu bölgelerde yapılan bu tür konutların maliyetinin daha ucuz olduğu görülmüştür.

Bu tezde ilk defa Pirinç Çeltiği Kabuk Külü, düz cam üretiminde kullanılan kum ve silis yerine kullanılmıştır. Çıkan numuneler çeşitli deneylere tabi tutulmuştur. Şişecam Fabrikaları Araştırma ve Geliştirme Bölümünde spektral ışık geçirgenlik deneyi yapılmıştır. Daha sonra Tübitak MAM'da mikro sertlik deneyi yapılmıştır. Pirinç Çeltiği Kabuk Külünden cam üretiminde elde edilen deney sonuçlarında ısı yalıtımı açısından olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu ekolojik cam geri dönüşüm faydasının yanında ısı yalıtımı sağlayıp enerji tüketimini sınırladığından dolayı aynı zamanda sürdürülebilir mimarinin yapıtaşlarından biri olacaktır.

SORUN

Yapıda, çevresel etmenlerin kullanıcı gereksinimleriyle örtüşmediği durumlarda, yapı malzemesinin bu bağlamda geliştirilmesi mimarlığın ve yapı endüstrisinin ana sorunudur. Yapının amacına uygun yapılması, yapıyı meydana getiren yapı ürünlerinin de paylarına düşen işlevlerine uygun tasarlanmalarına bağlıdır. Bu da yapı ürünlerinin işleyişlerinin daha iyi olmasına, iyileştirilmesine yönelik bir tasarım anlayışını getirir.

Yapıda malzemeleri arasında cam, ısı yalıtım özelliği en zayıf olanlardan biridir. Camda ısı kayıpları büyük enerji israfına yol açmaktadır. Bundan dolayı enerji tüketiminin büyük bir bölümü binaların ısıtılmasında gerçekleşmektedir.

Cam tek başına ısı yalıtımı sağlayamadığından hava boşluğu yaratılarak ısı taşınımı, iletimi ve ışınımı belli miktarda engellenmektedir. Isı iletimi ile oluşan ısı kaybı camın kalınlığı arttırılarak, ışınım ile gerçekleşen ısı kaybı cam üzerine film kaplanarak, taşınım ile kaybedilen ısı çerçevenin detayı değiştirilerek önlenmeye çalışılmaktadır. Ancak bu uygulamalar hem binanın ağırlığını hem de maliyetini arttırmaktadır. Isı yalıtım özellikleri yüksek hammaddeleri ve ışınları soğuran metal elementleri cam kompozisyonunda denemek ve camın ısı yalıtım özelliğini iyileştirmek gerekmektedir.

Pirinç çeltiği kabuğu külü bir tarımsal atık olup değerlendirilmediği takdirde çevre kirliliğine yol açmaktadır. Pirinç çeltiği ekilen ülkelerde pirinç çeltiği kabukları elektrik enerjisi elde etmek amacıyla fırınlarda veya pirinç çeltiği kabuk külünü sadece temizlik amaçlı kullanabilmek için açık alanlarda yakılmaktadır. Pirinç çeltiği kabuk külü her ne kadar yapı malzemelerinde tuğla, briket, beton katkısı vd. olarak değerlendirilse de büyük çoğunluğu toprak dolgusu olarak kullanılmaktadır. Bu uygulama doğanın dengesini bozmaktadır. Pirinç çeltiği kabuk külünün yeni yapı malzemelerinin yapımında daha fazla yer almasını sağlamak gerekmektedir.

AMAÇ

Bu araştırmanın amacı artmakta olan ısı yalıtımlı yapı elemanı gereksinimini cam malzemede ekolojik bağlamda gerçekleştirmektir. Camın hammaddesini oluşturan silis, maden ocaklarından, denizlerden ve dere yataklarından alınmasından dolayı doğaya zarar vermektedir. Cama ısı yalıtımı özelliği kazandırıp, doğaya zarar vermeyecek şekilde oluşturulması sonucunda bu yapı malzemesi optimize edilmiş olacaktır. Bunu yaparken camın ısı yalıtımını iyileştiren çözümler ve değişkenler belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece camın yapıda, yerinde ve doğru kullanılması, işleyişinin iyileştirilmesi için oluşturulan veriler ve deneyler sonucu gerçekleşen somut örnekler ortaya konmuştur.

Çeltik fabrikalarında pirinç üretimi sonunda pirinç kabukları atık olarak çok büyük bir alanı kaplamaktadır. Bu nedenle, kabukların depolanması için büyük stok alanları gerekmektedir. Örneğin Hindistan'da araziler kazılıp, pirinç çeltiği kabuğu ile doldurulmaktadır. Pirinç üretiminin artışı ile birlikte açığa çıkan kabuklar gittikçe artarak, çeltik fabrikaları ve çevre için büyük bir sorun oluşturmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan pirinç çeltiği kabuk külü Hindistan'dan getirilmiştir. Pirinç çeltiği işleme fabrikalarının attığı olan kabuklar Hindistan'da ve diğer ülkelerde elektrik enerjisi üretimi amacıyla büyük fırınlarda yakılmaktadır. Bu fırınlardan çıkan küller yüksek oranda silis içermektedir. Bu tarımsal atığın, bir yapı malzemesi olan cam üretiminde kullanılan silis ve kum yerine kullanılması hedeflenmiştir. Bu nedenle silis oranı yüksek kül kullanılmıştır. Bu çalışmada pirinç çeltiği kabuk küllerinin düz cam kompozisyonunda hammadde olarak kullanımı, ekolojik yapı malzemesi üretimi ve oluşturulan cam yapı malzemesinin ısı yalıtım özelliklerinin etkisini artırılması amaçlanmıştır.

Özetle, pirinç çeltiği kabuk külünü cam üretiminde değerlendirmek ve yararlandırmak, kum yerine kullanabilmek araştırmanın gerekçesini oluşturmaktadır.

KAPSAM

Cam yapı malzemesinin yapıda kullanılmasında ana neden saydamlığı olmuştur. Yapıdaki ısı yalıtımı gereksinimi zaman içerisinde arttıkça camın ısı yalıtımını iyileştirmek amacıyla kimyasal özelliği ile ilgili araştırmalar başlamıştır. Bu tezde tarımsal bir atık olan pirinç çeltiği kabuk külünü, düz cam kompozisyonunda yer alan ağırlıkça %69 oranında, kum veya silisyum madeni yerine kullanarak, ısı yalıtımlı bir cam yapı malzemesi elde etmek hedeflenmiştir. Yapılan deneylerde pirinç çeltiği kabuk külü camının ısı yalıtımı ve ışık geçirgenliği ile ilgili spektral geçirgenlik sonuçları ele alınmıştır. Pirinç çeltiği kabuk külü camının soğuk iklimlerde kullanımını realize edebilmek amacıyla güneş ışınları geçirgenliğini arttıracak şeffaf cam elde edimi için İstanbul Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarlarında pirinç çeltiği kabuk külü silisyum bazında saflaştırılmıştır. Isı iletkenlik katsayısı ölçümü deneyi İstanbul Teknik Üniversitesi Termodinamik ve Isı Geçişi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Isı yalıtımı dışındaki deneyler kapsam dışı bırakılmıştır.

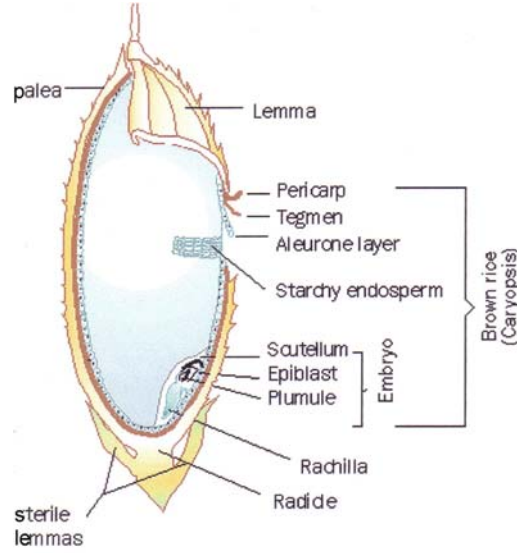
ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Araştırmanın önemi çevre bilincini yaşamın parçası haline getirilmesinden ileri gelmektedir. Yapıda kullanılacak cam malzemenin geri dönüştürülmüş bir tarımsal atık hammaddeden yapılması sayesinde binalarda oluşan ısı kaybının en aza indirilmesi yolunda bir ilerleme kaydedilmiş olacaktır. Yapı malzemesi sayesinde gerçekleşecek enerji korunumu mimariyi sürdürülebilir kılarak doğal yaşamı destekleyecek ve ekolojik yapı malzemesi geliştirilmesi ve üretiminin artmasına neden olacaktır.

BÖLÜM I : PİRİNÇ ÇELTİĞİ ÜRETİMİ VE KABUK KÜLÜ ELDE EDİMİ

1.1. PİRİNÇ ÇELTİĞİ VE KABUK ÜRETİMİ

Tarımsal ürünlerden ve atıklarından yapı malzemesi üretimi son yıllarda hız kazanmıştır. Bunun sebebi binalarda kullanılan yapı malzemesinin insan sağlığına ve doğaya zarar verecek boyutlarda kimyasallar içermesidir. Yapı biyolojisi dalı bu gereksinimden yola çıkarak gelişmiştir. Yapı biyolojisi ve Ekolojik Mimarlık ilkeleri tarımsal ürünlerden ve atıklardan yapılan doğal yapı malzemelerini önermektedir. Bu tarımsal ürünlerden bazıları şunlardır: ayçiçeğinden lateks, kenevirde ve hindistan cevizi kabuğu lifinden ısı yalıtım levhaları, jütten linolyum, mantardan levha, bambudan, fındık kabuğundan mdf, pirinç çeltiği kabuk külünden tuğla, panel, beton katkısı elde edilmektedir. Bitkilerin bir diğer özelliği de radyasyona karşı koruyucu etkileridir. Tüm bitkilerin radyasyon tutma oranları bir hayli yüksektir. [1] Bitkiler işlenerek güneş ışınlarını kontrol eden yapı malzemesi üretilebileceği ortadadır. Aşağıda pirinç çeltiği kabuğu ve külünün özellikleri ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 1.01: Pirinç Çeltiği Kabuğu ve Tanesi Kesiti [2]

Pirinç hububatının etrafını saran kabuk, tarımsal bir atıktır. Tanenin ağırlık olarak %78'i pirinç ve kepektir, geriye kalan %22'si ise pirinç çeltiğidir. Bu çeltik pirinç fabrikalarında yarı kaynatım işleminde buhar elde edebilmek için yakıt olarak kullanılmaktadır. Çeltiğin %75'i uçucu maddelerden oluşmuştur ve bu yakma işlemi sırasında yok olur ve geriye kalan %25 lik

kısmı pirinç eltiği külü olarak fırınlardan çıkartılır. Bu külün ortalama %90 ‘ı amorf silisyumdur. Isıtma değeri 13-15 Mj/kg ‘dır. Yakıldığında ağırlık olarak %18-22 arasında kl oluşur.



Fotoğraf 1.01: Endonezya’da pirinç eltiği ekimi [2]



Fotoğraf 1.02: Pirinç Taneleri [2]



Fotoğraf 1.03: Pirinç eltiği [2]



Fotoğraf 1.04: Pirinç tanelerini pirinç kabuğundan ayırımı[2]



Fotoğraf 1.05: Pirinç Çeltiği Kabuk Yığımları[2]



Fotoğraf 1. 06: Pirinç Çeltiği Kabuk Yakma Kazanları[2]



Fotoğraf 1.07: Pirinç Çeltiği Kabuğunun açık alanlarda yakılması[2]



Fotoğraf 1.09: Pirinç Çeltiği Kabuğunun yakılması - yakın çekim [2]



Fotoğraf 1.10: Açık alanlarda yakılan pirinç çeltiği kabuk külünü yerel ihtiyaçlar için toplayan kadınlar [2]

Bu durumda her 1000 kg'lık pirinç hububatının 220 kg'ı pirinç çeltiği olarak elde edilmektedir. 220 kg çeltik, fırınlarda enerji üretmek için yakıldıktan sonra, geriye kalan külü 55 kg'dır. Sadece Hindistan'da yılda 4 milyon ton pirinç çeltiği külü fırınlardan çıkmakta ve kullanılmayı beklemektedir. Pirinç çeltiği külleri atık olarak çevreye bırakılmakta ve doğaya zarar vermektedir.

	Pirinç Çeltiği Üretimi, 2002 (t)	Toplam Üretimde Yüzdesi	Pirinç Çeltiği Kabuğu Üretimi (Pirinç Çeltiğinin %20'si) (t)	Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Üretimi (Kabuğun %18'i) (t)
Çin	177.589.000	% 30.7	35.517.800	6.393.204
Hindistan	123.000.000	%21.2	24.600.000	4.428.000
Endonezya	48.654.048	%8.4	9.730.810	1.751.546
Bangladeş	39.000.000	%6.7	7.800.000	1.404.000
Vietnam	31.319.000	%5.4	6.263.800	1.127.484
Tayland	27.000.000	%4.7	5.400.000	972.000
Miyanmar	21.000.000	%3.7	4.240.000	763.200
Filipinler	12.684.800	%2.2	2.536.960	456.653
Japonya	11.264.000	%1.9	2.252.800	405.504
Brezilya	10.489.400	%1.8	2.097.880	377.618
A.B.D.	9.616.750	%1.7	1.923.350	346.203
G.Kore	7.429.000	%1.3	1.485.800	267.444
Pakistan	5.776.000	%1.0	1.155.200	207.936
Mısır	5.700.000	%1.0	1.140.000	205.200
Nepal	4.750.000	%0.8	950.000	171.000
Kamboçya	4.099.016	%0.7	819.803	147.565
Nijerya	3.367.000	%0.6	673.400	121.212
Sri Lanka	2.794.000	%0.5	558.800	100.584
Kolombiya	2.353.440	%0.4	470.688	84.724
Laos	2.300.000	%0.4	460.000	82.800
Türkiye	400.000	%0.08	80.000	-
Diğer ülk.	29.091.358	%5.0	5.818.272	1.047.289

Çizelge 1.01: Ülkelere göre pirinç, pirinç çeltiği kabuğu ve külü üretim miktarları

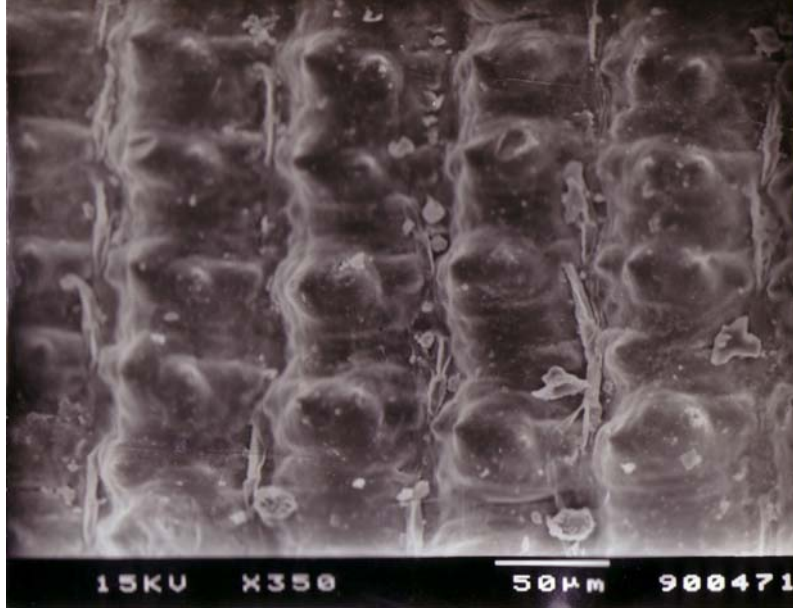
1.1.1. PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUĞU VE KABUK KÜLÜ ELDE EDİMİ



Fotoğraf 1.11: Pirinç Çeltiği Kabuk Yakma Tesisi, Tayland [2]

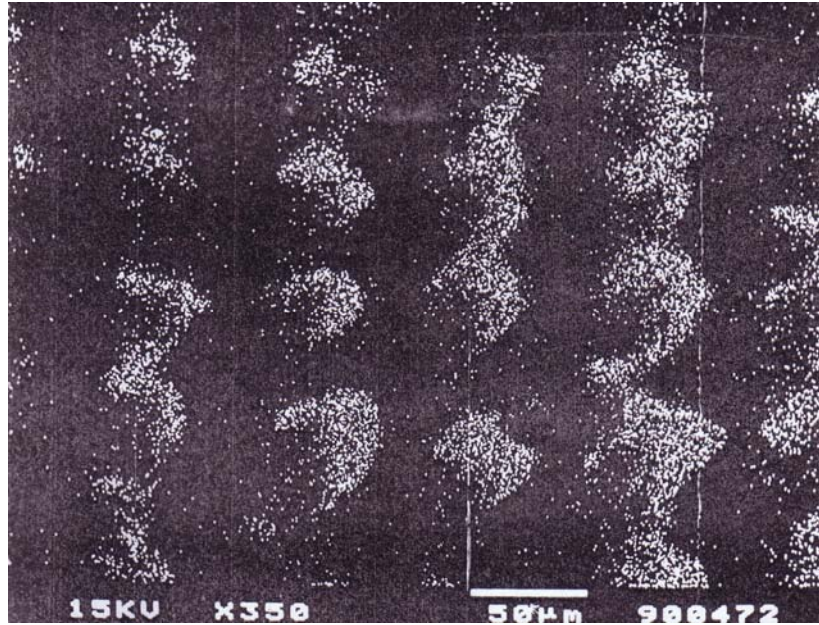
Pirinç Çeltiği Kabuğu doğada eşsizdir. Tüm hububat atıkları içinde hacim olarak en az yapı maddesine sahiptir. Nem geçişine izin vermediğinden, mantar üremesini engellediğinden ve ısıyı iletmediklerinden dolayı duvarlarda yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Pirinç tanesi yaklaşık olarak %20 oranında opal silisyumun yanı sıra bir polimer olan lignin içerir. Bu oranda silisyum içeren herhangi başka bir bitki doğada yoktur. Silis ve ligninin birleşimi bitkiye su geçirmezlik ve mantardan korunma sağlamıştır. Pirinç Çeltiği Kabuğunun ısı iletkenlik katsayısı $0.0359 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 'dır. [2]

Hücre çeperlerinde silis birikmesi hayvanların bitkiyi yemesini zorlaştırır. Yaprak kenarlarındaki epidermis hücrelerinde güçlü bir silisleşme ve sertlik oluşan birçok ot ve saz bu duruma iyi bir örnektir. [3]

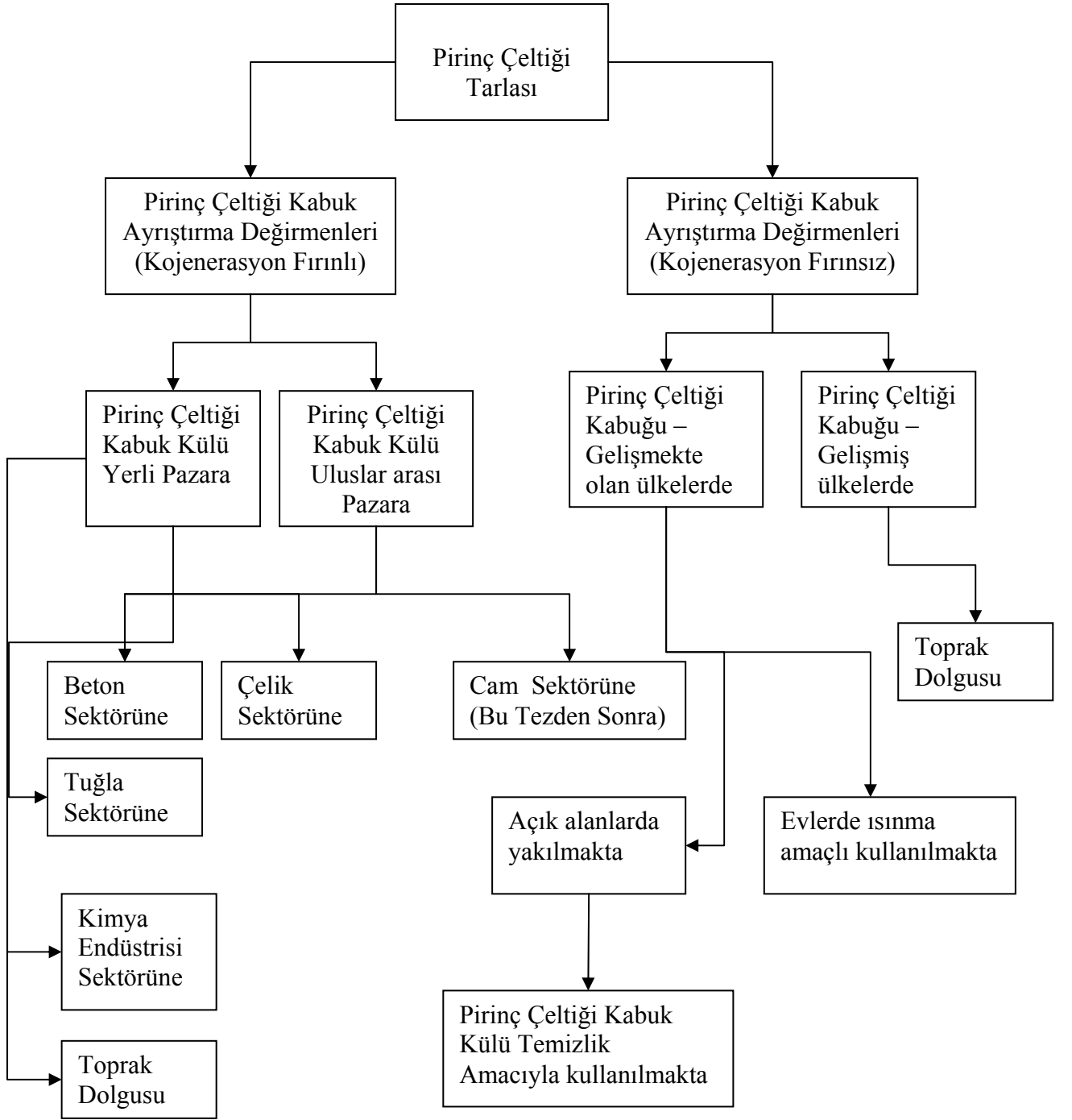


Fotoğraf 1.12: Pirinç Çeltiği Kabuğu Elektron Mikroskobu ile Görüntüleme [6]

Orijinal kabuktaki bitkisel hücre yapısının içindeki organik kısımlar yanmasına rağmen silisin hücre zarında yoğunlaşmasından dolayı yapı kendini korumakta ve külde de silis bu kabuk kısmında yoğunlaşmaktadır.(Fotoğraf 1.13) Orijinal kabuk yaklaşık %18 SiO_2 içerirken, yakıldıktan sonra bu oran %95.8 SiO_2 değerine yükselmekte, orijinal pirinç kabuğunda silis amorf yapıda iken yakılmış pirinç kabuğunda silis kristobalit formundadır. [4]



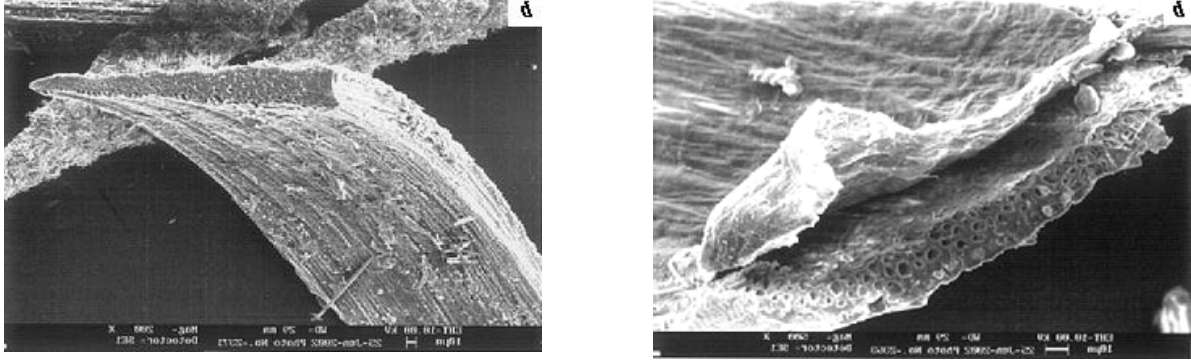
Fotoğraf 1.13: Pirinç Çeltiği Kabuğundan Elektron Mikroskobu ile alınan Silis Haritası [6]



Şekil 1.02: Pirinç çeltiği, kabuğu ve külünün kojenerasyon fırınında veya dışarıda yakılma koşullarında işleme şeması [2]

25 mikron küçüklüğünde olan pirinç çeltiği kabuğu külünün kullanım alanları içerisinde yalıtım malzemeleri ve beton katkısı bulunmaktadır. Pirinç çeltiği kabuğu ısı kontrollü

fırınlarda 700 C°'ye kadar yakılır. Böylece yapısı amorf halde kalır. Eğer 850 C°'un üzerinde bir ısıyla yakılırsa amorf yapısı kristalize olur.



Fotoğraf 1.14-1.15: Pirinç Çeltiği Kabuğunun Lazer Odaklı Elektron Mikroskopunda Görüntülenmesi

Carnegie Mellon Üniversitesi'nde gerçekleştirilen ve 1700 C° ye kadar ısıtılabilen ve anında görüntü alınabilen Lazer Odaklı Elektron Mikroskopuyla görüntülenen *Pirinç Çeltiğinde Isıl Bozunma Çalışmaları* adlı makalede yer alan bazı verilere bu hammaddenin yapısının daha iyi anlaşılmasını sağlamak için değinmek istiyorum. Soldaki fotoğrafta pirinç çeltiği 350C°'ye kadar ısıtılmıştır. Sağdaki fotoğrafta ise 850C°'ye kadar ısıtılmıştır. Bu çalışmada ortaya çıkan sonuç şudur: pirinç çeltiği kabuğunun lifli yapısı tıpkı bir silisten yapılmış kamış gibi selülozu bünyesinde barındırırken, yakılınca selüloz uçmakta, geriye boşluklu yapısıyla silis kalmaktadır. Pirinç Çeltiği Kabuğu yapı malzemesi olarak kullanıldığında boşluklu yapısı nedeniyle yapı sistemine ısı yalıtımı yönünden katkı sağlayacaktır. Hepsinden önemlisi silisin 2500C° sıcaklıkta karbonla moleküler bağ kurduğu gözlenmiştir.

Pirinç Çeltiği Kabuğu 0 C°'den 200 C°'ye kadar ısıtıldığında taneciklerin boylarının çaplarına oranı 2.19'dan 3.23'e değişmiştir. Ancak 1500 C°'ye kadar ısıtıldığında hiçbir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu da pirinç çeltiği kabuğunun yapısal olarak ısıya ne kadar dayanıklı olduğunu göstermektedir. Pirinç çeltiği kabuğu 1525 C°'de sıvı hale ulaşmıştır.



Fotoğraf 1.16: Pirinç Çeltiği Kabuğu Külü

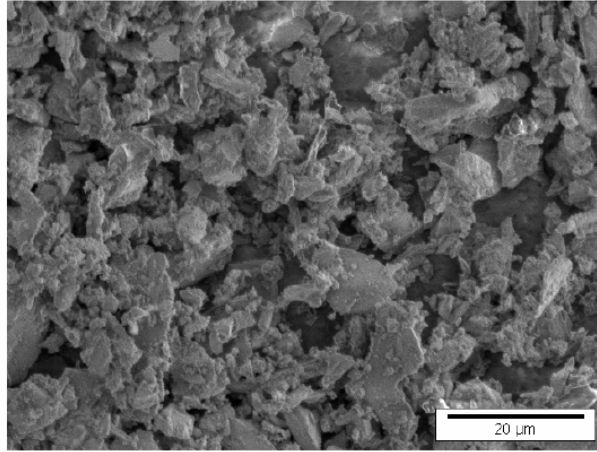


Figure K-12: SEM of Rice Husk Ash at 20µm Resolution

Fotoğraf 1.17: Pirinç Çeltiği Kabuk Külü'nün Elektron Mikroskobu ile Görüntülenmesi

1.1.1.1. PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜNÜN KULLANIM ALANLARI

Pirinç çeltiği, yüksek ısı yalıtımı özelliğinden dolayı, yüzyıllardır çelik yapımında külçe çeliğin haddelenmesinde kullanılmıştır. Bunun yanı sıra seramik yapımında sır hammaddesi olarak da kullanılmıştır.

Organik kül binlerce yıldır insanlara alkali kimyasalı olarak sırlama işleminde hizmet etmiştir. Bir çok seramik sanatçısının doku ve renk elde edebilmek amacıyla odun külünü temel sır

hammaddesi olarak kullandığı bilinmektedir. Bu işlem süresince yapılan araştırmalar, yakma aşamasındaki değişik zaman dilimlerinde fırınlarda tutulan hammaddenin içinde oluşan kimyasal reaksiyonların farklılaşmasıyla çeşitli sonuçlar vermiştir. [5]

İnsanoğlu kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmek için kolay şekil verilebilen seramik malzemeyi üretmiş ve geliştirmiştir. Hem estetik hem de işlevsel amaçlarla bu seramik malzemeyi sırlama ihtiyacı hissedilmiştir. Seramikten cama geçiş aşamaların başlangıcı bu noktada gerçekleşmiştir. Pirinç Çeltiği Kabuk Külü seramik malzemelerde sır hammaddesi olarak kullanılmıştır.

Pirinç çeltiği kabuk külü ise bolca bulunan bir tarımsal atık olduğundan bir çok üründe katkı malzemesi olarak kullanılmıştır. Pirinç kabuğu ve pirinç kabuğu külü ile ilgili çalışmalar, Hindistan, Pakistan, Tayland, Malezya, Avustralya, Irak, Mısır, Arabistan, İtalya, İspanya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılmıştır.

Pirinç kabuğu külünü puzolan olarak kullanabilmek için özel olarak sıcaklık kontrollü kabuk yakma fırını dizayn etmek gerekmiştir. Yapılan araştırmaya göre en etkin kabuk yakma sıcaklığının 400° ile 600°C arasında olduğu görülmüştür.

Pirinç Çeltiği Kabuk Külünün puzolan olarak kullanımını araştıran deneysel çalışmalar aşağıda verilmiştir:

P.K. Mehta, pirinç kabuğu külünü puzolan olarak harç ve betonda kullanmıştır. Mehta, ürettiği bu betonları çeşitli ortamlarda tutarak ağırlık kaybını saptamıştır. Bu çalışma sonunda küllü betonun asit çözeltisindeki ağırlık kaybının şahit betona göre daha az olduğuna işaret etmektedir. [6]

Kamwanja ve Smith, tarafından yapılan çalışmada pirinç kabuğu külünden puzolan olarak yararlanabilmek için kabukları üç değişik fırında kontrollü bir şekilde yakarak amorf silisli kül elde edilmiştir. Üretilen kül, çimentoya katılmış 7 ve 28 günlük harç basınç dayanımına göre aktif bir puzolan olabileceği belirtilmiştir. Bu fırınlardan birinde kabuklar delikli tel kafes şeklindeki sepetçik içinde yakılmıştır.

Puzolanların önemli bir özelliği de alkali agregaya reaksiyonunu önlemesidir. Mehta ve Polivka alkali-agregaya reaktivitesi ile ilgili olarak yaptıkları çalışmada, aktif silisli agregaya ile üretilen

pirinç kabuğu küllü betonların, doğal puzzolan ve aynı agrega ile üretilen betonlardan alkali-agrega reaktivitesi yönünden daha etkili olduğunu göstermişlerdir.

Cook, Pama, Damer ise pirinç kabuğu külü ile çimento hamuru ve beton üretmişlerdir. Bu çalışmada çimento hamurunda terleme deneyi yapılmıştır. Araştırma sonunda çimento hamurunun su tutma kabiliyetinin kül miktarının artmasıyla arttığı görülmüştür.

Khan, Mohan, Taylor pirinç kabuğu külündeki silisin C_3S ile reaksiyonlarını, J.James ve M Subba Rao küldeki kireç ile yaptığı bileşiklerin kimyasını inceleyerek reaktivitesi yüksek silis'in varlığını kimyasal deneylerle kanıtlamışlardır.

Yukarıda konu ile ilgili çalışmalarda da görüldüğü gibi külün puzolanik özellikleri ile ilgili çalışmalar vardır. Yapılan çalışmalarda öncelikle uygun yakma koşulları saptanmıştır. Külün fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. [6]

Pirinç kabuğu külünün kullanıldığı yerler literatürde geniş ölçüde belirtilmiştir. Kabuğun kullanım alanları şöyle sıralanabilir:

1- Yakıt olarak kullanım: Kırsal bölgelerde kışın kabuklar ısı gereksinimini karşılamak üzere sobalarda yakılır. Böylece ısı enerjisinden yararlanır. Endüstriyel bölgelerde ise buhar kazanlarında yakıt olarak kullanılır. Örneğin ABD'de P.K. Mehta, İtalya'da Gariboldi özel tip buhar kazanlarında kabuklardan yakıt olarak yararlanmışlardır.

2- Çelik endüstrisinde kullanım: Kabuk veya yarı yanmış kabuklar şeklinde kullanılır. Çelik üretimi sonunda kabuklar, çelik külçelerin üzerine serilir. Böylece çeliğin soğuması yavaşlatılır ve kristal yapı oluşur, ayrıca kalıbın düzgün şekilde çıkması sağlanır. Kabuklardan bu şekilde yararlanma Kanada, ABD, Rusya Federasyonu, İngiltere, Romanya İspanya, Hindistan, Japonya ve ülkemizde de görülür.

3- Refrakter malzeme olarak kullanım: özellikle Mısır, Japonya ve diğer ülkelerde refrakter tuğla üretiminde ve izolasyon malzemesinde pirinç kabuklarından yararlanır.

4- Aktif karbon eldesinde kullanım: pirinç kabukları havasız yerde yakılarak aktif karbon elde edilir. Aktif karbon adsorpsiyon yeteneğinin yüksek oluşu nedeniyle sanayide renk, koku

giderici olarak kullanılır. Aktif karbon, amorf karbon içerir. Gözenekliliği ve özgül yüzeyi büyüktür. Özgül yüzey 0,08-0.1 m²/g arasında değişir.

5- Yapı malzemesi olarak kullanım: çeltik kabuğu, hafif beton imalinde hafif agrega olarak kullanılır. Çimentoya katılarak puzzolan gibi kullanılır. Ancak pirinç kabuğu külü çimentoya katılırken uygun bir şekilde öğütülmelidir. Kül çimentoya öğütülmüş şekilde katıldığı gibi klinker ve alçıtaşı ile birlikte de öğütülebilir. Bu şekilde çimentoyla birlikte öğütüldüğünde mekanik özellikler daha iyidir. [4]



Fotoğraf 1.18: Pirinç Çeltiği Kabuk Külü, Riceland Değirmeni, Patum, Tayland [2]



Fotoğraf 1.19: Almanya'da çelik endüstrisinde kullanılmak üzere paketlenmiş pirinç çeltiği kabuk külleri, Riceland Değirmeni, Patum, Tayland [2]



Fotoğraf 1.20: Fırında yakılan pirinç çeltiği kabuğu, Riceland Değirmeni, Patum, Tayland [2]



Fotoğraf 1.21: Pirinç Çeltiği Kabuk Külünden ısı yalıtımı işlevi olan levha üretimi [2]

6- Pirinç kabuğu külü aktif karbon eldesinde, su saflaştırma işleminde, ince malzemelerin filtrasyonunda, adsorpsiyon aracı ve koagülatör olarak kullanılır. Ortamda istenmeyen katı, sıvı veya gazların uzaklaştırılmasında, örneğin deniz ve göller üzerindeki kirler, döküntülerin yok edilmesinde yararlanır.

7- Seramikte sır hammaddesi eldesinde kullanılır.

8- Yüksek ısı absorblama yeteneğinden dolayı refrakter malzeme de, ısı izolasyon tuğlaları ve özel seramiklerin üretiminde de kullanılır.



Fotoğraf 1.22 Pirinç eltiği kabuk külünden boşluklu blok yapımı [2]

9- Temizlik malzemesi olarak yer dşemleri ve metal malzeme üzerindeki kir ve pasın temizlenmesi, parlatılmasında külün abrasif özelliğinden yararlanır.

10- Dolgu malzemesi olarak, diş macunlarında sabun endüstrisinde, boya, cila, vernik, mürekkep imalinde dolgu ve katkı şeklinde değişik yerlerde kullanılır. [4]

BÖLÜM 2: SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ İÇİN YAPIDA EKOLOJİK MALZEME KULLANIMI

2.1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KRİTERLERİ

‘Sürdürülebilirlik’ kavramı ilk kez Brundtland¹ komisyonunda ele alınmış ve “Şimdiki nesillerin ihtiyaçlarının, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan karşılanmasına olanak veren büyüme politikaları” olarak tanımlanmıştır. Bu ifadede “sürdürülebilirlik” kavramı, toplumların gelecek yüzyıllarda var olabilmelerini amaçlayan anahtar bir kelime olarak ele alınmakta ve hedef, büyüme sırasında izlenecek bir yol ve strateji olarak tanımlanmaktadır. [7]

Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık %4-5 oranında artmaktadır. Buna karşılık, bu ihtiyacı karşılayan fosil yakıt rezervi ise bu orandan çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki önümüzdeki 50 yıl içinde petrol rezervleri önemli ölçüde tükenecek ve gereken ihtiyaca cevap veremeyecektir. Ayrıca fosil yakıtların kullanımı, dünya ortalama sıcaklığını son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmış, yoğun hava kirliliğinin yanı sıra bir çok sel/fırtına gibi felaketlerin gözle görülür bir şekilde artmasına neden olmuştur. Bu nedenle fosil yakıt rezervlerinin bitmesini beklemeden temiz enerji kaynaklarına ve enerji tasarrufuna yönelmek zorunda olduğumuz açıktır. [8]

Nüfus artışına paralel olarak konut ihtiyacı artmıştır. Değişen kullanıcı ihtiyaçlarına göre yapılan iskelet sistemli yapılarda duvarlar incelmış, pencere alanları büyümüştür. Cepheelerde tamamen cam kullanımı 1920’li yıllarda başlamıştır. Ancak cam kullanımının, yaz aylarında aşırı ısınma, kış aylarında ise ısı kayıplarına yol açtığı görülmüştür. Bu sorunu çözmek için 1930’lu yıllarda mekanik havalandırma sistemleri binalara uygulanmıştır. 1969 yılında Reyner Banham “İyileştirilmiş Bir Çevrede Mimarlık” adlı makalesinde Mekanik Havalandırmanın ne kadar çok enerjiye mal olduğuna ve mimariyi bulunduğu iklimden koparmanın sakıncalarına değinmiştir. [9]

Bunu önlemek için yalıtım özelliği bulunan malzeme ve sistemler ortaya çıkmıştır. Hızlı gelişen yapı endüstrisi ve mimari alanları içerisinde yalıtım kavramı paralel bir gelişme

¹ ‘Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu (WCED-World Commission on Environment and Development)’(aynı zamanda toplantı başkanlığını yapan Gro Harlem Brundtland’dan dolayı ‘Brundtland Komisyonu’ olarak da bilinir.), ekonomik gelişmeyi yadsımayan ancak küresel çevreyi tehdit etmeyen çevre ve enerji politikalarının benimsenmesi gerektiğini savunan Brundtland Raporunu hazırlayan Birleşmiş Milletler’in oluşturduğu bir komisyondur.

gösterememiştir. Isı yalıtımı terimi, kısaca yapının iç ısını çevre atmosferindeki ısı farklılıklarından korumak için alınan tedbir olarak özetlenebilir. Enerji sıkıntısının baş gösterdiği 1973 yılına kadar, tüm dünyadaki yapılarda ısı yalıtımı amacı ile pek fazla tedbir alınmamış, yapı kabuğunun temel özelliklerine pek az oranda yalıtım amacı güden malzemeler ilave edilmiştir. Bu malzemeler ısısal konforu tek başlarına sağlayamamış; ve bu ihtiyacı karşılamak amacıyla ısı ve nem düzenleyici mekanik havalandırma sistemleri binalara uygulanmıştır. Bu ihtiyacın fosil yakıtlardan karşılanması ve, atmosfere bırakılan karbondioksit gazı sonucunda sera etkisi oluşmuş ve küresel ısınmaya yol açmıştır.

Kentlerdeki konutlarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı, yaklaşık %80'i ısıtmada harcanmaktadır. Genellikle verimsiz bir biçimde sağlanan bu ısının büyük bir kısmı da gereksiz harcamaya yol açmaktadır. Enerji fiyatlarının düşük olduğu dönemlerin mimari anlayışı halen süregeldiğinden yapıların yüzeylerinin çoğunlukla cam kaplı olduğu gözlenmektedir. Cam yüzeyler ise en kötü duvara kıyasla bile 6 ila 10 kat fazla ısı kaybına izin verirler. Aynı cam yüzeyler ısının rahatsız edici olduğu yaz aylarında sera etkisinden dolayı aşırı ısınma kaynağıdır.

Tek başına ele alındığında bile cam yalıtımı, ülkenin enerji tasarrufuna çok büyük katkı yapabilecek potansiyele sahiptir. Avusturya ve İsviçre gibi orta Avrupa ülkeleri üç kat cam kullanımına başlamış bulunmaktadır. Cam yalıtımının tüm yapılara uygulanması ile bir yılda en az bir milyon ton taşkömürü eşdeğeri enerji tasarrufu sağlanabilir.

Yurdumuzun büyük bir kısmı yaz aylarında aşırı sıcak olmakta, bu da yaşama ve çalışma koşullarını etkilemektedir. Daha rahat bir ortamın sağlanması için sıcaklığı ve nem oranını düşüren soğutucular ve klima cihazları kullanılmaktadır. Bu tür aygıtlar genellikle elektrik enerjisi ile çalıştırıldıklarından, aynen elektrikle ısınma yöntemi gibi ulusal elektrik sisteminde bir talep yaratmaktadırlar. Bu konuda yapılacak önlem, binaların yalıtımını arttırmak suretiyle klimatizasyona duyulan gereği en az düzeye indirmektir.

Türkiye ekonomisinin en büyük sorunu enerjidir. Bu sorun yüksek döviz giderine yol açıp, eksikliği üretim kaybına ve işsizliğe neden olmakta ve dış ticarete rekabet gücümüzü azaltmaktadır. Enerji sorununa çözüm getirebilmek için kaynaktan tüketim noktasına kadar her aşamaya eğilmek gerekir. Alınabilecek önlemler üç grupta toplanabilir.

- a. enerji kaynaklarını geliştirmek ve çeşitlendirmek
- b. yakıtları birbirleri ile ikame ederek daha akılcı bir kaynak tahsisini gerçekleştirmek
- c. enerji verimliliğini arttıracak hakiki anlamda enerji tasarrufuna yönelmek.

Enerji sorununa bir an evvel kalıcı bir çözüm getirebilmek için izlenmesi gereken ilkeler şunlardır:

- Yenilenebilir kaynakları tükenir kaynaklara yeğlemek
- Enerji verimliliğini arttıracak yatırım ve uygulamaları özendirmek [10]

Bu ilkeler yerine getirildiğinde sürdürülebilir bir mimari ile ekolojik yaşamın ilk adımları atılmış olacaktır. 1973/74 petrol krizinden sonra bu konudaki arayışlar artmıştır. 1981 yılında Mike Davies adlı bir mimar “Tüm Mevsimler İçin Bina Kabuğu” adlı makalesinde iklime ayak uydurabilen ve enerji akışını düzenleyebilen bir sistem geliştirdiğini açıklamıştır. [9]



Fotoğraf 2.01:La Guardia Havaalanı, New York. Tüm ışıklar ve ısıtma sistemi açık durumda.
[11]



Fotoğraf 2.02: La Guardia, New York Havaalanının Soğuk ve Karanlık Koridoru [11]

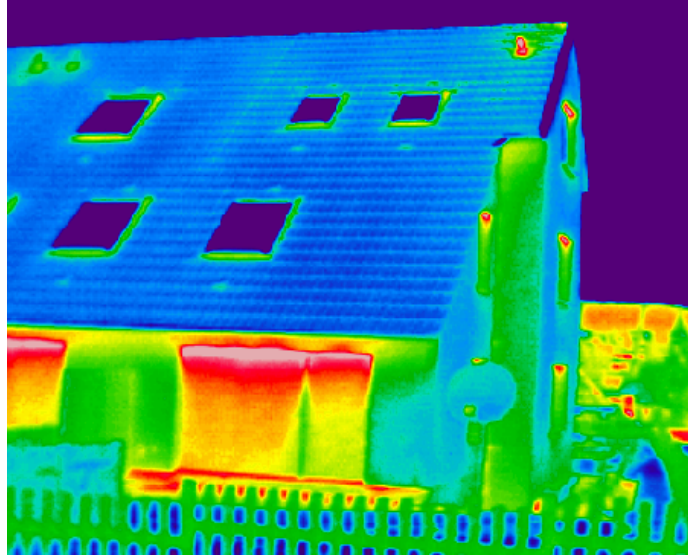
Enerji ülkelerin ihraç veya ithal ettikleri bir ürün haline gelmiştir. Ancak politik nedenlerle enerji sevkiyatı kesintiye uğratabilir. Bu gibi durumlarda ülkeler prestij kaybına uğrarken vatandaşlar da soğuktan mağdur olurlar. Fotoğraf 2.02’de görüldüğü gibi 1973-74 Arap petrol ambargosundan sonra La Guardia Havaalanının ışıklarının bir kısmı kapatılmıştır. Duvardaki panoda şunlar yazılmıştır: “Enerji tasarrufu yapabilmek amacıyla ışıkları kısıyor ve ısıyı azaltıyoruz. Umarız anlayışla karşılırsınız”.

1973 krizi sonrası enerji maliyetlerinin yükselmesi ile ısı yalıtımı önem kazanarak, bu konuda köklü araştırma ve çalışmalar başlatılmıştır. [12]

Kaynakların kısıtlı olduğu, gerek üretimin gerekse tüketimin ortaya çıkardığı kirliliğin bazı sonuçlarının ise geri dönülemez nitelikte olduğunun geçtiğimiz yıllarda bütün açıklığı ile ortaya çıkması sonucunda “ekoloji” ve “sürdürülebilirlik” kavramları uluslar arası platformların gündeminde önemli bir noktaya oturmuştur. [13]

Isı yalıtımı ile sanayide %80, konutlarda ise %50’ye varan enerji tasarrufu sağlanabileceği düşünülürse havaya uçan maddi kayıpların büyüklüğü idrak edilebilir. Binalarda ısı kayıpları fotoğraf 2.03’te de görüldüğü gibi en fazla pencerelerde oluşmaktadır. Bir çok binada duvarlarda ve çatıda gerekli ısı yalıtımları yapıldığından bu bina bileşenlerinde ısı kayıplarının önüne geçilebilmiştir. Isı yalıtımında pencere camlarında da gelişmeler olmuştur, ancak optimize edilememiştir. Bu önlemler genellikle ısı yalıtımı ve geleneksel güneşten

faydalanma yöntemlerinden ibarettir. Günümüzde kullanıcı ihtiyaçları arttığından ve enerji kaynakları sınırlı olduğundan dolayı bu gereksinimlere yanıt verebilecek yeni yapı malzemelerine ve bileşenlere ihtiyaç vardır. [14]



Fotoğraf 2.03: Pencerelerdeki Isı Kaybını Gösteren Termal Fotoğraf [53]

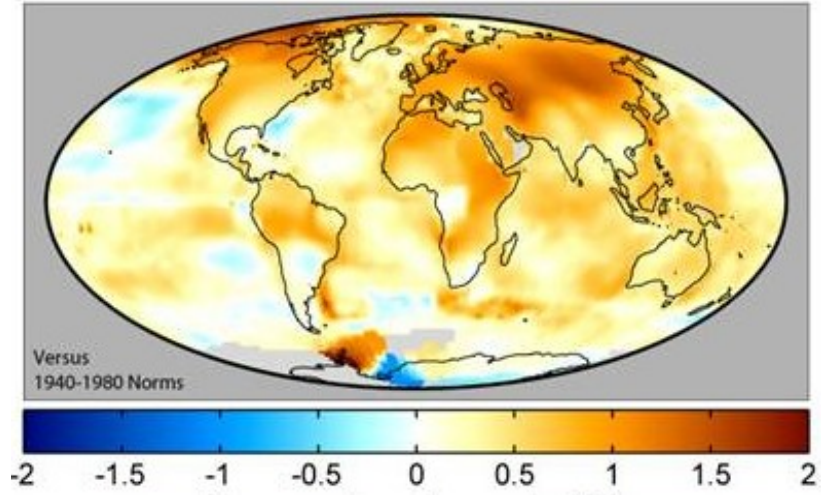
İnşaat sektörünün enerji ve ekoloji gibi konulardaki etkisi ekonominin diğer sektörlerine nazaran daha büyüktür. Mimarlar global ısınmaya sebep olan CO₂ gazlarının atmosfere yayılmasında kendilerini sorumlu hissetmelidir. Dünya genelinde kullanılan enerjinin yarısı binaları ısıtma, havalandırma, soğutma ve aydınlatma maksadıyla kullanılmaktadır. Geri kalan miktarın yarısı ise bu binalara ulaşma ve kırsal kesimden şehir alanlarına malzemelerin taşınması sırasında tüketilmektedir. Sonuç olarak; şehir çevresi bina, etkinlik, servis ve taşımadan oluşan karmaşık matrisiyle dünyanın enerji kaynaklarının %75'ini tüketmektedir. İnşaatlar yapım öncesinde ve sonrasında kitlesel oranda kirliliğe ve iklim değişikliğine yol açan gazların çıkmasına sebep olmaktadır. Binalar, şehirler ve bunların yerleşimleri hakkında verilecek doğru kararlar sürdürülebilir kalkınma kavramının üzerine kurulacak bir gelecek için anahtar niteliği taşımaktadır. [15]

Dünyamızda oluşan bu büyük zincirleme olaylar doğanın dengesini bozarak iklimlerde düzensizlikler ve farklılaşmalara yol açmıştır. Bu kadar büyük çevresel etkilere sahip binaların bilinçsizce yapımına ve tüketilmesine son vermek gerekmektedir. [16] Durum bu kadar ciddiye Kyoto Anlaşmasında CO₂ gazlarının atmosfere salınmasının azaltılması konusunda imzası bulunan Amerika Birleşik Devletleri bu anlaşmayı uygulamak bile istememektedir.

Günümüzde karşımızdaki en büyük sorunlardan biri küresel ısınma tehdididir. Bu tehdidi oluşturan ortamlardan bir tanesi de binaların iklimlendirilmesi için kullanılan yakıtların çıkardığı CO₂ gazlarıdır. Karbondioksit salınımı yarattığı sera etkisi ile küresel ısınmaya yol açmaktadır. Dünyamızın doğal dengesi bozulmakta ve asit yağmurları, kutuplardaki buzulların erimesi sonucu denizlerin yükselmesi v.d. etkiler bu süreci hızlandırmaktadır.

Güneşten dünyanın yeryüzüne gelen UV ışınlarının büyük bir kısmı stratosferde emilir. Dünyaya gelen güneş ışınlarının ancak %50'si dünyaya ulaşabilir. Geriye kalan ışınların %20 lik kısmındaki UV dalgaboyundaki ışınları stratosferdeki ozon tabakası ve diatomik oksijen molekülleri soğurur – IR dalgaboyundaki ışınları ise CO₂ ve H₂O molekülleri soğurur – geriye kalan % 30'luk kısım ise bulutlar, buzullar, kumullar ve diğer yansıtıcı yüzeyler tarafından uzaya yansıtılır.

Küresel ısınmayı, asıl nedeni olan sera gazlarından ayrı olarak, ozon tabakasındaki delinme de arttırmaktadır. Ozon tabakasındaki delinmenin insanlar ve hayvanlar üzerinde güneşin ışınlarından kaynaklanan olumsuz etkileri vardır. Wall Street Journal'ın 1993 Ocak sayısında Güney Şili'de doğal afetlerden biri sayılabilecek ozon tabakasının CFC gazlarından dolayı delinmesinin sonuçlarını anlatmaktadır. Bu makalede ozon tabakasının delik olmasından dolayı dünyaya direkt ulaşan mor ötesi (ultra-viole) ışınlarının hayvanları kör etmeye başladığı vurgulanmaktadır. Bu olay, Şili'den kuzeye doğru yayılarak her yerde görülmeye başlamıştır. Avustralya'da ozon tabakasındaki delik yüzünden yazın insanlar caddelerde yürürken dahi vücutlarına güneşin zararlı ışınlarından korumak için UV filtreli kremler sürmektedir. Dünyanın hareketi nedeniyle yıldan yıla bu deliklerin nerede olacağını bilmek imkansızdır. Ozon tabakasındaki delik artarak büyüyeceğinden güneşten gelen zararlı ışınlarla karşı evlerimizde dahi korumasız kalabiliriz. Bundan dolayı ileride binalardaki pencere camlarının, morötesi ışınları geçirmeyen niteliğe sahip olması gerekebilir.



Şekil 2.01: 1995-2004 Yılları Arasında Ortalama Sıcaklıklardaki Değişim Ayrıklığı [56]

Mimarlar sürdürülebilir geleceğin elde edilmesi için çok ciddi bir rol üstlenmektedir. Maastricht Anlaşması ile formüle edilen sürdürülebilir gelişme sadece mimarların, mühendislerin, tasarımcıların, şehir plancıların ve yapı malzemesi üreticilerinin işbirliği içinde çalışması ile mümkündür. Avrupa Birliği, enerji kullanımı ve çevre koruma konularında çok ciddi kontrolleri benimsediği için bu konularda uzmanlığı olan tasarımcılar gelecekte yapım işinden daha fazla pay alacaklardır. [15]



Şekil 2.02: Küresel Isınma ve Sera Etkisi sonucu buzulların erimesi [56]

Geçen yüzyılda fark edilen hava sıcaklığındaki anormal bölgesel artışların (toplamda %0.24 kadar) özellikle güneşin ultra-viole ışınlarının stratosferdeki ozon seviyelerini değiştirmesi ile alakalı olduğu düşünülmektedir. Dünyanın ısısını sabit tutabilmesi için güneşten gelen ışınların soğurulma ve yansıtılma enerjisinin eşit olması gerekmektedir. [17]

Havada asılı bulunan gazların tamamı kızılötesi ışınların belli bir dalga boyunu soğururlar. Bundan dolayı dünya yüzeyinden yansıyan ışınların hepsi uzaya ulaşmamaktadır. Örneğin dünya yüzeyinden yansıyan kızılötesi ışınları soğuran CO₂ molekülleri bu ışınları etrafa saçar. Bu ışınlar yeryüzü tarafından tekrar emilir. Yeryüzü ısısı artar ve atmosferde emilen gazlar sayesinde sera etkisi oluşur.



Şekil 2.03: Küresel Sıcaklıkların yıllara göre artış miktarı [56]

Enerji harcamasındaki payı son derece yüksek olan ve sera gazlarının atmosfere atılmasında büyük rolü olan binalarda bazı verimlilik ve tasarruf önlemleri alınmadığı takdirde, sera gazı yayılım miktarının 2050 yılında 3 katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Binalarda ısı izolasyonu yapılması karşılığında vergi indirimi uygulanarak yayılım miktarı önemli ölçüde azaltılabilir. [18]

Binaların doğayı ne oranda olumsuz etkilediği rakamsal olarak aşağıda verilmiştir:

Enerji kullanımının	%50'si
Hammadde kullanımının	%40'ı
Ozon tabakasına zararlı kimyasalların salınımının	%50'si
Tarıma uygun arazi kaybının	%80'i
Kullanma suyunun	%50'si

Yapı üretiminde, sürdürülebilirlik, malzeme seçimi faktörü ile önem kazanır. Yapı üreticileri kullanmak istedikleri malzemenin geçirdiği aşamalar konusunda bilgi sahibi olup çevre bilinçli bir talep mekanizması olabildikleri zaman sürdürülebilir mimari ortaya çıkabilir.

Sürdürülebilirliğin temellerini oluşturan temiz ve az enerji kullanımı, geri dönüşüm gibi kavramları bir arada toplayacak ve uygulayacak olanlar mimarlar ve malzeme üreticileridir. Bu kavramlar birbirleriyle etkileşim içerisindedir. Dünyayı yaşanabilir kılmak için kaynakları en uygun ve akılcı şekilde kullanmak gelecek nesillere verebileceğimiz en büyük miras olacaktır. [7]

Gerek kullanılacak kaynakların, gerekse insana zarar vermeden yaratılabilecek kirliliğin belirli sınırları olduğunun anlaşılması kentleşmede “kaynak yönetimini” ön plana çıkartmıştır. Bu yaklaşımda ekonomik kalkınma, ancak sürdürülebilirlik çerçevesinde istenir durumdadır. Çevre ile olan ilişkiler kavramı, kent insanların yakın çevresi ilişkileri ile kısıtlı tutulmamakta; kentin toplam doğal kaynak tüketimini ve gerek yerel gerekse global ölçekte çevreye olan etkilerini de göz önünde bulunduracak biçimde ele almaktadır. Kentin çevre ile su, enerji, hammadde ve atık alış-verişi dikkate alınarak doğal dengelerin korunması hedeflenmektedir.

Kaynak yönetiminde, tüketimde ve üretimde etkinliği arttırmak ve atıkları doğanın hazmedebileceği hale getirdikten sonra bırakmak amaçlanır. Kentsel ekolojinin amacının doğa ile uyumlu kentler yaratmak olduğu açıktır. Ancak Hızla Kalkınma Hedefindeki kentlerde çevre koruma perspektifini oturtmak oldukça zordur. Kentsel gelişme ile koruma arasında denge kurulması izlenmesi gereken öncelikli politika haline gelmelidir. Kentler, üretimin ve tüketimin yoğunlaştığı noktalar olarak, sorunların ve gelecek için çözüm olasılıklarının da odaklaştığı noktalardır.

Şehirlerin en önemli özelliği onların canlı organizmalar gibi kaynakları tüketip, atıkları saçmalarıdır. Ne kadar büyük olurlarsa çevreden aldıkları kaynaklar ve çevreye verdikleri atıklardan kaynaklanan zarar o kadar büyük olacaktır. 1950 yılında dünya nüfusunun %29'u kentliken 1965'te %36 'sı, 1990'da %50'si, 2025 yılında ise en az %60'ı kentli olacaktır. Çevresel bozunma artan nüfusla birlikte daha da çoğalacaktır. Kırsal kesimde yaşayanlar tükettikleri nesnelere ve atıklarını geri dönüştürebilirken, kente göç eden aynı kesim, kentte bunu yapamamaktadır. [19]

Kentsel ekoloji terimi 1920'lerde Chicago ekolüne mensup kent sosyologları tarafından, ekonomik grupların kent içindeki yer seçimlerini ve zaman içindeki yer değiştirmelerini açıklamak için kullanılmıştır. Tüm bu çalışmalarda insan ilişkileri ile flora ve fauna ekolojisi arasında bir benzetme (analoji) söz konusudur. [19]

Kentsel ekoloji madde ve enerjinin dolaşımı ile yakından ilgilidir. Bu dolaşım, enerji kaynaklarının üretim ve tüketimini olduğu kadar atıkların üretimini de içermektedir. Bu ilişki akımı, yapılaşmış olanlarda çevresinin yanısıra kentlilerin yaşam koşullarıyla doğa arasında gözlenmektedir. [20]

Enerji, su, madde ve atık dolaşımı yönetiminde izlenecek teknolojik yaklaşım öncelikle elektrik santralleri, düzenli atık depolama ve arıtma üniteleri gibi tesisler için çözümleri aramaktadır. Bu tür tesisler olmaksızın kentsel gelişmeden söz edilemez, ancak bu tür fonksiyonlar olumsuz etkileri en aza indirilecek şekilde gerçekleştirilmelidir. Kentsel ekosistemin fiziksel strüktürü; toprak, su ve bitkileri kapsar. Aynı zamanda bunlar üzerinde yer alan beşeri yerleşmeleri de içerir. Yerleşmelerin birbiriyle olan ilişkisi, yoğunluk farklılığı, bağlantıları, kentsel ekosistemin fiziksel strüktürünü oluşturur. [21]

Sonuç olarak kentsel yaşamın içinde yer aldığı ekosistem, parçalarının birleşiminden daha çok değer ifade eder. Kentsel ekosistem kendi içinde bir döngüdür. Bu, enerji ve mal akımı; hava toprak, su ve yaşayan/yaşamayan organizmaların döngüsüdür. Böylece kentler, kaynakları koruyabilir, atıkları minimize edebilirlerse ekonomik, güvenli ve estetik bir kazanç sağlanmış olacaktır. [21]

2.1.1. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ

Sürdürülebilir mimarinin hedefleri arasında yapay ve doğal çevrenin korunumu bulunmaktadır. Yapıyla ilişkili tüketilen enerjinin, bakım ve onarım maliyetlerinin, atık ve kirliliğin azaltılması; bunların yanı sıra yapı ürünlerinin verimliliğinin ve konforunun, yapı ve bileşenlerinin dayanıklılığının ve esnekliğinin artırılması gibi birbiri ile bağlantılı alt hedefleri vardır. Sürdürülebilirlik kavramı 3 ana başlık altında toplanır: bunlar ‘enerji ve doğal kaynakların korunumu’, ‘yapı yaşam döngüsü tasarımı’ ve ‘biyolojik yapı tasarımı’dır. Kaynakları dikkatli seçmek kaydı ile, binaların üretilmesi ve işletilmeleri sırasında kullanılan yenilenemeyen kaynakların miktarını azaltmak yapıda sürdürülebilirlik kavramının ilk prensibidir.

Bir yapıyı kaynaklar bağlamında ele alırken iki farklı kaynak akımı gözlenir. Birincisi kaynakların yapı ekosistemine doğru akışı ikincisi de kaynakların yapı ekosisteminden çevre ekosistemine akışıdır. Yapıda su, malzeme ve enerji korunumu, yapının sürdürülebilirliğini sağlayan en önemli etmenlerden biridir. [22]

Enerji korunumu, başka bir deyişle ekolojik ve sürdürülebilir tasarımın en önemli kriterlerinden biri olan kıt kaynakların ve enerjinin tutumlu kullanımı, bir iş için harcanacak enerjiyi en aza indirme çabalarının yanında, harcanan enerjiden en üst seviyede kazanç sağlama çabasını kapsar.

Sürdürülebilir yapı kavramının ikinci prensibi olan yapı yaşam döngüsü tasarımı, yapıda kullanılan bütün kaynakların yaşam döngülerini, doğadan toplanmalarından, oraya dönene kadar çevreye yaptıkları etkileri göz önünde bulundurarak ele alır. Yaşam döngüsü tasarımı, malzemelerin yapıda kullanılmadan önceki hallerinden, kullanıldıktan sonraki yararlı ve yeniden kullanılabilir hallerine doğru hiç bitmeyen bir sistem yaratmaya çalışır. Bir yapının yaşam döngüsü dört evreden oluşan bir modelle açıklanabilir. Bu evreler tasarım, inşaat, işletme ve yıkım olarak sıralanabilir. [22]

Mimarlıkta sürdürülebilirliği sağlayabilmek için, yapıların yaşam döngüleri boyunca sürdürülebilirlik ölçütlerine uygun kararlar alıp çevreye saygılı tasarımlar yapılmalı ve bina üretiminde çevreye duyarlı yapı malzemeleri kullanılmalıdır. Sürdürülebilirlik ölçütlerinin

küresel ölçekte yaygınlık kazanabilmesi için gelişmiş ülkelerde olduğu kadar gelişmekte olan ülkelerde de, insan ve çevre sağlığını dikkate alan, yapı malzemelerini yaşam döngüleri kapsamında irdeleyen bir yaklaşım benimsenmelidir. Yapının yaşam döngüsündeki her evrenin çevre üzerinde farklı etkileri vardır. Bu nedenle, “yaşam döngüsü değerlendirme” yönteminde, malzemenin yaşamını döngüsel bir süreç olarak ele almak, her evredeki çevresel etkileşim düzeyini tanımlamak ve yapı malzemelerini sistemler bazında ele alarak, irdelemek pratik yarar sağlar. [23]

Sürdürülebilir mimarinin son prensibi, biyolojik yapı tasarımında esas olan, kullanıcının ihtiyaçlarını sağlıklı ve doğal ortamdan elde edilen ekolojik malzemelerle sağlanmasını öngörmektedir. Bu prensip ekolojik dengelerin korunması, sağlıklı çevre koşullarının yaratılması, çevrenin tahrip olmasının önlenmesi gibi önemli faktörlerin yerine getirilmesini şart koşar. Bu yaklaşım, biyolojik kaynakların doğal halleriyle yapıda malzeme olarak kullanılmaları veya yakılarak enerji elde edimi nedeniyle, sürdürülebilirliğin temellerini oluşturmuştur.

Biyoenjerji, ağaç, mısır, fındık, buğday ve diğer hububat atıklarının değişik teknolojilerle işleme tabi tutularak içlerindeki karbon ve hidrojen enerjisinin açığa çıkarılması ve kullanımı prensibine dayanan bir enerji elde etme yoludur. Biyolojik Yapı Tasarımında esas kriterler doğanın kirletilmemesi, kullanıcı sağlığının gözetilmesi ve konfor şartlarının sağlanmasıdır. Bu şartlar termal şartlara uygunluk, görsel şartlara uygunluk, akustik şartlara uygunluk doğal elektriksel alanların korunması şeklinde sıralanabilir. [22]

Sürdürülebilir yapı malzemeleri, yaşam süreçleri boyunca en az düzeyde enerji harcayan, hammaddelerinin elde edilmesi, işlenmesi, kullanımı, bakım-onarımı ve atık oluşumları sırasında çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemelerdir. Sürdürülebilir mimarlıkta yapı malzemeleri, yapıların enerji tüketimi, doğal kaynakların korunumu, kullanıcı ve çevre sağlığı açısından önemli bir yer tutmaktadır. [24]

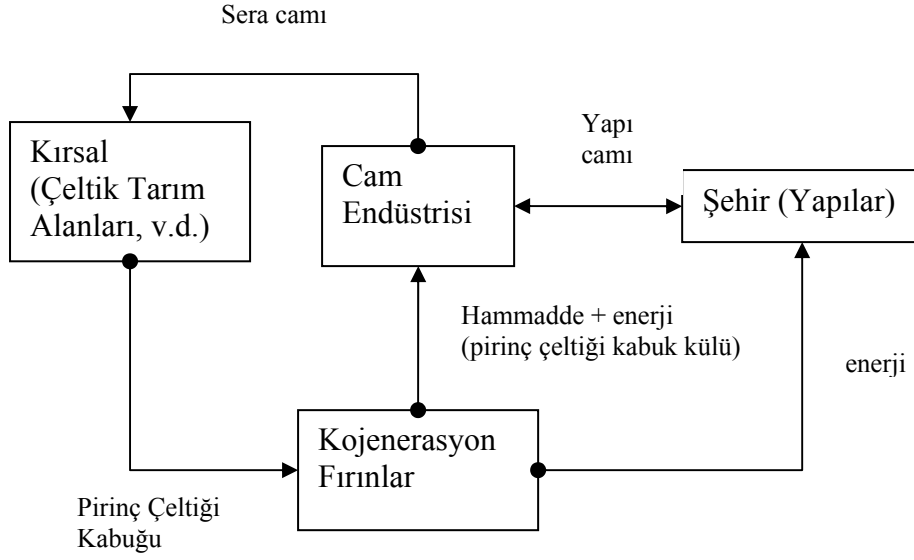
2.1.1.1. EKOLOJİK YAPILAR

Ekolojik yapı tasarımı insan ve doğa ilişkisini gözetererek, iklimsel ve topografik verileri vazgeçilmez bir ön veri paketi olarak kabul eden ve kaynakları tutumlu kullanmaya yönelik gayret gösteren bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, yapıları dünya ekolojisinin bir parçası ve yaşayan bir habitat olarak ele alır. [22]

Ekolojik yapı kavramı yeni bir tasarım sürecinin ürünü değildir. M.Ö 470-399 yıllarında yaşayan Sokrates güneye bakan evlerde kış güneşinin içeriye alınabildiğini ama yazın güneşin çatıların üzerinden geçerek evin gölgede kaldığını söylemiş ve bu durumda kış güneşini alabilmek için güney cephesinin yüksek, soğuk rüzgarlardan korunabilmek için de kuzey cephesinin alçak yapılmasını önermiştir.

Ekolojik yapılar, “çevresindeki doğaya, iklim koşullarına, topluma ve kültüre uyum gösteren, tarihsel süreklilik sağlayan, üretimde ve kullanımda minimum enerji tüketen, malzemeleri yerel olarak elde edilip kullanım sonrasında geri dönüşebilen, ekonomik kaynaklar kullanan ve ekosistem içinde bir döngüyü önerebilen tasarım ürünleridir. Ekonomik yönden kıt kaynakların etkin kullanımı ile ekolojik açıdan sürdürülebilirlik olanaklı olabilmektedir. Bu bağlamda da bir ekosistemin fiziksel unsurlarının bozulmadan korunabilmesi ve sistemde elde edilen kaynakların uzun dönemliliği çevre sistemlerinin etkin kullanımına bağlı bulunmaktadır. [7]

Ekolojik döngüler ve sürdürülebilir kalkınma ancak makro ölçekte ele alınırsa başarılı olabilir. Yaşadığımız kentleri ekolojik etkileri minimize eden, yapılandırılmış çevre ve doğanın denge içinde olduğu, ve binaların doğal kaynakları tüketmediği bir sistemler bütünü haline getirmemiz gerekmektedir. Kent ekolojisti Herbert Girardet'nin vurguladığı gibi şehirlerde döngüsel metabolizmalar oluşturmak gerekmektedir. Tüketimin geri dönüşüm politikalarıyla azaltıldığı ve enerjinin alternatiflerine ulaşılabilirdiği bir ortam yaratmalıyız. Bu tezde ilk defa gerçekleştirilen pirinç çeltiği kabuk külünden cam üretimi sonucunda Şekil 2.04'te, pirinç çeltiğinin, tarlalardan kojenerasyon fırınlarına akışı, kabuk külünün bu fırınlardan cam fabrikalarına ulaşması ve daha sonra cam yapı malzemesinin şehirlerde tüketilmesini ve geri dönüşümü bir silis döngüsü olarak verilmiştir.



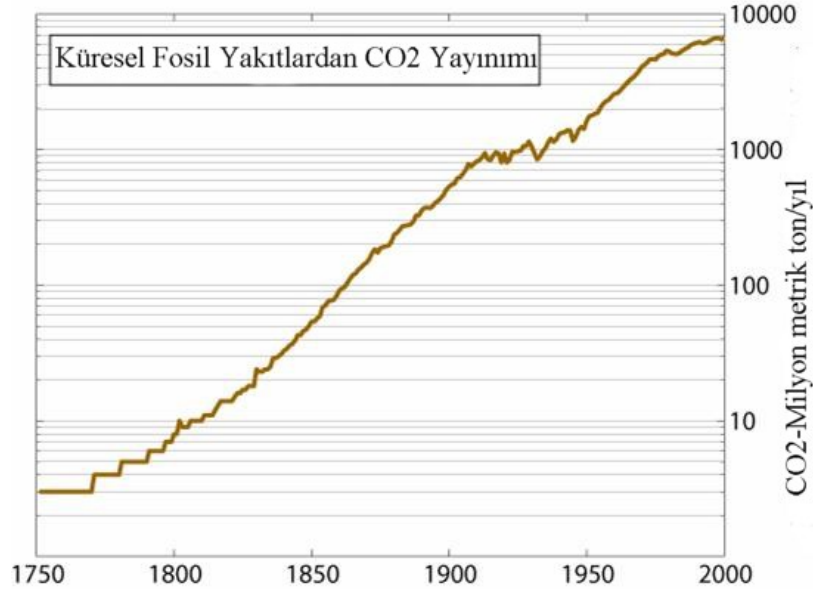
Şekil 2.04: Silis Döngüsü

Üretimden kaynaklanan kirlenme, yüksek enerji kaybı ve kaynakların bilinçsizce tüketilmesi sonucu kentler doğayı yok etme seviyesine gelmiştir. Her büyük kentte olduğu gibi sanayi, kentin etrafındaki tarımsal alanları, atıkları sayesinde kirletmekte ve bir süre sonra yok etmektedir. Oysa sanayi ve tarımsal atıklar da geri dönüştürülebilir. Yakın zamanda gelişmiş ülkelerde ve Türkiye’de oluşturulan atık borsası bunun bazı kentlerde ekolojik bilinçlenmeye doğru gidiş olduğunu göstermektedir. [7] Sanayi ve tarımsal atıklar iyi organize edilirse kentin ihtiyacı olan inşaat malzemeleri ve diğer maddeler bu atıklardan sağlanabilir. Kentler sürdürülebilir olabilmek için kaynak ithalcisi ve atık göndericisi durumlarını değiştirmek zorundadır. [25]

Kent ölçeğinde oluşan geri dönüşüm ve yeniden kullanım bilinci, yapılarda mikro iklimlendirme koşullarını pasif enerji tasarımlarıyla sağlayacak ekolojik malzeme (genellikle tarımsal kaynaklı) ve enerji etkin bina sistemleriyle örtüştüğünde; sürdürülebilir kalkınma gerçekleşebilir.

Mimarlar tasarladıkları yapıların mikro-iklimini kontrol altına alabilecek geniş mühendislik olanaklarına sahiptir. Diğer taraftan ekolojik bir tasarımla bina ölçeğinde ve yapı çevresinde

sağlanabilecek enerji tasarrufu konusundaki başarılar, yapıların mekanik yolla ısıtılması, soğutulması ve güç üretimi nedeniyle açığa çıkan CO₂ oranında önemli düşüş göstermesine yol açacaktır. [26]



Şekil 2.04: Yıllara göre fosil yakıtlardan kaynaklanan CO₂ yayını [56]

Sürdürülebilir kalkınma hedefini gerçekleştirebilmek için mikro iklimlendirme yoluyla enerji sarfiyatı yapan binalara pasif iklimlendirme tedbirleri ile hem enerji tasarrufu sağlayan hem de zararlı gazların salınımını en aza indiren malzeme ve sistemler kazandırmak gerekmektedir.

2.1.1.1.1. EKOLOJİK YAPI MALZEMELERİ

Ekolojik Yapı Malzemesi, enerji etkin, üretimi ve kullanımı sırasında gereğinden fazla enerji tüketmeyen, gerek enerji kullanımı gerekse içinde barındırabileceği zararlı maddelerle çevreye ve dolayısıyla yaşam sağlığına en düşük düzeyde zarar veren, uzun ömürlü, kolayca tamir edilebilen, yenilenebilen, ve geri dönüşebilen malzemelerdir. Bu kriterlere uyan yapı malzemeleri ancak tarımsal ürünlerden üretilenlerden olabileceği kesindir.

World Watch Institute'den alınan bilgilere göre binalar dünya ormanlarının 1/4'ünü, malzeme ve enerji kullanımının 2/5'ini ve kullanılan içme suyunun 1/6'sını tüketmektedir. Bu tehlike dünya nüfusunun ve bina sayısının artması ile daha da büyüyecektir. Dolayısıyla, ekolojik malzeme kullanılmasının teşvik edilmesi gün geçtikçe azalan, yenilenemeyen kaynakların korunmasında, kaynakların yada atık maddelerin akıllıca kullanılmasında ve böylelikle doğal eko sistemin korunmasında yardımcı olacaktır.

Malzemelerin ekolojik olma niteliği bir yada birden fazla kritere göre değerlendirilmektedir.

Bunlar;

- Kaynak kullanımındaki etkinlik: geri dönüşümlü, doğal, yenilenebilir, nispeten bol, yerel, enerji etkin, atığı az olan, sera etkisini azaltan, bir şekilde yeniden değerlendirilmiş, dürabil malzemelerin kullanımı,
- İç ve dış ortamın hava kalitesi; zehirli olmayan, üretim ve uygulamada hiç yada minimum seviyede kimyasal emisyonu olan, neme dayanıklı, bakımı yaşma sağlığına zarar vermeyen, hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunan malzemelerin kullanımı,
- Enerji kullanımındaki etkinlik: binalarda enerji tüketimini en aza indiren her türlü malzemenin kullanımı,
- Su korunumu; doğal su kaynaklarını koruyan, ve binalarda su tüketimini minimum seviyeye indiren her türlü malzemenin kullanımı

gibi kriterlerdir. Bunların dışında alım gücünün yetmesi de önemli bir etkidir. Bu kriter, ancak yaşam döngüsü değerlendirilmiş yapı malzemeleri ile geleneksel yapı malzemelerinin birbirine koşut özellikler taşıdığı durumda ele alınabilir. Aksi halde öncelik projenin maliyet tavanı aşılmadığı sürece mutlaka ekolojik malzemelerden yana olmalıdır. [15]

Yapılar, yaşam döngülerinin her aşamasında çevre üzerinde bir etki bırakırlar. Bu etki daha çok enerji ve doğal kaynak kullanımı ile bunların sonucunda ortama bırakılan gaz ve katı atıklar nedeniyle olmaktadır. Küresel olarak bir yılda tüketilen yer altı ve yer üstü kaynaklarının % 40'ını yapı sektörü kullanmaktadır. Bir çok gelişmiş ülkede olduğu gibi bizim ülkemizde de, toplam enerji tüketiminin % 47 gibi büyük bir oranını yapılaşma süreci kapsamaktadır. DPT raporlarına göre yılda toplam tüketilen suyun %15'i yapılarda içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Yapılar yaşam döngüleri boyunca, önemli

miktarlarda atık oluşmaktadır. Örneğin Amerika' da toprağa bırakılan atıkların % 28'i yapısal atıklardır. [27]

Bu gibi nedenlerle, yapı tasarımlarının, çevresel değerlere en az zarar vererek gerçekleştirilmesinin sağlanması, yapı sektörüyle ilgili her kesimin başlıca hedefi olmalıdır. Bunun için, yapıların çevresel etkilerini en aza indirecek bazı yöntemlerin bilinmesi ve uygulamada yapıya aktarılması gerekmektedir. Bunların uygulanma çokluğu ve başarısı oranında, yapılar ekolojik ve sürdürülebilir özelliklere sahip olacaklardır.

Bu yöntemlerden belki de en önemlisi, daha tasarımın başında, yapı malzemesi ve yapı teknolojisi seçimi ile ilgili doğru kararların alınmasıdır. Çünkü, yapıda bir çok görevi üstlenen yapı malzemeleri, kendi ekolojik özellikleriyle de doğayı ve çevremizi çok yönlü etkilemektedir. Yapıda kullanılan malzeme ve elemanların üretimi ve taşınması için kullanılan enerjinin, yapılaşma sürecinde tüketilen toplam enerjinin içindeki payı büyüktür. Yapı malzemeleri ayrıca, termal performanslarıyla yapıların kullanım-işletim aşamasında tükettikleri enerji miktarını etkilemektedirler. Geri dönüşebilme ve yeniden kullanılabilme özellikleriyle de, enerji ve doğal kaynak kullanımının ve atık miktarının azalmasına katkıda bulunmaktadır. Yapı içinde insan sağlığı için gerekli koşullar yine yapı malzemelerinin özellikleriyle bağlantılıdır. [27]

2.1.1.1.1.1. EKOLOJİK YAPI MALZEMELERİNDEN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Yapı malzemeleri, üretimlerinde dönüştürülmüş maddeler kullanılmasıyla, kendilerinin yeniden kullanılabilir, dönüştürülebilir ve dayanıklı olmalarıyla, doğal kaynak tüketimini azaltmakta ve kaynak koruması sağlamaktadırlar. Bu şekilde aynı zamanda enerji korunumu ve zararlı atık azalması da gerçekleşmektedir.

Tasarımcıların çevresel bir bakış açısıyla, en uygun yapı malzemesini kolayca tanıyabilmesi ve seçim yapabilmesi için, bir alt bilgiye gereksinimleri vardır. Bu bilgiyi kapsayan ve malzemeye ekolojik özellikler katan kriterler şunlardır;

-Dönüştürülmüş içerikli olması: Üretiminde dönüştürülmüş içerik kullanılması bir çok yeşil yapı malzemelerinin en önemli özelliği olmaktadır. Ancak, dönüştürülmüş içerik miktarıyla

ilgili kesin bir oran belirlenmemişse de, bu miktarın arttığı oranda yapı malzemesinin ekolojik olarak değerlendirileceği açıktır. Bu şekilde, çeşitli atıklar yeni bir doğal kaynak gibi görülüp değerlendirildiği için kaynak korunumu sağlanmakta ve atıkların neden olduğu kirlilikler azalmaktadır.

-Dönüşebilir olması: Bir yapı malzemesi veya elemanın kullanım ömrü sona erdiğinde, bazı işlemlerden sonra tekrar yeni bir malzeme üretiminde hammadde olarak kullanılması, önemli çevresel ve ekonomik yararlar sağlamaktadır. Bu şekilde, yeni kaynak tüketimini önlediği gibi atık halinin ortadan kalkmasıyla kirlilikler de azalmış olmaktadır. Ancak bu tür yapı malzemelerinin yenilerine göre daha az dayanıklı ve az ömürlü olabileceği de göz önüne alınmalıdır. Yurt dışında yapılan bazı çalışmalar, bu tür malzemelerin kullanılmasıyla önemli ölçüde doğal kaynak ve enerji korunumu sağladığını göstermektedir.[27].

Yapıların inşa edilmeleri sırasında ve binanın tüm ömrü boyunca kullanılan yapı malzemeleri üretimleri sırasında enerji tüketmektedir. Fosil yakıtlar yenilenmedikleri için ve yanmaları global ısınmaya neden olduğu için tasarımcılar tasarımlarında hangi malzemeleri kullanacaklarına dikkat etmelidirler. Kaynakların verimli bir şekilde kullanılması sorunun başka bir boyutudur. Örneğin ahşap küresel boyutta önemli olan doğal yenilenebilir bir kaynaktır. Dolayısıyla yapılarda kullanılan ahşap ürünlerin ya yeniden kullanılabilen ürünlerden ya da yönetmelikte olan kaynaklardan elde edilmesi zorunludur. [15] Bunun yanı sıra yapı malzemeleri geri dönüşümle yeniden sanayiye kazandırılmalıdır.

Binalar ozon tabakasının zarar görmesine sebep olan CFC, HCFC gibi gazların emisyonlarından sorumludur. Bunlar köpük haline getirilmiş çeşitli yalıtım malzemelerinin üretilmesinde şişirici gaz olarak kullanılmaktadır. Mimarlar global ölçekte alınabilecek tasarım kriterleri kapsamında geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması, doğal çevreyi en az zedeleyecek malzemelerin seçilmesi gibi unsurları göz önünde bulundurulmalıdır. [15]

Yeni ihtiyaçları karşılayabilmek için gelecekte malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi ve değişik üretim tarzları gerekli olacaktır. Malzemede iyileştirme çeşitli kimyasalları hammaddeye ekleyerek gerçekleşmektedir. Bu kimyasalların uzun vadede doğaya ve insan sağlığına negatif etkileri olacaktır. Bilinçsiz üretim sektörlerinin zararlı hammadde ve atık depoları kırsal veya tarımsal alanlarda çoğalmakta ve giderek doğal yaşam mekanları

azalmaktadır. Bu durum özellikle inşaat alanında faaliyet gösteren tasarımcılar ve firmaların hızlı ve amaca uygun bir düşünce sistematığı değişikliğini gerektirmektedir. [28]

Dünyada yoğun biçimde yaşanan çevre sorunları karşısında çözüm arayışları sonucunda yeni yönelimler ortaya çıkmıştır. İnsan için yapılan tasarımlarda ve planlamada çevre bir ana karar ölçütü olarak devreye girmektedir. [27]

İnsan ve çevre sağlığını etkileyen olumsuzlukların en aza indirilmesi için, yapı malzemelerinin yeni özelliklere sahip olması gerekmektedir. Ekolojik, yeşil, çevre dostu vb. isimlerle anılan bu tür yapı malzemeleri, kullanıldıkları yapıların çevresel etkilerini azaltabilmelidirler. Çevresel değerleri ve insan sağlığını gözetilen bu beklentiler, yapı malzemesinin kullanıldığı yapılara da ekolojik özellikler kazandırmaktadır.

Bu çerçevede çevre sorunları göz önüne alındığında, çağdaş yapı malzemelerinin şimdiye kadar bilinen işlevleri yanında, yaşam döngüleri boyunca, ayrıca aşağıda açıklanan özelliklere de sahip olmaları istenmektedir. [24]

- 1- Doğal ve tükenbilir-sınırlı kaynakları koruması,
- 2- Enerji koruması,
- 3- Çevre ve insan sağlığına zarar vermemesi.

Burada yapı malzemelerinden beklenen; yapıya ekolojik özellikler kazandıran iyi performanslarıyla birlikte, kendilerinin de ekolojik özelliklere sahip olmasıdır. Bu özelliklerin hepsinin bir arada gerçekleşmesi zor olsa da, bunların mümkün olduğu kadar çok sağlanması, yapı malzemesinin, dolayısıyla da bu yapı malzemesinin kullanıldığı yapının ekolojik seviyesini yükseltmektedir. [24]

2.1.1.1.1.2. ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Hızlı ve dengesiz kentleşmeye karşı, geleceğin kentleri ile ilgili arayışlar, kent ile kırsal çevre arasındaki dengenin nasıl yaratılacağı ve ekolojik duyarlılığı olan çevrelerin nasıl biçimlendirileceği bir çok mimar ve doğasever tarafından değişik vizyonlarla ortaya atılmıştır.

Yeşilcilerin başlattığı geri dönüşüm ve atıkların değerlendirilmesi ilkeleri artık belediyeler ve yerel yönetimler tarafından da desteklenmektedir.

Atık yönetim politikaları atığın kaynağında önlenmesini gerektirir. Tümüyle atıksız bir üretim olamayacağı için yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden üretim ve enerji iyileştirme gibi atığın uygun değerlendirme biçimleri ele alınmalıdır. Yapı sektörü, öncelikle kendi atık ürünlerini sınırlayarak, başka endüstriyel sektörlerdeki, hem de kendi alanındaki geri dönüşümlü atıkları kullanarak gittikçe artan bir ivme ile çevresel kirlenmeyi aşacak girişim içinde olmalıdır. [26]

Son yıllarda hızlı sanayileşme sonucunda, artan hammadde ihtiyacı ve enerji ile doğal kaynakların tüketimi, atık oluşumunu hızlandırmaktadır. Bu atıkların çevre kirliliğine neden olmaması için izlenecek yol atık oluşumunu engellemek, önlenemeyen durumlarda ise atık miktarını azaltmaktır.

Ancak yine de birçok üretim prosesinde kullanılan maddelerin atık olarak ortaya çıkması kaçınılmazdır. Oluşumu engellenemeyen bu atıklar üretim sürecine kazandırılarak tekrar kullanılabilir. Tekrar kullanılamayanlar ise başka üretici firmalarda ikincil hammadde olarak geri dönüştürülebilir.

Atık Borsası kurulması fikri, bir firmaya yada kuruma ait atıkların başka bir firma ya da kurum için hammadde niteliği kazanabilmesinden hareketle ortaya çıkmıştır. Atık borsasında yapılmak istenen, yakın bir zamana kadar sadece sorun olarak görülen atıkları, ekonomik bir değer haline getirmek ve onları atık olmaktan çıkarıp hammadde olarak değerlendirmektir.

Atık Borsaları, atık üreticileri ile bu atıkların geri dönüşümü ve tekrar kullanımıyla ilgilenen firmaları bir araya getiren bir pazardır. Bu sayede, hem alıcı firma pahalı hammadde almak yerine daha az maliyetli hammadde temin edebilmekte hem de satıcı firma atıklarını yok etmek için ödemek zorunda olduğu bedelden kurtulmuş olmaktadır.

Atıkların bu şekilde hammadde ve/veya başka amaçlara yönelik olarak yeniden kullanılması yada geri dönüştürülmesi; toprak, su hava ve bu ortamlardaki canlılara zarar vermeyecek şekilde nihai uzaklaştırılması anlamına gelir. Böylece atıkların sanayiye geri kazandırılması ile kaynak tasarrufu yanında dolaylı ve doğrudan çevre kirlenmesi azalır. Bunun yanında

doğal kaynakların verimli kullanımı sağlanır, hammadde üretimi için daha az enerji tüketilir. Tüm bu etmenler oluştuğunda ve sürdürüldüğünde gelecek kuşaklara kirlenmemiş doğa ve refah seviyesi yüksek bir ülke bırakılmış olur.

Atık Borsaları ilk kez Almanya'da Hamburg Ticaret Odası tarafından 1970 yılında başlatılmıştır. Atık Borsaları halen Almanya, Hollanda, İngiltere ve A.B.D. gibi ülkelerde faaliyetlerini sürdürmektedir. Türkiye'de ise Atık Pazarları 1990 yılında Kocaeli Sanayi Odası ve TÜBİTAK-MAM işbirliği ile kurulmuştur. 1997 sonlarına doğru Türkiye'nin ilk Tehlikeli Atık Yakma Ve Endüstriyel Atık Depolama Tesisi İzmit'te açılmıştır. Günümüzde İstanbul, Manisa, Bursa, Denizli, Ankara, Çorum, Gaziantep, Adana ve Kayseri Sanayi ve Ticaret Odaları ile TOBB ve Ege Bölgesi Sanayi Odalarında (EBSO) atık borsaları bulunmaktadır.

Atık Borsasının ilk 6 ayında rekor seviyede işlem hacminin gerçekleşmesi bu sistemin ülkemiz ekonomisinin kalkınmasında ne kadar büyük payı olduğunu göstergesidir. Yakın bir zamanda tarımsal atıkların da bu Borsada yerlerini alacağı ve sanayide kullanılacakları öngörülmektedir. Pirinç çeltiği kabuğunun yakılması ile elde edilecek enerji ve pirinç çeltiği külünün cam sanayinde kullanılabilecek olması ekonomik kalkınmayı daha da hızlandıracak ve tarımsal atıkların geri dönüşümü ile doğadaki ekolojinin korunması avantajı elde edilecektir.

Günümüzde bir çok üniversite ve araştırma kurumu tarımsal atıklardan malzeme üretme yoluna başvurmuştur. Bunun altında yatan nedenler; ekolojik dengeyi bozmamak, ve doğanın korunmasına geri dönüşüm yoluyla önemli bir katkı yaratmaktan ibarettir. Diğer yönden tarımsal atıklar ucuz ve doğaldır.

Dünya üzerindeki topraklar kıraç ve çorak arazilere daha sonra da çöllere dönüşmektedir. Böyle bir sürecin gelişiminde, hava ve su kirlenmesi, küresel iklim değişimi, hızlı nüfus artışı gibi temel ekolojik sorunlar hiç kuşkusuz büyük rol oynamıştır. Toprak bütün canlıların yaşamında özel bir yeri olan yeniden üretilmeyen değerli bir kaynaktır. Toprak kirliliği veya kirlenmesi, toprağın üstüne ve içine bırakılan veya başka yerlerden gelen zararlı atık maddelerin, toprağın niteliğini bozmasıdır. Başka bir tanımla toprağın verim gücünü düşürecek, optimum toprak özelliklerini bozacak her türlü teknik ve ekolojik baskılar ve olaylardır. Toprağın kirlenmesine neden olan kaynaklar iki grupta toplanabilir: bunlardan birincisi toprak dışındaki ekosistemlerde meydana gelen çevre kirlenmesinden kaynaklanan

kirleticilerdir. Diğeri ise, insanlar tarafından toprağın içine ve üstüne getirilen zararlı maddelerdir. Bunlar tarımsal aktivitelerle toprağa verilen yapay gübreler, tarımsal zararlılara karşı kullanılan kimyasal mücadele ilaçları, hormonlar, tarımsal atık maddeler gibi kirleticilerdir. Her iki gruba giren maddeler inorganik yada organik olabilir. [18] örneğin Çin, Hindistan, Bangladeş gibi pirinç üretimini fazla olduğu ülkelerde Pirinç eltiği Kabuk Külü değerlendirilmezse işlenebilir topraklara atılacak, toprağın yapısını değiştirip geri dönülemez oranda kirletecektir.

BÖLÜM 3: EKOLOJİK YAPILARDA ISI YALITIMLI CAM YAPI MALZEMESİ GELİŞİMİ

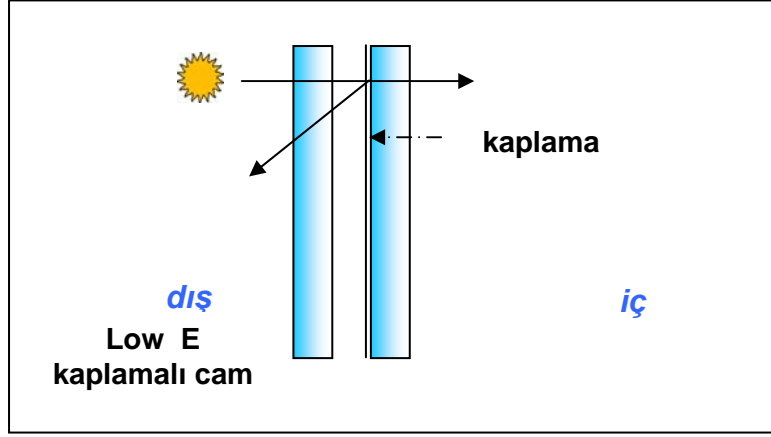
3.1. EKOLOJİK YAPILARDA ISI YALITIMLI CAM YAPI MALZEMESİ

Sürdürülebilir mimarlık için gerekli olan en önemli ilke enerji kaynağı bulmak ve bu enerjiyi de verimli şekilde kullanmaktır. Diğer ilke tükenbilir kaynakların en az oranda kullanımınıdır. Binalarda tüketilen enerjinin büyük miktarı iklimlendirme ihtiyacı için harcanmaktadır. Bu bağlamda tüketilen enerjiyi en az seviyeye indirmeyi hedefleyip bunun yanında bu enerjiyi de kaybetmemenin yollarını aramalıyız. Pencere ısı yalıtımının iyileştirilmesi gereken en önemli yapı bileşenleridir.

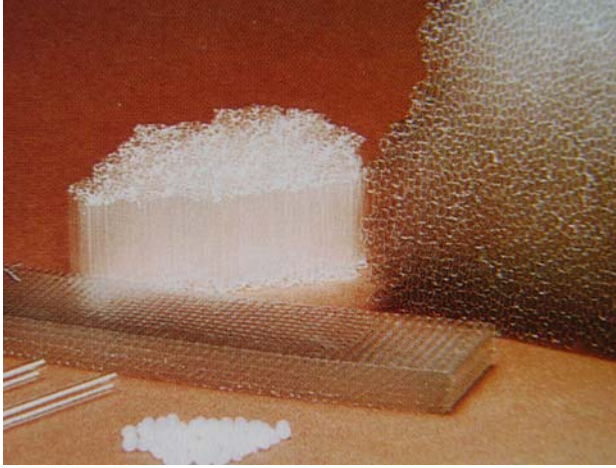
Binaların, sürdürülebilir kalkınmanın birer parçası olabilmeleri için, şu adımların atılması gerekmektedir: En önemli adım binalarda ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan ve yalıtımın kötü olmasından dolayı kaybedilen enerjinin, en aza indirilmesi çalışması olacaktır. Bu da ancak daha iyi ısı yalıtımı sağlayan malzeme kullanımı ile olabilir. Atılacak ikinci önemli adım ise binalarda kullanılacak iyi ısı yalıtım malzemelerinin mümkün olduğunca ekolojik olabilmesi ve geri dönüştürülebilir olmasıdır. Eğer atık malzemelerden yapılabiliyorsa bunun ekonomik olarak kalkınma hızını arttıracacağı kesindir. Atılacak üçüncü önemli adım ise bütün bu özelliklerin yanı sıra düşük enerji ile elde edilebilen bir yalıtım malzemesi optimum kazanç sağlayacaktır.

Yapılarda camla sağlanan enerji tasarrufu açısından yalıtımda iki farklı boyut söz konusudur. Bunlardan birincisi ısı yalıtımı; ikincisi ise güneş kontrolüdür. Saydamlığı nedeniyle cam güneş kontrolünde çok özel bir konuma sahiptir. Camın yalıtımı gerek soğutma gerekse ısıtma açısından pasif bir önlem, yani bir tasarruf aracıdır. [29] Enerjinin verimli kullanımında camın önemi, bina içi ile dışı arasındaki ilişkileri düzenleyici ve ortam dengeleyici yeteneklerinde saklıdır. Camın çeşitli yeteneklerini akılcıca kullanmak ise tasarımcı ve kullanıcılara düşen bir görevdir.

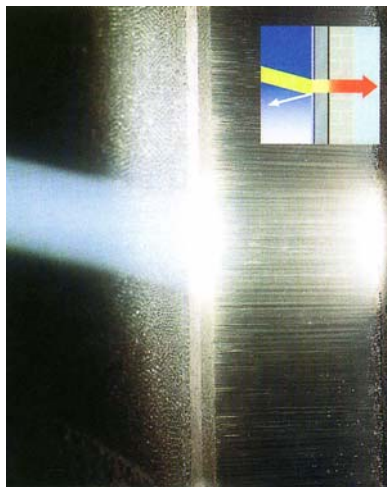
Isı yalıtımının yanında bina kabuğunun ısı kazanması da gerekmektedir. Bu ihtiyaçları pencere yoluyla karşılayabilmek için çeşitli cam alternatifleri geliştirilmiştir. Renkli camlar, fotokromik camlar, fotosensitif camlar, elektrokromik camlar, saydam kompozit camlar, reflektif camlar, low-e camlar gibi.



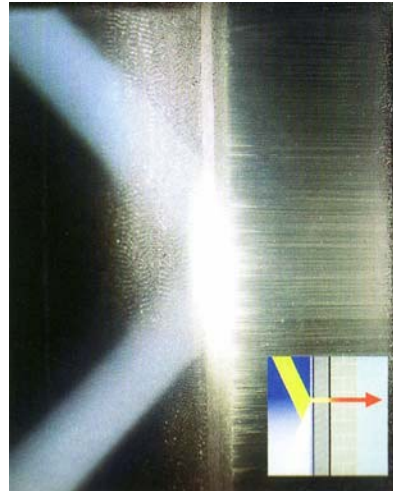
Şekil 3.01: Low-e kaplamalı camlarda güneş ışınlarının kontrolü



Fotoğraf 3.01, 3.02: Saydam Kompozit Malzeme içinde yer alan güneş ışınlarını kontrol etmeye yarayan plastik esaslı kapiler tüpler ve aerojeller



Kış aylarındaki ısı akışı



Yaz aylarındaki ısı akışı

Fotoğraf 3.03, 3.04: Saydam Kompozit Malzemelerde güneş ışığı kontrolü

Saydam kompozit malzemeler (transparent insulation material) güneş ışınlarını kontrol etmede oldukça etkindirler. Üretimde ağırlıklı olarak polimetilmetakrilat (PMMA) ve Polikarbonat (PC), teflon vb. kullanılır. Cam borucukların iletkenliğinin azaltılabilmesi için çeper kalınlığı 70-100 nanometre ile sınırlandırılır. Ancak maliyetleri çok yüksektir.

Güneş kontrolü sağlayan camların belli başlı iki görevi vardır. Bunlardan birincisi güneş kontrolü sağlamak ve böylece:

- soğutma giderlerinin azaltılması;
- pencere önlerindeki bunaltıcı sıcaklığın azaltılması ve bazen de
- güneşin aşırı parlaklığının azaltılmasıdır.

Bunlardan ikincisi ise ısı kontrolü sağlayarak:

- ısıtma giderlerinin azaltılması
- pencere önlerindeki soğuk bölge olgusunun giderilmesi ve
- camlamanın odaya bakan iç yüzündeki terlemenin denetlenmesidir.

Bir odada ısının %80'i pencere camı tarafından soğurulabilir. Soğuk iklimlerde yalnız içerideki ısının dışarı kaçmasına engel olmak yeterli olmaz; aynı zamanda pasif ısıtma önlemi olarak güneş enerjisinden faydalanmak da gerekir. [30]

Buradan yola çıkarak; çöl iklimlerinde gece ve gündüz sıcaklık farkını göz önüne aldığımızda, yapı kabuğunda kullanılacak malzemenin, gündüz dışarıdaki yüksek ısıyı içeri almayacak ve gece olduğunda da dışarıdaki düşük ısının içeriye etkilemesini engelleyecek bir yalıtıma sahip olması gerektiğini söyleyebiliriz. [22]

Yapıya, çevre koşullarına ve içindeki yaşama uygun cam çözümleri bağlamında ışık, görüntü, gürültü, güvenlik ve dayanıklılık ölçütleriyle karşılaştırıldığında, iklim kontrolü özel ve ayrıcalıklı bir konumdadır. İklim kontrolü hem ısıtma hem de soğutma yüklerinin azaltılması ve uygun yaşam koşullarının sağlanması demektir. Uygun çözümler ham camın farklı özellikler kazandırılmasıyla örneğin low-e kaplama veya renk verilmesiyle yaratılabilir. [31]



Fotoğraf 3.05: Dış cephede ısı soğuran füme cam kullanımı. Maritim Oteli Bonn, Almanya
[32]



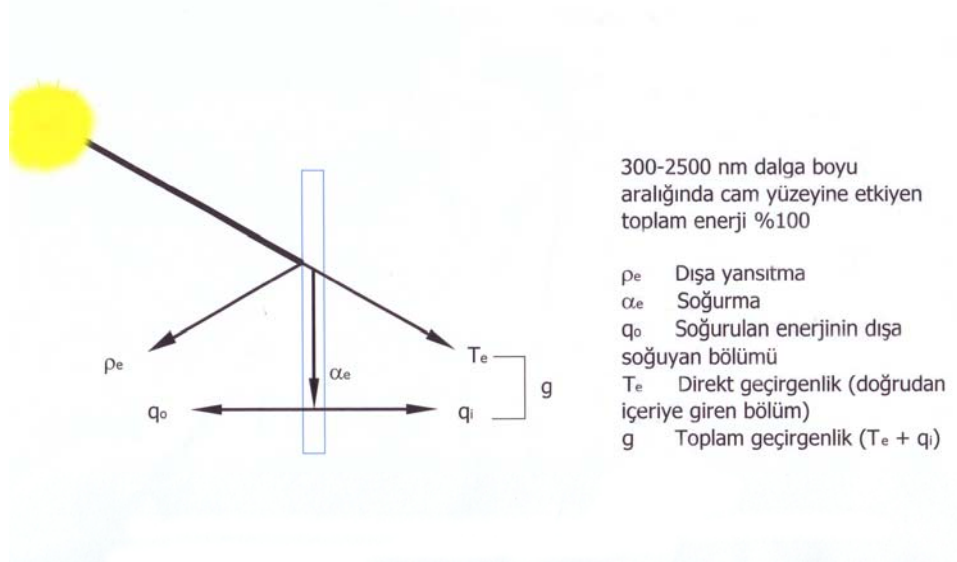
Fotoğraf 3.06: Saydam Kompozit, ısı soğuran füme cam ve low-e kaplı camların bir arada kullanımı. Savings Bankası Kiel, Almanya. [32]

Bu çözümler içinde bugüne kadar yapıla gelen uygulamalar şunlardır: Çift camlar arasında tutulan durgun ve kuru hava veya asal gazlar, aerojel, PMMA gibi kılcal tüpler, cam hamuruna eklenen renklendiriciler, güneş ve Low-E ısı kontrol kaplamaları. Amaç, koşulları ve camı iyi tanıyarak, uygun özellikleri bir araya getirerek ve doğa ile birlikte davranarak ekonomik ve ekolojik kazançlar sağlamaktır.

3.1.1. ISI İŞİNIMI VE GÜNEŞ KONTROLÜ SAĞLAYAN CAMLARIN TANIMI

Güneş ışınımı kontrolü sağlayan camlar, gerek soğutma gerek ısınma açılarından pasif önlemlerdir; yani soğutma ve ısıtma tesisatına sadece yardımcı olurlar. İklim kontrol camlar kullanıldığında gece ile gündüz sıcaklık farklarını en aza indirerek ısı tasarrufu yapılmış olur. [33]

Isı kontrolü sağlayan camlar arasında en az enerjiyle elde edilen renkli camlardır. Renkli camlar düz cam kompozisyonuna metal oksitlerin katılmasıyla oluşturulur. Cam kompozisyonuna metal oksitlerin eklenmesiyle cam yüzeyine gelen ışınlar soğurulur. Eğer camda bulunan maddelerin enerji seviyesi ayrımları ışının herhangi bir dalga boyundaki rengin fotonuyla uyuşursa (karşılaşırsa) bu renk soğurulur.



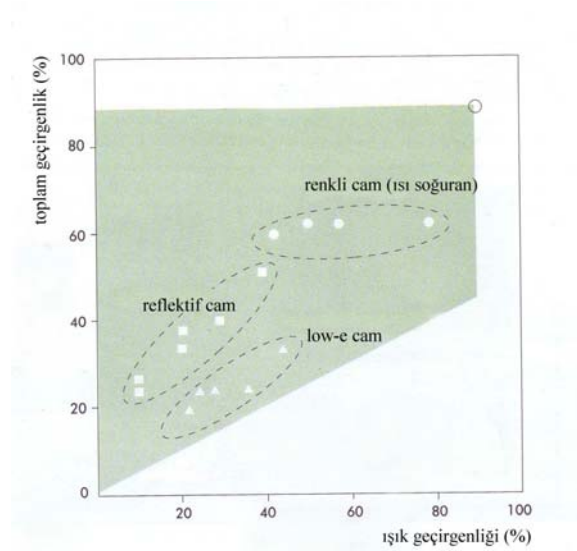
Şekil 3.02 camda ışık geçirgenliği, yansıtma ve soğurum bağıntıları

Yeşil ve füme renkli cam, yapılarda en çok kullanılan ısı soğuran üründür. Sadece düşük seviyelerdeki yakın kızılötesi bölgedeki ışınları geçirir; Yeşil renkteki camlar demir oksit içerirler ve 700 ila 2500 nm arasındaki dalga boyundaki ışınları soğururlar. Füme renkteki camlar nikel oksit içerirler ve selenyum içeren bronz camlar gibi parlamayı önlemek amacıyla üretilirler. [22]



Fotoğraf 3.07: Cam sundurma. Hampstead, Londra [35]

Gün ışığını geçirmekle beraber infrared ışınlarını geçirmeyen ve ortamın ısınmasına mani olan özel camlar da yapılmıştır. Cama bu özelliği, bileşimindeki %0.7-0.8 oranındaki demir oksit sağlar.

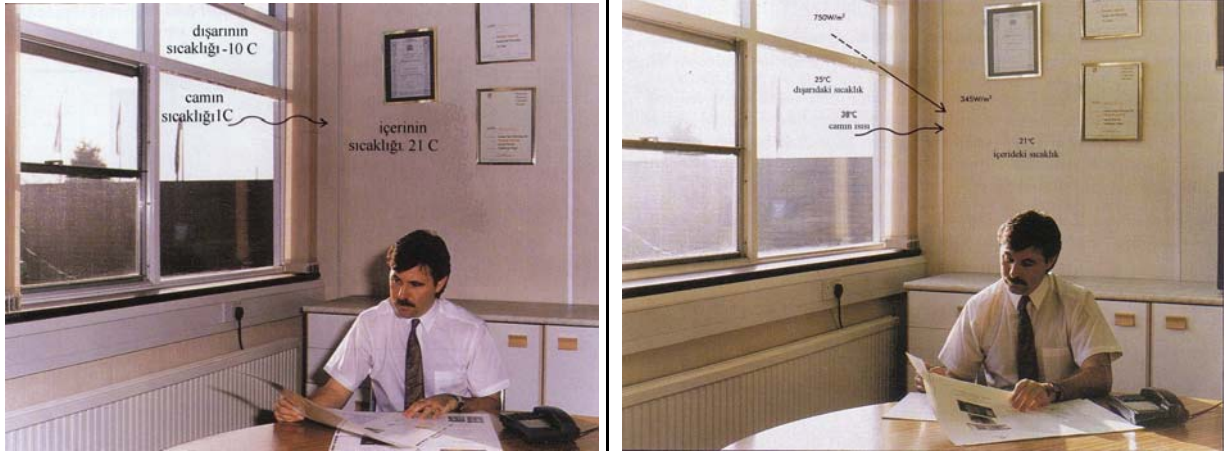


Şekil 3.03: Renkli cam, reflektif cam ve low-e kaplamalı cam ışık geçirgenliği karşılaştırması[35]

Camlama Cinsi, Koruma Düzeni	Işın Geçirgenliği (%)
-Gölgelendirici olarak ısıdan korunma camları- (Dış tarafa pencereden en az 300 mm aralıkla yerleştirilmiş)	
Renk: koyu yeşil	25
açık yeşil	40
gri, kahverengi	45
-Dış Cam Olarak Isı Korunum Camları-	
Renk: koyu yeşil	55
açık yeşil	65
gri, kahverengi	70
-Düz Şeffaf Cam-	
Basit Camlar (Normal Cam)	92
Çift Cam Bitişik Çerçevesi	85
İki cam tabakalı Isıcam	85
Üç cam tabakalı Isıcam	78
Dört cam tabakalı Isıcam	72

Çizelge 3.01: Isı kontrolü sağlayan camların ışın geçirgenlikleri [34]

Sıcak iklimlerde güneş enerjisini yansıtan cam kaplamaları (low-e) kullanımı ihtiyacı doğar. Bu amaçla yansıtma gücü yüksek camlara ihtiyaç vardır. Soğuk iklimlerde camın enerji emme özelliğinin artırılması gerekmektedir. Bu da cama kızıl ötesi güneş ışınlarını emen renklendiricilerin ilavesi ile sağlanabilir. Bunun için cama, demir oksit ve diğer renklendiriciler (Ni, Se, Cu) ilave edilebilir. Isı tutucu camlar, genellikle mavi-yeşil, gri ve bronz renklidirler ve görünür ışığın %30-75'ini, kızıl ötesi ışığın ise %50-90'ını emerler.



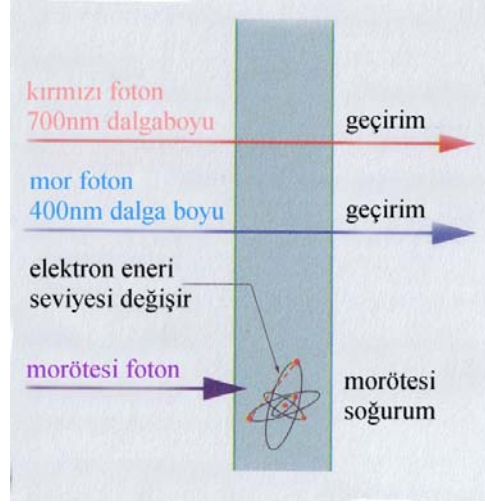
Fotoğraf 3.08: Pencerelerinde ısı soğuran cam kullanılmış bir ofis binasında sırasıyla kış ve yaz ayları iç /dış ortam sıcaklığı karşılaştırmaları. İç ortamın sıcaklığı camdan 1 metre uzakta ölçülmüştür.

Güneş ışığı, dalga boyuna bağlı olarak üç çeşit ışığın birleşmesinden oluşur: Mor ötesi (ultraviöle -UV), görünür (visible) ve kızılötesi (infrared -IR). UV ışığın dalga boyu, 380 nanometrenin (nm) altındadır. (1nm=1 milimikron $\langle \mu \rangle = 10^{-9}$). Kızılötesi ışığın dalga boyu ise, 780 nm'nin üzerindedir. 380 nm ile 780 nm arasındaki ışık, görünür ışığı oluşturur. Görünür bölgede ışık, dalga boyuna bağlı olarak; mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renklerden oluşur. İnsan gözü, sadece görünür bölgedeki ışıklara karşı duyarlıdır.

Radyasyon enerjisi dalga boyu ile ters orantılıdır. Dalga boyu ne kadar uzun olursa, enerjisi o kadar az olur. 400-700 nm dalga boyu aralığında yer alan morötesi ve görünür bölgede ışığın frekansı yüksek, dalga boyu kısadır. Güneş ışınlarında, 400-700 nm dalga boyları arasındaki (görünür bölgedeki) enerji miktarı %53'tür. Kızıl ötesi bölgedeki enerji miktarı ise % 44'tür.[35] Bu bilgiler ışığında ısı soğuran camların, yalıtım işlevini yerine getirebilmeleri için mümkün olduğunca kızıl ötesi ve görünür bölgedeki ışınları içeriye almamaları gerekmektedir. Ancak camın görsel geçirgenlik özelliklerine sahip olması için şeffaflığını belli bir dereceye kadar koruması gerekmektedir.

3.1.1.1. CAMDA TAYFSAL GEÇİRİMLİLİK (SPEKTRAL TRANSMİSYON)

Işınlardaki foton parçacıklarının camdan geçerken nasıl davrandıklarını ve dalga boyuna bağlı olarak enerjilerini yitirip yitirmediklerini bilmek yeni malzeme geliştirmede önemli katkılar sağlayacaktır.



Şekil 3.04 camda dalga boyuna bağlı olarak fotonların soğurulması

Elektromanyetik radyoaktif parçacık teorisi bize, ışığın değişik enerji seviyelerindeki fotonlardan ve bu seviye farklılıklarının renkleri oluşturduğunu izah etmektedir. Foton enerjisi dalga boyu ile ters orantılıdır. Örneğin kırmızı ışık (dalga boyu 700nm) seviyesindeki bir fotonun enerjisi, mor ışıktaki (dalga boyu 400nm) bir fotonun enerjisinin %57'si kadardır. Geçirim ve soğurum olayları tamamen fotonların malzemenin atomlarındaki yada moleküllerindeki elektronlarına çarpmalarıyla ilişkilidir. [35]

Camın tamamen saydam olabilmesi için valens elektron enerji hallerinin fotonlarla uyuşmaması gerekir. Eğer maddenin enerji seviyesi ayrımları herhangi bir rengin fotonuyla uyuşursa (karşılaşırsa) bu renk soğurulur. Düz şeffaf camda görünür bölgede fotonlar soğurulmaz. Bir çok camda valens elektronların enerji ayrıştırmaları morötesi izgede gerçekleşir. [35]

Isı ışıını (radyasyon) enerjisi dalga boyu ile ters orantılıdır. Dalga boyu ne kadar uzunsa enerjisi o kadar düşüktür. Solar radyasyonda dalga boylarına göre ısı enerji dağılımı şöyledir:

morötesi	%3
görünür ışınlar	%53
yakın kızılötesi	%44 [35]

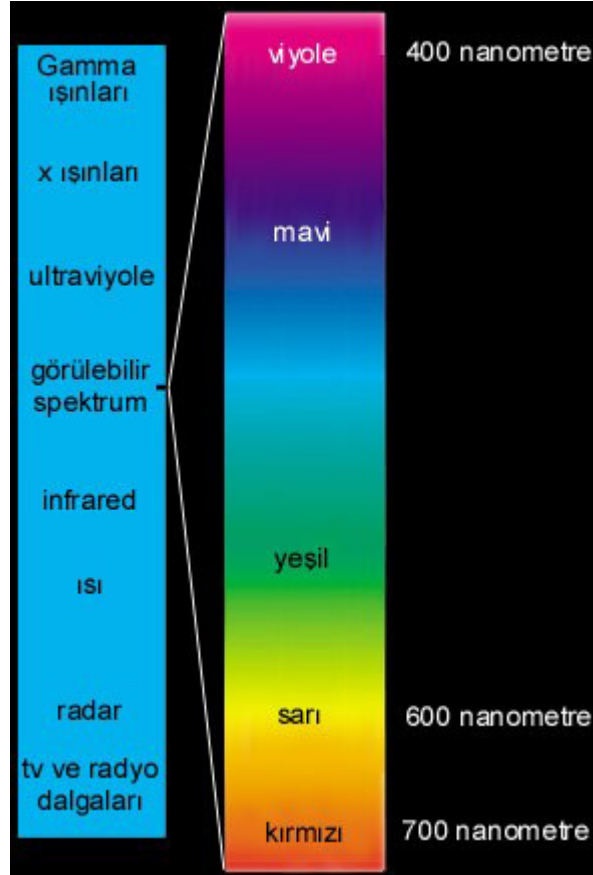
3.1.1.1.1. CAMDA MORÖTESİ (UV) GEÇİRİMLİLİĞİ

Atmosfer güneşten gelen kısa dalga ışınlarının bir kısmını soğurur. 290 nm'nin altındaki tüm ışınlar emilir. Normal pencere camı 310 nm den küçük morötesi ışınlarını geçirmez. Günümüzde UV ışınlarının kumaşları soldurduğundan dolayı geçirimliliği istenmemektedir. 1920'li yıllarda, hastane odalarındaki pencere camından, vücudun ihtiyacı olan D vitamininin alınabilmesi için, UV ışınlarının 290 ila 320 nm dalgaboyları arasında geçmesi gerektiği ortaya konmuştur. Enerji bazında bu aralık toplam güneş ışıınıının %5'inden azını oluşturmaktadır. O yıllarda, bu ışınların terapi etkisinin, camlardan hasta insanlara eksiksiz aktarımı arzu ediliyordu. Yüksek oranda UV geçirimliliği, cam kompozisyonunun içindeki demir iyonlarının % 2'den az olmasına bağlıdır. Standart düz cam kompozisyonu UV geçirimliliği 260 nm'den başlamaktadır.

Ofis, okul ve evlerde UV geçirimliliği bu boyutlarda olmaması gerektiği kabul edilmiştir. Doğrudan gelen UV ışınları belirli bir süre sonra insan sağlığını olumsuz etkilediği görülmüştür. Bu nedenle hastanelerde camlardan geçen UV ışınlarının dolaylı olarak hastalara ulaştırılması gerekmektedir. Hepsinin ötesinde UV geçiren camlar her koşulda kullanılmadığı açıkça ortadadır. 1939 da başlayan II. Dünya Savaşı sonrası üretimine ara verilmiştir. Daha sonra maliyeti yüksek olduğundan dolayı tekrar üretilmemiştir. Çünkü büyük çapta cam üretiminde demir oranını % 1 'den aşağı çekilmesinin maliyeti arttırdığı ortaya atılmıştır. [36]

3.1.1.1.2. CAMDA GÖRÜNÜR BÖLGE VE DİREKT GÜNEŞ ENERJİSİ GEÇİRİMLİLİĞİ

Güneş ışınlarının görünür bölgede de enerji taşıması, gün ışığı geçirgenliği yüksek tutuldukça direkt güneş enerjisi geçirgenliğinin de artmasına sebep olur. Bu yüzden, her iki değer de birlikte düşünülüp optimize edilmeli ve sıcak iklim bölgelerinde, tercihlere bağlı olarak görünür bölge geçirgenliğini de düşürerek aydınlatma giderlerinin bir miktar artmasına göz yumarken soğutma giderlerinden etkin tasarruf sağlanmalıdır. [37]



Şekil 3.05: Görünür bölgenin 400-700 nm aralığındaki dalgaboyunda yer alan renklerin dizilişi

3.1.1.1.3. KIZIL ÖTESİ BÖLGE GEÇİRİMLİLİĞİ

Işık, camlardan kolayca geçebilmektedir. Çünkü ışığın enerjisi camın bünyesindeki elektronik enerji hallerinde bir değişim yada bir titreşim yaratamayacak kadar etkisizdir. Bunun tersi olduğunda soğurum gerçekleşecektir. [38]

Kızıl ötesi bölgedeki tayfsal geçirimsizlik 780 ila 30,000 nm arasında değişkenlik göstermektedir. Kızıl ötesi bölge yansıtımı UV bandı ile benzerlik taşımaktadır. Bu eğri 5000 nm de keskin bir düşüşe sahiptir. Bu düşük dalga boyunun nedeni camın bünyesinde barındırdığı su içeriğidir. Sonuç olarak camda yansıtma soğurumdaki değişkenlikten ötürü maksimuma ulaşmaktadır. [36]

Kızıl ötesi bölgede bir çok optik soğurum titreşimsel geçişler vasıtası ile gerçekleşir. Bu soğurumlar üçe ayrılır: gazlarla yada bağlı hidrojen izotopları ile alakalı safsızlık (impurity) soğurumu, kızıl ötesi önleyicileri yada multifonon ucu, ve temel yapısal titreşimler sonucu olanlardır.

Tüm oksit camları, hidroksilleri belli formlarda içermektedir. Camlaştırılmış siliste Si-OH soğurum bandı önce 2730 µm dalga boyunda görülür. Bu son derece yoğun soğurma bantları uzun dalga boylarındaki ışığın karşı tarafa geçmesini engeller. Bu bandın konumu atomların kütlesi ve aralarındaki çekim gücü ile kontrol edilebilmektedir. Bu bant, camyapıcılar arasında kızılötesi dalga geçirimsizliğine göre şu sıralama ile artar: $B_2O_3 < SiO_2 < GeO_2$. Geleneksel oksit camlarda kızılötesi geçirimsizlik germanat yada kalsiyum aluminat kompozisyonları ile oluşturulur. [39]

Kızıl ötesi ışınlarına aşırı derecede maruz kalan insanlar, bazı hastalıklara yakalanabilirler. Bu ışınların insanlara zararları arasında dolaşım sistemi ve kalbin çalışmasının ve gözün içindeki lensin (katarakt) bozulması, cilt kanseri oluşumu riskleri tespit edilmiştir. Cam malzemeler arasında kızıl ötesi ışınlarla karşı kullanılan ve en koruyucu olan ısı soğuran camlardır. [1]

3.1.2. TAYFSAL SOĞURUM (SPEKTRAL ABSORBSİYON)

Elektromanyetik enerji, malzeme tarafından farklı şekillerde soğurulur. Uzun dalgaboyuna sahip yani düşük frekanslı ve enerjili elektromanyetik dalgalar üç boyutlu biçimde uzayan bu yapıyla karşılaştıklarında atomları ya da molekülleri sağa sola oynatır, bunlar arasındaki bağların salınmasına ve böylece bütün kristal yapı içinde mekanik dalga hareketlerinin yayılmasına neden olurlar. Çünkü burada ışığın titreşimleri ile kütleleri birleştiren bağların doğal salınma frekansları birbirine yakın düşmüştür ve bir tür rezonans olayı meydana gelmektedir. Işımayla yayılan ısı gibi düşük frekanslı elektromanyetik bir dalga bu şekilde enerjisini malzeme içinde yitirir, yani malzeme tarafından soğurulmuş olur. [40]

Soğurum, camın kalınlığı, bileşimi ve termal geçmişi gibi camın bulunduğu koşulların olduğu kadar, ışığın dalga boyunun da bir fonksiyonudur. Soğurum, ışığın dalga boyuna bağlı olduğundan, camın geçirimi ve soğurum katsayısı gibi özelliklerinin camın kullanılacağı bütün dalga boyları için bilinmesi, yani tayfsal soğurumun bilinmesi gerekir.

Bir çok durumda camlar, özgül soğurum karakteristiklerinden dolayı cama renk veren safsızlıklar (impürite) içerirler. Bunlardan en çok bulunanı demir, alüminyum, bakır, krom ve benzeri geçiş elementleridir. [38]

Eğer görünür bölgede camın soğurumu bütün dalga boylarında oldukça dengeli ise, cam renksiz, çok az renkli veya grimsi gözüktür. Eğer soğurum görünür bölgenin sadece belli dalga boylarında soğuruma neden olan elementlerin varlığından dolayı tayf boyunca değişken ise, cam renkli gözükecektir. Amorf ağ yapı, kristalen maddelere göre camların soğurum bantlarının daha geniş olmasına neden olur. [38]

Tüm camsı olmayan maddeler ışık parçacıklarını (fotonlar) soğurarak spektral dönüştürücü adını alırlar. Bazıları ise özellikle renk vermek için kullanılır. Bu özelliği sayesinde renkli cam görünür bölgedeki ışık geçirgenliği değişir. Bu maddeler camın aldığı renge göre kolaylıkla tanımlanabilir. [39]

Renk Verici Madde	Camdaki %'si	Elde Edilen Renk
Bakır (Cu)	0,03-0,1	Karmen kırmızısı
Bakır Oksit (CuO)	0,2-2,0	Mavi yeşil
Kadmiyum sülfür selenit	0,03-0,1	Karmen kırmızısı, turuncu
Kadmiyum sülfür	0,03-0,1	Sarı
Demir oksit	4,0'e kadar	Sarı yeşil
Ferik oksit		kahverengi
Krom oksit (Cr ₂ O ₃)	0,05-2,0	Yeşil-sarı
Altın (Au)	0,01-0,03	Karmen kırmızısı
Karbon ve kükürt bileşiği	-	Amber
Demir oksit	1,0-2,0	Amber
Magnezyum oksit (MgO)	2,0-4,0	Amber
Uranyum oksit (UO ₃)	0,1-0,1	Sarı flüoresan yeşili
Selenyum (Se)	-	Pembe
Selenit	-	Amber
Mangan oksit (MnO)	0,5-3,0	Pembe
Nikel oksit (NiO)	0,05-0,5	Kahverengi ve mor
Neodmiyum oksit	2,0'ye kadar	Pembe
Kobalt oksit	0,01-0,1	Mavi

Çizelge 3.02: Camda renklenmeye neden olan metal oksitler ve kompozisyondaki oranları [39]

3.1.2.1. CAMDA GÖRÜNÜR VE MORÖTESİ BÖLGEDE SOĞURUM

Morötesi ve görünür bölgedeki soğurum, büyük oranda elektronik yapıya bağlıdır, fakat dalga boyu kırmızı ötesine doğru değiştikçe soğurumun camın iç yapısına bağlılığı artar. Cam üzerine gelen ışığın soğurulması, yapı içinde elektronların ne kadar sıkı bağlı olduğuna bağlıdır. Işıkla etkileşmeden önce en düşük enerji seviyesinde bulunan elektronlar, bir enerji kuantumunun soğurulması ile daha yüksek bir enerji seviyesine sıçrarlar. Bu olay, camda renk ve fluoresan ışımaya gibi etkilere neden olur. Örneğin geçiş elementlerinde, elektronların tamamlanmamış bir yörüngesinin farklı durumları arasında ışık etkisi ile yeniden düzenlenmesi, karakteristik soğuruma neden olur. [38]

Fe⁺³, Cr⁺³ ve Ti⁺³ iyonları morötesi bölgesindeki ışınları çok iyi soğururlar. Fe⁺³ iyonun silikat camında molar soğurumu yaklaşık olarak 3000 mole⁻¹cm⁻¹'dir ve 210 nm de devreye girer. Bu Fe⁺³ iyonunun bir elektronunun komşu oksijen iyonlarını uyarması ve yörüngesine geçmesinin sonucudur. Silikat camlarında alkali içeriğinin artması sonucunda morötesi

ışınların blokesi daha üst dalga boylarında görülür. Köprü oluşturmeyen oksijen iyonlarının iyonları uyarma enerjisi köprü oluşturanlarınkinden az olduğu için soğurum üst dalga boylarında gerçekleşir. [41]

Camsı silikanın morötesi ve kızılötesi soğurum limitlerinin dalga boylarının konumları, numunenin kalınlığına ve cam içindeki safsızlıklara bağlıdır. Bu özellikler silisyum dioksitin diğer cam bileşenleri ve oksitlerle ikame edilmesi ile değiştirilebilir. Bu ikameler UV kesme sınırını genellikle daha uzun dalga boylarına doğru değiştirir. Örneğin SiO_2 'ye Na_2O ilave edildiğinde durum budur. Bunun nedeni de camın yapısında köprü yapmayan oksijen oranının artmasıdır. Ters durumda, silikat camının özelliklerine yaklaşır.

3.1.2.2. CAMDA KIZIL ÖTESİ BÖLGEDE SOĞURUM

Enerji, bir madde, cam ya da bir nesne tarafından soğurulursa ısıya dönüşür. Isınan cisimler de radyasyon yoluyla bu ısıyı yayarlar. Örneğin güneş tarafından ısıtılmış bir halının yaydığı ısı 3000-50.000nm kadar uzun dalga boylarında olacaktır. Cam kısa dalga boyundaki ışınları geçirme konusunda en iyi kapasiteye sahiptir. Uzun dalga boyundakileri ise (örneğin halıdan yayılan) soğurur. Bir camın performansını anlayabilmek için onun seçici geçirgenliğini ve soğurma özelliklerinin bilinmesi gerekir.

Fotonun enerji seviyesi, çarptığı elektron seviyelerine ve hallerine göre karşılık bulacaktır. Fotonların elektronları bir üst enerji seviyelerine çıkarması ile fotonlar soğurulur. Fotonun fazla enerjisi, soğurulduğu zaman titreşimler yolu ile malzemeye ısı enerjisi olarak aktarılır. Daha sonra bu ısı uzun dalga boylu radyasyon olarak yansıtılır. [40]

Kızılötesi dalga boyundaki ışınları kesme sınırının konumu, morötesi bölgeye göre bileşimdeki değişmelere daha az duyarlıdır. Silikat camlarının kızılötesi soğurumu, dalga boyuna bağlı olarak orta seviyeden yüksek değerlere kadar değişebilir.

Silika camına alkali ilavesi, morötesi bölgede olduğu gibi kızıl ötesi bölgede de soğurum bandının daha uzun dalga boylarına kaymasına neden olur. Bu daha düşük frekanslara doğru olan bir zayıflamayı işaret eder; çünkü enerjinin soğurumu, bu bağların çekilme

titreşimlerinden kaynaklanır. Soğurumun en yüksek olduğu değerler $B_2O_3-Na_2O$ sisteminde görülür.

3.1.3. CAMDA RENKLENME MEKANİZMALARI

Renk, cam üzerine düşen bir ışık tayfinin camla etkileşim sonucu değişmesinden kaynaklanır ve elektromanyetik spektrumun görünür ışık olarak gördüğümüz dar bandı içinde, camın kimyası ve bizim algımız arasındaki ilişkilere bağlıdır.

Camla etkileşim sürecinde, gelen ışığın bir kısmı cam yüzeyinden yansır, bir kısmı cam tarafından emilir, geriye kalan kısmı ise camdan geçer. Eğer cam ışığı görünür spektrumun bir kısmında diğer bölgelere göre daha çok emer veya dağıtır, spektrumun geri kalan kısmında camın ışık geçirimi daha fazla olacağı için, cam bu bölgeye tekabül eden ışığın renginde görünecektir.

Işığın cam tarafından emilmesi veya dağıtılması belli dalga boylarında seçici (selektif) olarak gerçekleşmez ise, geçen ışığın miktarına bağlı olarak tamamen renksizlik ile siyah arasında, grinin değişik tonlarında olacaktır. Eğer ışık geçirimi görünür tayfin bütün dalga boylarında aynı ise, camda herhangi bir renk oluşmaz. Cam beyaz, gri ve siyah tonlarında görülür.

Görünür tayfin herhangi bir kısmında ışığın cam içinde emilmesine neden olan iyon grupları, atomlar veya elektronlar, renk merkezi olarak adlandırılırlar. [33]

Güneş kontrolünde kullandığımız camlara renk vermek için Cr_2O_3 , CuO , CaO , NiO , SeO ve AgO gibi metal oksitler kullanılır. [42] Herhangi bir safsızlık içermediğini varsaydığımız soda-kireç-silis camında Si , Na ve Ca gibi camın ana yapısını oluşturan iyonların görünür bölgede soğurumu bulunmadığından, söz konusu cam, ışık geçirgenliğinin ve parlaklığının yüksek olması itibari ile renksiz olarak algılanır. [35]

Bu cama, geçiş metallere birinin ilave edilirse metal iyonunun camın ana bileşenlerinden O^{2-} ile oluşturacağı bağ, zayıf ve düşük enerjili bir bağ olacaktır. Bu itibarla, yüksek frekanstaki bir ışık huzmesi cama düştüğünde, ışık enerjisi, metal iyonlarının (çoğunlukla katyon) dış yörüngelerindeki elektronların kuantum seviyesine bağlı olarak, enerji

seviyelerinde bazı değişimlere sebep olur. Bu değişimler bazında, geçiş metal iyonu ve O^{2-} arasında meydana gelen etkileşim sonucu ışık soğurular ve camda renklenme meydana gelir.

Metaller cam içinde çözümez ve metal iyonları atom halinde indirgenerek; kristalen tanecikler halinde büyümek sureti ile cam içinde koloidal metal süspansiyonları oluşturabilirler. Her ne kadar bir çok metal bu özelliği gösterirse de, büyük çoğunluğu görünür bölgede bariz bir emmeye neden olmazlar ve renkleri kahverengi veya grinin tonlarından ibarettir. 180g'lık kobalt oksit, 4 tonluk bir kamyonla getirilen kumda camın füme yada bronz olmasına neden olur. [38]

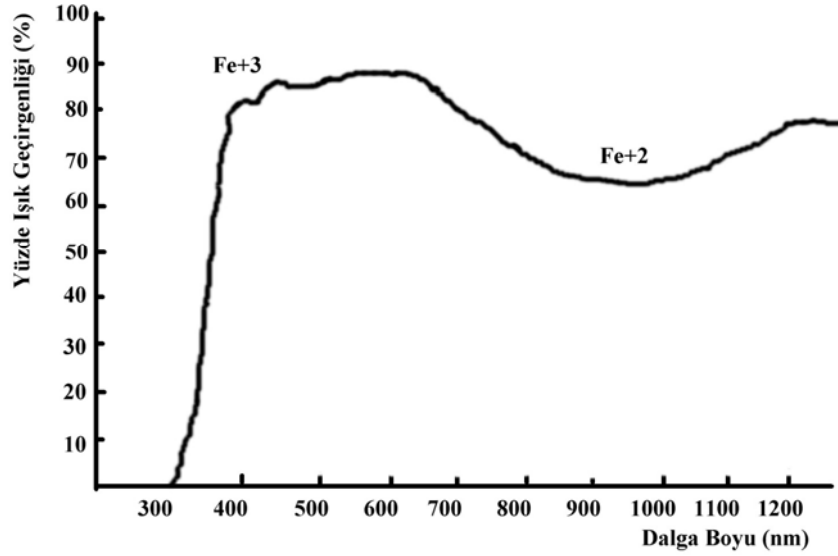
Cam içinde ışık koloidal parçacıklar tarafından dağıtılınca dağıtım renkleri oluşur. Uygun koloidal malzemelerin seçilmesi ile sarı, kahverengi, turuncu ve gri renklerin elde edilmesi de mümkündür. Işığın dağıtılması, gelen ışığın dalga boyunun tersi ile orantılıdır. Dolayısı ile ışığın tutulması, daha ziyade görünür spektrumun morötesi ve mavi ucundadır. Işığın dağıtılması kendi başına bir fayda sağlamaz. Sadece soğurumu yüksek malzemelerin koloidal süspansiyonları bu yönden önemlidir. Malzemenin optik emme derecesi öyledir ki, ışığın dağıtılmasından daha etkilidir.

Metaller cam içinde çözümez ve metal iyonları atom halinde indirgenerek; çekirdeklenme (presipite) olur ve kristalen tanecikler halinde büyümek sureti ile cam içinde koloidal metal süspansiyonları oluşturabilirler. Bir çok metal bu özelliği gösterir; büyük çoğunluğu görünür bölgede bariz bir emmeye neden olmazlar ve renkleri kahverengi veya grinin tonlarından ibarettir. Metal tanelerinin boyutları ışığın emilmesini etkiler. Onun için renk, metal iyonlarının konsantrasyonu kadar tanelerin sayıları ve büyüklüklerine de bağlıdır. Kristalin boyutu rengi belirlerken, sayısı rengin zayıf yada güçlü olmasını sağlar. Taneciğın ışığı dağıtma yeteneği de, esas camla kristalin kırılma indeksleri arasındaki farka bağlıdır.

3.1.3.1. CAMDA ELEKTRONİK (İYONİK) YAPIYA BAğLI OLAN RENKLENME

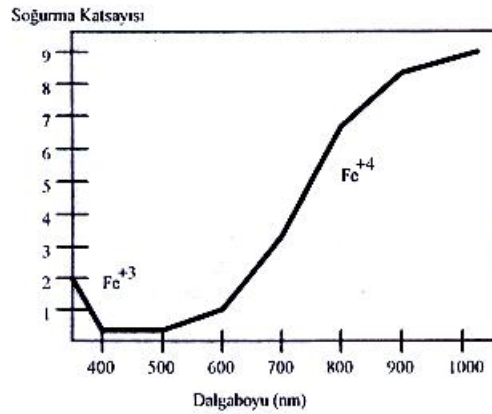
Fe, Ni, ve Cu gibi geçiş metallere yer aldığı bu grup, renklenme mekanizmaları içinde en önemlisini teşkil eder. Bu gurpta yer alan renklenme, iyonların kuantum seviyelerindeki değişim sonucu meydana gelir. Ligan alanı teorisi, bu oluşumu açıklayan teoridir. Söz konusu teori iyonik renklenmeyi, ışık enerjisinin etkisi altında, camdaki geçiş metal iyonları ile O^{2-}

iyonları arasındaki etkileşime bağlı olarak, yapıdaki iyonların dış yörüngelerindeki elektronların enerji seviyelerinde meydana gelen değişim olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 3.06 Fe⁺² ve Fe⁺³ iyonlarının ışık geçirgenlik grafiğinde soğurum bantları

Demir, soda-kireç camları içinde +2 ve +3 formunda bulunabilir. Bunlardan Fe⁺² cama mavimsi yeşil, Fe⁺³ ise sarımsı yeşil bir renk verir. Soğurma eğrilerine bakarak demir oksitinin bu iki formunun ve biraz sonra ele alacağımız diğer renk verici oksitlerin cama hangi renkleri vereceklerini tahmin etmek mümkündür. [43]



Şekil 3.07: Demirin camda bulunan iki formunun ışık soğurma katsayısının dalga boyuna göre dağılımı.

Krom, soda kireç camlarında Cr⁺³ ve Cr⁺⁶ olmak üzere iki oksidasyon formunda bulunur. Bunlardan Cr⁺³ cama zümrüt yeşili, morötesi bölgede güçlü bir soğutma yaratan Cr⁺⁶ ise

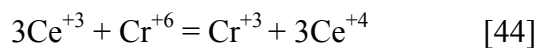
sarı renk verir. O halde camdaki Cr⁺³/Cr⁺⁶ oranına, yani camın redoks seviyesine bağlı olarak krom bu camlarda sarımsı yeşilden zümrüt yeşiline kadar değişen renklerin krom ile elde edilmesi diğer redoks iyonlarının yoğunluğu ve harmandaki yükseltgen ya da indirgen maddelerin varlığı ile belirlenecektir. [43]

Camda renklenmenin sebeplerinden biri geçiş metallere çok değerlikli olmalarıdır. Örneğin demir kimyasal olarak demirli (ferrous) Fe⁺² ve feriki (ferric) Fe⁺³ oluşturmak için reaksiyona girer. Eritiş sırasında belirli bir zaman sonra bu valens durumları dengeye ulaşır. Eğer ferik oksit soda-kireç camı kompozisyonunda mevcut ise ve karışım 1500 °C'de havayla temas halinde yeterince tutulmuş ise yaklaşık olarak % 20 oranında Fe⁺² iyonları ve geriye kalan iyonlar ise Fe⁺³ oluşturacaktır. Bu denge sonucunda ortaya çıkan valens oranları kompozisyon, eritme şartlarından ve ortamdan etkilenir. Değişik valens sayıları farklı renkler oluşturacağından bu şartlar değiştiğinde camın rengi de değişecektir. [44]

Geçiş metallere oluşturacağı renkler aşağıda verilmiştir: [35]

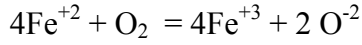
İyon	Renk	Soğurum (μ) Maks.	d elektron sayısı	Oksijenle koordinasyon sayısı
Fe ⁺²	Mavi-Yeşil	1,10	6	4,6
Fe ⁺³	Sarı, Yeşil	0,41	5	4
Ni ⁺²	Gri, Kahverengi	1,33	8	6
Mn ⁺²	Kahverengi, sarı	0,435	5	4,6
Mn ⁺³	Mor	0,5	4	6
Cr ⁺³	Yeşil	0,66	5	6
(CrO ₄) ⁻²	Sarı			
Cr ⁺⁴	Sarı			
Cu ⁺²	Mavi	0.79	9	6

Eğer bir cam iki redoks çifti içerirse, değerlilik durumları arasındaki denge, fırın atmosferindeki kısmi oksijen basıncı tarafından etkilenmeyebilir. Az miktarda seryum ve krom içeren bir kompozisyonda bu iyonlar arasındaki tepkime aşağıdaki şekilde gerçekleşebilir.



3.1.3.2. CAMDA ERİTME KOŞULLARINDAN KAYNAKLANAN RENKLENME

Cam bileşiminde yaygın bulunan demir geçiş metallere, fırın atmosferinden kaynaklanan tepkimelerle indirgenme oluşmaktadır.



Ferros (Fe^{+2}) iyonlarının oksidasyonu ile fırın atmosferinden cama, oksijen atomlarının ferros iyonlarından elektron alması ve oksijen iyonu haline gelerek camın yapısına girmesi sonucu, oksijen transferi olur. oksijen iyonlarının çok yavaş diffuze olması nedeni ile, özellikle silikat camlarında fırın atmosferi ile dengeye ulaşma çok yavaş gerçekleşir.

Ergitme sıcaklığının artması Fe^{+2} oranının artmasına neden olur. Beklendiği gibi fırın atmosferinde CO/CO_2 oranının artması da, cam içinde $\text{Fe}^{+2} / \text{Fe}^{+3}$ oranının artmasına neden olacaktır. Demirde olduğu gibi fırın atmosferi ile benzer tepkimeler, $\text{Ti}^{+3}/\text{Ti}^{+4}$, $\text{Ce}^{+3}/\text{Ce}^{+4}$, $\text{Mn}^{+2}/\text{Mn}^{+3}$, $\text{Sn}^{+3} / \text{Sn}^{+4}$ gibi diğer geçiş ve nadir toprak elementleri ile de gerçekleşmektedir.

Genel bir ifade ile, sıcaklığın artması ile soğurum bantlarının daha uzun dalga boylarına kayacağı söylenebilir. Zayıflayan bağlar daha düşük enerjiye (daha düşük frekans, daha uzun dalga boyu) tepki verir. Örneğin sıcaklığın artması ile sarı ve turuncu filtre camları kırmızılaşırken, renksiz camlar da dahil bütün camların renginin sarılaştığı gözlemlenmektedir.

Kısmi oksijen basıncının düşürülmesi, yaygın olarak cam harmanına karbon ilavesi ile sağlanır. Karbonun indirgen etkisi, tane boyutunun küçülmesi ile büyük oranda artar. Oksijen basıncını arttırmak için ise, arsenik ve antumuan oksitle beraber sodyum nitrat kullanılır. Arsenik ve antumuan içeren camlar morötesi ışık altında koyulaşabilir. Bu renk merkezlerinin oluşumu, cama ~%5 titanyum oksit ilavesi ile önlenir.

BÖLÜM 4: PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ ESASLI CAM ÜRETİMİ

4.1. PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜNDEN CAM ELDE EDİLİŞİ - DÖKÜM AŞAMASI VE HARMANA GİREN MADDELER

Türkiye Şişecam Fabrikaları Cam Araştırma Geliştirme Bölümünde yapılan cam numune eritişlerinde standart pencere camı kompozisyonları baz alınmıştır. İlk eritilen numunede elde edilen yeşil renkten sonra bir döküm daha yapılmıştır. İkinci dökümde çıkan renk füme olmuştur. Üçüncü eritişte habbeleri yok edebilmek için düz PÇKK harmanına sülfat eklenmiştir. Sonuçta çıkan renk yine füme olmuştur. Numuneler spektrometre aletinde ışın geçirgenliği deneyine sokulmuş ve Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camının kızıl ötesi bölgede ısı ışınlarının geçişine izin vermediği ve ısı kontrolünde Şişecam Fabrikasının Ürünlerinden kat kat üstün olduğu okunmuş ve kaydedilmiştir.

Oksitler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
%	69.49	1.20	0.303	0.07	8.86	4.56	14.12	1.20	0.20

Çizelge 3.01: Düz Camı Harmanı



Fotoğraf 4.01: Pirinç Çeltiği Kabuk Külü düz cam kompozisyonu hazırlığının tartım aşaması



Fotoğraf 4.02: 1400 °C’de Potaya Konan PÇKK Harmanı 4 saat boyunca sabit sıcaklıkta bekletilmiştir. (Şişecam Ar-GE Laboratuvarı)



Fotoğraf 4.03: Eriyik döküldükten sonra tavlamanın üzerine 500°C’deki fırına konulmuştur.



Fotoğraf 4.04: Yeşil renkte elde edilen Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camı

Hammadde Analizleri (%)

Oksitler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
PÇKK	95.1	0.50	0.405		0.88	0.35	0.09	1.71	
Feldspat	68.78	18.80	0.024	0.228	0.59	0.05	10.90	0.13	
Kalker	0.20	0.09	0.038		54.58	1.08			
Dolomit		0.31	0.17	0.085	31.68	20.74			
Soda									
S.Sülfat									

Harmana Giren Maddeler (g)

Oksitler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	
PÇKK										69.56
Feldspat	2.96	0.81	0.001	0.01	0.03		0.47	0.01		4.31
Kalker	0.01		0.001		1.67	0.03				3.07
Dolomit	0.06	0.03	0.017		6.51	4.26				20.54
Soda							13.37			22.99
S.Sülfat							0.16		0.20	0.36
TOPLAM	69.49	1.20	0.303	0.07	8.86	4.56	14.12	1.20	0.20	

Çizelge 4.02: PÇKK Camı Eritiş Harman Tablosu

4.1.1. PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ CAMI ANALİZ SONUÇLARI

Pirinç Çeltiği Kabuk Külü yaklaşık olarak %95 oranında silisyum (SiO₂) içerdiğinden dolayı ve %5'lik kısmını ise demir, potasyum, fosfor, kalsiyum, alüminyum, magnezyum vd. oluşturmaktadır. Aşağıdaki tabloda Pirinç Çeltiği Kabuk Külü'nün Şişecam Fabrikaları Araştırma Geliştirme Bölümünde yapılan analiz sonuçları yer almaktadır.

03-07-05 tarihinde yapılan Semi-Quantative Analiz sonuçlarıdır.
Analit. Metod: SFP (Bulk) Sample Model: Oksit
Flux Component: C₆O₅H₁₀ Flux Ratio: 0.3300

Kompozisyon	Meas. C.	Spektrum	Yoğunluk (kcps.)	Sonuçlar (wt.%)
SiO ₂	Si00	Si -KA	511.9341	94.5
K ₂ O	K 00	K -KA	9.6581	1.87
P ₂ O ₅	P 00	P -KA	4.5012	0.934
CaO	Ca00	Ca-KA	5.8148	0.910
Al ₂ O ₃	Al00	Al-KA	2.5424	0.480
Fe ₂ O ₃	Hv00	Fe-KA	8.3683	0.435
MgO	Mg00	Mg-KA	0.4817	0.428
MnO	Hv00	Mn-KA	2.0597	0.165
SO ₃	S 00	S -KA	0.4325	0.0939
Na ₂ O	Na00	Na-KA	0.0377	0.0860
WO ₃	Hv00	W -LB1	0.3266	0.0140
ZnO	Hv00	Zn-KA	0.9455	0.0120
ZrO ₂	Hv00	Zr-KA	4.2642	0.0110
NiO	Hv00	Ni-KA	0.3247	0.00744
Rb ₂ O	Hv00	Rb-KA	2.2051	0.00706
SrO	Hv00	Sr-KA	1.5981	0.00480
CuO	Hv00	Cu-KA	0.2044	0.00357

Çizelge 4.03: Pirinç Çeltiği Kabuk Külü SQ Analizi (Şişecam AR-GE)

05-03-10 tarihinde yapılan Semi-Quantitative Analiz sonuçlarıdır.

Analit. Metod: SFP (Bulk)
Flux Component:Li₂B₄O₇

Sample Model: Oksit
Flux Ratio: 4.0000

Kompozisyon	Meas. C.	Spektrum	Yoğunluk (kcps.)	Sonuçlar (wt.%)
SiO ₂	Si00	Si -KA	173.3510	95.1
K ₂ O	K 00	K -KA	5.0147	1.71
CaO	Ca00	Ca -KA	3.2802	0.877
P ₂ O ₅	P 00	P -KA	1.8900	0.740
Al ₂ O ₃	Al00	Al-KA	0.8315	0.504
Fe ₂ O ₃	Hv00	Fe-KA	4.8456	0.405
MgO	Mg00	Mg-KA	0.1179	0.350
MnO	Hv00	Mn-KA	1.1681	0.152
SO ₃	S 00	S -KA	0.0545	0.0219
Na ₂ O	Na00	Na-KA	0.0111	0.0868
WO ₃	Hv00	W -LB1	0.7072	0.0469
ZnO	Hv00	Zn-KA	0.5688	0.0113
ZrO ₂	Hv00	Zr-KA	2.3094	0.00954
NiO	Hv00	Ni-KA	0.3786	0.0137
Rb ₂ O	Hv00	Rb-KA	1.2577	0.00632
SrO	Hv00	Sr-KA	0.7191	0.00341

Çizelge 4.04: Pirinç Çeltiği Kabuk Külü SQ Analizi (Şişecam AR-GE)

PÇKK'da bulunan bazı safsızlıkların özellikleri ve kullanım alanları şunlardır:

- P₂O₅ Fosfor anhidrit (fosforpentaoksit) özel camlarda kullanılır.
- Al Alüminyum kimyasal korozyona karşı dayanıklılığı arttırdığı ve kristalizasyonu engellediği bilinmektedir.
- Mn Manganez bitkilerin gelişimi için çok gerekli bir elementtir. Mohs sertliği 5tir. Demir üretiminde kullanılır. Mn camlarda mat bir görüntü vererek şeffaflığını azaltır.
- K Potasyum iyonları büyük çaptadır. Bundan dolayı daha az hareketlidir. Elektriksel yalıtım sağlar.

- Fe_2O_3 Ferrikoksit yakın kızıl ötesi bölgedeki ışınları soğurduğundan ısı absorblayan cam üretiminde kullanılmaktadır.
- S_2O_3 Sulfurtrioksit sulfurik anhidrit organik bileşikleri sülfitleme Demiri iyileştirme rafine etmede kullanılmaktadır.
- ZnO Çinko oksit çin beyazı beyaz yada açık gri renktedir. Her pigmentte çok yüksek ultraviolet soğurumuna sahiptir. Elektronik devrelerde yarı iletken olarak kullanılmaktadır. Seramik ve linolyum yapımında da kullanılmaktadır. ZnO turuncu cam filtrelerinde kullanılmaktadır.
- ZrO_2 Zirkonyumdioksit zirkonyum anhidrit. Beyaz amorf toz. Mohs sertliği 6.5 piezoelektrik kristal üretiminde kullanılır. Yüksek frekanslı indüksiyon sargısında, özel camlarda kullanılır. Isı yalıtımı gerektiren ticari refrakterlerde. Yalıtıcıdır. Koku hapsedici. 1000 derece ve üzerinde çalışması gereken pillerde katı eloktrilit olarak kullanılır.
- NiO Nikeloksit korozyona dayanıklıdır. Alaşım yapımında kullanılır.
- Rb_2O Rubidyumoksit fotohücre yapımında, katalizör olarak kullanılır.
- WO_3 Tungsten trioksit yüksek iletkenidir. Alaşım, kaynak elektrotlarda, fırınlarda ısıtma elemanı olarak kullanılır.
- Sr Strontiyum grimsi beyaz renktedir. Strontia fişeklerde, ilaçlarda ve sabunda kurutucu (desikant) olarak kullanılır. [38], [45], [46]

4.2. PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ CAMI ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

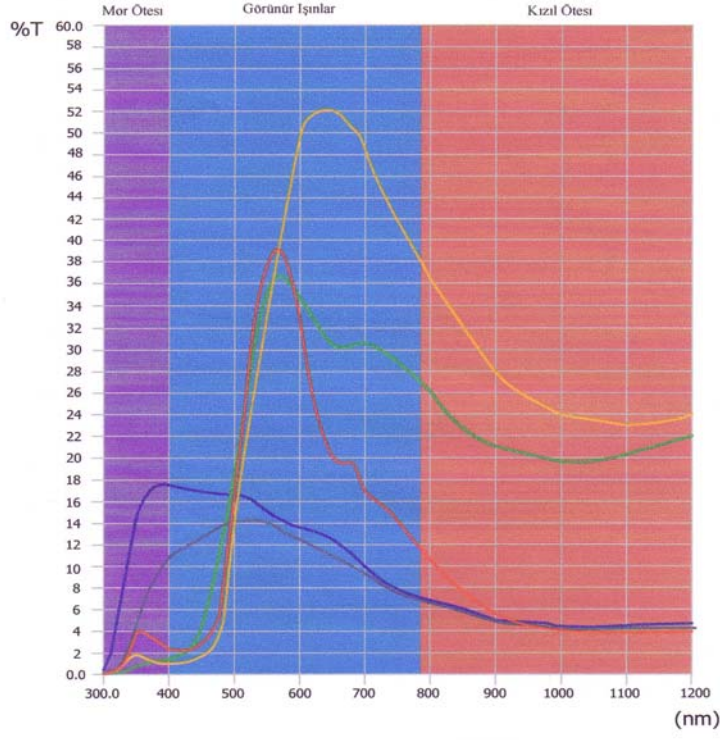
4.2.1. SPEKTROMETRE DENEYİ

PÇKK Camı Üzerinde öncelikle spektral geçirgenlik deneyleri yapılmıştır. Bu deney için Perkin Elmer marka Spektrometre aleti kullanılmıştır. Gerçekleştirilen deneylerde bu malzemenin ısı yalıtım özelliğinin, kızıl ötesi bölgede güneş ışınlarını geçirmediğinden dolayı, çok yüksek olduğu görülmüştür. Oluşturulan numuneler önce zeytini yeşil, ve daha sonra füme renkte olduğu gözlenmiştir. Isı yalıtımlarının muadili camlara göre çok yüksek oluşlarının yanı sıra ışık geçirgenlikleri oldukça düşük çıkmıştır. Toplam 21 adet eritiş yapılmıştır. 20 eritişte kompozisyon, eritme sıcaklığı ve eritme süresi aynı tutulmuştur.



Fotoğraf 4.05: Spektrometre Deney Aleti

Isı Absorblayan Bazı Şişecam Ürünleri ve Piriç Çeltiği Kabuk Külü Camı Karşılaştırması



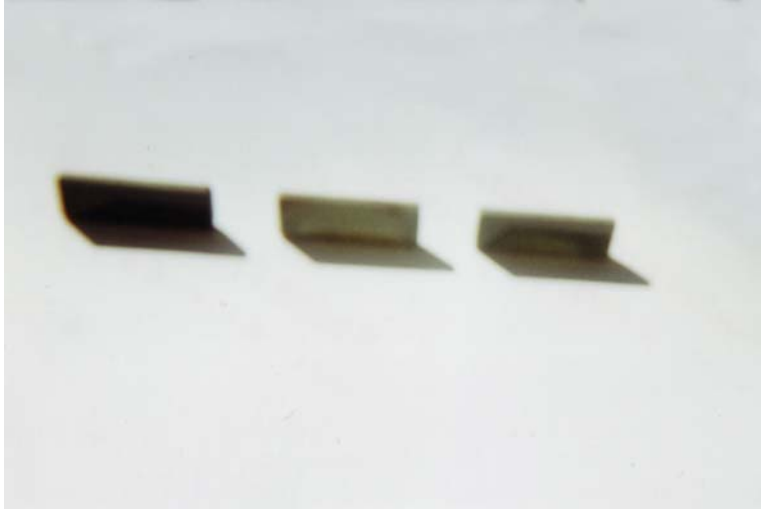
- | | |
|--|--|
| — Şişecam antik green şişe
nk:2,97mm 28758.SP | — olive green renk elde
edilen numune ilk eritiş
nk:2,90mm |
| — Şişecam bal rengi cam
nk:3,00mm 37441.SP | — sülfatsız füme renk elde
edilen numune ikinci eritiş
nk:2,94mm |
| | — sülfatlı füme renk elde
edilen numune üçüncü
eritiş nk:3,01mm |

Şeki 4.01: İlk eritişte elde edilen üç adet PÇKK camı ve muadili camların ışık geçirgenlik karşılaştırmaları

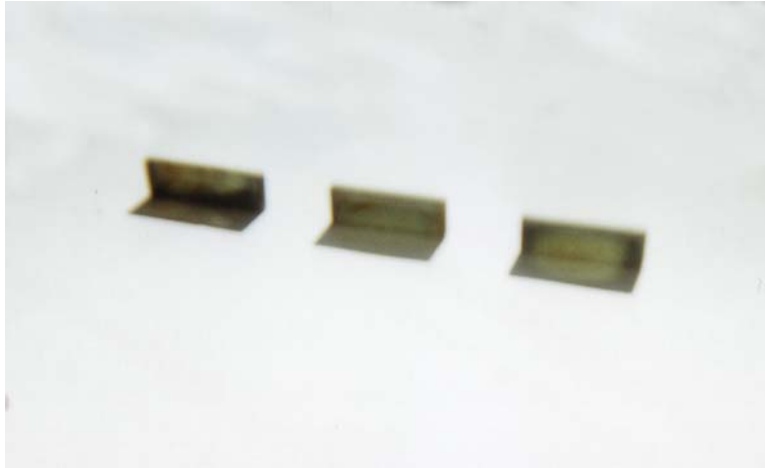
İlk üçlü eritişin ardından çıkan ışık ve solar geçirgenlik sonuçlarını kendi aralarında karşılaştırmak ve ortalamadan standart sapmayı bulmak amacıyla 18 adet daha eritiş yapılmıştır. Işık ve solar geçirgenlik deneyleri için toplam 21 eritişte 21 numune spektrometre deney aletinde incelenmiştir.



Fotoğraf 4.06: İkinci üçlü eritiş



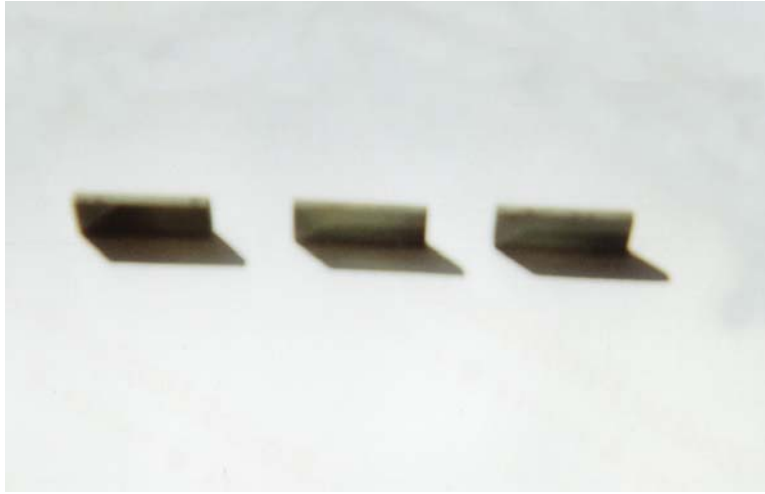
Fotoğraf 4.07: Üçüncü üçlü eritiş



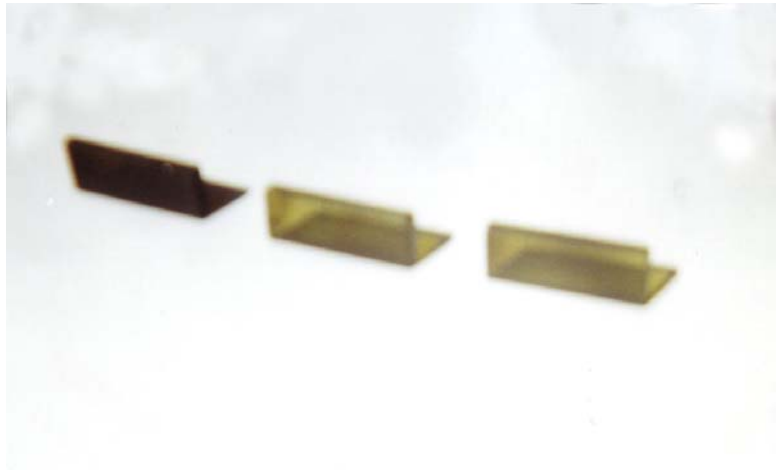
Fotoğraf 4.08: Dördüncü üçlü eritiş



Fotoğraf 4.09:Beşinci üçlü eritiş



Fotoğraf 4.10: Altıncı üçlü eritiş



Fotoğraf 4.11: Yedinci üçlü eritiş

4.2.2. PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜNÜN SİLİSYUM DİOKSİT BAZINDA SAFLAŞTIRILMASI

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeo-Kimya laboratuvarında PÇKK'da bulunan safsızlıkları (impüriteleri) arındırma deneyleri yapılmıştır. Deney sonucunda elde edilen %99.6 oranındaki beyaz renkteki silisyum ile Şişecam Fabrikaları AR-GE laboratuvarında bir eritiş daha yapılmıştır. 1400°C'de Eritişi gerçekleştirilen cam numunenin şeffaf olduğu gözlenmiştir. Şeffaf Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camı tekrar Spektrometrede Işık geçirgenliği deneyine tabi tutulmuştur. Çıkan sonuçlarda Şeffaf PÇKK Camının muadili cama göre daha fazla ışık geçirgenliğine sahip olduğu saptanmıştır.

Renksizleştirme, cam kompozisyonu içinde bulunan demirden kaynaklanan rengin giderilmesidir. Bunun için öncelikle, gerek hammaddeden, gerekse sistemden gelebilecek demirin önlenmesi gerekir. Yine de cam içinde bulunabilecek demirin sebep olacağı rengin giderilmesi için kompozisyona sodyum nitrat, arsenik oksit ve antimuan oksit gibi oksidan ajanlar katılır. Demiri oksitlemek için seryum oksit de kullanılabilir. Tamamen renksiz bir camın elde edilmesi ise demirin arzu edilmeyen rengini bastırmak üzere çok az miktarda başka renklerin ilavesi ile de sağlanabilir. Bu renksizleştirici renkler, görünür spektrumun demirin geçirgen olduğu kısmında soğuracak şekilde seçilirler. Bu geçirimi düzenler ve görünür spektrumu dengeli hale getirir. Dikkat edilmesi gereken husus, bu ilave renklerin camın tamamı ile açık olmasını sağlayacak şekilde düşük oranlarda tutulması gereğidir. Demir seviyesinin çok yüksek olması, çok fazla renk gidericiyi gerektirir. [35]

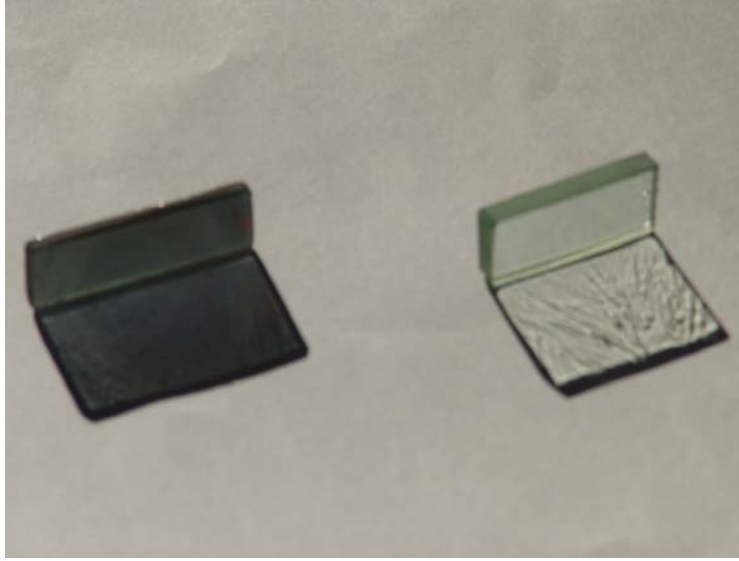
Bu tezde pirinç çeltiği kabuk külünün içinde bulunan demir iyonlarını ortadan kaldırmak için hammaddeyi saflaştırma yoluna gidilmiştir. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeokimya Laboratuvarında Gerçekleştirilen saflaştırma deneyinde Pirinç Çeltiği Kabuk Külü'nde bulunan %95 oranındaki SiO₂ içeriğinin arttırılması hedeflenmiştir. PÇKK Camının hammaddesini oluşturacak bu numunenin geri kalan %5 oranındaki çeşitli elementlerin miktarlarının farklılaşması ve bu elementlerin camın kimyasal ve fiziksel özelliğini değiştirdiği gözlenmiştir. Bu safsızlıkların yok edilmesi amacıyla Pirinç Çeltiği Kabuk Külü'nün Silisyum Dioksit bazında saflaştırılması çalışmaları yapılmıştır. Öncelikle Pirinç Çeltiği Kabuk Külü perklorik asit ve altın suyunda bulunan (NHCl) Vanadat, Fosfat ve Molibdat iyonlarından dolayı reaksiyona girmediği tespit edilmiştir. Bunun üzerine soda eritişi yöntemi uygulanmıştır.

- 1. Adım:** Tartılan numuneye 2.5 kat Sodyum Karbonat ilave edilip karıştırılmıştır. Platin kapsülde tekrar 2 kat soda ilave edilmiştir.
- 2. Adım:** Bu karışım 1000 C°'de 1 saat süresince fırında eritilmiştir.
- 3. Adım:** Karışım saf su içerisine dökülmüştür. Karışımın saf su içerisine dökülmesinden sonra çözeltinin renginin turkuaz rengine döndüğü gözlenmiştir.
- 4. Adım:** Nötral olana kadar, çözeltiye Hidro klorür (HCl) ilave edilmiştir. Bu aşamada çözeltinin renginin kahverengi ile yeşil karışımı bir hal aldığı gözlenmiştir.
- 5. Adım:** Çözelti yarısı buharlaşana kadar 1 gece su banyosunda bekletilmiştir.
- 6. Adım:** Ertesi gün Jel halinde silikat asiti oluştuğu gözlenmiştir. Jel süzgeç kağıdında süzülüp 3 defa 100'er ml'lik saf sıcak su ile yıkanmıştır.
- 7. Adım:** Süzgeç kağıdıyla beraber porselen kapsülde önce 400 C°'de yarım saat bekletilmiştir.
- 8. Adım:** 1000 C°'de 1 saat tutulup desikatöre alındıktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

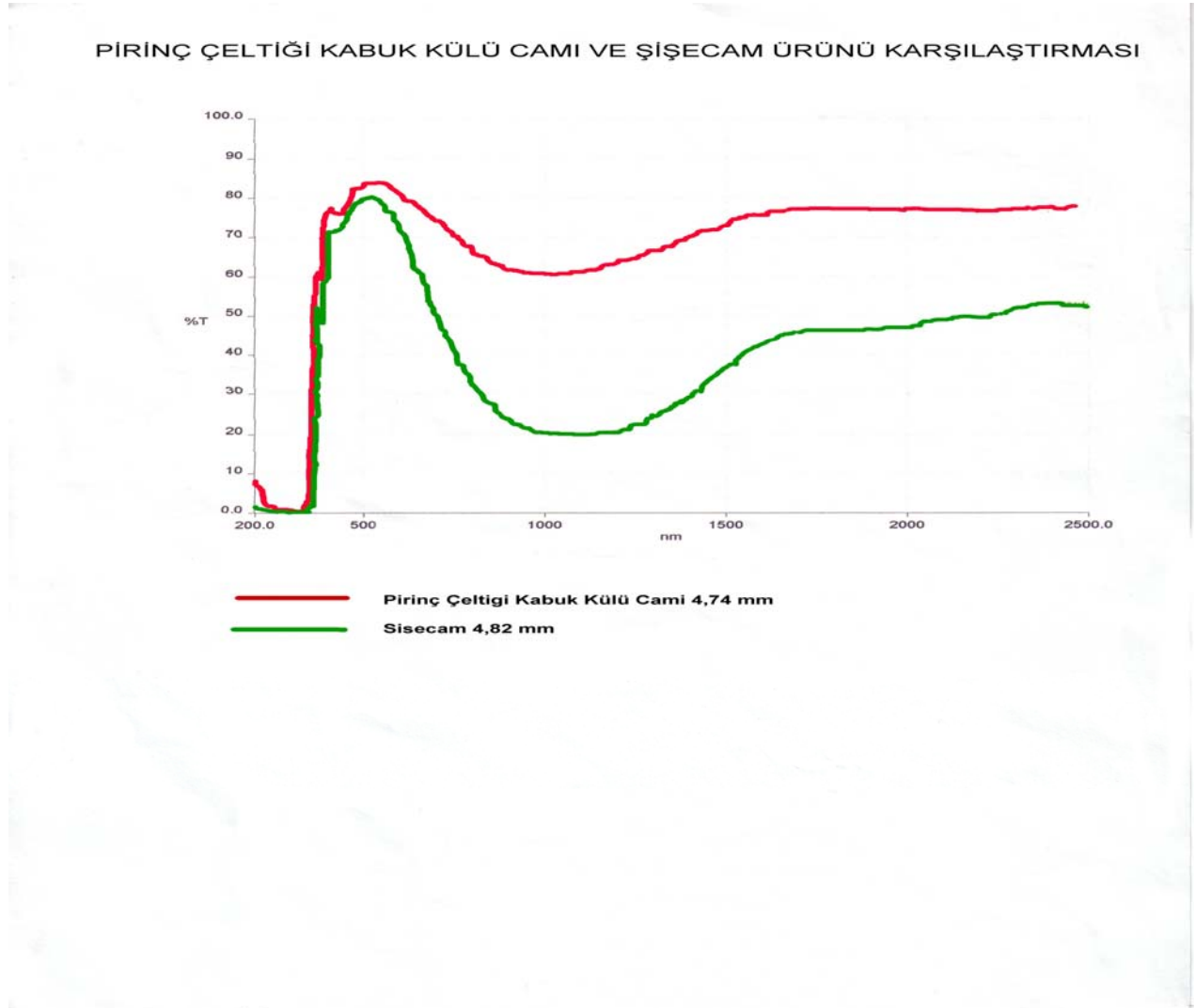
Yapılan deneyler sonucunda pirinç çeltiği külündeki silisyum dioksit oranının %95'ten %99.9'a çıktığı okunmuş ve kaydedilmiştir. Verim ölçümünde %95 kazanç elde edildiği saptanmıştır.



Fotoğraf 4.12: Solda Pirinç Çeltiği Kabuk Külü (%95 SiO₂) ve Sağda Saflaştırılmış Hali (%99.6 SiO₂)



Fotoğraf 4.13: Füme renkli PÇKK camı ve şeffaflaştırılmış PÇKK camı



Şekil 4.02: Şeffaf PÇKK Camının muadili camla ışık geçirgenlik karşılaştırması

4.2.3. ISIL İLETKENLİK DENEYLERİ

Isıl İletkenlik Deneyleri İstanbul Teknik Üniversitesi ‘Termodinamik ve Isı Geçişi’ Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

İletim bir maddenin enerjisi daha fazla olan moleküllerinden, daha az olan moleküllerine moleküller arası etkileşim sonucu enerji geçişidir. İletim katı, sıvı, gaz ortamlarda olabilir. İletim yoluyla ısı geçişi, katı ortamlarda moleküllerin sabit düzen içindeki titreşimleri ve serbest elektronların hareketleri sonucu gerçekleşirken, sıvı ve gazlarda moleküllerin rasgele hareketleri sırasında birbirleriyle çarpışmaları sonucu gerçekleşir.

İletim yoluyla ısı geçişi konusundaki ısı iletim yasası; Fransız bilim adamı J.B. Joseph Fourier tarafından bulunmuştur. Bu yasaya göre: iletilen ısının toplamı, ısının akış yönüne dik doğrultudaki ısı akış alanı ve doğrultusundaki sıcaklık gradyanı ile doğru orantılıdır ve (d) kalınlığındaki bir tabakadan birim zamanda iletimle geçen ısı (Q), sıcaklık farkı (ΔT), maddenin ısı iletkenlik hesap değeri (λ) ve ısı geçişine dik alan (A) ile gösterildiği takdirde:

Q_{iletim} eşitliği aşağıdaki şekilde yazılabilir ve deneylerle gözlemlenebilir. Bu bağıntı Fourier Isı İletim Yasası diye bilinir. Fourier ısı iletim yasasında ısı iletkenlik hesap değeri (λ) nın sıcaklıkla değişmediği kabul edilir. [47]

4.2.3.1. YATAY DÜZENLENMİŞ ISI İLETİMİ DENEY ALETİNDE YAPILAN DENEY

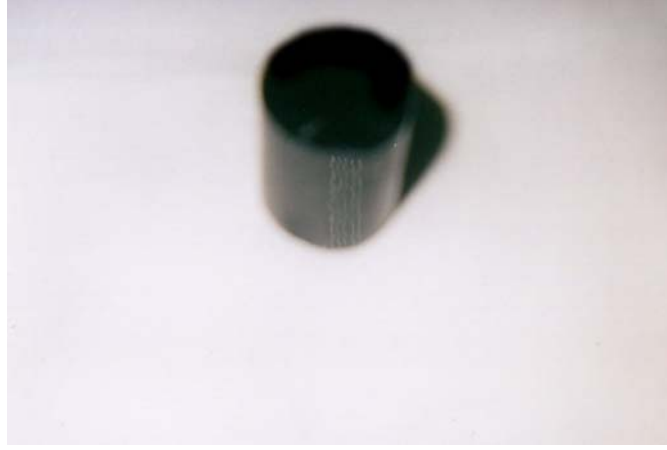
İlk deney için 3 cm çapında ve 3cm yüksekliğinde silindir formunda Şişecam Ar-Ge Laboratuvarlarında PÇKK Camı eritilişi yapılmıştır. Pirinç çeltiği kabuk külünden elde edilmiş cam malzemenin ısı iletkenlik katsayısını bulabilmek amacıyla aşağıda görülen deney aleti kullanılmıştır. Hilton marka silindirik deney düzeneğine 6 adet ısıl direnç ölçer (thermistor) yerleştirilmiştir. Isı ölçer sondaları dijital olarak 0.1C°'lik ayırma duyarlılığında veri gönderecek şekilde ayarlanmıştır. Güç aktarımı 0-100 Watt arasında sabitlenebilecek konumda hazır tutulmuştur.



Fotoğraf 4.14: Hilton Marka Isıl İletkenlik Deney Aleti

Deney düzeneğinin sol tarafının iç kısmında metal (brass) çubuk bulunmaktadır. 3 adet ısı direnç ölçer 1 cm aralıklarla 3 cm çapındaki metal (brass) çubuğun üzerine gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Düzeneğin orta kısmına, 3 cm çapında, pirinç çeltiği kabuk külünden imal edilmiş 3 cm uzunluğunda silindirik cam numune yerleştirilmiştir.

Uzunlukları 3cm, çapları 3cm olan parçalar birbirleri ile tamamen yüzeysel temas halindedirler. İlk 3 cm'lik parça elektrik enerjisi ile ısıtılmakta, son 3cm'lik parça ise yukarıda soğutma suyu hattıyla soğutulmaktadır. Isıtma ve soğutma işlemi uygulanan bu parçalar arasına ısı iletkenliği tespit edilecek malzemeler bir tutucu yardımı ile sabitlenmektedir . Parçalar üzerine belirli aralıklarla yerleştirilmiş olan ısı ölçerlerle bu noktalara ait sıcaklık değerleri belirlenmektedir.



Fotoğraf 4.15: PÇKK Camı Isıl İletkenlik Deneyi için hazırlanan 3 cm çapında ve 3 cm yüksekliğindeki silindirik numune



Fotoğraf 4.16: Silindirik dökülmüş PÇKK Camının deney aleti aparatına yerleştirilmesinden sonra macunla sıvanmıştır.

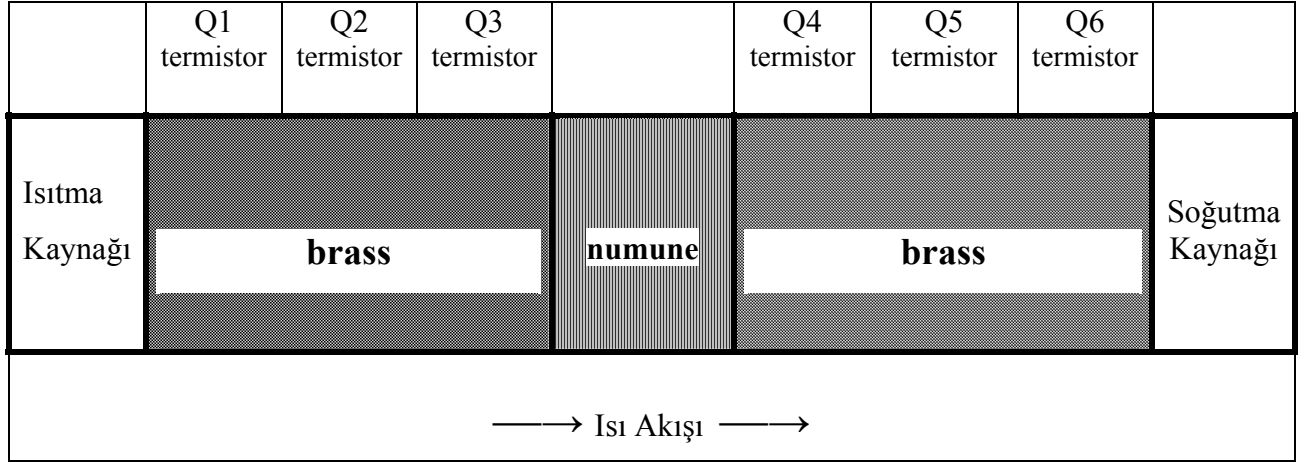
Düzeneğin sağ tarafında kalan parçasının içindeki 3 cm çapında brass çubuğun üzerine de 3 adet ısı direnç ölçer 1 cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Her iki brass çubuğun üzerine de ısı iletkenlik değeri 0.9 W/mK olan iletken macun sürülmüştür. Deney düzeneğinin dış katmanı 3 cm kalınlığında poliamitten yapılmıştır. Parçaların çevre ile olan temasları izole edilmiş olduğundan dışarıya bir ısı kaybı mevcut değildir, bu durumda ısı sıcak olan bölgeden soğuk bölgeye doğru hareket edecektir, bu hareket dolayısıyla diğer kısımlar da sıcaklık yükselmesi meydana gelecektir, ancak sıcaklık yükselmesi uzaklığa bağlı olarak azalmalıdır. Bizim burada yapmak istediğimiz, birinci parçadan ikinci parçaya doğru olan ısı düşüşünü

parçalar arasına konulan ve bir ısı geçirgenlik direncine sahip olan PÇKK camının etkisini görmek ve bu malzemeye ait ısı iletkenlik değerlerini hesaplamaktır.



Fotoğraf 4.17: Isıl İletkenlik Deney Aleti ve Termistörleri

Öncelikle ortam sıcaklığı 22.5°C olarak ölçülmüştür. Düzeneğin sol tarafında yer alan brass çubuğun ısıtılması için ayar olarak 15 Watt seçilmiştir. Daha sonra düzeneğin sağ tarafında kalan brass çubuğun soğutulma işlemi için su sıcaklığı 17°C tespit edilen su musluğu açılmıştır. Düzenek kararlı duruma geçene kadar kayıt tutulmamıştır. Düzenek bir rejime ulaştığında kayıt tutulmuştur. Sıcaklık geçişi artarak azalmaya başladığındaki T değerleri formül için baz alınmıştır.



Şekil 4.03: Yatay Düzenlenmiş Isı iletkenlik deney aletinin şematik gösterimi

Cihaz; kontrol ünitesi, soğutma suyu hattı, ara parçaların tutulmasını sağlayan tutuculardan meydana gelmektedir. Kontrol ünitesi üzerinde cihazın çalıştırılmasına yarayan açıp kapama düğmesi, ısıtıcı gücünün ayarlandığı güç ayar düğmesi, üzerinde ölçüm yapılacak parçanın belirli noktalarından sıcaklık değerlerinin ölçülüp dijital olarak gösterimini sağlayan konum ayar düğmesinden oluşmaktadır. Deneyin sağlıklı bir sonuç verebilmesi için ortamın kararlı hal koşullarında olmasına özen gösterilmelidir bu nedenle malzeme üzerine uygulanan ısının malzemede belirli bir yol aldıktan sonra dışarıya atılması sağlanmalıdır. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için bir soğutma suyu hattı kurulmuştur.

Isı iletkenlik deneyi kayıt edilen sıcaklık değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

ORTAM	SU(C°)	Q1(C°)	Q2(C°)	Q3(C°)	Q4(C°)	Q5(C°)	Q6(C°)
22.62	17.03	50.2	50.9	51.2	23	23	22.7
22.61	17.04	54.7	55.6	55.7	23.1	23.1	23
22.62	17.03	58.1	58.9	59	23.1	23.1	22.0
22.62	17.03	60.3	61.2	61.2	23.1	23.1	22.6
22.61	17.03	62.2	63	63.1	23.2	23.2	23.1
22.61	17.02	63.5	63.8	64.5	23.3	23.2	22.3

ORTAM	SU(C°)	Q1(C°)	Q2(C°)	Q3(C°)	Q4(C°)	Q5(C°)	Q6(C°)
22.61	17.03	64.6	65.5	65.6	23.2	23.2	23.0
22.62	17.03	65.4	66.3	66.4	23.3	23.2	22.5
22.62	17.02	66.1	67.1	67.1	23.3	23.2	23.1
22.62	17.03	66.7	67.6	67.7	23.3	23.2	23.1
22.62	17.02	66.9	67.9	67.9	23.3	23.2	23.0
22.62	17.02	67.3	68.2	68.2	23.3	23.2	23.1

ORTAM	SU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
22.62	17.02	67.5	68.4	68.4	23.3	23.2	22.6
22.62	17.02	68.3	68.7	68.8	23.3	23.2	22.2
22.62	17.03	68.9	69.2	69.3	23.3	23.3	22.3
22.61	17.02	69.4	69.8	69.9	23.3	23.3	22.3
22.62	17.03	69.8	70.5	70.6	23.3	23.3	22.3

ORTAM	SU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
22.62	17.02	70.3	71.3	71.4	23.3	23.3	22.4
22.62	17.03	70.9	71.8	71.8	23.2	23.2	22.4
22.61	17.03	71.4	72.6	72.7	23.3	23.3	22.4
22.62	17.02	72.0	73.1	73.2	23.2	23.2	22.3
22.61	17.02	72.8	73.8	73.9	23.3	23.3	22.5
22.61	17.02	73.3	74.4	74.4	23.2	23.2	22.4

ORTAM	SU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
22.62	17.02	73.3	74.4	74.4	23.2	23.2	22.5
22.61	17.02	73.8	75.0	75.1	23.2	23.2	22.4
22.61	17.03	74.5	75.7	75.7	23.2	23.2	22.3
22.62	17.02	75.0	75.8	75.9	23.2	23.2	22.3
22.62	17.03	75.7	76.4	76.5	23.2	23.2	22.3
22.62	17.02	76.4	77.1	77.2	23.2	23.2	22.3

ORTAM	SU(C°)	Q1(C°)	Q2(C°)	Q3(C°)	Q4(C°)	Q5(C°)	Q6(C°)
22.61	17.02	77.2	77.9	78.0	23.2	23.2	22.6
22.62	17.02	77.9	78.6	78.6	23.2	23.2	22.5
22.62	17.03	78.5	80.2	80.3	23.2	23.2	22.4
22.61	17.03	79.1	80.9	81.0	23.2	23.2	22.4
22.62	17.03	80.6	81.5	81.6	23.2	23.2	22.3
22.62	17.02	81.4	82.2	82.3	23.2	23.2	22.4

ORTAM	SU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
22.62	17.03	82.1	83.0	83.1	23.2	23.2	22.5
22.62	17.02	82.9	83.9	84.0	23.2	23.2	22.4
22.61	17.03	83.6	84.6	84.6	23.2	23.2	22.5
22.61	17.03	84.2	85.3	85.4	23.2	23.2	22.5
22.62	17.02	85.0	86.1	86.2	23.2	23.2	22.5
22.62	17.02	85.7	86.9	87.0	23.2	23.2	22.5

ORTAM	SU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
22.62	17.02	86.4	87.6	87.8	23.2	23.2	22.4
22.61	17.02	87.1	88.3	88.6	23.2	23.2	22.5
22.62	17.02	87.9	88.9	89.1	23.2	23.2	22.5
22.62	17.03	88.6	89.5	89.7	23.2	23.2	22.4
22.62	17.02	89.4	91.2	91.4	23.2	23.2	22.5
22.62	17.02	91.1	91.8	91.9	23.2	23.2	22.3

ORTAM	SU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
22.62	17.03	91.9	92.6	92.6	23.2	23.2	22.3
22.62	17.02	92.7	93.3	93.4	23.2	23.2	22.5
22.62	17.02	93.5	94.0	94.0	23.2	23.2	22.4
22.62	17.02	94.2	94.7	94.8	23.2	23.2	22.4
22.63	17.02	94.9	95.4	95.2	23.2	23.2	22.5
22.63	17.01	95.4	95.7	95.8	23.2	23.2	22.4

ORTAM	SU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
22.63	17.02	96.1	96.6	96.7	23.3	23.2	22.5
22.63	17.01	96.9	97.5	97.6	23.3	23.3	22.4
22.63	17.02	97.6	98.3	98.4	23.3	23.3	22.4
22.64	17.01	98.4	99.1	99.2	23.3	23.3	22.5
22.64	17.01	99.2	99.9	100.0	23.4	23.3	22.3
22.64	17.01	100.0	101.6	101.7	23.4	23.3	22.4

10 saatlik deney sonucunda yapılan 59 ölçüm sonucunda; (10 dakika aralıklarla okunmuştur)

$$q = k.A \frac{\Delta T}{\Delta L} \quad \text{denkleminde,}$$

ısı iletkenliği 0.09 kcal/cm.C° (0.1 W/m.K.) olarak saptanmıştır.

Yukarıdaki deneyi doğrulamak amacıyla termodinamik laboratuvarındaki başka bir deney aleti ile daha büyük bir numune ile ısı iletkenlik deneyi yapılmıştır. Şişecam Fabrikaları Araştırma Geliştirme Laboratuvarında 11 cm çapında ve 1.7 cm yüksekliğinde silindirik PÇKK camı hazırlanmıştır.



Fotoğraf 4.18: 11 cm çapında hazırlanan PÇÇK camı

4.2.3.2. DİKEY DÜZENLENMİŞ ISI İLETKENLİK DENEY ALETİNDE YAPILAN DENEY

Deney Isı ve Kütle Geçişi laboratuvarında bulunan ve 11cm çaplı numunelerin ısı iletim katsayısının mukayese yöntemi ile ölçümünde kullanılan standart deney tesisatında yapılmıştır. Isı iletim katsayısı ölçümü yapılan numunenin daha önceki deneyde elde edilen ısı iletim katsayısının yalıtım malzemeleri mertebesinde çıktığı anlaşıldığından daha hassas ölçüm için mevcut deney tesisatı aşağıdaki gibi değiştirilmiştir. Isı akılarını ölçmek amacıyla OMEGA marka HF-3 tipindeki iki adet Isı Akı Ölçer (heat flux meter) kullanılmıştır.

Termostatik kap sıcak su üretimi için 65°C sıcaklığa ayarlanmıştır. Soğutuculu termostatik kap: Soğuk su üretimi için 25°C sıcaklığa ayarlanmıştır. Termoeleman ve Isı Akısı Ölçer sinyalleri için Keithy marka hassas multimetre kullanılmıştır.

Şişecam Fabrikaları Araştırma ve Geliştirme Bölümünde dökülen pirinç çeltiği kabuk külü esaslı cam numunedeki termoeleman, sıcak ve soğuk yüzeyler $T_1=62.9^{\circ}\text{C}$ ve $T_2=24.6^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklarında olmak üzere ortalama 43.7 sıcaklığında ölçülmüştür. Termoelemanlarda ölçülen ısı akıları da hesaplamaya katılmıştır.

Deney tesisatı 2 saat çalıştırılarak sistemin rejim haline gelmesi sağlanmıştır. 20 dakika aralıklarla yapılan sıcaklık ölçümlerinden yüzey sıcaklıkları 22 kez ölçülerek ısı iletkenlik değeri hesaplanmıştır.

2 NUMARALI THERMOELEMAN		4 NUMARALI THERMOELEMAN		3 NUMARALI THERMOELEMAN		7 NUMARALI THERMOELEMAN	
Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°
1.593	40.00	1.508	36.15	0.840	21.46	0.805	20.60
1.600	39.78	1.517	37.00	0.850	21.44	0.818	20.50
1.603	39.80	1.516	37.65	0.857	21.43	0.817	20.40
1.595	39.80	1.507	37.47	0.850	21.27	0.809	20.25
1.591	39.51	1.508	37.45	0.841	21.07	0.799	20.02
1.580	39.22	1.495	37.15	0.824	20.65	0.782	19.61

1 NUMARALI THERMOCOUPLE			5 NUMARALI THERMOCOUPLE			6 NUMARALI THERMOELEMAN	8 NUMARALI THERMOELEMAN
C°	C°	W	C°	C°	W	C°	C°
0.004	16.38	0.40	0.005	6.78	0.23	21.78	22.12
0.005	16.64	0.65	0.036	9.02	0.36	21.56	21.09
0.008	16.04	0.62	0.006	8.73	0.33	21.77	21.34
0.009	16.14	0.64	0.010	7.88	0.38	21.78	21.30
0.010	15.78	0.62	0.016	8.68	0.40	21.74	21.26
0.015	16.00	0.63	0.018	7.65	0.44	21.74	21.20

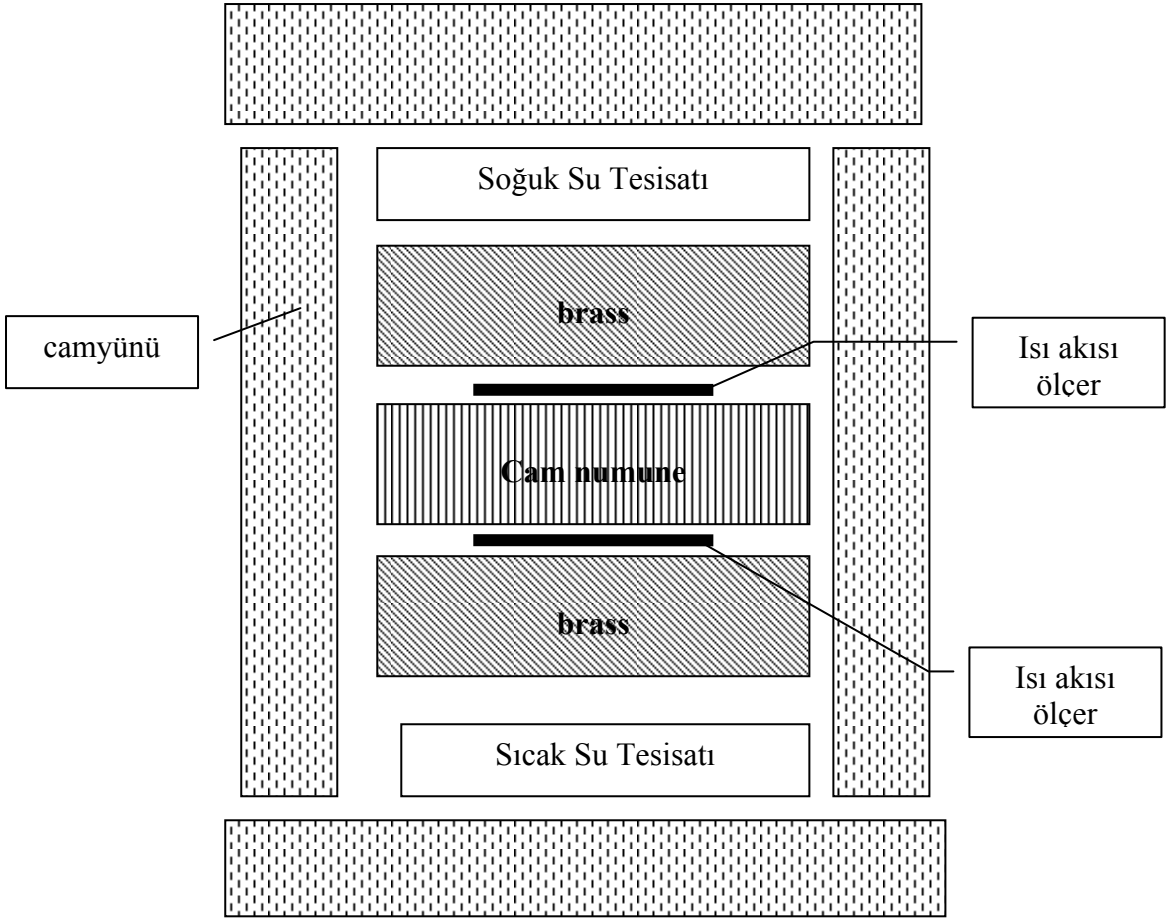
2 NUMARALI THERMOELEMAN		4 NUMARALI THERMOELEMAN		3 NUMARALI THERMOELEMAN		7 NUMARALI THERMOELEMAN	
Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°
1.574	39.00	1.491	37.05	0.817	20.48	0.768	19.20
1.571	39.04	1.483	36.87	0.808	20.26	0.770	19.26
1.576	39.16	1.490	37.06	0.814	20.40	0.773	19.40
1.577	39.18	1.490	37.03	0.814	20.40	0.775	19.43
1.574	39.10	1.488	36.99	0.815	20.42	0.775	19.44
1.573	39.07	1.489	37.00	0.814	20.42	0.775	19.44

1 NUMARALI THERMOCOUPLE			5 NUMARALI THERMOCOUPLE			6 NUMARALI THERMOELEMAN	8 NUMARALI THERMOELEMAN
C°	C°	W	C°	C°	W	C°	C°
0.20	16.26	0.64	0.20	5.82	0.23	21.49	20.86
0.41	16.08	0.64	0.29	7.50	0.29	21.70	19.58
0.29	16.22	0.64	0.20	5.19	0.20	21.72	19.29
0.31	16.15	0.64	0.21	5.48	0.21	21.79	19.06
0.21	16.18	0.64	0.18	4.20	0.16	21.75	19.18
0.33	16.20	0.64	0.16	5.15	0.15	21.74	19.10

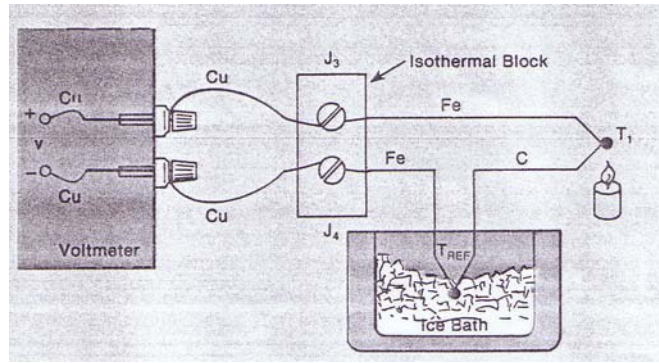
2 NUMARALI THERMOELEMAN		4 NUMARALI THERMOELEMAN		3 NUMARALI THERMOELEMAN		7 NUMARALI THERMOELEMAN	
Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°
1.568	38.95	1.478	36.76	0.806	20.19	0.765	19.17
1.572	39.04	1.481	36.82	0.798	20.01	0.760	19.06
1.569	38.98	1.482	36.84	0.806	20.22	0.768	19.27
1.569	38.97	1.485	36.92	0.811	20.31	0.774	19.39
1.572	39.04	1.487	36.96	0.813	20.38	0.775	19.44
1.571	39.01	1.483	36.87	0.802	20.11	0.761	19.08

1 NUMARALI THERMOCOUPLE			5 NUMARALI THERMOCOUPLE			6 NUMARALI THERMOELEMAN	8 NUMARALI THERMOELEMAN
C°	C°	W	C°	C°	W	C°	C°
0.16	15.99	0.60	0.020	2.82	0.10	21.69	19.29
0.22	16.01	0.63	0.029	4.72	0.18	21.63	19.27
0.19	16.20	0.64	0.020	3.80	0.14	21.60	19.28
0.20	16.16	0.66	0.021	3.78	0.12	21.59	19.25
0.21	16.20	0.67	0.018	3.69	0.16	21.70	19.29
0.20	16.18	0.68	0.016	3.72	0.18	21.72	19.27

2 NUMARALI THERMOELEMAN		4 NUMARALI THERMOELEMAN		3 NUMARALI THERMOELEMAN		7 NUMARALI THERMOELEMAN	
Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°	Watts	C°
1.567	38.92	1.482	36.84	0.814	20.38	0.781	19.58
1.568	38.97	1.482	36.86	0.819	20.51	0.781	19.59
1.569	38.97	1.482	36.83	0.804	20.18	0.760	19.07
1.562	38.79	1.478	36.74	0.802	20.08	0.768	19.25
1.571	39.03	1.489	37.01	0.814	20.40	0.077	19.52



Şekil 4.04: Dikey Düzenlenmiş Isı İletkenlik Ölçümü Deney Tesisatı Şeması



Şekil 4.05: Referans için deney sistemindeki 0°C de tutulan buz banyosu şeması

Rejim halinde tek boyutlu ısı iletim denkleminde;

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta L} \quad K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot (T_1 - T_2)}$$

Isı iletim katsayısı formülü ile hesaplanmıştır.

Yapılan deney sonucunda numunenin ısı iletim katsayısı $k = 0.09 \text{ cal/cm.C}^\circ\text{s}$ (0.1 W/m.K) olarak ölçülmüştür.



Fotoğraf 4.19: PÇKK Camı numunesi ölçek fotoğrafı



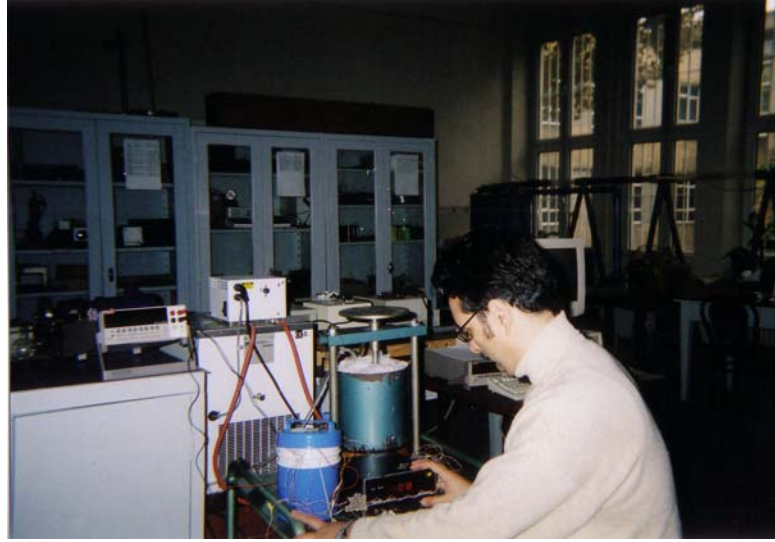
Fotoğraf 4.20:: PÇKK camı ve kalıbı



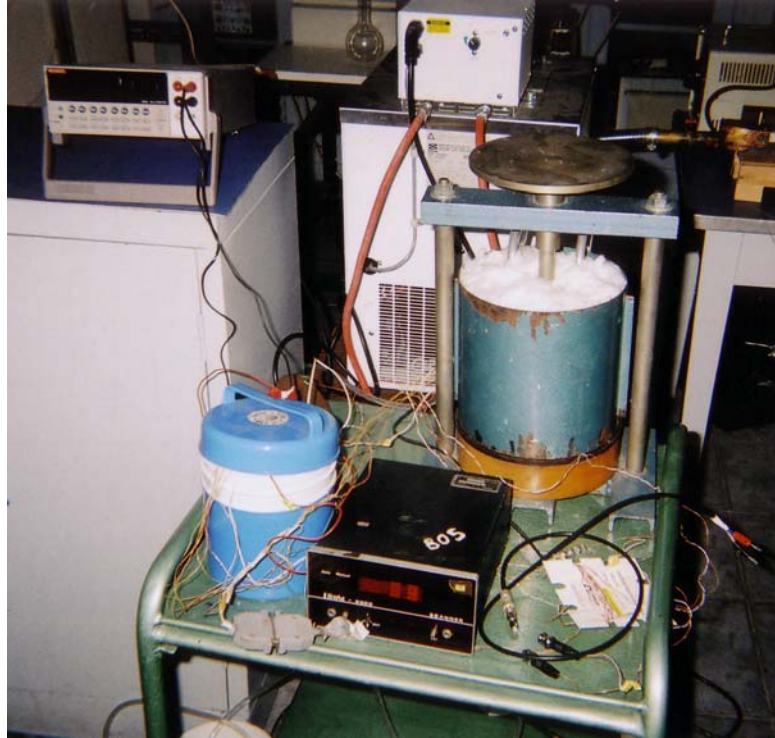
Fotoğraf 4.21: PÇKK camı ve thermocouple sensörleri yerleştirildikten sonra taş yünü yalıtımının uygulanması



Fotoğraf 4.22: Isı akısı ölçülürken



Fotoğraf 4.23: Deney Sırasında Genel Görünüş (mavi kap buzla doludur)



Fotoğraf 4.24 : Su ile soğutulan ve thermocouple sensörleri kullanılan ısı iletkenlik deney aleti

4.2.4. KIRILMA İNDİSİ DENEYİ

Şişecam Cam Geliştirme Merkezinde PÇKK camının kırılma indisini hesaplamak için Krüss Optronic marka refraktometre aletinde deney yapılmıştır.

Saydam bir malzemenin yüzeyine gelen dalganın bir kısmı yansır, bir kısmı da kırılarak kütle içinde ilerler. Gelen dalga ile kırılan dalgaların hızları farklı olduğundan aralarında faz farkı doğar. Işığın boşlukta yayılma hızı c 'nin malzeme içinde yayılma hızı v 'ye oranına kırılma indisi denir.

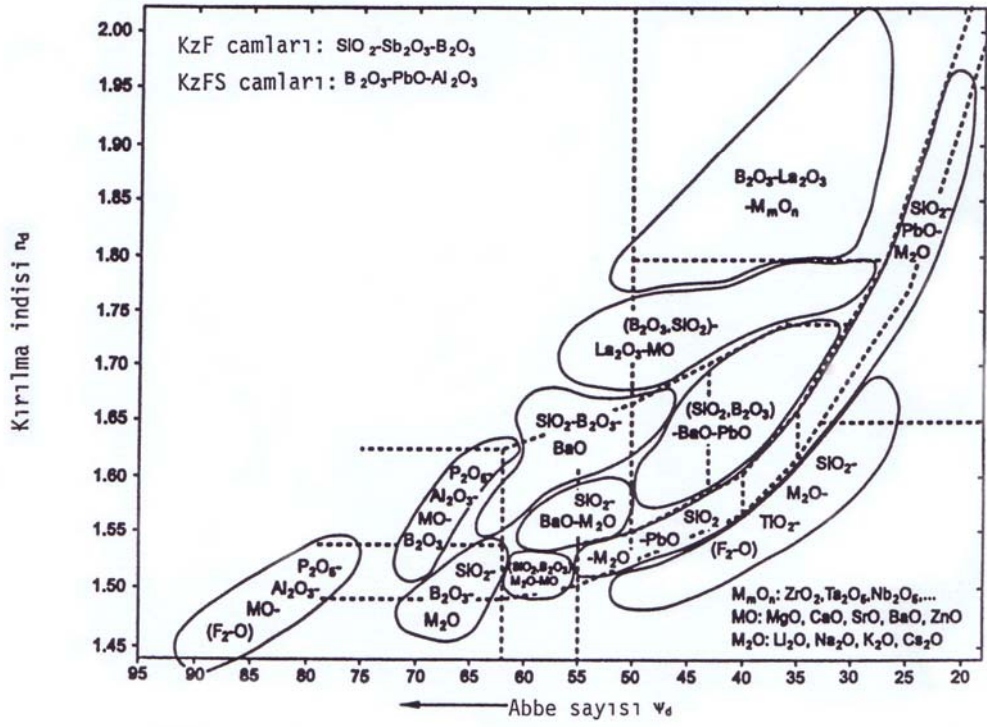
$$n = c/v$$

Camlar optik fonksiyonlarını şekilleri ve kimyasal kompozisyonlarından kaynaklanan optik özellikler sayesinde gerçekleştirirler. Camda ışığın kırınımı, kırılma indisi (n) yardımıyla tanımlanır. Kırılma indisi, camın kimyasal kompozisyonuna olduğu kadar cam üzerine düşen ışığın dalga boyuna da bağlıdır. Cama optik özelliğini veren ise kırılma indisindeki özel ayardır. Camın kırılma indisi yapılarına göre 1,45 - 1,90 sınırları arasında değişmektedir.

Şekil ve yüzey kalitesinden başka bir camın optik özelliklerini kimyasal kompozisyonu belirler. Bu nedenle istenen özelliğe sahip camı uygun terkip seçimiyle oluşturmak mümkündür. Camın geçirgenlik ve buna bağlı olarak renk parametrelerini, kompozisyonunda yer alan geçiş elementlerinden oluşan minör bileşenler ve bunların oksidasyon durumu belirlerken, kırılma indisi ve optik dispersiyon özelliklerini yine kompozisyonda yer alan majör oksitler belirlemektedir.

Silikat camlarında, kırılma indisini artırma yönünde en etkin ve en çok kullanılan oksitler kurşun ve baryum oksitlerdir. Bunlardan baryum oksit, bir toprak alkali oksit olarak silika ağ yapısı içerisinde, özellikle soda-kireç camlarında yer alan kalsiyum, ve magnezyum oksitler gibi, modifiye edici olarak rol oynar. Kurşun oksit ise amfoterik özelliği sayesinde kendisi tek başına ağ yapmasa da silika veya bor oksit gibi ağ yapıcıların oluşturdukları yapı içerisinde ağ yapıcı gibi rol oynar.

$$\eta_d = 1.5725 \text{ SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{BaO} \text{ camı} - \eta_d = 15179 \text{ düz cam}$$



Şekil 4.06 Çeşitli cam kompozisyonlarında kırılma indisi ve abbe sayısı ilişkisi



Fotoğraf 4.22: Krüss Optronic marka refraktometre aletinde kırılma indisinin bulunması

4.2.5. YANSIMA DENEYİ

Yansımaya malzeme yüzeyine çarpan ışık dalgalarının geriye doğru yayılmasıdır. Yansımaya oranı R yansıyan ışığın şiddeti I 'nin malzemenin yüzeyine gelen ışığın şiddeti I_0 'a oranıdır. Saydam katılarda R yansımaya oranı n kırılma indisine bağlıdır.

$$R = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$$

Bu bağıntıdan görüldüğü gibi kırılma indisi arttıkça yansımaya oranı da artar. [48] (Malzeme Bilimi Prof. Dr. Kaşif Onaran, Bilim Teknik Yayınevi 2003)

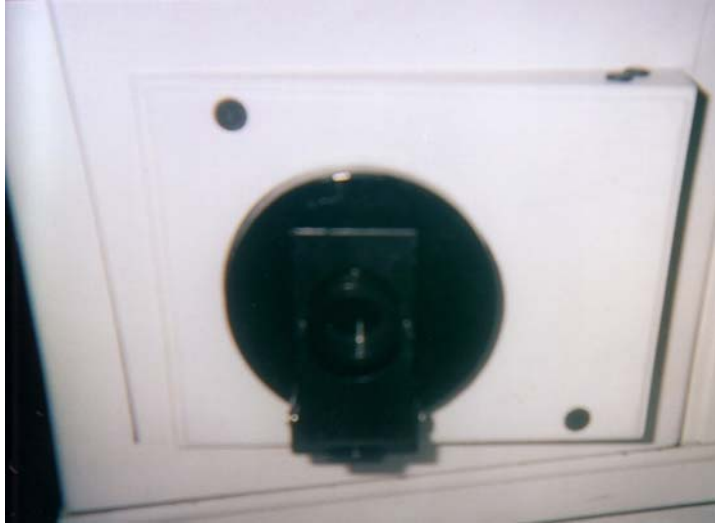
Silikat camları için ortalama yansıtma yüzdesi %4'tür. PÇKK Camında yansımaya oranı δ_{ρ_v} 4.2, $\rho_e = 3.8$ ölçülmüştür.



Fotoğraf 4.23: 11 cm çapındaki silindirik formunda hazırlanan PÇKK camının yansıtma deneyi için kalınlığının ölçülmesi



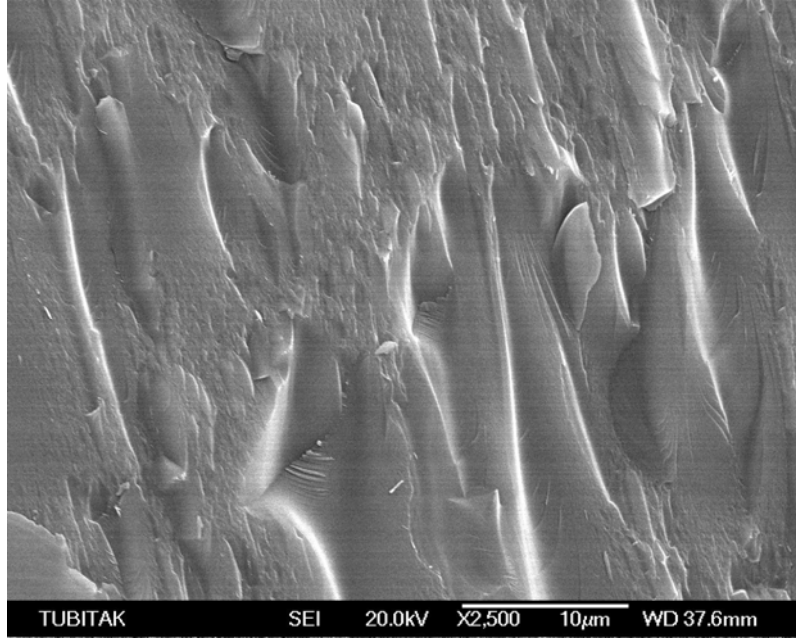
Fotoğraf 4.24: Perkin Elmer marka spektrometre deney aletinin yansıtma deneyi aparatı



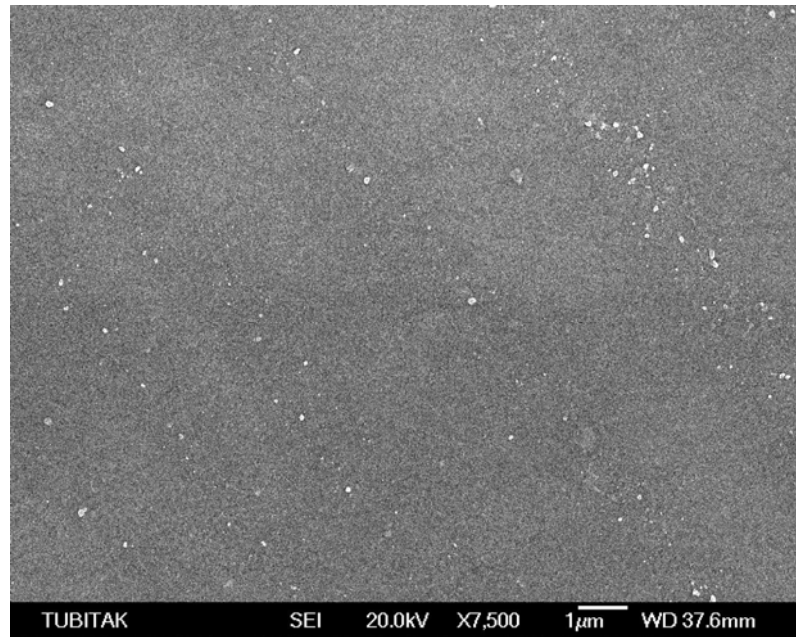
Fotoğraf 4.25: Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camının yansıtma deneyi için deney aletine yerleştirilmesi

4.2.5. ELEKTRON MİKROSKOBUYLA GÖRÜNTÜLEME (SEM)

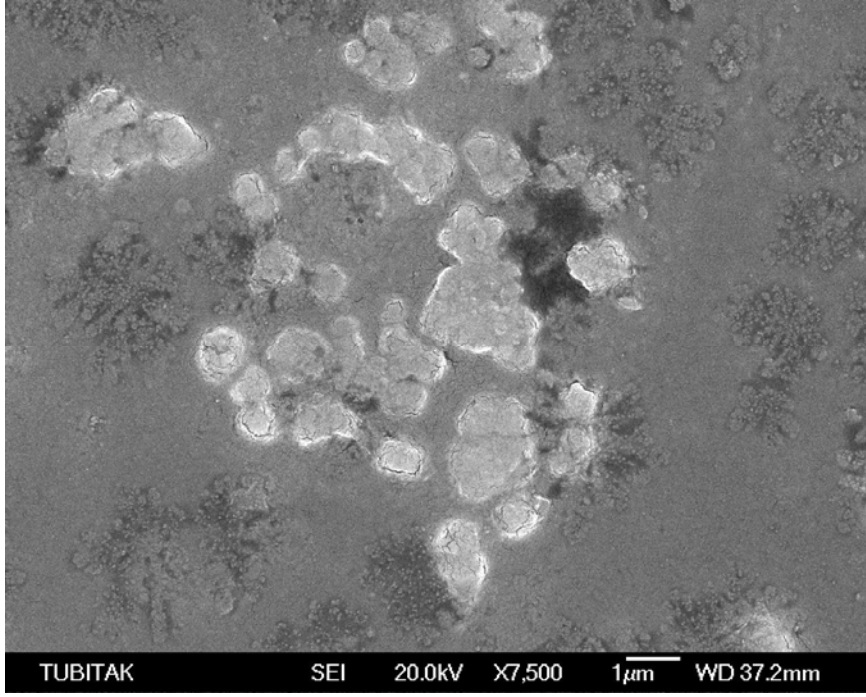
TÜBİTAK MAM Laboratuvarlarında JEOL/JSM-6335 F (Taramalı Elektron Mikroskop) 'te pirinç çeltiği kabuk külünden elde edilmiş cam numunede kırık yüzey ve parlak yüzeyden görüntü alınmıştır. Cam kompozisyonundaki cam yapıcılar, ve safsızlıkları görüntülemek için elektron mikroskobu ile haritalama gerçekleştirilmiştir.



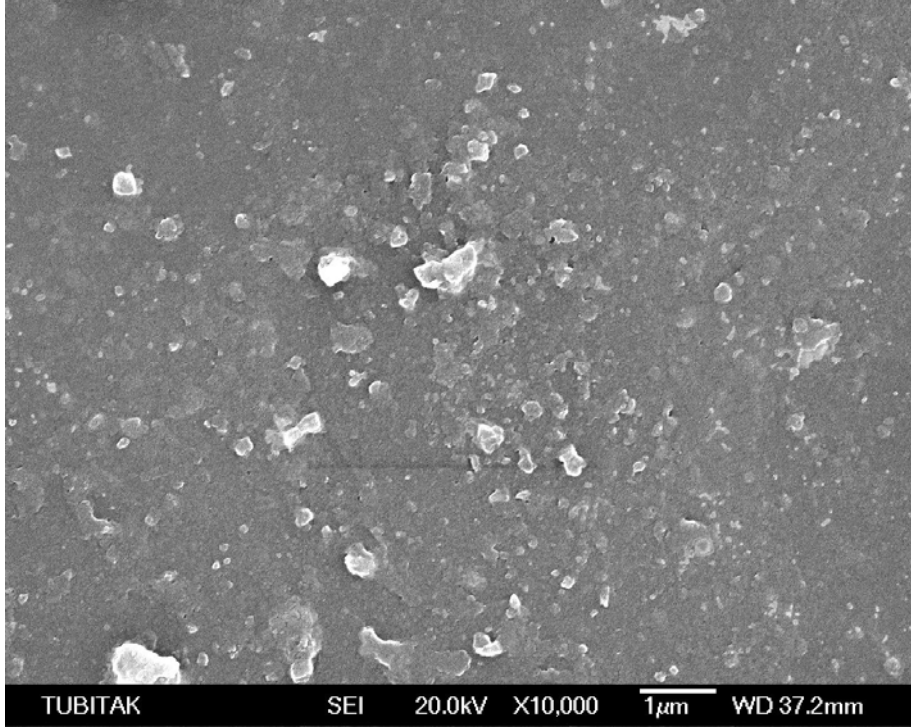
Fotoğraf 4.26: SEM Görüntüleme kırık yüzey



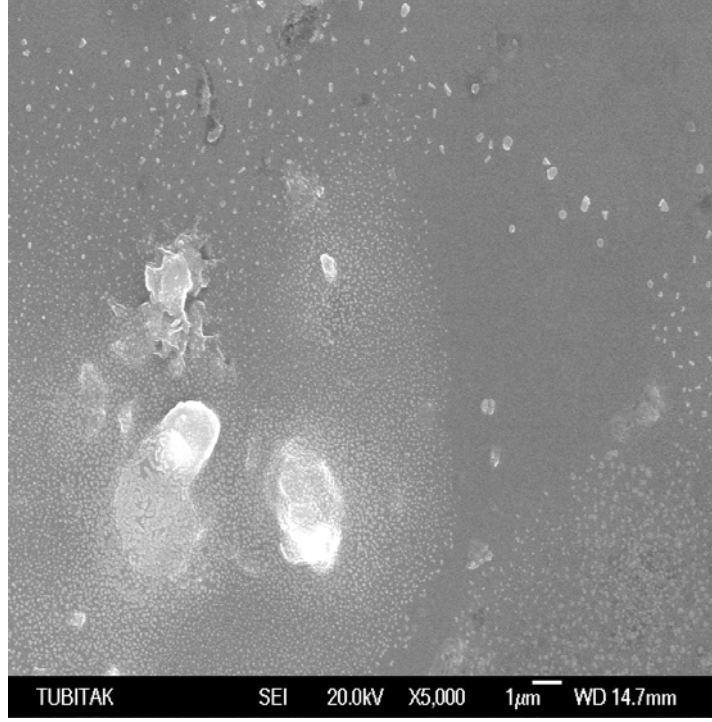
Fotoğraf 4.27: SEM Görüntüleme parlak yüzey



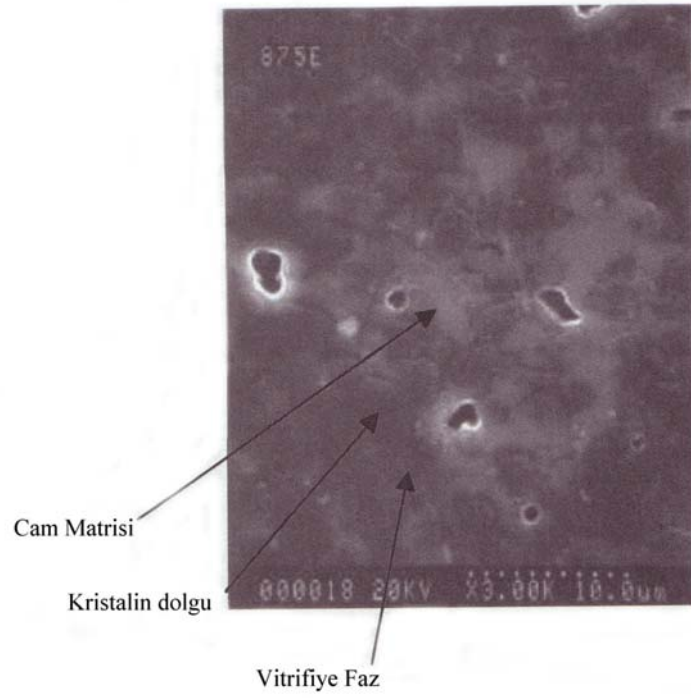
Fotoğraf 4.28: SEM Görüntüleme parlak yüzey kristalize olan metal iyonları



Fotoğraf 4.29: SEM Görüntüleme parlak yüzey



Fotoğraf 4.30: SEM Görüntüleme parlak yüzey



[38]

4.2.6. SEM/EDS HARITALAMA

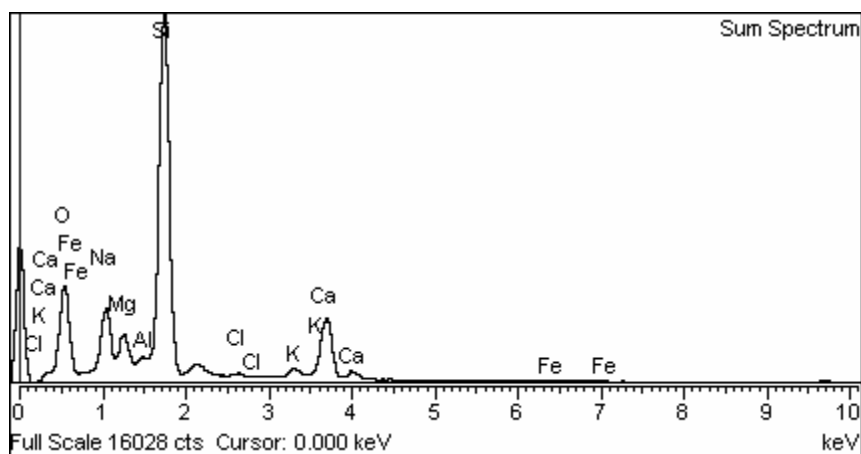
Spectrum processing :
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 3

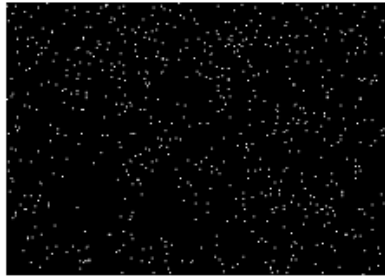
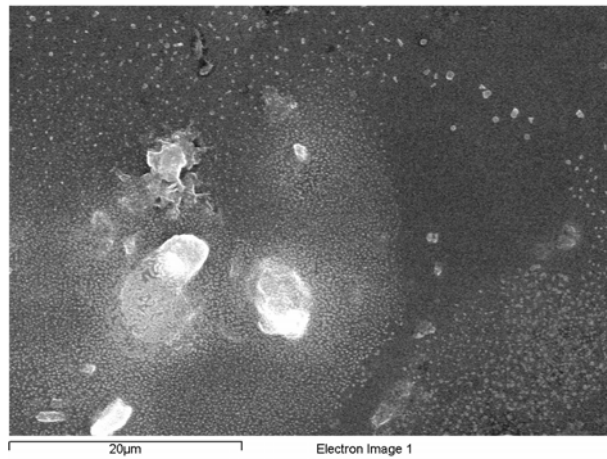
Standard :

O SiO₂ 1-Jun-1999 12:00 AM
Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM
Mg MgO 1-Jun-1999 12:00 AM
Al Al₂O₃ 1-Jun-1999 12:00 AM
Si SiO₂ 1-Jun-1999 12:00 AM
Cl KCl 1-Jun-1999 12:00 AM
K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM
Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

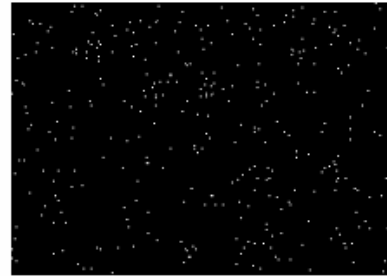
Element	Weight%	Atomic%
O K	37.50	51.57
Na K	9.32	8.92
Mg K	4.28	3.87
Al K	0.60	0.49
Si K	36.78	28.81
Cl K	0.43	0.27
K K	1.22	0.69
Ca K	9.63	5.29
Fe K	0.25	0.10
Totals	100.00	



Elektron Mikroskobu ile Haritalama



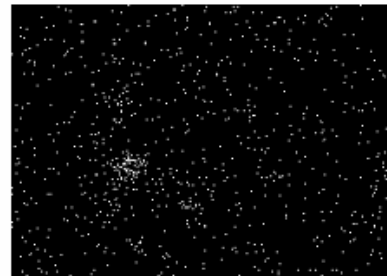
Oxygen Ka1



Sodium Ka1_2



Silicon Ka1



Potassium Ka1



Chlorine Ka1



Magnesium Ka1_2



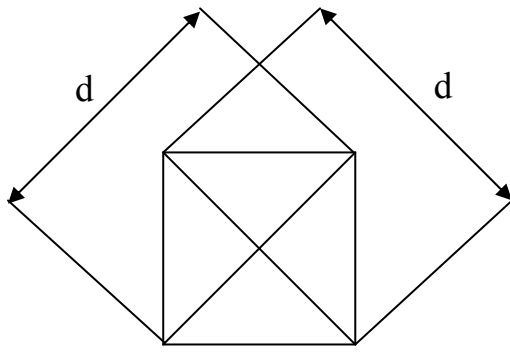
Calcium Ka1



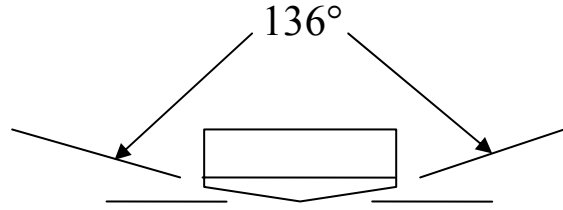
Aluminum Ka1

4.2.7. MİKRO SERTLİK DENEYİ

Mikro sertlik deneyi belli bir yükün cam üzerinde meydana getirdiği, izin alanından yararlanılarak hesaplanan ölçüdür. PÇKK Camının mikro sertlik deneyi, TÜBİTAK MAM Laboratuvarında Zwick cihazı ile Vickers mikrosertlik yöntemi (yük 200gr) kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Numunenin sertlik değeri (HV 0,2) 707 ± 38 olarak ölçülmüştür. (TS 207-1 ENISO 6507-1)



Elmas Piramit



Vickers Deneyi

Şekil 3.07: Vickers Mikro Sertlik Deneyi

4.3. DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Camın güneş enerjisini soğurması, gelen radyasyonun dalga boyuna ve camın soğurum özelliği ile ilişkilidir. Kısa dalga boylu güneş ışınları camdan geçip iç mekanı ısıtabilmekte ve duvarlardan, zeminden ve eşyalardan yansıyan ışınlar enerjilerini kaybederek uzun dalga boyuna geçerler ve camın özelliği sayesinde dışarıya çıkamazlar. Bu dönüşüm sayesinde sera etkisi oluşur. Böylece mekanın ısınması kış aylarında güneş ışınları ile pasif ısıtma ile gerçekleştirilebilir.

Isı Soğuran Camlar ise kızılötesi radyasyonunu emmek ve mümkün olduğunca görünür bölgede geçirimsizlik sağlamak için tasarlanmışlardır. Bazı özel camlar ise görünür bölgede geçirimsizliği düşürüp parlamayı önlemek amacıyla üretilmişlerdir. Bu özellik aynı zamanda ısı geçişini de azaltmaktadır. P.Ç.K.K camındaki düşük görünür bölge ışık geçirimsizliği göz kamaştırıcı parlamayı engelleyecektir. (glare reduction) Camdan geçen güneş ısını düşürmek istediğimizde, odaya giren doğal ışık da istemeden azalmaktadır.

Testler	Birim/Sonuç	İlgili Standart
Işık geçirgenlik****	$T_v(\wedge) = \% 10.9$	TS 11172
Solar geçirgenlik***	$T_e(\wedge) = \% 1$	TS 11172
Kızılötesi geçirgenlik***	$T_{ir} = 0.31$	TS EN 675
Işık yansıtma	$r_v(\wedge) = \% 4.2$	TS 11172
Isı iletkenlik değeri	0.1 W/m.K	TS EN 675
Kırılma indisi	$n_d = 1.50$	TS 11172
Mikro sertlik tayini (Vickers)	(HV 0.2) 707± 38	TS 207-1 ENISO65071

**** 3 döküm sonucunda ulaşılan en yüksek değer. Kalınlık 6 mm olarak hesaplanmıştır.

*** 3 döküm sonucunda ulaşılan en küçük değer. Kalınlık 6mm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.05: Pirinç Çeltiği Kabuk Külünden Elde Edilen Cam Numuneler İle İlgili Sonuçlar

	Gün Işığı Geçirgenliği (380-780nm) T _v std.6mm	Solar Geçirgenlik (300-2500nm) T _e std.6mm	Isı geçirgenliği (350-2100nm) T _{IR} std.6mm
Renksiz Şeffaf	88	78	71
Mavi	56	41	25
Bronz	50	48	46
Füme	44	46	47
P..K.K.C. yeşil	10.9	8.0	8.07
P..K.K.C. füme sülfatlı	2.1	1.4	0.39
P..K.K.C. füme	1.8	1.0	0.31

- Şişecam'da üretilen bazı camların verileri
- P..K.K.C.: Pirinç eltiği Kabuk Külü Camı
- % değerlerdir

Çizelge 4.06: Şişecam'da Üretilen Bazı Camlar İle Pirinç eltiği Camı Geçirgenlik Karşılaştırmaları

SONUÇ

Evlerde ve işyerlerinde tüketilen ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji, ülkeleri ekonomik olarak zayıflatmaktadır. Hızla artan dünya nüfusundan dolayı konut sayısı ve bu konutları ısıtacak ve soğutacak enerji miktarı tüketimi de artmıştır. Bu gelişimler sonucunda atmosfere bırakılan karbondioksit miktarı her geçen gün artmaktadır. Sera gazlarının güneş ışınlarını yutması sonucu küresel ısınma oluşmuştur. Kutuplarda buzlar hızla erimekte, tayfunlar oluşmakta ve dünyanın doğal dengesi bozulmaktadır.

Çevremizi korumada etkin rol oynayabilecek doğal kaynakları korumayı hedefleyen, tekrar kullanımı destekleyen ve enerji tüketim miktarını azaltan bina kabuğu tasarlamak ve yapmak zorundayız. Bu tip malzemenin en verimli olacağı alan cam giydirmeli binalardır. Böyle bir yapı malzemesinin ekolojik ve ekonomik katkıları birbirini tamamlayacak ve kalkınmayı hızlandıracaktır. Cam giydirmeli binalarda iklimlendirmeye harcanan enerji, iyi ısı yalıtımı sağlayan cam malzeme ile minimuma indirilebilir. Böylece fosil yakıtların kullanımı azalırken aynı zamanda atmosfere atılacak olan CO₂ miktarında da azalma olacaktır. Ekolojik faydalarının yanı sıra ekonomi açısından da bir rahatlama oluşacaktır.

Pirinç Çeltiği Kabuk Külü, Pirinç Çeltiği Kabuğunun, ısı enerjisi elde edilmesi amacıyla, fırınlarda yakılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Pirinç Çeltiği Kabuk Külü tarımsal bir atık olduğundan ve yüksek oranda silisyum içerdiğinden dolayı değerlendirilmediği takdirde doğayı kirletecektir. Milyonlarca ton Pirinç Çeltiği Kabuk Külü tuğla, yalıtımlı panel yapımında ve beton harcına katkı olarak kullanılmaktadır, ancak yine de büyük miktarlarda kül verimli topraklarla karışmaktadır. Pirinç Çeltiği Kabuk Külünün daha fazla yapı malzemesi olarak geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Pirinç Çeltiği Kabuk Külü, ilk defa kum yada silis mineralleri yerine, ağırlıkça %70 oranında düz cam kompozisyonunda kullanılmış ve ısı yalıtımlı cam yapı malzemesi elde edilmiştir.

PÇKK camı yapılan eritişlerde fume ve yeşil renkte olduğu görülmüştür. Cama rengini veren pirinç çeltiği kabuk külündeki %5'lik metal iyonlarıdır. Bu iyonlar güneşten gelen ışınları soğurmaktadır. Böylece kızıl ötesi dalga boyundaki güneş ışınları camın bünyesinde hapis olup ötesine geçememektedir. Bu cam, binalarda kullanıldığı takdirde, ısı yalıtımı sağlanacağı ve iklimlendirme için daha az enerji tüketileceği ortadadır. Ayrıca 25 mikron tane boyutu ile

Pirinç Çeltiği Kabuk Külü, cam yapımında kullanılan ve zor bulunan ince silisin yerini alabilir.

Tübitak MAM'da yapılan mikro sertlik deneyinde PÇKK camında, düz cama göre daha yüksek sonuç elde edilmiştir. Yapılan spektral deneylerde PÇKK camının, muadili olan cama göre morötesi bölgede daha geçirgen, görünür ve kızılötesi bölgede ise daha az geçirgen olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre PÇKK camının ısı soğuran cam olduğu söylenebilir.

Ekolojik açıdan bakıldığında PÇKK camında denizlerden, dere yataklarından kum yada silis madeni kullanılmadığından ve tarımsal atıklar değerlendirildiğinden ve PÇKK camı yapılarda kullanıldığı takdirde ısı yalıtımı sağlayacağından dolayı sürdürülebilir bir mimari için yapı malzemesi olarak kabul edilmelidir. PÇKK camı bu özelliğinden dolayı çevre dostu malzeme sınıfına girecektir. Tüm bu etkenler bir araya geldiğinde sürdürülebilir mimarinin oluşabilmesi için köy ve kentin atık ve ihtiyaçlarının bir döngü içinde yönlendirilebileceği öngörülmektedir.

Bu konuda çalışacak olan araştırmacılar pirinç çeltiği kabuğu külünden elde edilecek camların görünür bölgedeki geçirimsizlik özelliklerini iyileştirebilirler. PÇKK camının akustik ve korozyon testleri yapılabilir. Ayrıca PÇKK camının muadili cama göre yüksek morötesi geçirimini, düşürmek için deneyler yapılabilirler.

Seryum oksit, cam kompozisyona morötesi ışınları soğurması için eklenir. Seryum oksit morötesi ışınlarının uzay kapsülü camındaki filmleri karartmasını önlemek için kullanılmaktadır. Uzay kapsüllerinde kullanılan özel camlar yüksek ısıya maruz kalmaktadır. Güneş ortaya çıktığında kapsülün yüzey ısı 100°C' ye ulaşmaktadır. Uzay kapsülü camı, yüksek ultraviyole ışınlarından dolayı kararmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için cam kompozisyonunda %5 oranında seryum oksit kullanılmaktadır. PÇKK camının morötesi bölgedeki dezavantajı, uzay kapsülü cam kompozisyonunda olduğu gibi, seryum oksit eklenerek giderilebilir.

Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camına bor mineralleri eklenerek ateşe ve yangına dayanıklı hale getirilebilir. Pirinç Çeltiği Kabuk Külü Camı ısı soğuran renkli bir cam olduğundan yapıların pencerelerinde çift cam sistemi dahilinde dış tarafta kullanılabilir. Bu uygulama ile pencerenin ısı yalıtımı artacak ve U değeri oldukça düşecektir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Gürpınar, Ergun. Çevre Sorunları. Der Yayınları. 1998
2. Oliver, Paul A. The Rice Hull House. <http://www.axwoodform.com/pahs/ricehulls>
3. Akman, Yıldırım. Bitki Fizyolojisi. 2001
4. Kuşkonmaz, Nilgün. Pirinç Kabuğundan Silisyum Nitrür Tozunun Sentezi. Doktora Tezi İTÜ 1993
5. Behrens, Richard. Ed. Hunt, William C. Ceramic Glaze Making Experimental Formulation and Glaze Recipes pp. 30 Ceramics Monthly Magazine Handbook The American Ceramic Society Westerville Ohio 1998
6. Mazlum, Fahriye. Pirinç Kabuğu Külünün Puzzolanik Özellikleri ve Külün Çimento Harcının Dayanıklılığına Etkisi. Doktora Tezi İTÜ 1989
7. Ertürk, Hasan. Kentsel Çevre Sorunlarının Çözümü Açısından Ekolojik İlkeler Ekolojik Yaklaşım MSÜ Mimarlık Fakültesi 1996 Habitat II Dünya Konferansı
8. Küçüközdemir, Güliz. Güneş Etkisine Bağlı Yapı Kabuğu Oluşumu ve Malzeme Seçim Kriterleri. MSÜ Yüksek Lisans Tezi Temmuz 2003
9. Compagno, Andrea. Intelligent Glass Façades Birkhauser, 1995
10. Kavrakoğlu, İbrahim Enerji Sorunu Kısa Vade Çözüm Önerileri Boğaziçi Üniversitesi İdari Bilimler Araştırma ve Uygulama Enstitüsü, 1980
11. Stein, Richard. Architecture and Energy Anchor Books 1978
12. Ünüvar, Levent. Yapı Fiziği Açısından Isısal Sorunların Yönetmelik Ve Standartlar Çerçevesinde İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi MSÜ 1998
13. Sayın, Ayşe. Solmaz, Akpolat Ekolojik Yaklaşım: Uluslararası Perspektifler MSÜ Mimarlık Fakültesi Habitat II Dünya Konferansı 1996
14. Co-ed. Hestners A., Hastings R., Saxhof B. Solar Energy Houses IEA James 1997
15. Tanaçan, Leyla. Ekolojik Yapı Malzemelerinin Tanımlanmasındaki Sorunlar. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Kongre Bildirileri, TMMOB Mimarlar Odası Yayınları, 2002
16. Ayaz, Emre “Yapılarda Sürdürülebilirlik Kriterlerinin Uygulanabilirliği.” Mimarist Güz 2002:6

17. Baird, Colin. Environmental Chemistry W.H. Freeman and Company 1999
18. Çepel, Necmettin. Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri. TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 2003
19. Rogers, Richard Ed. Gumuchdjian. Cities For A Small Planet Philip Faber & Faber 1997
20. Yaren, F. Bülent. Kentsel Planlamada Ekoloji Boyutu. MSÜ Mimalık Fakültesi Habitat II Dünya Konferansı 1996
21. Konuk. Güzin. Ekolojik Tasarım ve Cumalıkızık Örneği. MSÜ Mimalık Fakültesi Habitat II Dünya Konferansı 1996
22. Tuğlu, Umut. Ekolojik Açıdan Sürdürülebilir Yapılar Ve Malzeme Yüksek Lisans Tezi MSÜ, 2004
23. Gilbert, Richards vd. Making Cities Work. Earthscan, 1996
24. Çebi, Gülse. Arzuhan, Burcu. Sürdürülebilir Mimari ve Yapı Malzemesi Yaşam Döngüleri Kapsamında İncelenmesi Yapı Malzemesi Kurultayı, 8-9 Aralık 2003
25. Eryıldız, Semih. Batıkent Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2003
26. Şenlier, Nihal. Sürdürülebilir Kent Gelişimi İçin, Enerji Tasarrufuna Yönelik Tasarımda Mikroklimatik Etmenler Gebze Yük. Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mim. Bölümü
27. Esin, Tülay. Murat Onat. Ekolojik Yapı Malzeme Kriterlerinin Ülkemiz Koşulları Açısından İrdelenmesi Gebze Yük. Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mim. Bölümü
28. Tönük, Seda. Bina Tasarımında Ekoloji Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayını No: YTÜ.MF.DK-01.0628, 2001
29. Pekışık, Gül. Yalıtım Ve Cam Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Teknik Yayınları

30. Tilley, Richard. Color And The Optical Properties Of Materials Wiley 2000
31. Akyürek, Yücel. Cam ve Enerjinin Verimli Kullanımı <http://www.trakyacamsanayi/makaleler>
32. Okalux Ürün Kataloğu, Dipla Digit. 09/2002
33. Kocabağ, Duran. Cam Kimyası, Özellikleri, Uygulaması Birsen Yayınevi. 2002
34. Özer, Muzaffer. Yapılarda Isı ve Su Yalıtımları. Özer Yayınları 1982
35. Wigginton, Michael Glass in Architecture Phaidon Press. 1996
36. Bamford, C.R Color Generation and Control in Glass Science and Technology 2. Elsevier 1977
37. Saraç, Yusuf. Parlar, Hüseyin. Ersoy, Ayşe. Kaplan, Can. Kaplamalı Camlarda Fonksiyon Tasarımı: Teknoloji Ve Ürün Geliştirme - ŞİŞECAM – Cam Araştırma Merkezi Yapı Malzemesi Kurultayı Bildiri Cd'si 8-9 Aralık 2003
38. Ed. Harper A. Charles Handbook of Ceramics, Glasses & Diamonds Mc Graw-Hill 2001
39. Shelby, E. James Introduction to Glass Science And Technology RSC Paperbacks 1997
40. Akçakaya, Reha. Camın Optik Özellikleri- İlkeler Şişecam Fabrikaları A.Ş. Araştırma Müdürlüğü Teknik Yayınları
41. Orgel L. E. An Introduction to Transition Metal Chemistry
42. Eriç, Murat. Yapı Fiziği ve Malzemesi. Literatür 1994
43. Akmaz, Fehiman. Akçakaya, Reha. Temel Cam Bilimi Cam Oluşumu Şişecam Fabrikaları Teknik Yayınları

44. Rawson, H. Properties and Applications of Glass Glass Science and Technology 3 Elsevier 1980
45. Condensed Chemical Dictionary Van Nostrand Reinhold 1971
46. Çağlayan Kimya Sözlüğü, Çağlayan Kitabevi 1975
47. Çiçek, Ali. Yapı Düşey Dış Kabuk Bileşenlerinin Performans Belirlenmesi Sürecinde Isı ve Nem Geçişi Ölçümünde Kullanılabilecek Bir Yöntem Önerisi. MSÜ Doktora Tezi 2002
48. Onaran, Kaşif. Malzeme Bilimi. Bilim Teknik Yayınevi 2003
49. Kitchen C.A. The Manufacture Of High Quality Space Glass, Society Of Glass Technology. Feb: 1992
50. Stitt, Fred – Ecological Design Handbook Mc Graw Hill, 1999
51. Schmitz, Thomas-Abraham, Loren Living Spaces-Ecological Building and Design Öko Test Könemann, 1998
52. Stein, Richard – Architecture and Energy Conserving Energy Through Rational Design Anchor Books, 1978
53. Roaf, Sue – EcoHouse, A Design Guide Architectural Press 2001
54. Göksal, Türkan – Enerji Etkin Tasarım Mimarlık ve Enerji Korunumu, Arredamento Mimarlık Sayfa: 146-153 Sayı :2000/05
55. Plumet, Emile R. Cam Teknolojisinin Temel İlkeleri. Türkiye Şişecam Fabrikaları A.Ş. Araştırma Müdürlüğü Teknik Yayınları No.10, 1986
56. http://www.en.wikipedia.org/wiki/global_warming

EKLER

EK-1 ISI İLETKENLİK DENEY ANALİZ SONUÇLARI

EK-2 ISI YALITIMLI CAM İLE İLGİLİ STANDARTLAR

EK-3 PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ ANALİZ SONUÇLARI

EK-4 PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ CAMI SOLAR GEÇİRGENLİK DEĞERLERİ

EK-2 ISI YALITIMLI CAM İLE İLGİLİ STANDARTLAR

EK-1 ISI İLETKENLİK DENEY ANALİZ SONUÇLARI

EK-3 PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ ANALİZ SONUÇLARI

**EK-4 PİRİNÇ ÇELTİĞİ KABUK KÜLÜ CAMI SOLAR
GEÇİRGENLİK DEĞERLERİ**

Şişecam Cam Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilen PÇKK Camının Solar ve Işık Geçirgenlik yüzdeleri aşağıda verilmiştir.

2. ERİTİŞ

	1.numune	2.numune	3.numune
Solar geçirgenlik	5.2	9.2	7
Işık geçirgenliği	2.7	4.9	3.7

3. ERİTİŞ

	1.numune	2.numune	3.numune
Solar geçirgenlik	3.5	3	3.1
Işık geçirgenliği	6.9	4.7	5.9

4. ERİTİŞ

Solar geçirgenlik	5.2	3.5	5.3
Işık geçirgenliği	9.9	6.3	9.5

5. ERİTİŞ

Solar geçirgenlik	1.8	2.9	3.3
Işık geçirgenliği	3.7	5.5	0.9

6. ERİTİŞ

Solar geçirgenlik	3.2	1.3	5.6
Işık geçirgenliği	1.2	2.6	5.5

Pirinç Çeltiği Külü Analiz Raporu							
Ref No :	489/01	498/01	497/01	504/2001	1527/02	8414	606/21
	P.Ç.K.K.	P.Ç.K.K.	P.Ç.K.K.	P.Ç.K.K.	P.Ç.K.K.	P.Ç.K.K.	P.Ç.K.K.
Silis – SiO ₂	91.08	88.60	88.85	89.20	88.04	90.36	91.88
N.B.- Reaktif Silis	90.30	88.44	88.73	89.00	-	-	-
Reaktif olmayan Silis	0.78	0.16	0.12	0.20	-	-	-
Al ₂ O ₃	4.90	-	-	5.50	5.52	-	-
Fe ₂ O ₃	0.30	-	-	0.40	1.00	-	-
Karbon	-	5.06	6.11	1.06	-	2.25	1.40
CaO	0.89	-	-	1.34	2.46	-	-
MgO	0.96	-	-	0.96	0.96	-	-
Na ₂ O	0.10	-	-	-	0.10	-	-
K ₂ O	0.10	-	-	-	1.82	-	-
L.O.I.	1.56	-	-	2.53	-	2.32	1.34
Nem	-	-	-	1.47	0.88	-	0.84
P.H.	-	8.1	8.0	8.0	-	9.3	7.9
Kül ve Uçucu madde	-	-	-	97.47	99.99	-	-

Pirinç Çeltiği Kabuk Külü - Hindistan Araştırma Enstitüsü Analiz Raporu

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Niğde’de doğan Genco BERKİN, ortaokul ve lise eğitimini Kadıköy Anadolu Lisesi’nde tamamlamıştır.

1995 yılında Lefke Avrupa Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi’nden Mimar olarak mezun olmuştur.

Mezun olduğu yıl Lefke Avrupa Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır.

1996 -1998 yılları arasında Uluslararası Amerikan Üniversitesi, Mimarlık Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır.

1998 yılında Doğu Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Mimarlık Tarihi Programı’nda, Yüksek Lisansını tezli olarak tamamlamıştır.

1999 yılında vatani hizmetini, Hava Kuvvetleri Komutanlığı’nda yedek subay olarak yerine getirmiştir.

2000-2003 yılları arasında şantiye mimarı olarak çeşitli firmalarda mimar olarak çalışmıştır.

2003 yılından beri Haliç Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü’nde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.