



Yayına Hazırlayan  
**A. Semih İŞEVI**  
**Dr. Baha KUBAN**



**Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.**

Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı  
(Hizmete Özel)

## **TŞCFAS, Cam Araştırma Merkezi Kütüphanesi Katalođu**

### **13. Cam Problemleri Sempozyumu bildiri metinleri:**

23 Ekim 1998 Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı  
yay. haz. A. Semih İŞEVİ - Dr. Baha KUBAN. - İstanbul: TŞCFAS, Teknik Grup, 1998.

Şekil Tablo - (Cam Araştırma Merkezi Kütüphanesi Sempozyumlar dizisi; 13)

#### **Dizin**

- |                     |                         |               |
|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1. GLASS TECHNOLOGY | 2. GLASS PROBLEMS       | 3. CONGRESSES |
| II. İŞEVİ, A. SEMİH | II. TŞCFAS, TEKNİK GRUP | III. SERİ     |

UCD: 666 1 (56) "1998" (063) = 943.5 DNU 1998

#### **KAPAK FOTOĞRAFI:**

"Camda Devitrifikasyon"  
Reha AKÇAKAYA

#### **YAPIM:**

AJANS REPA LTD. ŞTİ.  
Tel : 0212 - 227 26 82/83  
Faks: 0212 - 259 10 34

#### **GRAFİK TASARIM:**

Selma ÇAKIR

#### **BASKI:**

LEBİB YALKIN YAYIMLARI ve BASIM İŞLERİ A.Ş.  
4.Levent/İstanbul  
Tel : 0212 - 279 67 50 (pbx)  
Faks: 0212 - 278 90 64

<b>AÇIŞ KONUŞMASI</b> Adnan Çağlayan	7
<b>DÜNYA EKONOMİSİNDEKİ GELİŞMELER VE TÜRKİYE</b> Prof. Dr. Gülten Kazgan	9
<b>CAM SANAYİNİ ETKİLEYEN SOSYAL, EKONOMİK VE TEKNOLOJİK GELİŞMELER</b> Dr. Baha Kuban	14
<b>ŞİŞECAM'DA ELEKTRİK TAKVİYE UYGULAMALARI</b> Atilla Ünsal - Zeynep Eltutar	23
<b>ANADOLU CAM 10 NO.'LU FIRINDA ELEKTRİK TAKVİYE UYGULAMASI'</b> Suat Bozkurt - Cengiz Çabuk	34
<b>BAL RENKLİ CAMDA KİMYASAL DAYANIKLILIĞIN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR</b> Cüneyt Kumru - Hülya Çıray - Hande Sengel - Şükran Demirli	40
<b>CAM ELYAF HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN KAPASİTESİNİN ARTIRILMASI VE ÜRÜNLERDE STANDARDİZASYONUN SAĞLANMASI</b> Dr. Nurettin Öztürk - Sinan Yücel	54
<b>CAM ELYAF CAMI KIRIĞI GERİ KAZANIM SİSTEMİ</b> Ahmet Akıncı	65
<b>CAM FIRINLARINDA MATEMATİKSEL MODELLEME YÖNTEMİ</b> Lale Önsel - Zeynep Eltutar - Dr. Nuray Kayakol	69
<b>OXY-FUEL YAKMANIN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ</b> Levent Kaya	84
<b>REJENERATÖRLERDE KULLANILAN REFRAKTER MALZEMELERİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ</b> Dr. M. Hakan Sesigür - Suat Bozkurt	89
<b>YEŞİL RENKLİ DÜZCAM ÜRETİMİ</b> Fehiman Akmaz - Ümit Özmerdiven - Zeki Köşdere	93
<b>OXY-FUEL YANMA SİSTEMİNİN SERT BOROSİLİKAT CAMIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ</b> Hande Sengel - Levent Kaya - Gülçin Albayrak	111
<b>21. YÜZYILIN EŞİĞİNDE MİMARLIK VE CAM</b> Yücel Akyürek	117
<b>SES, GÜRÜLTÜ VE CAMLAMALARDA SES YALITIMI</b> Hüseyin Parlar	125



ŞİŞECAM

<b>CAM YÜZEYLERİNİN SOL-JEL YÖNTEMİYLE KAPLANMASI</b>	<b>132</b>
Doç. Dr. Volkan Günay	
<b>CAM ALANINDA YENİ ÜRÜNLER, YENİ UYGULAMALAR</b>	<b>140</b>
Reha Akçakaya - Dr. Baha Kuban - A. Semih Işevi	
<b>İNCE FİLM KAPLAMA TEKNİKLERİ</b>	<b>145</b>
Prof. Dr. Hülya Demiryont	
<b>CAM AMBALAJ ve ZÜCCACIYE ÜRETİMİNDE, CAMIN FOREHEARTLARDAKİ ETKİN KOŞULLANDIRILMASI</b>	<b>149</b>
Dadal Arıburnu	
<b>CAM TUĞLA OTOMATİK BOYAMA VE PAKETLEME HATTI</b>	<b>156</b>
Tuğrul Misoğlu - Can Erdenir	
<b>LAMİNE ÖN CAMLARDA MONTAJ ÇATLAKLARININ İNCELENMESİ</b>	<b>160</b>
Ali Şekerli - Sedat Çavuşlar	
<b>DÜZCAM İŞLETMELERİNDE KULLANILAN HAMSU VE PROSES SUYU İNCELEMESİ</b>	<b>166</b>
Haluk Güreren - Ertan Tanyeli - Dr. Hakan Sesigür	
<b>CAM AMBALAJ ÜFLEME İŞLEMİNİN SAYISAL MODELLEMESİ</b>	<b>175</b>
Kayhan Yiğitler	
<b>DERİ KİMYASALLARI GELİŞTİRME ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ</b>	<b>180</b>
Tuğrul Yazıcıoğlu	
<b>ISO 14000 ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMLERİ STANDARDI NE VAAD EDİYOR?</b>	<b>185</b>
Faruk Sander	
<b>FLOAT CAMINDA BİLGİSAYAR DESTEKLİ KAPASİTE PLANLAMA VE DENGELEME</b>	<b>191</b>
Çetin Aktürk - Güvenç Demir	
<b>TRAKYA CAM'DAN ÜÇ GELİŞTİRME ÇALIŞMASI</b>	<b>200</b>
Mehmet Ali Tiryaki	
<b>CAM ELYAFI ÜRÜN GELİŞTİRME EVRELERİ</b>	<b>209</b>
Aref Javaherian - Sevinç Erdoğan	
<b>EKLER</b>	
<b>SEMPOZYUMA KATILANLAR LİSTESİNDE KULLANILAN KISALTMALAR</b>	<b>213</b>
<b>SEMPOZYUMA KATILANLARIN LİSTESİ</b>	<b>214</b>
<b>SEMPOZYUM PROGRAMI</b>	<b>217</b>
<b>DİZİN</b>	<b>221</b>
<b>YAZAR DİZİNİ</b>	<b>222</b>
<b>NOTLAR</b>	<b>223</b>

## ÖNSÖZ

13. Cam Problemleri Sempozyumu yaklaşık 300 kişinin katılımıyla  
23 Ekim 1998 Cuma günü

Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayında gerçekleştirildi.  
Sempozyumda 2 tanesi davetli olmak üzere toplam 27 adet bildiri sunuldu.  
Şişecam'ın en önemli bilimsel-teknolojik paylaşım ortamlarından biri olarak  
Sempozyum bu yıl 5 başlıkta, 3 adet paralel oturum şeklinde gerçekleştirildi.

Sempozyuma destek veren başta  
Genel Müdürümüz Sn. Adnan Çağlayan olmak üzere,  
davetli konuşmacımız Prof. Gülten Kazgan'a,  
tüm katılımcılara ve emeği geçenlere şükranlarımızı sunarız

### Editörler

A. Semih İşevi  
Dr. Baha Kuban



# AÇIŞ KONUŞMASI

## Adnan Çağlayan

Genel Müdür

Sayın Prof. Kazgan, çok değerli çalışma arkadaşlarım, sevgili Şişecam'lılar. Bu güzel vesileyle tekrar bir araya geldik. Topluluğumuzun bilimsel ve teknolojik çalışmalara olan inancının gerçek bir göstergesi olan cam problemleri sempozyumunun onüçüncüsünü bugün burada açmakla gerçekten büyük bir kıvanç duyuyorum. On yıldır ben bu görevi yapıyorum ve on yıldır da gerçekten büyük bir mutluluk duyuyorum ve bu vesile ile de hepinize hoşgeldiniz diyorum.

Yıllarca bu toplantıları çok daha değişik ortamlarda yaptık, biraz evvel Ateş Bey'in de ifade ettiği gibi. Ama bugün çok değişik bir ortamda biraraya geliyoruz ve bunun da çok önemli anlamları var, bir nebze bunu da sizlere vurgulamak istiyorum. Her yıl aksatmadan onüç yıldır hep birlikte sürdürdüğümüz cam problemleri sempozyumu hepimiz inanıyoruz ki artık Şişecamda gerçekten kök salmış bulunmaktadır. Topluluğumuz insanların bilimsel ve teknik çalışmalara katılma isteği bize daha geniş imkanları olan bir ortamda bir araya gelmeye zorladı. Paylaşıp tartışmak isteğimiz konuların çokluğu sempozyumu bir güne sığdırabilmek için aynı anda gerçekleştirilecek paralel oturumların da yapılmasını bir zaruret haline getirmiş bulunuyor. Hatırlarsanız ilk yıllarda çok küçük ortamlarda, çok az sayıda tebliğ sunarak bu işleri yapmış idik. Hepimize güven veren inancımızı pekiştiren bu günkü çalışmalara geçmeden önce bu birlikteliğinizden yararlanarak yaklaşımlarımızı, hedeflerimizi, sorunlarımızı, çözümlerimizi ve uygulamalarımızı sizlerle bir nebze paylaşmak istiyorum. Tabi bu açılış konuşmaları genelde formal konuşmalar olduğu için fazla detaya girmeyeceğim ama esas konuşmamı daha sonra kapanışta sizlere ileticeğim.

Değerli arkadaşlarım, çok yoğun bir yatırım dönemini hep birlikte geride bıraktık. Bütün bu yatırımları dünyayı tek bir pazar, tek bir yatırım ortamı olmaya zorlayan küreselleşmenin dolu dizgin gerçekleştirdiği ve acımasız sonuçlarını vermeye başladığı ortam içerisinde gerçekleştirdik.

Zannediyorum ki, Prof. Kazgan bu konulara bir nebze değinecek ve bunları bize anlatacak. Ekonomik ve teknolojik temel eğilimleri yakından izleyerek, rekabet gücümüzü ve uzun dönemli çıkarlarımızı korumaya yönelik önlemlerimizi sürekli olarak alıyoruz, ancak önümüzdeki küresel krizin etkilerinden kaçamayacağımız gerçekten zor bir dönem başlamış bulunuyor. Bu dönemde yatırımlarımızın meyvalarını toplamak, teknolojik öğrenme fırsatları maksimize etmek için yararlanacağız. Bütün endüstrilerdeki daralma yanında cam sanayi özeline inerse enerji, işçilik, yoğun yatırım, kredi maliyetlerindeki hızlı artışlar, daralan pazarlar, haksız rekabet, promosyonlar ve başka etkilerin gerçekten sıkı bir baskısı altında bulunuyoruz.

Sektörümüzde son otuz yılın en düşük fiyat düzeylerine inildiğini söylemem herhalde içinde bulunduğumuz güçlükleri ne kadar ciddi olduğunu göstermesi bakımından önemli olur. Bu dönemde yatırımlarımızın meyvalarını toplamak, teknolojik öğrenme fırsatlarını maksimize etmek için büyük bir gayret sarf ediyoruz. Bilgi, gayret ve gücümüzü, imalattan müşteri hizmetlerine kadar giden sürecin her noktasında maliyetlerimizi düşürmek, verimliliğimizi arttırmak için yoğunlaştıracğız. Eksiklerimizi saptayacak sanayiler arası kıyaslamaları sürekli yapacak, birbirimizin hatalarından ders çıkartıp, iyi yönlerini hızla öğrenip paylaşacak, üretkenliklerimizi kişiselikten kollektif düzeye her alanda yükselteceğiz. İşçisinden en üst düzeydeki yöneticisine Şişecam insanını bilgi birikimi, takım ruhu, fikir üretmedeki başarı ve çalışma azmi ile bu zorlu dönemi en ufak bir taviz vermeksizin en başarılı şekilde atlatacağımıza da olan inancım gerçekten tamdır.

Değerli arkadaşlarım hepimizin bildiği gibi araştırma-geliştirme faaliyetleri sadece ve sadece iyi zamanlara mahsus bir lüks değildir. Dünya teknoloji tarihine kısa bir bakış bile bize gösteriyor ki,



**ŞİŞECAM**

belki üzücü ama en hızlı teknolojik değişimin, en çarpıcı buluşların ve teknolojilerin savaş dönemlerine rast geldiğini görüyoruz. Rekabet ortamında başarının temel şartı olan özgün ürün, teknolojik geliştirme bağlamında gerek merkezi, gerek sektörel bazdaki araştırma geliştirme çalışmalarına önümüzdeki yıllarda aynı yoğunlukla devam edeceğiz ve bundan en ufak da bir taviz veremeyeceğiz. Ben şahsen inanıyorum ki, bizi kurtaracak olan yüksek teknolojidir. 1998 yılında özellikle düzcam alanında gerçekleştirdiğimiz yeni ürün ve teknoloji çalışmalarını diğer sektörlerimize de yaygınlaştırmaya çalışacağız. Geçtiğimiz yıllarda bilimsel toplantılarda da sunduğumuz bildiriler adet ve kalitesiyle kanıtladığımız bilimsel düzeyimizi 1999 yılında daha çok ürün ve teknoloji geliştirerek daha da yükselteceğiz. Tüm çalışanların geliştirmeye verdiği önem ve destek biraz evvel de belirttiğim gibi başarımızın temel anahtarı olacaktır.

Değerli arkadaşlarım ülkeler ve nihayetinde kuruluşlar bilim ve teknolojiye verdikleri önem ölçüsünde gelişmelerini yönlendirebilmektedirler. Bütün gelişmekte olan ülkelerin hükümetleri araştırma-geliştirme yatırımlarını özendirilmektedir. İftiharla söylüyorum ki, ülkemizde de gelişmenin temel dinamiği olan bu faaliyet hükümetimiz tarafından desteklenmektedir. Yalnız bir hususun altını çizmeliyim, araştırma-geliştirme faaliyetlerini ürün ve proses geliştirme ile sınırlı saymamak gerek. Bütün çalışma alanlarını da gerçekten kapsamalıdır. Altı çizilmesi gerek bir başka nokta da bundan böyle geliştirme faaliyetlerinin sonuçları patent almaya yönelik olmalı, özgün teknolojik katkısı hedefine muhakkak ulaşılmalıdır. Vurgulamak istediğim diğer bir nokta da sürekli olarak dünyanın en iyileri ile kendimizi kıyaslamak, stratejilerini yakından izlemek araştırmacılık, mühendislik ve teknik alanların yanısıra işletmecilik alanında da tam anlamıyla kompetan olmak ve öyle kalmak zorundayız.

Değerli arkadaşlarım, bir yıllık çalışmalarımızın ürünü olan 13. Cam Problemleri Sempozyumu biraz sonra başlayacak. Bilimsel çalışma, teknolojik geliştirme yeni uygulamalarımız ve çevreye duyarlı oluşumuzun aynası olan 25 tane bildiri dinleyeceğiz bugün. Bu yoğun fakat heyecanlı saatlerin hepimizin zihinlerinde yeni fikirlerin ışıklarını yakacağına inanıyorum. Bu vesileyle şimdiden emeği geçen tüm arkadaşlarımı kutluyorum, kendilerine en içten duygularıyla teşekkür ediyorum ve sempozyumumuza başarılar diliyorum ve sempozyumumuzu açıyorum.

Hepinize teşekkür ediyorum.



# DÜNYA EKONOMİSİNDEKİ GELİŞMELER ve TÜRKİYE

## Prof. Dr. Gülten Kazgan

Davetli Konuşmacı

Bilgi Üniversitesi Ekonomi Bölümü Dekanı

Efendim, bu güzel sözler için teşekkür ederek başlayayım. Bu sabahki konuşma konumuz Dünya Ekonomisinde Gelişmeler ve Türkiye. Dünya ekonomisinde gelişmeler sizin de tahmin edebileceğiniz gibi son derece geniş bir konu. Bana ayrılan zaman yalnızca yarım saat, büyük beceri istiyor bu kadar geniş bir konuyu yarım saate sığdırmak, umarım bu beceriyi gösterebileceğim.

Efendim dünya ekonomisindeki gelişmeleri sanıyorum iki bağlamda düşünmek gerekiyor. Bu bağlamdan birincisi uzun dönemli trendler ikincisi konjontürel değişimler. Fakat hemen belirteyim ki konjontürel değişimler kendi içlerinde uzun dönemli trendleride etkileyebiliyor. Bu etkilemeyi 1929'da yaşanan büyük krizde, 1970'li yıllarda yaşanan krizde açık seçik görüyorsunuz. 29'daki kriz bütün dünyada sosyal devlet anlayışını getirip, daha olumlu bir gelir bölüşümü çerçevesinde insana daha fazla değer veren, işçiyi örgütlü bir birim olarak toplumla bütünleştirmeyi amaçlayan yeni yapılanmalar getirmişti ama arkasından savaş da geldi o başka. Fakat 1970'li yıllarda başlayan kriz bunun tam tersi trendleri devreye soktu, bunun etkilerini bugün de gözlüyoruz. 29 krizinin getirdiği olumlu değişimler, 70'li yıllarda başlayan krizle tam tersine döndü ve bunun yükü de en büyük ölçüde işçilere, özellikle örgütlü işçilere, 3'üncü dünya ülkelerine binmeye başladı. Şimdi dünya 90'lı yıllarda yeni bir krizler zinciri yaşamaya başladı. Bunun boyutunun nereye varacağını kestiremiyoruz. Gerçi etkilediği 3'üncü dünya ülkelerini derinden etkiliyor. Biliyorsunuz Türkiye 94'de yaşadı, onu Meksika izledi arkasından Rusya zaten krizdeydi, uzak doğuya sıçradı uzak doğudan tekrar Rusya'ya döndü geldi. Krizler batı dünyasını etkilemedikçe uzun dönemli trendleri etkileyecek, etkilere sahip olamıyor. Eğer bu krizler zinciri günün birinde Avrupa'ya Amerika'ya uzanırsa ki halen Amerika'nın etkilenmekte olduğuna dair göstergeler var o zaman uzun dönemli trendlerinde etkilenmesini bekleyebiliriz. Yani belirtmek istediğim nokta konuşmamın dışında, uzun dönemli birtakım trendler var bunlar konjontürel değişimlerden de etkilenebilir ve halen öyle bir konjontür içinde yaşıyoruz.

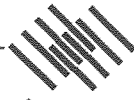
90'lı yılların ortasından bu yana olan süreçte. Bunun boyutu biraz daha yayılır ve batı dünyasını da kapsarsa inceleyeceğimiz uzun dönemli trendlerde de değişimler ortaya çıkabilir. Ama bu değişimlerin ne yönde olacağını gerçekten kestirmek kolay değil çünkü etkilenenin boyutu temelde başta Amerika, Batı dünyasını ne ölçüde etkileyeceğine, ne biçimde etkileyeceğine bağlı bir süreç olacak bu. Şimdi gelelim uzun önemli trendlere. Zannediyorum ki en önemli, en kalıcı herhalde uzun dönemli trend, dünyanın iki bloklu dünyadan 1989'da başlayan bir hareketlenme ile tek süper güç egemenliğinde Amerika Birleşik Devletleri yani yeni bir dünya yapılanmasına geçmesi ve bu yapılanmada Avrupa Birliğinin de kendisini kabul ettirmek üzere bütünleşme sürecini hızlandırması ve böylece dünyanın tek süper güç ama aşağıda ekonomik güçler itibarıyla üç ayrı bölünme içinde bulunduğu bir yapıya doğru çevrilmesi. Şimdi iki bloklu dünyadan ayrılmanın en önemli etkisi şu oldu: iki bloklu dünya, ülkeleri daha çok ideolojik yapılanmaya göre kamplaştırıyordu ve ideolojik yapılanma dışında karşı bloğun varlığı kendisini karşı bloka karşı, korumak için blok içi dayanışma yeralıyordu ve bu dayanışma içinde kimse kimseyi çok fazla rahatsız etmeyecek ekonomik politikalara göz yumuyordu. Öyle ki bir ölçüde ülkelerin piyasalarını koruması rekabeti belli sınırlar içinde korunması, karşı bloka taviz verir boyuta gelmemek, sınırları içinde rekabeti tutma gibi ölçülü davranma, örgütlü işçiyi anlayışlı davranma, üçüncü dünya ülkelerinin korumacı eğilimlerine yine anlayışlı davranma biçiminde eğilimler varolabiliyordu. Başlıca nedeni de bu eğilimler eğer mevcut olmazsa blok içinde yer alan ülkeleri karşı bloka yani Sovyet blokuna kaybetme tehdidinin mevcut bulunmasıydı. 1989'da Berlin duvarının yıkılmasını izleyen dünyada bu ideolojik kamplaşma ortadan kalkınca dünyada ülkelerin ilişkileri sadece bir tek boyuta



ŞİŞECAM

indi ekonomik bağlamda o rekabet, dolayısıyla rekabet inanılmaz bir şiddetlenme sürecine girdi fakat rekabetin şiddetlendiği bu süreçte aynı zamanda 70'li yıllarda başlayan ve bütün batı dünyasını etkisi altına alan kirizin etkileri de devam ettiği için, rekabet de acııcı boyutlara gelirdi. Bu acıtma, çeşitli biçimlerde ortaya çıkıyor. Bir kere müthiş tekelleşme eğilimi var dünyada, özellikle belirli alanlarda göreceli firma sayısı azalıyor. Bunu uçak şirketlerinde görüyorsunuz, beyaz eşya üretiminde görüyorsunuz, sizin mensubu bulunduğunuz cam sanayinde görüyorsunuz, ilaç sanayinde görüyorsunuz, ana kimya sanayinde görüyorsunuz. Tekelleşme arttıkça dışarda kalan daha mütevazı boyuttaki şirketlerin yaşaması da tehdit altına giriyor ve o şirketler kendilerini korumaya alabilmek için ya beceri düzeyi yüksek olan diğer şirketlerle bütünleşerek kendilerine pazarda bir yer bulmaya çalışıyorlar ya boyutlarını küçülterek piyasa içinde niş denen küçük yerler bulup kendileri, küçük yerler içinde rekabet edebilir duruma gelmek, burada yaşamlarını sürdürmek durumuna geliyorlar ya da bizde giyim sanayiinde biraz gözleniyor, küçük şirketlerin hepsi bir araya geliyor bir ana bütün içinde kendilerine ihracaat pazarları bulmak için bir arada dayanışma ile mümkün olduğu kadar yaşamlarını sürdürmeye çalışıyorlar. Yani rekabetin şiddeti çok önemli etkiler yaratıyor firmaların yaşamını sürdürmek için piyasada ayakta kalabilmek için yerine getirmesi gereken koşullarda Türkiye piyasasında bunu çok açık biçimde yaşamaya başladık. Özellikle son zamanlarda dikkat ederseniz, sütlü ürünler sanayilerinde şirketler önemli ölçüde ya yabancı şirketlerle birleştiler ya toptancıların eline geçtiler. Ayakta kalabilmek için anlaşılabilir başka yol yöntem pekiştiremediler. Bunu diğer alanlarda da görüyorsunuz. Örneğin büyük bir holdingin sahibi olduğu dayanıklı tüketim malları otomotiv sanayii şirketleri ya da onun parçalarını işleten şirketleri, yani Sabancı Holding'i kastediyorum, burada uygun yabancı şirketlerle işbirliği yapmak suretiyle dünya pazarında ve iç pazarında rekabeti kendi pazarına çevirip kendisini ayakta tutmaya çalışıyor bu nedenle yaşanan süreç Türkiye'yi de etkisine aldı. Çünkü Türkiye'de bu etkilere girmek üzere küreselleşme sürecine girmiş bulunuyor, bu açıdan dünyada Sovyet blokunun ortadan kalkmasının getirdiği en önemli olay başta rekabetin uluslararası ilişkileri belirleyen temel öğeye dönmesi, ideolojik kampaşmanın ortadan kalkması ve bu bağlamda Türkiye gibi üçüncü dünya demeyeyim ama, gelişmekte olan ülkeler sınıfında yer alan ülkelerin de artık batı ülkelerinin tabi olduğu kurallara tabi olarak yaşamlarını sürdürmeleri, eskiden sahip oldukları bir takım işte koruma devlet denetimi, döviz piyasasını sürdürme, mali piyasaları sürdürme gibi avantajlardan yoksun kalma ve aynı dünya koşulları altında rekabet ortamını kabullenme durumuna girmeleri, en önemli gelişme sanıyorum ki bu.

Çünkü esas olarak belirttiğim gibi, tekelleşme yabancı sermayeli şirketlerle bütünleşme ya da küçük şirketlerin kendi arasında dayanışmaya girip bir üst bütün, bir banka olabilir, bir holding şirketi olabilir, bu bağlamda dış dünyayla bağlantı kurma biçiminde çeşitli örgütlenme değişimi yollarıyla bu sürece intibak etme yoluna girdi. Tabi rekabet şiddetlendiği zaman onunla birlikte gelen ikinci bir olay var ki o da etkilerini bütünüyle gösteriyor o da teknolojik değişim. Teknolojik değişim artık öyle bir hale geldi ki, bir olay okudum bana çok ilginç geldi size de nakledeyim. Japonya'da insanlar otomotiv şirketlerine şikayette bulunmaya başlamışlar. Biz sürekli değişen araba teknolojilerinden bıktık çünkü aldığımız her yeni arabaya yeni uyum sağlamamız gerekiyor. Artık bu değişimleri durdurun diye. Yani teknolojik değişim tüketicileri bıktırarak noktalara gelmişken, yalnız arabalar için söz konusu değil, bilgisayarda da var, kullandığımız bütün mallarda bunu gözlüyoruz. Sürekli yeni uyumlar geliştirmek zorunda kalıyor tüketici. Bu teknolojik değişim dolayısıyla Sn. Genel Müdürümüz Adnan Bey'in de belirttikleri gibi, araştırma geliştirmenin önemini de bütün dünyada arttırdı. Yaratıcılığın önemini arttırdı, dolayısıyla yaratıcı insan geliştirmenin önemini de arttırdı. Bugün artık ülkeleri sıralamaya koydukları zaman bakıyorsunuz araştırma-geliştirme harcamaları, yaratıcılık harcamaları, yaratıcılık itibarıyla diye sıralamalar ortaya çıktı. Ne yazık ki OECD'nin yaptığı yaratıcılık sıralamasında Türkiye en dipte geliyor. Türkiye'nin altında, başka OECD ülkesi yok, o açıdan bu bize bir uyarı olmalı. Zannediyorum yaratıcılığın bu kadar önem kazandığı bir dünyada, bu bağlamda insan yetiştirmenin de önemi artıyor. Tabi yaratıcılık dediğim zaman olay yalnız fiziki anlamda teknolojinin, yani mal yapısının, mal niteliğinin ya da üretim sürecinin değişmesi değil. Bu aynı zamanda tasarım demek, kalite demek yaptığınız küçük



## ŞİŞECAM

değişiklikler bir takım mallarda demek dolayısıyla yaratıcılık hepsine giriyor ve hepsi de patente tabi oluyor. Ürün deseni örneğin, çok önemli bir yaratıcılık, dolayısıyla yaratıcılığı geniş anlamda alıp bunun yalnız pozitif bilimlerde buluş yapmak gibi çok köklü bir yaratıcılık anlamına gelmediği ürünü geliştirmenin her aşamasında değişik biçimlerde yaratıcılığın söz konusu olabildiği ve buna dönük de her bir aşamaya dönük de insan yetiştirmenin gerekli olduğu açıkça ortaya çıkmakta.

Tabi teknolojik değişme, tekelleşme, bütün bu değişmeler esaslı olarak firma örgütlenmelerini de değiştirdi. Şimdi yeni örgütlenme biçimleri, yeni ilişki biçimleri ortaya çıktı. Bunları siz mutlaka işletmeciler olarak aynı zamanda yaşayarak biliyorsunuz. Bunun üzerinde fazla durmama gerek yok. Zaman çünkü, çok geniş değil dolayısıyla bütün bu değişme sürecine firmaların ya uyum sağlaması gerekiyor, eğer uyum sağlayamıyorsa firmaların pazar dışı kalması çok önemli bir olay oluyor. Tabi bütün bu süreçler pazar kavgasını öncelikle ortaya koyuyor. Teknolojik değişmeyi yapıyorsunuz, rekabet gücünü arttırıyorsunuz ama teknolojik değişime daha sermaye yoğun, her anlamda sermaye yoğun hem fiziki sermaye yoğun hem insan sermayesi yoğun hale gelince üretimin doğal monopol yaratan boyutlara geldiği görülüyor, bu da iç pazarlar açıp dünya pazarına açılacak üretim yapısını geliştirmenin gerekli olduğunu ortaya koyuyor. Pazar rekabeti bu çapta olmaya başlayınca bildiğiniz gibi bölgeselleşme süreçleri olarak pazarlar ortaya çıktı. Avrupa Birliği belki başlangıçta bu kadar derinliğine, bu kadar genişliğine bir bütünleşmeyi tasarlamamıştı bildiğiniz gibi. Altı ülke olarak ve bir gümrük birliği olarak ortaya çıkmışlardı fakat bugün görüyorsunuz onbeş ülkeye çıktılar, otuz ülkeye çıkmaları söz konusu. Bütün avrupa topraklarını kapsıyorlar ve aynı zamanda bütünleşme giderek daha derinliğine gidiyor. Bütünleşme'nin önemi şu; kendi içlerinde, pazar ortaklıklarına tümüyle açık tutuyorlar böylece pazar genişlemesini sağlıyorlar, aynı zamanda düşük gümrük tarifeleriyle de olsa bir koruma duvarını kendi dışlarındaki dünyaya karşı koruyorlar. Bu pazar genişlemesinin bir biçimi, çünkü avrupa pazarı dediğimiz şimdi 350 milyon ama bütün otuz ülke bir araya geldiğinde bu 500 milyon, yarım milyarlık bir kitle olacak ve satın alma gücünde çok yüksek bir kitle, dolayısıyla çok geniş bir pazar demek. Avrupa Birliği dünya ticareti'nin %40'ına yakın bir kısmını elde tuttuğu için o pazarın içinde serbestçe yer alabilmek pazar genişliği açısından çok önemli bir olay işte bunu kendi tam üyelerine olduğu gibi bütün mallar da hizmetlerde sermaye hareketlerinde ve emek hareketlerinde sağlıyorlar. Bir ikinci blok Amerika kıtasında oluştu. Önce ABD ile Kanada arasında çıkan bütünleşme daha sonra Meksika'yı içerdi. Latin Amerikada ki Merkosur, bir gümrük birliği olarak ortaya çıktı, şimdi proje bütün Amerika kıtasını bir serbest ticaret alanı olarak büyütme ve avrupa birliği kendisini dış dünya'ya karşı küçük de olsa gümrük duvarıyla koruyorsa, aynı şekilde Amerika kıtasında böyle yapma yoluna girdi. Çok geniş bir pazar. Amerika kıtasının da kuzeyiyle, güneyiyle bir arada böyle bir durum söz konusu. Aynı zamanda uzak doğuda da, şimdi uzak doğu gerçi Japonya'dan uzak doğuda yer alan, güney doğu asya ülkelerine, kadar hepsi çok sorunlu, çok yoğun kriz yaşıyorlar, dolayısıyla orada ileride neler olabilir bunu öngörmek zor, fakat kriz sürecine kadar o yörede Japon yeni birleştirici bir öge oluyordu, aynı zamanda Japon yatırımları, japon kredileri, japon çok uluslu şirketlerinin orada üretim aşamalarını bölerek dağıttığı üretim aşamaları ve onların birleşmesi sürecinde bir pazar bütünlüğü yaşatılması olayı yaşanıyordu. Aynı şekilde uzak doğuda da Asean içinde, apekin büyük bir bölümü yer alıyor. Dolayısıyla pazar genişlemesine çözüm olarak bir olay dünya da bugün bölgeselleşme süreci olduğu. Türkiye, bildiğiniz gibi Avrupa Birliğinin ortak üyesi statüsünde daha doğrusu Türkiye Avrupa Topluluğunu yani Avrupa Birliğinin ekonomik ayağını bir ortak üyesi konumunda, şimdilik. Avrupa birliği kurmayı tasarladığı bir Akdeniz serbest ticaret alanı var. Türkiye'yi onun içinde mütala ediyor, ama Schroeder'in gelmesiyle böyle bir takım tam üyelik lafları falan dolaşmaya başladı etrafta. Ne ölçüde gerçeği yansıtıyor, tabi bilmek zor. Bizim siyasetçilerin iç pazara yansıtmak istediği bir iyimser yorum mudur yoksa gerçekten böylemi. Almanlar birden bir uyanış yaşadılar da bu uyanış sürecinde aman bu Türkler meğer neymiş biz bunları tam üye alalım mı dediler hiç böyle bir şeye inanmıyorum. Çünkü sosyal demokratlarla çok yakın ilişkilerim oldu, Buradaki Frederich Elbert vakfı vasıtasıyla hiç Türklere karşı eğitimleri itibarıyla pek farklı değillerdir, muhafazakarlardan, hristiyan, demokratlardan. Bana öyle geliyorki Sovyetler Birliğinin yıkıntısı Rusya'yı baskısı altına arttıkça, yani öyle bir yıkıntı olduki Rus-



## ŞİŞECAM

ya'yı eziyor o yıkıntı artıkça Rusya'nın otoriter bir rejime kayma olasılığı yarın öbür gün tekrar kominizme mi, yoksa bir faşist merkezi otoriter rejime mi girer, o kestiremediği için Türkiye'yi yedeğe tutalım, nede olsa Ruslara karşı Türkler hep bizim yedeğimizde kalmıştır falan gibi bir zihniyetle mi yapıyorlar, orasını bilemiyorum. Son günlerde gazetelerde böyle Avrupa bir uyanışa girdi, işte Türkler tam üyeliğe alınacak gibi laflar dolaşmaya başladı, gerçeği ne kadar yansıttığını bilemesem bile böyle bir durum olabileceğini, o yaklaşımın gerisinde belirtmek isterim. Şimdi efendim bölgeselleşmeden öte bugün dünyada küreselleşme denilen bir diğer olay var. Küreselleşmeden kast edilen birkaç boyutlu bir olay. Bunun bir teknolojik boyutu var. Bu yadsınmayan bir boyut, yani ışık hızıyla haberi bir noktadan diğer bir noktaya iletebiliyorsunuz. Ugandanın bilmem ne köyünde veba çıksa 5sn. sonra bunu bütün dünya duyuyor, bu gerçekten haberin küreselleşmesi, bilginin değil ama haberin küreselleşmesi. Dünya da bu anlamda bir küresel köy oluşuyor. Olayın bir boyutu teknolojinin getirdiği bu olağanüstü haberleşme olanakları, tabi bu ulaştırma olanaklarıylada tamamlanıyor. Düşünebiliyormusunuz ben çocukluğumda "Bir Türk Kızı'nın Türkiye'den Amerika'ya Yolculuğu" diye bir kitap okumuştum. Faik Sabri Duran'ın kızı yazmıştı ve Türkiye'den Amerika'ya nasıl gittiği, böyle bir kitap boyunca Faik Sabri Duran'ın kızı onu anlatıyordu. Şimdi bugün düşünebiliyormusunuz, bir kimse buradan NewYork, İstanbul'dan THY ile doğrudan uçuyor NewYork havalimanına doğrudan uçarken saat farkı galiba 14 saat ediyor bu, 14 saatlik uçuş süreci bir roman yapılabilir mi, bir seyahat kitabı yapılabilir mi? Olmaz, yani dünya o boyutta değişti ki bu bağlamda da ulaştırmayı da dünya'nın küresel köye dönmesi anlamında bir teknolojik gelişme sayabiliriz. Olayın ikinci ayağı doğrudan yatırım yapan çok uluslu şirketlerin olayı. Çok uluslu şirket diyelim ki merkezi NewYork gibi bir yerde, bu şirket üretim sürecini eğer parçalayabiliyorsa örneğin araba sanayi buna fevkalade elverişli, bütün dayanıklı tüketim malları sanayiinde bu parçalama olanakları var. Bir otobüsün yirmi bin adet parçası var diyorlar. Bunların belirli bölümlerini, emek yoğun bölümünü en ucuz yerde yapıp sermaye yoğun bölümünü sermayenin ucuz olduğu yerde yapıp bunların bir araya getirilmesi, bütün alt yapının ve pazarlama imkanlarının fevkalade olduğunu bildiğiniz bir yerde yapıp böylece karınızı maksimumlaştırabiliyorsunuz. Dolayısıyla üretimin küreselleşmesi anlamında böyle bir süreçte yaşanıyor. Ancak tabii belirtmek gerekirken bu bütün sanayi mallarında mümkün değil bunun yapılabildiği mal türleri var, o mal türleri daha çok üretim aşamalarının birbirinden bağımsız biçimde ayrılabilirdiği ve her bir aşamanın farklı üretim faktörü gereksinimi olduğu sanayiler. Örneğin ana kimya sanayi buna elverişli değil. Ama dayanıklı tüketim malları sanayileri, başta otomotiv sanayi olmak üzere bu imkanı ortaya çıkıyor ve bu anlamda bilgisayar sanayiinde örneğin, üretimin küreselleşmesi gibi bir süreç yaşanıyor. Biliyorsunuz batı ülkelerinde, Japonya'da son zamanlarda müthiş de bir şikayet çıktı, 3'üncü dünya ülkelerine istihdam kaybediyoruz diye. Çünkü üretimin emek yoğun aşamaları el emeğinin daha ucuz olduğu ülkelere kayınca biraz da çevre maliyeti daha düşük, daha dikkatsiz oldukları için, bu olanaktan gelişmekte olan ülkeler hem istihdam artışı sağlamak hem yeni bilgiler beceriler edinmek bağlamında yararlanılabilir hale geldiler. Şimdi bu anlamda üretimin küreselleşmesi söz konusu fakat küreselleşme denilen olay sermaye piyasaları arasında, daha geniş anlamda para piyasaları ve sermaye piyasaları yada döviz piyasaları, genel anlamda mali piyasalar arasında likit fonlar biçiminde parasal sermayenin serbestçe ve ışık süratinde dolaşır hale gelmesi bir tuşa basmak yoluyla bilgisayarımızda milyarlarca dolarlık A pazarından B pazarına transfer edebiliyorsunuz. Küreselleşme denen olay işte bu. Temelde krizlerin altında yatan olayda bu. Çünkü bu büyük fonlar, efendim fonların ne kadar büyük olduğunu anlatabilmek için bir rakkam vereyim. Günde sadece döviz piyasalarındaki cironun tutarı bir trilyon dolar yalnız döviz piyasalarında, diğer mali piyasalarında eklerseniz bu demek ki trilyonlarca dolar fon bir yerden bir yere akıyor. Bu fonlar şimdi 90 yılından itibaren sermaye piyasaları açıldıkça dış dünya'ya ve bu fonların giriş-çıkışı serbest oldukça her yerde karlılık oranlarını artırmak için dolanır hale geldiler. Bu dolanma sürecinde Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelere de bu giriş-çıkışları yaşıyor. Fakat bu ülkelerin pazarları çok sığ, küçük. Dolaşan fonlar ise pazarlara oranla çok büyük olduğu için bu giriş-çıkış bu ekonomileri istikarsızlık yaratır boyutta etkiliyor. Yani günlük cirosu beş milyar dolar olan bir pazara birden on milyar dolar tutarında bir fon girişi oluyorsa tabi yalnız o pazar değil onunla birlikte ülkede allak bullak oluyor. İşte gelişmekte olan ülkelerin yaşadığı bu finansal krizlerin



## ŞİŞECAM

gerisinde büyük fonların dolaşımı ve bu fonların yarattığı istikrarsızlık var. Küreselleşme denen süreç bir ayağıyla bahsettiğim o teknolojinin getirdiği süratlenme, haberlerin süratle dolandırılması, yer kürenin her yerinde üretim sürecinin dağıtılıp bir malın üretiminin küreselleşmesi, üçüncü ayağıda fonların bu pazarlar arasında girip çıkmak bağlamında küreselleşmesi. 94'te Türkiye'nin yaşadığı krizi her halde çok iyi hatırlıyorsunuz, bu krizi Türkiye bu sonuncu nedenle yaşamıştı. Giren büyük boyuttaki fonlar rizikoların arttığını görüp çıkışa yöneldiği zaman istikrarını allak bullak ediyor ekonominin. Girişte ülkede birden rahatlama yaratıyor. Biliyorsunuz bunun yönetimi işte faiz haddini reel anlamda yüksek tutmak, zaten girişler kendisinde bu etki yapıyor. Merkez Bankasının büyük döviz rezervleriyle döviz piyasasına sürekli müdahaleler yapıp yerli paranın değerinin düşmesini önlemek böylece bu fonların karlı kalmasını sağlamak. Uzak doğu, güney doğu asya da aynı politikaları izledi onlar daha da ötesine gittiler paralarını dolara karşı sabitleştirdiler. Bu sabitleştirmenin temel amacı bu fonların kararlılığını sağlayıp fonları içeride tutmaktır. Evdeki hesap çarşıya uymadı çünkü dolar o sırada değerlenme sürecine girince onların paralarında dolarla birlikte değerlendirildi ve bu değerlendirme süreci ihracatlarını baltalayıp, ithalatlarını patlatınca, bu kere içerideki fonlar rizikoların artışa geçtiğini görüp kaçtılar. Aynı olay 94'te Türkiye'de de oldu. 93'te Türkiye müthiş bir fon girişi yaşadı 91'de çıkış yaşamıştı. Körfez krizi dolayısıyla bir krizi Türkiye ekonomisi yaşadı. 92'de biraz ayakları üzerinde durmaya başladı. 93'de büyük çapta fon girişi bu faiz döviz ayarlamaları yoluyla oldu ve girişler arttıkça tabii ihracat baskı altına alınıyor yerli para değerlendirildikçe ithalat patlamaya geçiyor, Türkiye şu anda o süreci yaşıyor onu da söyleyelim. İthalat patlamaya geçiyor dış ticaret ve cari işlemler açıkları büyüyor cari işlemler açıkları büyüdükçe yerli paranın devalüe olma olasılığı arttığı için fonlar bir devaluasyonla zarara uğramamak için alelacele kaçıyorlar. Şimdi Türkiye bu yıl böyle bir cari işlemler büyümesi, ihracatın duraklaması, kriz etkiliyor, yerli paranın değerlendirilmesi de etkiliyor, böyle bir durumu yaşar hale geldi. Efendim son olarak şunu söyleyeyim zamanım tamamlandı. İşte yaşanan bu süreçler ne biçimde uzun dönemli trendleri etkileyecek, etkiler ortaya çıkacak onu öngöremiyorum ancak krizin yayılmakta olduğu kuşkusunu bende de var. Ne yazık ki Türkiye'ye de sirayet edebileceği, hatta reel üretim kesiminde bunu ciddi biçimde hissedeceğini sanıyorum. Merkez Bankası büyük bir beceri gösterip döviz fiyatının artışını geriletiyor. Fakat engelleme aynı zaman da dengeleri giderek daha fazla bozduğu için ileride ortaya çıkabilecek bir kur düzeltmesini de daha ciddi boyutlara getirebilecek. Şu anda bu noktadayız. Bizden nereye gider bu kriz bilemiyorum ancak kesin olan bir olay var ki Türkiye Uzak Doğu krizinden dolayı yoldan etkilendi, ihraç ettiği malların üçüncü pazarlarda rekabet gücünü yitirmesi dolayısıyla ortaya çıktı bu etki. Çünkü Türkiye 90'lı yıllarda Rusya pazarına bayağı bağımlı hale geldi. Almanya bir numara Rusya iki numaraya dönüştü, hem mal hem hizmet ihracatında. Turizm, taşımacılık, mütahitlik en önemli üç hizmet kalemi ihracatın, Rusya pazarına bağlandı ve şu anda bu üçüde olumsuz etkileniyor aynı zamanda mal ihracatında çok sofistike bir pazarda olmadığı için gıda maddesinden giyim işte ne varsa hepsinin ihraç edebildiğimiz için orada ayrıca satış mağazaları falan da kuruldu, çok önemli idi, ancak Rusya çöküşe girince Türkiye ekonomisinde bundan olumsuz etkilenmeye başladı. Buradan nereye gidilir onu tartışmak için ne yazık ki zamanımız yok. Dinlediğiniz için çok teşekkür ederim. Beni davet etmek lütfunda bulunulduğu için teşekkürlerimi iletmek isterim.

# CAM SANAYİNİ ETKİLEYEN SOSYAL, EKONOMİK VE TEKNOLOJİK GELİŞMELER

**Dr. Baha Kuban**

İş Geliştirme Müdürlüğü

Bugün, yine hemen hemen tamamı teknik olan bir sempozyum dinleyeceğiz. Benim Sn. Kazgan'dan sonra konuşmak gibi bir talihsizliğim var ama bunun sorumlusu kendim olduğum için şikayet etmeyeceğim. Bugün yapmak istediğim bu teknik ağırlıklı sunuşlar ile, Sn. Kazgan'ın mükemmel kuşbakışı analizi arasındaki yeri doldurmaya çalışmak.

Şüphesiz toplumun geleceğinin aynasında kendi suretimizi ancak bir toplum bilimci bakışıyla daha iyi görebileceğiz. Bunun hem gerekli hem de elzem olduğunu düşünüyoruz. Şimdi bu kuşbakışı bakıştan biraz irtifa kaybederek kendi dünyamıza doğru ineceğiz. Burada yine kuşbakışı düzlemde kalan bir slayt var. Şimdi üçüncü bin yılın eşiğinde pek çok belirsizlik var gibi gözüküyor. Bunların arasında pek çok olumlu ve olumsuz gelişmeler var. Çevre krizi denince herkes sanırım ne olduğunu biliyor. El Ninolardan, iklim değişikliklerinden, hergün soluduğumuz kentsel kirliliğe, böyle ciddi kaygılar sözkonusu. Teknolojik belirsizlik denince ne anlıyoruz?, teknoloji çok hızlı ilerliyor. Fakat bunun insanlara gerçekten mutluluk getirip getirmeyeceği konusunda belirsizlik var. 1960'lardaki o çok iyimser hava yok oluyor sanki. Pazar yarışması ve rekabet, keza onu da iyi biliyoruz, acımasız rekabet. Bunların bir kaçı üzerinde daha ayrıntılı duracağım. Demokratik kayış dediğimde, özellikle büyük metropol ülkelerdeki nüfus hareketlerinden bahsedeceğim. Jenerik teknolojiler dediğimiz, bütün üretim alanlarını etkileyen; mikro-elektronik, yeni malzemeler ve biyoteknoloji alanlarında çeşitli ve çok hızlı gelişmeler var. Bunlar bizi nasıl etkileyebilir bunları düşünmek lazım. Fakat genelde bir belirsizlik ortamı, bir karmaşıklık hissi içindeyiz. Nasıl yaşayacağımızı, çocuklarımızı nasıl bir geleceğin beklediğini; ne tür bir üretim biçimi, nasıl bir çalışma ve tüketim biçimi bizi bekliyor, burada incelemeye çalışacağız. Şimdi bu belirsizlik içerisinde kurumsal yapılar fazlasıyla, hatta kıyasıyla tartışılıyor diyebilirim.

Kurumsal yapı kurgularından biraz bahsetmek istiyorum. Belirsizliği temelde uzun vadeli eğilimleri saptayabilme gücünü olarak, sanırım özetleyebiliriz. Doğal olarak bunun kurumsal karşılığı, esnek ve hızlı iletişim kuran yatay hiyerarşiler oluyor. Burada iç iş bölümü ve iş tanımlarında muğlaklık ayrıca, öğrenme örgütlenmesi kavramı gündemin başındaki konulardan. Öğrenen örgüt, bilgi yönetimi kavramları hep aynı bağlamda karşımıza çıkıyorlar.

Demin söz ettiğim önemli özelliklerden bir tanesi demografi bombası diye tanımladığım özellikle metropol ülkeleri etkileyen, çok ciddi bir nüfus hareketi. Şimdi bugün dünya nüfusu 5,5 milyar civarında. Bu 25 sene sonra yaklaşık 8.4 milyara çıkacak ve bu artışın hemen tamamı metropol ülkelerin dışında yani büyük gelişmiş pazarların dışındaki gelişmekte olan ülkelerde olacak. Sanayileşme çok hızlı ilerliyor. Bu da kentleşmeyi, muazzam bir kente göçü, bunun beraberinde gelen bir çevre kirliliği yaratıyor. Metropol ülkeler dediğim bölgede yani gelişmiş pazar ülkelerinde bir grileşme olgusu var. Nüfusun grileşmesi yani yaşlanması, buna koşut olarak da büyüyen bir hizmet sektörü olgusu ve bunla beraber değişen tüketim ve boş zaman alışkanlıkları var. Genel olarak çok lafı edilen bir sürdürülebilir büyüme, yani bugüne kadar sınırsız büyüme paradigmasından sanki sürdürülebilir büyüme paradigmasına bir gidiş var. Buna en çok uluslararası kuruluşların belgelerinde falan rastlıyorsunuz. Çok da tartışılan bir kavram, burada küçük bir parantez açmak istiyorum. Türkiye için uzak bir geleceği de gösterse yeni çalışma biçimleri arasında teleçalışma dedikleri birşeyden bahsetmek istiyorum size. Aslında çok da küçük bir oran değil. Teleçalışma denilen olgunun arkasındaki nedenler aşağıda sıralanmış ama gerçekten de burada altının çizilmesi gereken buna örneğin Avrupa Topluluğunda verilen önem.



ŞİŞECAM

Teknolojik patlamanın yani iletişim ve iş yapma kalitesindeki olanakların bu yola açılması, bunun yanında tabii kentlerin yaşanan yerler olmaktan çıkmaya başlaması da önemli bir motivasyon oluşturuyor. Bunu sayılarla ifade etmek gerekirse dediğim gibi çok küçük değil. Bazı ülkelerde %20'ye kadar çıkıyor şu andaki sayılar bunlar. Avrupa Birliği sayıları birtakım göstergelere göre daha da yüksek ve IBM Hollanda'nın 2000'de işgücünün %40'ını bu şekilde çalıştırmayı düşündüğünü biliyoruz. Bir üretkenlik araştırması var, bu Amerikan DEC firmasından, bu küçük parantezi kapatalım şimdi.

Tekrar temel dinamiklere geçelim. Tüketim alışkanlıklarındaki değişimler, bunları yavaş yavaş bizim kendi üretim alanlarımızla nasıl etkileyecek, onu göstermeye çalışacağım. Ciddi bir turizm olgusu var. Turizm insanların başka kültürleri, başka insanları, ülkeleri görmesini sağlıyor. Böylece başka ve çeşitli zevkler, eskiden belirli coğrafyalara atfettiğimiz tatlar, alışkanlıklar genel geçer hale geliyor.

Gelişme düzeyi arttıkça tüketim artışı hızlanıyor. Kadınların iş gücüne giderek daha fazla girmeleri nedeniyle de ,küçülen aile, ortalama ev halkı nüfusundaki düşüş dolayısıyla toptan alışveriş, hazır yemek yerleşiyor. Bunu Türkiye'de çok daha iyi bir şekilde görüyoruz. İş hayatında da tempo artıyor, hız artıyor ve abur cubur yemek alışkanlıkları diyebileceğimiz, tavuklama tabir edilen 'snacking' yerleşmeye başlıyor. Bu tabii gıda sektörü açısından önemli bir olgu. Nüfusun grileşmesine koşut olarak bir takım yeni özellikler ortaya çıkıyor gıda sektöründe. İşte vejeteryanlık yerleşiyor bu yüksek elyafli yiyecekler ortaya çıkmaya başlıyor. Fakat genelde insanlar yeşil tüketim diye birşey atıyor ortaya, yani tükettikleri herşeyin bir şekilde doğayla uyumlu olduğunu görmek istiyorlar. Bu genel olarak Avrupa'da çok kuvvetli bir eğilim. Evet insanlar yiyip içiyorlar, tüketiyorlar. Fakat tabii bir de seyahat ediyorlar yani ulaşım sağlıyorlar. Şimdi bugünkü otumlardan bir tanesinde 21. yüzyıl mimarisiyle ilgili çok güzel bir sunuş var. Ama gine de teknoloji ve mimari arasındaki ilişkiye çok kısa değinmek istiyorum. Bu tabii ki kopmaz bir ilişki çağlar boyunca. Biliyorsunuz , taş tapınaklardan bugünün demir-çelik ve cam tapınaklarına, muazzam bir ilişki var burda. En acemi gözün bile görebileceği bariz bir model kayması var. Teknolojiye ve onun sunduğu olanaklara körü körüne ya da kayıtsız bir teslimiyet, bugün çok daha seçici ve topluma karşı sorumlu, çevreye karşı sorumlu bir mimari estetiğe yerini bırakıyor. Bu gelişmiş ülkelerde tabii ama sirayet ediyor. Özetlemek gerekirse, teknik gelişmeyi toplumsal ve insani yanlarıyla birlikte düşünmek gerekliliği ortaya çıkıyor. Yani önümüzdeki dönemin vurgusu burada olacak bunun nedeni tabii açık. Tüketilen enerjinin önemli bir kısmı yapılarda ve seyahat edilen araçlarda tüketiliyor. Bu sayılar Avrupa'ya ait bunun da gene doğal sonucu olarak yapı yani mimari ve yapı standartları evriliyor. Araçlarda hafifletirme, emisyon kontrolü gibi bir takım sıkıştırılmalar başlıyor. Genel olarak otomobillerin kentlerde toplu taşımacılıkla entegrasyonu gibi bir ciddi bir olanak ortaya çıkıyor. Bu da Avrupa'da çok tartışılan bu konu fakat genel olarak 'design context' adı verilen özellikle otomotiv sektöründe teknolojik bilginin yani otomotivde içerilen teknolojik bilginin sektörel yayılımının genişlemesi gibi bir olgu var.

Genel olarak, enerji üretiminde kullanılan yakıt türünde sanayi devriminden bu yana belirli bir değişim olmuş tabii. Şimdi ise yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir kayış görüyoruz. Toplumsal dinamiklerden sektörler bazında çıkartabileceğimiz sonuçlar ne olabilir. Düzcam' da özel uygulamalar ve radikal şekillendirme teknikleri temelinde bir teknik değişim var. Tabii ki kaplamalar son derece önemli, bunu Şişecam'ın da öngördüğünü ve bu alanda çok doğru olarak yatırıma gittiğini görüyoruz. Bir gelişme de ambalajlardaki hafifletme ve geriye dönüş eğilimleri, tabii estetik kaygılar da bunun içinde, ev eşyasında ise zaten tasarım etkinliği her zamanki gibi en önemli girdiyi oluşturuyor. Cam Elyaf açısından, polimer takviyesi kompozitler ve bunların çeşitlenmesi, en hızlı büyüyen malzeme pazarları bunlar, burada iki malzeme arasındaki ara yüzey tasarımı temelinde bir geliştirme faaliyeti sürüyor. Evet bu sektörel özetten sonra bir parantezi de enerji konusunda açmak istiyorum. Biraz daldan dala oluyor ama başka çaresi de yok birtakım pence-reler açmak açısından.

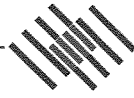
Şimdi bu üstteki grafik, yaklaşık sanayileşmenin başından beri çeşitli enerji üreten yakıt türlerinin yaklaşık 50 senelik sürelerle inişe geçtiğini, başladığını ve inişe geçtiğini gösteriyor. Bunların arasında özellikle 1990 ve sonrasında alttaki şekilde bahsedeceğim. Bu harfler birtakım senaryoları sergiliyor. Böyle gelmiş böyle gider. BGBG, savaş rüzgarları, SR, hiperpazar, HP ve forum, F senaryoları bunlar. Aralarındaki farklar şunlar; forum, insanlığın geleceği ile ilgili kararları sağduyulu bir şekilde oturup bir masanın etrafında, işte mesela Kyoto'daki gibi iklim değişiklikleri konusunda birtakım kararlara varılan bir forum, yani demokratik katılımı Dünya'nın geleceğini aşağı yukarı belirlendiği bir senaryoyu gösteriyor. Hiperpazar küreselleşmenin alabildiğine dolu dizgin gittiği ve bugünkü sonuçlarından çok daha acımasız sonuçlarını ortaya koyduğu bir senaryo. Bu, savaşın belki çıkmadığı ama en azından ticari savaşların sürdüğü bir senaryo. Diğeri de bugünkünün devamı gibi birşey. Burada önemli olan 2020 yılı için bir şekilde, 1990 sol tarafta, 4 senaryo 2020 yılı için sağ tarafta. Burada önemli olan yenilenebilir kaynakların yani en üstteki bölüm, pembe kısım, en düşük senaryoda bile yaklaşık %30 yer teşkil etmesi. Bu Avrupa Komisyonu'nun bir çalışması.

Şimdi yenilenebilir kaynaklardan hemen sevdiğimiz bir konuya geçeceğiz. Güneş pilleriyle ilgili küçük bir parantez daha açalım. Bu bizi nasıl ilgilendiriyor. Bu konuda aslında bizim hazırladığımız bir rapor var. Dağıtıma hazır şu anda, ondan birtakım özetler yapacağım. Güneş pilleri cam kullanan bir yapı elemanı, dolayısıyla Şişecam'ı da cam satmak açısından çok yakından ilgilendiriyor. Avrupa'da ve Amerika'da ve Japonya'da çok ciddi bir devlet desteği eşliğinde hızla kentlerin büyük prestijli yapılarının kamu binalarının güneş pilleriyle donandığını görüyoruz. Burada fiyatlar karşılaştırmasında YBGP kısaltması yapı bütünlük güneş pilleri kısaltmasıdır. Bu Building Integrated Photovoltaics yerine kullandığımız bir terim. Diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırdığımızda bugünkü durumu gösteriyor. Soldaki grafikte maliyet düşüşünü göstermekte. Temiz, mekanik parçası olmayan, yaklaşık 25 sene ömrü olan bir teknoloji bu. Küçük bir hesapla, Camhan'ın çatısında koyduğunuz modüllerin yaklaşık binanın enerji tüketiminin yarısını bu şekilde kazanabileceğinizi gösteriyor. Bunlar bazı örnekler. Bu fotoğrafta, insanların görüldüğü, içerden görünüşü, diğerlerinde büyük iş merkezleri yahut şirket merkezlerinin güneş pilleriyle kaplanmış örnekleri görülebiliyor. Bunların pekçoğu Avrupa'da.

Şimdi tekrar ürünlere dönmek istiyorum. Temelde cam ürünlerini pazar ve teknoloji temel ayrımıyla bakarak yeni teknoloji ve yeni pazar yaratanlar ve her ikisini birden yaratanlar olarak değerlendirebiliriz. Şimdi bunlara biraz daha yakından bakacağız ama çok da zamanın olmadığı için hızlı geçeceğim. Temelde, tamamen yeni bir bilim branşı sayesinde elde edilen, mesela cam seramik gibi ürünler yanında tamamen yeni bir pazar yaratan yeni uygulamalar yanında ikisini birden yapan tümüyle bilimini hemde pazarını yaratan uygulamalar var. Bunlar bir kısmı uzun zamanda ticarileşmiş ürünler bir kısmı da yeni camlara, yeni alanlar açan ürünler. Bu konuda sayısal veriler vermek gerekirse. Bu tabloda gördükleriniz demin söz ettiğim gruplar içinde yer alan bazı ürünler. Bazı örnekler ve bazı büyüklükler, hiç de küçük bir pazar değil gördüğünüz gibi. Tahminlere göre 2000 yılında 50 milyar dolar civarında bir ciro yapması bekleniyor. Aşağıdaki de geleneksel cam pazarı. Şimdi burada enteresan olan sayılardan bir tanesi şu aşağıdaki tablo. Düzcam örneğinden karşılaştırırsanız, bu malzemenin 80'de biri kadar optik elyafı aynı parayı kazanıyor-sunuz. Piyasada şu anda aşağı yukarı bu sayıları görebiliyorsunuz. Bu ilginç tabi, bunlar gelecek perspektifleri çizmek için önemli veriler.

Şimdi Amerikan cam sanayicileri tedarikçileri, müşterileri, mesela endüstriyel gazcılar ve refrakterciler vs. bunlar biraraya gelmişler ve iki gün boyunca bir odaya kapatıp siz cam sanayinin geleceğini nasıl görüyorsunuz? Teknik dar boğazlar nedir? Geleceğin ürünleri nedir? Şöyle bir tablo çıkartmışlar: Bu tabloyu görüyorsunuz. 2010 yılı hedefleri olarak bunları gösteriliyorlar. Burda gördüğünüz gibi üretim maliyetlerinde, geri dönüşlerde, proses enerjisi tüketiminde ve emisyonlarda çok ciddi düşüşler öngörülüyor. Yeni pazarlar yaratma konusundaki önerileri de bu saydam özetliyor.





ŞİŞECAM

Burada çeşitli uygulama alanları ve yeni pazar yaratma kabiliyeti söz konusu. Yeni pazar, yeni teknoloji ayrımı içinde yer alan pek çok grup malzeme burada yer almakta. Evet ben burada konuşmamı bitirmek istiyorum.

## DEMOGRAFI BOMBASI

- Dünya nüfusu bugün 5.5, 2025'de 8.4 milyar
- Bu artışın hemen tamamı gelişmekte olan bölgelerde
- Sanayileşmeyle koşut muazzam bir kentleşme ve çevre kirliliği
- Gelişmiş ülkelerde nüfusun 'grileşmesi' olgusu
- Şişen hizmet sektörleri, değişen tüketim, çalışma, boş zaman alışkanlıkları
- Üretim teknolojisinde 'Sürdürülebilir Büyüme' paradigmasının baskısı

## YENİ ÇALIŞMA BİÇİMLERİ

### Neden Tele-Çalışma?

- ABD ve Avrupa'da enformasyon esaslı çalışma yeni yaratılan istihdamın %50'sini oluşturuyor.
- Demografik değişimlere tabi vasıflı işgücü sorunları
- İşgücünde artan oranda kadın çalışan
- Yeni nesilde artan bilgisayar okuryazarlığı
- Kalabalık kentler, hava kirliliği, düşen yaşam kalitesi  
8 Bilişim teknolojilerinde gelişmelerin sunduğu olanaklar; ses-görüntü aktarma., tele-konferans, hızlı, ucuz ve güvenilir veri alışverişi

## SAYILARLA TELE-ÇALIŞMA

Almanya, Hollanda	%10	IBM-Hollanda, 2000'de işgücünün %40'ının tele-çalışan olacağını tahmin ediyor.
İngiltere	%8	
Japonya	%4	
ABD	%10	
Fillandiya, Norveç	%15	
İsveç	%20	

- ABD'de DEC firmasının yaptığı bir çalışmaya göre tele-çalışma ile çalışan üretkenlikleri %30-100 arası artıyor!



ŞİŞECAM

## TÜKETİM ALIŞKANLIKLARI

- Küresel rekabet, turizm sektörünün genişlemesi, etnik ve bölgesel zevk ve tatların yaygınlaşması
- Yükselen gelir düzeyine koşut tüketim artışı
- İşgücüne artan sayıda kadın girişi nedeniyle hazır yemek ve dondurulmuş gıda olgusunun yerleşmesi, toptan alışveriş, ortalama ev halkı nüfusunda düşüş
- İş hayatında artan gerilim ve hız, abur cubur yeme alışkanlıkları
- Nüfusun grileşmesine koşut sağlıklı besin, işlevsil gıda tüketiminde artışlar, vejeteryenlik gibi nişlerin yerleşimi
- Çevre bilinci olgusunun geri dönüşlü üretim baskısı Yeşil Tüketim!

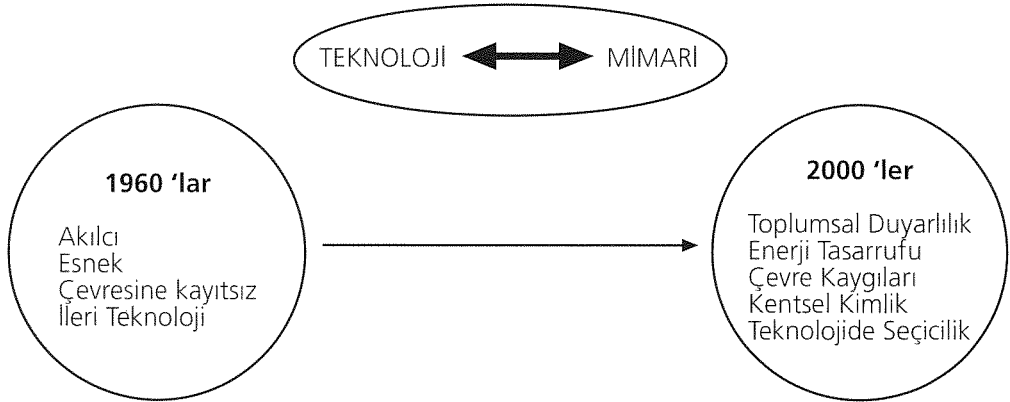
## KURUMSAL YAPI KURGULARI

KARMAŞIKLIK → BELİRSİZLİK

Uzun vadeli eğilimleri saptayabilme güçlüğü

- Esneklik ve yeni durumlara uyum sağlama
- Yatay hiyerarşiler
- İç işbölümü ve iş tanımlarında muğlaklık
- Öğrenme kültürü
- Uygulanabilir kurumsal performans metrikleri

## YAŞAMA ALANLARI VE ULAŞIM



TEKNİK İLERLEMENİN TOPLUMSAL, İNSANİ, ÇEVRESEL KAYGILARLA TÖRPÜLENMESİ



ŞİŞECAM

## FOSİL YAKITLARDAN YENİLEBİLİR KAYNAKLARA GEÇİŞ

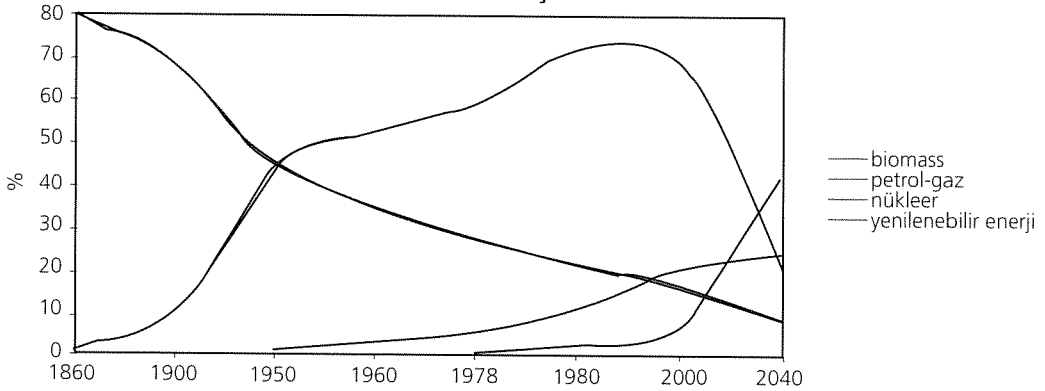
- Toplam tüketilen enerjinin %50'si yapılarda, %25'i araçlarda tüketiliyor!
- Kentsel hava kirliliğinin Avrupa'da %80'i otomobil egzozu kaynaklı!

Yapılarda ısı performans standartları ve bunlara uygun yapı malzemeleri ve yapım teknikleri

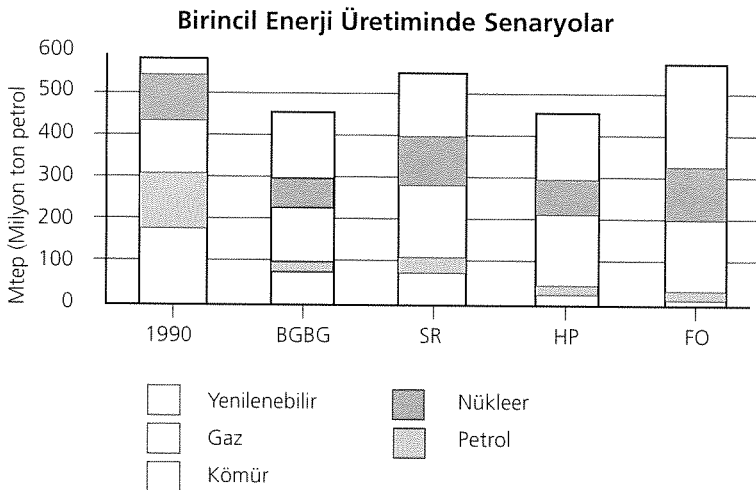
Araçlarda hafiflik, '0' emisyon, kentlerde topyekun ulaşım sistemi arayışları (otomobil-toplu taşıma entegrasyonu), elektronik kontrol teknolojilerinin yaygınlaşması

Otomobilde sistem ve parçaların karmaşıklaşması, tasarım/mühendislik/Arge payının artması, teknolojik bilginin sektörel dağılımı "change in design context"

### ENERJİ KAYNAKLARININ YAŞAM SÜRESİ



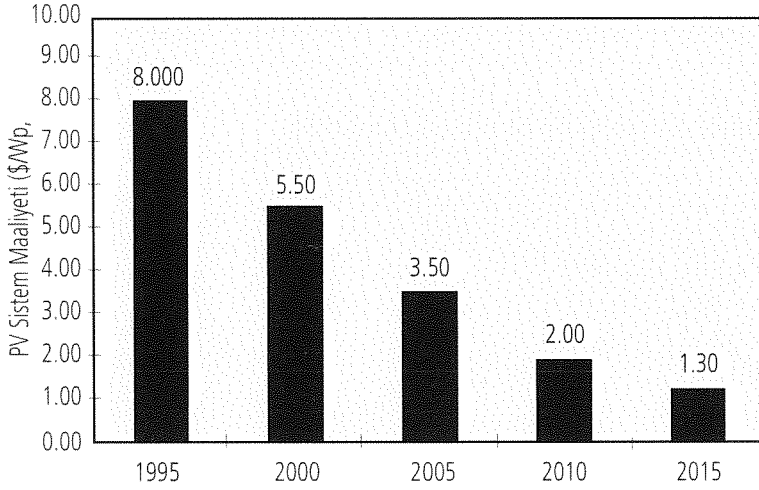
### ENERJİ DENKLEMİ



## GÜNEŞ PİLLERİ

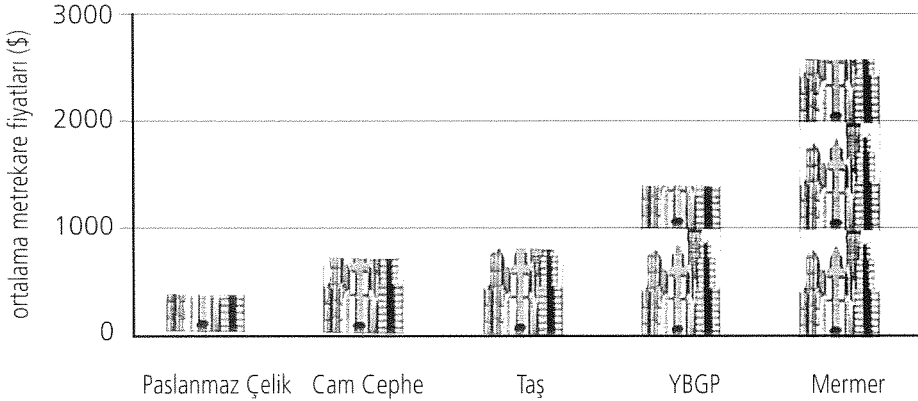
- Fotovoltaik etkisi
- Temiz, sorunsuz, yenilenebilir enerji kaynağı
- Uzun ticarileşme deneyimi-maliyet düşüşleri, verimlilik artışları
- Devlet desteği
- Cam kullanan yapı elemanı

### PV Sistem Maliyeti



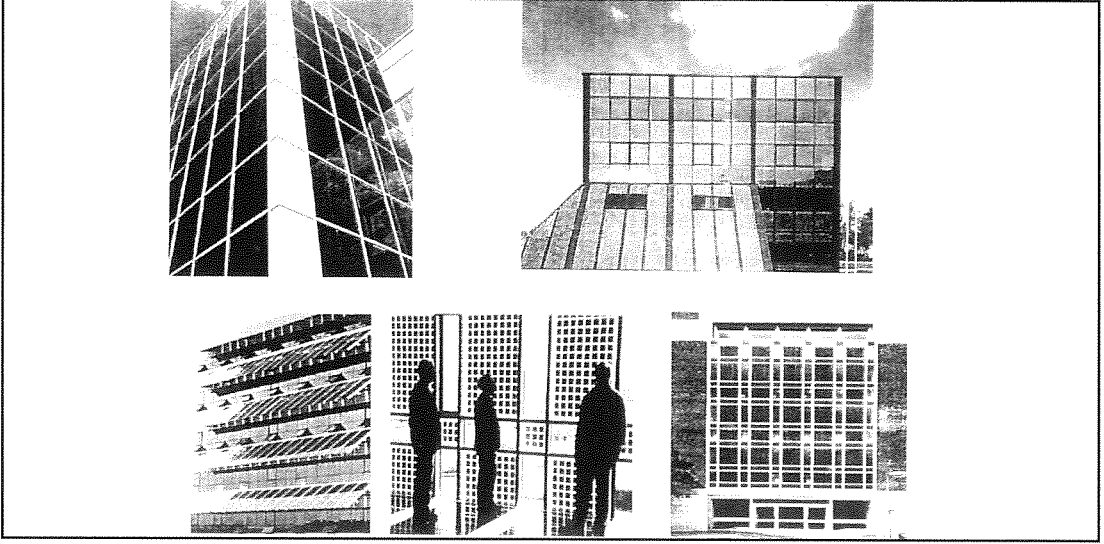
Yapılan tahminleri göre sistem ücretlerinde 5 kat bir düşüş beklenmektedir.

### Binalarda Cephe Giydirmе Malzemeleri





ŞİŞECAM



## CAMDA PAZARLAR VE TEKNOLOJİLER

Mevcut Pazar → Yeni Pazar

Mevcut  
Teknoloji



Yeni  
Teknoloji

Düzcamlar  
Cam Ambalaj  
Cam Ev Eşyası  
Gözlük Camları  
Aydınlatma  
TV Tüpleri

Cam Seramik  
Kaplama Camlar

Yeni Uygulamalar

Optik Elyaf  
Sıvı Kristel  
Biyocamlar  
Mikro-Elektronik Uygulamaları

## YENİ CAMLAR/YENİ UYGULAMALAR

**Düz ekran camları**  
**Optik Camlar**  
**Optik Elyaf**  
**Elektronik camlar**  
**Özel elyaflar**  
**Cam seramikler**

2000 yılında yeni camlar talebi yaklaşık 50 milyar \$ olarak tahmin ediliyor. Bunun önemli bir kısmı optik elyaf.

Dünya geleneksel cam talebi yaklaşık 90 milyar \$ (1997).

### Cam ürünlerinde yaklaşık piyasa fiyatları

Düzcamlar (float)	1 birim/kg
Camelyaf yalıtım malzemesi	2 birim/kg
Alkaliye-dirençli camelyaf	4-8 birim/kg
Vakum tübü (TV)	5-10 birim/kg
Yüksek silis kuvars elyaf	100 birim/kg
Optik kalite cam	200-2000 birim/kg
Optik elyaf	80.0000 birim/kg



ŞİŞECAM

## DÜNYA CAM SANAYİNDE TEKNOLOJİK EĞİLMELER

	ÜRETİM VERİMLİLİĞİ	ENERJİ VERİMLİLİĞİ	ÇEVRE	YENİ UYGULAMALAR
KISA VADE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yanma-cam akımları modeli</li><li>• Dayanıklı sensörler</li><li>• Harman-cam kırığı ön ısıtma</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Model sınaama</li><li>• Refrakter ömür ve hata modelleri</li><li>• Model esaslı kontrol ve optimizasyonu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Emisyon sensörleri</li><li>• Emisyon mekanizmalarının anlaşılması</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Güneş enerjisi uygulamaları</li><li>• Akıllı kaplamalar</li><li>• Nükleer atık saklama</li></ul>
ORTA VADE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Üretimin akıllı kontrolü</li><li>• Bütünleşik proses kontrol stratejileri</li><li>• Güvenilir, kendi kendini kalibre ve kontrol eden sensörler</li><li>• Modelleri sınyacak araştırma teknikleri</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Isı geri kazanım</li><li>• F/H'da homojen cam</li><li>• Alternatif harman hazırlama yöntemleri</li><li>• Daha uzun ömürlü elektrotlar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Emisyon modelleme</li><li>• Cam kırığı artırma</li><li>• Cam akışı-sıcaklık-gaz kompozisyonu sensörleri</li><li>• Düşük maliyetli oksijen üretimi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cam yüzeyi fizik ve kimyası</li><li>• Şekillendirme kontrolünde ultrasonik ve mikrodalga</li><li>• "Daha" akıllı camlar</li><li>• Yüksek mukavemetli camlar</li></ul>
UZUN VADE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Daha uzun ömürlü refrakter malzemeler</li><li>• Dayanıklı malzemeler</li><li>• Yeni cam yapma yöntemleri</li><li>• Alternatif hammaddeler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yeni imalat teknolojileri:<ul style="list-style-type: none"><li>• Yeni ergitme teknikleri</li><li>• Yeni büyük ölçekli üretim teknolojileri</li><li>• Radikal küçük ölçek imalat</li></ul></li><li>• Yeni afinasyon teknikleri</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Çevreyi kirletmeyen ergitme teknolojileri</li><li>• Hat üstü emisyon izleme sistemleri</li><li>• Afinasyon fizizinin daha iyi anlaşılması</li><li>• Kirletmeyen afinasyon yöntemleri</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modelleme, sensörler ve yapay zeka araçları kullanan cam üretimi</li><li>• NOx'in laserle parçalanması</li></ul>
TÜM VADELER	<ul style="list-style-type: none"><li>• Refrakterlerde korozyon mekanizmaları</li><li>• Sıcak cam temas malzemeleri</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ergitme, yakma ve cam akımları modelleri</li><li>• Refrakter geliştirme</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Sıcaklık, viskozite, redoks reaksiyonları, gaz hızı ve renklendirici sensörleri</li></ul>

# ŞİŞECAM' DA ELEKTRİK TAKVİYE UYGULAMALARI

**Atilla Ünsal - Zeynep Eltutar**

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

## ÖZET

Cam fırınlarında elektrik takviye uygulamaları, enerji verimliliği, işletme kolaylığı, ürün çeşitliliği sağlama ve benzeri avantajları nedeni ile dünyada olduğu gibi Şişecam'da da giderek yaygınlaşmaktadır.

Şişecam'da yapılan çeşitli uygulamalar sonucunda elektrikli takviye sistemlerinin tasarımına ve işletmesine yönelik konularda belirli bir tecrübe oluşmuştur. Oluşan bu tecrübenin paylaşılması, birikimlerin iletilmesi amacı ile bir atölye çalışması yapılmıştır. Atölye çalışmasında genel olarak elektrik takviye uygulamalarının başarılı olduğu ve beklenen sonuçlara ulaşıldığı ortaya konulmuştur. Şişecam'da bu konunun her aşamasına ilişkin yeterli birikimin olduğu görüşünde birleşilmiştir.

Bu bildiri de elektrik takviye uygulaması tasarımında izlenen yol ve genel bilgiler ile atölye çalışmasında üzerinde durulan, tasarım, uygulama ve işletme aşamalarına ait konular ve varılan sonuçlar aktarılmaktadır.

## 1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, doğrudan cama verilebilmesi nedeni ile veriminin yüksek olması, işletme kolaylığı sağlama ve üretimde çeşitlilik yaratması sebepleri ile cam fırınlarında çeşitli avantajlar sağlamaktadır.

Camın yüksek sıcaklıkta elektrik iletme özelliği kullanılarak cam ergitmede elektrik enerjisinin doğrudan kullanımı üzerine ilk patent 1900 yılında alınmış, başlangıçta karşılaşılan uygulama problemleri geçen süre içerisinde giderilmiş, uygulamadaki avantajları ortaya konuldukça sistem geliştirilmiştir.

Şirketimizde, "alışlagelmiş fırın tasarımları ve yakma sistemlerini koruyarak, camda kalite, kapasite artışı veya özel cam türlerinin üretimini sağlamak amacı ile ergitmede elektrik enerjisi kullanımı" olarak tanımlanan "elektrik takviye uygulamaları", özellikle sağladığı üretim esnekliği ile yaygınlaşarak kullanılmaktadır.

Bu bildiri geçmiş ve halen mevcut elektrik takviye uygulamaları ışığında Şişecam genelinde oluşan tecrübenin paylaşılması amacı ile düzenlenen atölye çalışmasının uygulama ağırlıklı sonuçlarını ve konu ile ilgili teknik grup bilgi birikimini içermektedir. Daha sık ortaya çıkmaya başlayan elektrik takviye uygulama ihtiyaçları doğrultusunda, atölye çalışmasında tasarım, kurulma ve işletme aşamalarında fayda sağlayacak temel kriterlerin ortaya konulması hedeflenmiştir.

## 2. ŞİŞECAM'DA ELEKTRİK TAKVİYE UYGULAMALARI

Ergitme fırınlarında elektrik enerjisi kullanımı konusunda ilk Şişecam tecrübesi Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. 1 nolu el imalat fırınında yaşanmış olup sonraki uygulamalar Tablo.1'de görülmektedir.

**Tablo-1 Şişecam'da elektrik takviye uygulama tarihçesi**

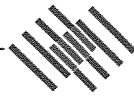
Tarih	Fabrika	Fırın No.
1981	Teknik Cam San. A.Ş.	1
1986	Paşabahçe Cam San. A.Ş.	4
1990	Topkapı Şişe San. A.Ş.	D
1996	PB/Paşabahçe Fab.	F
1996	PB/Kırklareli Fab.	E
1997	TK/Çayırova Şişe Fab.	7
1997	Anadolu Cam San. A.Ş.	10
1997	Trakya Cam San. A.Ş.	1
1998	Çayırova Cam San A.Ş.	3

Şişecam'daki mevcut uygulamalar, bazı teknik detayları ve uygulama amaçları ile birlikte Tablo 2' de özetlenmektedir.

**Tablo 2. Şirketlerimizdeki uygulamalar, amaçları ve teknik özellikleri**

FIRIN	CAM TÜRÜ	İMALAT TİPİ	AMAÇ	UYGULAMA TİPİ	KURULU GÜÇ
TK-D	Soda-kireç	Şişe	Ek kapasite	Yandan Eritme bölgesinde	1200 kVA
TK-7	Yeşil soda-kireç	Şişe	Renk, kalite ve ek kapasite	Tabanda sıcak noktadan	1200 kVA
PK-E	Borosilikat	Ev eşyası	Kalite	Tabanda iki noktadan, harman altı ve sıcak noktadan	4x650 kVA
PB-F	Renkli soda-kireç	Ev eşyası	Renk, kalite	Tabanda iki noktadan, harman altı ve sıcak noktadan	150+500 kVA
AC-10	Yeşil soda-kireç	Şişe	Renk, kalite ve ek kapasite	Tabanda sıcak noktadan	1200 kVA
TR-1	Oto Yeşili soda-kireç	Düzcam	Renk, kalite ve ek kapasite	Tabanda iki noktadan, harman altı ve sıcak noktadan	600+1700 kVA
ÇY-3	Renkli soda-kireç	Düzcam	Kalite ve ek kapasite	Tabanda sıcak noktadan	800 kW





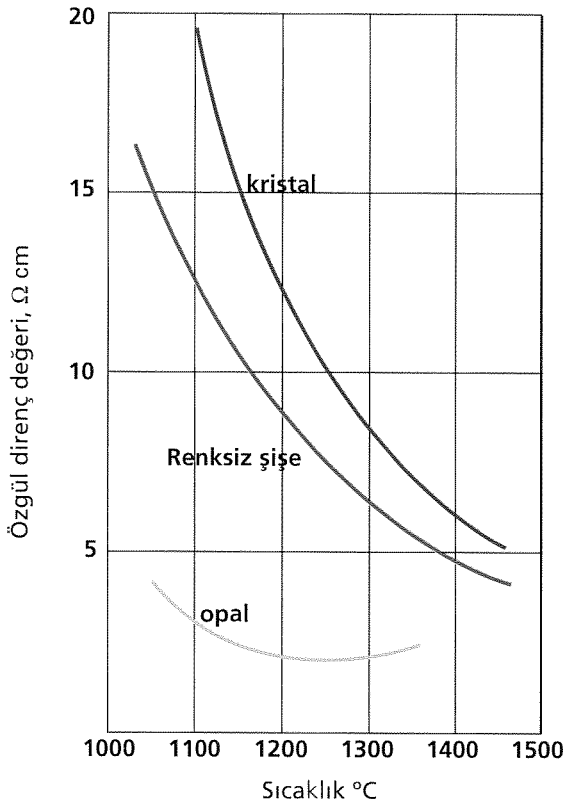
ŞİŞECAM

### 3. ELEKTRİK TAKVİYE SİSTEMİ TASARIMI

Elektrik takviye sistemi kurulma kararı sonrasında, uygun sistemin belirlenmesine dair yapılan çalışmalar ve elektrik takviye sistemini oluşturan ana birimler aşağıda verilmektedir.

#### 3.1. Fırın tasarımı, elektrik takviye sistemi tasarım ve işletme değişkenlerinin matematiksel modelle belirlenmesi

Düşük sıcaklıkta elektrik iletme özelliği olmayan cam, yüksek sıcaklıkta bu özelliği kazanmakta ve böylece cama elektrik enerjisi vermek mümkün olmaktadır. Elektrik iletkenlik özelliği cam kompozisyonu ve içerdiği alkali oksitlerle (özellikle Na+, K+, Li+), metal oksitlerin miktarı ve bu iyonların büyüklükleri, cam içerisinde oluşturdukları bağların kuvveti gibi değişkenlere bağlıdır. Şekil-1'de farklı cam kompozisyonları için sıcaklığa bağlı direnç değerleri verilmektedir.



Şekil 1. Çeşitli cam kompozisyonları için elektriksel özgül direnç (1/iletkenlik) değerinin sıcaklıkla değişimi

Camın bu özelliğinden faydalanılarak uygulanan elektrik takviye sistemlerinin tasarımı için her fırın özelinde, çekiş artışı, renkli cam uygulaması gibi ihtiyaçlar doğrultusunda elektrod yerleşimi, çapı, boyu, gerekli güç miktarı, elektrodlar arasındaki akım değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin belirlenmesinde modelleme yöntemleri kullanılmaktadır.

Elektrik takviyeli fırın tasarımında, atölye çalışmasında da ortaya konulduğu gibi öncelikle aşağıdaki noktalar dikkate alınmaktadır.

- Uygulama amacı
- Elektrik takviye ihtiyacının sürekli olup olmaması

- Fırın boyutları
- Çalışan bir fırın ise yaşı ve elektrodların yerleştirilebileceği blokların durumu.
- Harman örtüsü konumu
- Cam türü ve camın sıcaklığa bağlı elektriksel iletkenlik değeri.

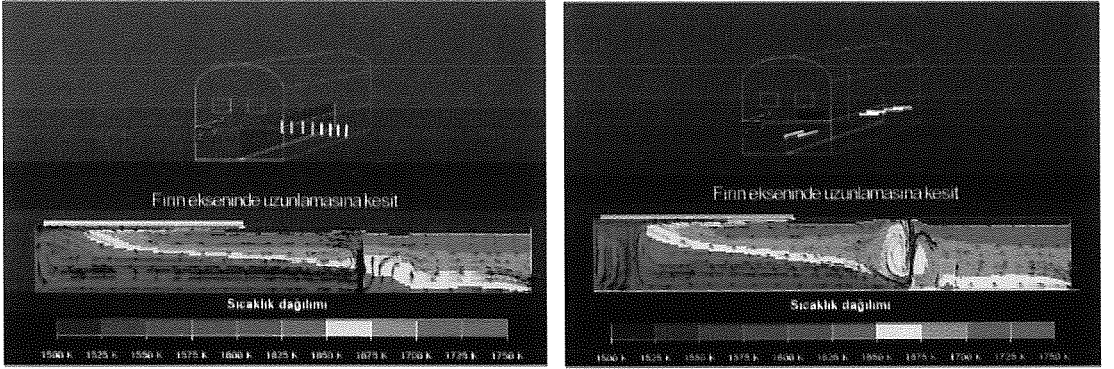
Bu noktalar ışığında, elektrodların yan duvarlara, sıcak noktaya, yaygın olarak fırın tabanına veya amaca uygun diğer şekillerde yerleştirilmesine ve uygulanacak güç miktarına ilişkin seçenekler belirlenmekte ve matematiksel olarak modellenmektedir.

Modelde cam akımlarında ve sıcaklıklarda görülen değişimler doğrultusunda cam kalitesi ile fırın kapasitesinde sağlanan gelişmeler tesbit edilmektedir.

Elektrodlar arasındaki elektrik akımı değerleri ve elektrod yüzeyinde birim alana düşen akım miktarları da belirlenen elektrod yerleşimi ve güç miktarı doğrultusunda hesaplanarak dikkate alınmaktadır.

Sonuçta amaca en uygun olan ve ayrıca fırın ömrü ve yatırım açısından en avantajlı görülen tasarım belirlenmektedir.

Şekil 2 'de elektrod yerleşimleri farklı olan iki elektrik takviye sistemi uygulaması ile aynı fırında, aynı güç miktarı ile elde edilen cam akımları ve sıcaklık dağılımları görülmektedir.

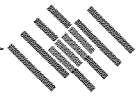


a) Elektrodların yan duvarlara yerleştirildiği sistem

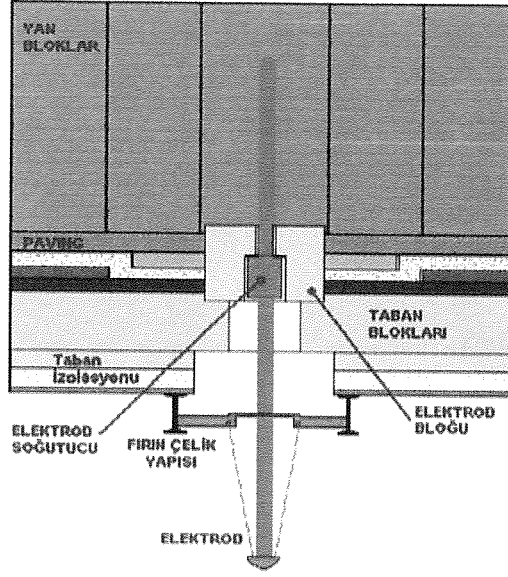
b) Elektrodların tabanda sıcak noktaya yerleştirildiği sistem

### Şekil 2. Farklı elektrod yerleşimleri ile elde edilen cam akımları ve sıcaklık dağılımları

Elektrik takviye uygulaması yapılan fırınlarda özellikle elektrodlar bölgesinde sıcaklıkların artması ve cam akımlarının hızlanması sonucu fırının kampanya ömrünü etkileyecek aşınma sorunlarını önlemek üzere refrakter yapıda, yapısal ve malzeme kalitesi bakımından geliştirici değişikliklerin yapılması gereklidir. Bu sebeple yeni fırın yatırımlarında ve mevcut fırınların soğuk onarımlarında yeni kampanya içerisinde ortaya çıkabilecek elektrik takviye uygulaması ihtiyaçları önceden belirlenerek gerekli alt yapının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. (Şekil 3)



ŞİŞECAM



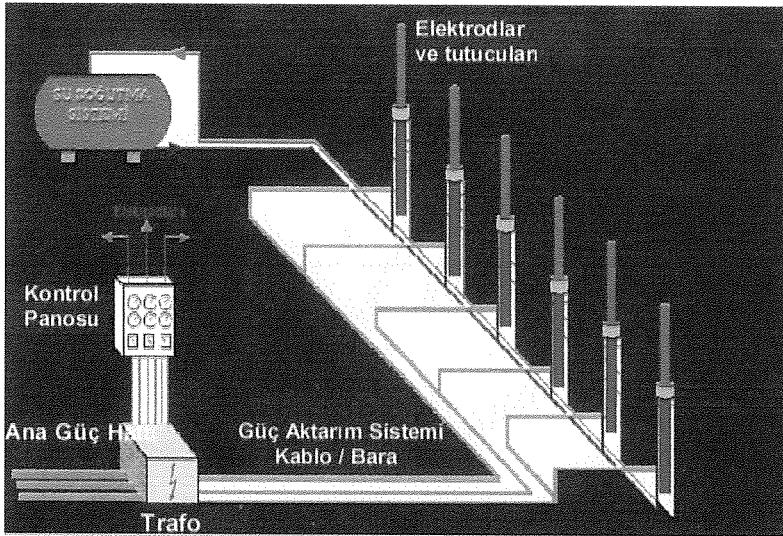
Şekil 3. Tipik elektrod bölgesi refrakter yapı çizimi

### 3.2. Elektrik takviye sistemi ekipmanları

Elektrik takviye sistemleri başlıca;

- elektrodlar,
- elektrod tutucular, su ve hava soğutma sistemleri ile birlikte
- enerji aktarma bağlantıları, bara veya kablo,
- akım trafoları,
- güç trafosu
- güç regülatörü ve
- kontrol panellerinden

oluşmaktadır. Şekil 4'de bu birimler şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4. Elektrik takviye sisteminin şematik gösterimi

## i) Elektrodlar

Elektrik takviye sistemlerinin gelişimi, kullanılan elektrod malzemelerindeki gelişmelerle doğru orantılı olmuştur. Elektrod malzemelerinde aranan temel özellikler;

- yüksek sıcaklıklarda camın aşındırıcı etkisine dayanıklılık,
- camda kalite ve renk bozukluğuna neden olmaması,
- yüksek elektrik iletkenliği,
- 1700 °C'e kadar mekanik direnç,
- termal şok dayanımı,
- üretim ve işleme kolaylığı ve
- uygun maliyet olarak

özetlenebilir.

Başlangıçta, demir ve nikel-demir alaşımları ile başlanan uygulamalarda günümüzde en yaygın kullanılan elektrod malzemeleri; molibden, platin, kalay oksit ve belirli yerlerde grafit'dir. Çeşitli üstünlükleri nedeni ile molibden yaygın olarak kullanılmaktadır. Üzerinden aktarılacak güce ve kullanım pozisyonuna uygun elektrod kesitinin seçimi ve belirli akım yoğunluğunun (Mo için ortalama 2 A/cm<sup>2</sup>) aşılmaması elektrod ömrü açısından tasarımda dikkat edilecek önemli kriterlerdir. Şirketlerimizdeki mevcut uygulamalarda çubuk şeklindeki elektrodlar kullanılmaktadır. Ancak fırın boyutları çok küçük olan durumlarda ve akım yoğunluğu olması gerekenden yüksek olup maksimum A/cm<sup>2</sup> değerinin aşıldığı durumlarda elektrod yüzeyini arttırmak amacı ile fırın duvarlarına monte edilen plaka elektrodlar kullanılmaktadır.

## ii) Elektrod tutucular

Genelde, elektrod çapına ve soğutma gereksinimine uygun olarak geliştirilen değişik tiplerde paslanmaz veya başka alaşımlı çelik malzemeden yapılmış elektrod tutucular kullanılmaktadır. Arıza anında kolaylıkla değiştirilebilen "quick coupling" özelliğine sahip tutucular tercih edilmektedir.

## iii) Trafo ve güç regülatörü

Elektrod yerleşimi ve güç ihtiyacı belirlenip, camdaki akım değerleri ortaya çıktıktan sonra bu şartları sağlayacak trafo belirlenebilmektedir.

Fırında elektrik enerjisi kullanım nedeni, miktarı, ihtiyaç duyulan güç aralıkları ve maliyetler güç regülatörü tipinin seçiminde belirleyici olmaktadır. İşletme sırasında güç miktarının:

- trafo yük altındayken veya yüksüz durumda (on load / off load) değiştirilmesi ve
- önceden belirlenen kademelere göre (tap change) veya kademesiz (stepless)

olarak istenilen miktarda artırılıp azaltılması imkanları seçilen trafo ve güç regülatörü ile belirlenmektedir.

Güç regülatörü tipinin seçimi cam fırını uygulamaları için kritik bir parametre olmamakla birlikte işletme kolaylığı bakımından büyük ek maliyet getirmemesi durumunda daha hassas enerji kontrolü için "yük altında ve kademesiz sürekli" güç değişimi seçeneği tercih edilmektedir. Ancak maliyet artışı da göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **iv) Enerji aktarım hatları**

Fırın tasarımı ve model çalışmaları sonucu belirlenen güç ihtiyacı, gerekli faz sayısı, elektrod adedi, bağlantı şekli, gücün dağılımı doğrultusunda, trafo ile elektrodlar arası elektrik bağlantı detayları oluşturulmakta, kullanılacak bara veya kablonun kesit, izolasyon gibi özellikleri belirlenmektedir. Her iki kullanım içinde trafo ile elektrodlar arasındaki mesafenin güç kayıplarının düşük olması bakımından mümkün olduğunca kısa tutulması önemlidir.

#### **v) Elektrod tutucu su soğutma sistemi**

Su soğutma sisteminin elektrod ve elektrod tutucunun ömrünü direk olarak ilgilendirmesi nedeniyle mutlaka kapalı devre olarak, istenen su kalitesi ve debiyi kesintisiz olarak sağlayacak şekilde güvenlik önlemleri alınarak tasarlanması ve işletme esnasında da soğutma suyu sıcaklığının sürekli takip edilmesini sağlayacak düzenin oluşturulması gereklidir.

#### **vi) Kontrol panoları**

Elektriksel parametreler (voltaj, akım, güç) ve çeşitli noktalardaki sıcaklık değerleri (elektrod tutucularda vb) kontrol panolarında görülmekte ve sistemin, önceden belirlenen emniyet sınırlarının aşılması durumunda uyarı sinyali vermesi veya devreyi kesmesi gibi emniyet önlemleri alınmaktadır. Bazı uygulamalarda, elektrodun kırılması durumunda uyarı sinyali veren kırılma detektörleri de bulunmaktadır.

### **4. ATÖLYE ÇALIŞMALARINDAKİ ORTAK GÖRÜŞLER**

Cam fırınlarında elektrik takviye uygulamasının tasarım ve işletmesi konularının ele alındığı atölye çalışmasında uygulamanın avantajları, karşılaşılan problemler, problemlerin giderilmesi için yapılabilecekler üzerinde konuşulmuş ve birikimler aktarılmıştır.

#### **4.1. Elektrik takviye uygulamalarında görülen avantajlar**

##### **i) Kapasite artışı sağlanması**

Fırın boyutları değiştirilmeden elektrik takviye uygulaması ile aynı fırından daha fazla cam çekebilmek mümkün olmaktadır (Şişecam'daki uygulamalarda genellikle % 10-20).

##### **ii) Kalite artışı sağlanması**

Enerjinin doğrudan camda ihtiyaç duyulan bölgelere verilebilmesi cam kalitesinde artış sağlanmasına olanak tanımaktadır. Daha etkin bir sıcak nokta sağlanabilmekte, harman altında daha iyi ve hızlı erime elde edilebilmekte, taban sıcaklıkları arttırılabilmekte, afinyasyon bölgesi sıcaklıkları istenen değerlere yükseltilerek daha iyi afinyasyon sağlanabilmektedir.

##### **iii) Hızlı çekiş değişimlerine olanak sağlanması**

Elektrik enerjisinin doğrudan cama verilebilmesi nedeni ile camdaki etkisi de fırın atmosferinden cama verilen enerjiye göre daha çabuk görülmektedir. Bu da fırın çekiş değişiklikleri gibi fırın şartlarını etkileyen durumlarda fırının daha çabuk kararlı hale getirilmesine olanak tanımaktadır. Taban sıcaklıklarına çok daha hızlı müdahale edilebilmektedir.

##### **iv) Yüksek enerji verimliliği**

Elektrik enerjisi doğrudan cama verildiği için fuel oil, doğal gaz vb. yakıt kullanımlarındaki baca ve üst yapı duvar kayıplarının neden olduğu verim düşüklüğü elektrik takviyesinde yaşanmamaktadır. Fırına verilen enerjinin % 95'i cama iletilebilmekte, sadece % 5'i enerjinin fırına iletimi sırasında ve elektrod tutuculardaki soğutma nedenleri ile kaybolmaktadır.

#### **v) Koyu renkli cam üretimi imkanı**

Cam rengi koyulaştıkça fırın taban sıcaklıkları düşmekte, bu da cam kalitesi ve fırın çekişinde problem yaratmaktadır. Cam derinliğini azaltmadan ve fırın çekişini koruyarak koyu renkli camların çekilebilmesi elektrik takviye uygulaması ile sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca renk geçişleri için gerekli süre elektrik takviye uygulamaları ile kısaltılabilmektedir.

#### **vi) İşletme kolaylığı**

Fırın şartlarının daha kolay ve çabuk kontrol altına alınabilmesi, bakım ihtiyacının az olması işletme kolaylığı sağlamaktadır.

#### **vii) Fırına beklerle verilen yakıt miktarının arttırılamaması durumunda gerekli enerjinin sağlanması**

Kemer sıcaklıkları refrakter yapıyı korumak amacı ile arttırılmadığında veya rejeneratörlerdeki tıkanma vb. nedenlerle fırına gerekli enerjinin verilemediği durumlarda, çekiş veya kaliteden taviz vermemek amacı ile elektrik takviye kullanılması avantajlı olmaktadır.

#### **viii) Üretim esnekliği**

Giderek uzayan fırın ömürleri nedeni ile uzun kampanya dönemlerinde oluşacak pazar değişimlerine bağlı olarak üretim esnekliği sağlanabilmektedir.

### **4.2. Elektrik takviye sistemlerinin tasarımında dikkate alınacak noktalar**

Atölye çalışmasında, elektrik takviye sistemlerinin tasarımı sırasında aşağıdaki noktaların dikkate alınması gerekliliği üzerinde durulmuştur.

- Sistemin sürekli kullanılıp kullanılmayacağı durumuna göre şişe fırınlarında bubbler sistemi tutularak elektrod uygulamasının yapılması
- Fırın ömürlerinin giderek uzaması nedeni ile kampanya döneminde ortaya çıkabilecek elektrik takviye ihtiyacının karşılanabileceği şekilde refrakter yapı ( elektrod yerleşebilecek noktalarda uygun refrakter kullanımı gibi) ve diğer unsurların tasarım sırasında dikkate alınması
- Elektrik takviye sistemi tasarım ve işletme parametrelerinin modellerle incelenerek doğru sistemin belirlenmesi
- Elektrik takviye sistemi tasarımı ve ekipman seçimi sırasında fabrikanın mevcut elektrik alt yapısının dikkate alınması
- Elektrod tutucuların kolaylıkla değiştirilebilir şekilde seçilmesi
- Gerekli emniyet önlemlerinin alınması

### **4.3. Elektrik takviye sisteminin işletmesi sırasında karşılaşılan sorunlar**

Atölye çalışmasında genelde elektrik takviye uygulamaları ile hedeflenen getirilerin sağlandığı ancak bazı konularda da sorunlar yaşandığı ve bazı çözümler üretildiği aktarılmıştır. Bunlar aşağıda verilmektedir.



**ŞİŞECAM**

- Soğutma suyu devresinde su kalitesi kaynaklı arızalar  
Su kalitesinde gerekli özellikler tam sağlanamadığında elektrod tutucu soğutma sisteminde tıkanmalar olabilmektedir. Elektrod tutucu ömrü açısından çok önemli olan bu problemin yaşanmaması için soğutucu devresi için gerekli olan su kalitesinin sağlanabileceği sistemlerin kurulması ve gereği gibi çalıştırılması büyük önem taşımaktadır.
- Elektrik iletim hatlarında ıslanma veya aşırı ısınma sonucu problem yaşanabilmektedir. Bu duruma yol açılmaması için uygun bara veya kablo seçimi, gerekli yerlerde koruma kutuları ve soğutma imkanlarının olması gerekmektedir.
- Fırın içinde farklı bölgelere yerleştirilen elektrodlardan oluşan birden fazla zona sahip elektrik takviye uygulamalarında enerjinin zonlara dağılımı zaman zaman harman örtüsü kontrolünde sorunlar yaşatmaktadır. Gücün zonlara dağılımında fırının o dönemki şartlarına uygun bir dağılım belirlenerek problem giderilmektedir.
- Zaman zaman özellikle çalışma havuzu ve forehearthlarda elektroliz habbelerine rastlanmaktadır. Frekansı yüksek bir gerilim uygulanarak elektroliz olayının oluşumu engellenebilmektedir.
- Sistemin ilk defa uygulanacağı şirketlerde personel eğitiminin daha kapsamlı yapılması sistemin ilk çalıştırılma aşamalarında işlerin daha seri ve bilinçli yürütülmesine fayda sağlamaktadır.

Atölye çalışmasında, teknolojik bilgi birikimi ve uygulama sırasında edinilen saha deneyimleri ile komple bir elektrik takviye sisteminin tasarım, uygulama ve işletimi yönleri ile tamamen şirketimiz tarafından yapılabileceği bir düzeye gelindiği görüşüne varılmıştır. Ancak, öncelikle pilot olarak seçilen bir fırına uygulama yapılması ve burada kazanılan tecrübenin de birikime katılması gerektiği görüşünde birleşilmiştir.

## **5. ELEKTRİK TAKVİYE UYGULAMALARINDA MALİYET**

İşletme yönü ile tüm bu faydaların sağlanması ve yüksek enerji aktarım verimliliğine rağmen (%95) diğer yakıtlara kıyasla ülkemizde elektrik enerjisi birim fiyatının yüksek olması sebebi ile bu uygulamaların ürün maliyetinde oluşturduğu artışın gözardı edilmemesi gerekmektedir.

Bu sebeple uygulama kararı alınmadan önce, her uygulamada ekonomik değerlendirmenin, elektrik enerjisi birim fiyatları ve ürünün karlılığındaki değişimler dikkate alınarak yapıp, gerek ilk yatırım gerekse diğer enerji kaynaklarının kullanımına kıyasla artacak olan işletme maliyeti dikkate alınmalıdır.

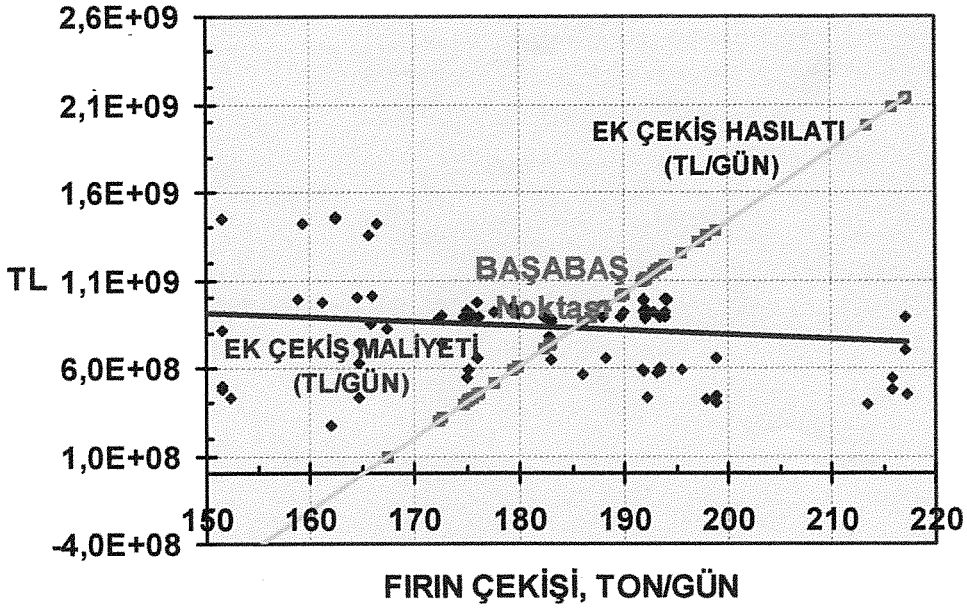
Elektrik takviye uygulaması sonucu ambara giren üründe kalite artışı veya ek kapasite nedeni ile tonaj artışı sağlanacaktır. Sistem ancak net satışlarda sağlanacak ek karlılıkla kısa sürede (1-2 yıl gibi) kendisini öder duruma geleceğinden, fırın fiili kapasitesinin yapılan yatırımın maliyetini geri ödemeyi sağlayacak şekilde sürekli yüksek tutulması gerekmektedir.

Renkli cam gibi elektrik takviyesi kullanılarak yaratılacak ürün çeşitliliği nedeni ile karlılık artışı ve pazarda sağlanan avantaj da hesaba katılması gereken faydalardır.

Yapılan bir elektrik takviye uygulamasını ekonomik yönü ile ele alan ve 175 ton/gün kapasiteli bir şişe fırını için uygulama sonrası yapılan değerlendirme sonuçları Şekil 5'de verilmektedir. (Ref.8)



ŞİŞECAM



Şekil 5. Elektrik takviye ile ek çekiş maliyeti - fırın çekışı grafiği

Şekil 5'ten de görüldüğü üzere 175 t/g nominal çekışı olan bir fırına uygulanan elektrik takviye ile % 10 çekiş artışı sonrası uygulama karlı hale geçmektedir.

Ancak karlı hale geçmeden önce de renkli üretim yapabilme olanağı ve pazarın istediği miktar ve kaliteyi sağlama imkanlarından dolayı elektrik takviye uygulamaları dünyada cam üreticileri arasında giderek artan rekabet ortamında avantajlı görülmektedir.

## 6. SONUÇ

Şişecam'da şu anda elektrik takviye uygulaması yapılmış yedi adet fırın bulunmaktadır. Bu fırınlar da uygulama amaçlarına ulaşılmış ve sözkonusu elektrik takviye sistemlerinin tasarımı, kurulması ve işletmesi aşamalarında bilgi birikimi ve tecrübe edinilmiştir. Bu birikim ve tecrübelerin paylaşılması amacı ile yapılan atölye çalışmasında bu konudaki önemli noktalar üzerinde durulmuştur.

Elektrik takviye uygulamaları, yüksek enerji verimliliği, işletme kolaylığı ve ürün çeşitlendirme imkanları nedeni ile giderek yaygınlaşmaktadır. Kalite yükselmesi ve kapasite artışı nedenleri ile satılabilir ürün artışı ve pazarda rekabet imkanlarını geliştirecek olan ürün çeşitlendirme sayesinde elektrik takviye uygulamaları, birim enerji maliyetindeki artışa rağmen kendini geri ödeyip karlı hale geçmektedir.

Atölye çalışmasında elektrik takviye sistemlerinin tasarımı konusundaki bilgi birikimi, modelleme incelemeleri ve uygulama sırasında edinilen tecrübeler ile bir elektrik takviye sisteminin tasarımı, uygulama ve işletme yönleri ile şirketimiz tarafından yapılabileceği görüşü de oluşmuştur.

## EK : Atölye çalışması Katılımcıları

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde tecrübe ve fikirleri ile katkıda bulunan katılımcılar aşağıdaki tabloda verilmektedir.



**Tablo 3. Elektrik takviye atölye çalışması katılımcıları**

Fabrika	İsim	İlgi Alanı
Trakya Cam San. A.Ş.	Haşim Ekici Ümit Özmerdiven (TR) Ercan Çebi (TR-M)	Geliştirme Fırın işletme Fırın işletme
Çayırova Cam San. A.Ş.	Tuncer Akman	Fırın işletme
Topkapı Şişe San. A.Ş.	Semih Büyükkapu (TK) Cahit Erkal (TY) Çetin Eğri (TY)	Elektrik işleri Fırın işletme Fırın işletme
Anadolu Cam San. A.Ş.	Cengiz Çabuk	Fırın işletme
Paşabahçe Cam. San. A.Ş.	Mustafa Elibol (PB) Suat Doğanlarlı (PK)	Elektrik işleri Fırın işletme
Cam Elyaf San. A.Ş.		Fırın işletme
ARM ve ADHM	Gülçin Albayrak Melek Orhon Metin Oğuz Hüseyin Uzun Zeynep Eltutar Esat Günertürkün Ertuğrul Yay Atilla Ünsal Arca İyiel Banu Çopuroğlu Mustafa Türker	Fırın model, fırın tasarım, cam teknolojisi, ölçü kontrol ve diğer gruplar

## 7. KAYNAKLAR

- Önsel, L., Eltutar, Z. "Modelling of a container furnace for electric boosting evaluations." 4. International Seminar on Mathematical Simulation in the Glass Melting, Vsetin, Çek Cumhuriyeti, 1997
- Eltutar, Z., Önsel, L. "Cam ambalaj fırınlarında elektrik takviye uygulamalarının modellenmesi" 12. Cam Problemleri Sempozyumu, İstanbul, 1997
- Scarfe, F., Stormont, R. (Electroglass) "Convection Current Control : High Efficiency Boosting Systems for output Increase and Glass Quality Improvement in Fuel Fired Furnaces", International Glass Journal, No:89 sayfa 64-66, 1996
- Charlesworth, D., Groom, CG. (FIC) "The Application of Electric Boost to High Iron Float Glass" International Glass Review, Vol:2, sayfa 94, 97, 98, 1997
- Önsel, L., Eltutar, Z. "Elektrikli Opal Cam Pilot Fırını Matematiksel Modelleme Çalışması" Şişecam Mavi Rapor No: 526, 1997
- Eltutar, Z., Önsel, L. "Elektrikli Fırın Fiziksel Modelleme Yöntemi ve Teknik Cam Sanayii A.Ş. 1 No'lu Fırın Model Çalışması" Şişecam Mavi Rapor No: 407, 1992
- Önsel, L. "Teknik Cam Sanayii A.Ş. 1 No'lu Fırının Fiziksel Model Çalışması" Şişecam Mavi Rapor No: 419, 1993
- Ünsal, A. "TY ve AC-10 fırınlarında elektrik takviye uygulamaları" Şişecam Mavi Rapor No: 97/23
- Trier, W. "Glass Furnaces", Society of Glass Technology, Sheffield, İngiltere, 1987
- Stanek, J. "Electric Melting of Glass" Elsevier, 1977

# ANADOLU CAM 10 NO.'LU FIRINDA ELEKTRİK TAKVİYE UYGULAMASI

**Suat Bozkurt - Cengiz Çabuk**

Anadolu Cam San. A.Ş.

## ÖZET

AC ' de Mayıs ' 97 de devreye alınan 10 No'lu fırında,  $Cr_2O_3$  ve  $Fe_2O_3$  oranı yüksek olan koyu yeşil renk cam imalatı yapılacağından elektrik takviye sistemi kullanılmıştır. Sistem sayesinde fırın çekişi % 20 - 25 oranında artırılmıştır. Yine sistem ergitmeye yardımcı olduğu için harman reçetesindeki pahalı yardımcı hammaddeden vazgeçilerek harman maliyeti düşürülmüştür. Boosting'in bu getirilerine karşılık, elektrik kullanımından dolayı enerji maliyeti bir miktar artmıştır.

## SİSTEMİN TANITIMI

Konvensiyonel Akım Kontrollü Boosting sisteminde, eritme havuzunda bubbler blokları yerine yerleştirilen ve cama 825 mm. daldırılan 12 adet molibden elektrod, fırın çelik yapısına monte edilmiş elektrod tutucular ile sabitlenmiştir. Fırın tabanında refrakter içine 150 mm. giren elektrod tutucular, 50 ppm. sertlikteki su ile soğutulur. Her birine dakikada 5 lt. soğutma suyu girmektedir. Suyun kesilmesi ya da tutucunun sıcaklığının yükselmesi durumunda sistem alarm verir.

Çalışma havuzunda throat'un karşısına yerleştirilen topraklama elektrodu, sistemde kısa devre olması durumunda enerjinin kesilmesini sağlar.

Sistemi besleyen 1200 kVA ' lik trafodan elektrodalara enerji nakli busbar vasıtasıyla yapılır. Busbar ile elektrodaların bağlantısı ise bakır şeritlerle yapılmıştır.

Boosting sisteminin tüm kontrolleri, fırın kumanda odasına yerleştirilen kontrol panosundan sağlanır. Panodaki göstergelerden periyodik olarak alınan kW, Amper, Volt, elektrod tutucu sıcaklıkları, kullanılan günlük enerji gibi değerler, sistemi kontrol altında tutabilmek için düzenli olarak kaydedilir.

## KULLANIM AMACI

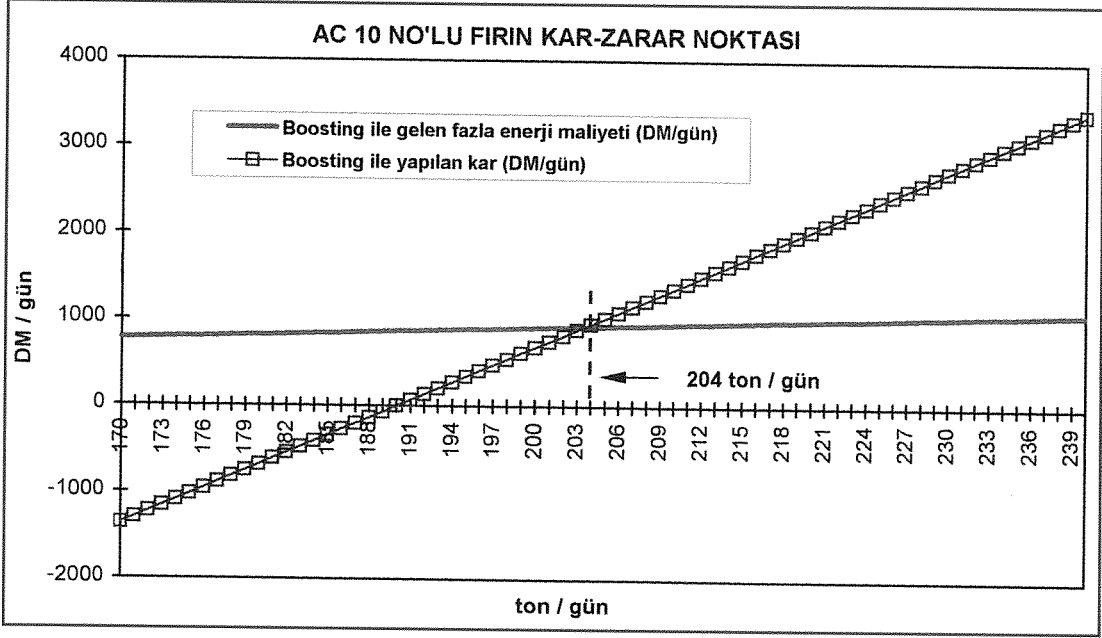
AC ' de önceki yıllarda << açık yeşil cam >> üretimi yapıldığı dönemde (  $Cr_2O_3$  % 0.16 ve  $Fe_2O_3$  % 0.13 ) eski 10 no.lu fırında 175 ton / gün çekiş ile çalışılabilmekte iken, 1996 yılı nisan ayından itibaren << koyu yeşil >> ya da << zümrüt yeşil >> (  $Cr_2O_3$  % 0.32 ve  $Fe_2O_3$  % 0.22 ) imalatına geçilmesi ile camda taş hatası oranı hızla artmış ve % 2'den % 7,5 - 15 ' lere yükselmiştir. Önlem olarak fırın çekişi 140 ton / güne düşürülerek hata oranı % 3 - 5 seviyelerinde tutulabilmektedir. Bu nedenle, 10 no.lu fırın soğuk tamirinde, yeni fırının koyu yeşil çalışacak olması gözönüne alınarak bubbler yerine boosting sistemi konulmuştur. Esas olarak boost ng sistemi, elektrik enerjisi yardımıyla eritmeyi kolaylaştırması ve fırın taban sıcaklıklarının istenen noktada tutulabilmesi için kullanılmaktadır.

Yeni 10 No'lu fırında, fırın taban sıcaklıklarında sağlanan yükselme ile fırın çekişinde önemli miktarda artış sağlanmıştır. Fırının boostingsiz kapasitesi (bubbler olması koşulu ile ) 190 ton/gün iken boosting ile üretim programı gereği 234 ton/gün cam çekişi yapılabilmektedir. Bu tonajda maksimum enerji kullanılmadığı için çekişi daha da artırmak mümkündür. Sağlanan fazla çekişe karşın, elektrik kullanımından dolayı cam eritme maliyeti artmaktadır. Elektriğin getirdiği fazla maliyet ile eritilen fazla camın getirdiği kârı gösteren grafikte (Gr.1) kâr-zarar noktası görülmektedir. Buna gö-

re fırın 204 ton/gün ve üzeri çekişle çalıştığında kÉrli duruma geçilmektedir. AC 'de 10 no.lu fırının devreye alınmasından sonraki 11 ayda ortalama fırın çekişi 218 ton/gün d¼r. Bu tonajda gelen fazla enerji maliyeti (Kasım'97 fiyatları ve kurlarına göre) 990 DM / gün, çekilen fazla camın getirisi 1900 DM / gün , dolayısıyla elde edilen net kar 910 DM / gün d¼r ( Tablo - 1 ).

Grafikten anlaşılacağı üzere fırının yüksek tonajda çalışması karlılığı artırmaktadır.

**GRAFİK - 1**



**TABLO - 1**

	Çekiş ton/gün	Yakıt kg fuel/ton cam	Elektrik kW/ton cam	Enerji Maliyeti DM/ton cam
10 No'lu Fırın (Boosting)	185	104.5	86.5	37.24
20 No'lu Fırın (Bubber)	185	122.8	0	32.70

10 No'lu Fırındaki fazla enerji maliyeti = 4.54 DM/ton cam

1 ton camdan edinilen net kâr: 67.9 DM

**218 ton/gün çalışıldığında:**

Fazla eritme maliyeti : 4.54 x 218 = 990 DM/gün  
 Edinilen fazla kâr : 67.9x(218-190) = 1900 DM/gün  
 Net kâr : 1900 - 990 = 910 DM/gün

(97'KASIM AYI FİYAT VE KURLARI ESAS ALINMIŞTIR.)



Boosting sistemi camın erimesini kolaylaştırdığı için harman reçetesinde bulunan, erimeyi kolaylaştırıcı ama pahalı hammaddeler azaltılabilir hatta tamamen kaldırılabilir. Nitekim AC ' de harman reçetesinde % 0.3 oranında kullanılan boraks kademeli olarak kullanımdan kaldırılmıştır. Sonuçta eritme maliyeti bir miktar artmışsa da toplam hammadde maliyeti önemli ölçüde azalmış ve Tablo - 2 de görüldüğü gibi 1998 yılında yaklaşık 125.000 DM tasarruf yapılacağı hesaplanmıştır. ( Kasım ' 97 fiyatları ve kurları alınmıştır. 98 yılı bütçe çekişi 76000 ton cam / yıl dir. )

Yine boraksın kaldırılması ile fırında boraksın neden olduğu sekonder AZS akmalılarının son derece azalması fırın ömrünü ve taş hatasının azalmasından dolayı randımanı olumlu etkilemiştir.

**TABLO - 2**

1 TON CAM İÇİN	SARFIYAT				
	SODA kg	BORAKS kg	ELEKTRİK kW	YAKIT kg	
BORAKS KULLANILİYOR	214.60	6.5	89.3	96.9	07-09/97
BORAKS KULLANILMIYOR	217.29	-	98.2	100.9	12/97-05/98

1 TON CAM İÇİN	MALİYET				TOPLAM DM
	SODA DM	BORAKS DM	ELEKTRİK DM	YAKIT DM	
BORAKS KULLANILİYOR	57.8	4.54	9.86	25.75	97.95
BORAKS KULLANILMIYOR	58.7	0	10.8	26.8	96.3

**1 TON CAMDAKİ NET TASARRUF = 1.65 DM**

(97'KASIM AYI FİYAT VE KURLARI ESAS ALINMIŞTIR.)

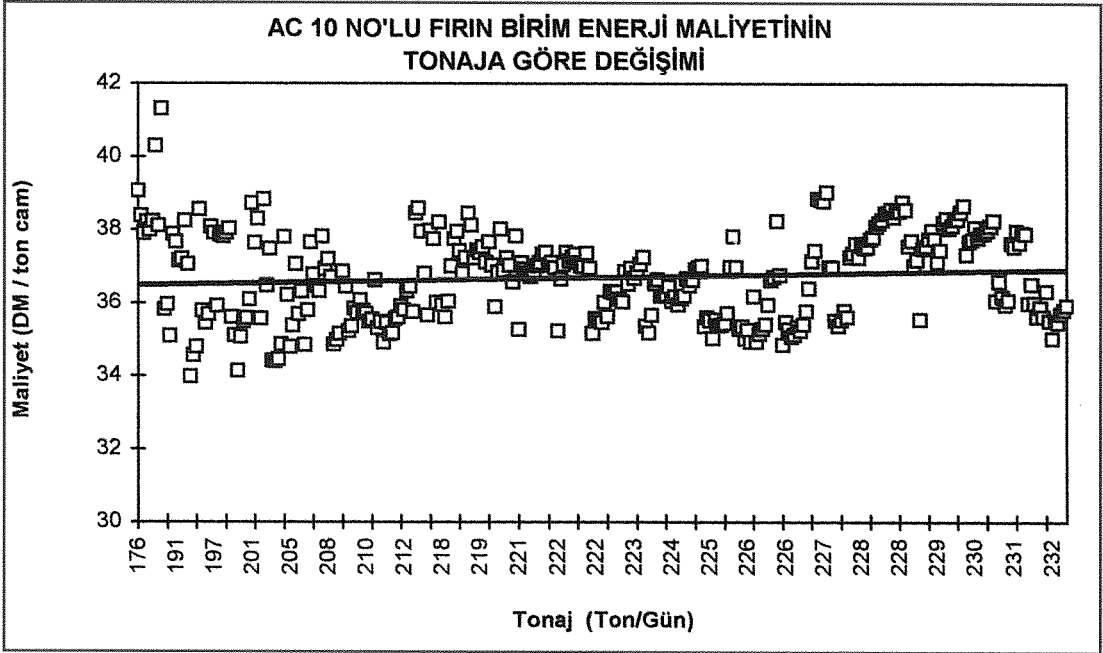
## İŞLETME

AC ' de, fırın tasarım kapasitesi ve dizaynı 10 no.lu fırın ile aynı olan 20 no.lu fırında 1997 yılı ekim, kasım, aralık aylarında koyu yeşil imalat yapılması, bubbler ve boosting kullanılan iki fırını karşılaştırma olanağı sağlamıştır.

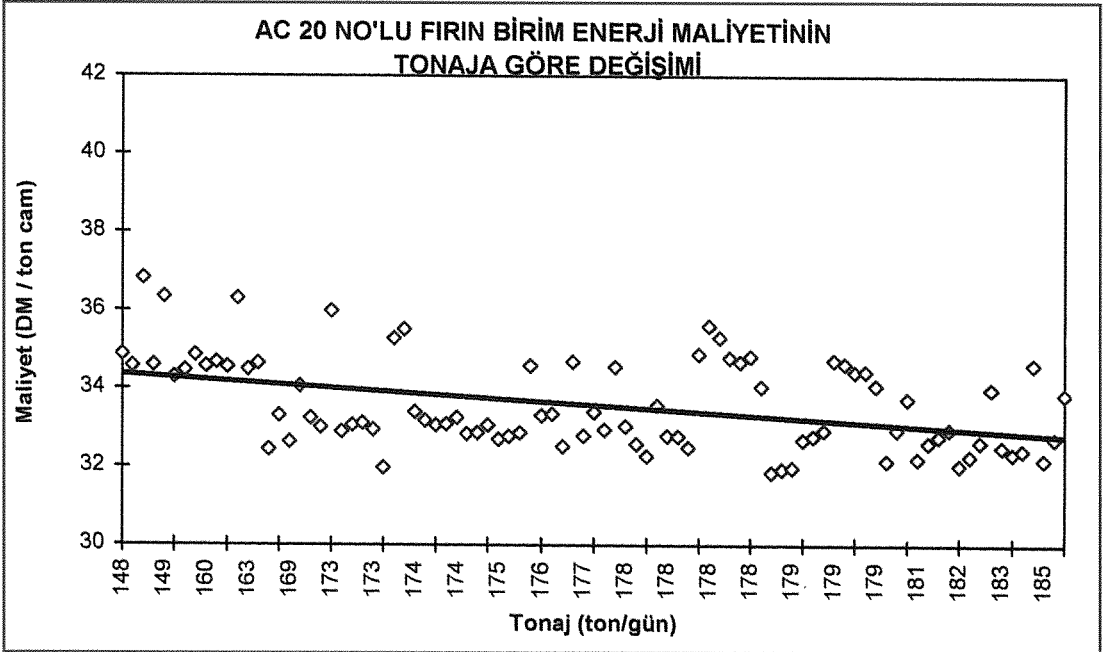


ŞİŞECAM

GRAFİK - 2



GRAFİK - 3



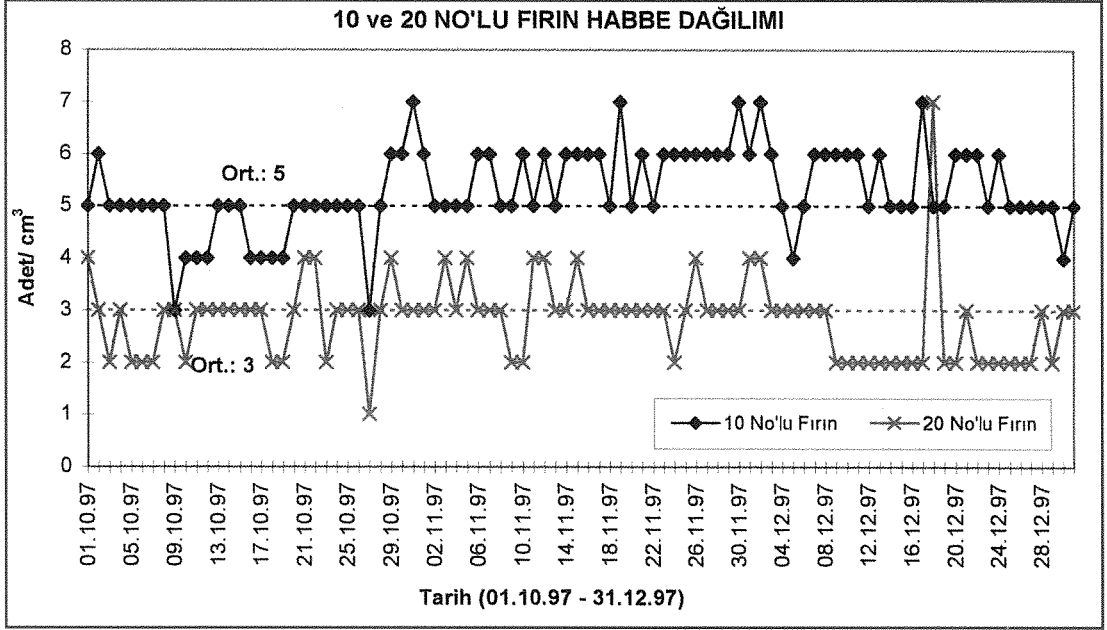
2 ve 3 no.lu grafiklerde, iki fırında 1 ton camı eritmenin maliyetinin tonaja bağlı olarak nasıl değiştiği görülmektedir. Yaklaşık 185 ton / gün çekişildiğinde 1 ton camı eritmenin maliyeti 10 no.lu fırında 4.54 DM daha fazladır. Bu fazla maliyete karşın 10 no.lu fırının avantajı, ay-



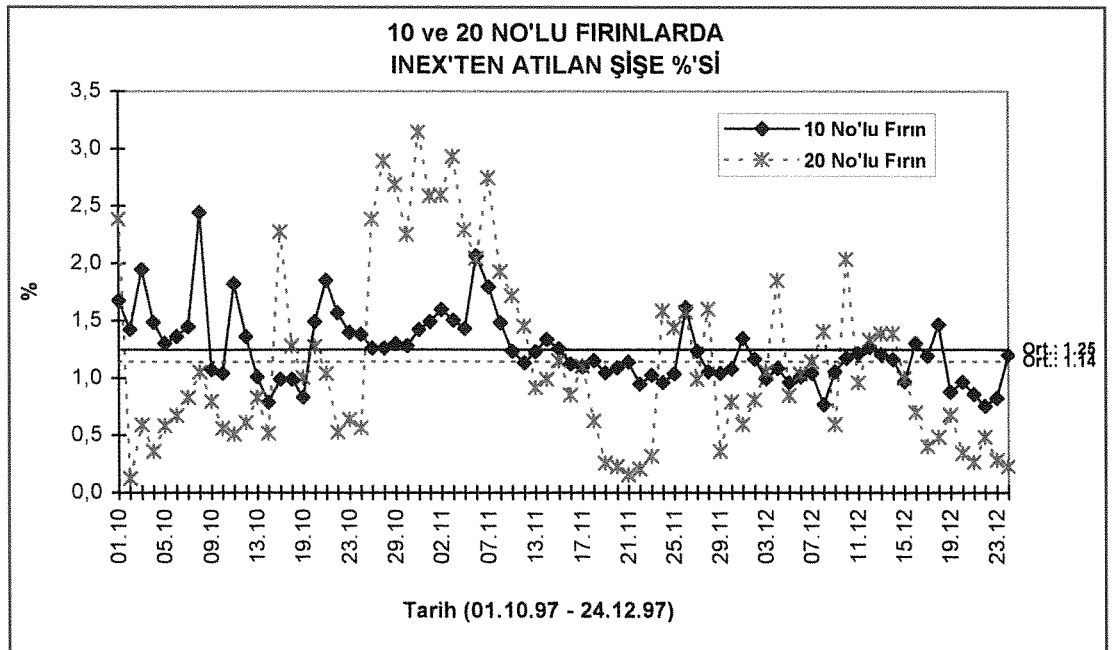
## ŞİŞECAM

nı tasarımdaki bubbler'lı bir fırından 40 - 50 ton / gün daha fazla çekiş yapabilmektedir. Ancak müşteri odaklı çalışması ve pazar şartları nedeniyle sürekli yüksek tonajda çalışmak mümkün olmamakta, bazen 180 - 190 ton / gün gibi düşük tonajlarda çalışmaktadır. Bu tonajlarda elektrik takviye gerekmediği halde, bubbler olmadığı için yaklaşık 600 kWs elektrik enerjisi kullanılmaktadır. 20 no.lu fırının koyu yeşil cam erittiği dönemde 10 ve 20 no.lu fırınların habbe ve Inex'ten atılan mamül yüzdesi grafiklendirilmiştir (Gr. 4, 5). Grafiklerden anlaşılacağı gibi düşük tonajlarda bubbler yeterli olmaktadır.

GRAFİK - 4



GRAFİK - 5





## ŞİŞECAM

Boosting kullanımında en önemli amaç fazla cam çekişi sağlamaktır. Sistemin montajını yapan İngiliz Electroglass firmasının bu konudaki önerisi, ilave 1 ton /gün cam için 25 kW's elektrik takviyesi yapılmasıdır. Ancak uygulamada görüldüğü kadarıyla, gerekli elektrik miktarı, cam kompozisyonu, iklim farklılığı ve fırın çekişine bağlı olarak değişmektedir. Elektrik ile ilave çekiş arasında tam doğrusal bir ilişki bulunmamakla birlikte bu rakam 20 kW's dolayındadır.

Bubbler sistemi kullanılan arkadan ateşlemeli fırınlarda harman kümelerinin, fiziksel bir engel oluşturan bubbler önünde tamamen eriyerek kaybolması, boosting kullanılan 10 no.lu fırında görülmemekte ve harman kümeleri genelde elektrod hizasını geçerek baraj üzerinde kaybolmaktadır. Bu da imalatta ortalama % 0.6 taş hatası görülmesine neden olabilmektedir. Bu hatanın tamamen kaldırılması için çalışmalarımız sürmektedir.

Mayıs '97 den bu yana kullanmakta olduğumuz boosting sisteminden edindiğimiz deneyimlere dayanarak şu sonuçları çıkarmak mümkündür:

- 1- Erimeyi kolaylaştıran ancak pahalı olan hammaddelerden vazgeçilebileceği için harman maliyetinde tasarruf sağlanabilmektedir.
- 2- Elektrik takviyeli fırınlarda, elektrik kullanımından dolayı gelen fazla maliyeti karşılayıp daha karlı duruma geçebilmek için yüksek çekiş ile çalışma zorunluluğu vardır.
- 3- Yeni fırın dizaynı yapılırken, düşük tonaj ile çalışma durumlarında karşılaşılan fazla maliyeti önlemek amacıyla boosting ve bubbler birlikte düşünülmelidir.

# BAL RENKLİ CAMDA KİMYASAL DAYANIKLILIĞIN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Cüneyt Kumru - Hülya Çıray

Topkapı Şişe San. A.Ş.

Hande Sengel

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

Şükran Demirli

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü

## 1. GİRİŞ

Topkapı Şişe San. A.Ş. A fırınında üretilmekte olan bal rengi cam ambalajın büyük bir bölümünü ecza şişeleri oluşturmaktadır. Bilindiği gibi ecza şişesi üretiminde ise, camın kimyasal dayanıklılığı cam kalitesini belirleyen en önemli kriterdir.

TK-A'da üretilmekte olan bal rengi ecza şişelerinde kimyasal dayanıklılık her dönem üzerinde hassasiyetle durulması gereken bir konu olmuş, hatta ölçülen değerler zaman zaman sınır değerlerini aşmıştır. Bu sebeple, 1996 yılından bu yana TK-A'nın soğuk tamirini de içine alacak geniş bir dönemde, camın kimyasal dayanıklılığını düzeltmeye yönelik çeşitli kompozisyon tadilatlarını içeren bir dizi uygulama gerçekleştirilmiştir.

## 2. TEORİ

### 2.1 Camın Kimyasal Dayanıklılığı

Günlük hayatta en çok kullanımı olan soda-kireç-silis camlarının, diğer bir çok ticari malzemeye göre yüksek korozyon direncine sahip oldukları bilinmektedir. Bununla beraber, cam kompozisyonunda yer alan bazı elementler, uygun şartlar oluştuğunda temas ettikleri ortamla kimyasal etkileşime girerken, bazıları da komşu çözeltilerdeki etkin elemanlarla iyon yer değişimi yapabilmektedir. Böylece cam, yapısında istenenden farklı elemanlara sahip olurken, bünyesindeki bazı elemanları da yitirmektedir.

Camın bulunduğu ortamla en az etkileşime girmesi ya da kimyasal bakımdan tembel yapıya kavuşturulması çeşitli yollarla sağlanarak kimyasal dayanıklılığının artırılması mümkün olabilmektedir.

Camın kimyasal dayanıklılığı bulunduğu ortamın alkali, asidik veya nötr olması durumuna göre de farklılık göstermektedir.

### Camın Alkalilerle Etkileşimi

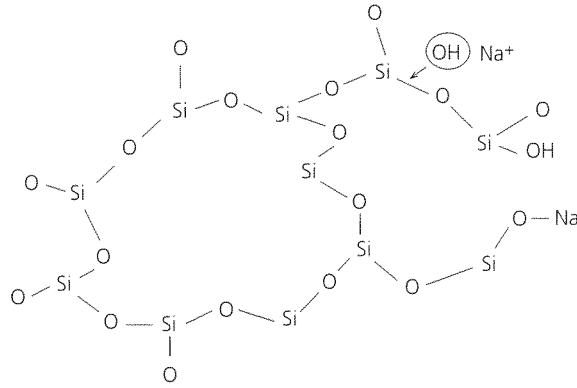
Alkalilerin cama etkisi, kimyasal dağlama (etching) biçimindedir. Burada alkali etkisiyle cam ağ yapısı kırılırken, yapıya daha zayıf bağlarla tutunmuş olan elementler serbest kalarak, çözeltiliye geçmektedir (Şekil 1).





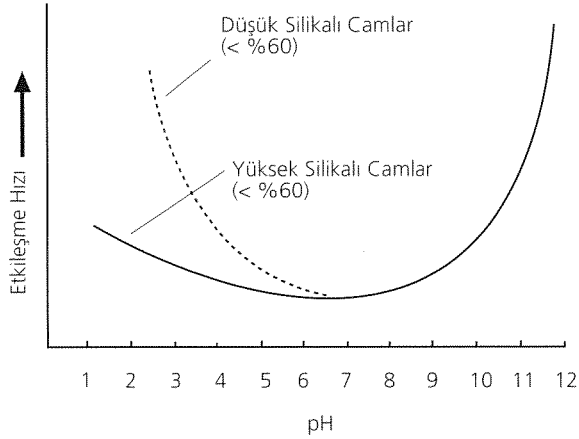


## ŞİŞECAM



Şekil 1: Alkali ortamda ağ yapının bozulması.

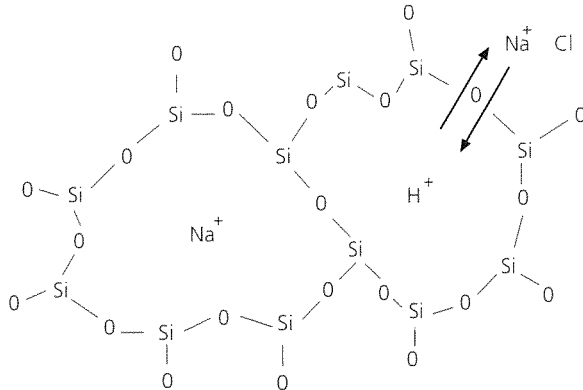
Çözeltinin cama etkisi, çözeltinin pH derecesine bağlıdır. Tepkime hızını da bununla tahmin etmek mümkündür (Şekil 2).



Şekil 2: pH ile cam çözünürlüğü ilişkisi.

### Camın Asitlerle Etkileşimi

Asitlerin cama etkisi çoğunlukla iyon değişimi (leaching) şeklinde gerçekleşmektedir. Çözeltideki hidrat iyonu camdaki alkali iyonları ile (özellikle  $\text{Na}^+$  ile) yer değiştirmektedir (Şekil 3). Böylece cam yapısından ayrılan  $\text{Na}^+$  iyonları asidin anyonu birleşerek tuz oluşturur.



Şekil 3: Asidik ortamda iyon değişimi.

Şekil 2'ye geri dönülecek olursa, asit çözeltisindeki pH'nın çözünme hızına etkisi, alkalilerin etkisinden zayıf kalmaktadır. Ancak çözünme ile birlikte camda silika miktarı azaldıkça pH'nın etkisi artmaktadır.

## Camın Suyula Etkileşimi

Camın suyla etkileşiminde gerçekleşen olaylar başlangıçta, asitle etkileşimindekine benzer mekanizmayla gelişir. Öncelikle suyun hidrojen iyonu ile camdaki  $\text{Na}^+$  iyonu yer değiştirerek, camın yüzeyinde hidrojen zengin bir katman oluşturur. Zaman içinde bu katmanın kalınlığı arttıkça, reaksiyon hızı azalır. Söz konusu reaksiyon ile cam yapısından ayrılan  $\text{Na}^+$  iyonları, bu kez hidroksil iyonları ( $\text{OH}^-$ ) ile birleşerek  $\text{NaOH}$  meydana getirir ki,  $\text{NaOH}$  kuvvetli bir baz olup, daha önce de değinildiği gibi cam için daha koroziftir.

Gerçekleşen bir başka reaksiyon da, yine camdan ayrılan  $\text{Na}^+$  iyonlarının havadaki karbondioksit ile birleşerek cam yüzeyinde sodyum karbonat kristalleri oluşturmasıdır.

## 2.2 Camın Kimyasal Dayanıklılığının Kompozisyonla İlişkisi

Soda-kireç camlarının en önemli komponentlerinden biri olan sodyum, camın kimyasal dayanıklılığı üzerinde de en önemli etkidir. Kompozisyondaki  $\text{Na}_2\text{O}$  miktarının artmasıyla birlikte, yukarıda aktarılan yollardan, camdan  $\text{Na}^+$  göçü de artmaktadır.

Diğer bir alkali oksit olan potasyum oksitin etkisi incelenecek olursa, potasyumun iyon çapının büyük olması sebebiyle, hareket kabiliyeti düşüktür. Ağ yapı içinde hareket etmesi sodyum iyonu kadar kolay olmadığından, yapıdan göç sadece çözeltiye temas eden yüzeyle sınırlı kalmaktadır.

Toprak alkali oksitler iki değerlikli olduklarından, silika ağ yapısında iki oksijenle bağ yapar, alkali oksitlere oranla yapıya daha sıkı tutunurlar. Periyodik tablodaki sırasıyla iyon çapları büyüdükçe yapıdan uzaklaşmaları daha da zorlaşır. Aynı zamanda erime sıcaklıklarını da düşürdüklerinden, camın şekillendirme özellikleri elverdiği ölçüde, cam terkinde  $\text{Na}_2\text{O}$ 'e ikame edebilmektedirler.

Soda-kireç camlarının bir başka önemli bileşeni olan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'ün ise, amfoterik yapıda olup,  $\text{SiO}_2$  ile kıyaslandığında korozyona karşı daha fazla dayanıklı olduğu bilinmektedir.

## 3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 3.1 Geçmiş Dönemde Yapılmış Olan Deneysel Çalışmalar

Topkapı Şişe San. A.Ş. A fırınında (TK-A) üretilmekte olan bal rengi cam ambalajın kimyasal dayanıklılığını arttırmak üzere 1995 yılında yürütülmüş olan "Bal Rengi Şişede Kimyasal Dayanıklılığın Geliştirilmesi" projesi kapsamında, cam terkinde çeşitli oranlarda  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  ilaveleri yapılmış, bu değişimlerin camın kimyasal dayanımına olan etkileri incelenmiştir. Kimyasal dayanıklılık testleri, camların yüzey alanlarının artırılarak maksimum göçün simüle edildiği toz cam testi olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma neticesinde, her üç oksitinde ilavesi olumlu sonuçlar vermiş, en çarpıcı sonuçlar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  seviyesinin artırıldığı terkiplerde elde edilmiştir.

### 3.2 TK-A'da Gerçekleştirilen Uygulamalar

Geçmiş dönemlerde yapılan deneysel çalışmalar çerçevesinde, 1996 yılından bu yana gerçekleştirilen TK-A fırınında üretilmekte olan bal rengi camın kimyasal dayanıklılığını arttırmaya yönelik doğrudan veya başka amaçlı yapılar da kimyasal dayanıklılığını da etkileyen uygulamaların tamamı, aşağıda tarih sırasına göre aktarılmaktadır.

### 3.2.1 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Uygulaması (Mart-Kasım 1996)

TK-A fırınında üretilmekte olan bal rengi camın geçen kampanya en önemli problemlerinden bir başkası da habbe problemi idi. Fırında ve şekillendirme makinalarında yapılan çalışmalar bir sonuç vermemiş ve son olarak erimeyi kolaylaştırmak, erime sıcaklığı daha düşük sıcaklıklara çekebilmek üzere, cam terkiplerine kademeli olarak B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilavesi gerçekleştirilmiş, camın erime sıcaklığını düşürmek üzere önce SiO<sub>2</sub> ile yer değiştirilmiş, miktar arttırılınca bir bölümü de Na<sub>2</sub>O'ten düşülmüştür (Tablo 1). Bu değer daha sonra %0,75'te sabit tutulup günümüze kadar süregelmiştir.

Tablo 1: TK-A cam terkiplerine B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilavesinin kademeleri.

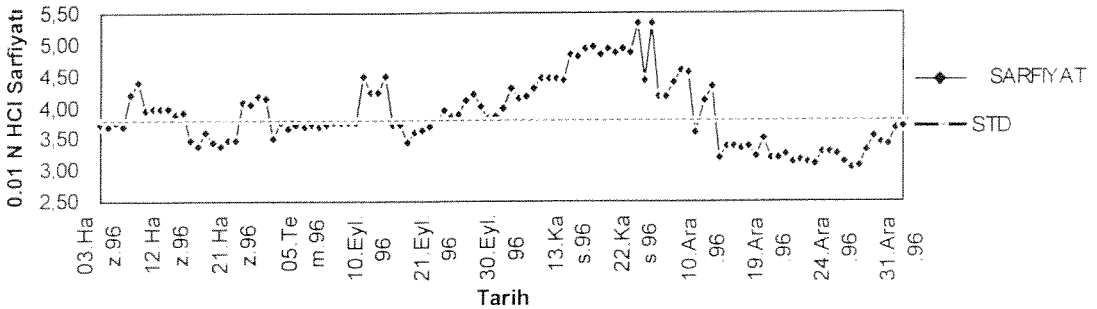
Uygulama Tarihleri	Teorik Cam Terkiplerindeki B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Miktarları (% ağırlık )
19.03.1996 öncesi	0
19.03.1996	0.5
16.04.1996	1.0
12.07.1996	0.75
15.11.1996	1.0
11.12.1996	0.75

Bu dönemlerde camın erime şartlarında gözle görülür bir düzelme olmuş, fırın taban sıcaklıkları 1280-90 °C'lardan 1340-60°C'lara yükselmiş, mamulde yaşanan her tür habbe problemi çözülmüştür.

Cam kompozisyonunda B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dışındaki oksitlerdeki (özellikle Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dalgalanmalara paralel, camın kimyasal dayanım değerleri de salınmış, uygulamanın başlarında olumlu sonuçlar alınmasına karşın, daha sonraki dönemlerde elde edilen bu avantaj kaybedilmiş ve yine sınır değerlere çıkmıştır (Grafik 1).

- Bu döneme ait kimyasal dayanım grafiği-

Grafik 1:71 20 10 Kim.day. Analizleri



Ayrıca yine bu dönemlerde birinci öncelikli problem olarak habbenin belirlenmesi, TK'da camın kimyasal dayanıklılığının günlük değil haftalık takip edilmesi de, uygulama etkilerinin tam değerlendirilememesine sebep olmuştur. Habbe probleminin ortadan kalkması üzerine, camın kimyasal dayanıklılığı ön plana çıkmış, doğrudan bunu geliştirmek yönünde ilk sayılabilecek uygulama Aralık 1996'da gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.2 Camda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'in Arttırılması (Aralık 1996)

Bal rengi camın kimyasal dayanıklılığını arttırmak üzere cam kompozisyonunun tadil edilmesi kararı alınınca, bu uygulamaya ışık tutmak üzere piyasadan çeşitli bal rengi ilaç şişeleri temin edilerek XRF analizleri yapılmış, bu şişelerin terkipleri TK-A' nın terkipleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2: Yabancı şişelerin kimyasal kompozisyonları.

Kimyasal Komp.	İngiliz Redfearn Glass Ltd.	İtalyan	Alman Spessart Glas	İngiliz Beatson Clark plc	Alman Tettaner Glas	İtalyan	Kore
SiO <sub>2</sub>	70.19	70.58	70.96	72.38	71.34	70.07	69.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.45	2.63	1.82	1.63	1.75	2.75	3.32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.264	0.244	0.302	0.272	0.303	0.255	0.390
TiO <sub>2</sub>	0.082	0.046	0.055	0.059	0.056	0.045	0.086
CaO	9.13	9.72	10.16	11.18	10.30	9.85	9.14
MgO	2.75	1.36	2.3	0.10	2.69	1.23	1.21
Na <sub>2</sub> O	13.91	13.71	12.98	13.13	13.16	13.94	14.37
K <sub>2</sub> O	1.12	1.60	1.25	1.19	0.34	1.80	1.86
SO <sub>3</sub>	0.04	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04	0.01
BaO	0.04	0.05	0.06	0.03	0.03	0.02	0.35
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.022	0.022	0.041	0.008	0.12	0.008	0.010

Teorik bilgileri ve geçmiş dönemde yapılmış deneysel çalışmaların sonuçlarını teyid eden bu inceleme doğrultusunda, cam terkiibine K<sub>2</sub>O kazandırmak için yeni bir hammadde söz konusu olacağından öncelikle, cam terkiibinde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesinin arttırılması kararı alınmıştır. 2.12.1996 tarihinde başlayarak TK-A' nın terkiibinde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mertebesi kademeli olarak %1.5' tan 1.8' e, 27.12.1996 tarihinde CaO/MgO oranı ise 2.6' dan 2.8' e çıkarılmıştır. Burada CaO/MgO oranının CaO lehine bir miktar arttırılmasının amacı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> artışı ile gelecek erime özelliğindeki dezavantajın bertaraf edilmesidir.

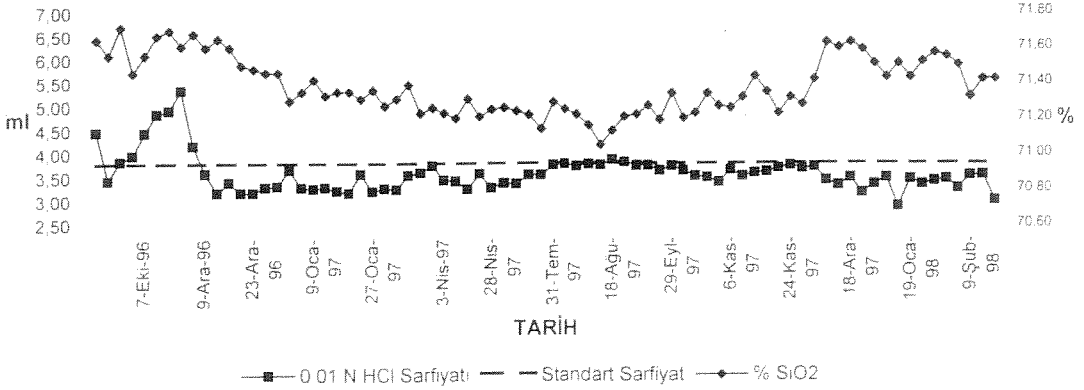
Bu uygulama sırasında cam kompozisyonu-camın kimyasal dayanımı ilişkisi (en çok üretilen 100 cc' lik şurup şişeleri-71 20 10- için) Grafik 2-3-4'te verilmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi ürün de cam kompozisyonunda SiO<sub>2</sub> azalıp, Na<sub>2</sub>O seviyesi de hemen hemen aynı seviyede -hatta mart 97 döneminde bir miktar artmasına rağmen-seyretmesine karşılık, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarındaki artışa paralel camın kimyasal dayanıklılığı da sınır değerlerin altına çekilebilmiş ve bu değerlerde kararlı tutulabilmiştir.

Ancak 1997 Ağustos ayında kimyasal dayanımın sınır değerde seyretmeye başlaması nedeni ile camdaki Na<sub>2</sub>O seviyesi fırındaki erimeyi etkilemeyecek şekilde bir miktar düşürülmüştür. Bundan sonraki dönemde camdaki Na<sub>2</sub>O seviyesi belli değerlerde tutularak, kimyasal dayanımın sınır değerler altında kalmasına çalışılmıştır.

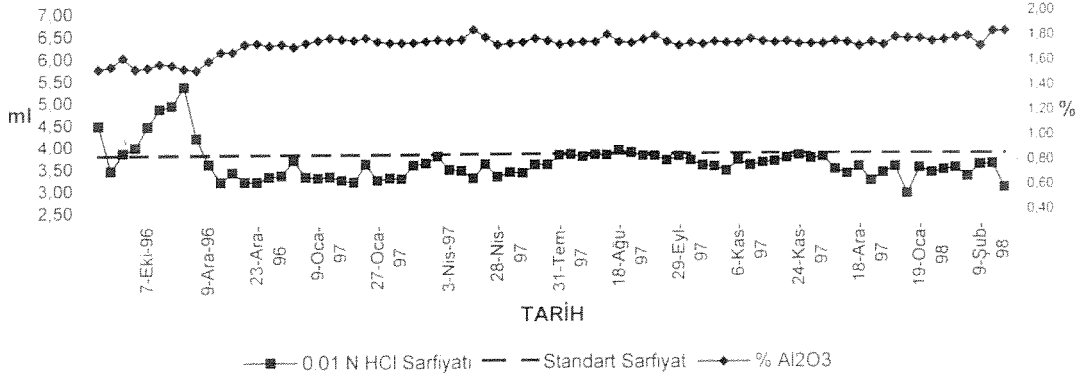
### 3.2.3 Cam Terkiibine K<sub>2</sub>O Kazandırılması (Mart 98)

1998 yılı başında bir önceki uygulama ile sınır değerlerin hemen altına çekilen kimyasal dayanıklılık değerlerini, camda K<sub>2</sub>O seviyesini yükselterek daha güvenli bölgelere çekebilmek üzere C.A.M.' da alternatif terkipler oluşturulmuştur. Bu terkiplerin erime ve şekillendirme özellikleri değerlendirilerek Mart 1998' de TK-A firmı bal rengi cam terkiibinde bir ay süre ile K<sub>2</sub>O %1.0' e ulaşacak şekilde harmana K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Bu dönem boyunca camda kademeli olarak %0.92' ye kadar arttırılan K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O toplamından düşülmüştür. Mart ayına kadar ortalama %13.00 seviyelerinde seyreden Na<sub>2</sub>O bu dönemde %12.20' ye kadar inmiş, SiO<sub>2</sub> dışında diğer oksitlerde bir salınım görülmemiştir. (Grafik 5-6-7-8-9-10)

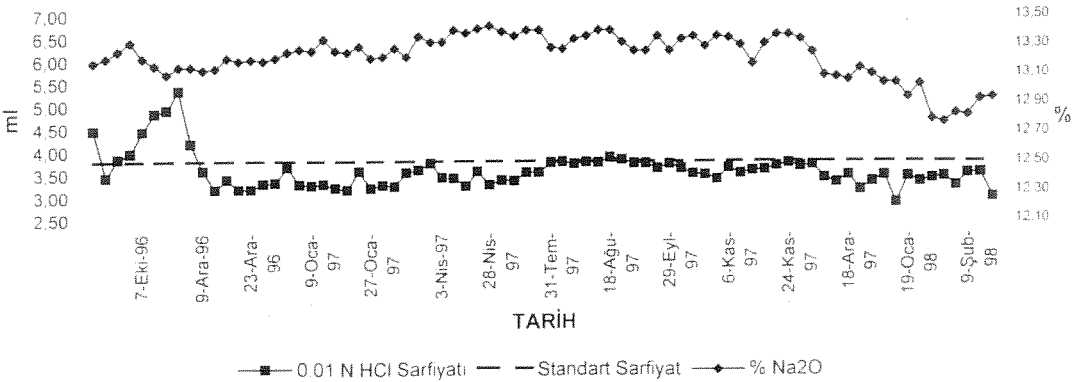
**Grafik 2: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % SiO<sub>2</sub>



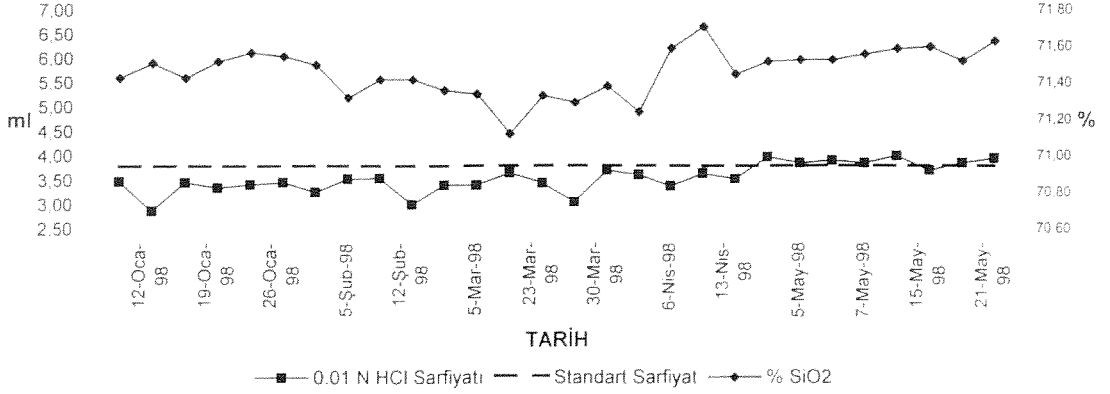
**Grafik 3: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



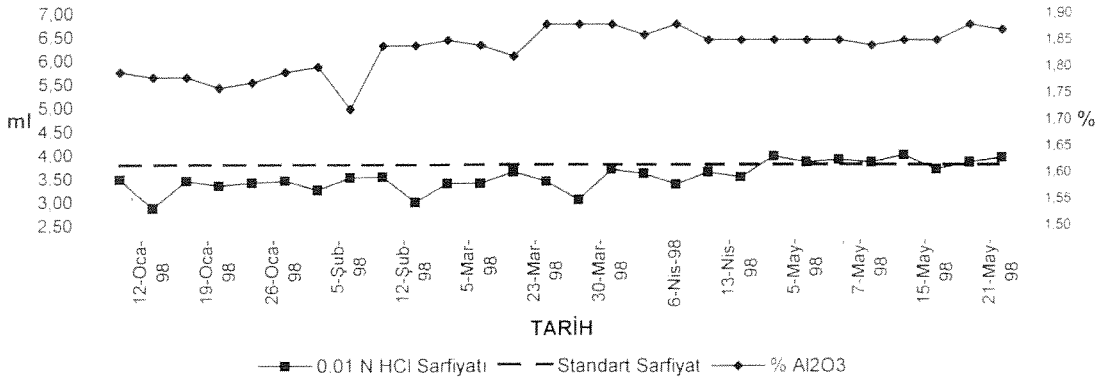
**Grafik 4: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % Na<sub>2</sub>O



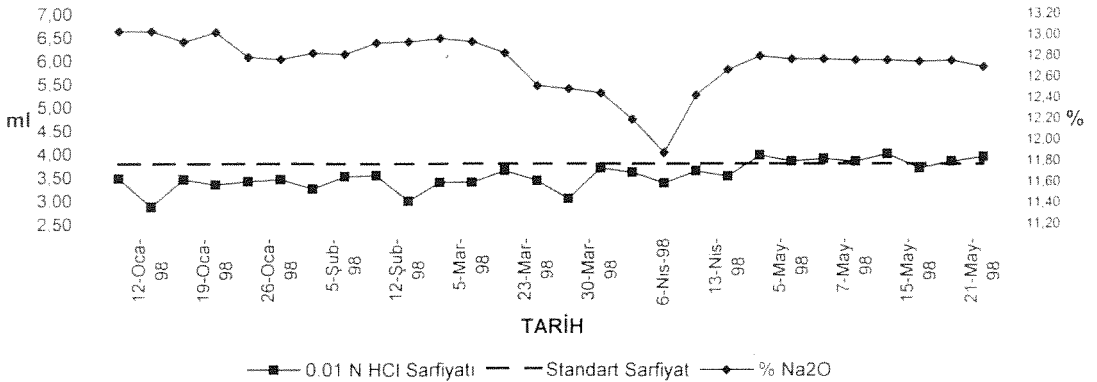
**Grafik 5: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % SiO<sub>2</sub>



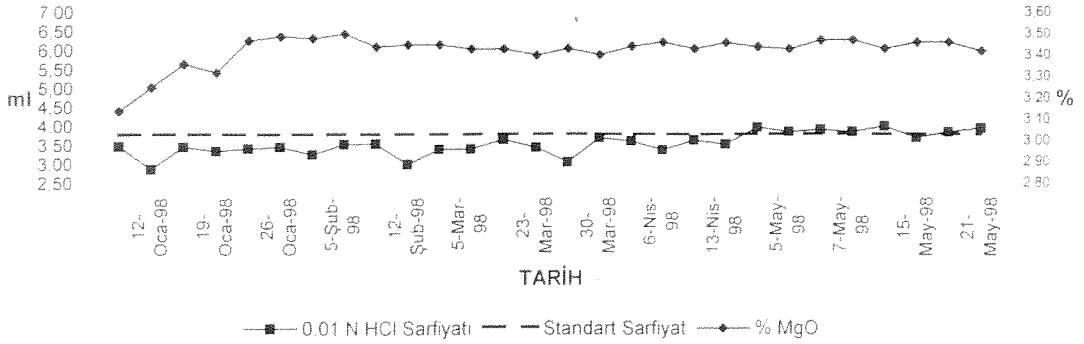
**Grafik 6: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



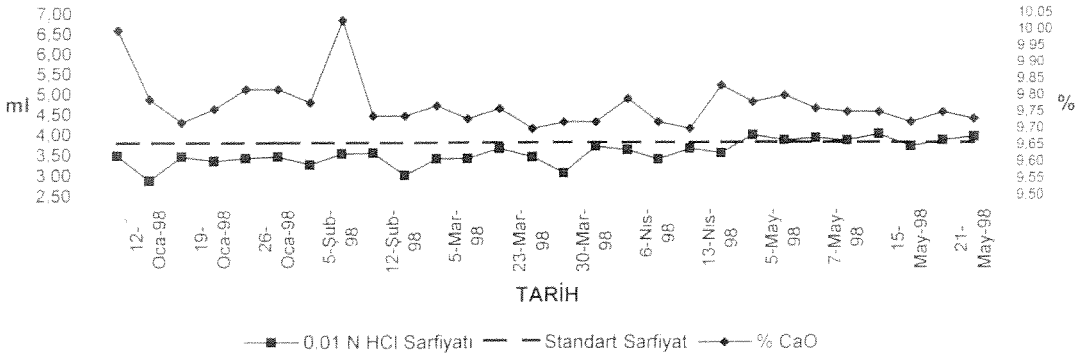
**Grafik 7: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % Na<sub>2</sub>O



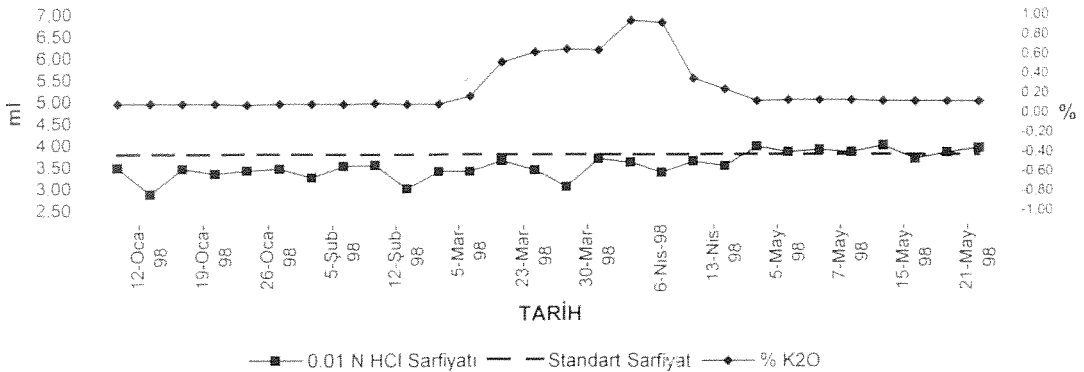
Grafik 8: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI  
Asit Sarfiyatı - Camda % MgO



Grafik 9: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI  
Asit Sarfiyatı - Camda % CaO



Grafik 10: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI  
Asit Sarfiyatı - Camda % K<sub>2</sub>O





## ŞİŞECAM

Grafikler incelendiğinde  $K_2O$ 'in artırılıp ,  $Na_2O$  düşürüldüğü Mart 1998 döneminde camın kimyasal dayanımında bir fark olmadığı görülmektedir.

Literatür bilgisi ve deneysel çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında, beklenenlerden çok farklı sonuçlar elde edilen bu uygulama, harmanda kullanılan  $K_2CO_3$ ' in da bitmesi ile bir ay sonunda bitirilmiş ve cam eski kompozisyona ulaşmıştır.

Bu dönem boyunca, camın  $Na_2O$  içeriği yaklaşık %1 düşürülmesine rağmen camın kimyasal dayanımında hiç fark görülmemesinin nedenleri araştırılmış, kimyasal dayanıklılık testlerinde göçen iyonlar tek tek incelenmiştir (**Tablo 3**). Bu çalışma sonucunda,  $CaO$  ve  $MgO$  göçleri  $K_2O$ 'li ve  $K_2O$ 'siz dönemlerde aynı kalırken,  $K_2O$ 'li dönemde  $Na_2O$ 'in azaldığı oranda  $K_2O$ 'in göçtüğü görülmüştür.

**Tablo 3: Camın kimyasal dayanımının iyonlar bazında tayini.**

İyon Gücü ( $\mu g/ml$ )	3.4 .1998 tarihli numune	12.4.1998 tarihli numune
	$Na_2O = \% 11.97$ $K_2O = \% 1.01$	$Na_2O = \% 12.53$ $K_2O = \% 0.27$
Dolum Hacmi (ml)	54.3	53.3
$Na_2O$	5.66	6.17
$K_2O$	0.43	0.08
$CaO$	3.80	3.75
$MgO$	1.27	1.24

$K_2O$  uygulamasının gerçekleştirildiği dönemde literatürde rastlanan bir çalışma\* ışığında, üretilen ecza şişeleri, hem kendi soğutma fırınlarından, hem de ebatça kendilerinden çok daha büyük oldukları için daha yavaş olan şarap şişesi soğutmasından (A4) geçirilmişlerdir. Bu dönemde toplanan numunelerin kimyasal dayanıklılık testleri yapılmıştır (**Tablo 4**). Bilindiği gibi soğuma sırasında şişelerin, camın et kalınlığı boyunca dış yüzeyi daha çabuk, iç yüzeyi daha yavaş soğur. Bu noktada  $Na_2O$  gibi hareketli iyonlar, viskozitenin yüksek olduğu soğuk bölgelerden, hareket kabiliyetlerinin daha fazla olacağı sıcak bölgelere doğru hareket ederler. Böylece şişenin iç yüzeyi  $Na_2O$  ce zengin olacağından, içine konulan sıvıyla etkileşime girerek,  $Na_2O$ 'nun yüzeyden ayrılma ve şişenin içindeki sıvıya göçme olasılığı da artacaktır.

Tablo 4'den de netlikle görüldüğü gibi, elde edilen sonuçlar küçük miktarlarda olmakla birlikte, yukarıda aktarılan bilgileri teyid etmiştir. Ancak ecza şişeleri, bu fırında üretilen en küçük boyutlu şişeler olduklarından, daha hızlı soğutulabilen bir soğutmadan geçirilememiş, sadece daha büyük mamulün soğutmasından( daha yavaş olan) geçirilerek mekanizma ters de olsa kanıtlanmıştır.

### 3.2.4 Son Uygulama (Mayıs 98)

Kompozisyonun geri dönmesi ile birlikte, camın kimyasal dayanıklılık değerleri eski değerlerinde (sınır değerlerin hemen altında) kalmamış, sınır değerlerden daha da yüksek değerlere çıkmıştır. Bu nedenle yabancı şişe örneklerinin kimyasal dayanımlarının incelenmesini gerekli kılmıştır.

\* 'Surface Chemistry of Commercial Glass Containers' Bianchini F.G., Verita M., Hreglich S., Pantano C.G., Büyüklimanlı T., and Bojan V., Glastech. Ber. Sci. Technol., 68 C1, 1995, p.243.

### Yabancı Ecza Şişelerinin Kimyasal Dayanımlarının Tespitine Yönelik C.A.M.' da Yapılan Çalışma

C.A.M.' da Ambalaj Grubu Geliştirme Başkan Yardımcılığı tarafından temin edilen üretim sonra-





## ŞİŞECAM

sında içerisinde ilaç bulunmamış, çeşitli firmalara ait şişelerde kimyasal dayanıklılık tespitleri (ISO 4802-1) yapılmıştır. Şişenin iç yüzeyinden olabilecek göçü tespit etmek üzere yapılan bu testte numuneler otoklavda, belli bir ısı rejim izleyip, 121 °C'de bir saat süreyle tutulduktan sonra titrimetrik olarak Na<sup>+</sup> göçü tayin edilmektedir. Ayrıca dolun hacmi ve kimyasal terkibine göre, beklenenden düşük titrasyon değerlerine sahip olan mamullerde, yüzey işlemi yapılmıştır düşüncesi ile, bu yüzey işlemini bertaraf etmek üzere, liçleme işlemi yapılmış daha sonra deney tekrarlanmıştır.

Dolum hacmine bağlı olarak farklı sınır değerlere sahip olanlarından beş ayrı firmaya ait ürünler;

- 10 - 20 ml arası
- 20 - 50 ml arası
- 50 - 100 ml arası

olmak üzere üç farklı grupta incelenmiş, her grup TK' da üretilmekte olan, yakın hacimli ecza şişesi ile karşılaştırılmıştır. (Tablo 5-6-7)Yabancı ürünlerle karşılaştırmalı olarak kimyasal dayanıklılık değerlerini içeren bu üç tablo aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Ürünlerin bazıları (Sotancro, Tettaner Glashütten ürünleri) TK ürünlerinden kötü durumda olup kimyasal dayanımları sınır değerlerin üzerindedir.
- Stölze ürünleri daha iyi konumda olmakla birlikte TK ürünlerine yakın değerlerdedir.
- St.Gobain ve Winstoff ürünleri ise, yüzey işlemi görmüş Tip 2 kategori şişeler olup, kimyasal dayanımları yüksektir.
- St.Gobain şişesi liçleme sonrasında bile oldukça iyi durumdadır ki, bu da terkipteki oldukça yüksek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesi (%2.79) ile açıklanabilmektedir.

Yabancı şişelerde özellikle St. Gobain şişelerinde dikkat çeken bir başka özellik ise, şişelerin dolun kapasiteleridir. Belli sınır değerler için verilmiş olan aralıklar (örneğin 10-20ml, 20-50ml, 50-100 ml gibi) içerisinde, sınırda olması gereken dolun hacimleri, alt limitin biraz üzerinde olması yerine, bir alt grubun üst limitine yakın pozisyondadır. Böylece aynı kapasitede daha yüksek sınır değerle, daha güvenli çalışmak mümkün olabilmektedir. Örneğin 100 cc şurup şişelerinde 101-102 cc dolun hacmi olan TK ürünleri, 100-200 cc dolun hacmi için sınır değer olan 3.8ml 0.01N HCl/100ml ile karşılaştırıldığında, 96-98 cc'lik St. Gobain ürünleri 50-100 cc dolun hacimli şişeler için olan 4.8ml 0.01N HCl/100ml sınır değerden işlem görmektedir.

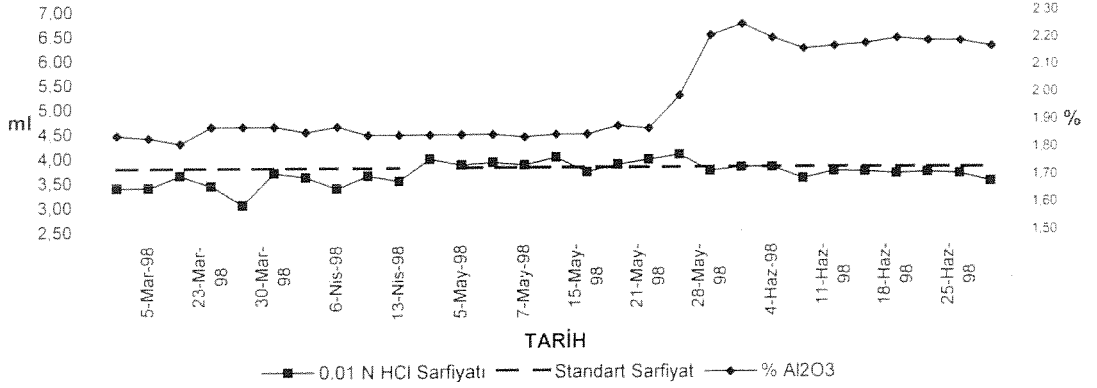
Yabancı ürünlerle ilgili çalışmanın çıktıları değerlendirilerek, 18 Mayıs 1998' de TK' da yapılan toplantıda, CAM'da hazırlanmış olan alternatif kompozisyonlar (Tablo 8) üzerinde tartışılmış bunlardan öncelikle birinci alternatifin uygulanması kararı alınmış ve 22 Mayıs 98 den itibaren camın Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesi %2.20 seviyesine çıkarılmıştır (Grafik 11). Bu uygulama ile camın kimyasal dayanıklılık değerleri sınır değerinin hemen altına inmiş, ancak bu iniş beklenen büyüklükte gerçekleşmemiştir.

## 4. SONUÇ

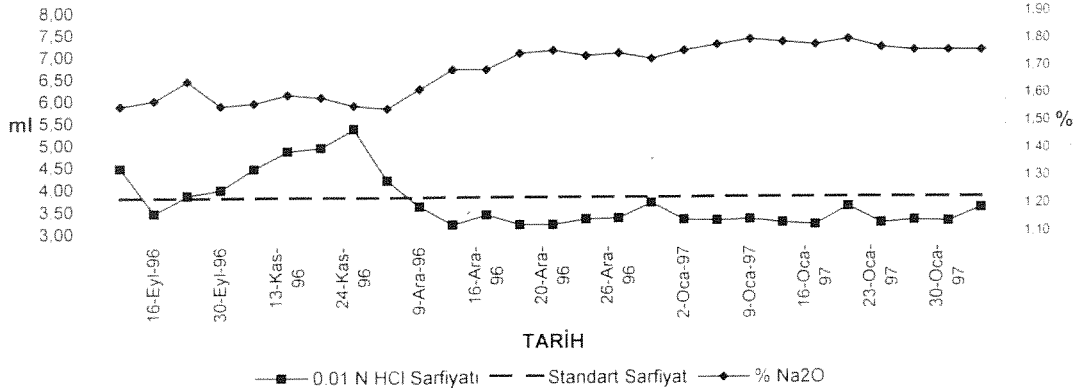
Topkapı Şişe San. A.Ş. A fırınında üretilmekte olan bal rengi cam ambalajın kimyasal dayanıklılığını arttırmak üzere, 1995 yılında deneysel çalışmaları içeren bir proje yürütülmüş\*\*, bu çalışma sonuçları doğrultusunda 1996 yılından bu yana TK-A'nın soğuk tamerini de içine alacak geniş bir dönemde, camın kimyasal dayanıklılığını düzeltmeye yönelik çeşitli kompozisyon tadilatlarını içeren bir dizi uygulama gerçekleştirilmiştir. Üç seneyi aşkın bir süreyi içeren bütün bu uygulamalardan en olumlu etki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> arttırılması (Aralık 1996 ve Mayıs 1998) ile elde edilmiş, ancak camın kimyasal dayanıklılık değerleri daha güvenli bölgelere çekilememiştir (Grafik 11-12).

\*\* Aralık 1995 tarih ve 489 nolu Teknik Grup Raporu

**Grafik 11: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



**Grafik 12: A FIRINI 712010 'NUN KİMYASAL DAYANIMI**  
Asit Sarfiyatı - Camda % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Ancak yabancı şişelerle yapılan çalışmanın sonucunda, TK-A ürünü ecza şişelerinin yabancı ürünlere göre hiç de kötü durumda olmadığı, St.Gobain şişelerinin (yüzey işlemi bertaraf edildiği koşullarda bile) en iyi denebilecek durumda oldukları görülmüştür. TK-A'da yapılan uygulamaların ardından bundan sonraki aşamada, deneysel çalışmayla desteklenerek, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bir miktar daha artırılarak St.Gobain seviyelerine yakın değerlere %2.75'e getirilmesi değerlendirilebilir.

Ayrıca zaman içerisinde üretim kalıp dizaynları tekrar elden geçirilerek, şişelerin dolun hacimleri, belli sınır değerler için verilmiş olan aralıklar içerisinde, alt limitlerden bir alt grubun üst limitine yakın pozisyona getirilebilir. Daha önce de değinildiği gibi, şişe hacimleri küçüldükçe, sınır değer yükselmektedir.

Soğutmalarla ilgili çalışmalar gözönüne alınarak camın kimyasal dayanıklılığını iyileştirmek amacıyla, camın tavlama-mekanik dayanımı ilişkisi göz önünde bulundurularak, mevcut özelliklerinden taviz vermeden mamullerin bir miktar daha hızlı soğutmadan geçirilmesi değerlendirilebilir.



ŞİŞECAM

Tablo 4: Değişik Miktarda K<sub>2</sub>O İçeren Bal Rengi Ecza Şişelerinin Kimyasal Dayanıklılık Ölçüm Sonuçları

İmalat Tarihi	Numunenin Niteliği	Kimyasal analiz (% Ağırlıkça)						Toplam R <sub>2</sub> O	Dolum hacmi (ml)	ml 0.01 N HCl/100 ml ekstrakt çözelti	
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			Sınır Değer	Titrasyon Sonucu
01.04.98	A3-İmalatı	71.35	1.85	9.76	3.44	12.29	0.79	13.08	23.3	6.1	5.86
	A3 A4 Soğutma	71.35	1.85	9.76	3.44	12.29	0.81	13.07	23.3	6.1	5.64
03.04.98	A3-İmalatı	71.35	1.86	9.84	3.46	11.97	1.01	12.98	54.30	4.8	4.22
	A3 A4 Soğutma	71.34	1.86	9.85	3.46	11.97	1.01	12.98	54.30	4.8	4.27
04.04.98	A3-İmalatı	71.40	1.85	9.81	3.46	11.96	1.01	12.97	53.60	4.8	3.95
	A3 A4 Soğutma	71.48	1.85	9.80	3.45	11.89	1.01	12.90	53.60	4.8	4.00
12.04.98	A3-İmalatı	71.49	1.84	9.81	3.47	12.53	0.27	12.80	53.30	4.8	4.13
	A3 A4 Soğutma	71.57	1.84	9.81	3.45	12.55	0.27	12.82	53.30	4.8	4.42
	Saint Gobain	71.81	2.78	10.72	0.07	13.16	1.04	14.20	95.40	4.80	3.27

Tablo 5: Dolum hacmi 10-20 ml arası ve sınır değeri 8.10 ml 0.01 N HCl/100 ml ekstrakt çözelti olan grup

Firma Adı	Kimyasal analiz (% Ağırlıkça)								Dolum Hacmi (ml)	Titrasyon Sonucu ml 0.01 N HCl / 100 ml	Emniyet Yüzdesi ± %100
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
Topkapı Şişe Bal, Penisilin Tip3 (492) 25.01.1998	71.52	1.78	0.247	0.194	9.74	3.36	12.98	0.12	16.10	6.40	-%21.0
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.22				Σ RO = 13.1 CaO/MgO = 2.90		Σ R <sub>2</sub> O = 13.10				
Topkapı Şişe (817) Bal; Ecza Şişesi	71.30	1.86	0.251	0.204	9.73	3.39	12.58	0.61	17.50	5.76	-%28.9
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.315				Σ RO = 13.12 CaO/MgO = 2.87		Σ R <sub>2</sub> O = 13.19				
Sotancro (421) Bal; Ecza Şişesi	71.14	2.16	0.288	0.046	10.08	2.34	13.01	0.83	12.40	9.55	+%17.9
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.494				Σ RO = 12.42 CaO/MgO = 4.31		Σ R <sub>2</sub> O = 13.84				
Stölzle (423) Bal; Ecza Şişesi	71.46	1.91	0.285	0.030	10.06	2.34	13.12	0.74	17.40	6.50-6.80	+%19.75;16.05
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.224				Σ RO = 12.40 CaO/MgO = 4.30		Σ R <sub>2</sub> O = 13.88			Liçleme Sonrası 5.72	



ŞİŞECAM

Tablo 6: Dolum hacmi 20 - 50 ml arası ve sınır değeri 6.10 ml 0.01 N HCl/100 ml ekstrakt çözelti olan grup

Firma Adı	Kimyasal analiz (% Ağırlıkça)								Dolum Hacmi (ml)	Titrasyon Sonucu ml 0.01 N HCl 100 ml Ekst.	Emniyet Yüzdesi ± %100
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
Topkapı Şişe 13.01.1998 Bal; Ecza Şişesi	71.35	1.79	0.240	0.148	9.62	3.40	13.26	0.12	23.60	5.85	-%4.10
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.178			Σ RO = 13.02 CaO/MgO = 2.83		Σ R <sub>2</sub> O = 13.38					
Topkapı Şişe (493) Bal; Ecza Şişesi 05.02.1998	71.30	1.59	0.262	0.158	9.31	3.72	13.53	0.07	33.10	4.36	-%28.5
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.01			Σ RO = 13.03 CaO/MgO = 2.50		Σ R <sub>2</sub> O = 13.60					
Tetraner (3262) Glashütten Bal; Ecza Şişesi	71.33	1.76	0.303	0.060	10.24	2.63	13.23	0.38	21.05	6.88	+%12.8
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.123			Σ RO = 12.87 CaO/MgO = 3.89		Σ R <sub>2</sub> O = 13.61					
Sotancro (420) Bal; Ecza Şişesi	71.15	1.95	0.289	0.032	10.22	2.90	12.71	0.70	22.75	6.42	+% 5.25
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.271			Σ RO = 13.12 CaO/MgO = 3.52		Σ R <sub>2</sub> O = 13.41					
Stölzle (422) Bal; Ecza Şişesi	71.14	1.99	0.294	0.036	10.22	2.77	12.76	0.73	25.80	3.95 ; 4.20	-%35.25;31.15
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.32			Σ RO = 12.99 CaO/MgO = 3.69		Σ R <sub>2</sub> O = 13.49		Liçleme Sonrası 3.48		Liçleme Sonrası - % 42.95	
Saint Gobain (424) Bal; Penisilin Şişesi, Tip 2	71.40	2.79	0.243	0.120	10.83	0.40	13.26	0.86	23.60	0.50	-%16.7
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 3.153			Σ RO = 11.23 CaO/MgO = 27.07		Σ R <sub>2</sub> O = 14.12		Liçleme Sonrası 4.74		Liçleme Sonrası - % 22.3	

Tablo 7: Dolum hacmi 50 - 100 ml arası ve sınır değeri 4.80 ml 0.01 N HCl/100 ml ekstrakt çözelti olan grup

Firma Adı	Kimyasal analiz (% Ağırlıkça)								Dolum Hacmi (ml)	Titrasyon Sonucu ml 0.01 N HCl 100 ml	Emniyet Yüzdesi ± %100
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
Topkapı Şişe 03.05.1997 Bal; Ecza Şişesi	71.20	1.79	0.239	0.165	9.67	3.33	13.40	0.10	53.70	4.25	-%11.46
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2.194			Σ RO = 13.00 CaO/MgO = 2.90		Σ R <sub>2</sub> O = 13.50					
Winstoff (425) Bal; Penisilin Şişesi Tip2	70.92	1.46	0.269	0.041	11.07	2.23	13.35	0.58	52.90	0.05	-%90.0
	Σ R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 1.77			Σ RO = 13.30 CaO/MgO = 4.96		Σ R <sub>2</sub> O = 13.93		Liçleme Sonrası 5.10		Liçleme Sonrası + % 6.25	



ŞİŞECAM

Tablo 8: Bal rengi cam ambalaj için kompozisyon alternatifleri

% Oksit	4.4.98	12.4.98	14.5.98	1. Alt	2. Alt	3. Alt	4. Alt	5. Alt
SiO <sub>2</sub>	70.73	70.81	70.85					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.85	1.84	1.85	2.20	2.30	2.20	2.30	2.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.242	0.243	0.243					
TiO <sub>2</sub>	0.219	0.217	0.194					
CaO	9.80	9.81	9.72	10.33	10.23	10.08	9.98	9.72
MgO	3.45	3.47	3.46	2.50	2.50	2.50	2.50	2.56
Na <sub>2</sub> O	11.89	12.53	12.75			13.00	13.00	13.00
K <sub>2</sub> O	1.01	0.27	0.12					
SO <sub>3</sub>	0.06	0.06	0.06					
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.75	0.75	0.75					
(°C) Logn=2	1448	1442	1442	1444	1447	1444	1447	1452
(°C) Logn=3	1199	1195	1194	1194	1196	1192	1194	1198
(°C) Logn=4	1037	1034	1033	1032	1033	1030	1032	1034
T <sub>s</sub>	738	737	736	737	737	734	735	736
T <sub>A</sub>	567	567	566	570	570	567	567	567
T <sub>st</sub>	440	540	539	543	541	540	540	539
WR	461	458	458	457	457	458	459	462
WRI	171	170	170	167	167	167	168	169
RMS	114.7	114.8	114.4	116.1	115.4	115.0	114.9	114.9

# CAM ELYAF HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN KAPASİTESİNİN ARTIRILMASI VE ÜRÜNLERDE STANDARDİZASYONUN SAĞLANMASI

**Nurettin Öztürk - Sinan Yücel**

Camış Madencilik A.Ş.

## ÖZET

Cam Elyaf Sanayii AŞ'nin üretim kapasitesini artırması nedeniyle 1998 yılında hammadde taleplerinde % 65 'lik bir artış olmuştur. Tesislerimizde hem kapasite artışını sağlamak hemde homojenleme - öğütme-sınıflandırma ve sevk sisteminden kaynaklanan problemleri yeni yatırım bünyesinde çözmek için 1997 yılında Çayırova Tesislerimizde bir dizi yatırım gerçekleştirilmiştir. Bu yatırımlar sonucunda kapasitemiz 2.4 ton/saatten 6.0 ton / saate çıkarılmış, kaolendeki  $Al_2O_3$  değişimi  $\pm 0.030$  den  $\pm 0.015$ 'e düşürülmüş ve + 0.105 mm boyutlu tane miktarı sıfıra çekilmiştir.

Elyaf Üretiminde Cam kalitesinin yüksek olması için camın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sabit kalması istenir. Bu stabilite hammadde özelliklerindeki oynamanın asgariye indirilmesi ile sağlanır. Bu görüş doğrultusundan hareketle tesislerimizde üretilen kaolen ve kolemanitler için homojenleme ünitesi kurulmuştur. Yeni sistemin işletmeye alınması ile kaolen ve kolemanitlerdeki oksitletirin standart sapmaları minimum seviyeye indirilmiştir.

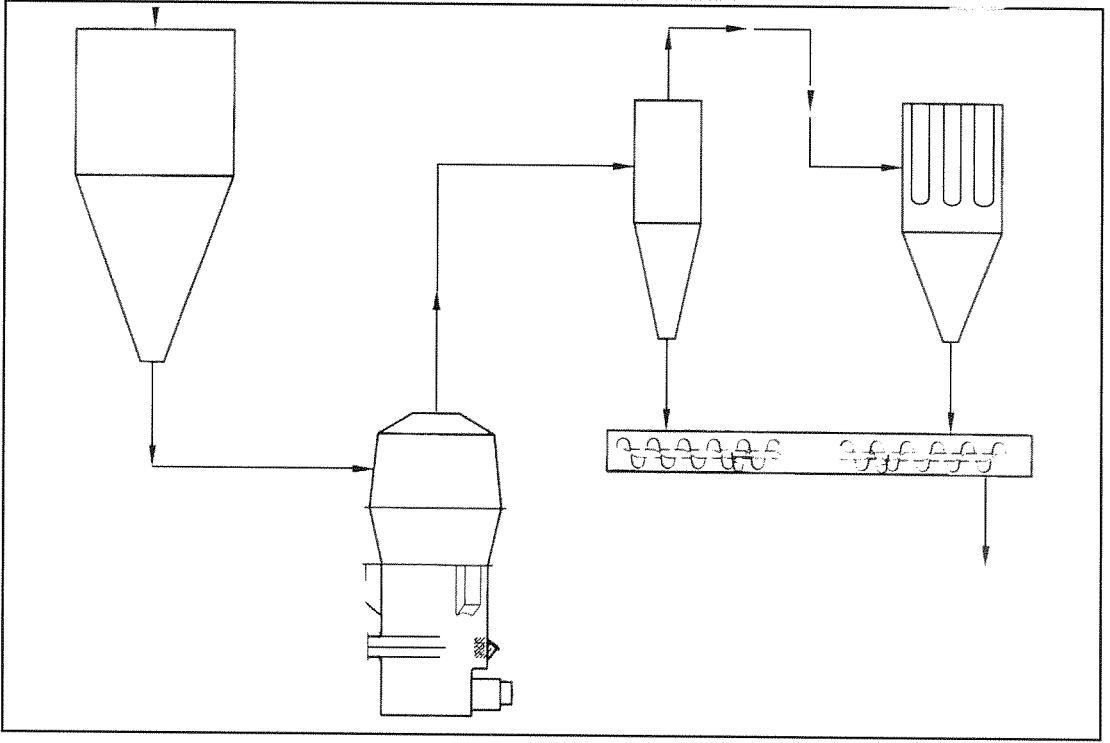
## GİRİŞ

Cam Elyaf sanayi AŞ'nin üretim kapasitesini artırması nedeniyle 1998 yılında hammadde taleplerinde % 65'lik bir artış olmuştur. Tesislerimizde hem kapasite artışını sağlamak hemde yıllar itibarıyla gerçekleştirilemeyen üst tane boyutunun -0.074 mm 'ye getirilmesi, elyafa daha homojen hammadde vermek için proje yapılması, uygulanması ve işletmeye alınması bu çalışmanın temelini oluşturmuştur.

## KAPASİTE ARTIMI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Çayırovada kurulu olan İnce Öğütme Tesisinde mevcut öğütme klasifikasyon sisteminde 2,4 ton/saat kaolen ,3,5 ton/saat ortalama kapasite ile kolemanit, kalker ve flourit hazırlanmaktadır. Bu sistemde projeden kaynaklanan problemler nedeniyle üretilen ürünlerde +0.105 mm miktarı % 1,5-3 arasında değişmekte ve bu durum Cam Elyaf üretiminde önemli darboğazlar yaratmaktadır. Yalnız ön homojenleme sistemi ile öğütülüp hazırlanan ürünlerde standart sapmalar istenilenin çok üzerinde olmakta. Ayrıca kil, kolemanit, kalker ve flourit aynı tesiste üretildiğinden, ürün değiştirme sırasında birbirinden çok farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olan bu hammaddeler azda olsa birbirine karışmakta ve sonuçta ürün kirlenmesi ortaya çıkmaktadır.

Cam Elyaf'ın uzun vadede ulaşacağı kapasite göz önüne alınarak,yeni projede ürettiğimiz ürünler arasında %55 oranında ağırlıklı yer tutan kaolenin tesisten tek başına üretilmesi esas alınmış ve tesisin kapasitesi 6 ton/saat olarak seçilmiştir.



## ÖĞÜTME-SINIFLANDIRMA SİSTEMİNİN BELİRLENMESİ

### Değirmen seçimi

Çakılları kırma-eleme tesislerinde hazırlanıp, Çayırova İnce Öğütme Tesislerinde ikinci defa homojenleştirilen kaolenin Elyaf Sanayi A.Ş. tarafından istenilen standartlara getirilmesi amacıyla kurulacak olan öğütme-klasifikasyon ünitesinin seçimi için işletme bilgilerimiz esas alınarak literatür bazda araştırmalar yapılmıştır.

### Öğütme teknolojisi

Öğütme teknolojisi dünyada çok uzun yıllardan beri uygulanmasına rağmen henüz gelişmesini tam olarak tamamlayamamıştır. Bunun sebebi mekanik işlemlerin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Tanelerden oluşmuş bir topluluk grubuna etki eden çok sayıda kuvvetlerin fiziksel bir tanımını veya matematik olarak formülünü çıkarmak çok zor bir işlemdir. Ayrıca bunu zorlaştıran diğer hususlarda;

- parçalanmış her tanenin değişik büyüklükte taneye ayrılması,
- katı maddelerin hem tane içinde hemde taneler arasında büyük
- değişiklikler gösteren fiziksel, mekanik, kimyasal özellikler bulunmaktadır.

Bu sebeplerden dolayı Dünya üzerinde herbiri değişik şekilde dizayn edilmiş çok fazla değirmen çeşidi bulunmaktadır. Değirmen tasarımı yapılırken;

- Hangi malzeme ne kadar inceliğe kadar öğütülecektir.
- Öğütülecek olan malzeme miktarı ne kadar olacaktır.
- Bu işlemler için ne kadar büyüklükte bir değirmen gereklidir. Sorularının cevaplanması gerekir.



ŞİŞECAM

Yaptığımız araştırmalara göre yapı özelliklerine göre değirmenlerin dört ana grupta toplandıkları tesbit edilmiştir.

- Aktarılan ortamla çalışan değirmenler
- Sabit bir yörünge üzerinde yuvarlanan merdaneler
- Sabit bir yüzey üzerine düşen tokmaklar
- Valsli değirmenler

Kaolen öğütmede istenilen tane boyutuna ulaşabilmemiz için valsli değirmenlerin kullanılması gerekliliği hem literatür hemde işletme çalışmalarımızdan edindiğimiz bilgilerle ortaya koyulmuştur.

## VALSLİ DEĞİRMENLER

Dünyada öğütme, çok uzun bir süre aktarılan ortamla çalışan değirmenlerle (Bilyalı, çubuklu, konili, otojen) yapılmıştır. Ancak bu değirmenlerde öğütme etkinliklerinin artırılması için yapılan çok sayıdaki araştırmadan pek fazla olumlu sonuç alınamamıştır. Cevher hazırlama tesislerinde hammaddelerin öğütülmesi için kullanılan değirmenlerde çok fazla enerji sarfedildiğinden sınai maliyetler olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle öğütme teknolojisi üzerinde sürekli gelişme mevcuttur. 0.074mm boyutun altına yapılacak olan kuru öğütmelerde son 20 yılda önemli gelişmeler kaydedilmiş olup daha az enerji tüketen valsli değirmenler endüstriyel tesislere hızlı bir şekilde girmiştir.

### Valsli değirmenlerde öğütme prensibi

Değirmende bulunan yatay hareketli bir tabla üzerine gelen malzeme basınç etkisi ile iki yada daha fazla vals arasına sıkışarak ezilmektedir. öğütülmüş malzeme havayla sürüklenerek bir seperatöre taşınmakta ince malzemeler ürün olarak ayrılırken, iri parçalar yeniden öğütülmek üzere tablaya geri gönderilmektedir.

Konvansiyonel değirmenlerde malzeme değirmen içinden geçerken giderek daha az ince öğütülür ve bu ince malzeme öğütmeyi güçleştirir. Öğütülen malzemenin ortamdaki uzaklaştırılması işlemi çok ağır yürüyen bir prosestir. Bu tip değirmenlerde ince taneler oluşur oluşmaz ortamdaki uzaklaştırılmadığından "tek partikülün parçalanması" mekanizması yeterince etkili olarak işleyememektedir. Valsli değirmenlerde öğütme ve ayırma işlemi iç içe olduğundan öğünen malzeme değirmeni çok kısa bir sürede terk eder ve bunun sonucunda öğütmede daha az enerji sarfedilerek homojen ürün elde edilir.

### Valsli değirmen çeşitleri

- MPS Gebr. Pfeiffer
- Loesche
- Polysius
- Bobcock & Wilcox "E" değirmenleri

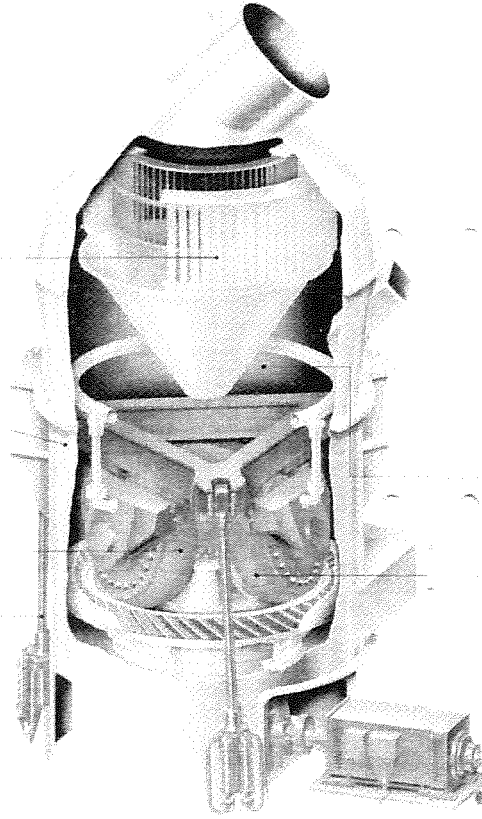
### MPS Gebr. Pfeiffer

Bu değirmenin dizaynı Gebrude Pfeiffer tarafından yapılmış olup hareketli bir tabla üzerinde dönen üç valsten ibarettir. Valsler tablaya yaylı sistem veya hidrolik pompalarla bastırılmaktadır. Öğütme tablasını çevreleyen hava deliklerinden malzemeyi kurutmak için sıcak hava üflenir ve öğütülmüş malzemeyi havalandırarak değirmen içindeki seperatöre aktarılmasını sağlar. Seperatör statik yada döner tipte olup hızının değiştirilmesi ile tane büyüklüğü ayarlanır.



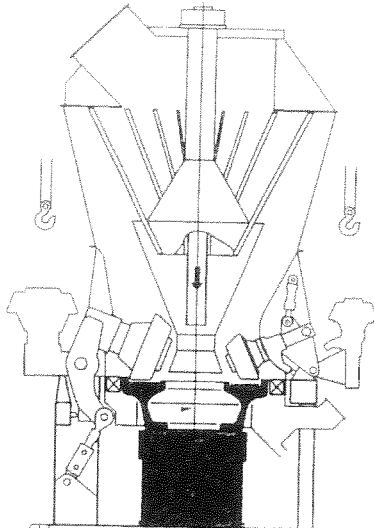


ŞİŞECAM



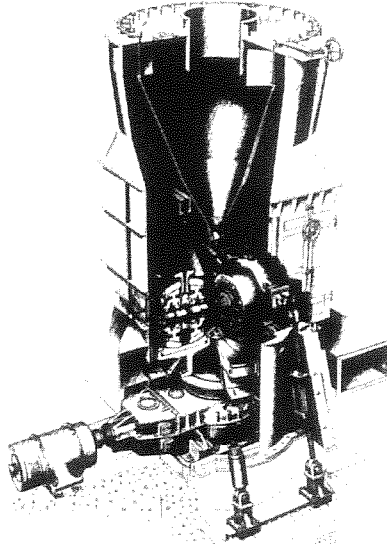
## Loesche Değirmenleri

Loesche değirmenlerde değirmenin büyüklüğüne göre 2,3 veya 4 vals bulunmaktadır. Öğütme mekanizması MPS değirmenlerdekine aynıdır. Ancak valsler değirmen kaidesine mafsallarla tesbit edilmiş hareketli kollar üstüne monte edilmiştir. Aynı zamanda üzerlerine basınç uygulayan hidrolok silindirlere bağlantılıdır.



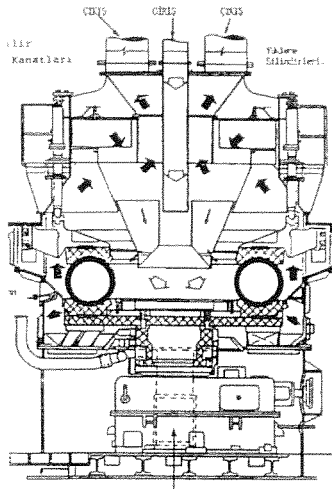
## Polysius Değirmenleri

Polysius çift valsli değirmenleri MPS ve Loesche değirmenlerinden daha farklı imal edilmiştir. İki çift vals geniş bir hareketli öğütme çanağı içinde dönmektedir. Çift valsler eksene uzaklıklarına göre uygun öğütme hızlarını kendilerine uyarlar ve öğütme işlemini gerçekleştirirler. Polysius değirmenleri öteki değirmenlerden ayıran en önemli fark bir dış elevatör koyulmuş olmasıdır. Bu elevatörle hava enjeksiyon deliklerinden değirmen besleme hattına dökülen parçalar yeniden değirmene girmektedir. Böylece değirmen gövdesi içinde bulunan en büyük parçaların havalanmasını sağlayacak olan hava miktarı asgariye indirildiğinden fan küçülmekte ve dolayısı ile enerji tasarrufunda bulunmaktadır.



## Babcock ve vilcox "E" değirmenleri

Bu değirmenlerde öğütme diğer düşey valsli değirmenlerde olduğu gibi vals yerine bir dizi yay ve pnomatik çekicilerle bastırılan iki bilya yuvası halkası arasında monte edilmiş bilyalar vasıtası ile yapılmaktadır. Bu değirmenin diğerlerine göre önemli farkı, havayla sürüklenen öğütülmüş malzemenin değirmen içinde tane büyüklüğüne göre ayrılmasıdır.



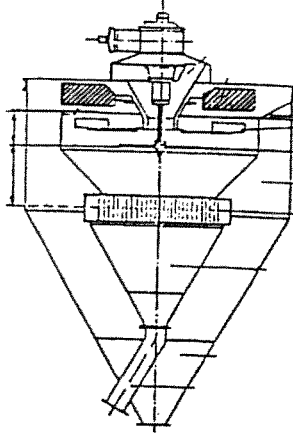


ŞİŞECAM

Değirmenlerde öğütülen malzemenin ortamdaki uzaklaştırılıp ürün olarak kullanılması için toz filtreleri, siklonlar ve seperatörler kullanılmaktadır. Bu ayırıcılar içinde en yaygın olarak kullanılanı seperatörlerdir.

## Seperatörler

Değirmenden çıkan malzemedeki iri ve ince fraksiyonları birbirinden ayırmaya yarayan araçlardır. Ayrıca ince fraksiyonlar üretim hattına giderken, iri taneler yeniden öğütülmek üzere değirmene geri dönerler. Öğütme sistemlerinde kullanılan seperatörler hava seperasyonludur.



Seperatörde taneler açılmal bir hareketle dikey olarak yukarıya hareket eden hava akımı içine bulunurlar. Bu ortamdaki taneye;

- Açılmal hareketten doğan merkezkaç kuvvet
- Havanın yukarıya sürüklenme kuvveti
- Aşağıya doğru yerçekimi kuvveti etki eder.

Tanenin büyüklüğüne bağlı olarak ya hava akımı ile sürüklenirler yada iri taneler dışarı doğru fırlatılır ve merkezkaç kuvvetin azalması sonucunda yer çekimine bağlı olarak aşağıya düşerler.

Öğütülen malzemenin iri tanelerden max. verimle ayrılması, ürünün standardizasyonu, kapasite ve dolayısı ile maliyetler açısından son derece önemlidir. Seperatör seçimi yapılırken iri boyutun tamamının değirmene ince kısmın ise ürüne gönderileceği hesaplanır. Ancak işletmecilikte hiçbir zaman böyle olmaz. İnce taneler aglomera olarak sanki iri taneymiş gibi davranırlar ve öğütülmek üzere değirmene geri dönerler. Seperatörlerde ayırmanın etkinliğini kavramak çok teorik bir kavramdır.

Verimli bir seperatörde ayrılan ince ürün içinde iri tane, değirmene geri dönen malzemede ise ince tane bulunmamalıdır. Bugün endüstride kullanılan seperatörlerde ayırma verimi %50 ile % 95 arasında değişmektedir.

## DEĞİRMEN VE SEPERATÖR SEÇİMİ İLE İLGİLİ TEKNOLOJİK DENEYLER

Değirmen ve seperatörler hakkında yapılan bu araştırmalar sonucunda üretilecek ürünün nitelikleri, yatırım ve işletme dönemi giderleri göz önüne alınarak,

- Gebr. Pfeiffer
- Loesche

Firmalarının Öğütme-klasifikasyon sisteminin uygun olduğu tesbit edilmiş ve ilgili firmalarla testler yapmak üzere anlaşmaya varılmıştır.

## Tüvenan Kaolenin özellikleri

### Kimyasal analizi

<u>Oksitler</u>	<u>Miktar (%)</u>
SiO <sub>2</sub>	78.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40 max
TiO <sub>2</sub>	0.40 max
CaO+MgO	0.20 max
Toplam So <sub>3</sub>	0.25 max
KK	5.6

### Fiziksel Analizi

<u>Boyut (µm)</u>	<u>Miktar (%)</u>
+10	3.3
+4	39.5
+2	17.0
+1	11.7
+0.1	14.2
+0.074	1
-0.074	13.3

## Öğütme ve klasifikasyon sonucunda üretilecek ürünün

### Kimyasal analizi

<u>Oksitler</u>	<u>Miktar (%)</u>
SiO <sub>2</sub>	78.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40 Max
TiO <sub>2</sub>	0.40 Max
CaO+MgO	0.20 Max
Toplam So <sub>3</sub>	0.25 Max
KK	5.6

### Fiziksel analizi:

<u>Boyut ( m)</u>	<u>Miktar (%)</u>
+75	0
+45	5 max
-45	95 min

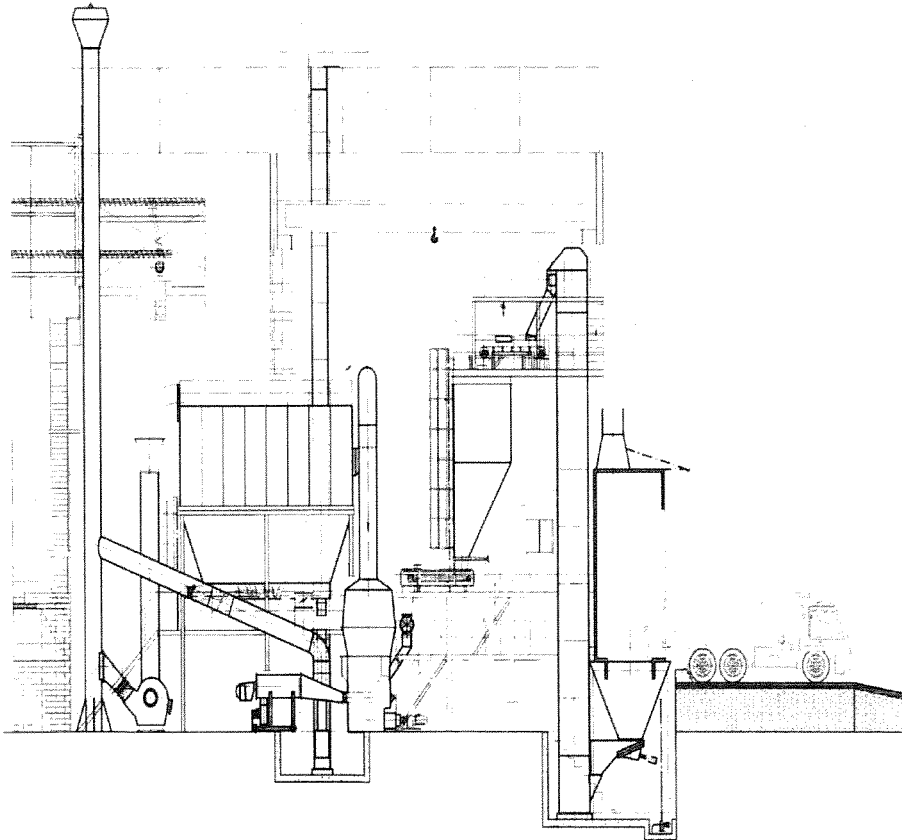
Öğütmeden çıkacak olan ürünün d50'si 9µ ve üründeki -2µ m boyut miktarı max % 20 olacaktır.

### Rutubet

Üründe max % 0.2 dir.

Bu şartları yerine getirecek şekilde yapılan pilot deneyler sonucunda Gebr. Pfeiffer Firmasının değirmeni ile seperatörünün en uygun olduğu tespit edilmiştir.

Test No	1	2	3
Test süresi, dakika	5	5	5
Beslenen malzeme	<b>KAOLİN</b>		
Klasifikatör devri , dev/dak	240	260	280
Değirmen giriş sıcaklığı' C	155	216	250
Değirmen öncesi sıcaklık' C	86	76	88
Hava miktarı c.f.m	1000	1000	1000
Değirmen gücü, KW	1.6	1.6	1.5
Fan gücü, KW	4.8	4.8	4.8
Ürün miktarı kg/saat	290	270	250
Ortalama ürün tane boyutu %	-	-	-
	0.3	0.1	-
	5.0	2.0	0.5
	12.8	8.6	4.0
Ürünün d50'si ( m )	9	7.8	7.1
Üründeki -2 pm miktarı %	20	20	20



## STARDARDİZASYONUN SAĞLANMASI

Ocak işletme yöntemi saha hakkında edinilen bilgilere dayanılarak seçildiğinden (jeolojik etütler, karot örneklerinin analizleri, tecrübeye dayanan bilgiler) ocaktan üretilen hammaddelerdeki kalite değişimlerinin asgariye indirilmesi için homojenizasyon tesisi mutlak surette kurulmalıdır.

### Stok Yığını Homojenizasyonu

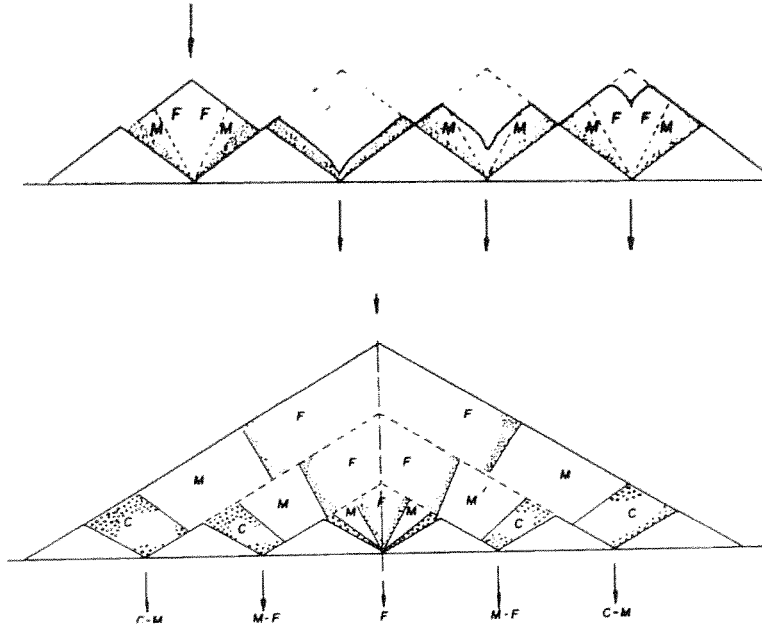
Stok yığını homojenizasyonu, endüstride çok yaygın olarak kullanılır ve bu çalışma iki ana grup altında toplanır.

1. Birbirine karışmış hammadde komponentlerinin homojenizasyonu,
2. Orantılı bir karışım hazırlamadan önce hammaddelerin tek tek homojenizasyonu,

Birçok geometrik yığma şekli mevcuttur. Dairesel ya da yarı dairesel prizmalar, dikdörtgen prizması şeklinde yığmalar gibi, bu yığmalar iklim koşullarına göre ya da malzemenin özelliklerine göre kapalı veya açık olarak dizayn edilirler.

Stoklama dışında konik yığma artık pek kullanılmamaktadır. Çünkü tane büyüklüğü segregasyonu çok büyük ölçüdedir ve yığından malzeme alırken birbirine karıştırma yerine taneler arasında daha büyük bir büyüklük dağılımı meydana gelir. Tane büyüklüğüne göre segregasyonda, malzemenin kimyasal kalitesi değişiklik gösteriyorsa çok önemli sorunlar ortaya çıkar.

Aşağıdaki konik yığma ile ilgili segregasyon gösterilmiştir.



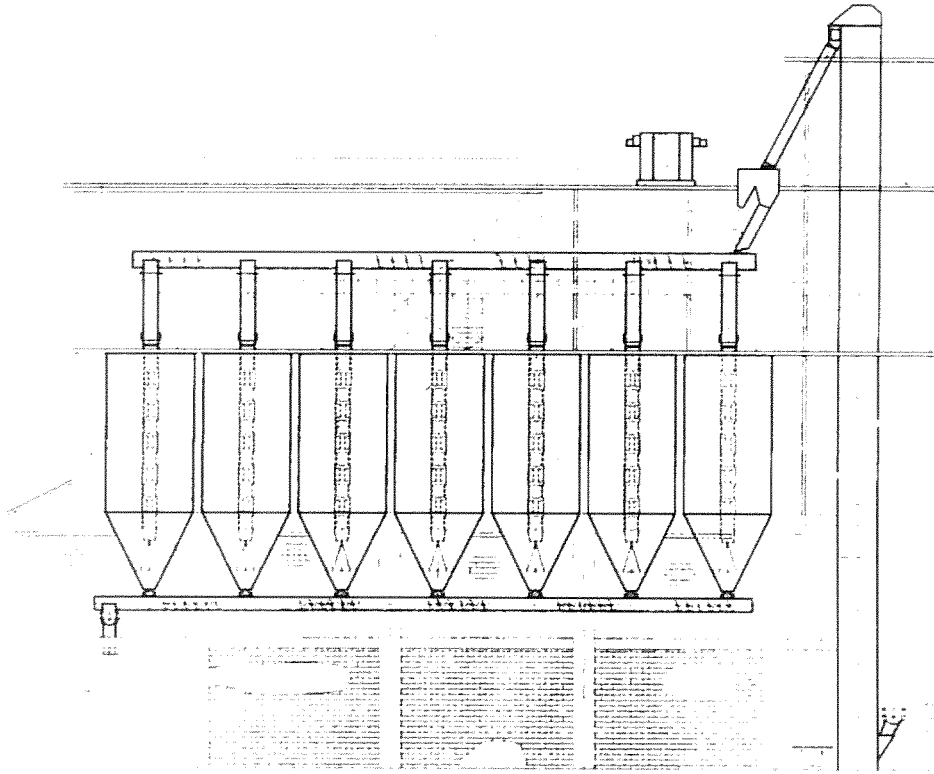
Yer ve proses sorunları nedeniyle kaolenlerin ön homojenleme yapıldığı Düvertepe-Çakılasarı tesislerimiz ile ikinci bir defa homojenleme yaptığımız Çayırovadaki tesislerimizde "konik yığma"ya göre homojenizasyon yapılmaktadır. Bunun sonucunda da üretilen nihai ürünlerimizdeki komponentlerde önemli ölçüde sapmalar meydana gelmekte ve bu durum tüketicimiz olan Cam Elyaf Sanayi A.Ş.'ni önemli derecede etkilemektedir.

Bu problemin çözümü için Çayırova Tesislerimizde üretilen ürünlerdeki standart sapmanın minimize edilmesi için homojenizasyon sisteminin kurulması gerekmiştir.

## Çayırova İnce Öğütme Tesisimizdeki Homojenizasyon Ünitesi

Öğütme ünitesinden çıkıp seperatörlerde - 0,105 mm.ye indirilen kaolenler 200 tonluk 4 adet siloya beslenir. Bu silolardan alınan ürün bir kovalı elevatörle 14 adet 40 tonluk silonun üstünde bulunan vidalı konveyöre gelir. Vidalı konveyöre besleme yapılmadan önce otomatik mumune alıcı vasıtasıyla silolar dolarken numune alınır ve bu numunelerin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak siloların özellikleri saptanır. Standart değerleri sağlayacak şekilde sevk siloları belirlenir ve karışım buna göre yapılarak ilgili fabrikaya gönderilir.

Homojenizasyon ünitesi akım şeması aşağıda verilmiştir.



## Proje Hizmetleri ve Uygulaması

Literatur, labratuvar ve pilot çapta yapılan çalışmalar sonucunda Cam Elyaf Hammadde Hazırlama Tesisinin kapasitesinin artırılması ve ürünlerde standardizasyonun sağlanması projesinin;

- Proses akım şeması
- Makina teçizatın özellikleri
- Genel yerleştirme projesi
- Detay ve temel Mühendislik hizmetlerini kapsayan fizibilite raporu hazırlanmış ve proje uygulama hizmetlerine Aralık 1995 tarihinde başlanmış olup proses akım şeması, yatırım dönemi giderleri aşağıda verilmiştir.

## Yatırım dönemi giderleri

Harcama yeri	Dış alım (DM*)	İç Alım (milyon TL)	Toplam (milyon TL)
Öğütme Ünitesi	1.250.000	-	66.250
Homojenleme siloları	-	64.000	64.000
Öğütme ünitesi yedekleri	253.995	-	13.461
Öğütme Ünitesi filtresi	-	3.550	3.550
Öğütme Ünitesi filtre yedekleri	-	500	500
Öğütme Ünitesi yerli ekipman imalat ve montajı	-	52.700	52.700
Doğalgaz tesisatı projesi	-	5.000	5.000
Elektrik projesi, malzemeleri temin ve montajı	-	13.000	13.000
Öğütme ünitesi brülörü	88.300	-	5.386
Düvertepe tesisleri	-	18.500	18.500
Analiz cihazları	195.000	-	11.895
Beklenmeyen giderler	-	6.000	6.000
<b>TOPLAM</b>	<b>1.787.295</b>	<b>163.219</b>	<b>272.243</b>
TOPLAM PROJE BEDELİ: 4.463.000 DM		* 1 DM: 61.000 TL	

## TESİSİN DEVREYE ALINMASI İLE İLGİLİ VERİLER VE SONUÇLAR

1. Öğütme ve klasifikasyon ünitesi Nisan 1997 tarihinde devreye alınmış olup, tesisten elde edilen verilerin proje değerleri ile mukayesesi aşağıda verilmiştir.

• Kapasite	6 ton/ saat	7.2 ton / saat
• Ürün boyut dağılımı		
+ 0.105 mm	0	0
d50	9 µm	7.6 µm
- 2 µm	20	22

Bu verilerin incelenmesinde anlaşılacağı üzere proje ile işletme değerleri arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

2. Homojenizasyon ünitesinin işletmeye alınmasından sonra Kaolende  $Al_2O_3$  te  $\pm 0.030$  olan standart sapma  $\pm 0.015$  seviyesine indirilmiştir.

### Kaynaklar:

1. NL Werss SME Numerical Processing Handbook
2. Richard JC The efficiency of classifier BCURA
3. BA Wills Mineral Processing Technology



# CAM ELYAF CAMI KIRIĞI GERİ KAZANMA SİSTEMİ

**Ahmet Akıncı**

Cam Elyaf San. A.Ş.

## ÖZET

E-Camının elyafa dönüştürülmesi prosesi sırasında kopma nedeniyle ürüne dönüştürülemeden aşağıya akan cam kırığının işlenmesi, E-camının ortam sıcaklığında çok dirençli olması nedeniyle oldukça zor bir prosestir. Bu nedenle elyaf endüstrisinin başlangıcından günümüze kadar üreticilerin tamamına yakını elyaf üretiminde cam kırığı kullanmamış ve bunu atma yoluna gitmişlerdir. Şleme zorluğu sonucu E-camı kırığının istenilen tane boyutuna indirilmesi (max. 300  $\mu$ ) hem çok zor hem de çok masraflı olmaktadır. Ayrıca cam kırığında bulunan şekillendirme kökenli organik maddelerin camın IR geçirgenliğine olan olumsuz etkileri de yine E-camı kırığının dezavantajı olarak ortaya çıkmaktadır. Burada istenilen cam kırığının içerdiği organik maddelerin yani kızdırma kaybının max.% 0.04 olmasıdır. Bunun üzerindeki değerlerin elyaf üretimine olumsuz etkileri olduğu ortaya konmuştur. Diğer taraftan cam kırığının harmanın erimesine, yakıt tasarrufuna, çekiş artışına sağladığı yararlar da ortadadır. Özellikle elyaf fırınlarının eritme verimlerinin düşüklüğü cam kırığına olan gereksinmeyi beraberinde getirmektedir. Camelyaf Sanayii A.Ş. kuruluşundan beri cam kırığını işlemekte ve harmana karıştırmaktadır. Ancak CE-3 nolu fırının devreye alınmasına kadar kullanılan proses istenilen cam kırığı spec. lerini vermekten uzaktı. CE-3 fırınıyla beraber devreye alınan yeni bir sistem ile yukarıda sayılan tüm dezavantajlar ortadan kaldırılmış ve tane boyutu max. 200  $\mu$  olan ve kızdırma kaybı yukarıda verilen değeri geçmeyen özelliklerde cam kırığı üretilerek harmana karıştırılmaya başlanmıştır. Yeni fırınla ulaşılan, eskiye oranla yaklaşık % 7-10 daha yüksek cam/demet veriminde bu sistemin de payının oldukça fazla olduğuna inanıyoruz.

## GİRİŞ

Bilindiği gibi cam kırığı, hem yakıt ve hammadde tasarrufuna olan olumlu etkisi hem de fırında çekiş artışına yada yüksek çekişlerde daha düşük kemer sıcaklıklarında çalışmasına olanak sağlaması ve dolayısıyla refrakter ömrünü uzatması açısından oldukça önemli bir hammaddedir. Ayrıca çeşitli nedenlerle satılabilir ürün haline getirilememiş camın değerlendirilmesi açısından da harmana karıştırılmaktadır. Bu nedenlerle cam eritme proseslerinde % 100 e varan oranlarda kullanılmaktadır. Ancak cam kırığının belirli koşullarda harmana karıştırılması üretim prosesi ve ürün kalitesi açısından çok önemlidir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta cam kırığının her türlü metalden arınmış olmasıdır. Tekstil amaçlı cam elyafının üretildiği E-camı prosesinde ise hem harmanın kompozisyonu gereği daha zor erimesi ve hem de camın, üretilen ürünün özellikleri gereği oldukça yüksek kalite standartları gerektirmesi nedeniyle harmana karıştırılan cam kırığının diğer cam proseslerine oranla daha dikkatle işlenmesi gerekmektedir.

## E-Camı Prosesi

Üretilen ürünün karakteristiği nedeniyle E-camı oldukça yüksek kalite gereksinimlerine sahip bir cam olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretilen ürün 5-25  $\mu$  arasında olduğundan eritme koşullarının son derece kararlı olması ve feederlere hiç bir şekilde erimemiş harman, refrakter parçaları veya metal gibi yabancı maddelerin ulaşmaması gereklidir. Aksi takdirde üretim son derece olumsuz bir biçimde etkilenmektedir.

Elyaf üretim prosesi gözönüne alındığında, çeşitli nedenlerden dolayı ürüne dönüştürülemeden aşağıya akan cam elyafı yaklaşık 100-150  $\mu$  kalınlığında olup suyla karışık bağlayıcı kimyasal madde içermektedir. Üretimin olumsuz etkilenmemesi için ise harmana karıştırılan cam kırığının özellikleri aşağıdaki gibi belirlenmektedir.

Kızdırma kaybı : max. 0,04 %  
Tane büyüklüğü : max. 300 µ  
Nem : 0 %

Bunun dışında cam kırığının hiç bir biçimde metal içermemesi de gerekmektedir.

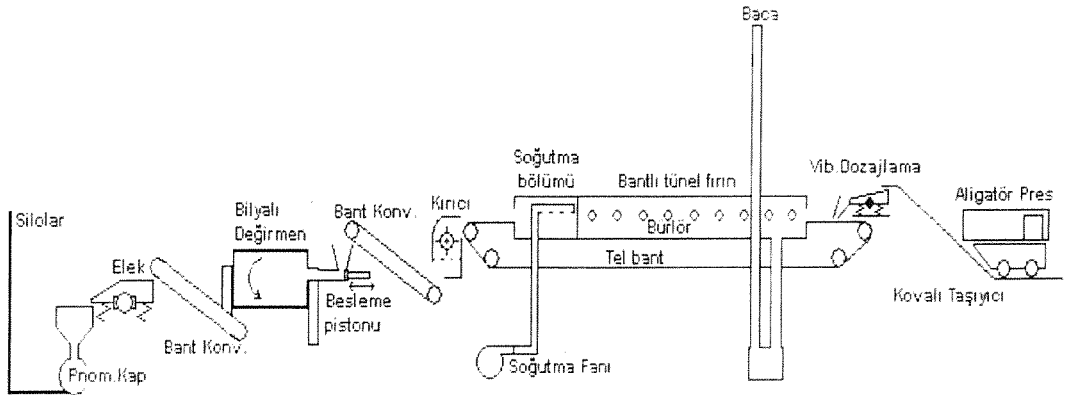
Kızdırma kaybı yani elyafın üzerindeki organik maddeler camın IR geçirgenliğini değiştirerek fırın koşullarını dolayısıyla üretim prosesini bozmaktadır. Ayrıca cam kırığının kalın tane boyutuna sahip olması yine harmanın akışını ve ergimesini olumsuz etkilemektedir.

Bu durumda sorun, yukarıdaki koşullarda aşağıya akan cam kırığının istenen özelliklere ulaşılacak biçimde işlenmesi olarak ortaya çıkmaktadır. E-camı elyafı ise ortam sıcaklığında son derece dirençli ve çok aşındırıcı bir malzeme olduğundan işlenmesi hem çok zor hem de çok masraflıdır. Tüm bu nedenlerden dolayı elyaf prosesinden yüksek verim almak isteyen üreticiler uzun yıllar cam kırığını harmana karıştırmayıp atma yoluna gitmişlerdir.

Ancak cam kırığının harmanın erimesine, yakıt tasarrufuna, çekiş artışına yada yüksek çekişte fırın kemer sıcaklıklarını düşürerek fırın ömrüne sağladığı yararlar da ortadadır. Özellikle elyaf fırınlarının eritme verimlerinin düşüklüğü cam kırığına olan gereksinmeyi beraberinde getirmektedir. Ayrıca günümüzde giderek artan çevre kirliliği nedeniyle atıkların değerlendirilmesi zorunluluğu artık cam kırığının atılmasını olanaksız kılmaya başlamıştır. Camelyaf Sanayii ise kuruluşundan beri cam kırığını işlemektedir. Ancak CE-3 no lu fırına kadar kullanılan sistem yukarıda istenen özellikleri tamamıyla vermekten uzaktı. CE-3 fırınıyla beraber kullanılmaya başlanan sistemle, verimli elyaf üretmek için cam kırığından beklenen özellikler sağlanmıştır. Kullanılan bu sistemin dünyada yalnızca bir firma tarafından başarıyla uygulanıyor olması da ayrıca şirketimizin bu alanda geldiği nokta açısından da bir övünç kaynağıdır. Bu bildiride, uygulanan sistemin ilkeleri ve sistemi oluşturan ekipmanların özellikleri anlatılacaktır.

## CE-3 CAM KIRIĞI İŞLEME SİSTEMİ

E-camı kırığı ortam sıcaklığında yüksek bir dirence sahip olduğundan mevcut haliyle işlenebilmesi, gereken kalite standartlarını sağlamak açısından mümkün değildir. Bu nedenle elyaf bir yakma fırınında önce yumuşama noktasına kadar ısıtılır ve sinterlenmiş hale getirilir, daha sonra ise soğutularak kırılgan hale dönüştürülür. Prosesin esas kritik noktası işte bu işlemde yatmaktadır. CE-3 cam kırığı işleme sistemi aşağıdaki biçimde işlemektedir:



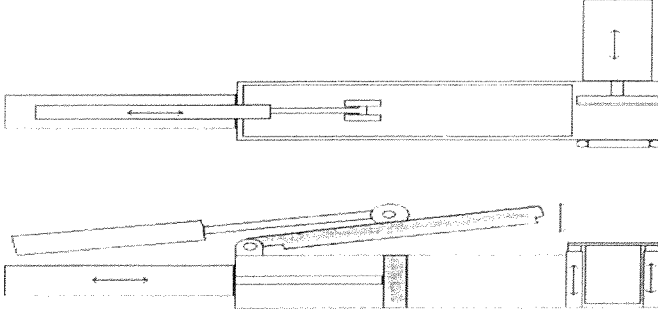
## Pres

Elyaf sarmadan akan telef önce sarma kanallarının altında bulunan sarsak taşıyıcılarla telef işleme dairesine taşınır. Prosesin ilk aşaması ön kırmadır. Bu işlem özellikle bu iş için tasarlanmış bir aligatör presle gerçekleştirilir. Elyaf önce bu presin kovasına dolar. Belli bir miktar dolduktan sonra kovada bulunan fotoseller bir kesici bıçağa kumanda ederek elyafı keser. Kova daha sonra oto-



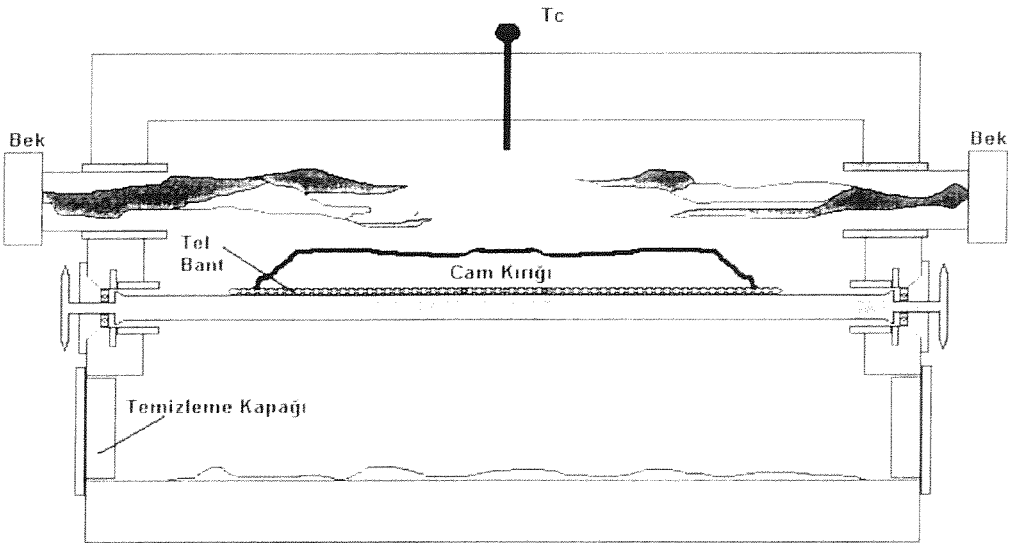
## ŞİŞECAM

matik olarak kalkarak elyafı presin içine boşaltır. Pres üç tane pistondan oluşur. Elyaf dolduktan sonra, presin kapağı haznenin üstüne kapanır, ikinci aşamada bir başka piston elyafı yandan sıkıştırır ve daha sonra da sonuncu piston elyafı arkadan bastırır. Bu sıkıştırma sırasında elyaflar birbirini ezerek kırma işlemini gerçekleştirirler. Bu işlem sonucu hem elyafın suyu alınmış hem de elyaf yaklaşık 10 cm boyutuna indirilmiş olur.



## Fırın

Bu işlemden sonra elyaflar bir taşıyıcı kova ile sinterleme fırınına beslenir. Prosesin ikinci aşaması sinterleştirmedir. Bu iş için kullanılan fırında elyaf yumuşama noktasına kadar ısıtılır. CE-3 için bu sıcaklık 825°C dir. Elyaf bu sıcaklıkta yaklaşık bir buçuk saat kalır ve sinterleşir. Fırın üç kademelidir. Kurutma bölümünde fırına özel bir paslanmaz bant üzerinde giren elyaf içerdiği nemden arınır. Sinterleme bölümünde ise cam kırığı yumuşama noktasına kadar ısıtılır ve buradan soğutma bölümüne gelir. Burada üflenen soğuk havanın etkisiyle kırılgan hale gelerek fırını terkeder. Kullanılan fırın 1.3 m eninde, 20 m uzunluğundadır. Burada oksitlenmeyi önlemek için özel bir alaşımdan yapılmış ayrıca yüksek sıcaklığa dayanıklı tel bant kullanılmaktadır.

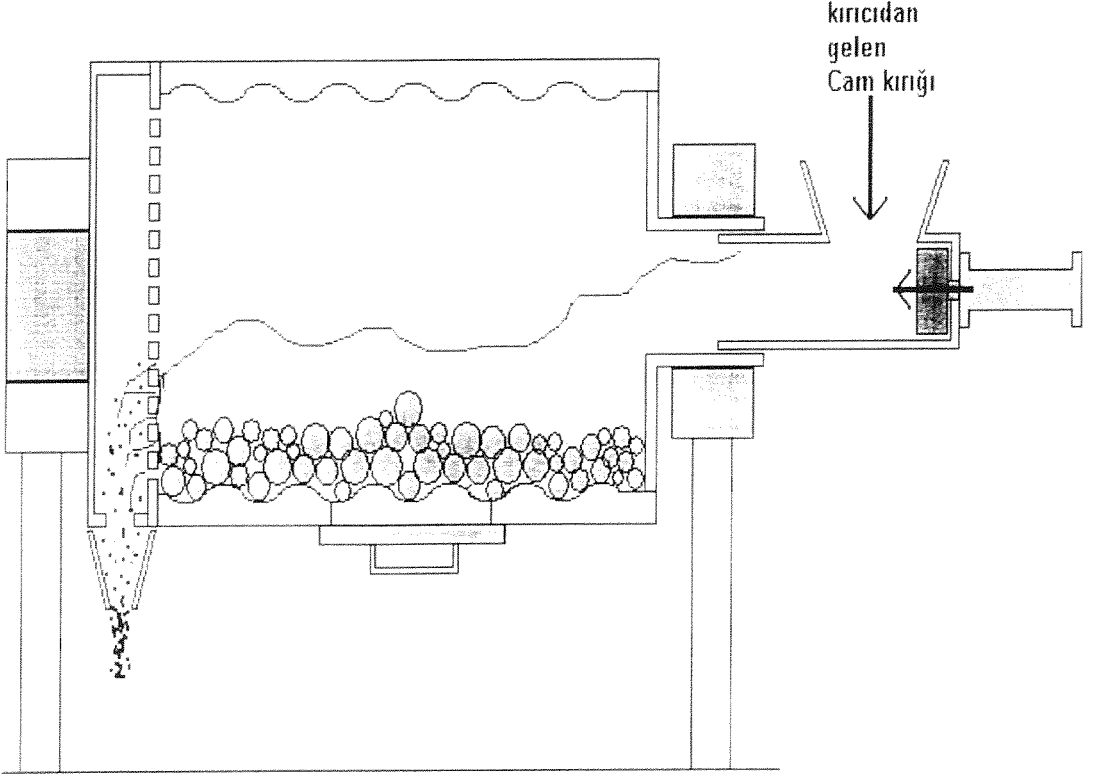


## Kırıcı

Üçüncü aşama kırma aşamasıdır. Burada özel bıçaklara sahip bir döner kırıcı kullanılır. Fırından kırılgan halde çıkan cam kırığı kırıcının içine boşaltılır. Elyaf burada yaklaşık 1-2 mm'ye incelik. Kırıcı devri 750 d/dk dır.

## Bilyalı değirmen

Dördüncü aşama öğütmedir. Burada bir bantla bilyalı değirmene beslenen elyaf yaklaşık 200-300  $\mu$  arasına öğütülür. Öğütme işlemi 40 mm çapında alümina bilyalar ile yapılmaktadır. Bilyalı değirmen çıkışında bulunan bir mıknatısla olası demir tozları ya da parçaları tutulur.



## Elek

Beşinci aşama elemedir. Bir bantla sarsak bir eleğe beslenen öğütülmüş elyaf burada elenir. 500  $\mu$  üzeri ayrılırken altı elekten deşarj edilir ve doğrudan bir pnömatik kaba boşaltılır. Pnömatik kaba alınan öğütülmüş cam kırığı buradan harman dairesi cam kırığı silolarına alınır.

## SONUÇ

Bu sistemle günde 18 ton cam kırığı işlenmektedir. Sonuçta cam kırığı silolarına basılan cam kırığı tamamen aranan özelliklere sahip olarak harmana karıştırılmaktadır. Bilindiği gibi eritme prosesi son derece karmaşıktır. Bu nedenle her parametrenin verime olan etkisi kesin sınırlarla belirlenemez. Ancak her ne kadar cam kırığının özelliklerinin iyileştirilmesinin verime olan olumlu etkisi tam olarak verilemese de CE-3 fırınında CE-2 ye oranla ulaşılan yaklaşık 7 % verim artışında bu iyileştirmenin de önemli payı olduğu kesindir.

# CAM FIRINLARINDA MATEMATİKSEL MODELLEME YÖNTEMİ

**Lale Önsel, Zeynep Eltutar ve Dr. Nuray Kayakol**

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

## ÖZET

Şirketimiz Araştırma Merkezi bünyesinde yürütülen model çalışmaları kapsamında

- fırınlarımıza ilişkin incelemelerimizde kullanılan tüm unsurları kapsayacak,
- Şirketimiz bünyesindeki çeşitli tip ve özellikteki fırınlarda uygulanabilecek ve
- fırınlarımıza uygulandığında gerçeğe uygun sonuçlar verebilecek

bir matematiksel model yönteminin oluşturulması için çalışmalar yapılmıştır.

Çalışmalarımız sonucunda cam banyosu ve fırın atmosferindeki sıcaklık, hız değerleri ve gaz konsantrasyonları ile akım dağılımlarının belirlendiği modeller geliştirilmiştir. Fırın atmosferi cam banyosu etkileşimi de modellerin birlikte çalıştırılması ile sağlandığından harman örtüsü, cam kırığı oranları ve çekiş değişiklikleri dikkate alınarak yanmanın cam banyosu üzerindeki etkileri de incelenebilmektedir.

Kaliteye yönelik modellerle de cam fırınlarındaki farklı parametrelerin üretilen camın kalitesini nasıl etkilediği belirlenebilmektedir. Bu çalışmalarla cam kalitesini arttıran öğeler ve koşullar bulunabilmektedir.

Matematiksel modeller ile fırın tasarımlarının, işletme koşullarının ve tümü ile yeni uygulamaların geliştirilmesine yönelik araştırma çalışmalarımızda gelişmiş bir imkan sağlanmış olmaktadır.

## 1. MODELLEME

Cam fırınlarına yönelik,

- yeni tasarımların,
- işletme değişkenlerinin ve
- farklı eritme prensiplerinin

etkin bir şekilde denenmesinde modelleme yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

Arkadan ateşlemeli fırınlarda 7-8 yıldan, float fırınlarında 10-12 yıla kadar süren fırın kampanyalarında öngörülen değişikliklerin getirilerinin modellerle sınanması

- yatırımların doğru yönlendirilmesi,
- farklı değişikliklerin etkilerinin ayrı ayrı değerlendirilebilmesi ve
- işletme değişkenlerinin çalışma aralıklarının saptanması

bakımından

- ekonomik,
- hızlı,
- etkin ve
- güvenilir bir yöntem olarak

kullanılmaktadır. Özellikle,

- cam kalitesinin arttırılması,
- enerji maliyetlerinin azaltılması ve
- kapasitelerin arttırılması

yönündeki hedeflerimizin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

## 2. ARAŞTIRMA MERKEZİNDE MODEL ÇALIŞMALARI

1982 yılında başlayan modelleme çalışmalarında cam banyosuna ilişkin fiziksel modelleme yönteminin esasları Şirketimiz Araştırma Merkezi'nde oluşturulmuş, sınanmış ve ondört ayrı fırın incelemesinde birebir olarak kullanılmıştır [1-18]. Bu çalışmalarda, dünya cam sanayiinde ve Şirketimiz içindeki tasarıma yönelik gelişme ve fikirler uygulanarak

- elde edilen sonuçlarla ve
- yapılan değerlendirmelerle

kazanılan birikimler de birçok fırın tamirindeki değişiklik ve uygulamalara baz oluşturmuştur.

Cam fırınlarının atmosferinin modellenmesinde ise akış hızlarının yüksek olması nedeni ile daha farklı modelleme yaklaşımları gerekmiştir. Gerek yanma sonucu oluşan gazların dağılımı, gerekse alevin fırın içindeki yeri ve boyutlarına ilişkin bilgiler veren soğuk fiziksel modeller üzerinde çalışılmıştır [19]. Bu modellerle, fırın atmosferindeki

- akım dağılımları ve hızlar incelenmiş,
- sıcaklığa ilişkin bilgiler ise dolaylı olarak

elde edilmiştir.

## 3. MATEMATİKSEL MODEL YÖNTEMİ

Cam fırınlarında

- cam banyosuna ilişkin daha fazla sayıda parametrenin daha az varsayımla,
- fırın atmosferindeki akışların yanısıra ısı tranferinin de yine daha çok sayıda parametre göz önünde bulundurularak incelenmesi ve
- fırınlarımızdaki parametrelerin cam kalitesine olan etkilerinin belirlenmesi için

matematiksel model çalışmalarına başlanılmıştır.

Önce 2 boyutlu daha sonra 3 boyutlu incelemelerle ele alınan matematiksel model çalışmalarımızda fiziksel model sonuçlarının ve fırın uygulamalarının getirdiği birikimlerle matematiksel model sonuçları da sınanarak [20,21] 1996 yılında kapsamlı bir matematiksel model yönteminin oluşturulması aşamasına gelinmiştir. Bu doğrultuda Doç.Dr.A.Ungan'ın oluşturmuş bulunduğu modeller [22-27] geliştirmeye açık olarak alınmış ve birlikte sürdürülen çalışmalarla

- fırınlarımıza ilişkin incelemelerimizde kullanılan tüm unsurları kapsayacak,
- Şirketimiz bünyesindeki çeşitli tip ve özellikteki fırınlarda uygulanabilecek,
- fırınlarımıza uygulandığında gerçeğe uygun sonuçlar verebilecek

bir matematiksel model yönteminin oluşturulması için çalışmalar yapılmıştır.

1990'lı yıllarda gelişen,

- matematiksel çözüm yöntemleri ve
  - bu çözüm yöntemlerinin gerektirdiği bilgisayar işlem ve bellek kapasitelerinin ve işlem hızlarının artması ile
- cam fırınlarını kapsamlı olarak inceleyen matematiksel modelleme yönteminin oluşturulması mümkün olmuştur.

Bu çalışmalarda,

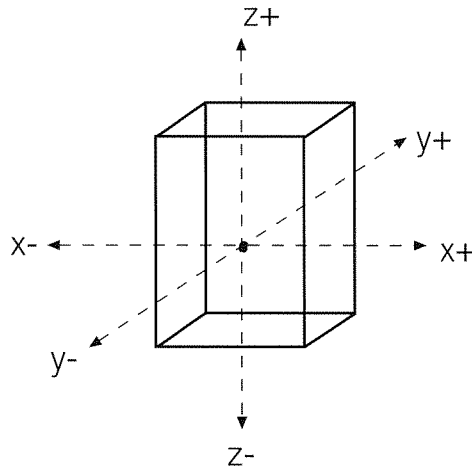
- cam banyosundaki ve
- fırın atmosferindeki

akım dağılımları, akım hızları, sıcaklıklar ve gaz konsantrasyonlarının dağılımını belirleyen modeller oluşturulmuştur. Bunların yanısıra camdaki kum taneciklerinin ve habbelerin adetlerini, boyut dağılımlarını ve boyutlarındaki değişimlere ilişkin bilgileri veren modeller de geliştirilerek bulguların cam kalitesi ile ilişkilendirilmesi mümkün olmuştur.

Cam banyosunda ve fırın atmosferindeki kütle, momentum ve ısı transferini tanımlayan 3 boyutlu denklemler aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir ;

$$\frac{\partial (\rho u \varphi)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho v \varphi)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho w \varphi)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \Gamma_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \Gamma_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \Gamma_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + S_{\varphi} \quad (1)$$

Denklemden  $\varphi$  fırın içindeki değişkenleri,  $\rho$  yoğunluğu,  $\Gamma$  transfer katsayısını,  $S$  ise kaynak terimi göstermektedir. Denklemlerdeki birimlerin değerleri Tablo 1'de verilmektedir. Söz konusu kısmi diferansiyel denklemler sonlu hacimler (finite control volumes) yöntemi ile belli hacimler için tanımlanmış doğrusal denklemler haline getirilmektedir. Birbirleri ile bağlı değişkenler içeren bu denklemler de belirli algoritmalar (SIMPLER[28]) ile çözülmekte ve fırın içinde incelenen her noktada belirtilen değişkenlerin değerleri hesaplanmaktadır. Şekil 1'de söz konusu mekanizmalara ilişkin denklemlerin tanımlandığı birim hacim örneklenmektedir.



Şekil 1: Çözüm için seçilen birim hacim



Tablo 1: Matematiksel Modelde kullanılan denklemlerdeki birimlerin farklı mekanizmalar için açıklımları

Model	Denklem	$\varphi$	$\rho$	$\Gamma_\varphi$	$S_\varphi$
AKIŞ	Süreklilik	1	$\rho$	0	0
	x-momentum	u	$\rho$	$\mu$	$-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (\mu \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\mu \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z} (\mu \frac{\partial w}{\partial x})$
	y-momentum	v	$\rho$	$\mu$	$-\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} (\mu \frac{\partial u}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial y} (\mu \frac{\partial v}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\mu \frac{\partial w}{\partial y})$
	z-momentum	w	$\rho$	$\mu$	$-\frac{\partial p}{\partial z} + \beta g\rho + (T - T_0)^* + \frac{\partial}{\partial x} (\mu \frac{\partial u}{\partial z})$ $+ \frac{\partial}{\partial y} (\mu \frac{\partial v}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial z} (\mu \frac{\partial w}{\partial z})$
	Türbülans kinetik enerjisi	k	$\rho$	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{\epsilon,eff}}$	$G_k - \rho\epsilon$
	Türbülans dağılımı	$\epsilon$	$\rho$	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{\epsilon,eff}}$	$(C_1 G_k - C_2 \rho\epsilon)\epsilon / k$
REAKSIYON	Karışım fraksiyonu	f	$\rho$	$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_f}$	0
	Bileşen salınımı	g	$\rho$	$\frac{\mu}{\sigma_g}$	$C_{g1}\mu_t \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial z} \right)^2 \right] - C_{g2}\rho \frac{\epsilon}{k} g$
İS	İs (soot) kütle fraksiyonu	$m_s$	$\rho$	$\frac{\mu}{\sigma_{ms}}$	$S_{s,f} - S_{s,0}$
ENERJİ	Fırın atmosferinde	$h_0$	$\rho$	$\frac{\mu}{\sigma_h}$	$S_{ışınım}$
	Cam banyosunda	T	1	$\frac{k_{eff}}{\rho C}$	$S_{elektrod} / \rho C$

\* Sadece laminar akışlar için eklenen bir terimdir.

Tablodaki,

- akış değişkenleri, laminar akışlar için, anlık; türbülans akışlar için ise, zaman bazında ortalama alınarak kullanılmaktadır. Ayrıca, laminar akışlar için transfer katsayısının moleküler değerleri; türbülans akış için ise transfer katsayısının etkin değerleri kullanılmaktadır.
- C ve G değerleri denklemlerdeki katsayıları göstermektedir.

Denklemler, kütle ve ısı transferindeki konveksiyon ve difüzyon etkileri için çözüm yöntemleri uygulanarak doğrusal denklemler haline getirilir. Hız değişkeni (u) için söz konusu denklemler aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir;





ŞİŞECAM

$$\begin{aligned} 0 = & A_{x+}\varphi_{x+} - [A_{x+} + (a_{x+}u_{x+})]\varphi_p + A_{x-}\varphi_{x-} - [A_{x-} - (a_{x-}u_{x-})]\varphi_p \\ & + A_{y+}\varphi_{y+} - [A_{y+} + (a_{y+}u_{y+})]\varphi_p + A_{y-}\varphi_{y-} + [A_{y-} - (a_{y-}u_{y-})]\varphi_p \\ & + A_{z+}\varphi_{z+} - [A_{z+} + (a_{z+}u_{z+})]\varphi_p + A_{z-}\varphi_{z-} - [A_{z-} - (a_{z-}u_{z-})]\varphi_p \\ & + S_c + S_p\varphi_p \end{aligned} \quad (2)$$

Bu denklem sadeleştirilerek ve yeniden düzenlenerek P birim hacmi için  $\varphi$  değişkeni

$$A_p\varphi_p = A_{x+}\varphi_{x+} + A_{x-}\varphi_{x-} + A_{y+}\varphi_{y+} + A_{y-}\varphi_{y-} + A_{z+}\varphi_{z+} + A_{z-}\varphi_{z-} + S_c \quad (3)$$

eşitliği halinde yazılabilmektedir. Denklemlerde A konveksiyon ve difüzyon etkilerini simgeleyen katsayıları, a ise değişkenin etkili olduğu yüzey alanını ifade etmektedir; P birim hacmi için A değeri aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$A_p = A_{x+} + A_{x-} + A_{y+} + A_{y-} + A_{z+} + A_{z-} - S_p \quad (4)$$

S ile verilen kaynak terimi ise kütle ve ısı transferinde farklı özellikleri tanımlamaktadır. Bu doğrusal denklemlerin matrisler halinde çözülmesi ile değişkenler hesaplanmaktadır. Denklemler için gerekli sınır koşulları belirlendikten sonra ardışık çözümler arasındaki farklar kütle denkliği için  $1 \times 10^{-6}$  ve enerji dengesi için  $1 \times 10^{-2}$  değerlerinin altına ininceye kadar tekrar tekrar çözülerek sonuca ulaşılmaktadır.

#### 4. OLUŞTURULAN MODELLER

Çalışmalar sonucunda elde edilen modeller ve amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

##### I. Cam banyosunda

- hız ve sıcaklık dağılımlarının belirlendiği GLASS,
- cam içindeki çözünen gaz konsantrasyonlarının bulunduğu DIFFUS ( $SO_3$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ),
- camdaki habbelerin adedini ve boyut dağılımını inceleyen BUBBLE ( $SO_3$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ),
- camdaki taneciklerin (kum ve diğer) adet ve boyut dağılımını inceleyen SILICA,
- camdaki habbe ve taneciklerin boyut değişimlerini inceleyen GBTRACE modelleri

##### II. Fırın atmosferinde

- hız dağılımını veren COMBUSV,
- sıcaklık dağılımını veren COMBUST ve
- yakıt ve yanma gazlarının ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ) konsantrasyon dağılımlarının bulunduğu COMBUSF modellerinden oluşan COMBUS modeli

### III. Cam banyosu ve fırın atmosferinde

- ortak kütle ve ısı transferini inceleyen,
- harman erimesi için gerekli enerji miktarının,
- cam kırığı oranlarının,
- erime sırasında harmanın cam yüzeyini kaplama oranının ve
- çekiş değişikliklerinin incelenebildiği

### COMBINED modeli

### IV. Cam banyosu ve fırın atmosferindeki modeller için gerekli olan

- cam yüzeyindeki sıcaklık dağılımını belirleyen TOP ile
- refrakterlerin ısı transfer katsayılarını hesaplayan OVERALL modelleri ve

V. Yukarıda sözü edilen modellerle elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan CVPLOT, CVCOMBUS, BARCHART, SHGRID-G VE SHGRID-C çizim programları.

Söz konusu modeller fırınlarımızdaki tüm sistemleri benzeştirecek ve fırınlarımıza uygulandığında gerçekçi sonuçlar verecek şekilde geliştirilmiştir.

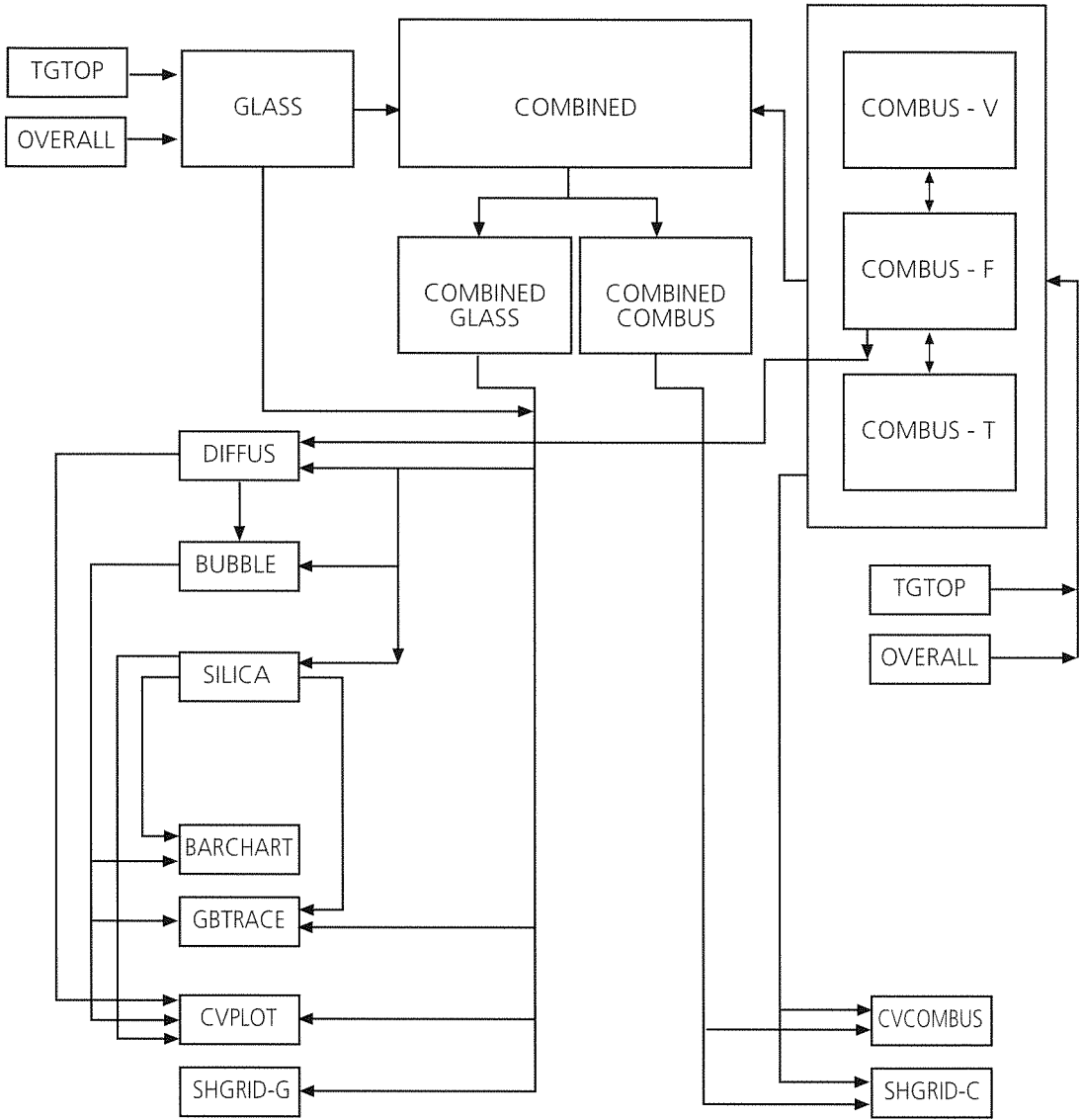
Modellerle arkadan ateşlemeli bir cam fırınımızın, belirli işletme koşullarındaki özellikleri, gerçek değerlerine uygun olarak benzeştirilmiştir. Aynı fırın için, farklı işletme koşullarında yapılan modelleme çalışmaları sonucunda, fırında gözlenen değişikliklerin belirlenmesi mümkün olmuş ve farklı tasarımlara yönelik model incelemelerinin fırın uygulamasındaki sonuçları ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Modeller bir cam fırınının bütününe incelemek üzere kullanıldığında Şekil 2'de görülen akış şemasına göre bir yol izlenmektedir.

Gerekli fırın girdileri ile TOP ve OVERALL modellerinin sonuçları verilerek çalıştırılan GLASS ve COMBUS çözüldükten sonra tüm fırını, cam banyosu ve fırın atmosferini birlikte inceleyen COMBINED çalıştırılmakta, buradan elde edilen COMBINED GLASS ve COMBINED COMBUS programları ile fırındaki hız ve sıcaklık değerleri bulunmaktadır. DIFFUS ve COMBUSF gaz dağılımlarını, BUBBLE, SILICA ve GBTRACE ise camdaki tanecik ve habbelerle ilgili bilgileri vermektedir.



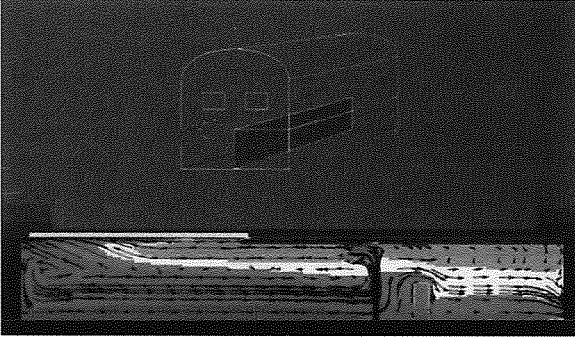
ŞİŞECAM



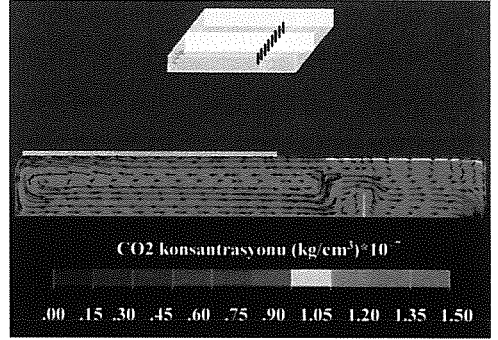
Şekil 2: Modellerin cam fırınlarına uygulanmasına ilişkin akış şeması.

## 5. CAM BANYOSUNUN MODELLENMESİ

Cam banyosundaki GLASS modeli ile elde edilen akım dağılımları ve sıcaklıklar arkadan ateşleme- li ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırın için Şekil.3'te verilmektedir; Şekil.4'te ise DIFFUS ile elde edilen gaz dağılımları görülmektedir (örnek; CO<sub>2</sub> için).



Şekil 3: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırının orta kesitinde fırın uzunluğu boyunca sıcaklık ve akım dağılımları



Şekil 4: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırının orta kesitinde fırın uzunluğu boyunca CO<sub>2</sub> dağılımı

Cam banyosunda,

- fırın eni, boyu, cam derinliği, farklı derinliklerin etkileri,
- baraj konumu ve yüksekliği,
- bubbler konumu, yüksekliği ve verilen hava miktarı ile bubble sayısının etkisi,
- elektrik takviyesi için ve tümü ile elektrikli fırınlar için tek veya üç faz bağlantı şekilleri, güç miktarı ile gücün bölgesel dağılımları, elektrod adedi, yükseklikleri ve elektrod yerleşimi ile
- farklı throat tipleri (düz, dalmalı),

farklı cam renkleri ve özellikleri de dikkate alınarak incelenebilmektedir.

Bu kapsamda aşağıdaki incelemeler yapılmıştır ;

- Bir cam fırınında farklı elektrik takviye uygulamalarına ilişkin tasarım kriterleri incelenmiş ve uygulamada elde edilen sonuçlarla modelde elde edilen sonuçlar uyumlu olmuştur.

Anadolu Cam Sanayi A.Ş. 10 no'lu fırınındaki elektrik takviyesine yönelik olarak yapılan matematiksel model incelemelerinde sıcak noktadaki 1000 KW'lık elektrik takviye uygulaması ile 85-90 °C artacağı öngörülen taban sıcaklıklarının fırın koşullarında herhangi bir değişiklik yapılmadan, öngörülen elektrik enerjisinin % 70'inin verilmesi ile 70 °C arttığı belirlenmiştir [29,30].

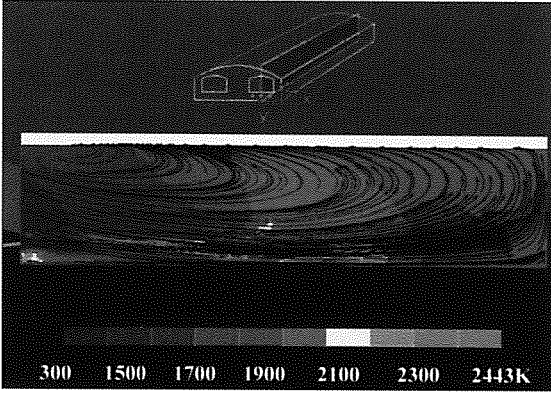
Ayrıca, yine aynı fırında 95 cm olan elektrod yüksekliklerinin 82 cm'e indirilmesi ile model değerlendirmeleri sonucunda cam yüzey sıcaklıklarının 10 °C düşeceği öngörülmüştür [29,30]. Bu bulgulara paralel olarak fırında da optik sıcaklıklarda 10-12 °C'lik düşüş gözlenmiştir.

- Bu modellerle tümü ile elektrikli bir pilot fırının tasarım kriterleri de belirlenmiştir[31];
  - fırının boyutları,
  - elektrik güç miktarı,
  - harman altı sıcaklıkları,
  - elektrod boyutları, adetleri, konumları ve ilgili güç dağılımı,
  - elektrod bağlantı şekilleri ve
  - bunlara ilişkin gerekli trafo değerleri saptanmıştır.
- Ürünlerimizde kabul edilen hata sınırlarından geri gidilerek cam fırınındaki habbe ve taşların fırın içinde hangi bölgelerde yoğunlaştığı, boyutlarının ne şekilde ve hangi sürede değiştiği incelenmektedir.

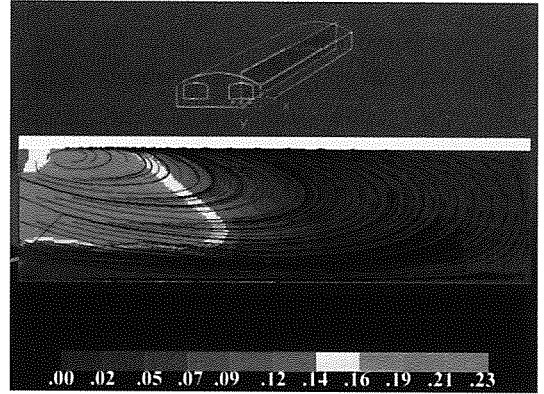
- Gerek cama katılan gaz miktarları, gerekse üründe bulunması gereken habbe adetlerinin doğrulanmasına yönelik model çalışmaları da devam etmektedir.
- Harmandan cama katılan silika miktarları ve kalite kriterleri doğrultusunda son üründe kalabilecek maksimum değerler açısından gerçek üretimde elde edilen değerlere modeller ile hangi koşullarda ulaşılabildiği belirlenmektedir.

## 6. FIRIN ATMOSFERİNİN MODELLENMESİ

Fırın atmosferinde COMBUS V, F, T ile elde edilen hız, sıcaklık ve gaz dağılımları aşağıdaki şekillerde verilmektedir.



Şekil 5: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırının ikinci bek kesitindeki sıcaklık ve akım dağılımı.



Şekil 6: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırının ikinci bek kesitinde O<sub>2</sub> konsantrasyonları

Bu programlarla fırın atmosferinin

- eni, boyu,
- kemer yüksekliği,
- kemer yayının açısı,
- port boyutları,
- port yan, kemer ve taban açıları,
- port ve bek adetleri,
- yakma havası ve yakıt miktarları,
- bek açısı,
- yanma gazlarının dağılımı ve
- alev şekli ve boyu

üzerinde incelemeler yapılmaktadır.

Bu şekilde arkadan ateşlemeli bir fırınımızda,

- farklı bek açılarının (4°, 6°, 10°),
- farklı port yan açılarının (6°, 3°),
- farklı kemer yüksekliklerinin (2.36, 2.48, 2.64 m),
- yakma havası miktarının (az, teorik, fazla hava; %10, %20 gibi) ve
- bek ucu yakıt hızlarının

etkileri incelenmiştir.

Bir fırın özelinde yapılan model çalışmalarında,

- duvar ısı kayıpları,

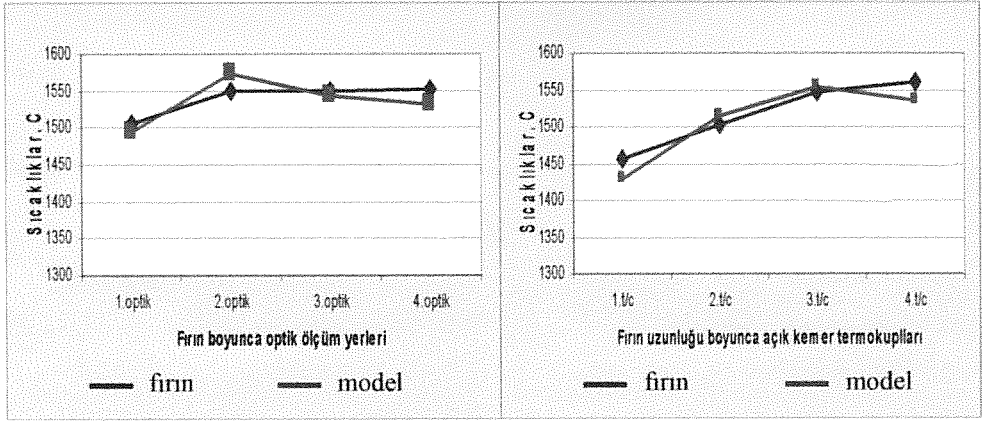
- fırına giren harman örtüsünün yüzey sıcaklıkları,
- ışıma ile ısı transferinin hesaplanmasında kullanılan yutma katsayısının belirlenmesine yönelik farklı yaklaşımlar ve
- is partiküllerinin (soot) ısı transferine olan etkileri

incelenmiştir. Ayrıca,

- inceleme nokta sayısının ve
- fırın boyutlarının

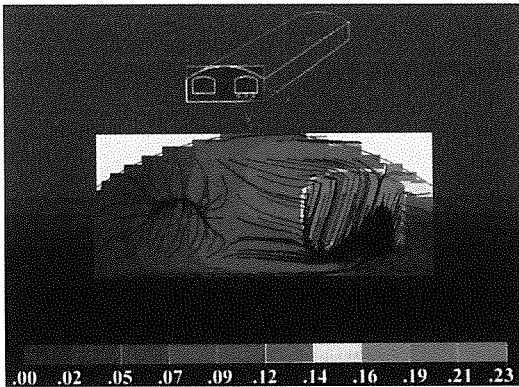
model çözümleri açısından getirdiği problemler giderilmiştir.

İncelemelerimiz sonucunda, fırının belirli bir işletme koşulunda elde edilen optik ve kemer t/c değerlerine önemli ölçüde yaklaşılmıştır. Şekil 7'den de görüldüğü gibi, değerler çok yakın olarak bulunabilmektedir.

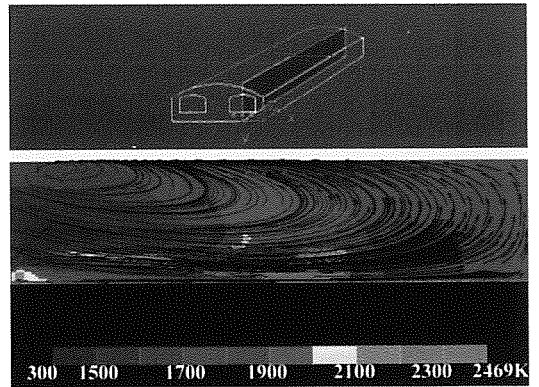


Şekil 7: Arkadan ateşlemeli bir fırının (a) optik ve (b) kemer sıcaklıklarının model değerleri ile karşılaştırılması

Fırın atmosferindeki gaz dağılımları incelendiğinde, modelde bulunan port çıkışındaki ortalama  $O_2$  değerlerinin fırının o günkü işletme değerlerine göre ölçülen  $O_2$  yüzdesi ile aynı olduğu görülmektedir. Şekil 8'de fırın port kesitlerindeki  $O_2$  konsantrasyonları verilmektedir. Bu değerlerin çıkış portunda (Şekilde sol taraftaki port) 0.0 ile 0.12 arasında değiştiği görülmektedir. Port kesitinde alınan ortalama değer ise fırında ölçüldüğü gibi %5'tir.



Şekil 8: Arkadan ateşlemeli bir fırının port kesitlerinde  $O_2$  konsantrasyonları.



Şekil 9: Arkadan ateşlemeli bir fırında bek açısının  $10^\circ$  olduğu durumda ikinci bek kesitindeki sıcaklık ve akım dağılımları.

Söz konusu fırında farklı bek açılarının etkilerinin belirlendiği model incelemelerinin sonuçları  $4^\circ$ 'lik bek açısı için Şekil 5'te,  $10^\circ$ 'lik bek açısı için ise Şekil 9'da özetlenmektedir.



ŞİŞECAM

Bek açısının 4°den 10°ye çıkartılması ile fırının eritme bölgesindeki 2. optik sıcaklık değerinde 19°C'lik artış görülmüştür. Kemer sıcaklıklarında ise 1 ve 2. kemer t/c değerlerinde 5-10 °C artış 3 ve 4. kemer t/c değerlerinde ise 1-2 °C'lik düşüş olduğu saptanmıştır. 4°lik çalışmada yakma havası ile girişte bastırılan ve iyice cama değen alev 10°lik bek açısı ile cam yüzeyine değmeyecek şekilde yukarı kalkmıştır. Bek açısının 10° olduğu durumda alevin bulunduğu bölgede sıcaklıkların daha yüksek olduğu 5 ve 9'uncu şekillerde görülmektedir.

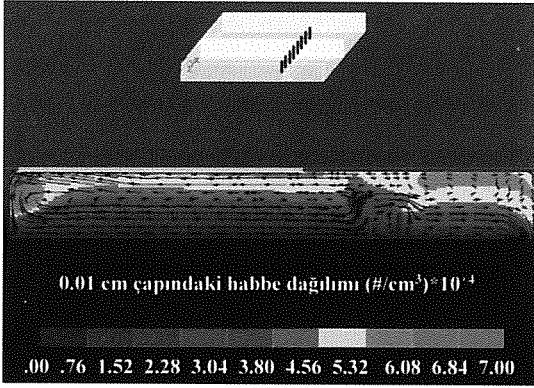
Fırın atmosferinin modellenmesine yönelik incelemelerde fırın-model uyumuna ilişkin sınamalar devam etmekte ve gerekli olduğunda fırında yapılan ölçümlerle de bire bir olarak desteklenmektedir.

## 7. KALİTEYE YÖNELİK MODELLER

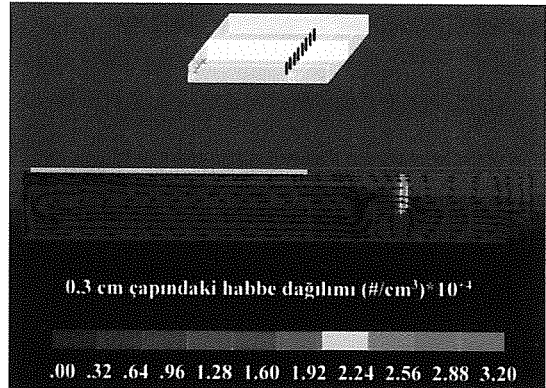
### 7.1. Habbe

Cam banyosu modelinin sonuçlarının girdi olarak alındığı DIFFUS ile cam içinde çözünmüş gazların ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $SO_3$ ) miktarı bulunmaktadır. Difüzyon sabitleri verilerek diğer gazlar da modele eklenebilir.

DIFFUS kullanılarak BUBBLE modeli çalıştırıldığında ise fırın içinde hangi noktada kaç adet ve hangi boyut aralığında habbe bulunduğu görülmektedir. On ayrı boyut aralığında habbelerin adetleri bulunmaktadır. Bu şekilde fırın içinde habbe boyutlarının ve bu boyuttaki habbelerin adetlerinin değişimine ilişkin bilgi elde edilmektedir (Şekil 10).

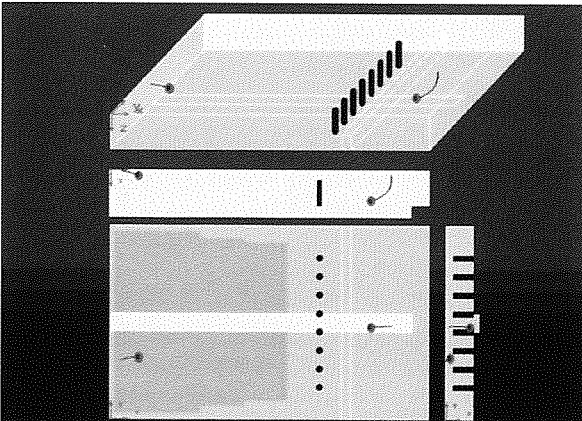


(a)



(b)

Şekil 10: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırının orta kesitinde (a) 0.01 cm ve (b) 0.3 cm boyutundaki habbelerin adetlerinin bölgesel dağılımı.

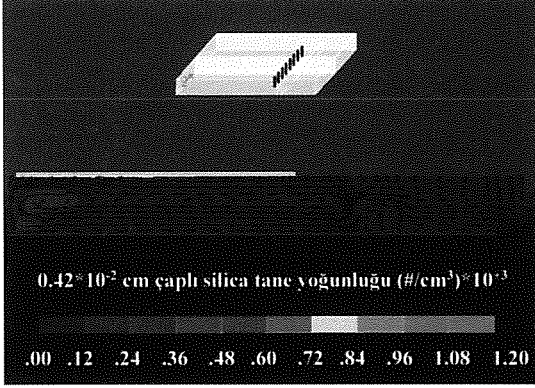


Habbe incelemelerinde kullanılan GBTRACE modeli de fırın içinde habbelerin izlediği yol ile ilgili bilgi vermektedir (Şekil 11). BARCHART modeli ile noktasal olarak adet değişimleri izlenebilmektedir. Bu şekilde kritik bölgelerde ve fırın çıkışındaki habbe sayıları incelenebilmektedir.

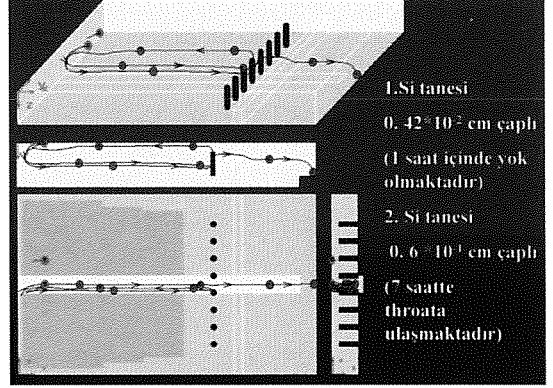
Şekil 11: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırında harman altından ve afinyon bölgesinde cama katılan 0.3 cm çapındaki iki ayrı habbenin fırın içinde izledikleri yol

## 7.2. Kum Tanecikleri

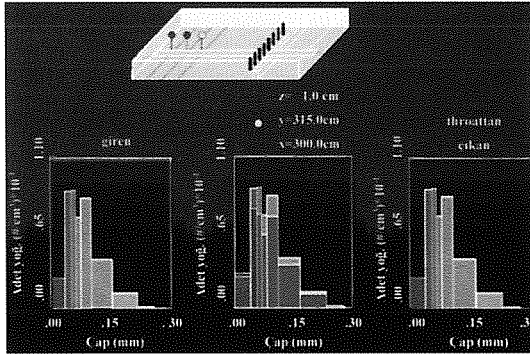
Kum taneciklerinin adet ve boyutlarının incelendiği SILICA modelinde de girdi olarak GLASS'ın sonuçları kullanılmaktadır. İncelenebilen tanecik çeşidi de taneciğe ilişkin difüzyon katsayılarının modele ilavesi ile artırılabilir. SILICA ile elde edilen kum taneciklerinin sayısal dağılımına ilişkin bilgiler CVPLOT ile gösterilmektedir (Şekil 12).



Şekil 12: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırının orta kesitinde  $0.42 \times 10^{-2}$  cm çapındaki kum taneciklerinin birim hacimdeki adetleri.



Şekil 13: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırında (1)  $0.42 \times 10^{-2}$  cm ve (2)  $6.0 \times 10^{-2}$  cm çaplı kum taneciklerinin izledikleri yol.



Bubble'da olduğu gibi SILICA ile de GBTRACE modeli kullanılarak kum taneciklerinin fırın içinde izledikleri yol boyunca ne kadar küçüldükleri izlenebilmektedir (Şekil 13).

BARChart ile ise yine kum taneciklerinin hangi boyutta nerede ve hangi yoğunlukta bulunduğu incelenebilmektedir (Şekil 14).

Şekil 14: Arkadan ateşlemeli ve sıcak noktada elektrik takviyesi uygulanan bir fırında belli noktalarda kum taneciklerinin sayısal dağılımı.

Harman altından cama katılan kum taneciklerinin boyutlarına göre adet dağılımının verilmesi durumunda fırının istenen bölgelerinde ve throat çıkışında kum taneciklerinin hangi boyutta ve kaç adet kaldığı bulunabilmektedir. Örneğin Şekil 14'te girişte verilen taneciklerin, sarı nokta ile belirtilen harman altındaki konumda % 20 oranında azaldığı görülmektedir. Küçülen tanecikler ise 0.05 mm çapından küçük kum taneciklerinin bandına girerek bu boyuttaki tanecik adedini artırmaktadır. Fırının throat bölgesinde ise hiç bir kum tanesi kalmamaktadır.

Kaliteye yönelik olan her iki incelemede de, throattan çıkan habbe ve silika boyut ve adetlerinin ürünlerimizde kabul edilen sınırlar içinde olup olmadığına bakılarak fırının camın erimesi ve afinyasyonu açısından yeterli olup olmadığı gözlenebilmektedir. Bu şekilde, gerek fırın şeklinde yapılan değişiklikler gerek ilave sistemlerin etkileri kıyaslamalı olarak değerlendirilmektedir.



## 8. ÇALIŞMALARIN SÜREKLİLİĞİ

Fırına ilişkin çalışmalarımız arkadan ateşlemeli fırınlar için tamamlanmıştır.

Çalışmalar yandan ateşlemeli float fırınlarımız için devam etmektedir. Ayrıca, unit melter tipi ve oksijen zenginleştirme üzerine de çalışmalar yapılarak bu tür fırınlarımızda da modelleme imkanlarından yararlanılabilecektir.

Bunların yanısıra çalışma havuzu ve forehearthlar için de çalışmalarımız başlamıştır. 2001 yılında çalışma havuzu ve forehearthların modelleri ilgili çalışmalarımız da tamamlanmış olacaktır.

Öte yandan elimizdeki modellerin de sürekli olarak güncel tutulması gerekmektedir. Gerek matematiksel çözüm yöntemleri, gerekse fırın içindeki mekanizmaları tarif eden yaklaşımlardaki gelişmelerin sürekli olarak modellerimize entegre edilmesi gerekmektedir. Buna bir örnek olarak dünyada genel olarak kabul edilmiş cam banyosunda ısımanın difüzyon ile yayılması yerine gerçekte olduğu gibi modellenmesine ilişkin çalışmalar sürdürülmektedir. Tümü ile elektrikli (cold top) fırınlar için böyle bir çalışma yapılmıştır [32].

Uzun vadede tümü ile yeni eritme prensiplerinin denenmesi sırasında ihtiyaç duyulacak değişiklikler doğrultusunda modellerin de geliştirilmesi gerekecektir.

Genel olarak dünyada cam üretiminin modellenmesi konusunda çalışanların ortak görüşü, model sonuçlarının hassasiyetinin artırılması ve varsayımlarının azaltılmasının modelde kullanılan katsayıların en doğru bir şekilde verilebilmesi ile mümkün olduğu yönündedir. Bu açıdan gerek dünyadaki gelişmeleri izlemek gerekse ihtiyaç duyulan imkanları yaratarak bu tür değerlere ulaşmak yönünde de çalışmalar yapılmalıdır.

## 9. SONUÇ

Çalışmalarımız sonucunda cam banyosu ve fırın atmosferindeki sıcaklık, hız ve gaz konsantrasyonları ile akım dağılımlarının belirlendiği modellerimiz geliştirilmiştir. Fırın atmosferi cam banyosu etkileşimi de modellerin birlikte çalıştırılması ile sağlandığından, harman örtüsü, cam kırığı oranları ve çekiş değişiklikleri dikkate alınarak yanmanın cam banyosu üzerindeki etkileri de incelenebilmektedir.

Kaliteye yönelik modellerle de cam üretiminin kalite kriterleri değerlendirilebilmektedir. Bu şekilde kaliteyi arttıran öğeler ve koşullar bulunabilmektedir.

Modelleme ile, fırın tasarımlarının, işletme koşullarının ve tümü ile yeni uygulamaların geliştirilmesine yönelik araştırma çalışmalarımızda gelişmiş ve dünya seviyesinde bir imkan sağlanmış olmaktadır.

## 10. KAYNAKLAR

1. Önsel, L., Topkapı Şişe San. A.Ş. B Fırını Baraj Uygulamasına İlişkin Model Çalışması, Rap.No.115 ve 115a, Mart, 1983.
2. Önsel, L., Paşabahçe Cam San. A.Ş. 9 no.lu Fırını Tasarım Değişikliklerine İlişkin Model Çalışması, Rap.No.120, Mayıs, 1983.

3. Önsel,L., Çayırova Cam San. A.Ş. 3. No.lu Fırını Model Çalışması, Rap.No.123, Ağustos,1983.
4. Günceler,S., Kafesçioğlu,A., Önsel,L. ve Özgür,Z., Paşabahçe Cam San. A.Ş. C-Fırını Forehearth'ında Renklendirmeye ilişkin Model Çalışması, Rap.No.174 , Nisan 1985.
5. Enerji Grubu, Çayırova Cam San. A.Ş. 4 No.lu Fırınında Bubbler ve Baraj Uygulamasına ilişkin Model Çalışması , Rap.No.184, Ekim,1985.
6. Enerji Grubu, Trakya Cam San. A.Ş. Float Fırını Model Çalışması,Rap.No.185,Eylül,1985.
7. Enerji Grubu, Anadolu Cam. San. A.Ş. 20 No.lu Fırını Model Çalışmaları, Rap.No.188, Kasım,1985.
8. Enerji Grubu , Trakya Cam San. A.Ş. Float Fırını Model Çalışması (Yeni Proje: 660 t/g çekiş), Rap.No.200, Şubat,1986.
9. Enerji Grubu, Fiziksel Model Teorisi , Rap.No.212,Mayıs,1986.
10. Enerji Grubu,Çayırova Cam San. A.Ş. 1 No.lu Fırını Model Çalışması, Rap.No.221, Kasım,1986.
11. Enerji Grubu, Trakya Cam San A.Ş. Float Fırını Boyun Bölgesi Model Çalışması, Rap.No.283, Aralık,1988.
12. Mikroanaliz ve Enerji Grubu, Trakya Cam San. A.Ş. Sürekli ve iri Cam Hatalarına ilişkin Fiziksel Model Çalışmaları , Aralık,1989, Rap.No.318.
13. Enerji Grubu, Cam Fırınlarının Fiziksel Model Yöntemi ile incelenmesi, Rap.No.321, Aralık,1989.
14. Eltutar,Z.ve Önsel,L, Elektrikli Fırın Fiziksel Modelleme Yöntemi ve Teknik Cam Sanayii A.Ş.1 No'lu Fırın Model Çalışması , Rap.No.407, Kasım,1992.
15. Önsel,L., Teknik Cam Sanayii A.Ş. 1 No'lu Fırının Fiziksel Model Çalışması, Rap.No.419,Şubat,1993.
16. Önsel,L. ve Eltutar,Z., 3.Float Fırınına ilişkin Fiziksel Model Çalışması, Rap.No.442,Mart,1994.
17. Önsel,L. ve Eltutar,Z., TR I.Float Fırınında Kademeli Taban Uygulamasına ilişkin Fiziksel Model Çalışması , Rap.No.455, Ekim,1994.
18. Eltutar,Z. ve Önsel,L., TR-1 No'lu Fırın Dinlendirme Bölgesi Tabanının Yükseltilmesine ilişkin Fiziksel Model Çalışması , Rap.No.469,Şubat,1995.
19. Enerji Grubu, Fırın Atmosferi Modeli , Rap.No.259, Haziran,1988.
20. Önsel,L. ve Eltutar,Z , Fiziksel Model Uygulamalarının Matematiksel Modele Uyarlanması (AG 80.02), Eylül,1996, Rap.No:505.
21. Önsel,L. ve Eltutar,Z., "The Use of Physical Modelling for the Verification of the Mathematical Model of a Glass Furnace", ICG Uluslararası Cam Problemleri Sempozyumu,Istanbul,Eylül,1996.



22. Ugan,A. ve Viskanta,R., "3-Dim. Numerical Modeling of Circulation and Heat Transfer in a Glass Melting Tank. Part 1.Mathematical Simulation", Glastech. Ber.Vol.60,s.71,1986.
23. Ugan,A. ve Viskanta,R., "Effect of Air Bubbling on Circulation and Heat Transfer in a Glass Melting Tank", J.Am.Ceram.Soc.,Vol.69,s.382,1986.
24. Ugan,A. ve Viskanta,R., "3-Dim.Numerical Simulation of Circulation and Heat Transfer in an Electrically Boosted Glass Melting Tank",IEEE Trans. on Ind. Appl.,Vol.IA-22, s.922,1986.
25. Balkanlı.B. ve Ugan,A., "Numerical Simulation of Bubble Behavior in Glass Melting Tanks. Part 4.Dissolved Gas Concentrations", Glass Technol.,Vol 37,1996.
26. Ugan,A.,Paylı,R.U. ve Balkanlı,B., "Numerical Model of Polydispersed Silica Grain Dissolution on Glass Melting Furnaces ",J.Am.Ceram.Soc.,Vol.77, s.1921,1994.
27. Ugan,A., "Numerical Simulation of Glass Melting Furnaces, A Review", ICG Uluslararası Cam Problemleri Sempozyumu,İstanbul,Eylül,1996.
28. Patankar.S.V.,Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, McGraw Hill Pub.Co.,1980.
29. Eltutar,Z.ve Önsel,L., "Cam Ambalaj Fırınlarında Elektrik Takviye Uygulamalarının Modellenmesi" ,12. Cam Problemleri Sempozyumu, İstanbul, 1997.
30. Önsel, L. ve Eltutar,Z., "Modelling of a Container Furnace for Electric Boosting Evaluations", 4 üncü Uluslararası Cam Ergitmede Matematiksel Modelleme Semineri, Vsetin, Çek Cumhuriyeti,1997.
31. Önsel, L. ve Eltutar,Z., Elektrikli Opal Cam Pilot Fırını Matematiksel Modelleme Çalışması, Rap.No:526,Aralık,1997.
32. Kayakol,N.,Önsel,L.,Eltutar,Z.,ve Ugan,A., "Coupling of Thermal Fields in Cold Top Electric Furnaces", 18 inci Uluslararası Cam Kongresi, San Francisco,1998.

# OXY-FUEL YAKMANIN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ

**Levent Kaya**

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

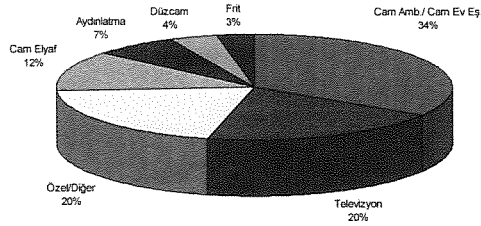
90'lı yılların sonuna yaklaşırken cam üreticileri, yoğun rekabet koşullarında pazar paylarını artırmak için eritme maliyetlerini aşağıya çekme çabası içine girmektedirler. Bu yönde etkin teknoloji arayışları sürerken, bir taraftan da artan çevre duyarlılığı, cam üreticilerini pahalı ve geri ödemesi olmayan çevre yatırımları yapmaya zorlamaktadır.

Çok yeni bir teknoloji olmamasına rağmen oksijenli yakma, özellikle 90'lı yılların başından itibaren eritme maliyetlerinin düşürülmesi ve çevre açısından getirdiği avantajlarının ışığında artan oranda uygulanmaya başlanmıştır. Bu dönem zarfında, oksijen üretim teknolojisinde kaydedilen büyük gelişmeler paralelinde, oksijen üretim maliyeti önemli oranda düşüş göstermiş ve bu teknolojiye geçişi hızlandıran bir katalizör olmuştur.

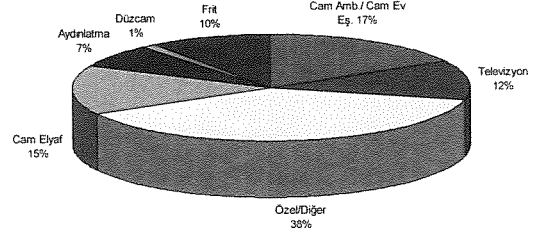
Önceleri, özel camların eritildiği küçük ve verimsiz fırınlarda başlayan oksijenli yakma uygulaması, zaman içinde diğer sektörlerdeki orta ve büyük ölçekli fırınlara yaygınlaştırılmış ve bulunduğumuz yıl içinde, bir oxy/fuel float fırınının da devreye girmesi ile bu alanda önemli bir kilometre taşı geçilmiştir. Günümüz itibariyle, çeşitli sektörlerdeki oksijen yakmalı fırınlarda eritilen toplam cam miktarı 19,000 ton/gün'lük bir kapasiteye ulaşmıştır.

Dünyadaki toplam üretimin %10'nuna yakın bir oran oluşturan bu miktarın sektörel bazdaki dağılımı ve fırın paylaşımları aşağıdaki grafiklerde verilmektedir,

**Kapasite Paylaşımları**



**Fırın Paylaşımları**



**Şekil 1: Oxy-Fuel Fırınlara Kapasite Paylaşımları**

**Şekil 2: Oxy-Fuel Fırınlara Fırın Paylaşımları**

Görüldüğü gibi, daha ziyade büyük boyuttaki fırınlardan oluşan cam ambalaj ve cam ev eşyası sektörleri, toplam üretimde en büyük oranı teşkil etmektedir. Fırın dağılımları açısından bakıldığında, çok sayıda ancak küçük kapasiteli fırının, borosilikat camların da yer aldığı özel camlar sınıfında toplandığı gözlenmektedir. Cam elyaf ve televizyon sektörleri genelinde, oksijenli yakmanın önemi diğerlerine göre daha ön plana çıkmaktadır. Halen dünyada üretilen toplam cam elyafın % 20'sini aşan bir kısmı oxy/fuel fırınlarda eritilmektedir. Oxy/fuel teknolojisi kullanılarak eritilen televizyon camı üretiminin genel toplamdaki payı ise, son dönem itibariyle % 40 gibi önemli bir seviyeye yükselmiştir.

% 100 oksijen yakmalı fırınlar, genelde iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Bunlardan ilkinde, konvansiyonel yakmaya göre tasarımı yapılmış fırınlar kampanya içerisinde oksijenli yakmaya dönüştürülmektedir. Özellikle rejeneratif fırınlardaki dönüştürmelerde, konvansiyonel beklerin yerine, oxy/fuel bekler yerleştirilmekte ve yanma gazlarının egzostu için doghouse tarafındaki bir yada iki port açık bırakılarak, diğerleri kapatılmaktadır. "Green Field" olarak tabir edilen yeni fırınlar ise, tamamiyle oksijenli yakma kriterlerine göre yeniden dizayn edilmektedir. Dünya genelindeki Oxy/fuel fırınların büyük bir bölümü bu tip dönüştürülmüş fırınlardan oluşmakta ve bunların

da önemli bir kısmı Amerika Birleşik Devletlerinde bulunmaktadır.

Herhangi bir konvansiyonel yakma sisteminden oksijenli yakmaya geçişte, aşağıda belirtilen avantajlar sağlanmaktadır.

- Azotun eliminasyonu ile duyulur ısı kayıplarının azalması, bunun sonucunda rejeneratör yada rekürperatör gibi ve ısı geri kazanım sistemlerine gerek kalmaması,
- Yanma verimin konvansiyonel sistemlerden daha yüksek olması, bu nedenle daha az enerji tüketimi,
- Yanma ortamına azot girmedığı için, NOX emisyonlarının önemli oranda azalması, ayrıca fırın içindeki gaz sirkülasyon hızının düşük olması nedeniyle, katı partikül uçuşmasının önlenmesi,
- Cam kalitesinin iyileşmesi,
- Özellikle kampanya dönemi içinde dönüştürülen fırınlarda kapasite artışı sağlanması,

Günümüzde en yaygın eritme sistemi olan rejeneratif fırınların orijini 140 yıl öncesine dayanmaktadır. Genel konsept olarak fazla değişme uğramasına karşın, zaman içinde tasarım kriterlerinde yapılan iyileştirme ve refrakter malzeme kalitesindeki gelişmelere bağlı olarak rejeneratif fırınların enerji performansları önemli ölçüde artmıştır. Özellikle 1960'lı yılların başından günümüze kadar olan dönemde, rejeneratif fırınların birim enerji tüketimleri % 50 oranında azalmış ve bu halyle, günümüz eritme sistemleri içinde en düşük enerji maliyetine sahip bir sistem haline gelmiştir.

Ancak bu noktaya gelirken, fırın enerji performansı üzerinde önemli etkisi olan rejeneratörlerin dolgu hacimlerinin büyümesi ve buralarda daha kaliteli ve pahalı malzemelerin kullanılması, rejeneratör maliyetlerini de önemli oranda artırmıştır. Günümüzde, fırınların arkadan ya da yandan ateşleme şekline bağlı olarak, rejeneratörlerin toplam fırın yatırımındaki payı %30-40 seviyelerine kadar yükselmiştir. Bu bakımdan, fırınların ilk yatırımında bu derece önemli bir yer tutan rejeneratörlerin eliminasyonu, özellikle büyük fırınlar için önemli bir kapital tasarrufu sağlama imkanı vermektedir. Ancak çalışan fırınlardaki dönüştürmelerde, herhangi bir kapital tasarrufu sağlanması söz konusu olmamakta, sadece bunun haricindeki, enerji tasarrufu, NOX azaltma gibi oksijenli yakmanın diğer avantajlarından faydalanılmaktadır.

Bunun ötesinde, yanma gazı miktarının konvansiyonel sistemlere göre çok daha az olması, egzost portları ve baca gazı kanallarının boyutlarını % 70-80 oranında küçültmekte ve bu şekilde malzeme tasarrufu yapılabilmektedir. Çok sayıda portun olduğu yandan ateşleme durumuna göre, yapılacak tasarruf miktarı daha da büyükmektedir. Ayrıca, oxy/fuel fırında çevrimsel yanma olmadığı için herhangi bir enversiyon sistemine gerek olmamaktadır.

Havanın hacimsel bazda % 79'nu teşkil eden azot, yanma sonucu salıverilen ısı enerjisinin önemli bir bölümünü absoblayarak, duyulur ısı şeklinde sistem dışına taşımaktadır. Oksijenli yakmada ise, azotun neden olduğu duyulur ısı kayıpları minimize edildiği için, yakma haznesi içindeki kullanılabilir enerji miktarı artmaktadır. Bu şekilde, aynı miktar camın eritilmesi için gerekli enerji miktarı, konvansiyonel sistemlere göre daha düşük olmaktadır.

Oksijenli yakma ile verimli bir rejeneratif fırına göre % 15-20 seviyesinde bir enerji tasarrufu yapılabilmektedir. Ancak, oksijen maliyetinin de hesaba katılması durumunda, oksijenli yakma bu tip fırınlara göre net eritme maliyeti açısından bir avantaj getirmemektedir. Duyulur ısı kayıplarının daha fazla olduğu reküperatif sistemlere göre sağlanacak enerji tasarrufu ise % 40-45 seviyelerine kadar yükselmektedir. Herhangi bir ısı geri kazanım sistemi olmayan, daha ziyade özel camların yapıldığı direk ateşlemeli fırınlarda % 70 seviyelerine kadar bir enerji tasarrufu sağlanabilmekte, bu nedenle yakıt tasarrufu amacıyla oksijenli yakmaya geçişler, daha çok bu tip fırınlar özelinde olmaktadır.

Oksijenli yakmada, oksitleyici ortam olarak hava kullanılmadığı için, NOX miktarı önemli oranda azalmaktadır. 1980'li yılların sonuna doğru salt NOX miktarının düşürülmesi amacıyla oksijenli yakma teknolojisine geçiş, daha ziyade Amerika'daki çalışan fırınlara uygulanmıştır. O dönemde, konvansiyonel fırınlardaki NOX emisyonlarının azaltılmasına yönelik amonyak enjeksiyonlu proseslerinin gerek ilk yatırım, gerekse işletme maliyetlerinin yüksek oluşu nedeniyle, çalışan fırınların bu şekilde oxy/fuel yakmaya dönüştürülmesi daha maliyet-etkin bir çözüm olarak görünmüştür. Günümüzde ise, çok düşük bir kapital yatırım gerektiren denox prosesleri olmasına karşın, NOX azaltılması gibi belli bir spesifik amaç doğrultusunda yapılan yeni oxy/fuel fırınlar, özellikle kapital tasarrufu başta olmak üzere, diğer tüm avantajları da beraberinde getirdikleri için, bu tip alternatif denox proseslerine göre maliyet-etkin üstünlüklerini muhafaza etmektedirler. Özellikle, 3R ve Sentetik Hava gibi prosesler, konvansiyonel fırınların orijinal yapısına uygun olarak geliştirilmiş sistemler oldukları için, cam üreticisine herhangi bir ilk yatırım muafiyeti getirmemektedir.

Oksijenli yakmada, yakma haznesi içindeki gaz sirkülasyonunun daha yavaş olması nedeniyle katı partikül tozuması azalmaktadır. Ancak, camdan buharlaşan ve bacaya kadar soğuma süreci içinde oluşan toz şeklindeki depositlerin miktarlarında fazla bir değişim olmamaktadır. Bunun ötesinde, baca gazı miktarının konvansiyonel sistemlere göre daha az olması, kullanılacak filtrenin boyutlarını küçültmekte ve bu yönüyle de bir tasarruf sağlanabilmektedir.

Oxy/fuel fırınlarda daha kontrollü bir yanma ve etkin ısı transferi, ergitme şartlarının kararlı bir seviyede tutulmasını kolaylaştırmaktadır. Özellikle kalite kriterleri çok dar limitler içinde olan televizyon ve cam elyaf sektörlerinde, oksijenli yanma ile cam kalitesinin artırılması, diğer sağlanacak avantajlar arasında daha ön plana çıkmaktadır. Diğer taraftan, oxy/fuel yakmaya cam kalitesi güdümünde yapılan geçişler, özel camların eritildiği küçük fırınlarda oldukça yaygındır. Yanma atmosferinden cam içine çözünerek geçen suyun, camın viskozitesini düşürücü yönde etki yapacağı, bunun da afinyasyon ve şekillendirme kademelerinde avantaj sağlayabileceği, deneysel çalışmalar sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, cama geçen atmosfer suyunun, afinyasyon sırasında habbe içine kolaylıkla difüzleneren habbeyi büyüteceği ve bu şekilde habbenin cam yüzeyine çıkışını hızlandıracağı, modelleme çalışmaları ile ortaya konmaktadır.

Oxy/fuel fırınlarda, ısı aktarımının daha etkin olması sayesinde çekiş kapasitesi konvansiyonel fırınlara göre daha fazla olmaktadır. Rejeneratif fırınlara kıyasla, aynı eritme alanından % 10-20 oranında daha fazla çekiş sağlanabilmektedir. Direk ateşlemeli ünit-melter tipi fırınlara göre ise, kapasite artışı % 60 seviyelerine kadar çıkabilmektedir. Yeni kampanya döneminde, rejeneratif durumdaki kapasite aynı tutulmak istenirse, eritme alanını, dolayısıyla fırını % 10-20 oranında küçültüterek kapital tasarrufu yapma imkanı doğmaktadır. Ayrıca, rejeneratif bir fırındaki eritme alanının, yeni kampanya için öngörülen kapasite artışı doğrultusunda büyütülmesine, mevcut bina yerleşiminin izin vermediği durumda, oksijen yakmalı bir fırın ile rejeneratörlerin kapladığı alan kadar bir eritme alanı kazanılarak kapasite artışı sağlanabilmektedir.

Hava yakmalı konvansiyonel fırınlarda, kampanya sonlarında rejeneratör tıkanmalarının neden olduğu egzost problemleri nedeniyle eksik kalan yakma kapasitesi, kısmi oksijen takviyesi yapılarak değerlendirilmekte ve bu şekilde çekiş kampanya başındaki orijinal seviyesine getirilebilmektedir. Hava ve oxy/fuel yakmanın beraber olduğu bu tarz bir uygulama, son dönemlerde float fırınlarında artan oranda uygulanmaya başlamıştır. Söz konusu bu uygulamada, doghouse ve 1.port arasında, "0" pozisyonu olarak tabir edilen noktalara karşılıklı yerleştirilmiş oxy/fuel bekleri ile % 5-15 arasında bir çekiş artışı sağlanabilmektedir. Ayrıca, yoğun tıkanmalar nedeniyle istenilen miktarda yakıtın verilemediği 1.ve 2. portlar, bu noktalardan verilen yakıt ile ikame edilerek, çekişin orijinal seviyesine gelmesi sağlanabilmektedir. Bunun ötesinde, bu noktadan yakılan oxy/fuel bekler, harmanın erken kademelerde sinterleşmesini sağlayarak, üstyapıya olan tozmayı azaltmakta ve bu şekilde üstyapı akıntılarının neden olduğu hataları azaltıcı bir rol oynamaktadır.

Oksijenli yakmanın ekonomik olabirliğini tayin eden en önemli faktör, kullanılan oksijenin maliyetidir. Oksijenli yakmada, konvansiyonel sistemlere göre daha az yakıt tüketilmesine rağmen, yanma için kullanılan oksijen önemli bir maliyet yükü getirmekte ve net bazdaki enerji maliyetini artırmaktadır. Önceleri, oksijen maliyetinin yüksek oluşu nedeniyle, cam üreticisinin karşısında pahalı bir alternatif olarak gözüken oksijenle yakma, oksijen üretim teknolojisinde son 10 yılda kaydedilen büyük gelişme paralelinde, diğer alternatif eritme sistemlerine karşı rekabet gücünü önemli oranda artırmıştır. Özellikle küçük ve orta ölçekli tüketimler için geliştirilen moleküler elek presibine dayalı sistemlerle üretilen oksijenin maliyeti, elek malzemesindeki geliştirmeler ve proses optimizasyonları sonucunda, 90'lı yılların başına göre % 40 gibi önemli seviyede bir azalma göstermiştir. Yerinde üretime dayalı olan ve günümüzde yaygın olarak kullanılan oksijen üretim sistemlerinin özellikleri, aşağıdaki tabloda(1) verilmektedir.

**Tablo 1: Oksijen Üretim Sistemlerinin Özellikleri**

	Üretim Aralığı ton/gün	Oksijen Safiyeti %	Basınç Barg	Enerji tüketimi kwh/nm <sup>3</sup>
PSA	0.5-50	90-95	1-3	0.65
VSA	20-100	90-93	0.14-0.35	0.37
KRİYOJENİK	70-200	90-98	0.35-15	0.4

Havanın kompresör ile sıkıştırılarak moleküler eleklerden geçirildiği PSA sistemleri, daha ziyade küçük ve ortaya yakın kapasiteler için uygun olmaktadır. Kompresör yerine, basınçlandırma ve rejenerasyon işlemleri için üfleyicilerin kullandığı VSA sistemleri, düşük enerji tüketimleri nedeniyle, elektriğin pahalı olduğu durumlar için en uygun çözüm olarak gözükmektedir. Basınç ve oksijen safiyeti konularında daha esnek olan kriyojenik üretim sistemleri ise, yüksek kapasitelerde üretim yapan sistemlerdir. Kriyojenik sistemlerde ayrıca, yan ürün olarak elde edilen azotun basınçlı ortam ya da diğer başka amaçlar için değerlendirilmesi olanağı bulunmaktadır.

Tabloda yer almayan diğer bir tedarik şekli ise, supply-scheme olarak isimlendirilen yerinde tedarik yöntemidir. Bu sistemde, tedarikçi firma kullanıcının arazisinde kiralandığı bir alanda ürettiği oksijeni doğrudan kullanıcının prosesine kesiksiz olarak beslemektedir. Bu tarz bir tedarik şeklinde, oksijenin kullanıcıya olan maliyeti USD 0.07-0.1/nm<sup>3</sup> olmaktadır. Ülkemizdeki elektrik fiyatlarına göre hesaplanmış birim maliyetler açısından, bu tip tedarik yönteminin yerinde üretim sistemleri ile karşılaştırması aşağıdaki tabloda yapılmaktadır.

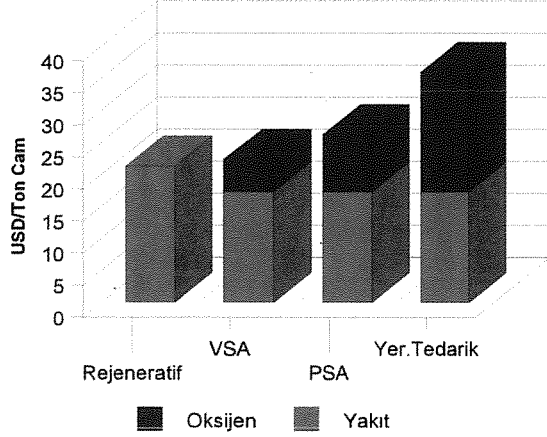
**Tablo 2: Oksijen Üretim Maliyetleri**

	Oksijen Maliyeti, USD/nm <sup>3</sup>
PSA	0.046*
VSA	0.026*
KRİYOJENİK	0.028*
YERİNDE TEDARİK	0.07-0.1

\* amortismanı içermeyen değerlerdir.

Görüldüğü gibi, yerinde tedarik yöntemi ile üretilen oksijenin kullanıcıya olan maliyeti, yerinde üretim sistemlerinin en ucuzu olan VSA'ya göre 4 katına varan oranda daha pahalı olmaktadır. Ancak böyle bir tedarik şeklinde, kullanıcı tesis ilk yatırımından muaf olmaktadır.

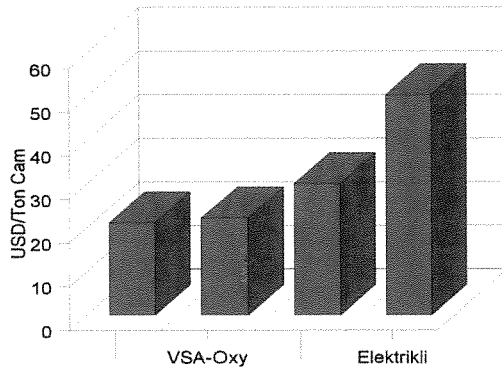
Söz konusu oksijen tedarik yöntemlerinin ton cam başına getirdiği maliyet açısından, baz durumu ifade eden rejeneratif bir fırın ile karşılaştırması aşağıdaki grafikte yapılmaktadır,



**Şekil 3: Eritme Maliyetleri**

Görüldüğü gibi, günümüzdeki tedarik yöntemlerinden sadece VSA sistemi ile üretilen oksijenin kullanıldığı durumdaki eritme maliyeti, rejeneratif fırındaki seviyeye çok yaklaşmaktadır. Kullanıcıyı, herhangi bir oksijen üretim tesisi yatırımından muaf etmesine karşın, yerinde tedarik yöntemi ile sağlanan oksijenin maliyeti diğerlerine göre daha yüksek olmaktadır.

VSA sistemi ile üretilen oksijen maliyetinin de dahil olduğu oksijen yakmalı bir fırının, güncel eritme sistemleri içindeki durumu ise aşağıdaki grafikte verilmektedir.



**Şekil 4: Alternatif Sistemler Eritme Maliyetleri**

Oksijen yakmalı fırınların net eritme maliyeti, rejeneratif fırınların biraz üzerinde olmasına karşın, duyulur ısı kayıplarının fazla olduğu reküperatif sistemlere göre daha aşağıda kalmaktadır. Isının cama en etkin bir şekilde aktarıldığı elektrikle eritmenin maliyeti ise, kullanılan elektriğin en pahalı enerji türü oluşu nedeniyle, oksijenli yakmaya göre çok daha yüksektir. Fırınlarda elektrik takviyesinin, kapasite artırımından ziyade, proses iyileştirici bir amaç doğrultusunda uygulandığı durumlarda, bir kısım elektriğin üstten verilen oxy/fuel enerjisi ile ikame edilmesi, eritme maliyetlerinin düşürülmesi açısından bir avantaj getirmektedir. Keza, Kırklareli'de bulunan oksijen yakmalı PK-E fırınında, bir önceki kampanyaya göre yarıyı aşan oranda daha az elektrik kullanılması ile net eritme maliyetinde % 40 oranında bir düşme sağlanmıştır.



# REJENERATÖRLERDE KULLANILAN REFRAKTER MALZEMELERİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

**Dr. M. Hakan Sesigür**

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü

**Suat Bozkurt**

Anadolu Cam Sanayii A.Ş.

## ÖZET

Son dönemlerde rejeneratör hedef ve ara duvarlarında yaşanan refrakter korozyonu ve dökülmeler sorunu, alternatif malzemelerin gerçek fırın şartlarında denenmesi gereğini doğurmuştur. Bu çalışmada söz konusu amaca yönelik yapılan testlerin ilk grubu olan manyezit ve zirkon-magnezit esaslı refrakter malzemelerden elde edilen sonuçlar verilmektedir.

## GİRİŞ

Cam fırını rejeneratörlerindeki bazik tuğlalar üzerinde yapılan incelemelerde; rejeneratör üst kısımlarındaki tuğlaların zaman içerisinde  $\text{SiO}_2$  'e doyduğunu ve bazı durumlarda "silika patlaması" olarak adlandırılan magnezit malzemenin parçalanmasına ve forsterit oluşumuna neden olduğu gözlenmiştir. Elloy, Joupain ve Plumet, silika tozları tarafından yapılan korozyonun çok hızlı olduğu, düşük ergime dereceli magnezyum silikatların oluştuğu ve bunların yavaş yavaş periklas taneciklerini emdiğini ileri sürmüşlerdir [1].

Magnezit refrakterlerde oluşabilecek muhtemel reaksiyonlar; [2]

- $\text{MgO}$  tanecikleri tozuma ile gelen  $\text{SiO}_2$  ile reaksiyona girerek forsterit ( $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ) oluşumu,
- $\text{CaO}/\text{MgO}$  tane sınırında tozuma ile gelen  $\text{SiO}_2$  düşük sıcaklıkta ergiyen Merwinite ( $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ,  $T_f=1570^\circ\text{C}$ ) yada Monticellite ( $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $T_f=1490^\circ\text{C}$ ) oluşumu,
- $\text{CaO}/\text{MgO}$  tane sınırında fuel-oil kaynaklı  $\text{V}_2\text{O}_5$ ' in reaksiyonu sonucu düşük ergime sıcaklığına sahip Ca-vanadat oluşumu,
- $\text{MgO}$  ve  $\text{CaO}$ 'in  $\text{SO}_2$  ile reaksiyona girmesi ile sülfat oluşumu olarak sıralanabilir.

Magnezit refrakterlerde meydana gelebilecek bu muhtemel reaksiyonlardan korunmak amacı ile geliştirilen Magnezit-Zirkon refrakterlerde, Periklas ( $\text{MgO}$ ) tanesinin etrafında Forsterit+ $\text{ZrO}_2$  bir kılıf yaratılmış ve bu sayede tozuma ile gelen  $\text{SiO}_2$ ' nin tane ile reaksiyonu engellenmeye çalışılmıştır.[2]

Anadolu Cam Sanayi A.Ş.' de 1994 yılında devreye alınan 20 numaralı fırında gözlenen ve daha sonra 1997 Ocak ve Mayıs aylarında devreye alınan 30 ve 10 nolu fırınlarda da tesbit edilen rejeneratör kemer ve duvarlarındaki bazik refrakterlerde yaşanan dökülmelerin nedenlerinin araştırılması doğrultusunda yapılan ilk çalışmalarda; refrakterlerin harman tozumasından kaynaklanan silikaca zengin bir atmosfere maruz kaldığı ve bünyede bulunan periklasın  $\text{SiO}_2$  ile reaksiyona girerek forsterite dönüştüğü ve bunun neticesinde yaklaşık 2 cm kalınlığında parçalar halinde dökülmeler gözlenmiştir. Her üç fırının rejeneratörlerinden toplanan bu örneklerin XRF analiz sonuçlarında orijinal yapıdaki %0.8  $\text{SiO}_2$  oranının %6-10 miktarına yükseldiği saptanmıştır. [3]

Ayrıca daha önce kullanılan ve böyle bir sorunun yaşanmadığı Radex SG ile soruna neden olan ANKER DG 1 isimli refrakter malzemeler, katalog değerleri olarak birbirlerine çok yakın olmakla beraber, yapılan optik mikroskop incelemelerinde, mikroyapı olarak birbirlerinden farklı olduğu saptanmıştır. [3]

## DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Farklı tür refrakter malzemelerin gerçek fırın şartlarındaki davranışlarının incelenmesi amacı ile Tablo 1 de, katalog değerleri verilen Vicher Radex firmasına ait ANKER DG 1, ANKER DG 1, RUBİNAL VZ, ANKRIT ZG 20, RADEX firmasına ait Radex SG ve HEPWORTH firmasına ait CONTEX 100 isimli tuğlalar Anadolu Cam Sanayii A.Ş. 20 nolu fırın rejeneratör, hedef duvarındaki gözetleme deliğinde 1 ay süre ile güncel fırın şartlarına maruz bırakılmıştır.

**Tablo 1: Deneye tabii tutulan refrakter malzemelerin katalog değerleri.**

	MgO	SiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>	Porozite %	Soğukta Basma Dayanımı N / mm <sup>2</sup>
<b>ANKER DG 1</b>	98	0.4		0.1	0.1	1.5	2.96	<17	>30
<b>RADEX SG</b>	96	1.0		0.1	0.5	2.0	2.85-3.0	15-19	>30
<b>ANKER DG 10</b>	97	0.6		0.1	0.2	1.9	3.03	15	60
<b>CONTEX 100</b>	97.5	0.4		0.2	0.4	0.9	2.96	16	50
<b>RUBİNAL VZ</b>	78	8.0	12.5	0.3	0.4		3.21	11	130
<b>ANKRIT-ZG 20</b>	75	10.0	13.0	0.2	0.2	1.3	3.07	16	>50

Deneylerin yapıldığı dönemde fırın gerçek şartları ise ortalama değerler olarak; Tablo 2'de verilmektedir.

**Tablo 2: Deney boyunca fırının ölçülen değerleri.**

	Ağustos'97	Eylül'97
Çekiş (ton/ay)	6914	6954
Birim alanda çekiş (ton/m <sup>2</sup> gün)	2.69	2.80
Kapasite kullanımı	0.97	1.00
Rejeneratör Sıcaklığı (°C)	1300-1370	1295-1365
Nem (%)	3.3	3.3
Oksijen	3	3

Bir ayın sonunda fırından alınan tuğlalar gaz temas yüzeylerinden içeri doğru 1 cm' lik dilimler halinde kesilerek XRF ile analizlenmiştir.

## DENEY SONUÇLARI:

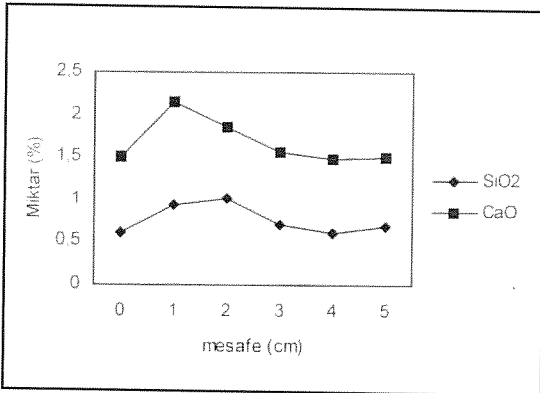
Numunelerin SiO<sub>2</sub> ve CaO içeriklerindeki değişim Tablo 3 ile Şekil 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmektedir.

**Tablo 3: Numunelerin SiO<sub>2</sub> ve CaO içeriklerindeki değişim**

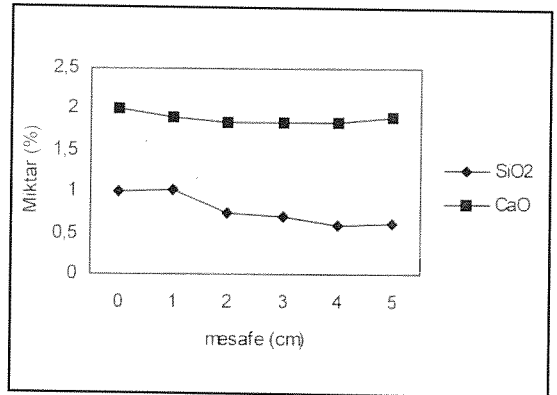
Bileşen	Anker DG1		Radex SG		Anker DG10		CONTEX 100		RUBİNAL VZ		ANKRİT ZG 20	
	SiO <sub>2</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	CaO
Orjinal Tuğla	0.6	1.5	1	2.00	0.6	1.9	0.4	0.9	8	0.63	10	1.3
1	0.93	2.14	1.02	1.90	0.82	1.89	0.76	1.15	8.12	0.63	9.21	0.95
2	1.02	1.86	0.75	1.84	0.69	1.87	0.84	1.13	7.76	0.63	9.15	0.96
3	0.71	1.57	0.71	1.84	0.86	1.89	0.71	1.15	7.92	0.64	9.44	0.93
4	0.61	1.49	0.6	1.84	0.77	2.08	0.73	1.07	7.81	0.63	8.75	0.93
5	0.68	1.5	0.61	1.91	0.75	1.81	0.74	1.1	7.79	0.68	8.81	0.91

Tablo 3 ve şekillerin incelenmesinden de görülebileceği gibi ANKER DG1, ANKER DG 10 ve CONTEX 100 isimli refrakter malzemelerde rejeneratör içerisinde alevin temas ettiği aktif yüzeyden itibaren ilk iki santimlik kısımda SiO<sub>2</sub> ve CaO konsantrasyonlarındaki artış maksimum düzeye ulaşmıştır. Örneğin, ANKER DG 1' de SiO<sub>2</sub> oranındaki artış % 70 iken, CONTEX 100' de %110 mertebesine kadar çıkmaktadır. RADEX SG, RUBİNAL VZ ve ANKRİT ZG 20 incelendiğinde, deney sonrası incelenen değerlerin katalog değerlerinin altında kalması, verilen katalog değerlerin geniş bir tolerans içerisinde olduğu düşündürmektedir. Bu tuğlalardaki konsantrasyon değişikliğinin oransal hesaplaması 5 nolu numune dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonunda RADEX SG' de ilk bir santimlik bölgede %67' lik bir SiO<sub>2</sub> artışı, saptanırken, RUBİNAL VZ ve ANKRİT ZG 20' de bu artış %4 mertebesinde kalmıştır.

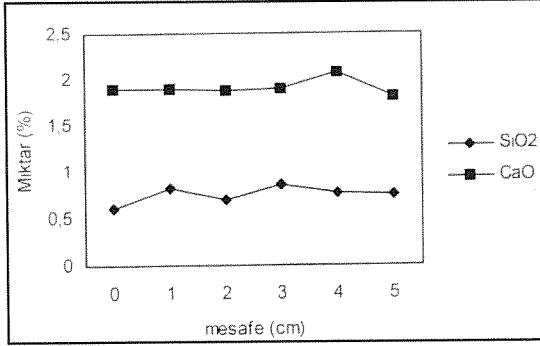
Benzer bir karşılaştırma CaO açısından yapıldığında, yine en çok penetrasyonun %42.7 ile ANKER DG1' de olduğu saptanmıştır. CONTEX 100' de de %28' lik bir CaO penetrasyonu gözlenmektedir. Bunlara karşılık RADEX SG, ANKER DG 10 ve RUBİNAL VZ' de ise CaO konsantrasyonu açısından bir değişiklik gözlenmemiştir. Tablodan alınan değerler ile oluşturulan grafiklerde tuğlalardaki SiO<sub>2</sub> ve CaO değişimleri verilmektedir.(Şekil 1-6)



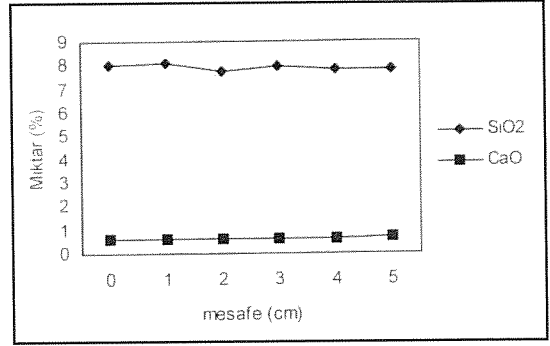
**Şekil 1: ANKER DG 1'e ait SiO<sub>2</sub> ve CaO değişimleri**



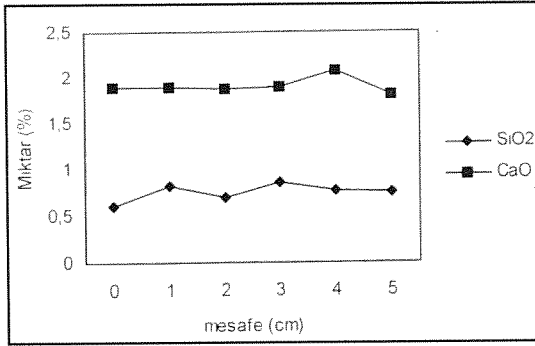
**Şekil 2: RADEX SG' ye ait SiO<sub>2</sub> ve CaO değişimleri**



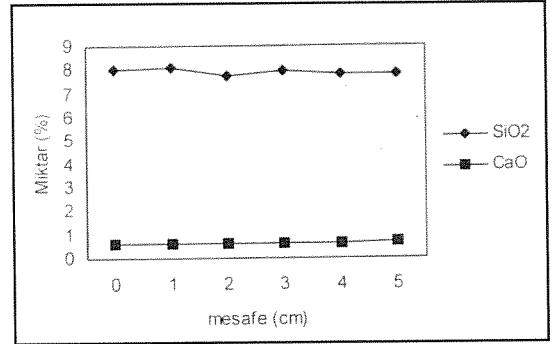
Şekil 3: ANKER DG 10'a ait SiO<sub>2</sub> ve CaO değişimleri



Şekil 4: RUBINAL VZ'e ait SiO<sub>2</sub> ve CaO değişimleri



Şekil 5: CONTEX 100 'e ait SiO<sub>2</sub> ve CaO değişimleri



Şekil 6: ANKRIT ZG ' ye ait SiO<sub>2</sub> ve CaO değişimleri

## SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Rejeneratör refrakterlerinin gerçek fırın koşullarında denenmesine yönelik olarak sürdürülen çalışmaların ilk adımı olan magnezit ve magnezit-zirkon refrakterlerde gerçekleştirilen bir aylık deney sonuçları, magnezit refrakterlerin bir aylık sürede bile SiO<sub>2</sub> ve CaO içeriklerinin, orjinal değerlerinin çok üzerine çıktığını göstermiştir. Buna karşılık magnezit zirkon refrakterlerde bünyede bulunan ZrO<sub>2</sub>'nin SiO<sub>2</sub> ve CaO ile reaksiyon ürününün ZrO<sub>2</sub> kristal yapısında bir katı eriyik olması nedeni ile genişleme farkı yaratmaması ve bu özelliğin yaklaşık %10 SiO<sub>2</sub> çözünürlüğüne kadar korunması bu tür refrakterlerin ağır silika tozumasına maruz ortamlara daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır.[4]

Bu çalışmada elde edilen bulgular manyezit zirkon refrakterlerin Anadolu Cam Sanayii A.Ş. 20 numaralı fırın şartları için daha uygun olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- 1- "REVIEW OF THE LITERATURE ON THE PROBLEMS OF GLASS FURNACAE REGENERATORS", International Commission on Glass, 1975
- 2-"MAGNESIA-ZIRCON Rubinal EZ and Rubinal VZ from DIDIER" SEPR Regenerator Department
- 3-"Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Rejeneratör Hedef Duvarları'nda Kullanılan Manyezit Refrakterlerin incelenmesi" Mikroanaliz Grubu Raporu, Rapor No:640/4
- 4-"Phase Diagrams for Chemists", The American Ceramic Soc. Vol.1, 1964

# YEŞİL RENKLİ DÜZCAM ÜRETİMİ

**Fehiman Akmaz**

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

**Ümit Özmerdiven ve Zeki Köşdere**

Trakya Cam San.A.Ş.

## 1. GİRİŞ

Trakya Cam Sanayii A.Ş. (TR) 1 no'lu fırınında 1998 yılında Ocak ayından başlamak üzere Nisan ayına kadar devam eden bir renkli cam kampanyası uygulanmıştır. Söz konusu kampanyadaki renkli üretim, açık yeşil, koyu yeşil, bronz ve füme sıralamasıyla yapılmıştır.

TR-1 no'lu fırının yeni kampanyasında,

- cam kalitesini artırmak
- renkli cam üretimini daha yüksek brüt çekişlerde yapmak
- renk geçiş sürelerini kısaltmak
- koyu yeşil renkli cam üretimlerini sorunsuz, daha uzun sürede üretmek amacıyla
  - fırın tabanına, kademe konularak boyun girişi cam derinliği 240 mm azaltılması ve
  - ergitme havuzuna besleme ağzına ve sıcak noktaya elektrik takviyesi uygulaması yapılmıştır.

Söz konusu tasarım değişikliği sayesinde yeşil camın üretilme imkanı doğmuştur.

Bu kapsamda, geçiş öncesinde TR-1'de ilk defa üretilen açık yeşil camın öncelikle redoks seviyesinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu dönemde TR-1'de koyu yeşil cam üretimi planlanmadığından, geçiş öncesinde yapılan deneysel çalışmalar koyu yeşil camı kapsamamıştır. Fakat daha sonra Trakya Cam Sanayii A.Ş. Otocam Fabrikası'nın acil talebi üzerine koyu yeşil rengin çok az da olsa üretimini söz konusu olmasıyla, açık yeşil geçişinden edinilen bilgiler de göz önüne alınarak çok az bir deneysel çalışma ile söz konusu rengin redoks seviyesi belirlenmiş ve buna göre açık yeşilden koyu yeşile renk geçiş programı hazırlanmıştır.

Bu bildiri TR-1'de ilk defa üretimi yapılan açık ve koyu yeşil renklere ait tüm deneysel çalışmalar ve üretim sırasında elde edilen tüm veriler özet bir şekilde aktarılmaktadır.

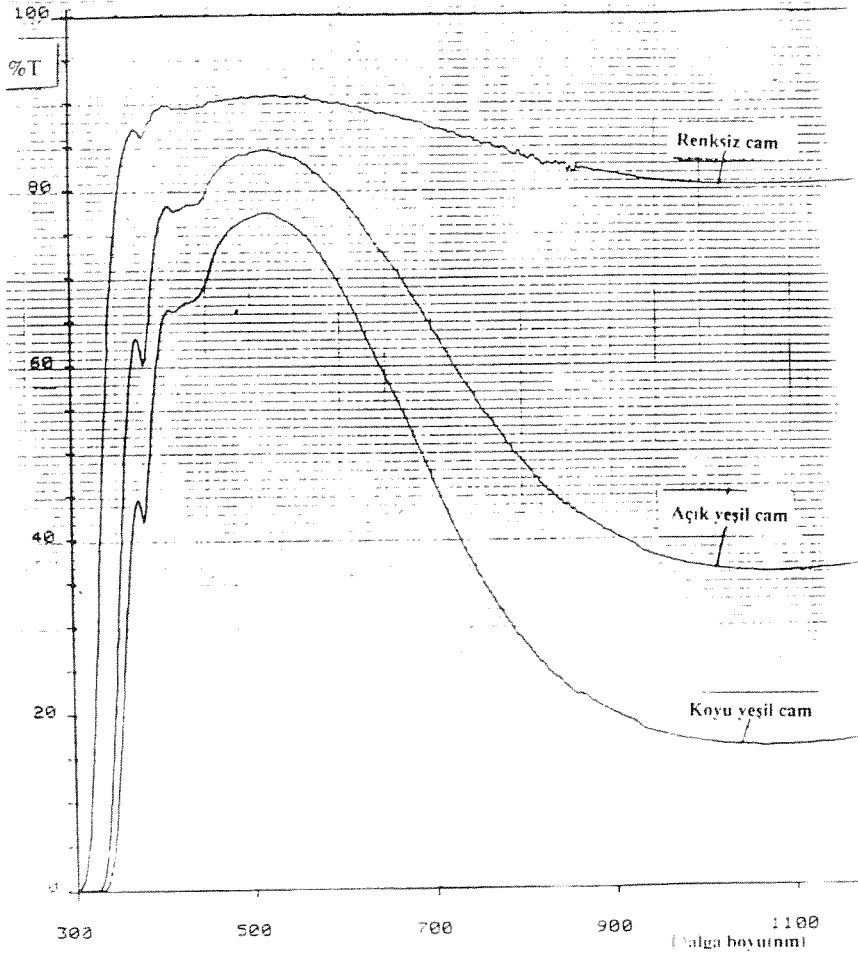
## 2. TEORİ

### 2.1 Yeşil Cam

Renkli düz camlar, görünür ve kızıl ötesi bölgelerdeki ışınları soğurma özelliğine sahip olmaları nedeni ile, bina içine giren ısı ve ışık miktarının dengelenmesi ve kontrolünde kullanılmaktadır. Renkli camlar, cam harmanına eser miktarda renk verici metal oksitler katılarak üretilirler. Güneş kontrol ve renk özellikleri, kullanılan metal oksitlerin cinsine miktarına ve cam kalınlığına bağlı olarak

değişir. Mimari uygulamalar için bu tip camlarda aranan özellik, güneş kontrolü fonksiyonuna ilaveten estetik etkilere. Otomotiv sektöründeki uygulamalarda ise, diğer bir kısıt camın ışık geçirgenliğidir. Uluslararası standartlarda ve TS 917 No'lu Türk standardında da belirtildiği üzere, motorlu taşıtlarda sürücünün görüş bölgelerine rastlayan camlanmış alanlarda (örneğin otomobiller için ön cam ve ön koltuğun sağ ve sol tarafındaki camlar) ışık geçirgenliği % 75'in altına düşmemelidir. Bu değer diğer camlanmış alanlar için %70 veya cam üzerinde belirtilmek şartı ile daha aşağı değerlerde de olabilmektedir. Dolayısı ile otomotiv sektöründe kullanılan düz camlara bu açıdan bakıldığında bu camların görünür bölgede ışık geçirgenliğinin yüksek, fakat güneş kontrol işlemini yapabilmesi için de yakın IR bölgede geçirgenliğinin düşük olması istenir.

Otomotiv sektöründe en çok kullanılan renkli camlar yeşil camlardır. Yeşil düz camlarda renk verici temel oksit olarak  $Fe_2O_3$  kullanılır ve kullanılan demir oksit miktarı genelde, açık yeşil camlarda %0.5-0.6 , koyu yeşil camlarda ise %0.9-1.1 civarındadır.

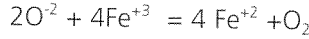


Şekil 1: Renksiz, açık ve koyu yeşil renkli camlara ait % geçirgenlik grafiği (Numune kalınlığı 3 mm)

Demir camda  $Fe^{+2}$  (ferrous) ve  $Fe^{+3}$  (ferric) formunda bulunur.  $Fe^{+2}$  cama mavi yeşil,  $Fe^{+3}$  sarı yeşil renk verir. Aynı konsantrasyonda olmak şartı ile  $Fe^{+2}$ 'nin kızıl ötesi bölgede 1050 nm dalga bo-

yunda merkezlenen absorpsiyonu  $Fe^{+3}$ 'ün absorpsiyonuna göre 10 kez daha fazladır. Bu absorpsiyon bandı görünür bölgede 500 nm dalga boyuna kadar devam eder ve güneş kontrol fonksiyonu sağlar.  $Fe^{+3}$  ise, görünür bölgede 440-430 ve 380 nm dalga boylarında merkezlenen ve mor ötesi bölgede devam eden absorpsiyon bandına sahiptir.

Şekilden de görüleceği üzere, yeşil otomotiv camların görünür bölgede ışık geçirgenliği (380-780nm) yüksek, güneş ışını geçirgenliği (350-2100 nm) düşüktür. Güneş ışını geçirgenliğinin düşük olması, başka bir deyişle, camın ışığı geçirip ısıyı geçirmemesi istendiğinde, kızıl ötesi bölgede absorpsiyon sağlamak için camdaki demirin  $Fe^{+2}$  formunda bulunması gerekir. Isı absorplayıcı camların ısı absorplama şiddeti  $Fe^{+2}$ 'nin konsantrasyonuna bağlıdır.  $Fe^{+2}$  konsantrasyonu, camın toplam  $Fe_2O_3$  miktarına ilave olarak camdaki  $Fe^{+2}/Fe^{+3}$  oranından da etkilenir. Bu oran ise, fırın atmosferi, ergime süresi, ergime sıcaklığı ve harmana ilave edilen indirgen ve yükseltgen maddelere bağlı olarak değişir.  $Fe^{+2}-Fe^{+3}$  dengesinde, ergime sıcaklığının artması ve oksijen kısmi basıncının azalması aşağıda da görüldüğü gibi  $Fe^{+2}$  lehine bir artış gösterir.



reaksiyonundan, denge sabiti aşağıdaki gibi hesaplanır. Burada da oksijenin kısmi basıncının ( $P_{O_2}$ ),  $Fe^{+2}/Fe^{+3}$  dengesine etkisi net olarak görülmektedir.

$$K = \frac{(Fe^{+2})^4}{(Fe^{+3})^4} \times P_{O_2} \quad P_{O_2} : \text{Oksijenin kısmi basıncı}$$

Camda  $Fe^{+2}$  formunu elde etmek için, yeşil camların indirgen şartlarda ergitilmesi gerekir. Genellikle karbon içeren indirgen maddeler ergimiş camda bulunan oksijen ile reaksiyona girerek, oksijenin kısmi basıncını azaltırlar. Bu nedenle, indirgen katkı malzemesi olarak kömür (karbon) çok sık kullanılmaktadır.

Yeşil cam üretimi  $Fe_2O_3$ 'e bağlı olarak işletme şartlarına bazı zorluklar getirmektedir. Demirin  $Fe^{+2}$  şekline dönüşen kısmının ısı absorpsiyonunun yüksek olması, fırındaki ergimiş camın alt tabakalarına ısı geçişini daha çok engellemesine, böylelikle cam yüzeyi ile derinlikleri arasında sıcaklık farkının artmasına sebep olmaktadır. Artan fark nedeniyle, çalışma havuzu başta olmak üzere, fırının çeşitli bölgelerinde camın tabanı aşırı derecede soğumakta, bundan dolayı ortaya çıkan kristallenme (devitrifikasyon) ve soğuk cam oluşumu, cam kalitesini etkilemektedir. İşletme şartlarının değiştirilmesi ile önlenemeyen sorunlar bu tip cam üretiminde, özel tasarımı fırınların yapısını zorunlu hale getirmektedir.

### 3. ÖN ÇALIŞMALAR

#### 3.1 Açık yeşil renkle ilgili çalışmalar

##### 3.1.1 Deneysel Şartların İşletme Şartlarına Uyarlanması

TR-1 fırınında yapılacak renk geçişleri için gerekli hesaplamalarda ve deneysel çalışmalarda kulla-

nılmak üzere, fırın redoks katsayısına laboratuvar şartlarında hangi redoks seviyesinde ulaşıldığını tespit etmek amacıyla bir dizi deneyel simülasyon çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmada, farklı redoks seviyelerinde hazırlanan renksiz cam harmanları ergitilerek camdaki  $Fe^{+2}$  miktarının toplam  $Fe_2O_3$ 'e olan oranı tespit edilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle eritilme deneylerinde camda kalan  $SO_3$  miktarının üretimde elde edilen camın  $SO_3$  miktarına eşit olabilmesi için deneyel cam harmanlarına ne kadar  $Na_2SO_4$  tartılması gerektiği incelenmiştir. Bu değer tespiti için farklı miktarda  $Na_2SO_4$  verecek şekilde hazırlanan harmanlar ergitilmiştir. TR-1 camında kalan  $SO_3$  miktarı kadar,  $SO_3$  veren deneyel sodyum sülfat tartımı belirlendikten sonra, benzer işlem kömür tartımları değiştirilerek yapılmış, farklı redoks seviyelerinde harmanlar ergitilerek camlarda spektrofotometrik ölçümle  $Fe^{+2}$  miktarı tayin edilmiştir.

### **$SO_3$ miktarı tespiti**

Deneyel eritilimler, Tablo 1'de verilen TR-1 cam kompozisyonu baz alınarak yapılmıştır. Farklı oranlarda (%0.22, %0.25 ve %0.28)  $SO_3$  verecek şekilde eritilen numunelerde, cam analizi, XRF spektrometresi ile yapılmış ve laboratuvar şartlarında yapılan eritilimlerde  $SO_3$  miktarında uçuculuktan dolayı değişiklik gözlenmemiştir. Böylelikle, 100gr cam verecek şekilde hazırlanan harmana 0.392 gr sodyum sülfat tartılarak camda, %0.22  $SO_3$  elde edilmiştir.

**Tablo 1: TR-1 Cam Kompozisyonu**

OKSİTLER	% Ağırlık
$SiO_2$	71.92
$Al_2O_3$	1.3
$Fe_2O_3$	0.093
$TiO_2$	0.154
CaO	8.35
MgO	4.17
$Na_2O$	13.73
$K_2O$	0.03
$SO_3$	0.22

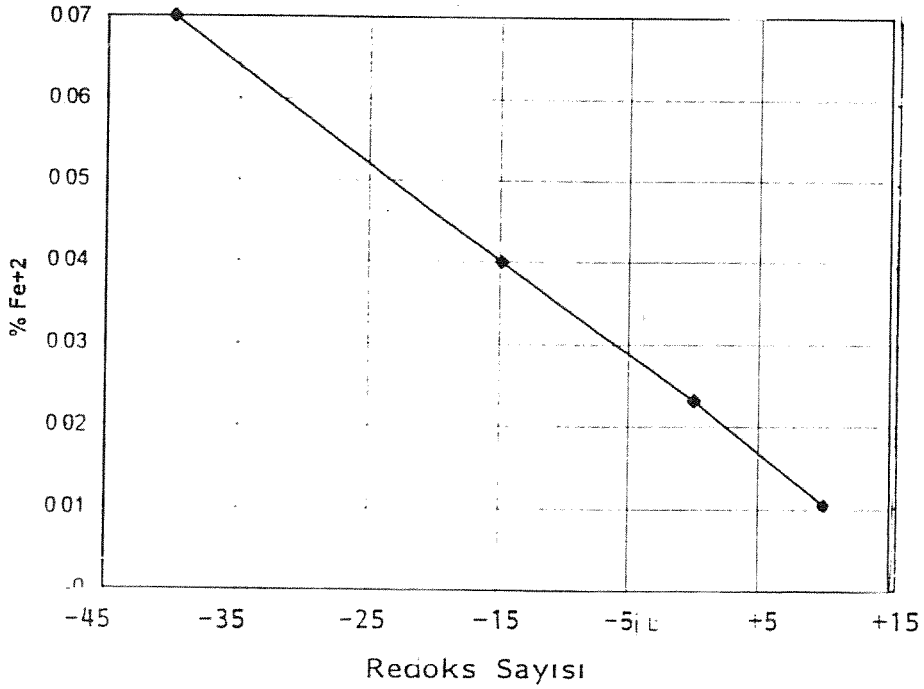
### **Redoks Sayısı Tespiti**

Deneyel eritilimlerde kullanılacak sodyum sülfat tartımı belli olduktan sonra, redoks seviyesinin tespiti için öncelikle harmana ilave edilecek kömürün, uygun tane boyut aralığı tespit çalışması yapılmıştır. Sonuçta -32 mesh, yani 0.495 mm altı ve +48 mesh, yani 0.295 mm üstü elek aralığındaki kömürün tekrarlanabilir sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Tüm deneyler bu iki elekten elenmiş kömür ile yapılmıştır.

Dört ayrı redoks seviyesine (+8, +1, -15, -40) sahip, 100 gr cam verecek şekilde hazırlanan harmanlar, elektrikli fırında  $1450^{\circ}C$ 'de 3 saat tutularak eritilmiştir.  $550^{\circ}C$ 'ye ısıtılmış fırında tavlanan eritilme numuneleri, daha sonra spektrofotometrik ölçümler için kesilip parlatılmışlardır.

Tüm numuneler 3 mm'ye inceltirilip parlatıldıktan sonra, spektrofotometrede 1000 nm'deki geçirgenlik yüzdesi ölçülmüş, bunun sonucunda Lambert-Beer kanunu kullanılarak söz konusu eritilme numunelerinin  $Fe^{+2}$  konsantrasyonları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar redoks sayısına karşılık  $Fe^{+2}$  konsantrasyon grafiği halinde Şekil. 3'de verilmektedir.





Şekil 2: %Fe<sup>+2</sup> oranına karşılık redoks sayısı

Bu grafik oluşturulduktan sonra, TR-1 fırın camlarının mevcut Fe<sup>+2</sup> değerleri tespit edilmiş elde edilen %0.027 değerini Şekil 3'de yerine konulduğunda karşılık gelen redoks sayısı -4 olarak belirlenmiştir.

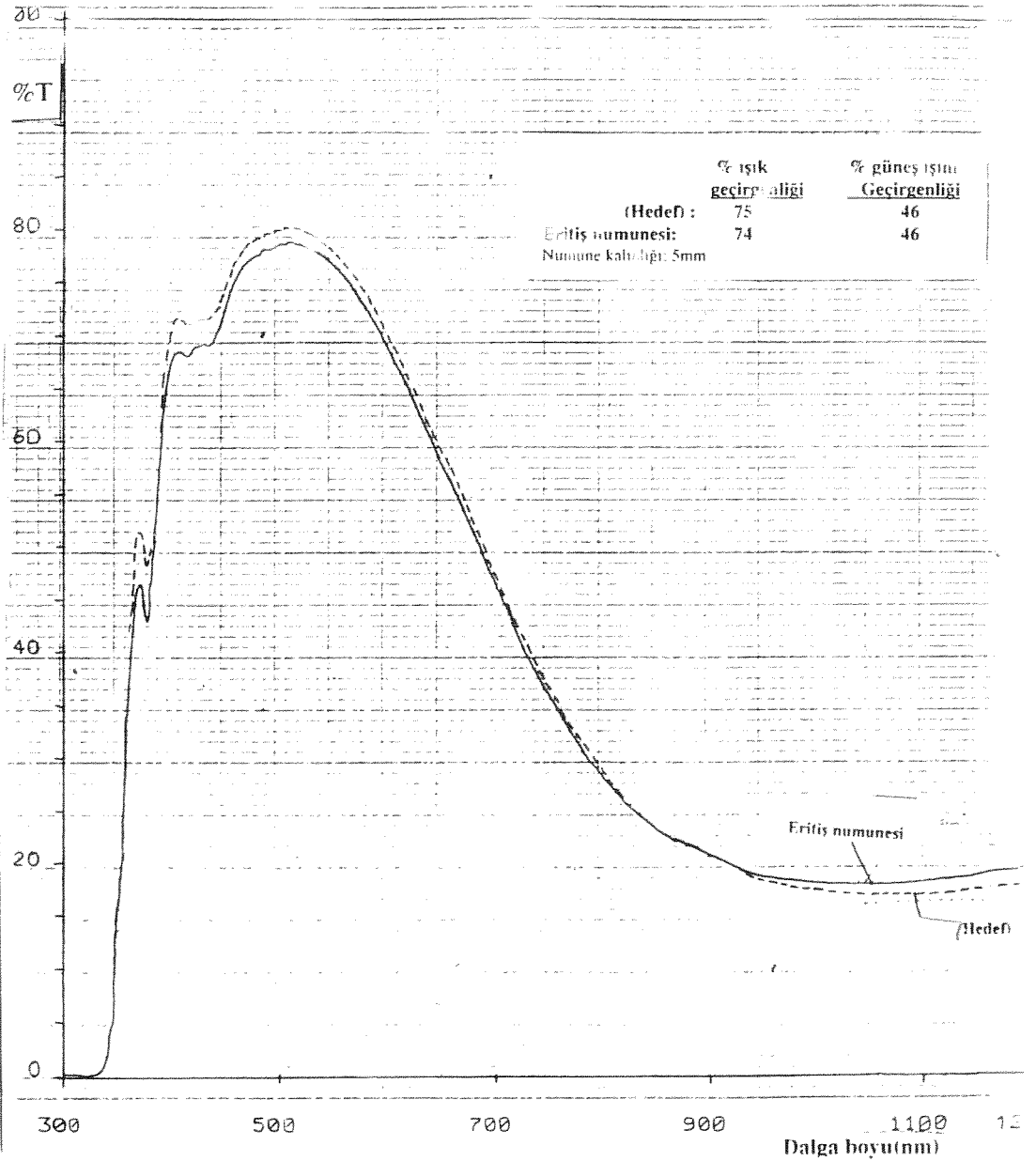
Sonuç olarak laboratuvar şartlarında yapılan eritişlerde , TR-1 camındaki SO<sub>3</sub> miktarını verecek sodyum sülfat (0.392 kg /100kg cam) ihtiva eden harmanın, redoks sayısının -4 olması halinde, camdaki Fe<sup>+2</sup> oranının TR camıyla aynı olduğu belirlenmiştir.

Söz konusu redoks sayısına ulaşılabilmesi için TR-1 kompozisyonu baz alınarak harman tablosu hazırlanmış ve kömür miktarının 0.061 kg (100 kg cam için) olarak tespit edilmiştir.

### 3.1.2 Yeşil Camın Oksidasyon Seviyesinin Tespiti

Trakya Cam Sanayii A.Ş. yetkilileri tarafından yeşil renk üretiminde hedef renk olarak St. Gobain yeşili seçilmiştir. Bu nedenle deneysel eritişler, söz konusu St. Gobain camı ile karşılaştırma yapılarak yürütülmüştür. Bu çerçevede TR-1'de üretilmesi düşünülen açık yeşil camın Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesi %0.58 olarak belirlenmiştir.

Deneysel eritişler için yapılan ön çalışmalarda elde edilen veriler kullanılarak renksiz camda mevcut redoks katsayısını (+3.9) simüle edecek redoks seviyesinde (-4) ve hedef %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% 0.58) seviyesinde, eritiş yapılmıştır. Söz konusu eritiş numunesinin spektrofotometrik ölçümü yapılarak, sonuçlar hedef olarak seçilmiş olan St.Gobain yeşil değerleri ile karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Şekil 4'de numunelerin 300 -1200 nm dalga boyu aralığında spektrumları verilmektedir. Ayrıca spektrum üzerinde numunelerin %ışık ve güneşişığı geçirgenlik değerleri de gösterilmektedir.



Şekil 3: Numunelere ait % geçirgenlik grafiği

Spektrum incelendiğinde, mevcut (renksiz cam) camın redoks seviyesinin hedef renge ulaşma açısından söz konusu  $Fe_2O_3$  seviyesi için uygun olduğu görülmüştür. Bunun dışında otomotiv camlarında çok önemli olan ışık geçirgenlik değeri ise, eritiş numunesinde %74 iken bu değer hedef numunede %75'dir. Söz konusu bu farkın eritiş numunesindeki inhomejen hatlardan kaynaklandığı düşünülmüştür.

#### Rapidox (oksijen sensörü)

Cam Araştırma Merkezi'ne 1997 yılı sonunda, camın redoks seviyesini belirlemede kullanılan Rapidox cihazı alınmıştır. Söz konusu cihaz kullanılarak, cam eriyiği içinde istenilen sıcaklıklarda, oksijenin kısmi basınç değeri ( $P_{O_2}$ ) elde edilmektedir. Bilindiği gibi,  $P_{O_2}$  değeri küçüldükçe cam re-

doksu indirgene kaymaktadır. Örneğin oldukça indirgen olan, bal rengi camda  $Po_2$  10-8 bar iken, bu değer oksidan TV ekran camlarında 1 bar olmaktadır.

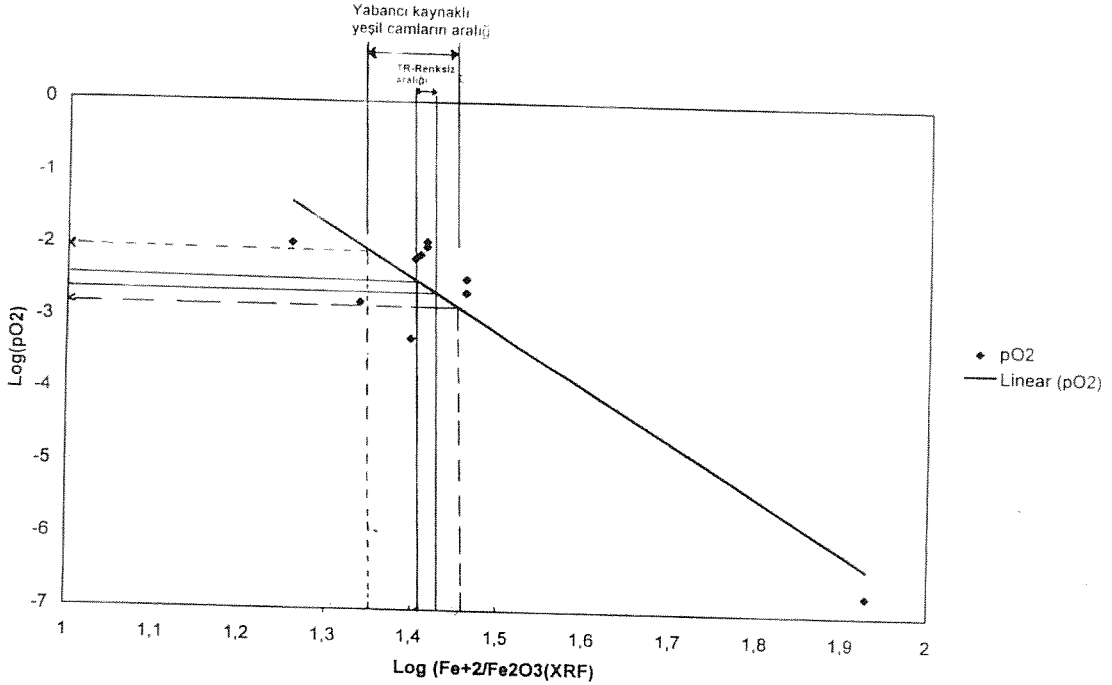
### Deneysel Çalışma

Üretilmesi düşünülen yeşil camın redoks seviyesi, bölüm 3.1.1'de aktarılan deneysel eritişle tespit edilmesine rağmen , teyit etmek amacıyla Rapidox cihazı ile yabancı üreticileri ait yeşil camların oksijen kısmi basınçları tespit edilmiştir.

Bu kapsamda, farklı redokslara sahip camların (renksiz, yeşil ve bal renkli camlar) EMF ölçümleri yapılmış, EMF değerlerine karşılık gelen  $Po_2$  değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca Rapidox'da ölçümü yapılan numunelerinin spektrofotometrik olarak  $Fe^{+2}$  konsantrasyon değerleri hesaplanarak, oksidantlık seviyeleri tespit edilmiştir. Deneyler aşağıda verilen set değerlerine göre yapılmıştır.

Hazırlık Sıcaklığı °C	:1100
Erime Sıcaklığı °C	:1350
Ölçüm Sıcaklığı °C	:1300
Erime zamanı	:20 dk.
Kararlılık süresi	:20 dk.
Ölçüm süresi	:10 dk.

Elde edilen sonuçlar,  $\log Po_2$ 'ye karşılık,  $\log Fe^{+2}/Fe_2O_3$  grafiği halinde Şekil 4'de çizilmiştir. Şekil üzerinde yabancı kaynaklı yeşil ve TR-1 renksiz camların oksidasyon seviyesi gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi mevcut renksiz camın indirgenlik seviyesi yabancı kaynaklı yeşil camların indirgenlik seviyesinin oynama aralığı içinde kalmaktadır. Böylelikle çıkan sonuç, daha önce deneysel eritişlerde elde edilen sonucu teyid etmektedir.



Şekil 4: Numunelerin  $\log Po_2$  karşı  $\log Fe^{+2} / Fe_2O_3$  grafiği



ŞİŞECAM

## 4. RENKSİZ CAMDAN AÇIK YEŞİLE GEÇİŞ UYGULAMASI

### 4.1 Fırının Reaksiyon Eğrisi

Yeni tasarıma sahip TR-1 fırınında renk geçiş programı, eski fırında (soğuk tamir öncesi) uygulanan renk geçiş modeli baz alınarak hazırlanmıştır. Söz konusu geçiş programında, fırın içindeki toplam cam kütlesi çok büyük olduğundan, cam karışımı birbirinden bağımsız, ancak ardışık üç karışma ortamında oluşmuş bir sistem olarak düşünülmüş ve reaksiyon eğrisi (F grafiği) bu varsayımına göre hesaplanmıştır. Söz konusu karışma bölgeleri, besleme ağzından sıcak noktaya kadar, sıcak noktadan boyun sonuna kadar olmak üzere ergitme bölgesinde iki kısım, ve dinlendirme bölgesi ile toplam üç kısım olarak belirlenmiştir. Fırına verilen bir birimlik değişime fırının zaman içinde gösterdiği reaksiyon F, genel olarak fırın çekişi ve fırının içinde mevcut olan cam kütlesine bağlı olarak,

$$F = B (1 - e^{-t/T_R})$$

eşitliği ile ifade edilir. Burada,

F = Harmanda yapılan birim değişime karşı fırın reaksiyonu

t = Geçen süre

B = Yükleme katsayısı

$T_R$  = Camın fırında kalış süresi olup, şu şekilde hesaplanır:

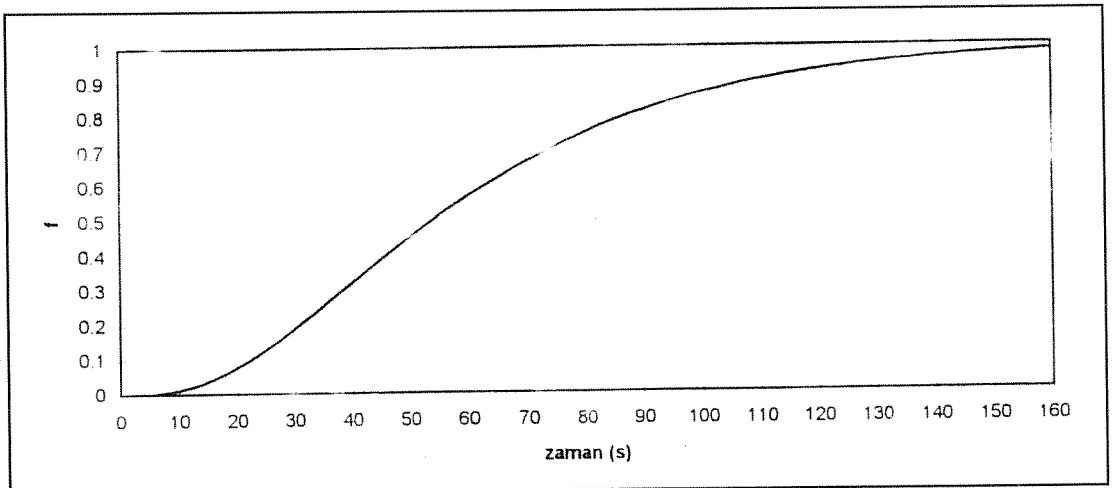
$$T_R = 0.9 (\text{fırının kapasitesi} / \text{fırın çekişi})$$

Bu eşitlikte 0.9, fırın içindeki toplam camın %90'ının değişime katıldığına işaret eden bir düzeltme faktörüdür.

Aynı yaklaşımla değerlendirildiğinde, söz konusu renk uygulamalarının yapılacağı yeni tasarımlı fırının bölümleri ve bu bölümlerde bulunan camın kütlesi aşağıda verildiği gibidir:

- |   |             |
|---|-------------|
| 1. bölüm (Besleme ağzından sıcak nokta sonuna kadar) kapasitesi | : 569.4 ton |
| 2. bölüm (Sıcak nokta sonundan boyun sonuna kadar) kapasitesi   | : 651.5 ton |
| 3. bölüm (Dinlendirme) kapasitesi                               | : 311.4 ton |

Şekil 5'de TR-1 fırınının 550 ton/gün fırın çekişindeki fırın reaksiyon eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 5: TR-1 fırınına ait 550 ton/gün çekişli reaksiyon eğrisi (karışma oranları her bölge için %90)



ŞİŞECAM

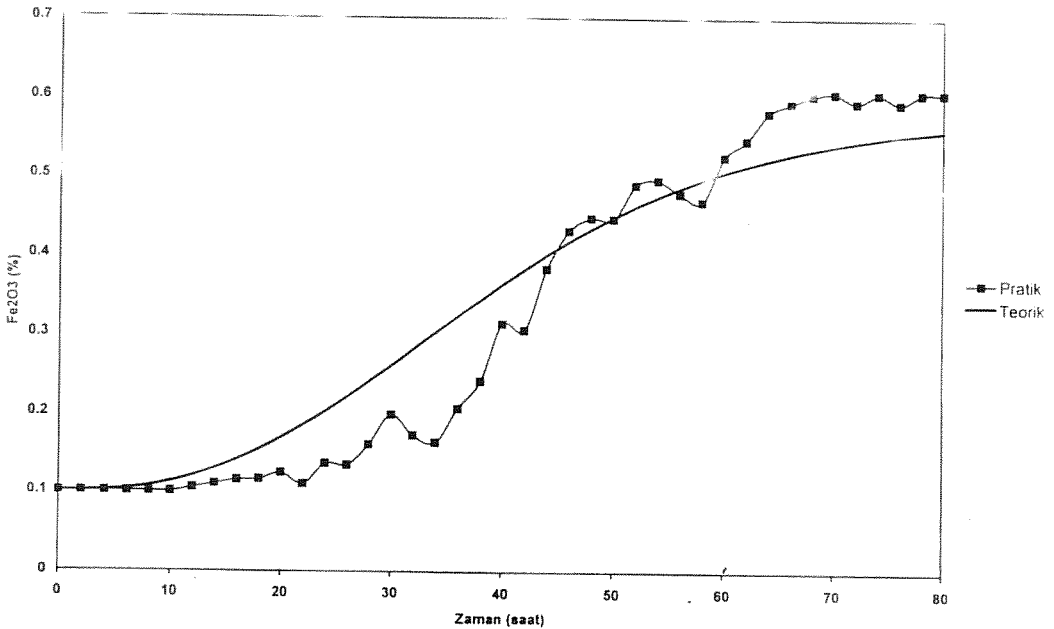
## 4.2 Renk Değişim Programı

Şekil 5'de verilen fırın reaksiyon eğrisinden görüldüğü gibi, TR-1 fırınına normal yeşil cam harmanının verilmesi ile cam rengi yaklaşık 130 saat sonra yeşile dönüşebilecektir. Bu süre çok uzun olduğundan renk değişiminin daha kısa sürede gerçekleştirilmesi için, fırına yüklemeli harman verilmiştir. Fırına verilen yüklemeli harmanın ne olması gerektiği ve yüklemenin kaç saat süreyle uygulanacağı, renge ulaşmak için arzu edilen geçiş süresine bağlı olarak, 4.1'deki mantık esas alınarak Cam Teknolojisi Grubu tarafından daha önce yapılan renk geçiş modelinin kullanımıyla belirlenmiştir. Söz konusu renk modeli ile, geçmiş dönemlerde, eski tasarımdaki TR-1 fırınında yapılan renk geçiş uygulamalarında başarılı sonuçlar alınmıştır. Yeni tasarımlı TR-1 fırınının getirebileceği farklılıklar ise uygulama sırasında görülebilecektir. Bu çerçevede, yüksek  $Fe_2O_3$  içerikli camlar için söz konusu geçiş süresinin tespitinde temel kıstas, camdaki  $Fe_2O_3$  artışının renk geçiş süresince fırının herhangi bir yerinde taban sıcaklıklarını çok ani ve aşırı etkileyecek şekilde hızlı olmamasıdır. Bilindiği gibi, TR-1 fırını yeni kampanyada %0.9  $Fe_2O_3$  içeren yeşil cam üretebilmek üzere tasarlanmıştır. Bu bilgiler ışığında, bu fırın için %0.56  $Fe_2O_3$  içeren açık yeşil cam üretiminin sorun olmayacağı düşüncesiyle, demir oksit miktarı (harman+cam kırığı olarak) belirli bir süre %0.9 olacak şekilde verilmiştir.

## 4.3 Açık Yeşil Renk Cam Uygulamasının Takibi

TR-1 fırınında 15.01.1998 tarihinden itibaren başlayan renk geçişi sırasında hedeflenen renk oturana kadar işletme parametreleri saatlik bazlarda takip edilmiş, renk geçişinin başlangıcından 36. saate kadar renksiz cam alınmıştır. Hedef renge 83. saatte ulaşılmıştır. Hedef renge ulaşıldığı spektrofotometrik ölçümlerle teyid edildiğinde camda analizlenen  $Fe_2O_3$  miktarının (XRF analizi) %0.61 olduğu tespit edilmiş, bu nedenle harmana eklenen hematit miktarı  $Fe_2O_3$  ( $h+ck= 0.61$ ) olacak şekilde düzeltilmiştir. Hedeflenen renge 83. saatte ulaşılmış olmasına rağmen cam kalite açısından uygun olmadığı için ürün alınamamıştır. Ürün alımına 110. saatte başlanmıştır.

Renk geçişinin kontrolünü sağlamak için  $Fe_2O_3$ 'e ait zamana karşı konsantrasyon grafiği teorik olarak hesaplanan değerler, pratikte analizlenen değerlerle karşılaştırmalı olarak takip edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Şekil 6'de gösterilmektedir.



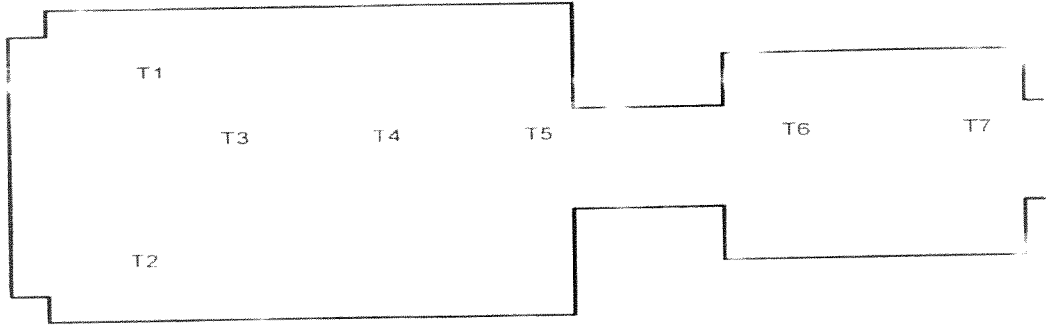
Şekil 6:  $Fe_2O_3$ 'in konsantrasyon grafiği (renksiz açık yeşil)

Şekil 6 incelendiğinde, demir oksit teorik konsantrasyon eğrisi ile pratikteki eğrisi arasında fark görülmektedir. Söz konusu fark, eski fırın tasarımı için geçerli olan renk değişim modelinin yeni tasarımda aynen uygulanamayacağını düşündürmüştür. Böylelikle mevcut modelin yeni tasarımlı fırına göre uyarlanması ve pratikte elde edilen analiz sonuçlarının matematiksel olarak incelenmesi ihtiyacı doğmuştur.

Söz konusu renk geçişinde camdan cama renk geçiş süresi 74 saat (yaklaşık 3 gün), K1 kalitesinde renk alımı ise 4.5 gün olarak belirlenmiştir.

#### 4.4 Taban Sıcaklıkları Değişimi

Renksiz camdan açık yeşil cama geçiş sırasında camdaki  $Fe_2O_3$ 'ün artışına paralel olarak fırının taban sıcaklıkları düşmüştür. Şekil 7 fırının taban sıcaklıklarının ölçüldüğü T/C yerleri göstermektedir.



Şekil 7: TR-1 fırın taban T/C yerleri

	<u>Renksiz cam</u>	<u>Açık yeşil cam</u> (Ürün alınmaya başladığı zaman)	<u>Fark</u>
Taban 2 T/C (°C)	1241	1110	-131
Taban 4 T/C (°C)	1300	1144	-156

Söz konusu geçişde, yukarıdaki verilerden görüldüğü gibi Taban 2'de 131 °C ve Taban 4'de ise 156 °C'lik bir düşüş kaydedilmiştir.

Diğer taban sıcaklıklarındaki değişim incelendiğinde;

	<u>Renksiz cam</u>	<u>Açık yeşil Üretimindeki</u> <u>Açık yeşil cam</u> (Ürün alınmaya başladığı zaman)	<u>min.sıcaklık</u>
Dinlendirmedeki taban sıcaklığı (T7)	1038°C	956°C	918°C
Ergitmedeki taban sıcaklığı (T5)	1223°C	1079°C	1074°C

Taban sıcaklıklarında yukarıda da görüldüğü gibi rengin hedefe ulaştığı saatte T7'de 82°C ve T5'de 144°C gibi bir düşüş kaydedilmiştir. Ancak açık yeşil üretimi süresince T7'deki sıcaklığın 38°C daha da düşmüş olduğu görülmektedir.

Renk geçişi sırasında fırına ortalama 1190 kW saatlik boosting uygulaması yapılmıştır. Bu değer üretim süresince ise, ortalama 1175 kWh olarak yapılmıştır.



## 5. AÇIK YEŞİL RENKTEN KOYU YEŞİL RENGE GEÇİŞ UYGULAMASI

TR-1 fırınında açık yeşil renk üretiminden sonra Trakya Otocam Fabrikası'nın acil talebi üzerine koyu yeşil cam üretilmesine karar verilmiştir. Söz konusu üretim süresi iki gün olarak belirlenmiştir.

Bu çerçevede, hedef alınacak cam özelliklerini belirlemek üzere, TR tarafından iki adet numune gönderilmiştir. Bu numunelere ait %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> analizi, indirgenlik seviyesi ve optik özellikleri Tablo 2'de verilmektedir.

**Tablo 2: Koyu yeşil numunelere ait Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> analizi ve optik özellikler**

Numunenin Tanımı	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (XRF)	Fe <sup>+2</sup>	Fe <sup>+2</sup> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> x100	% ışık geçirgenliği	% Güneş ışını geçirgenliği	Renk koordinatları (s td::6mm)	
						x	y
(401) St.Gobain koyu yeşil (3.13mm)	0.989	0.276	27.4	73	44	0.2914	0.3301
(417)Megan arka camı St.Gobain (3.15mm)	1.06	0.284	26.8	72	43	0.2917	0.3331

Tablodan da görüldüğü gibi hedef camın Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesi % 1 olarak tespit edilmiştir.

### 5.1 Koyu Yeşil Camın Redoks Seviyesinin Tespiti

Koyu yeşil cam üretiminde de, aynı açık yeşil renkte olduğu gibi, camın redoks seviyesinin tespiti çok önemlidir. Bunun yanında üretim süresinin talep azlığı nedeniyle sadece iki gün olması, bu durumu çok daha önemli hale getirmektedir. Çünkü üretim sırasında harmanda herhangi bir müdahale yapılması söz konusu olamayacaktır. Trakya Otocam Fabrikası tarafından talep edilen hedef rengin değerleri, yukarıda da görüldüğü gibi, 3.2 mm cam kalınlığı için %ışık geçirgenliğinin %70'den düşük olmaması bunun yanında güneş ışını geçirgenliğinin ise, %45'den düşük olmasıdır.

Bu çerçevede, öncelikle açık yeşile geçiş sırasında ve üretim süresince edinilen bilgiler kullanılarak ve ayrıca Cam Araştırma Merkezi'nde yapılan deneysel eritişler değerlendirilerek hedef renge ulaşılacak şekilde en doğru yaklaşım yapılmıştır.

Camın Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesinin artışına paralel olarak, kömür miktarında herhangi bir değişiklik yapılmasa bile, % ışık geçirgenliği düşecektir. Dolayısıyla, camınFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarını hedeflenen %1 seviyesine çıkarmak, görünür bölge için hedeflenen %ışık geçirgenliğini sağlamakta yeterli olacaktır. Ancak güneş ışını geçirgenliği için hedeflenen %Te<45 değerinin sağlanması harmanı uygun redoks katsayısına getirmekle sağlanabilecektir.

Tablodan da görüldüğü gibi koyu yeşil camın indirgenlik seviyesi %27 iken bu değer TR-1 açık yeşilinde %25'dir. Bu nedenle, harmana ilave edilecek kömür miktarının artırılması gerekmektedir. Bu miktarının tespitine yönelik olarak, ilave edilen kömürün % ışık geçirgenlik değerine etkisinin net olarak görülebilmesi için farklı redoks seviyelerinde eritişler yapılmıştır.

Üç seri halinde yapılan eritişler de, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı %0.9, kömür miktarları 100 kg cam için 0.090 kg, 0.125 kg ve 0.150 kg olarak alınmıştır. Elde edilen eritiş numunelerinde yapılan spektrofotometrik ölçüm değerleri aşağıda verildiği gibidir.



## ŞİŞECAM

	<u>S1.1</u>	<u>S1.2</u>	<u>S1.3</u>
Rx	-3	-10	-15
Fe <sup>+2</sup>	0.317	0.373	0.393
Fe <sup>+2</sup> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> x100	35	41	44
(3.2mm için) %ışık geçirgenliği	72	69	68
% Güneş ışını geçirgenliği	41	38	36

Elde edilen değerler incelendiğinde, 7 birimlik bir redoks azalması, ışık geçirgenliğini %4 oranında azaltırken bu değer güneş ışını geçirgenliğinde %7.3 olmaktadır. Buna karşın 5 birimlik bir redoks azalması ışık geçirgenliğini %1.4 oranında azaltmaktadır.

Yüksek Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesinde yapılan deneysel çalışmalarda harmanın redoks katsayısında yapılan değişikliklerin Fe<sup>+2</sup>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı üzerindeki etkileri incelendiğinde, 7 birimlik bir redoks azalmasının Fe<sup>+2</sup>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranını %6, 5 birimlik bir redoks katsayısı azalmasının aynı oranı %3 azaltacağı görülmüştür. Diğer taraftan üretimden elde edilen sonuçlardan, açık yeşil cam üretimi boyunca harman redoksunun +8'den +6'ya çekilmesi Fe<sup>+2</sup>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranını %25'in altına indirememiştir. Ancak, bu oranın koyu yeşil cam için %27'ye indirilmesi gerekmektedir. Yüksek Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikli camlarla yapılan deneysel çalışmalar ve açık yeşil cam üretimine ait bulgular birlikte değerlendirilerek koyu yeşil cam üretiminde harman redoks katsayısının açık yeşile oranla 4 birim düşürülerek +2'ye indirilmesine karar verilmiştir. Yine deneysel eritişlerden elde edilen bulgulara göre harmanın redoks katsayısındaki 5 birimlik değişimin %Tv değerini en çok %1 kadar düşürebileceği tespit edilmiştir. Dolayısıyla, koyu yeşil cam için %1.0 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seviyesinde harman redoksunun +2'de tutulması, camın ışık geçirgenliğini %70'in altına indirmeyeceği öngörülmüştür.

Koyu yeşil camın hedeflenen optik özelliklerine (ışık geçirgenliği ve solar geçirgenlik) daha düşük bir harman redoks katsayısıyla (+2) elde edileceği düşünülerek ve ayrıca Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'in artmasına paralel olarak oluşabilecek oksidantlığı bertaraf etmek için koyu yeşil camda kullanılacak kömür miktarı 0.110 kg (100 kg cam için) geri dönüş hesabı ile bulunmuştur.

Açık yeşil sırasındaki kömür miktarındaki artışın etkisi ancak 5 günden sonra görüldüğü için, daha fırında açık yeşil üretimi devam ederken, kömür miktarı yükseltilmiştir.

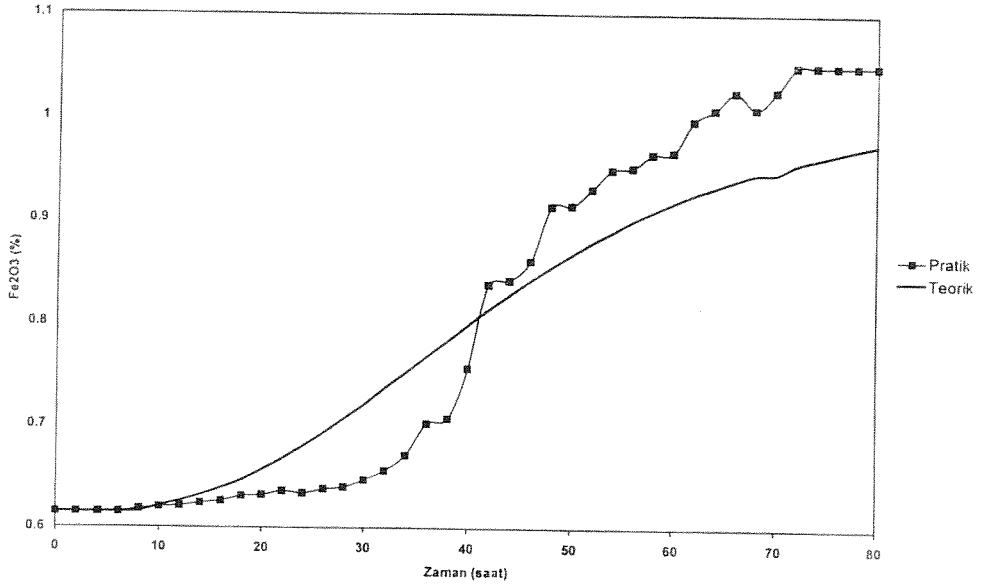
### 5.2 Açık Yeşil Koyu Yeşil Geçiş Programı ve Uygulaması

Açık yeşil camdan, koyu yeşile geçiş sırasındaki fırın çekişi 500 ton/gün olarak alınmıştır. Söz konusu geçişde hematit miktarının tesbiti bir önceki geçişde elde edilen bulgu dikkate alınarak yapılmıştır. Bir önceki geçişde teorikte hedeflenen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerinin % 7 fazlası (overshoot) pratikte elde edilmiştir. Bu geçişde de, aynı overshoot olasılığı düşünülerek hematitin yükleme programı aşağıdaki tabloda belirtildiği şekilde hazırlanmıştır.

Renk geçişinin başlangıcından 35. saate kadar açık yeşil cam alınmıştır. Hedef renge 81. saatte ulaşılmıştır. Hedef renge sahip camın XRF analizinde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarının civarında olduğu tespit edilmiş olmasına rağmen üretim süresi 2 gün olduğu için hematit miktarı (%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> htck=%1) değiştirilmemiştir. Ancak 81. saatte hedef renge ulaşılmış olmasına rağmen cam, kalite açısından uygun olmadığı için ürün alınamamıştır. Ürün alımına 137. saatte başlanmıştır.

Bunun yanında 4.1'de anlatıldığı gibi modelden elde edilen teorik Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyon değerleri ile, pratikte elde edilen değerler zamana bağlı olarak Şekil 8'de çizilmiştir.





Şekil 8: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ün konsantrasyon grafiği

Şekil 8'de görülen eğri daha önceki geçişde (renksiz—açık yeşil) elde edilen eğriye benzerlik göstermektedir. Yeni fırının tasarım farklılığından kaynaklandığı düşünülen konsantrasyon farkı (mevcut modelle hazırlanandan) bu geçişte de açık yeşilde elde edilmiş sonucu teyit etmektedir.

### 5.3 Taban Sıcaklıkları Değişimi

Koyu yeşil renge geçiş sırasında Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ün artışına paralel olarak taban sıcaklıklarında, açık yeşil ve renksiz cama göre aşağıda gösterildiği gibi bir düşüş kaydedilmiştir.

T/C	Renksiz cam	Açık yeşil cam (Üretim sonu itibarıyla)	Koyu yeşil cam (ürün alındığı zaman)	Renksiz-koyu yeşil (sıcaklık farkı)	Açık yeşil- koyu yeşil (Sıcaklık farkı)
Taban 2 (°C)	1241	1120	1084	- 157	-36
Taban 4 (°C)	1300	1151	1088	-212	-63
Taban 5 (°C)	1223	1136	1023	- 200	-113
Taban 7 (°C)	1038	920	903	-135	-17

Söz konusu renk geçişi süresince en fazla elektrik takviyesi 1440 kwh olarak yapılmıştır.

Koyu yeşil üretiminde camdan cama renk geçiş süresi 102 saat, yaklaşık 4 gün olarak tespit edilmiştir.

## 6. TR-1 FLOAT FIRININDA KADEMELİ TABAN VE ELEKTRİK TAKVİYE UYGULAMASININ GETİRİLERİ

Bu bölümde yeni kampanyada tasarıma yönelik yapılan değişikliklerin etkileri incelenmektedir. TR 1 no'lu fırının Temmuz 1997 de başlayan kampanyasında amaç;

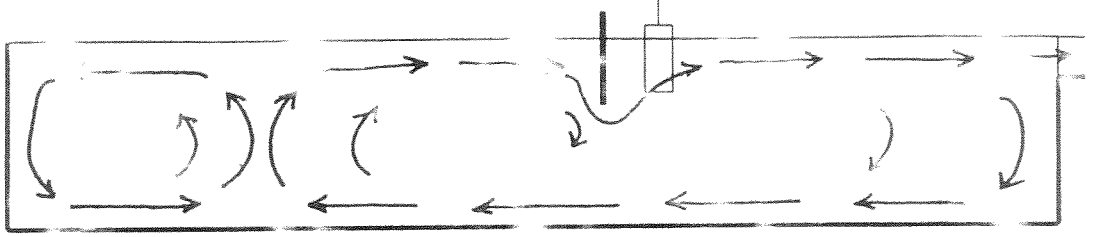
- cam kalitesini arttırmak ve
- renkli cam üretimlerini daha yüksek tonajlarda yapabilmek olmuştur. Bu nedenle fırın tasarımında,

- fırın tabanına, kademe konularak boyun girişinden itibaren cam derinliği 240 mm azaltılmış ve
- eritme havuzuna elektrik takviyesi uygulaması yapılmıştır.

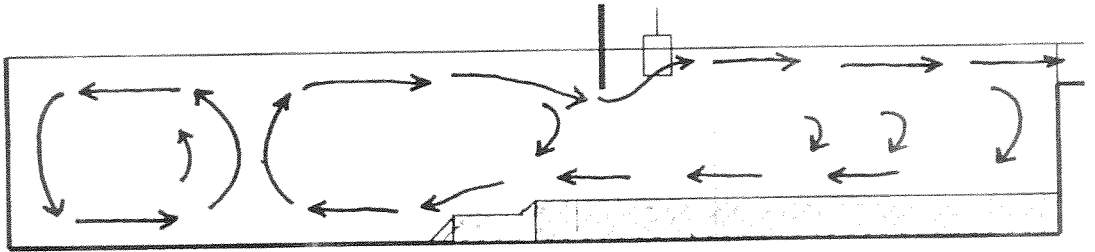
Kademeli taban ve elektrik takviyesinin etkileri renksiz üretimde ayrı ayrı incelenebilmektedir. Renkli üretimde ise her iki tasarım değişikliğinin etkileri birarada gözlenebilmektedir.

### 6.1. Kademeli Taban Uygulanması

Fırının fiziksel modelinde farklı ertitme ve dinlendirme havuzu cam derinliklerinde çeşitli deneyler yapılmış ve sıcaklık değerleri, cam akım dağılımı ve hızları eski kampanyadaki tasarımla elde edilen değerlerle karşılaştırılarak incelenmiştir. (Teknik Grup Raporu No: 455 ve 469) Yapılan bu incelemeler, proje çalışmaları ve görüşmeler doğrultusunda fırına, boyun girişinden önce başlayan ve iki basamakla yükselerek (120 mm + 120 mm) boyun girişinde 240 mm'ye ulaşan bir kademe yapılması uygun bulunmuştur. Bu şekilde boyun ve dinlendirme havuzunda cam derinliği 915 mm olmuştur. Fırının eski ve yeni kampanyasındaki tasarımlarla elde edilen cam akım dağılımları Şekil 8'de görülmektedir.



a) Eski kampanyadaki tasarımla elde edilen cam akım dağılımları



b) Yeni kampanyadaki tasarımla elde edilen cam akım dağılımları

### Şekil 9: TR-1 fırının eski ve yeni kampanyasındaki tasarımlarla elde edilen cam akım dağılımları.

Şekil 8'deki modelde elde edilen cam akım dağılımları ve cam akım hızları eski fırına göre, afinasyon bölgesi yüzey ve tabanında çok küçük bir artış göstermiş, dinlendirme bölgesi yüzey hızları benzer kalırken bu bölgede taban hızları düşmüştür. İleri ve geri cam akım kalınlıklarına bakıldığında ise kademe uygulaması ile afinasyon bölgesinde pek bir değişiklik gözlenmemiş, dinlendirme havuzunda ise ileri akım kalınlığı %22, geri akım kalınlığı %28 oranında azalmıştır. Bu şekilde çekişe kadar ulaşıp, soğuyarak tabandan tekrar sıcak noktaya dönen cam miktarı azalmıştır.

Kademeli tabanla fırında eski kampanyaya kıyasla taban sıcaklıklarında afinasyon bölgesinde  $\sim 60^{\circ}\text{C}$ , dinlendirme havuzu girişinde  $\sim 150^{\circ}\text{C}$  dinlendirme havuzu çıkışına yakın  $\sim 70^{\circ}\text{C}$  artış gözlenmiştir. Kademeli tabanla fırında eski kampanyaya kıyasla taban sıcaklıklarında afinasyon bölgesinde  $\sim 60^{\circ}\text{C}$ , dinlendirme havuzu girişinde  $\sim 150^{\circ}\text{C}$  dinlendirme havuzu çıkışına yakın  $\sim 70^{\circ}\text{C}$  artış gözlenmiştir.



## 6.2. Elektrik Takviye Uygulaması

Renkli cam üretiminde dinlendirme havuzundaki taban sıcaklıklarının, camın devitrifiye olduğu derecelerin altına düşerek sorun yaratmasının kademeli taban ile önlenebileceği öngörülmüştür. Ancak özellikle yüksek demir oksit içerikli camların yüzeyden tabana olan ısı transferini olumsuz etkilemesi nedeni ile, ergitme bölgesi taban sıcaklıklarının da kritik değerlerin altına düşebileceği düşüncesi ile bu bölgeye de çözüm olarak elektrik takviyesi uygulanmıştır. Ayrıca, elektrik takviyesi ile fırın çekişini arttırmak da mümkün olabilecektir. FIC firması tarafından kurulan sistemde toplam 2160 kWh enerji (1. Zonda 560 kW, 2. Zonda 1600 kW) %30'u eritme bölgesinde harman altına rastlayan yerde, %70'i sıcak noktada verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Elektrik takviyesinde cam akım dağılımını bozmadan enerjiyi gereken yere vermek esas alınmıştır.

Fırında elektrik takviye uygulanan ve uygulanmayan dönemler incelendiğinde; renksiz cam üretiminde elektrik takviye uygulamasının fırından çekilen her fazla ton cam için ~30 kWh elektrik enerjisi ihtiyacı doğrultusunda çekiş artışına olanak tanıdığı, ayrıca özellikle ergitme havuzu tabanında sıcaklık artışı sağladığı görülmektedir. Örneğin renksiz camda 1500 kWh ile 50 t/g çekiş artışı sağlanmış, ayrıca ergitme havuzu tabanında artma 20 °C, dinlendirme havuzu tabanında ise 2-3 °C'lik sıcaklık artışı olmuştur.

Yapılan her iki tasarım değişikliği birbirlerinin etkilerini tamamlayarak taban sıcaklıklarının tümü ile yükselmesini sağlamıştır.

## 6.3. Renkli Cam Üretimlerinde Kademeli Taban ve Elektrik Takviye Uygulamalarının Değerlendirilmesi

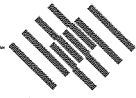
Renkli cam üretimlerinde sıcaklık değerlerinin tümü ile kararlı hale gelmesi yaklaşık yirmi gün gerektirdiğinden TR-1'de gerçekleşen renkli dönem taban sıcaklıklarını değerlendirme için yeterli süre olmamıştır. Ayrıca, açık yeşil üretimi sırasında su soğutucusu derinliğinin 23 cm'den 32 cm'e çıkartılması da değerlendirmelere bir faktör daha getirmektedir. Bu husus, tasarıma ilişkin değişikliklerin net etkilerinin ayırt edilmesini güçleştirmektedir.

Bu koşullar gözönünde bulundurularak yapılan incelemelerde bir önceki kampanya ve mevcut kampanya değerleri açısından bazı kritik noktalar aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

**Tablo 3: Bir önceki kampanya ve mevcut kampanyada renkli üretim açısından kritik değerlerin karşılaştırılması.**

Üretim	Çekiş (t/g)		Erg. Cam (°C)		Dinl. Cam (°C)		El. Tak. (kWh)		% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	Eski	Mevcut	Eski	Mevcut	Eski	Mevcut	Eski	Mevcut	Eski	Mevcut
Renksiz	660	660	1422	660	1100	1100	-	0	-	0
Açık Yeşil	-	550	-	550	-	1125	-	1150	-	1150
Koyu Yeşil	-	500	-	500	-	1150	-	1350	-	1350

Ergitme havuzu tarafında renkten kaynaklanan sıcaklık düşüşleri elektrik takviyesi ile karşılanırken, dinlendirme bölgesindeki (ç.h.) taban sıcaklık düşüşleri kademeli taban ile dengelenmiştir. Aşağıdaki tabloda taban bölümündeki eski ve mevcut kampanyadaki sıcaklık değerleri ile farkları görülmektedir.



ŞİŞECAM

Tablo 4: Eski ve mevcut kampanyada bronz ve füme renkli üretimlerde taban sıcaklıkları

Üretim	Çekiş (t/g)			T5 (°C)			T6 (°C)			T7 (°C)		
	Eski	Mevcut	Δt	Eski	Mevcut	Δt	Eski	Mevcut	Δt	Eski	Mevcut	Δt
Renksiz	660	660	-	1175	1233	+58	1017	1176	+159	945	1021	+76
Açık Yeşil	-	550	-	-	1130	-	-	1027	-	-	916	-
Koyu Yeşil	-	500	-	-	1045*	-	-	981	-	-	893*	-

\* Kısa süreli olduğundan taban sıcaklıklarındaki düşüş tam olarak görülmemiştir.

Sonuç olarak,

- daha yüksek çekişlerde çalışılabilmesi,
- afinyon bölgesi sonu sıcaklıklarının 110-160 °C yükselmesi,
- dinlendirme bölgesi sıcaklıklarının 250 °C artması ve
- karşılaştırılabilen renk açısından (bronz füme) renk geçiş süresinin 3 günden 1.5 güne inmesi

elektrik takviye ve kademeli taban uygulamasının fırına önemli avantajlar sağladığını göstermektedir.

Ayrıca,

- geçen kampanyada 0.32 %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'li füme rengin çekilebildiği kapasitede 0.6 %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'li açık yeşil renk çekilebilmiş ve dinlendirme bölgesi sıcaklıkları 900 °C'nin altına düşmemiştir.

Söz konusu koşullarda, açık yeşil için 1150 kWh, koyu yeşil için ise 1350 kWh elektrik takviye kullanılmıştır. Diğer bir deyişle fırının 2160 kWh'lık kurulu elektrik takviye gücünün en çok %62.5'i kullanılmıştır.

Söz konusu elektrik takviye ve kademeli taban değerlendirmelerinin geliştirilebilmesi için,

- farklı çekişlerde,
- farklı elektrik takviye oranlarında,
- daha uzun süreli renkli üretimlerde ve
- farklı renk geçiş sıralamalarında

diğer işletme koşullarının; özellikle su soğutucusu derinliğinin aynı olduğu dönemlerde, tekrar yapılmasının gerekli olduğu da düşünülmektedir.

## 7. RENKLİ CAM KAMPANYASI SÜRESİNCE İŞLETMEDE YAŞANAN PROBLEMLER

### 7.1. Harman Hazırlama

Renkli cam üretim öncesi: Renk verici katkı malzemelerinin tartıldığı kantarlarda yedek vardiyalarda dinamik testler yapılır. Renkli kampanya öncesi özellikle mikserler başta olmak üzere tüm harman sistemi genel bakıma alınır.

Daha önceki renkli cam üretiminden kalan camlar istenilen cam kırığı kompozisyonunu yakalayacak şekilde kırılır ve geçiş cam kırıkları hazırlanır. Açık ve koyu yeşil cam üretiminde hematit kantarının tartım kapasitesi yeterli olmadığından, daha önce sodyum nitrat kantarı olarak kullanılan kantarlar hematit kantarı haline getirilmiştir.



**ŞİŞECAM**

Bronz ve füme cam üretimi sırasında kullanılan kobalt oksit ve çinko selenit kantarlarında çok sık arızalar meydana gelmiş ve bunun sonucunda zaman zaman bu hammaddeler laboratuvar terasında tartılarak kullanılmıştır.

Bronz ve füme üretiminde, sodyum nitrat, daha önce hematit tartımında kullanılan kantar ile tartılmış ve bunun sonucunda kapasite problemi yaşanmıştır. Halen söz konusu problemi giderici yönde çalışmalar devam etmektedir.

Yüksek cam kırığı oranına ulaşmak için harman büyüklüğü küçültülerek daha fazla harman hazırlanır. Bu renk verici katkı maddelerinin tartım hassasiyetini etkileyebilmektedir. Hematit ve sodyum nitrat stok yerlerinin yetersiz olması nedeni ile ikmal problemi yaşanmış, bununla ilgili yeni projeler üretilerek yatırım programı içine alınmıştır.

Tüm renk geçişlerinde ortaya çıkan cam kırığı kullanımı;

- Geçiş sırasında ürün alımı durdurulduktan sonra şerit daraltılarak bordlu olarak dışarıya alınan cam, belli bir sıraya göre paketler halinde istif edilmiştir. Paketlenmiş camların 2 saatte bir kimyasal analizleri yapılarak, çizelgesi oluşturulmuş, daha sonra bu paket camlar istenilen analiz değerlerini verecek şekilde paçallanarak kırılmıştır. Bu cam kırıklarının kullanım sırasında, uygulanacak reçeteye göre, harman ayarı yapılmaktadır.
- Geçiş cam kırığının en büyük zorluğu; alınan paketlerin konacağı yerin kısıtlı olması ve bunların tekrar kırılarak sisteme beslenmesidir. Ayrıca söz konusu geçiş cam kırıklarını renksiz camda kullanımının kısıtlı olması, cam kırıklarının aynı kampanya süresince yüksek oranlarda kullanımını zorunlu hale getirmektedir.

Yüksek oranda geçiş cam kırığı kullanımı, üretilen renkli camın kimyasal kompozisyonu ile beraber, harman redoksu ve katkı maddelerinin stabilitesini koruma zorluğu ortaya çıkarmaktadır. Örneğin; koyu yeşilden bronz geçiş cam kırıklarının, bronz veya füme camda kullanımı sırasında cam kırığı oranı %30'un üzerine çıkamamaktadır. Ayrıca yüksek oranda cam kırığı kullanımı cama katılan selenyum miktarını da etkilemekte, bu nedenle analiz sonuçlarına göre harmanda müdahale gerektirmektedir.

## **7.2. Üretim**

Açık ve koyu yeşil cam üretiminde şekillendirme işlemine yönelik olması gereken dinlendirme hedef cam sıcaklığı ile bu sıcaklığın üretilen renkli camın özelliklerine uygun olup olmayacağı önceden tespit edilememiştir.

Açık renkli yeşil cam üretimi sırasında boyutları 1 mm'ye kadar varan küresel (spherical) görünümü metalik molibden ve molibdatlar olduğu tespit edilmiş, toplam elektrik takviye miktarında yapılan azaltmalarla söz konusu hatalar ortadan kaldırılmıştır.

Açık ve koyu yeşil renkli cam üretiminde harmanı ortada, sağa ya da sola yatmadan tutabilme ancak verilen toplam elektrik enerjisinin besleme ağızında %30'dan %20'ye doğru düşürülebilmesiyle mümkün olmuştur. Toplam enerji sabit tutulduğunda son port yakıtlarının düşürülmesini gerektirmiş, bu durumda da köpüğün silinmesini çok zorlaştırmıştır.

Açık yeşil cam üretiminden koyu renkli yeşil cam üretimine geçişin başlamasıyla ergitme gücüğü ya da harman kaçacağına bağlı olmayan devitrifikasyon hataları gelmeye başlamıştır. Devitrifikasyonun aşırı alkali buharlaşmasına bağlı kritobalit ve tridimit kristalleri olduğu görülmüştür. Bu hatalar bronz renkli cam üretiminde de kalite hatası olarak daha çok cam şeridinin kenarından gelecek şekil verme prosesini etkilemiş ve 20 Mart 1998 günü füme renkli cam üretiminde de üretimin durmasına (shutdown) neden olmuştur.



ŞİŞECAM

## 12. SONUÇ

Trakya Cam Sanayii A.Ş. TR-1 hattında üretilen bronz ve füme renkli camlara ilaveten ürün yelpazesini genişletmek amacıyla açık ve koyu yeşil renkli cam üretimi yapılmıştır. Yeni tasarıma sahip TR-1 fırınında ilk defa üretilen yeşil renkli camlarda hedef renk değerlerine çok başarılı bir şekilde ulaşılmıştır. Fırın tasarımında yapılan kademeli taban ve elektrik takviye uygulamaları renkli camların hedef brüt çekişlerde yapılmasına olanak sağlamıştır. Renkli cam kırığı stoklama geliştirme yatırımı, eğitime proses kontrolünü arttıran 1. zon elektrik takviye revizyonu, dinlendirme cam sıcaklığının daha homojen olmasını sağlayacak yeni doğalgaz bekleri tasarımı ile daha kaliteli ve daha uzun süreli yeşil renkli cam üretileceği öngörülmektedir.

# OXY-FUEL YANMA SİSTEMİNİN SERT BOROSİLİKAT CAMIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Hande Sengel - Levent Kaya - Gülçin Albayrak

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

## ÖZET

Cam sanayiinde, fırınların ergitme performansını artırmak üzere son dönemlerde geliştirilmiş olan en ileri teknoloji, oxy-fuel yanma sistemidir. Bu teknolojinin beraberinde getirdiği en önemli avantajlar olarak ergimeyi kolaylaştırması ve fırın emisyonlarını azaltması sayılırken, diğer getiriler arasında fırın atmosferinde yer alan su miktarını ve dolayısıyla cam yapısı içerisindeki su miktarının artması da yer almaktadır.

Bu çalışmada, Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. Kırklareli Fabrikası E fırınında söz konusu yeni teknoloji ile üretilmekte olan borosilikat camın su içeriği ve bu su içeriğinin cam özelliklerine etkileri incelenerek, bir önceki kampanyada (Teknik Cam San. AŞ. 1 nolu fırını) hava-yakıt yanma sistemi ile üretimi yapılmış olan aynı camın su içeriği ve cam özellikleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca yine her iki kampanyada, fırın atmosferinin su içeriği de ölçülerek karşılaştırılmış, camın su içeriği ile arasındaki bağıntı incelenmiştir.

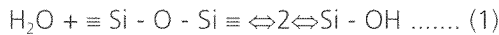
Elde edilen bulgular, yeni kampanyada, fırın atmosferindeki su miktarının eskiye oranla 6 misli olduğunu, cam yapısında yer alan suyun ise, %20 daha fazla olduğunu göstermektedir. Yine yapılan bu çalışmanın sonuçları, camın su içeriğinde tespit edilen bu artışla bağıntılı olarak da, cam viskozitesinin özellikle erime bölgesinde düştüğüne işaret etmektedir.

## 1. GİRİŞ

80'li yıllarda geliştirilmiş olan oxy-fuel yanma sistemi cam sanayiinde, fırınların ergitme performanslarını arttırmak üzere geliştirilmiş olan en ileri teknolojidir. Son dönemlerin literatürü, bu yeni teknolojinin kazandırdığı avantajlar olarak, maliyet düşürmeyi, cam kalitesinin artmasını ve hepsinden önemlisi fırın emisyonlarının düşmesini sıralamaktadır.

Oxy-fuel yanma sisteminin bir başka getirisi ise, fırın atmosferindeki su miktarının artmasıdır. Fırın atmosferindeki su konsantrasyonu da, cam yapısında yer alacak su miktarını doğrudan etkilemektedir. Soda-kireç camı üreten fırınlarda yapılan uygulamaların sonuçları, cam yapısı içindeki su buharı çözünürlüğünün, fırın atmosferinde yer alan suyun kısmi basıncının kare kökü ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir.

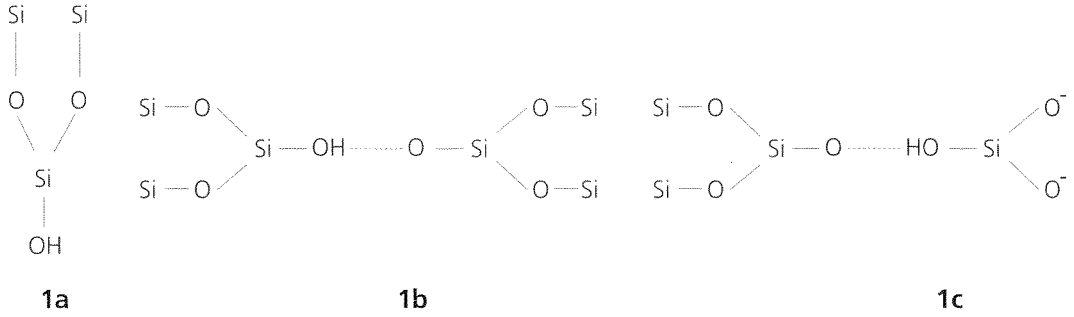
Gerçekte bütün ticari camlar, yapılarında bir miktar su ihtiva ederler. Hammaddeler, harman reaksiyonları, fırın atmosferi ve kullanılan yakıt gibi çeşitli kaynaklardan gelebilen su cam yapısına aşağıda verilen kimyasal denklemle (1) girer.



Bu reaksiyon sonucunda oluşan silanol grubu (SiOH), üç farklı şekilde cam yapısında yer alabilir:

- **Serbest hidroksil grubu:** Bu yerleşimde hidroksil iyonu serbest hidrojen atomuna sahiptir. Burada hidroksil iyonu ile en yakın oksijen arasındaki mesafe  $2.9 \text{ \AA}$ 'dır (Şekil 1a).
- **Bağlı hidroksil grubu:** Bu yerleşimde, hidroksil iyonundaki hidrojen atomu, komşu oksijen ile bir bağ daha yapar.

Eğer bu komşu oksijen atomu diğer taraftan ağ yapının parçası olan silise bağlı ise, onunla hidroksil iyonu arasındaki mesafe  $2.65 \text{ \AA}$ 'dır (Şekil 1b). Eğer söz konusu hidroksil grubu izole bir tetrahederin parçası olup oksijen atomuna bağlı ise, bu kez de oksijen ile hidroksil iyonu arasındaki mesafe  $2.55 \text{ \AA}$ 'dır (Şekil 1c).



**Şekil 1: Cam Yapısında hidroksil grubunun yerleşimi; 1a: Serbest hidroksil grubu; 1b: Ağ yapının parçası olan oksijenle bağ yapan hidroksil grubu; 1c: izole tetrahederin parçası olan bağlı hidroksil grubu.**

Cam yapısında yer alan su miktarını tespit etmek üzere, bilinen en doğru sonucu verecek metod vakum ortamında gazların ayrılması (vacuum heat extraction) dır. Fakat deney sırasında, cam yapısında yer alan uçucu bileşenlerin birbirleriyle reaksiyona girebilme olasılıkları, bu deneyin gerçekleştirilmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu doğrultuda, 1940'lı yıllarda cam bilimcilerinden Scholze, çok daha kolay bir yöntem olan IR spektrofotometresiyle, camın su içeriğinin tayin edilebileceğini öne sürmüştür. Yukarıda da değinildiği gibi su, cam yapısında üç farklı konumda bulunabiliyorsa, bu yerleşim birimlerine bağlı olarak IR bölgede üç farklı absorpsiyon bandına sahip olacaktır. Bu absorpsiyon bandları şu şekilde sıralanabilmektedir:

- 2.8  $\mu\text{m}$  (2.73 - 2.95  $\mu\text{m}$ ) - serbest hidroksil grubu,
- 3.6  $\mu\text{m}$  (3.35 - 3.85  $\mu\text{m}$ ) - ağ yapının parçası olan oksijene bağlı hidroksil grubu,
- 4.3  $\mu\text{m}$  - izole tetrahederin parçası olan bağlı hidroksil grubu,

Bu absorpsiyon bandlarının pozisyonları, şekilleri ve absorpsiyon katsayıları tamamıyla, ana cam kompozisyonu ile bağıntılıdır.

Scholze'den sonraki dönemlerde, Williams ve grubu hem vakumda gaz ayrışımı, hem de IR ölçümünü içeren oldukça kapsamlı bir çalışma yapmış ve hemen hemen her cam türü için absorpsiyon katsayısı belirlemiştir. 1965'te gerçekleştirilen bu çalışmadan sonraki dönemlerde yapılan tüm çalışmalar bu çalışmanın sonuçlarını teyid etmiştir. Böylece absorpsiyon katsayısının bilinmesi sayesinde, su miktarı IR spektroskopisiyle kantitatif olarak tayin edilebilecektir:

$$C = E/d \cdot \epsilon \quad (2)$$

$$E = \log (T_o / T_m) \quad (3)$$

Burada  $E$  = sönümlenme katsayısı (birimsiz)  
 $d$  = numune kalınlığı (cm)  
 $\epsilon$  = pratik absorpsiyon katsayısı (l/mol.cm)  
 $T_o$  = susuz numunenin geçirgenliği  
 $T_m$  = su içeren numunenin geçirgenliği

dir.

Ana camın yapısına göre, en uygun absorpsiyon bandı veya bandları seçilerek ölçüm yapılır. Sert borosilikat cam içinde, 2.8  $\mu\text{m}$ 'deki absorpsiyon bandı en uygunu olarak belirlenmiştir. Böylece



bu cam türü için su miktarı, IR spektrofotometre ile 2.8  $\mu\text{m}$ 'de ölçüm yapılarak aşağıdaki formüle göre belirlenir:

$$C_{H_2O} = 18000 E_{2.8} / d \cdot g \cdot \epsilon$$

E = sönümlenme katsayısı (birimsiz)  
d = numune kalınlığı (cm)  
g = yoğunluk ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )  
= pratik absorpsiyon katsayısı ( $\text{l}/\text{vol} \cdot \text{cm}$ )

Cam yapısında suyun yer alması, camın fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Etkilenen özelliklerin başında viskozite özelliği gelmektedir. Geçmiş dönemlerde yapılmış olan araştırma çalışmaları, yapısında su içeren camların özellikle yüksek sıcaklık viskozitelerinin daha düşük olduğuna işaret etmektedir. Bu bilgiler ışığında, hava-fuel oil yanma sisteminden oksijen-doğal gaz yanma sistemine dönüşümün sert borosilikat cam üreten Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. Kırklareli Fabrikası E fırınında (PK-E), fırın atmosferi üzerindeki etkileri camın su içeriği ve bundan kaynaklanabilecek diğer değişimler incelenerek tespit edilmiştir. Bu çalışmanın bir uzantısı olarak, hammadde kristal suyunun, camın su içeriğine etkisi olup olmadığı da deneysel olarak incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Söz konusu çalışmada kullanılan cam numuneler;

1. Yanma sisteminin camın su içeriğine olabilecek etkilerini görebilmek üzere, oksijen-doğal gaz yanma sistemi ile üretim yapan Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. Kırklareli Fabrikası E fırını (PK-E) ve hava-fuel oil yanma sistemi ile üretim yapmış olan Teknik Cam San. A.Ş. 1 nolu fırınından alınan borosilikat cam numuneleri (1a-2c), ve
2. Borosilikat cam harmanında yer alan boraksın içerdiği kristal suyunun, camın su içeriğine etkisini incelemek üzere, farklı kristal suyuna sahip borakslar içeren harmanlardan yapılmış olan laboratuvar eritileri (3-5)

olarak iki grupta toplanmaktadır. Tüm cam numunelerinin spektrofotometrik olarak su içerikleri tayin edilmiştir. Ayrıca, üretimden alınan numunelerin (1. grupta yer alan) yüksek ve düşük sıcaklık viskoziteleri ile yoğunlukları ölçülmüş olup, elde edilen sonuçlar tablo 1 ve 2'de verilmektedir.

özellikle 1.grupta yer alan cam numunelerinin su içerikleri ile bağlantı kurmak üzere, eski ve yeni fırınların atmosfer su miktarları tayin edilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 1. Cam numunelerinin su içerikleri.**

Numune kaynağı	% T <sub>2.5</sub>	% T <sub>2.8</sub>	d (mm)	C <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (ppm)
1a	79.15	23.26	1.42	535
1b (hava-fuel oil)	84.56	24.41	1.45	532
1c	83.05	24.03	1.47	523
1d	82.09	23.77	1.45	530
2a	82.90	19.58	1.42	631
1b (oksijen-doğal gaz)	79.15	17.54	1.45	645
2c	82.43	18.31	1.46	639
3 (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> . 10H <sub>2</sub> O ile)	82.94	41.19	1.44	387
4 (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> . 5H <sub>2</sub> O ile)	86.70	38.14	1.40	364
5 (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ile)	82.45	32.94	1.47	336

**Tablo 2. üretimden alınan cam numunelerinin fiziksel özellikleri.**

Fiziksel Özellikler	Örnek 1 (hava/Fueloil)	Örnek 2 (oksijen/doğal gaz)
Yoğunluk, $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.2330	2.2342
Yum. Nok., $T_s$ (°C)	805	801
Yük. Sic. Vis., (°C)		
$\log\eta^*=2.75$	1550	1525
$\log\eta^*=3.00$	1467	1453
$\log\eta^*=3.25$	1401	1388
$\log\eta^*=3.50$	1336	1328
$\log\eta^*=4.00$	1228	1222

**Tablo 3. Eski ve yeni kampanya fırınların atmosfer su içerikleri.**

Fırın Tipi	Su buharı kons. (% vol.)
Hava/fuel oil	10.4
oksijen/doğal gaz	61.1

### 3. DEĞERLENDİRME

Tablo 1 incelendiğinde, yeni borosilikat fırınından alınan numunelerin (2a-2c), eski fırından alınan numunelere (1a-1d) göre yaklaşık 100 ppm daha fazla su içerdikleri görülmektedir. Tablo 3’de aktarılan su buharı konsantrasyonlarına bakıldığında ise, yeni fırın atmosferinin 6 kez daha fazla su içerdiği ortaya çıkmaktadır. Literatürde, soda-kireç camı üreten fırınlarda yapılan uygulamaların sonuçları, cam yapısı içindeki su buharı çözünürlüğünün, fırın atmosferinde yer alan suyun kısmi basıncının kare kökü ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Bu noktadan hareketle, atmosfer su içerikleri ile cam yapısında yer alan su miktarları birlikte değerlendirildiğinde, borosilikat cam için daha farklı bir bağıntının var olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 1’de ayrıca, kuru atmosfer ortamında (elektrikli fırın ortamında), farklı borakslar(deka hidrat, penta hidrat ve anhidrit) içeren harmanlardan eritilmiş camların su içerikleri de yer almaktadır. Bu sonuçlar ise, boraksın kristal suyu arttıkça, camın su içeriğinin de arttığını göstermektedir. Oysa, boraks deka hidrat 62°C’de boraks penta hidrata, penta hidrat ise, 318°C’de anhidrit forma dönüşmektedir. Diğer yandan borosilikat harmanının erimesi sırasında, ilk borat sıvı fazı 600-700°C’lerde oluşmaktadır. Bu sıcaklık değerleri birlikte değerlendirildiğinde, boraks kristal suyunun cam yapışına girmesi pek de mümkün gözükmemektedir. Fakat diğer taraftan, erime deneyleri sırasında, boraks deka hidrat içeren harmanın diğerlerine göre daha kolay ve hızlı eridiği de gözlenmiştir.

Eski ve yeni borosilikat fırınlarından alınan cam numunelerinin viskozite ve yoğunluk değerlerini içeren Tablo 2’deki sonuçlardan, yeni fırından alınan numunelerin viskozite değerlerinin, eski fırından alınmış olan numunelere göre daha düşük olduğu, özellikle erime bölgesine denk gelen yüksek sıcaklık viskozitesinde ( $\log\eta^*= 2.75$ ) ise, bu farkların 25°C’lere ulaştığı görülmektedir. Yine bu üablo’daki değerlere bakarak, her iki fırından alınan numunelerin yoğunluk değerleri arasında da, oldukça küçük bir fark olduğu söylenebilmektedir.

#### 4. SONUÇ

Yukarıda aktarılan çalışmanın sonuçları aşağıda sıralanmaktadır :

1. Oksijen/doğal gaz yanma sistemiyle işletilen yeni borosilikat fırınından alınan numuneler, hava/fuel oil yanma sistemi kullanılmış olan eski fırından alınan numunelere göre yaklaşık 100 ppm daha fazla su içermektedir. Söz konusu fırınların atmosferindeki su buharı konsantrasyonları ise, yeni fırın lehine 6 kez daha fazladır. Literatürde, soda-kireç camı üreten fırınlarda yapılan uygulamaların sonuçları, cam yapısı içindeki su buharı çözünürlüğünün, fırın atmosferinde yer alan suyun kısmi basıncının kare kökü ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Bu noktadan hareketle, atmosfer su içerikleri ile cam yapısında yer alan su miktarları birlikte değerlendirildiğinde, borosilikat cam için daha farklı bir bağıntının var olduğunu söylemek mümkündür.
2. Kuru atmosfer ortamında eritilmiş olan deneysel camların su içerikleri, oksijen/doğal gaz yanma sistemiyle işletilen yeni borosilikat fırınından alınan camların su içeriklerinin yaklaşık yarısı mertebesinde.
3. Oksijen/doğal gaz yanma sistemiyle işletilen yeni borosilikat fırınından alınan camın yoğunluk değeri, hava/fuel oil yanma sistemi kullanılmış olan eski fırından alınan cama göre 0.001 g/cm<sup>3</sup> gibi küçük bir fark kadar daha yüksektir.
4. Oksijen/doğal gaz yanma sistemiyle üretilmiş camın viskozitesi, hava/fuel oil yanma sistemiyle üretilmiş cama oranla daha düşüktür. Yumuşama noktasında 4°C kadar olan farklar yüksek sıcaklıklarda açılmakta, erime bölgesinde 25°C'lere varmaktadır.
5. Borosilikat cam harmanında yer alan boraksın kristal suyu arttıkça, camın su içeriği de artmaktadır. Ancak bu konunun, ileriki dönemlerde, cam oluşum mekanizmaları ve cam-atmosfer ilişkileri bağlamında daha detaylı incelenmesinde fayda olacaktır.

#### 5. KAYNAKÇA

1. R.P. Chamberland, D. Pirtner and R.W. Shroeder, "Energy Recovery in 100% Oxy-Fuel Melting", Glass, 74[8],311-5(1997).
2. J.T. Brown, "Oxy-Fuel Beyond Melting", Glass Technology, 36[4], 103-6(1995).
3. J.T. Brown and H. Kobayashi, "How the Water Content of Glass Varies", Glass Industry, 77[7], 16-25(1996).
4. H. Scholze, " Der Einbau des Wassers in Glasern", Glastechnische Berrichte, 32[3], 81-8(1959).
5. H. Scholze, " Gasses and Water in Glass : Part two", The Glass Industry, 47[11], 622-8(1966).
6. H. Scholze, " Gasses and Water in Glass : Part one", The Glass Industry, 47[10], 546-51(1966).
7. J.E. Fenstermacher, R.C. Lesser and R.J. Ryder, " A Study of Water Content of Container Glasses", 46[9], 518-21(1965).
8. J.P. Williams, Y.S. Su, W.R.Strzegowski, " Direct Determination of Water in Glass", American Ceramic Society Bulletin, 55[5], 524-7(1976).
9. F. Geotti-Bianchini and L. De Riu, " Infrared Spectroscopic Analysis of Water Incorporated in the Structure of Industrial Soda-Lime Silica Glasses", Glass Science and Technology of Glastechnische Berrichte, 68[7], 228-40(1995).
10. D.R. Wolters and H. Verweij, " The Incorporation of Water in Silicate Glasses", Physics and Chemistry of Glasses, 22[3], 55-61(1981)
11. F. Geotti-Bianchini, " Parameters Affecting the Workability of Container Glass", Glastechnische Berrichte, 65[11], 306-14(1992).

12. F. Geotti-Bianchini, " Parameters Affecting the Workability of Container Glass", Glastechnische Berrichte, 65[12], 329-37(1992).
13. H. Hessenkemper, " Glass Conditioning by Viscosity Control ", Glastechnische Berrichte, 69[8], 242-5(1996).
14. G. Hetherington and K. H. Jack, " The Viscosity of Vitrous Silica ", Physics and Chemistry of Glasses, 5, 130-6(1964).
15. G. Hetherington and K. H. Jack, " Influence of Water Content on the Properties of Vitrous Silica", Physics and Chemistry of Glasses, 3, 129-33(1962).
16. M.B. Volf, " Technical Approach to Glass", Elsevier (1990).
17. Geotti-Bianchini and L. De Riu, " Water Content of Sulfate Fined Industrial Soda Lime Glass and Its Influence on Workability", To be published in Glass Science and Technology of Glastechnische Berrichte in 1998.

# 21. YÜZYILIN EŞİĞİNDE MİMARLIK VE CAM

**Yücel Akyürek**

Camtaş Düzcam Pazarlama A.Ş.

## ÖZET

İki dünya savaşı ile daha önce hiç görülmemiş bir yıkım ve yeniden yapılanma da dahil olmak üzere başdöndürücü değişimleri yaşayan 20. yüzyıl artık tarih olmak üzeredir. 1850'lerden beri "simbiotik" bir etkileşim içinde gelişen Mimarlık ve Cam kavramlarını 20. yüzyıl içeriğinde inceleyerek bundan 21. yüzyılın başlangıcı için ipuçları çıkarabiliriz.

20. yüzyıl camcılığı 21. yüzyıl için muhteşem bir altyapı bırakmaktadır. Camın önü bundan sonra da açıktır. Saydamlığı ve duruluğu ile insanları büyüleyen cam, kazandığı her yeni işlev ve kullanım alanıyla yeniden keşfedilmekte ve yaşam bulmaktadır.

Topluluğumuz bugünkü bilgi, deneyim ve gelenekleriyle 21. yüzyılın gerçek arenası olacak uluslararası Dünya pazarlarında değişimi önceden yakalayarak başarılı olabilir. Yapılacak şey öğrenmek, geliştirmek ve uygulamak için gerekli ortamı hazırlamaktır.

Gelecekteki akıllı sistemler içine entegre edilmiş; çevreye ve yaşama katkıları artırılmış; gereksiz özelliklerden ve ayrıntılardan arındırılmış bir cam dünyasında buluşmak dileğiyle.

## Geçmişten geleceğe

Geçmiş bugünü, bugün de geleceği içinde barındırmaktadır. Yarını öngörebilmek için bugünü tarihsel bir perspektif içinde incelemek gerekir. Dünya 20. yüzyılda buhar makinasından uzay teknolojisine, telgraftan internet'e, ideolojilerden bilgi toplumuna; Türkiye ise İmparatorluk'tan Cumhuriyet'e, tek partili rejimden parlamenter demokrasiye, kapalı tarımsal ekonomiden global kentsel ekonomiye ve devletçilikten liberalizme dönüşümleri yaşamıştır.

20. yüzyıl, insanları ve toplumları başdöndürücü gelişim (veya değişim) hızıyla şaşkına çevirmiştir. Kişi ve toplulukların bu dönüşüm ve hız tepkileri onların birbirlerine karşı göreceli konumlarını da belirlemiştir. Dünya toplulukları, dönüşümü ve hızı yönetenler; onu yakalamaya çabalayanlar ve dönüşümle birlikte onun yarattığı keskin farklılaşmaya "köktendincilik", "yörecilik" veya "dar milliyetçilik" gibi kavramları bayrak yaparak direnen gruplara ayrılmıştır. Kökleri 19. yüzyıla kadar uzanan "Batılılaşma" tercihiyle 2. gruba dahil olan Türkiye, 20. yüzyıl girdabının ortasında uygarlık trenini canla başla yakalamaya çalışmaktadır.

20. yüzyılda yapı üretiminde de köklü değişimler yaşanmıştır. Kurumlar ve seçkinlerin tekelinden kurtularak bir anlamda "sivilleşen" 20. yüzyıl yapı sanatı sade insanların günlük yaşamına yani konut'a yönelmiştir. 20. yüzyıl insanı ulaşım, elektrik, temiz su, kanalizasyon, merkezi ısınma gibi sorunları büyük bir çapta çözmüş; radyo, televizyon, telefon ve bilişim ağı gibi haberleşme olanaklarıyla da donanmış olarak 21. yüzyıla girmektedir. Bütün bu altyapı değişiklikleri üstyapıya da yansımış ve mimari tasarımda 19. yüzyılın geçmiş çağlara öykünen süslü fasad yapılarının yerini işlevi, kurguyu ve taşıyıcı sistemi öne çıkaran yapılar almıştır. Bugün tarihsel olarak "modern mimari" diye adlandırdığımız bu olgu, geçmişteki "neo klasik" veya "eklektik" (derlemeci) anlayışın "usul" ve "stil" kaygılarını dışlamış; bunun yerine yaşam - mekan ilişkisini ön plana çıkarmıştır.

Türkiye 20. yüzyılda bilinen bir çok nedenlerden ötürü kırsal bölgelerden kentlere doğru hızlı, hazırlıksız ve gecikmiş bir göç yaşamıştır. Kentler bu göç dalgalarını barındırmak ve iş sahibi yapabilmek için "her ne pahasına olursa olsun" acil çözümler üretmek durumunda kalmıştır. Modern mimarinin üç ustasından biri olan **Frank Lloyd Wright**'in tanımıyla bazen bir ağaç, bazen bir nilüfer,



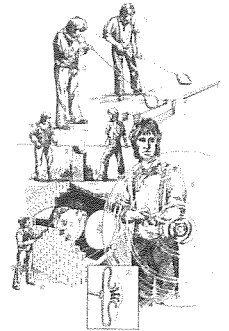
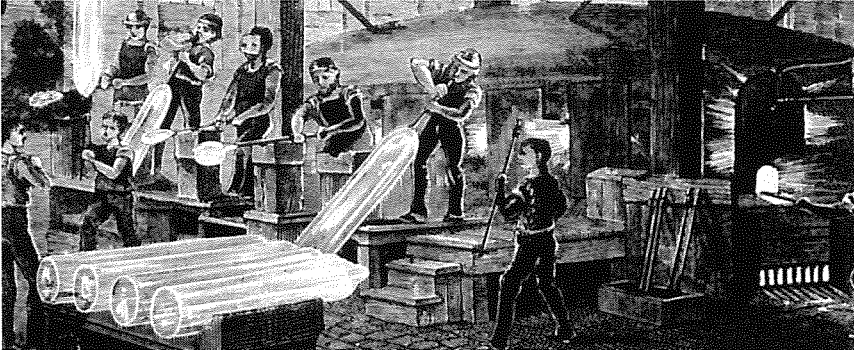
Fotoğraf no: 1 F. Lloyd Wright'ın şelale evi Wright'ın organik mimari anlayışının ve erken dönem "sürekli pencere" kavramının bir örneği

bazen de bir kaktüs gibi doğanın ayrılmaz bir parçası; **Le Corbusier**'in tanımlamasıyla doğadan bağımsız ama doğal ortamda sergilenen bir yontu; **Mies Van Der Rohe**'nin tanımlamalarıyla matematiksel presizyona sahip bir ilişkiler ve orantılar sistemi olması gereken "modern" yapılar "**çok acelesi olan**" Türkiye gibi ülkelerde **beton yığınlarına** ve **doğa kirliliğine** dönüşmüştür. İnsanlar yüzlerce yıldan beri belirli bir lezzetle işledikleri ahşap ve taş yapılardan geleneği olmayan ama çok daha kullanışlı ve problemsiz "betonarme" ye hiç hazırlıksız birden bire geçmişlerdir.

Cam da bunun dışında kalamamıştır. Son 10 yılda yaşanan talep patlamasıyla, kent yapıları bazen iyi bir tasarımla; bazen de görgüsüzce ve özensiz bir umursamazlıkla giydirilmeye başlanmıştır. Beton kirliliğine benzer bir **cam kirliliği yaşamamak için** tasarım profesyonellerinden başlayan bir bilgilenme ve bilinçlenmeye ihtiyaç vardır.

## 20. yüzyıl camda bir atılım dönemidir.

20. yüzyılda düzcamların üretimi ve işlenmesinde büyük gelişmeler yaşanmıştır. 17 ve 18 yüzyıllarda üfleme tekniği ile elde edilen cam silindirin üfleme çubuğunda kurtarıldıktan sonra boylamasına



Fotoğraf no: 2 Üfleme eski düzcamların üretim teknikleri

kesilmesiyle elde edilen düzcam, 19. yüzyılda basınçlı hava ve cam silindirinin yeniden ısıtılarak düzleştirilmesi ile geliştirilmiş; yüzey parlatma teknikleri sırasıyla su, buhar ve elektrik gücüyle kolaylaştırılmış; 19. yüzyılın sonlarında geliştirilen çekme cam teknikleri ile de yaygınlaşmış ve ucuzlamıştır. Ancak 1960' larda keşfedilen **float** (yüzdürme) **cam teknolojisi modern camcılık için gerçek bir milat olarak kabul edilebilir.** Kalay eriyiği üzerinde yüzdürülen cam eriyiğinin kalyandan önce katılmasıyla oluşan kusursuz, pürüzsüz ve paralel yüzeyli float cam ikincil işlemler için de mükemmel bir altyapı oluşturmuştur.

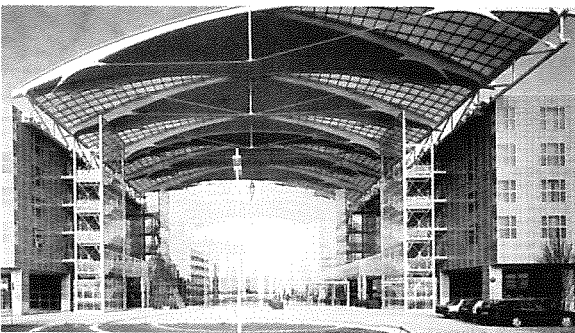
Pahalılaşan kent arsaları; gelişen hizmet sektörünün ihtiyaç duyduğu randımanlı yaşam ve çalışma mekanları; betonarme, çelik; metalurji ve yapı statiği mühendislik dallarındaki ilerlemeler, iç mekanların seri halde "yanyana" ve "üstüste" sıralanmasına neden olmuş ve bugünün "yapı yoğun" kent uygarlığı doğmuştur. Amerika ve Avrupa'da 20. yüzyılın ilk yarısında; Türkiye'de ise ilk üç çeyreğinde tekcam, cam çivisi ve bezir yağından yapılmış cam macunundan ibaret olan camcılık da bu oluşumla birlikte yerini başka malzemelerle kıyasıya bir rekabete giren ve yapıyı bütünüyle giydiren bir cam kabuk ve bunu besleyen bir tasarım faaliyeti ve sanayi haline dönüşmüştür.

Geçmişin az katlı ve bahçeli yaşam alanlarının yerini bugünlerin apartman veya gökdelenleri aldıkça örneğin bir apartmanın 15. katında, kismetimize düşen doğrultuda dışarıyla bağlantımızı sağlayan yegane unsur olarak "pencere" daha da büyük önem kazanmıştır. Işık ve manzara açısından vazgeçilemez olan pencereler sürekli ve bütün bir yapı cephesine dönüşmüş ve cam, yağmur ile rüzgara karşı sağladığı geleneksel korumaya ek işlevler üstlenmiştir. **Güneş ısı kazanımının sınırlandırılması, yapı ısısının korunması, gürültü kontrolü ve güvenlik** yeni yaşam şartlarının ve yükselen çevre kaygısının camla bağdaştırdığı yeni ölçütlerdir.

Bugün yalıtım camları, renkli camlar, ısı ve güneş kontrol kaplamaları, ısı işlemler (tam ve kısmi temperleme), laminasyon, opaklaştırma, akustik reçineler ve gaz doldurma gibi katma değerlerle cam, saydam olmayan beton, tuğla + sıva, mermer ve granit gibi dış cephe malzemeleriyle yalıtım, dayanıklılık ve güvenlik açılarından boy ölçüşebilmektedir. Taşıyıcı sistemlerin izin verdiği ölçüde alabildiğine gökyüzüne yükselen yapıların cepheleri için hafif, kolay temizlenebilen ve kullanılabilir alandan yer çalmayan **cam, bu yüzyılda rakipsiz bir malzeme haline gelmiştir.**

## 20. yüzyılın gelişim sinerjisi

Bir çok diğer sahada olduğu gibi camda da yenilikler, motivasyonu talep, pazar payı ve kar olan üreticilerle, toplum bilinci ve vicdanını temsil eden güçlerin buluştuğu noktada yeşermektedir. Fosil yakıt rezervlerinin korunması ve Dünya ortalama sıcaklığının artmasındaki en büyük paya sahip olan **CO<sub>2</sub> emisyonunun minimuma indirilmesi** için Almanya'nın 1995'te yürürlüğe koyduğu ve 1999'da revize etmeye hazırlandığı Isı Koruma Yönetmeliği ile cam endüstrisinin bu doğrultuda yarattığı çözümler bu işbirliğinin mükemmel bir örneğidir.



Yapılması gerekenle yapılabilirlik arasındaki ince çizgide yürüyen mimarların bugünden belirlediği önemli bir tasarım hedefi de **sıfır enerji** tüketen yapılardır. Bu süreçte malzemenin mevcut sınırları korunmakta ve bunla-

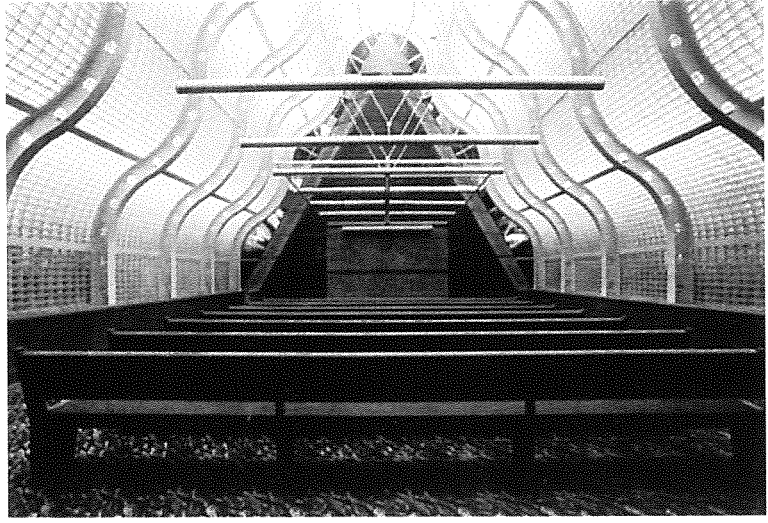
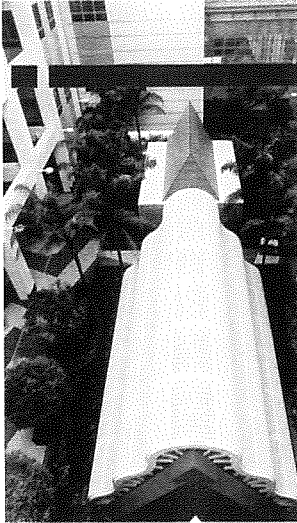
**Fotoğraf no: 5 Münih Kempinsky Oteli**  
Fotovoltaik cam paneller ve "içeri" ve "dışarı" arasındaki ayrımı görsel anlamda yokeden çok amaçlı nötral kaplamalı camlarla yeni tasarım anlayışının iyi bir örneği

ra yeni görevler yüklenmekte; veya sınırlar zorlanmakta ve camdan yeni işlevler beklenmektedir. Bu projelerde ısıtma, havalandırma, soğutma için enerji harcayan elektromekanik tesisat tamamen devreden çıkarılmakta; **“soğuk cephelerin”** çift çıdarları arasında oluşan **“bacaların”** hava akımları flaplarla yönlendirilerek havalandırma ve serinleme sağlamakta; yapı pasif solar **kazançlarla ısıtılmakta ve fotovoltaik güneş panelleri ile aydınlanmaktadır.** Bina içi ile bina dışı arasındaki ilişkilerin düzenlenmesinde çok önemli görevler üstlenen çevre kontrol camları da bu yeni bina tasarımının en önemli araçları arasında yer almaktadır. Mimarlıktaki bu **“yeniden doğaya dönüş”** akımının cam endüstrisinde bulunduğu yankı ise özellikle kuzey ülkelerinin çok ihtiyaç duyduğu doğal ışığın geçişini azaltan yansımaya ve renkten yararlanmadan iklim kontrolü sağlayan ve doğallıkla **“estetik”** düzlemde de bütünleşen **çok amaçlı nötral kaplamalardır.**

Camın yapaylıklardan arındırılarak duru haliyle yeniden yorumlanması yepyeni mimari anlatımları da beraberinde getirmektedir. Bütün taşıyıcı sistemini ve kurgusunu yüksek ışık geçirgenlikli, düşük yansıtımlı nötral camlar ve paslanmaz çelik cıvata ve gergiler yardımıyla açık ve yalın biçimde sergileyen dikkat çekici projelere artık sık sık rastlanmaktadır. Yapının iç ve dış gerçeğini aynı bakış açısında sergileyebilen bu anlayış belki bir tür **“yeni kubizm”** olarak da yorumlanabilir.

## Yasal düzenlemeler

20. yüzyıl **“yetenekli camların akıllı kullanıldığı”** bir dönemle noktalanmaktadır. Baştan tanımlanmış koşullara uygun nitelikleri olabildiğince geliştirilmiş ürünlerin doğru kullanımı tasarımcının ve kullanıcının sorumluluğundadır. Cam üretimi, işlenmesi ve seçimine ilişkin yönetmelik ve standartlar, camın davranışları ve yetenekleri ile ilgili çok az sürprize yer bırakacak bir disiplin sağlamaktadır. İyi örgütlenmiş toplumlarda **üreticiler, tasarımcılar, uygulayıcılar** ve yapı şartnamelerini hazırlayan **profesyonellerin sorumluluk sınırları bellidir.** Örneğin, başüstü camlamalarda temperli veya laminasyonlu güvenlik camları kullanılmasının yönetmelik hükmü olduğu ülkelerde, bu camlamalarla ilgili her hangi bir kaza olduğunda, yapı şartnamesine yönetmeliğe uygun cam koymayan tasarımcı veya üretimi ve montajı standartlara uygun yapmayan taraf cezalandırılmaktadır.



Fotoğraf no: 4 Veteran's Hastane Kilisesi Detroit, MI ABD.

Mimarlar: S. Hinchman+Grylls Inc. Pittsburg Corning cam bloklarıyla yapılan bir tonoz.

Gelişmiş endüstri ülkeleri bu etkileşim sistematüğünü bir pazarlama desteği olarak da kullanmaktadır. İhale dosyalarının ayrılmaz parçası olan yapı şartnamelerine yerleştirilecek performans verileri veya **“ASTM, BS veya DIN normlarının ..... maddelerine uygun olacaktır”** hükümleri teknik açıdan kıyaslanabilir olsa bile geçerli bir **sertifikasyondan** yoksun en basit bir ürünün bile projelerde kullanılmasına imkan bırakmamaktadır.

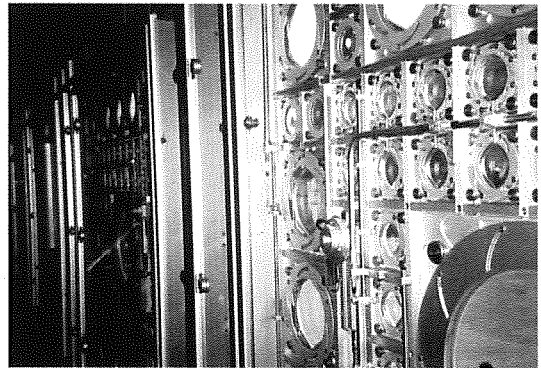
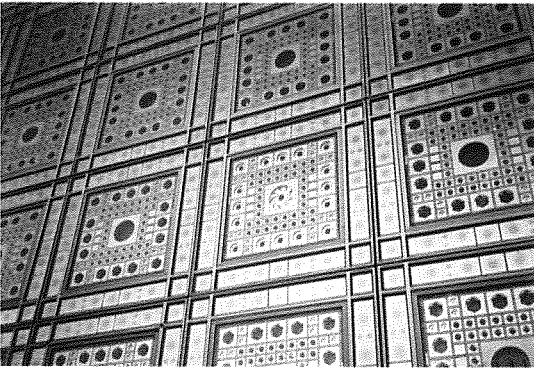


Bütün Dünya'da olduğu gibi artık Türkiye'de de önemli projelerin hemen hepsine cam satabilmenin yolu, varsa, mevcut şartnamelere uyum sağlamak veya yoksa, uluslararası yönetmelik ve standartlara uygun şartnameler hazırlamaktan geçmektedir. Endüstriyel ürünlerin dışsatımı için bir seferberlik halinde olan Türkiye ve Topluluğumuz açısından konu ayrıca önemlidir. Bir taraftan yönetmelik ve standartlar geliştirilerek yenilenirken, diğer yandan üretim uluslararası standartlar seviyesinde kalibre edilmeli ve geçerli sertifikasyon sağlanmalıdır. Önümüzde bu açıdan katedilmesi gereken uzun ve zahmetli bir yol bulunmaktadır. Avrupa EN normlarına uyum sağlama çalışmaları bizim için 20. yüzyılın en önemli fırsatları arasındadır.

## Yarının dünyası

Yakın gelecekte uygarlık nimetlerinin daha adaletli dağılacağını ve böylece bölgesel veya toplumsal farkların azalacağını; çevre bilincinin güçleneceğini ve 20. yüzyıldaki doğa yağması sürecinin doğa yaralarının sarılması sürecine dönüşeceğini beklemekten başka çaremiz yoktur. ABD Başkan Yardımcısı **Al Gore** 11.08.1998 tarihli demecinde **1997-1998 temmuz döneminde Dünyanın ortalama ısısının 16.5°C** olarak ölçüldüğünü ve bir yıl önceki, ortalamanın 16.25°C olduğunu söylemektedir. **Dünya ortalama ısısının 4 yılda 1°C artıyor** olabileceği korkunç gerçeğine rağmen bu konuda kadcilerin veya kötümserlerin kıyamet öngörülerine katılmak mümkün değildir. Çünkü bu hiçlik ve yokluk demektir.

Önümüzdeki yıllarda yasal düzenlemeler ve yaptırımların çok daha sıkılaşacağı; enerjinin verimli kullanımıyla ilgili önlemlerin ulusal boyuttan uluslararası boyuta taşınacağı; diğer yapı elemanlarında olduğu gibi camla ilgili beklentilerin daha da artacağı hesaba katılmalıdır. Önce doğanın daha fazla zarar görmemesi sonra da iyileştirilmesi için global bir seferberlik ilanı kaçınılmazdır. Cam da bu savaş içindeki yerini alacaktır. Bugünün "yetenekli camları" yarın yerini sıfır enerji tüketimi şartnamelerine uyum sağlamak için tavır değiştiren "akıllı camlara" ve camlamasistemlerine bırakacaktır. Bugün mimarlık ölçeğinde fizibilite aşamasına tam olarak getirilememiş bulunan "photochromic" "thermochromic", "electrochromic" ve hatta "gasochromic" camlar ile güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren "photovoltaic" paneller yarın standart ürünler haline gelecektir. Bugün mimarların uygun malzeme seçimi üzerine kurulu tasarım geleneği gelecekte büyük bir olasılıkla konuya özel, önceden tasarlanmış sistem seçimlerine dönüşecektir.



Fotoğraf no: 6 Le Monde Arabe, Paris Yarı akıllı, yarı deli bir yapı

Geleceğin dünyasında ikincil işlemsiz yalın cam stratejik olmaktan çıkacak, rekabet başka disiplinlerle iç içe geliştirilmiş, katma değeri çok yüksek ürünler arasında yaşanacaktır.

## Gelecekte var olabilmek

21. yüzyılın bütününde neler olabileceğini bugünden kestirmek mümkün olmasa da öngörülebilir bir geleceğin ana hatları bugünden bellidir. Geleceğin dünyasında Türkiye göçebelikten kurtul-

muş ve yerleşik kent uygarlığına geçmiş olacaktır. Çünkü kentsel / kırsal nüfus dengesi sonsuza kadar değişmeye devam edemeyecek ve günün birinde kendiliğinden bir denge oluşacaktır. Endüstrileşme sürecinin hızlanması; genel refah seviyesinin yükselmesi; çevre ve gelecek duyarlılığının artması; ve yeni malzemelerle daha haşır neşir olunması sonucunda yapı üretimi ve mimari çevre bir olgunluk dönemine girecektir. Böyle bir Türkiye’de insanlar farklılığı nihayet ayırdedebilir ve kaliteye para harcayabilir düzeye ulaşmış olacaktır.

Ancak geleceğin **tek bir Dünya pazarında yerel üretim ve tüketim dengelerinin hiç bir öneminin kalmayacağı** da bir gerçektir. Gümrük diye bir kavram da tarihe karışacağı için bir taraftan dünya üreticileri Türkiye’ye satış yaparken diğer yandan Türk üreticiler de pazar olarak Dünya’yı hedef almak durumunda kalacaktır. Rekabet de pazar gibi globalleşecektir.



Fotoğraf no: 3 Guggenheim Müzesi, Bilbao-İspanya Mimar: F.O. Gehry Titanyum ve cam cephe



ŞİŞECAM

Geleceğin dünyasında da üretici kuruluşlar bugün olduğu gibi değişimi öngörüp gelişmeyi yönetteler; gelişim hızına ayak uydurmaya çalışanlar ve marjinal kalarak bu yarıştan ayrılanlar olmak üzere ard arda sıralanacaktır. Yarışı önde götürmenin en önemli koşullarından biri AR-GE çalışmalarıdır. **St. Gobain**'in "**Prosol**" markası ile pazarladığı "photovoltaic" panolar; "**Priva-Lite**" markası ile pazarladığı "elektrochromic" camlar; Interpane'in 2 yıl sonra satışa çıkarmaya çalıştığı "gasochromic" üniteler geleceğin akıllı çözümlerine yönelik dikkat çekici AR-GE ürünleridir. Topluluğumuz'un Ince Film Laboratuvarı ve PV çalışmaları da bu doğrultuda atılmış değerli adımlardır. Yarışta kalabilmenin asgari koşulu ise hiç değilse başkalarından öğrenebilme becerisidir.

Diğer yandan AR-GE kapsamının sadece "ürün geliştirme" olarak anlaşılması büyük bir yanılgıdır. Kullanıcıların genel veya proje bazındaki ihtiyaçlarının doğru olarak yorumlanması ve buna yönelik çözümlerin oluşturulabilmesi özellikle Türkiye gibi yasal düzenlemeler, bilgi ve bilinç açısından eksikleri olan ülkelerde "ürün geliştirme" faaliyetlerinden daha fazla bir stratejik öneme sahiptir. Cam kullanıcısına, örneğin dinamik ve statik yüklerle bağlantılı cam işlemleri ve kalınlıkları; camın iklim kontrol özelliklerinin ilk tesis ve işletme giderleriyle yaşam koşullarına etkisi; ihtiyaçla çözüm arasındaki en kestirme ve ekonomik yol konusunda bilgi vermeyen ve sadece üretim maliyeti ile ilgili dar kaygılara saplanıp kalarak çözümün müşteriye maliyeti üzerinde durmayan şirketlerin başarı şansı daha da azalacaktır. Müşteriye anlamlı ve kapsamlı bir yönlendirme hizmeti sunabilmek, sadece maliyet ve fiyatları kullanarak yapılan pazarlamadan daha etkilidir. Pilkington "Technical Advisory Services", firma içi ve firma dışı müşterilere yönelik danışmanlık hizmetleriyle örnek bir kuruluştur.

## Cam gündemi

Kasım 1996 THM envanterinde Şişecam yelpazesinde yer almayan ürünler listesi oldukça uzun olmakla birlikte herhangi bir cam kuruluşunun bütün alanların tümünü birden kapsamaması düşünülemez. Ticari ve uzmanlık açısından yapılabirlik sınırları olması doğaldır. Bugün olduğundan daha çok belki gelecekte cam çözümleri farklı kaynaklardan derlenmiş katkıları da içinde barındıracaktır.

Topluluğumuzun tercihleri doğrultusunda halihazırda geliştirme gündeminde bulunan veya önemli saydığımız bazı yeni ürün ve çözümlerin içinden ön planda görünenler aşağıdadır.

- **Hat dışı pirolitik** güneş ve ısı kontrol (Low-E) kaplamaları
- **Antireflektif (yansıtmasız) camlar**
- **Ultra renksiz camlar**
- E ve EI (G ve F) sınıfı **yangın camları**
- **Gürültü kontrol çözümleri**
- Noktasal mesnetli strüktürel camlama sistemleri

Camtaş tarafından ele alınan iki projeden biri olan gürültü kontrol camları projesi dört aşamalıdır.

### Birinci aşama:

Gürültü kontrolüne özel olmayan niteliklerin ve kombinasyonların 1/3 oktav bantlarındaki STL ses geçiş kayıplarının frekans eğrileri ve  $R_w$  ( $c$ ,  $c_{tr}$ ),  $R_p$  ve  $R_{tr}$  ölçeğinde tayini;

### İkinci aşama:

Birinci aşamadaki verilerin anlamlı sayıda laboratuvar ölçüleriyle irdelenmesi ve doğrulanması;

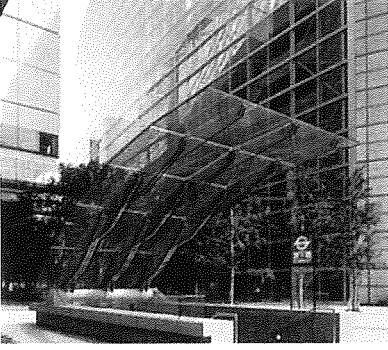
### Üçüncü aşama:

Argon+Sf<sub>6</sub> gaz dolgu ve akustik laminasyon reçinesi katkılarıyla geliştirilmiş yeni gürültü kontrol ünitelerinin irdelenmesi ;

## Dördüncü aşama

Gaz dolgu ve akustik reçine ile uygulama aşamasına geçiş. Bu aşamaya gelindiğinde yeni ürün geliştirme prosedürü işletilecektir.

İkinci proje de Nokta tespitli strüktürel camlamalardır.



**Fotoğraf no:7 Tokyo International Forum, Mimarlar: R. Vindy Architects-NY  
Camın strüktürel kullanımı**

Paslanmaz çelik vida ve gergiler yardımıyla cam plakalara basınç ve çekme gerilimleri yükleyen strüktürel camlamalar giderek yaygınlaşmaktadır. Pilkington, St. Gobain, Asahi, Glaverbel gibi önemli kuruluşların patent sistemleri veya patent sahipleriyle ortaklığı vardır.

Camtaş (THM) genellikle "finite element" analizleri ve laboratuvar şartlarında sensorlerle delikler etrafında ölçülmüş gerilim dağılımları kullanılarak uzman mühendislik bürolarınca geliştirilmiş cam hesaplama yöntemlerinin temini için görüşmelere başlamıştır.

Yukarıdaki her iki konu da çözüm geliştirme çalışmalarına iyi birer örnektir.

# SES, GÜRÜLTÜ ve CAMLAMALARDA SES YALITIMI

## Hüseyin Parlar

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

### ÖZET

Günümüzde, büyük şehirlerde günden güne artan trafik yoğunluğunun ve endüstriyel yerleşimlerde üretim birimlerinin sebep olduğu çevre gürültüsünün rahatsız edici, hatta sağlığımızı tehdit eder boyuta ulaşmış olması, gerek konutlar, gerekse çalışma mekanlarında ses yalıtımı gereğini gündeme getirmiştir ve bunun sonucunda camlarda ve "Camlama" şeklinde de tanımlayabileceğimiz cam sistemlerinde optik ve ısı özelliklerinin yanında ses yalıtım özelliği de dikkate alınması gereken bir parametre olarak ortaya çıkmıştır. İç mekanlarda gürültü seviyesinin kabul edilebilir düzeye indirilmesi, dış gürültü seviyesinin ölçülmesi ve buna uygun olarak başta camlamalar olmak üzere uygun tasarlanmış mimari elemanların kullanımıyla mümkündür. Sunulan bildiri de sözkonusu elemanların ses yalıtım özelliklerinin hesaplanma ve ölçüm metotlarına değinirken değişik kalınlıklarda monolitik, lamine, veya hava-gaz ara boşluklu çoklu cam sistemleri gibi değişik kombinasyonların kullanımıyla elde edilecek ses yalıtım değerleri örneklenmeye çalışılacaktır.

### 1. GİRİŞ

Sesi, titreşen havanın oluşturduğu akustik bir dalga olarak düşünebiliriz. Ses, dalga boyu, hızı ve frekansı ile karakterize edilir.

Gürültü ise seslerin karmaşık bir şekilde bir araya gelmesidir. "İstenmeyen sesler" şeklinde de tanımlanabilir.

Başlıca gürültü kaynakları:

- Trafik gürültüsü, Uçak tren vs nakil araçları
  - Jeneratör, pompa, fan benzeri cihazlar
  - Fabrikalar, enerji santralleri
  - ve de hepimiz için güncel olan TV HiFi sistemleri ve sevgili komşularımız.
- olarak sıralanabilir.

"Akustik güç" olarak da tanımlayabileceğimiz ses gücü Wat olarak ifade edilir. Duyulabilir minimum ses gücü 1 piko wattır. Ses gücü seviyesi ise dB olarak ifade edilir. Ses gücünün duyulabilir minimum ses gücüne oranının fonksiyonu olan logaritmik bir ifadedir yani insan kulağı hassaslığı referans kabul edilmektedir. Duyulabilir minimum ses gücü seviyesi 0dB dir. Gürültü ve yalıtım hesaplarında kullanacağımız ölçülendirme Ses basınç seviyesidir. Ses basıncı, sesin, ses kaynağını çevreleyen küresel yüzey birimine uyguladığı kuvvet olarak açıklanabilir. Birimi mikro paskaldır. Ses basınç seviyesi ise yine bunun 20 mikro paskal olan duyulabilir minimum ses basıncına oranının logaritmik fonksiyonudur. Birimi dB dir. Duyulabilir ses basınç seviyesi 0 dB dir.

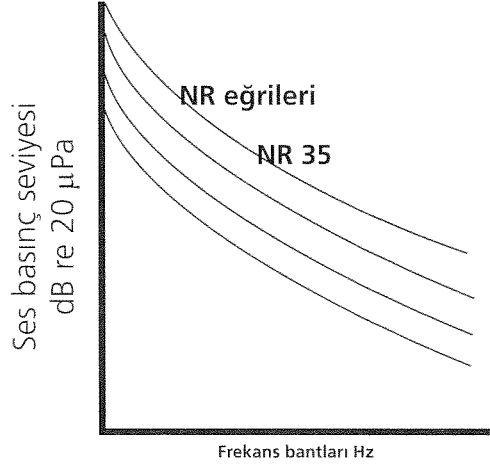
Gürültü rahatsız edici olmasının yanında sağlığa da zararlıdır. 80 dB in üzerindeki gürültü başta işitme kaybına yol açarken , kişide fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar yaratabilir. Ses basınç seviyesi ile ölçülendirilen gürültü için en yaygın kullanılan birim ağırlıklı ortalama desibel değeridir (dBA). Ölçüm cihazlarının doğrudan gösterdiği değerler olduğundan kullanımı kolaydır. Ancak farklı frekans bantlarındaki gürültüler karşılaştırıldığında hatalı sonuçlar verir.

Gürültüleri belli frekans bantlarında ölçtüğümüz zaman her bant için farklı ses basınç değerleri buluruz. Ortalama ses basınç seviyesi aynı olan iki farklı gürültü değişik frekans bantlarına göre farklı dağılım gösterebilir. Bu yüzden ses kriteri eğrileri geliştirilmiştir. Şekil 1 de NR eğrileri şematize edilmiştir. Gürültü eğrisi hangi eğriye yakınsa ve altında kalıyorsa o eğrinin ismiyle sınıflandırılır.

NC eğrileri  
63 HZ-8000 HZ

NR eğrileri (ISO)  
63 HZ-8000 HZ

RC eğrileri  
16 Hz-8000 Hz  
iç mekan gürültüleri



Şekil 1. NC Eğrileri

Yine gerek kataloglarda gerekse yayın organlarında en çok yer alan ortalama dB değerine göre ele alırsak şehirlerin belli başlı bölgeleri için ölçülen ortalama gürültü seviyeleri ve çeşitli mekanlar için önerilen maksimum gürültü limitleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Görüldüğü gibi gürültü seviyeleri 60-80 db arasında değişirken, maksimum limitler en fazla 45 dB e kadar çıkabilmektedir.

### Ölçülen Gürültü dBA

Otoyol : 80  
Şeh. Mer.: 75  
Caddeler : 70  
Sokaklar : 60

### Önerilen Maks. Seviye

#### Konutlar

Oturma  
40-45  
Yatak  
30-40

#### Ofisler

Özel  
40-45  
Açık  
45-50

#### Eğitim

Anfi-Lab  
35  
Sınıf  
40

## 2. AKUSTİK TASARIM

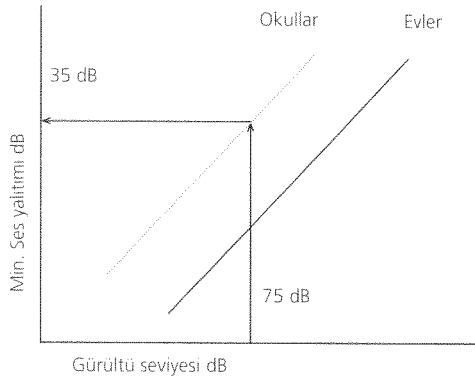


Yaşamımızın bir parçası haline gelmiş olan gürültü kaynaklarını ortadan kaldıramayız. Ancak uygun seçilmiş bir akustik yalıtım malzemesi kullanımıyla iç mekanlara geçen sesin şiddetini azaltabiliriz. Ses yalıtımına yönelik yapılan bu çalışmaya akustik tasarım adı verilir.

İlk adım dış gürültü seviyesinin belirlenmesidir. Bu gürültünün mekanın cinsine göre hangi seviyeye indirilmesi gerektiği, yani kabul edilebilir gürültü seviyesi saptanmalıdır. Daha sonra bu değerler kullanılarak dış duvarlar için ortalama bir değer olan gerekli minimum ses yalıtım değeri hesaplanır. Bu değerden tablolar aracılığıyla camlama için ses yalıtım değeri veya ses geçirgenlik kaybı bulunur. Uygun camlama sistemi seçilir. Uygulamadan sonra ölçümler yapılarak iç gürültü düzeyi kontrol edilir.

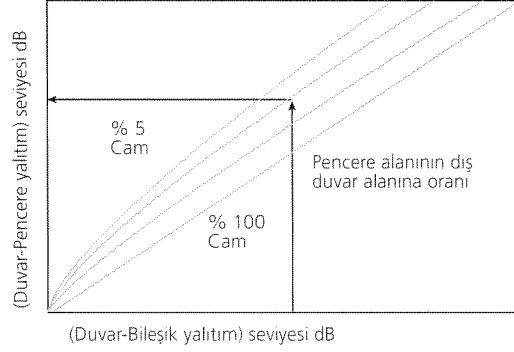
Dış gürültü seviyesinin belirlenmesinde gürültü cinsine göre değişen metodlar uygulanır. Bunlardan bir tanesi gürültü haritalarının çıkartılmasıdır. Değişik noktalarda ses basınç seviyeleri ölçülüp aynı deniz derinlik haritalarında olduğu gibi eşit gürültü noktaları gürültü merkezlerinde odaklanan kapalı eğrilerle birleştirilerek şehir gürültü bölgelerine ayrılır. Bu haritalar özellikle hava alanlarına yakın yerleşim bölgelerinde hazırlanmalıdır. Trafik gürültüsü, ölçümlerle ve modelleme çalışmalarıyla belirlenir. Modelleme belli araçların gürültü seviyeleri, araçların trafikteki kullanım yüzdeleri, trafik yoğunluğu gibi parametreler değerlendirilerek yapılır. Benzer metodlar tren gürültüsü için de uygulanabilir.

Bir binadaki tüm bir duvarın ses geçirgenliği kaybı, bileşik yalıtım seviyesi şeklinde isimlendirilir. Bu değeri hesaplamak için ilk akla gelen yöntem dış gürültü seviyesinden hedeflenen iç gürültü seviyesinin çıkartılmasıdır. Ancak buradaki birimler ses basınç seviyeleri olduğundan çıkartılma işlemi doğru sonuç vermez, bu yüzden hazırlanmış grafiklerden yararlanır. Gürültü seviyelerinin iç ortam cinsine göre çizilmiş eğrileri kestiği noktalar minimum bileşik yalıtım değerini verir. (Şekil 2)



**Şekil 2. Bileşik yalıtım seviyesi grafik hesap yöntemi**

Gürültü seviyesine göre camlama veya pencere seçimi için gerekli minimum gürültü yalıtım düzeyi de aynı şekilde grafikler kullanımıyla saptanır. Önce pencere alanının dış duvar alanına oranı hesaplanarak uygun eğri seçilir. Kullanılan duvarın gürültü yalıtım seviyesinden bu değer çıkartılarak apsiste işaretlenir. Belirlenen yüzde eğrisini kestiği noktadan duvar geçirgenlik kaybı eksi pencere geçirgenlik kaybı değeri bulunur. Buradan camlama için gerekli yalıtım düzeyi kolaylıkla hesaplanır.



Şekil 3. Pencere geçirgenlik kaybı grafik hesap yöntemi.

### 3. CAMLAMALARDA SES YALITIMI

Camlamalarda ses yalıtımını incelendiğinde öncelikle aşağıdaki sorular akla gelir.

- Ses nasıl geçer
- Ne tür ses yalıtım sistemleri oluşturulabilir
- Ses yalıtımı nasıl ölçülür
- Nasıl tanımlanır
- Ses yalıtım indeksleri nelerdir.

Bir engele çarpan ses dalgaları aynı ışık örneğinde olduğu gibi belli yüzdelerle geçerler, yansır, veya absorplanırlar. Konumuz olan camda absorplanma söz konusu değildir.

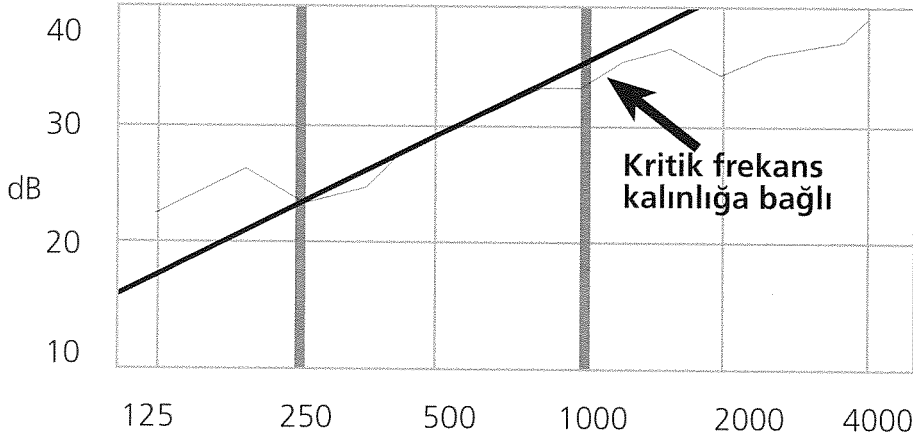
#### Sesin geçişi ise şu şekilde olur

Üzerine çarpan sesin etkisiyle yalıtım engeli titreşir. Malzemenin rezonans frekansı ile uyumlu olarak bu titreşim belli frekans aralıklarında artar veya azalır. Titreşen engel bir ses kaynağı gibi davranır ve diğer tarafa doğru da yayılan ve geçtiğini varsaydığımız ses dalgalarını oluşturur.

Maddelerde sesin geçişi sesin frekansına bağlı olarak, malzemenin kütlesi, absorpsiyonu, ve rezonans frekansına göre değişmektedir. Sesin geçiş kaybı kütle kanununa göre hesaplanabilir. Yani ses geçiş kaybı panelin yüzey başına kütlesi ve sesin frekansının logaritmik fonksiyonudur.

Şekil 4 de tek camlar için ses geçiş kaybının frekanslara göre değişimi görülmektedir. Görüldüğü gibi 250 Hz ile 1000Hz arası frekans bandında ses geçiş kaybı kütle kanununa uymaktadır. Alt frekanslarda rezonansa bağlı olarak değişmektedir. Kritik frekans olan 1000Hz in üzerinde ise azalma göstermektedir. Yani tiz sesler daha az engellenmektedirler. Bir otomobilde yüksek volüme açılmış müzik sesinin tizlerinin dışarıdan daha iyi duyulduğunu hepimiz farketmişizdir.





Şekil 4. Ses geçiş kaybının frekanslara göre değişimi.

Cam kötü bir ses yalıtım malzemesidir. Ancak mimaride kullanımı kaçınılmaz olduğundan yalıtım özelliğinin iyileştirilmesi, ses geçiş kaybının artırılması gerekmektedir.

Tek camlarda ses geçiş kaybını artırmak için kalınlık artırılabilir. Ancak kritik frekans kalınlıkla azaldığından kütle kanununa uyan frekans bandı daralır, 2cm kalınlığın üzerinde kritik frekans 500 Hz in altına iner ayrıca çok kalın camın kullanımı pratik değildir. Bu yüzden değişik cam kombinasyonları yapılarak camlama tasarımları yapılmıştır. Bunlar;

- Lamine cam sistemleri
- Ara boşluklu cam sistemleri
- Asimetrik ara boşluklu cam sistemleri
- Ara boşluklu lamine cam sistemleri
- Gaz doldurulmuş ara boşluklu sistemler ve diğer özel çözümlerdir.

#### Tek Camlar

Tek camlarda ses geçirgenlik kaybı değerlerinin kalınlığa bağlı olarak artışı tablo halinde görülmektedir, ancak yine görülmektedir ki 10 mm den sonra artış hızı azalmakta, 12 mm ile 19 mm arasında sadece 1 dB farketmektedir. Pratik uygulamalarda 10 mm.den daha kalın camlar kullanılmamaktadır.

Kalınlık	TL0	Kalınlık	TL0
mm	dB	mm	dB
4	28	10	33
5	29	12	34
6	30	15	34
8	32	19	35

#### Lamine camlar

İki camın PVB benzeri plastik malzemelerle lamine edilerek birleştirilmesiyle elde edilen lamine cam sistemleri oldukça iyi bir ses yalıtım özelliği taşırlar. PVB, elastisitesi ile ses geçişini azaltır. Özellikle tiz seslerin engellenmesinin istendiği hallerde lamine cam etkindir, bunun nedeni de kritik frekansın üzerindeki geçirgenlik artışının tek camlara göre daha az olmasıdır.

## Çift cam sistemleri

Çift cam sistemleri de ses yalıtımında mantıklı görünen bir çözümdür. Bu sistemlerde cam kalınlığı yanında ara boşluğun genişliği arttıkça ses yalıtım özelliği artar. Ara boşluk ses geçişini iki şekilde etkiler:

Birincisi iki cam arasında bir geçiş yolu oluşturur sistem iki ayrı ses engeli gibi davranır. İkinci etki ise iki cam arasındaki boşluğun bir yay gibi davranarak rezonans frekansını artırmasıdır. Bu şekilde rezonans bölgesi büyür. Bu bölgedeki ses geçiş kaybı kütle kanunu ile ifade edilene göre daha yüksek olduğundan ses yalıtımı da artar.

Ancak çift cam sistemleri 12 mm ara boşluğun üzerinde tek cama göre bir kazanç sağlarlar. Ara boşluk pratikte 50 mm ye kadar artırılarak 38 dB lik geçirgenlik kaybına ulaşılabilir. Ancak 14 mm nin üzerinde konveksiyon arttığından sistemin U değeri artmakta yani ısı yalıtım özelliği bozulmaktadır. Bu yüzden ara boşluğu iklim ve gürültü şartlarını birlikte göz önünü alarak optimize etmek gerekir.

Çift cam sistemine 3. Bir cam ilave edilerek U değeri ile birlikte ses geçirgenlik kaybı artırılabilir ancak pahalı ve zor bir uygulamadır. Diğer bir çözüm farklı kalınlıklarda cam kullanılmasıdır.

Asimetrisinin etkisi şöyle açıklanabilir:

Camin boyutlarına göre değişen bir rezonans frekansı vardır. Rezonans frekansında cam ses etkisiyle titreşerek ilave ses oluşturmaktadır. İkinci cam da aynı rezonans frekansında ise oluşan sesin aynı frekansta olmasından dolayı titreşmekte, oluşan ses de geçen gürültünün artmasına sebep olmaktadır. Eğer cam kalınlıklarını farklı seçersek, rezonans frekansları farklı olacağından ikinci cam rezonansa gelmeyecek, dolayısıyla bu frekanstaki gürültü artışı engellenmiş olacaktır.

Camlar arasındaki boşluğa xenon, kripton gibi asal gazların doldurması da diğer bir yöntemdir. Yaygın kullanılan bir gaz da SF<sub>6</sub> yani Kükürt hegzaförür gazıdır.

## Ara boşluklu lamine sistemler

Çift cam sisteminin camlarından birinin veya her ikisinin lamine cam seçilmesiyle 37 dB e kadar ulaşan geçirgenlik kayıpları elde edilebilir.

## Diğer çözümler

- Çift camların iç kenarları boyunca ses absorplayıcı maddeler kullanılabilir, +3dB kazanç sağlanabilir.
- Boşluk arasına yerleştirilen asıl amacı U değerini yükseltmek olan folyolar 1-2 dB bir iyileştirme sağlarlar.
- İki cam arasına dolgu şeklinde uygulanan ve ultraviyole ile sertleşen reçine esaslı ticari malzemeler mevcuttur. Bunlar da ses yalıtımını çift cama göre +5 desibel kadar iyileştirirler.

## Ses geçiş kaybı birimleri:

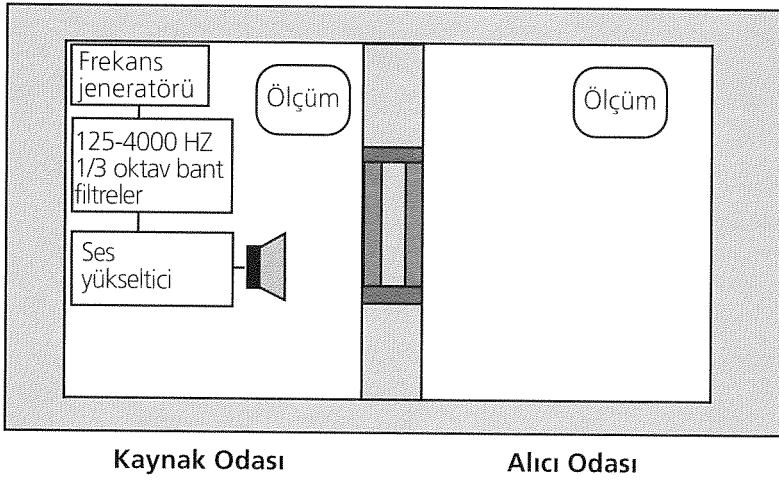
Sadece dB olarak ifade edilen ses geçiş kaybı değeri tüm frekanslar için bir kerede doğrudan ölçüm cihazından okunan değerlerden yola çıkılarak hesaplanır. Bunun dışındaki diğer birimler ses geçiş kaybı sınıfı olarak ısı yalıtım özelliğini ölçülendirirler. Bunlar karşı geldikleri gürültü çeşitliliği ve kullanıldıkları ülkelere göre değişirler. daha çok almanyada kullanılır ve tren gürültüsünü esas alır. İkincisi ise trafik gürültüsüne uygundur fransa ve hollandada kullanılır. STC Amerikan birimidir. Amerikan kataloglarında sıkça rastlanır.

## Ses geçiş kaybı birimleri

Rw (dB)	: 100-3150 Hz
	DIN 52210 (ISO 717)
Ra (dB(A))	: 100-5000 Hz (trafik)
STC	: 125-4000 Hz
	ASTM (E413)

## Ses geçiş kaybının ölçülmesi

Camlamaların ses geçirgenlik kaybının hesaplanması metodu hem çok karmaşıktır hem de yeterli değildir. Bu yüzden ölçümlerin yapılması gerekir. Laboratuvar iki komşu odadan oluşmaktadır. (Şekil 5) Birinci odada ses kaynağı yer alır. İkinci oda ölçüm odasıdır ve absorpsiyonu minimum olacak şekilde düzenlenmiştir. Aradaki duvarın ortasında örneği yerleştirmek için dikdörtgen şekilde bir boşluk yer alır. Kaynak odasında yer alan elektronik sistemler 1/3 oktav bantlarda sesler oluşturur. Ses basıncı seviyeleri, her frekans bandı için önce kaynak odada sonra da ölçüm odasında bir bir ölçülür.



Şekil 5. Malzemelerin ses geçirgenliği kaybı ölçüm laboratuvarı.

İşlem basit görülmekle birlikte sistemin kurulması ve uygulama ileri derecede tecrübe gerekmektedir. Ses mühendisliği konusudur. Ses geçirgenliği kaybı her frekans bandı için ayrı ayrı hesaplanır, frekanslara göre çizilen eğriler değerlendirilerek ses geçirgenliği sınıfı seviyesi saptanır. Bu işlemler için özel bilgisayar programları hazırlanmıştır.

## 4. SONUÇ

- Konutlar ve iş yerlerinde pencere tasarımında gürültü faktörü de göz önüne alınmalıdır
- Büyük şehirlerde gürültü ölçümleri yapılmalı gürültü haritaları hazırlanmalıdır
- Camlama sistemleri güneş ve ısı kontrol özellikleri yanında ses yalıtım özellikleri de dikkate alınarak tasarlanmalı ve ses geçiş kaybı ölçümleri yapılarak ses yalıtım karakterleri belirlenmelidir.

Şirketimizde de gürültü yalıtımına yönelik camlama tasarımları yapılmakta, ihtiyaçlar doğrultusunda, lamine ve farklı kalınlıklarda camların kullanıldığı, ara boşluklu gaz doldurulmuş yalıtım sistemleri oluşturulmaktadır. Yerleşim alanlarındaki gürültü seviyesinin belirlenmesi çalışmaları hızla sürdürülmeli, yalıtım camlarının da diğer mimari yalıtım elemanları ile birlikte uygun kullanımıyla tüm mekanlarımızı hak etmedikleri gürültü kirliliğinden arındırılmalıdır.

# CAM YÜZEYLERİN SOL-JEL YÖNTEMİYLE KAPLANMASI

**Doç. Dr. Volkan Günay**

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

## ÖZET

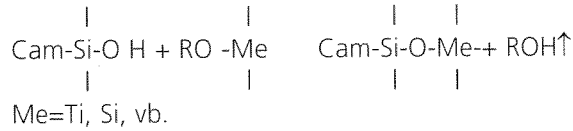
Sol-jel yöntemi kimyasal yöntem olup çeşitli solüsyonlar kullanılarak kaplama, toz, fiber ve monolitik cam veya seramik üretiminde uygulanmaktadır. İnce film kaplamalar bu yöntemin endüstriyel uygulama bulunduğu alan olup, çeşitli altlıkların kaplanabildiği piyasaya sürülen ürünler ve yapılan çalışmalarla gösterilmektedir. Cam yüzeylerinin kaplanması ve çeşitli yeni fonksiyonlar kazandırılması, kaplama ile cam arayüzeyinde kimyasal bağ oluşmasından dolayı üzerinde çok çalışılan alan olmuştur.

Bu çalışmada, farklı cam ürünlerine uygulanan veya çalışılan sol-jel kaplamalar kimyasal detaylara girilmeden özet olarak verilmektedir. Örnekler, Şişecam'ın ürün yelpazesi gözönünde tutularak seçilmiştir.

## 1-GİRİŞ

Sol-jel yöntemi, çeşitli oksit camlarının veya oksitlerin cam yüzeylerine kaplanmasında çok uygun ve ekonomik bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı kaplama tekniklerinin (daldırma, püskürtme, döndürme vb.) kullanılabilmesi, kaplama malzemesindeki kimyasal kontrolün kolay olması, film kalınlığının solüsyon kontrolü veya tekrarlı kaplamalarla kolay ayarlanabilmesi, normal atmosferde ve oda sıcaklığında yapılabilmesi, pahalı ekipmanlar gerektirmemesi sol-jel yöntemine avantaj sağlamaktadır.

Sol-jel yöntemi hemen hemen tüm tek veya çok bileşenli cam kompozisyonlarının kaplanmasına olanak vermektedir. Cam yüzeyi ile kaplama solüsyonu arasında oluşan reaksiyonlardan dolayı sol-jel kaplamada arayüzey mukavemeti çok iyi olmaktadır. Bu reaksiyonlar basitçe şöyle gösterilmektedir.



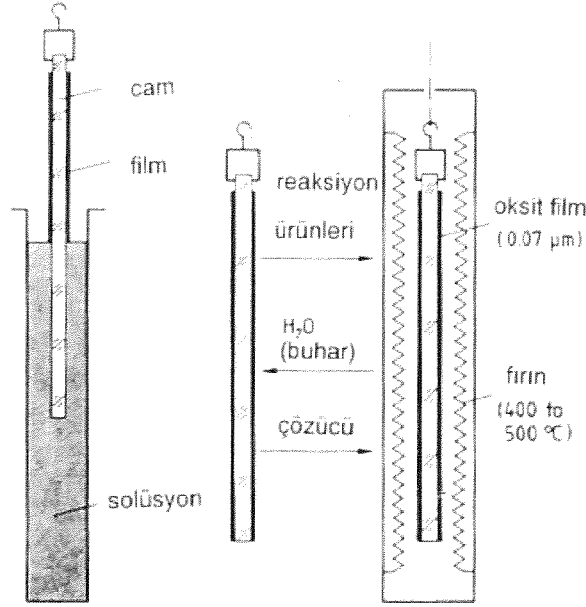
Son yıllarda üzerinde yoğun çalışılan bir konu olmasına rağmen, bilgi ve tecrübe birikimi henüz yeterli seviyeye gelmemiştir. Bu yöntemin ticari uygulama bulunduğu ilk alan ince film kaplamalar olup özellikle Almanya'da Schott firmasının yoğun çalışmaları ve piyasada satılan ürünleri bulunmaktadır. Piyasada satılan ürünler daha çok optik özelliklerin öne çıkarıldığı ürünler olmasına rağmen çok çeşitli amaçlar için araştırmalar devam etmektedir. Bunlar; renk verici, yansıtmayan, seçici yansıtan, elektro-kromik veya foto-kromik, seçici absorplayıcı, kimyasal direnci arttıran, sürtünme direncini arttıran, mukavemet arttıran, hidrofobik veya hidrofilik, camdan göçü önleyici, algılayıcı (sensör) özelliklerde kaplamaları içermektedir (1).

Konunun Şişecam açısından önemi için şu andaki ürün yelpazemize göre ve bu alanlarda yapılan çalışmalar veya geliştirilen ürünler hakkında bilgi verilecektir. Sol-jel yöntemiyle ilgili genel bilgiler hem yazar tarafından hemde farklı yazarlar tarafından daha önceleri verilmiş olup burada tekrarlanmayacaktır (2, 3).

Çalışmada hem inorganik hemde inorganik-organik esaslı (ormosil veya ormoscer) kaplamalar aynı kategoride tutulacaktır. Ayrıca, sol-jel yönteminde ayrı hazırlama tekniklerini (başlangıç malzemeleri açısından) ifade eden polimerik veya koloidal jel ayırımı burada yapılmayacaktır.

## 2- DÜZ CAMLARIN KAPLANMASI

Düz camların kaplanması Schott firmasının bu alandaki ürünleriyle oldukça iyi tanınmakta olup özellikle geniş yüzeylerin ( $12m^2$ ) çift taraflı olarak kaplanmasına olanak vermektedir. Schott firmasının birçok yayınında gösterilen daldırma ile kaplamanın basit olarak gösterimi Şekil 1.'de verilmektedir. Prosesin otomatik olarak yapılabilmesi ve çok basit olması avantaj sağlamaktadır. Düz camların kaplanmasında daldırma yönteminin yanı sıra, püskürtme ve döndürme veya yüzeyden akıtma denen tekniklerde rahatlıkla kullanılabilir. Kaplama solüsyonlarının kimyasına girmeden şu anda piyasada satılan ve ticari olarak çeşitli isimler alan bazı sol-jel kaplama ürünlerini incelersek;



Şekil 1. Daldırma yöntemiyle ince film kaplama (4).

- **Otomobil dikiz aynaları** (mavi yansıtıcı):  $TiO_2$  ( $n=2.22$ )- $SiO_2$  ( $n=1.46$ )- $TiO_2$  ( $n=2.22$ ) kombinasyonundan oluşan bu kaplamayla, kontrastın artması ve yansımaların azalması sağlanmaktadır, bu arkadan gelen arabaların farlarının rahatsız edici etkisini azaltmaktadır. Schott firmasının ilk kaplama ürünlerinden olan bu aynalar 1959'da geliştirilmiş olup Avrupa ve Japonya'da üretilen otomobillerde kullanılmaktadır. Kaplama alttaki camın yumuşama noktasına kadar dayanıklı olduğu için kaplanmış camların yüksek sıcaklıklarda bükülmesine olanak vermektedir. Bükülmüş aynalarda görüş alanı daha geniş olup, arabalarda sık rastlanan ölü nokta sorunu ortadan kalkmaktadır.

- **IROX** (güneşten koruyucu camlar): Schott firmasının ürettiği ve en fazla adından bahsedilen ürün olup, geniş kullanım alanı bulmuştur. Şekil 1.'de gösterilen daldırma yöntemiyle üretilen ve içine Pd ilave edilmiş  $TiO_2$  'ten oluşan bu kaplama, doğal rengi, yüksek sıcaklık ve atmosferik koşullardaki dayanıklılığından dolayı bu amaçla yapılan diğer kaplamalara göre daha avantajlı durumdadır. Benzer bir ürün yine Schott lisansı ile Asahi Glass tarafından Japonya'da üretilmekte olup aralarındaki tek fark Japonya'da Pd yerine Au kullanılmasıdır. Pd veya Au kullanılmasının nedeni absorblama özelliğinin kontrol edilmesidir. Bu ürün uzun yıllardır piyasada olup (1969'da bulunmuştur), yüksek sıcaklıklara dayanımından dolayı kaplanmış camların yüksek sıcaklıklarda temperlenmesine veya şekillendirilmesine olanak vermektedir. Schott tarafından üretilen IROX camları üç tip olup kullanılacak iklim şartlarına göre özellikler ayarlanmaktadır. Şekil 2.'de bu üç farklı üründen A0'a ait özellikler gösterilmektedir ve kullanım yerleri tarif edilmektedir. Bu camlar vakum altında yapılan kaplamaların çoğunda sorun olan atmosferik şartlardaki kimyasal kararlılık konusunda çok iyi performansa sahip ürünlerdir (6).

• **Yansıtmayan (Antireflective-AR) kaplamalar:**

TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> kombinasyonundan oluşan üç katmanlı kaplamayla yansıtma azaltılmaktadır. Ticari olarak piyasada satılan "Mirogard" ve "Amiran" camları yansıtmayan kaplamalı ürünler olup normal flot camları altlık olarak kullanılmaktadır. Mirogard kıymetli tablolar veya resimlerin çerçevelerinde, Amiran ise mağazaların vitrinlerinde kullanılmaktadır. Diğer bir ticari ürün absorptlayıcı flot camlarının altlık olarak kullanıldığı "Corturan" olup özellikle kişisel bilgisayar monitörlerinde kontrastı artırıcı etki yapmaktadır (6).

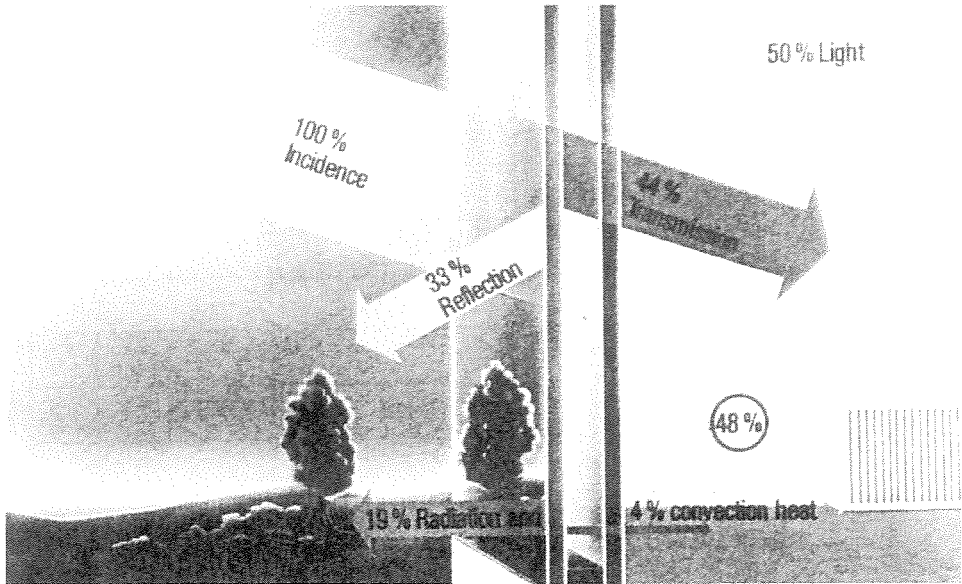
• **Hidrofobik kaplamalar:**

Özellikle hidrofobik kaplamalar, yapışma kontrolü, yağlayıcı özelliği, kir tutmayan kumaşlar ve oto camlarında su tutmama özellikleri için yoğun olarak araştırılan bir alandır.

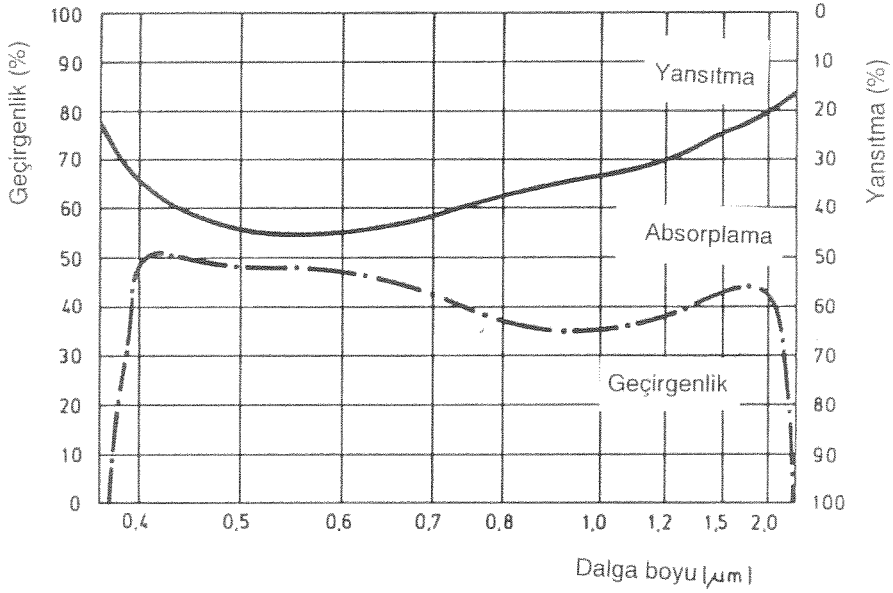
Japonya'da yapılan bir çalışmada (7), flot camın yüzeyine iki kademeli kaplama ile önce gözenekli SiO<sub>2</sub> tabakası oluşturulmuş ve daha sonra bu tabakanın üzerine flor içeren kısmen hidrolize edilmiş silan solüsyonu kaplanmıştır. Kaplamanın mekanik özelliklerinin artırılması amacıyla sisteme ZrO<sub>2</sub> ilave edilmiştir. Tablo 1.'de yapılan kaplamanın cinsi, uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ve süresi, aşınma testinden önce ve sonra suya ait ıslatma açısı değerleri ve bunlar arasındaki farklar verilmektedir.

**Tablo 1. Hidrofobik kaplama sonucu oluşan ıslatma açıları (7).**

Kaplama	Isıl işlem	ıslatma açısı (°)		Fark
		Aşınma öncesi	Aşınma sonrası	
SiO <sub>2</sub>	400°C-5 dak.	104	62	42
SiO <sub>2</sub>	500	105	71	34
SiO <sub>2</sub>	600	95	80	15
ZrO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	600	103	94	9



**Şekil 2. a. IROX A0, parlak özellikte, yüksek ışık geçirgenliği. Küçük camlar ve odalar için (5).**



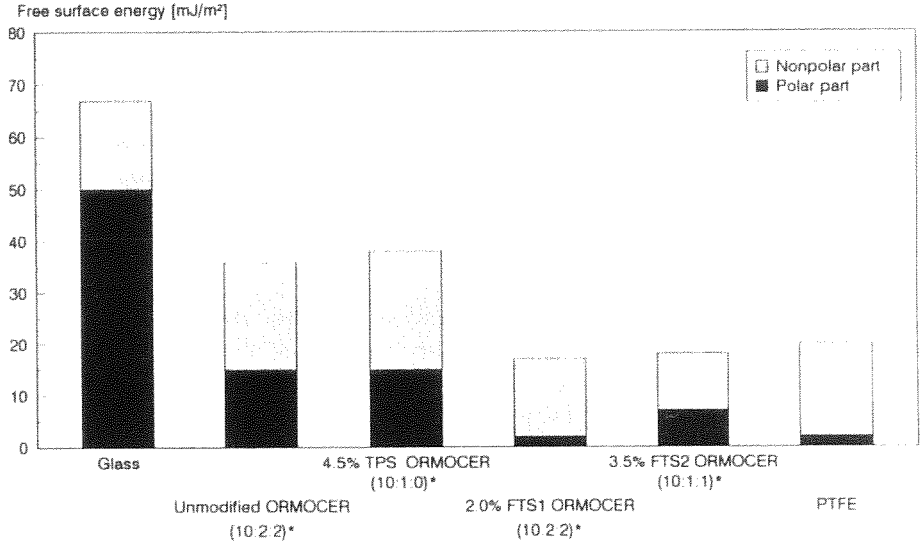
Şekil 2. b. IROX A0. Yansıtma, geçirgenlik ve absorpsiyon değerleri (2 x6 mm ve  $\alpha=0^\circ$ ) (5).

Bu çalışma sonucunda, 1000'ye varan ıslatma açısı ve oldukça iyi aşınma direnci olan, mekanik ve optik özellikleri otomobillerde kullanıma uygun hidrofobik kaplamaların yapılabildiği gösterilmektedir.

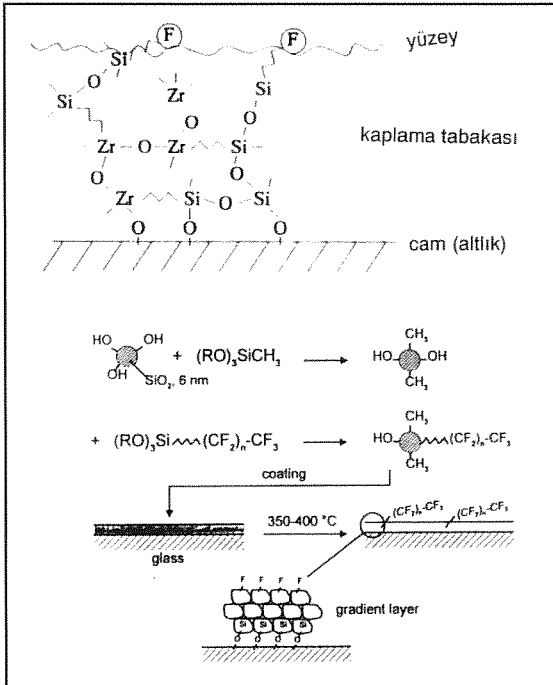
Almanya'da yapılan çalışmada (8), camlar flor içeren ve içermeyen Ormocer (organically modified ceramics) denen kaplamalarla kaplanmıştır. Kaplamalar önce UV-ışınlarıyla sertleştirilmiş daha sonra 130°C'ta ısı işleme tabi tutulmuşlardır. Yapışmanın çok iyi olduğu ve ıslatma açısının su için ortalama 110° olduğu rapor edilmektedir. Çalışmada çatlak içermeyen, ortalama 5µm kalınlığında kaplamalar elde edilmiştir. Geçirgenlik %95 olarak ölçülmüş ve ışık saçınımı gözlenmemiştir. Yapışmanın, %100 nemli ortamda 14 gün tutmayla veya 40°C'ta tuz püskürtmeden etkilenmediği belirtilmektedir. Aşınma deneyinden sonra flor içermeyen kaplamada Haze (buğulanma) %2 iken bu değer flor içeren kaplamalarda %4 olarak ölçülmüştür. Bu sonuç flor ilavesinin aşınma direncini az miktarda düşürdüğünü göstermektedir. Çeşitli sıvılara ait ıslatma açıları ölçülmüş ve bu değerlerden giderek kaplamadaki serbest yüzey enerjisi değerleri hesaplanmıştır. Bunun sonucunda ortaya çıkan değerler Şekil 3.'te kıyaslamalı olarak gösterilmektedir. Serbest yüzey enerjisi değeri olarak yaklaşık 18 mJ/m<sup>2</sup> hesaplanmıştır ve bu değer PTFE'nin değerinden (20 mJ/m<sup>2</sup>) daha düşüktür. Burada kaplamada bulunan florların kaplamanın yüzeyinde toplandıkları ve cam ile kaplama arasında da Si-O bağlarının çokluğundan dolayı yapışmanın daha kuvvetli olduğu belirtilmektedir. Olayın basit anlatımı Şekil 4.'te görülmektedir. Ormocer türü kaplamada 350-400°C'taki ısı işlemden sonra, sertlik ve aşınma özellikleri cama çok yakın değerlerdedir.

Cam yüzeylerinin sol-jel yöntemiyle kaplanarak ıslatma açısının özellikle suya karşı, istenilen değerde üretilmesi mümkün olmaktadır. Şekil 5.'de şematik olarak gösterilen ıslatma açılarının ayarlanmasında hidrofobik kaplamaların yanında ıslatma açısını düşüren hidrofilik kaplamalarda yapılabilmektedir. Hidrofobik kaplamalar kadar üzerinde çalışılmasa da hidrofilik kaplamalarda cam yüzeyi amino-fonksiyonlu silanlar kullanılarak kaplanmaktadır (9).

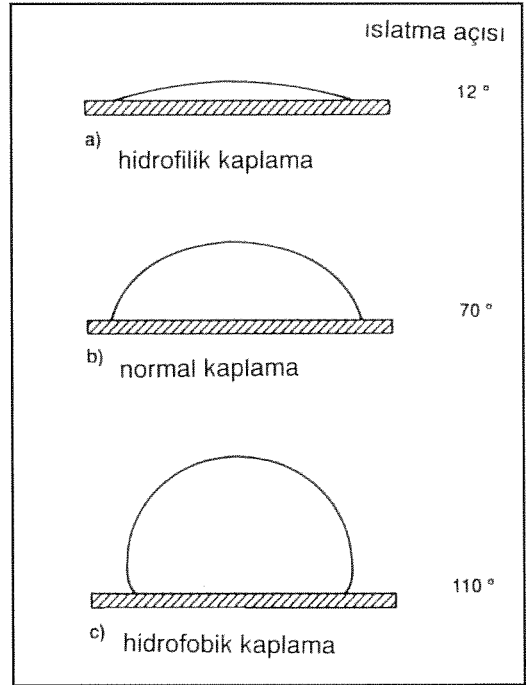
serbest yüzey enerjisi



Şekil 3. Farklı Ormocer kaplanmış camlarda yüzey enerjileri (8).



Şekil 4. Farklı yöntemlerle hazırlanan hidrofobik kaplamalar (9, 10).



Şekil 5. Yüzeyi kaplanmış camlarda su damlalarına ait ıslatma açıları (10).

### 3- CAM EV EŞYALARINDA KAPLAMA

Genellikle renk vermek, Pb veya alkali göçünü önlemek veya çizilmiş ve taşlanmış yüzeylerdeki optik özellikleri iyileştirmek için kaplamalar yapılmaktadır. Züccaciye ürünlerinde pazarlama bölümlerinin istediği bazı özelliklerin geleneksel cam üretim yöntemiyle sağlanması zor veya çok pahalı olmaktadır. Bundan dolayı, yüzey kaplama teknikleri ön plana çıkmaktadır. Kaplamada amaç





ana camın özelliklerini değiştirmeden ürüne istenen özellikleri kazandırmaktır. Örneğin renkli ürün istendiğinde, ilave edilen renk vericilerin çevreye zarar vermesi sorun yaratmaktadır. Sputtering yöntemiyle yapılan dekoratif kaplamaların çok iyi olduğu bilinmektedir ancak bu yöntemin pahalı oluşu uygulama şansını ortadan kaldırmaktadır.

Kristal camlar ve kurşunlu camlar üzerine Almanya'da yapılan bir çalışmayı (11) inceleyerek; bu çalışmada kaplamadan beklenenler şöyle sıralanmaktadır:

- ana camın yüksek geçirgenliği korunmalı,
- kaplama cama iyi yapışmalı,
- çizilme ve aşınma özelliği en az ana cama yakın olmalı,
- ana camdaki parlaklık korunmalı,
- zararlı veya zehirli olmamalı,
- bulaşık makinasında dayanıklı olmalı,
- renkli kaplamada camın temel özelliklerini değiştirecek maddeler olmamalı,

tüm bu istekleri karşılayacak olan sol-jel kaplama sisteminin inorganik-organik (ormosil) kaplama olarak ortaya çıktığı rapor edilmektedir. Kaplama işlemi, daldırma, püskürtme, döndürme gibi teknikler kullanılarak yapılabilmektedir. Sertleştirme işlemi, 160°C'ta 2 saat süreyle gerçekleştirilmektedir. Sertleştirme işleminin UV ile yapılmasında mümkün olmaktadır ancak kaplama solüsyonunda değişiklik yapmak gereklidir. Kaplanmış ürünlerde yapılan, yapışma, aşınma, bulaşık makinasında yıkama testleri sonucunda kaplamanın olumlu olduğu ve çamaşır makinasında 500 defa yıkamadan sonra bile özelliklerde çok az değişim olduğu rapor edilmektedir.

Aynı kaplamaların renkli olarakta yapılacağını göstermek için sarı, kırmızı ve mavi renklendiriciler ilave edilmiştir. Renkli ürünler yiyeceklerin saklanmasında kullanılacağı için US FDA kurallarına göre bağımsız bir dış kuruluş tarafından test edilerek kontroller yapılmıştır.

Kristal camlarda bazı kısımların taşlama ile düzeltilmesi gerekmektedir ancak taşlamadan dolayı buralarda yüzey bozulmakta, matlaşma olmaktadır. Bu genelde asitle parlatma ile giderilmektedir ancak kullanılan asitler (HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> vb) ve oluşan bazı kimyasallar çevre için tehlike oluşturmaktadırlar. Yapılan laboratuvar çalışmaları, taşlama ile oluşan yüzey bozukluklarının ormosil türü kaplamalarla ortadan kaldırıldığını ve optik, mekanik ve kimyasal özelliklerin düzeltildiğini göstermektedir. Aynı anda renklendirme de yapılabilmektedir.

Kristal camlardaki yüksek kırılma indisinin ve parlaklığın sistemdeki %24-32 PbO'dan kaynaklandığı bilinmektedir ancak bazı gıda ürünlerinin (meyva suları, şarap, gazoz), cam içinde uzun süreli kalmalarında camdaki Pb'un bir kısmının bunlara göç ettiği bilinmekte olup sağlık açısından istenmeyen bir durumdur. Sol-jel kaplamayla bu göçü önleyici bir tabaka oluşturulmaktadır ve yapılan çalışmalarda; kaplanmamış bir camdan 100 yıkamadan sonra göçen miktar 0.25 mg Pb/l iken bu miktar kaplanmış camda 0.002 mg Pb/l seviyesine düşmüştür. Bu 125 defa daha az göç demektir (11).

#### **4- CAM AMBALAJ ÜRÜNLERİNİN KAPLANMASI**

Cam ambalaj ürünlerinde sol-jel kaplamalar, mukavemet arttırmak, renk vermek ve kimyasal dayanımı arttırmak için denenmektedirler. Mukavemet arttırmaya yönelik çalışmalar yazar tarafından derlenmiştir (yayınlanmamış derleme rapor, 1998).

Mukavemet arttırmak amacıyla camlar hem inorganik hemde ormosil esaslı ince filmlerle kaplanmıştır. Çalışmalarda amaç, camların yüzeyinde bulunan mikro çatlakların kısmen veya tamamen dolurularak yük altında çatlakların ilerlemesinin önlenmesi ve ürünün yüzeyine uygulanan ısıl genleşme katsayısı daha düşük bir kaplamayla yüzeyde basma gerilmeleri oluşturmaktır. Yapılan çalışmalarda oldukça iyi oranlarda mukavemet artışları rapor edilmektedir. Bu artışlara rağmen bu yöntemin endüstriyel uygulamasının gecikmesinin nedeni prosesin henüz tam olarak anlaşılabilmesi ve



ŞİŞECAM

yeterince bilgi birikiminin olmamasıdır. Sunduğu ve potansiyel olarak sunacağı avantajlar düşünüldüğünde bu prosesin ele alınıp incelenmesi ve amacımıza uygun geliştirilmesi gerekmektedir.

Cam ambalaj ürünlerinde, kimyasal direncin artırılması amacıyla da sol-jel kaplamalar yapılmaktadır. Burada genellikle soda-kireç camından daha dayanıklı bir cam kompozisyonu (genellikle silika esaslı) şişelerin iç ve dış yüzeylerine kaplanmaktadır. Bu kaplamalar şişelerin hem taşıdıkları sıvılara hemde dış yüzeylerde havadaki nemden kaynaklanan korozyona karşı dirençli olmalarını sağlamaktadır.

Cam ambalaj malzemelerinde yapılan kaplamalarda,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$ , ZBS ( $\text{ZnO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ), PBS ( $\text{PbO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ), ZNBS ( $\text{ZnO-Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ) cam kompozisyonları ve epoksi grubu içeren silanlar kullanılmıştır. Çalışmalarda kaplanmış numunelerdeki mukavemet artışlarının %35-120 arasında gerçekleştiği rapor edilmektedir. Ayrıca test tüpleri kaplanmış ve basınç deneyleri yapılmıştır. American Glass Research Bursting Tester cihazı ile yapılan testlerin sonuçları Tablo 2.'de verilmektedir. Burada %35-80 arasında artışlar gözlenmiştir.

**Tablo 2. Sol-jel yöntemiyle kaplanmış test tüplerinde basınç dayanımı.**

Bursting pressure of test tubes for sol-gel coatings ZBS ( $40\text{ZnO}\cdot 30\text{B}_2\text{O}_3\cdot 30\text{SiO}_2$ ) and PBS ( $15\text{PbO}\cdot 15\text{B}_2\text{O}_3\cdot 70\text{SiO}_2$ ) as determined with an American Glass Research bursting tester

	Soda-lime-silica tubes			Pyrex tubes	
	control	coat ZBS	coat PBS	control	coat PBS
Pressure <sup>a)</sup> (bar):	11.5	20.5	17.5	32.2	43.6
SD: <sup>b)</sup>	3.4	4.6	4.4	6.0	8.6
Increase (%): <sup>c)</sup>	-	79	52	-	35

<sup>a)</sup> Pressure: the bursting pressure at failure.

<sup>b)</sup> SD, standard deviation.

<sup>c)</sup> %, percentage increase of strength over control.

Coated tubes were fired at 600°C for 1 h; control samples were tested as-received. The results are the mean of eight samples.

## 5- CAM FİBERLERİN KAPLANMASI

Cam fiberlerle ilgili çalışmalar iki ayrı dalda yapılmaktadır. İlk grupta sol-jel yöntemi kullanılarak fiber üretimi çalışılmakta olup, Sakka'nın çalışmaları (12), Asahi Glass'ta üretilen  $\text{SiO}_2$  fiberler, 3M (Minnesota Mining Manufacturing) tarafından üretilen Nextel (%24 $\text{SiO}_2$ -%62 $\text{Al}_2\text{O}_3$ -%14 $\text{B}_2\text{O}_3$ ) çok bileşenli ve ticari olarak bulunan fiberler, Seiko tarafından üretilen  $\text{SiO}_2$  çubuk, boru ve plakalar bu alanda bahsedilmesi gereken ürünlerdir.

Cam fiberlerin (genellikle E-camı) sol-jel yöntemiyle kaplanmasına yönelik çalışmalar daha çok fiberlerin özellikle alkali ortamlardaki kimyasal direncini yükseltme amacıyla yapılmaktadır. Alkali dayanımı için cama  $\text{ZrO}_2$  ilave edilmesi gerekmektedir ancak %20 civarında  $\text{ZrO}_2$  içeren camların üretiminde sorun yaşandığı için, cam fiberlerin genellikle  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$  karışımı solüsyonlarla kaplanması daha uygun olmaktadır.

Fiberlerin şekillerinden dolayı tercih edilen kaplama yöntemi daldırma olmaktadır.

Kaplanmış fiberlerin oldukça iyi kimyasal dayanım gösterdikleri rapor edilmektedir (9).

Cam fiberlerle ilgili diğer bir çalışmada, cam fiberden örülmüş kumaşların termal dayanıklılıklarının 500-600°C'lardan 1050°C'a çıkarılması amacıyla sol-jel yöntemiyle  $\text{SiO}_2$  kaplanmışlardır.



ŞİŞECAM

Yapılan deneyler sonucunda (gaz aleviyle ısıtma) kaplanmamış numunede saniyeler içinde ergime gözlenirken, kaplanmış numunenin iki dakika sonra hala dayanıklılığını koruduğu gözlenmiştir.

## 6- GENEL SONUÇLAR

Sol-jel kaplama yöntemi cam sanayiinde belirli alanlarda kullanım bulmuş ve daha çok gelecek potansiyeli olan bir konu olup, tüm diğer alternatif yöntemlerle beraber dikkatle takip edilmesi gereken bir yöntemdir. Genellikle yanlış değerlendirildiği gibi, sol-jel yöntemi geleneksel cam üretim yöntemlerine alternatif değildir.

Yöntem, normal cam üretim teknikleriyle verilemeyen bazı özelliklerin cama kazandırılması amacıyla kullanılmaktadır ve şu andaki araştırma ve denemeler, yöntemin yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Yöntemin başarıyla uygulanabilmesi için her şirketin kendi yaratıcılığını kullanması ve konuya ciddi ve sürekli eğilmesi gerekmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- 1) D.R. Uhlmann, et al, J. Non-Crystalline Solids, 218 (1997), 113-122.
- 2) V. Günay, Metalurji Dergisi, 82 (1993), 47-52.
- 3) V. Günay, 5.Denizli Malzeme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Cilt.1, syf:313-318, 1992.
- 4) H. Dislich et al, Glastech. Ber., 62 (1989), Nr.2, 46-51.
- 5) H. Dislich, in Sol-Gel technology for Thin Films, Fibers, Preforms, Electronics and Specialty Shapes, Ed. L.C. Klein, Noyes Publ., 1988, p.50-79.
- 6) H. Schmidt, XVI. Int. Congress on Glass, Vol.1, p:185-195, 1992, Madrid, Spain.
- 7) S. Yamasaki et al, XVI. Int. Congress on Glass, Vol.7, p:291-295, 1992, Madrid, Spain.
- 8) R. Kasemann et al, XVI. Int. Congress on Glass, Vol.7, p:75-80, 1992, Madrid, Spain.
- 9) H. Schmidt, Glastech. Ber. Glass Sci. Technol., 68 C1 (1995), 21-32.
- 10) S. Amberg-Schwab, K. Rose, Glastech. Ber. Glass Sci. Technol., 68 C1 (1995), 392-397.
- 11) J. Kron et al, Glastech. Ber. Glass Sci. Technol., 68 C1 (1995), 378-385.
- 12) S. Sakka, in Sol-Gel Technology for Thin Films, Fibers, Preforms, Electronics and Specialty Shapes, Ed. L.C. Klein, Noyes Publ., 1988, p:140-161.

# CAM ALANINDA YENİ ÜRÜNLER, YENİ UYGULAMALAR

**Reha Akçakaya - Dr. Baha Kuban**

İş Geliştirme Müdürlüğü

**Semih İşevi**

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü

## ÖZET

Uluslararası Cam Kongresi ICG'nin 65 yıldır düzenlediği cam kongrelerinin tarihine, sunulan bildirilerin konu dağılımları, sunucuların kurumsal ve ulusal özellikleri açısından bir bakış, 1998 ICG San Francisco Kongresi'nde sunulmuştu. Bu çalışmada ise, tüm Kongrelere sunulan bildirilerden yalnızca yeni ürün ve uygulamalar sınıflamasına girenler incelenmiş, bu grup; başta tıbbi ya da biyocamlar, cam elyaf, yeni düzcamlar ürünler, sol jel uygulamalar, cam seramikler ve kaplamalı camlar alanları olmak üzere, istatistiksel bir irdelenmeye tabi tutulmuştur. Bunlar arasında seçilmiş örneklerde (cam elyaf, cam seramikler, v.s.) istatistiksel verilerle bu malzemelerin tarihi ve ticari gelişimleri arasındaki olası ilişkilere ışık tutulmaya çalışılmış, bilimsel-teknolojik üretimle, sınai üretim arasındaki paralellikler irdelenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Üretim yelpazemizde yer alan klasik büyük hacimli cam üretimi yanında, cam bilimi ve teknolojisi dünyasını özellikle son yıllarda meşgul eden konulardan birkaçını ele alarak cam sanayiine farklı bir pencereden bakmayı yararlı buluyoruz. Bu çalışmaya kaynaklık eden Uluslararası Cam Kongreleri Veritabanı Projesinden sözettikten sonra, cam teknolojisinin ileri boyları olarak nitelendirilebileceğimiz birkaç alana odaklanarak bu alanlardaki gelişmeleri aktarmak istiyoruz.

## 2. ULUSLARARASI CAM KONGRELERİ PROJESİ VE CAM ARAŞTIRMA ALANLARI

İlki 1933 Yılında yapılan Uluslararası Cam Kongreleri, bugüne kadar 56 ülkeden gelen 10,000'i aşkın araştırmacının 4300 kadar bildiri ile katıldığı, cam bilimi ve teknolojisi alanında dünyanın en geniş tabanlı tartışma platformu olmuştur. 1997 Yılında Şişecam'dan Reha Akçakaya, Semih İşevi ve Alev Yaraman'ın hazırladığı bir proje önerisi Uluslararası Cam Komisyonu'na önerilmiş, bu proje kapsamında 18 Uluslararası Cam Kongresinde sunulan bütün bildirilerin incelenmesi sonucunda kapsamlı bir veritabanı oluşturulması ve bu veritabanının farklı açılardan sorgulanması sonucunda cam bilimi ve teknolojisinde egemen olan eğilimlerin, kurumlara, ülkelere ve araştırmacılara ait istatistiklerin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu öneri Uluslararası Cam Komisyonu tarafından parasal olarak desteklenmeye değer bulunmuştur.

Uluslararası Cam Kongreleri veritabanı incelendiğinde, cam araştırma alanlarının "cam ağacı" olarak tanımlanabilecek bir sınıflandırma mantığı içinde bu ağacın dallarıyla temsil edilebileceği görülmüştür. Burada, cam araştırma alanları bilimsel, teknolojik ve toplumu ilgilendiren konular olarak kabaca üç ana dala ayrılmıştır. Bu bildirinin konusu olan yeni camlar ve uygulamalar konusu, teknoloji ana dalı üzerinde yer almaktadır.

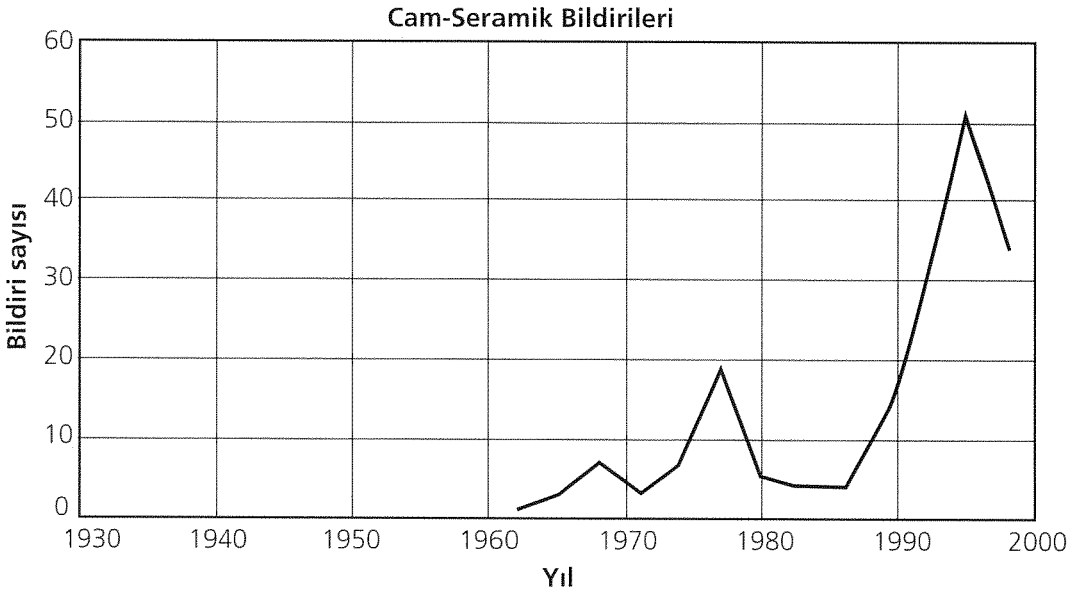
### 2.1. Cam seramikler

Cam teknolojisi tarihini 4000 yıl öncesinden başlatmak mümkündür. Bu, insan yapısı ilk cam nesnelerin üretildiği dönemdir. Diğer bütün yeni malzemelerde olduğu gibi cam da önce mücevher olarak değerlendirilmiş, daha sonraysa cam kap, pencere camı ve mercek olarak kullanılmıştır.

Camın bu uzun teknoloji tarihine zıt olarak, çok yeni bir bilim tarihi olduğunu iddia edebiliriz. Cam bilimi tarihini en fazla 200 yıl geriye götürebiliyoruz. Cam bilimi tarihinde optik biliminin ve camın bir optik malzeme olarak niteliklerinin araştırılmasının ön plana çıktığı, bu araştırmalar karşısındaki en önemli engelin ise camda homojenliğin elde edilememesi olduğu görülmektedir.

Cam seramikleri, cam gibi şekillendirilen ve daha sonra seramiğe dönüştürülen malzemeler olarak tanımlayabiliriz. Diğer bir deyişle cam seramikler camın üstün şekillendirme özellikleri ile seramiklerin üstün mekanik özelliklerini biraraya getiren kompozit malzemelerdir diyebiliriz. Camdan çok kristalli malzeme elde edilmesi üzerinde ilk olarak Fransız bilimci Reaumur 1760'larda çalışmıştır. Bundan ikiyüz yıl sonra, 1960'larda ise Stookey, Corning'de ışığa duyarlı cam seramik malzemeleri geliştirmiştir. Bu iki önemli gelişme arasında Goldschmidt, Zachariasen ve Porai-Koshits gibi önemli cam araştırmacılarının çalışmaları yol gösterici olmuştur.

Cam seramiklerden 1960'larda ısı eşanjörleri, daha sonra ise pompa ve valf malzemeleri yapılmıştır. Bugün cam seramiklerden biyomedikal ve mimari uygulamalarda, ısıya dayanıklı cam eşya üretiminde ve atıkların değerlendirilmesi amacıyla yararlanılmaktadır. Şekil 1'de Uluslararası Cam Kongrelerinde sunulan cam seramik bildirilerinin zaman içindeki değişimi görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, son onbeş yıl içinde cam seramiklerle ilgili olarak sunulan bildiri sayısında önemli bir artış gözlenmektedir.



Şekil 1 Uluslararası Cam Kongrelerinde sunulan cam seramik bildirilerinin zaman içindeki değişimi

## 2.2. Sol- jel camları

Sol-jel tekniğini, bir metal alkoksitin hidrolize, polimerize ve dehidre edilmesi ile cam üretimi şeklinde anlatabiliriz. Bu tekniğin avantajları arasında;

- Ergitmeyle ulaşılamayacak kompozisyonlar,
- Düşük sıcaklıkta üretim,
- Yoğunluğun porosite ile kontrolü,

- Yüksek homojenite,
- Kaplama, elyaf çekme, kompozit, enjeksiyon, dökme gibi şekillendirme tekniklerine uyumluluk,

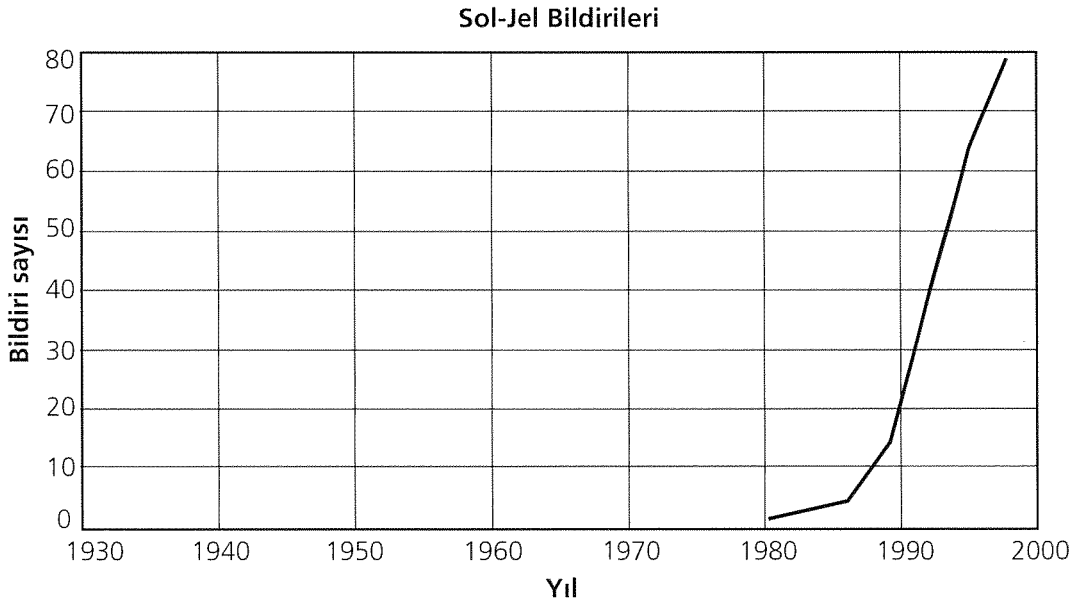
sayılabılır. Sol - jel'in zorlukları arasındaysa;

- Pahalı hammaddelerin kullanılması,
- Sağlık problemleri,
- Proses kontrol zorlukları

sıralanabilir.

Sol-jel tekniğinin tarihi gelişimine bakıldığında 1955 yıllarında ilk ticari kaplamalar, 1960'larda Schröder, Dislich ve Hinz'in yaptığı kaplamalar, 1970'lerde Dislich, Sakka, Kamiya, Mackenzie'nin yaptığı sıcak presleme ve ergitmesiz cam üretimi çalışmaları ile 1980'lerde Bülent Yoldaş'ın geliştirdiği prosesler ön plana çıkmaktadır.

Uluslararası Cam Kongrelerinde sunulan sol-jel bildirilerinin yıllara göre değişimi incelendiğinde (Şekil 2), cam seramiklerde olduğu gibi son yıllarda bu konuda sunulan bildiri sayısında önemli bir artış gözlenmektedir.



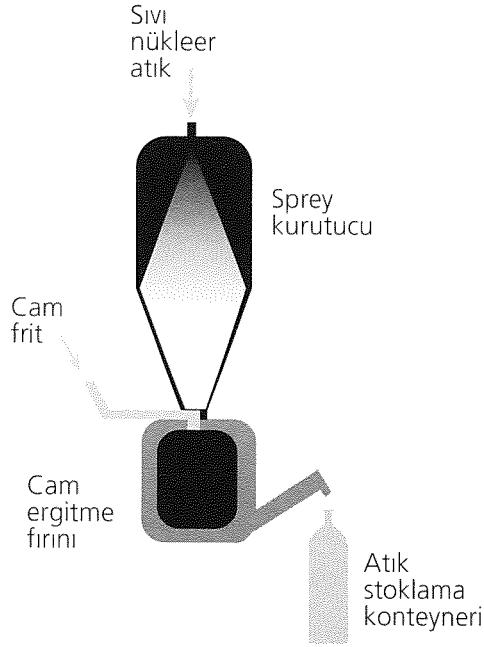
**Şekil 2 Uluslararası Cam Kongrelerinde sunulan sol-jel bildirilerinin zaman içindeki değişimi**

### 2.3 Nükleer atıkların saklanması

Gelişmiş ülkelerin nükleer enerjiden uzaklaşma eğilimi içinde olmalarına rağmen bu teknoloji gelişmekte olan ülkelerde yaygınlaşmaktadır. Nükleer enerjinin en önemli sakıncalarından biri de doğal olarak nükleer atıkların ortadan kaldırılmasındaki zorluktur. Cam bilimi ve teknolojisi bu alanda önemli bir boşluğu doldurmuş, günümüzde nükleer atıkların saklanması için en emniyetli yolun camlaştırma olduğu görülmüştür.

Bu teknolojiye nükleer silah ve elektrik enerjisi üretimi proseslerinin atıkları olan radyoaktif maddeler Şekil 3'de görüldüğü gibi önce bir kurutucudan geçirilerek toz haline getirilmekte, sonra da cam frit eklenerek yüksek sıcaklık altında cam yapısı içinde hareketsiz kılınmaktadır. Üretim kolaylığı, uzaktan kumandalı üretim olanağının bulunması, ekonomiklik ve hepsinden önemlisi üstün kimyasal etkileşimsizlik, bu prosesi çekici kılmaktadır. Bu teknoloji ABD ve Fransa'da yaygınlık kazanmış bulunmaktadır.

Uluslararası Cam Kongrelerinde nükleer atıkların saklanmasıyla ilgili olarak sunulan bildirimlerin yıllara göre değişimi incelendiğinde son yıllarda bu konuda sunulan bildiri sayısında önemli bir artış gözlenmektedir.



Şekil 3: Nükleer atıkların camlaştırılması

## 2.4 Biyomedikal uygulamalar

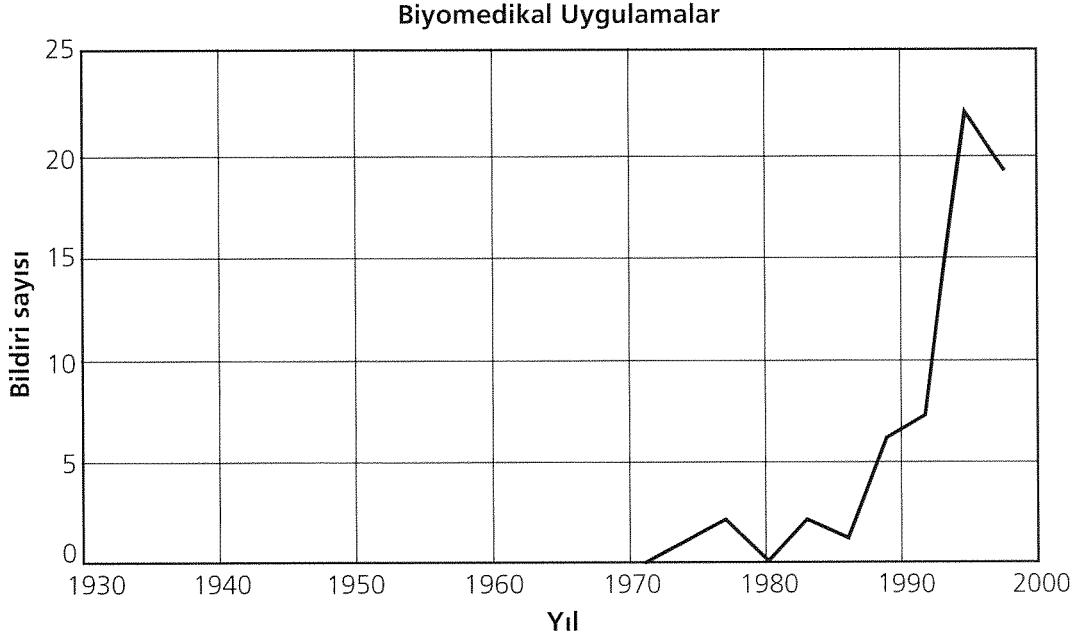
Cam veya cam seramik esaslı protez malzemeleri, cam teknolojisi ile canlı vücudu arasında bağ kuran yeni malzemelerdir. İdeal protezin biyo-uyumlu olması, yani vücut tarafından kendi dokusuymuşcasına kabul edilmesi, fonksiyon üstlenmesi, yani yerine konan organ veya dokunun işlevini görece nitelikte olması, vücut sıvıları ile tepkimeye girmemesi, toksik veya kanserojen olmaması gerekir.

Cam veya cam seramiklerden yapılan protez malzemelerinin bu şartları yerine getirebildiği görülmüştür. Burada önemli olan, malzeme ile canlı doku arasındaki bağı oluşturan arayüzeyin olabildiğince iyi tanımlanması ve üretim sürecinin çok iyi kontrol edilmesidir. Ancak belli kompozisyonların başarılı protez malzemeleri verebileceği düşünüldüğünde, malzemenin mekanik mukavemeti, çözünmeme zorunluluğu ve canlı dokuyla bağ kurma şartlarının sağlanması birbirine karşı çalışan kompozisyon değişikliklerini gerektirmektedir. O halde, uygulama alanına göre ideal kompozisyonun elde edilmesi için bu üç bileşenin dikkatle kontrol edilmesi şarttır.

Cam seramik protezlerle ilgili çalışmalar 1970'lerde başlamış, o dönemden başlayarak in vivo ve in vitro deneyler yapılmıştır. Daha sonra cam seramik kaplamalı diş protezleri, kulak ve çene cer-

rahisinde kullanılan protezler geliştirilmiştir. Son yıllarda ise, operatörler tarafından hastaya göre veya ameliyat sırasında işlenebilen cam seramikler geliştirilmiştir.

Uluslararası Cam Kongrelerinde biyomedikal uygulamalara ilişkin olarak sunulan bildirilerin yıllara göre değişimi izlendiğinde, Şekil 4'de görüldüğü gibi son yıllarda bu konuda sunulan bildiri sayısında hızlı bir artış gözlenmektedir.



**Şekil 4: Uluslararası Cam Kongrelerinde sunulan biyomedikal uygulamalarla ilgili bildirilerin zaman içindeki değişimi.**



# İNCE FİLM KAPLAMA TEKNİKLERİ

**Prof.Dr. Hülya Demiryont**

Cam Araştırma Merkezi

## ÖZET

Burada ince film kaplama tekniklerinin kaplamada kullanılan prensiplere göre bir sınıflandırılması yapılmış, kaplama malzemeleri-proses ilişkileri gözden geçirilmiş, kaplanan ince filmlerin özellikleri masif haldeki malzeme ile karşılaştırılmış, ve filmlerin kullanım alanları-istenen özellikler ve proses seçimi arasındaki ilişkilerden bahsedilmiştir.

## 1. GİRİŞ

Ince filmler tanım olarak "üç boyutlu malzemenin kalınlık boyutu sıfıra yaklaşırken ortaya çıkan iki boyutlu limit halidir" şeklinde verilebilir. Film kalınlığına, elde edilmiş şekli ve şartlarına ve malzeme cinsine göre filmlerin özellikleri de bulk halinden farklıdır. Film kalınlaştıkça özelliklerinin bulk malzemenin özelliklerine yaklaşacağı beklenirse de bu her zaman doğru değildir. Filmin hazırlanışı sırasında oluşacak "iç stresler" filmin başta yoğunluğu olmak üzere diğer özelliklerini de etkiler. Çok ince filmler, yaklaşık 50-300Å (1Å=10<sup>-8</sup>cm) kalınlık aralığında ve süresiz yapıdadır. Ada yapısındaki çok ince filmlerde örneğin metal filmlerinde iletkenlik düşüktür ve optik bakımdan da film daha ince filme eşdeğerdir. Orta kalınlıktaki filmler, 300-3000, bulk özelliğe daha yakın özelliktedirler. Kalın filmler ise mekanik dayanıklılığı azalan, dayanıksız, buğulu görünümde, boşluklu yapıdaki malzemelerdir ve 1 mikronun üzerindeki kalınlıklar alışımlı metodlarla elde edilemez ve kalın filmlerin oluşturulması ancak özel kaplama metodlarını gerektirir. Ayrıca film özellikleri yalnızca film kalınlığının değil film malzemesinin, seçilen kaplama prosesinin ve film oluşumu sırasındaki proses şartlarının da fonksiyonudur.

## 2. İNCE FİLM KAPLAMA TEKNİKLERİ

Ince filmler kaplanacak taşıyıcının cinsine, kaplama malzemesine, çıkacak ürünün özelliklerine bağlı olarak çeşitli metodlarla kaplanabilir. Bu kaplama metodlarını kaplama tekniğinin dayandığı farklı prensipler açısından sınıflandırabiliriz. Bunlar:

- 1- PVD teknikler (Physical Vapor Deposition) olarak bilinen vakumda kaplama teknikleri,
- 2- CVD olarak bilinen (Chemical Vapor Deposition) kimyasal reaksiyonlar sonucu başlangıç kaplama malzemesinin kimyasal formülünü değiştirerek kaplananmanın yapıldığı teknikler,
- 3- Islak Kaplama teknolojileri,

Taşıyıcı olarak bizi ilgilendiren cam olduğundan burada sözü edilen tüm teknikler hatta bir metal filmi ile kaplı olmak şartı ile elektrolitik teknikler bile cam'a kaplama yapılmasında kullanılabilir. Burada kaplama tekniklerine kısaca değineceğiz.

### 2.1. Vakumda kaplama teknikleri

#### 2.1.1. Vakumda ısıtarak buharlaştırma tekniği ile film kaplama

Vakumda ısıtarak buhar fazına geçirilen malzeme taşıyıcı yüzeyinde kondanase olarak kaplama malzemesinin filmi oluşturur. Kaplama malzemesinin buhar fazına geçirilmesinde kullanılan ısıtma yöntemine göre "termal buharlaştırma" ve "elektron beam", e-beam, kaplama teknikleri ola-

rak sınıflandırılabilir. Isıtılarak buharlaştırma tekniği ile her tür malzeme (yaklaşık 2500°C 'a kadar vakumda buharlaşabilen malzemeler) bükümlü yüzeyler de dahil, cam plastik vs. üzerine kaplanabilir. Kaplanan alanın büyüklüğü Roll-Coater olarak bilinen plastik taşıyıcıların kaplandığı yiyecek maddelerinin ambalajlanmasında kullanılan kaplamalar için 8-10m eninde rollar üzerinde olabilir. Flah-Glas'da örneği bulunan bir başka endüstriyel boyuttaki kaplama aleti de jumbo boyutlarda camı reaktif termal buharlaştırma tekniği ile kaplamaktadır. Ancak vakumda ısıtılarak buharlaştırma tennisi sınırlı boyutlar için uygundur. Özellikle optalmik endüstrisinde "ion beam" yardımı ile kullanıldığında fevkalade başarılı sonuçlar vermektedir.

Termal buharlaştırma tekniğinde ısıtılarak buharlaştırılacak malzeme içinden elektrik akımı geçirilerek ısıtılan W filamanlara, W, Ta, veya Mo kapcıklara veya W sargılarla kombine alumina kaplı potacıklara yüklenir. Kaplama malzemesi tel veya çubuk şeklinde veya tablet veya toz şeklinde olabilir. Isıtma kabı da malzeme özelliği ile uyacak şekilde seçilir. Burada kaplanacak malzeme cinsi metal metal oksidi metal sülfürü, veya nitridi gibi çok çeşitli olabilir. Ancak kaplanan film başlangıç malzemesi ile aynı stokiyometride olmayabilir. Mesela Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yapısındaki oksit başlangıç malzemesi kaplamada TaOx olarak form eder, yani oksijen kaybedebilir. Bu kaplamanın reaktif olmasını sağlayan gaz karışımının kaplama sırasında kullanılması ile karşılanabilir. Burada belirtmeye çalıştığımız husus buharlaştırılan malzemenin film malzemesi ile aynı olmasını sağlamanın zorluğudur. Bunun için de ince film kaplama tekniklerinin kullanılması "State of Art" olarak bilinir.

E-Beam tekniği ile kaplama' da kaplama malzemesi özel bir kap, pota, içine yerleştirilir. Pota kaplama malzemesi ile doldurulur. Malzeme genellikle sıkıştırılmış tablet veya parçacıklar şeklindedir. Elektron demeti kaplanacak malzemeyi ısıtarak buharlaştırmak için kullanılır. Magnetik merceklerle odaklanan elektronlar kaplama malzemesini lokal olarak ısıtır ve buharlaştırır. E-beam'ın odaklandığı noktada bir krater açılmasını önlemek üzere elektron odağı pota yüzeyinin x-y düzleminde Lisajou şekillerini oluşturarak dolaşır ve odak çapı ve seçilen şekil ayarlanarak kaplama yüzeyinin homojen aşınması sağlanır. Sub-stokiyometrik kaplama problemleri bu teknikte de mevcuttur.

### 2.1.3. İnce filmlerin sputter tekniği ile kaplanması

Sputterig tekniği ile ince filmlerin kaplanması gene bir PVD tekniğidir. Sputtering prosesi ile kaplama, vakumda enerji ve momentum korunumuna uyarak Ar gibi inert bir gazın iyonları ile bombardıman edilen katoddan atom veya moleküllerin kopartılarak taşıyıcı üzerine oturtulması tekniğidir. Plazma elektrik alanla oluşan alışılmış gaz deşarjı ile sağlanırsa kaplama hızı düşük olan alışılmış gaz deşarjı ile sputtering elde edilir. Modern sistemlerde alışılmış sistemlerdeki elektrik alana ilave bir magnetik alan yer alır. Magnetik alanın görevi targetten kopan sekonder elektronları target yüzeyinde tutarak plazma yoğunluğunu ve böylece kaplama hızını çok fazlası ile artırmaktır. Target yüzeyi inert gaz iyonları ile bombardıman edilirse target metalinin bir filmi taşıyıcı yüzeyinde elde edilir. Inert gaz genellikle Ar dur. Ar ile birlikte O<sub>2</sub> veya N<sub>2</sub> veya bunların karışımları olan reaktif gaz kullanılırsa bu tip kaplamaya reaktif sputtering denir.

Kaplama malzemesi target konumunda olup iyonlarla bombardıman edilen katodda yer alır. Target ve kaplamanın yapıldığı cam taşıyıcı birbirlerine paralel ve karşılıklı konumdadır. Proses oda sıcaklığında kaplama yapılmasına imkan verir. Katodun düzlem olması ve magnetik alan kullanılarak plazmanın yoğunluğunun ve böylece kaplama hızının artırılması halinde elde edilen ve jumbo camların ticari olarak kaplanmasında kullanılan sistemlere "Planar Magnetron" sputtering sistemleri denir. Bu sistemlerde katoda uygulanan plazmayı oluşturan gerilimin DC veya alternatif olmasına göre DC Magnetron veya RF (radyo Freqansı ile değişen alternatif voltaj) Magnetron sistemler elde edilir. RF sistemler çok yüksek gerilimleri gerektirdiğinden kaplama alanı ancak 1m<sup>2</sup>lik alanlara kadar çıkabilen sınırlı target yüzeylerine uygulanır. Katod malzemesi metaldir. Anod ise kaplama aletinin kendisidir. RF Magnetron sistemler ile katod zehirlenmesi denen katod yüzeyinde oluşacak dielektrik tabakaları oluşması önlemediğinden MOx veya MNx olarak for-

müllendireceğimiz metal oksitleri veya nitridleri oluşmaz. Bu RF sisteminin en avantajlı yanısıdır. Ancak RF sputtering kaplamalar kaplama alanının sınırlı olması nedeni ile jumbo kaplamaları yapamaz. DC Magnetron sputtering ile jumbo kaplamalar yapılabilir ama bu metodu sınırlayan da saydam reaktif kaplamalarda kullanılan targetlerin sayısının azlığıdır. Örneğin DC magnetron sistemler ile reaktif olarak kullanılan oksitler  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ve bizim patent başvurusu yaptığımız  $\text{WO}_3$  ve başvurusu yapılacak olan  $\text{MOx}$  dir. Nitridler ise  $\text{TiN}$  ve bizim patent başvurusu yapacağımız  $\text{MNx}$  dir. Burada "M" ile patent başvurusu henüz yapılmayan reaktif kaplamanın yapıldığı bizim patentle-yeceğimiz metal gösterilmiştir. Düzlemsel bir DC magnetron sputter kaplama sisteminde cam targetin altından yatay konumda targete paralel kayarak tek yönde hareket etmektedir. Kaplama bu geçiş sırasında sağlanır. Targetin üzerinde üç sıra halinde dizili olan magnetler plazmanın en yoğun olduğu bir tünel oluşturur. Bu da targetlerin plazma tüneline benzer V kesitli bir elips biçiminde aşınmasına neden olur. Günümüzde "Twin Mag" denilen sistemler katod zehirlenmesini önlediklerinden DC Mag. ile kaplanması imkansız olan birçok malzemeyi çok çok hızlı olarak ve V kesitindeki kesidi tabanı çok geniş bir U şekline dönüştürerek kaplamanın avantajlarına sahiptir. Bu sistemlerde alternatif olarak anot-katod konumlarına değişen iki katod vardır. Bu değişim katod yüzünü her an metal modunda tutarak korur. Ayrıca kaplama yüksek enerji ile sputter eden parçalardan oluştuğundan masif malzemenin limit özelliklerine sahip filmler oluşur.

## 2.2. CVD teknikleri

Kimyasal buhar fazından taşıyıcı üzerine malzemenin biriktirilme teknikleri, prekürsör adı verilen malzeme buharının veya gaz karışımının ısıtılmış bir taşıyıcı üzrinden geçirilmesi, gaz fazında kimyasal reaksiyonla değiştirilmiş yeni malzemenin katı fazındaki filminin taşıyıcı yüzüne kaplanması esasına dayanır. CVD prosesleri genellikle normal atmosfer şartlarında uygun sıcaklıklardaki cam taşıyıcılar üzerine uygulanır. Elektronik endustrisinde düşük basınçta ve laser ışınlanması ile disosiyasyon eden, veya UV ışınlanması ile ayrışan prekürsörler veya termal olarak çalışan reaktörler kullanılarak çok küçük kaplama alanlarındaki çeşitli filmler oluşturulabilir. Kimyasal reaksiyonun başlatılmasına göre CVD teknikleri "Termal" CVD veya "Foto" CVD teknikleri olarak adlandırılmak mümkündür. CVD reaksiyonlar normal atmosferik basınçta yapılmış ise "APCVD", düşük basınçta ise "LPCVD" kaplama tekniklerinden bahsedilir. Ancak konumuz cam üzerine jumbo boyutu kaplamalar olduğundan biz atmosferik şartlardaki "Termal APCVD" tekniklerinden ve kaplama malzemelerinden çok kısa olarak söz edeceğiz. CVD teknikleri ile kaplanan malzemeler Low-E, saydam iletken cam, solar kaplamalar, sert kaplamalar, aynalar, gibi çok çeşitli uygulamalarda kullanılır. Kaplanan film malzemeleri olarak;  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  gibi dielektrik oksitler  $\text{Si}_3\text{N}_4$  gibi saydam dielektrik nitrid,  $\text{SnO}_2:\text{F}$  gibi saydam iletken malzeme, Si,  $\text{TiN}$  gibi yarı iletkenler ve Al, W, gibi metal filmlerinden söz edilebilir. Bu malzemelerin oksijen veya azot ile reaksiyon oluşturma sıcaklıkları  $250-450^\circ\text{C}$  arasında cam sıcaklığı ise  $600-650^\circ\text{C}$  arasındadır. Başlangıç malzemesi ise gaz, sıvı veya katı fazında olabilir. "Piroolitik Kaplama" veya "Spirey Pirolysis" olarak bilinen kaplama teknikleri termal APCVD dir. Bu teknik ile cam "on-line" denilen şekilde, camın fırından çıkış hızındaki kaplama hızlarında kaplanabilir. Kaplama sistemi olarak büyük cam fabrikalarında firmaların kendi patentleri olan kaplama sistemleri kullanılmaktadır.

Piroolitik kaplamaların birçok avantajları vardır. Bunlar arasında kaplamaların sert, yoğun, yüksek kaplama hızında, kenarları örterek prodaktif olarak kaplanması ve bu yüzden de ucuz olmasından bahsedilebilir. APCVD için çok önemli bir husus da yan ürün olarak ortaya çıkan malzemelerin zehirli, korosif ve patlayıcı olmamasıdır.

Şişecam'da toz malzemedan başlayan pirolitik kaplama teknolojisini oturtmak üzere çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Gaz fazından başlayarak on-line uygulanan "Reflekta Flo-at" adı altındaki Si kaplı güneş kontrol camlarımız Şişecam Ürün yelpazesi içindedir.

## 2.3. Islak kaplama teknolojileri

Islak kaplama teknolojileri olarak kaplamaların taşıyıcı üzerine viskoz sıvı olarak kaplandığı, kap-

lamaların ikincil işleme ısıtılarak kurutulduğu ve daha sonra sıcaklığın artırılarak kaplama malzemesinin yoğunlaştırma sıcaklığında pişirildiği teknolojilerdir. Bunlar "sol-gel" ve "silk screen baskı" ve "kimyasal kaplama" teknolojileridir.

### 2.3.1. Sol-gel kaplama tekniği

Sol-gel kaplama tekniğinde sıvı fazdaki malzemenin bir filmi cam veya başka bir taşıyıcı üzerine kaplanır düşük sıcaklıkta ısıtılarak kurutulduktan sonra sıcaklık artırılarak film yoğunluğu artırılır. Kurutulmuş film zayıf ve gözenekli yapıdadır. Yoğunluğu artırılan film sert ve dayanıklıdır. Sol gel kaplama tekniği ile hemen hemen her tür oksid filmi elde edilebilir. Örnek olarak  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ , ve istenilen kompozisyondaki oksid karışımları verilebilir. Film kalınlıkları 500-1000 Å kadardır. Daha kalın filmler sıvı viskozitesi ve kaplama parametreleri ile değiştirilebilir. Ard arda film kaplama-kurutma-yoğunlaştırma işlemleri uygulanarak kalın filmler elde edilir. Başka bir yöntem de sol-gel malzemelerin polimerlerle oluşturduğu kompozit yapıdadır. Bu tip kompozitler ile çok kalın filmleri tek bir kaplama prosesi ile elde etmek mümkündür. Kaplama metodu olarak "Daldırma" ve "spin" kaplama teknikleri uygulanabilir. Daldırma tekniğinde sol-gel sıvı bir kap içindedir. Kaplanacak cam eğik olarak sabit ve ayarlanabilen bir hızda sıvıya daldırılır veya sıvı içinden dışarı çekilir. Kaplama sıvının yüzey gerilimi ile taşıyıcıya tutunması ile oluşur. Diğer kaplama tekniği ise yatay konumda tutturulan ve hızla döndürülen taşıyıcı üzerine damlatılan sıvı haldeki kaplama malzemesi sıvıya etkiyen merkez kaç kuvvetin etkisi ile kaplama malzemesinin ince bir filmini oluşturur. Film kalınlığı sıvının viskozitesi taşıyıcı cinsi ve dönme frekansına bağlıdır.

### 2.3.2. "Silk screen" baskı

Silk Skrin baskı teknolojisi ise daha ziyade dekoratif amaçla kullanılan çok kalın filmlerin elde edilmesinde kullanılan bir tekniktir. Otomotiv endüstrisinde arka camlardaki ısıtıcılar, ön camdaki renkli gradiyent bant, sun rufdaki noktasal desen, camlardaki dekoratif-fonksiyonel siyah bantlar bunlara örnektir. Mutfak fırınlarının kapaklarında da benzer kaplamalar vardır. Bu teknolojiye çok viskoz olan pasta denilen kaplama malzemesi bir çerçeve üzerine gerili ince bir kumaşın kafesdokusunu arasından kaplama bıçağı yardımı ile sürülerek geçirilir. Elekn üzerinde desen çıkarıcı maskeler bulunursa açık kısımlar pasta ile kaplanır. Kapalı kısımlarda kaplama oluşmaz. Kaplama kalınlığı 10-100 mikron kadardır. Kaplama malzemesi değişik sıcaklıkta kür edilen frit veya UV kürü yapılabilen boyalardır.

## 3. SONUÇ

Bu yazıda ince film kaplama teknikleri kısaca gözden geçirilmiştir. Sözü edilen başlıca kaplama teknikleri olarak PVD (fiziksel buhardan kaplama), CVD (Kimyasal buhardan kaplama) ve ıslak kaplama teknikleridir. PVD teknikleri olarak "buharlaştırma" teknikleri olan termal ve e- beam kaplama teknikleri ile kaplama malzemesinin ısıtarak buhar fazına geçirildiği ve sonra taşıyıcı üzerine kondanse olup katı fazda bir film oluşturduğunu söyledik. Diğer bir PVD tekniği ise "sputtering" kaplama tekniğidir. Bu teknikte "target" adı verilen katod malzemesi sputter ettirici Ar gazı ile bombardıman edilir. Reaktif gaz da kullanılarak target malzemesinin oksid veya nitridi veya reaktif gaz kullanılmadığında target malzemesinin kendisi taşıyıcı üzerinde bir film oluşturur. CVD tekniklerinde ise bir reaktörde ısıtılan veya ışık ile reaksiyona uğratan, veya karıştığında reaksiyon vererek kimyasal formülünü değiştiren malzemeler, yeni bir kimyasal formül ile taşıyıcı üzerinde katı fazda bir film oluşturur. Islak teknolojiler olarak da "sol-gel" ve "baskı" teknolojilerinden söz edildi. Tüm bu teknolojiler gerek araştırma için ve gerekse de üretim için kullanılmaktadır. Birbirlerine üstünlükleri ancak kullanılış amacına göre değişmektedir. Örneğin optik kalitesi yüksek, çok iyi kalınlık kontrolünü gerektiren ve çok büyük kaplama alanları için sputtering tekniği uygun iken, çok delikli ve dolayısı ile kırılma indisi çok küçük olan bir filmin oluşturulmasında sol-gel tekniği çok daha uygundur. Çok kalın filmleri gerektiren kaplamalar için ise baskı tekniğinin kullanılması en iyi çözümdür.

# CAM AMBALAJ VE ZÜCCACİYE ÜRETİMİNDE, CAMIN FOREHEARHTLARLA ETKİN KOŞULLANDIRILMASI

**Dadal Arıburnu**

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

## ÖZET

Camın hammadde ve harmanla başlayıp son ürün olarak biten yolculuğunda, üretim sürecini tanımlayan ergitme, koşullandırma ve şekillendirme zincirinin orta halkasını oluşturan camın koşullandırılması ve forehearthların koşullandırma üzerindeki etkinliği, Cam Araştırma Merkezi'nde (C.A.M.) geniş bir katılımı gerçekleştirilmiş olan atölye çalışmasında irdelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, forehearth genel mantığının irdelenmesiyle birlikte, "Forehearth Seçim Kriterleri", "Forehearth İşletmesine Etki Eden Faktörler" ve "Forehearth İşletmesinde Karşılaşılan Sorunlar" temel başlıkları çerçevesinde yapılmıştır.

Bu çalışmada, elde edilen değerlendirme sonuçlarının, pazar, teknolojik gelişmeler, üretim ve üretim etkenlerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ve karşılıklı etkileşimlerinin ifade edilmesine dönük olmak üzere ana kriterler ortaya konmakta ve böylelikle züccaciye ve cam ambalaj üretiminde, camın forehearthlarda koşullandırılmasında, tutarlı, yapıcı ve gerçekçi bir yaklaşım temelini oluşturulması hedeflenmektedir.

## GİRİŞ

Bütününde, hammadde ve harmanla başlayıp ürünün ambara teslimine kadar uzanan cam üretimi sürecinde, "ergitme", "koşullandırma" ve "şekillendirme" ana başlıkları altında ele alınan işlemler zincirinin ortasındaki halkayı oluşturan camın koşullandırılması, ürünün niteliğini etkileyen en önemli unsurlardan birisidir. Tasarımdan süreç kontrolüne, refrakter kalitesinden ekipman seçimine kadar birçok konuda hassas ve ileri teknoloji gerektiren bu proses,son yıllarda üzerinde en çok durulan konuların başın da gelmiş ve çeşitli gelişmelere sahne olmuştur. Bununla beraber, camın koşullandırılması, küreselleşmenin üst düzeye ulaştığı günümüz şartlarında, üretim ve teknolojik boyut kavramlarıyla birlikte rekabetin yoğunlaşmasına ve yeni pazar arayışlarıyla birlikte pazar payının güçlendirilmesine dönük olarak ele alınmalıdır. Dolayısıyla, pazar anlayışı ile teknolojideki ilerlemeler ve üretim etkenleri ilişkisi ve etkileşimi, üretimin niteliğini ortaya koyan temel kavramlar olarak değerlendirilmelidir. Bu çerçevede bir yapının oluşturulması, bu dört temel kavramın tanımlanmasıyla mümkündür.

Bu kavramları;

### 1. "Pazar";

- Küreselleşme etkisi ve bunun sonucu olarak yoğunlaşan rekabet,
- Yeni pazarların yaratılması ve pazar gücünün artırılması

### 2. "Teknolojik ilerlemeler" ;

- Dayanıklı refrakterler,
- Yeni tasarımlar,
- Hızlı üretim makinaları,
- İleri **Ölçü/Kontrol** teknikleri,
- Kontrol sistemleri,
- Otomasyon

### 3. "Üretim Etkenleri" ;

- Hammadde,
- Kapasite,
- Verim,
- Proses kontrol,
- Maliyet,
- Ürün tasarımı,
- Çevre sağlığı
- İnsan gücü,
- Eğitim

### 4. "Üretim" ;

- Uygun kalite,
- Düşük maliyet,
- Süreklilik

başlıkları altında sınıflandırmak mümkündür.

## CAMIN KOŞULLANDIRILMASI NEDİR?

Camın hammadde ve harmanla başlayıp ürünle biten yolculuğu;

- camın ergitilmesi,
- camın koşullandırılması,
- camın şekillendirilmesi

ana başlıkları altında toplanmaktadır.

Üretim zincirinin ortasındaki halkayı oluşturan camın koşullandırılması, değişen fırın şartları ve çekiş hızlarında, camın ısı ve kimyasal homojenitesinin düzenlenerek damlanın belli bir ürün için sabit bir sıcaklık, ağırlık ve şekilde üretim makinalarına hazırlanmasıdır. Camın koşullandırılması işlemleri, "çalışma havuzu", "forehearth" ve "feeder" ana birimlerinde gerçekleştirilmektedir. Bu birimlerle sağlanan etkin koşullandırmanın temel hedefi ise, pazarın talebi doğrultusunda uygun kaliteyi sağlamak ve bu kaliteyi olabildiğince düşük maliyetlerle üretmektir.

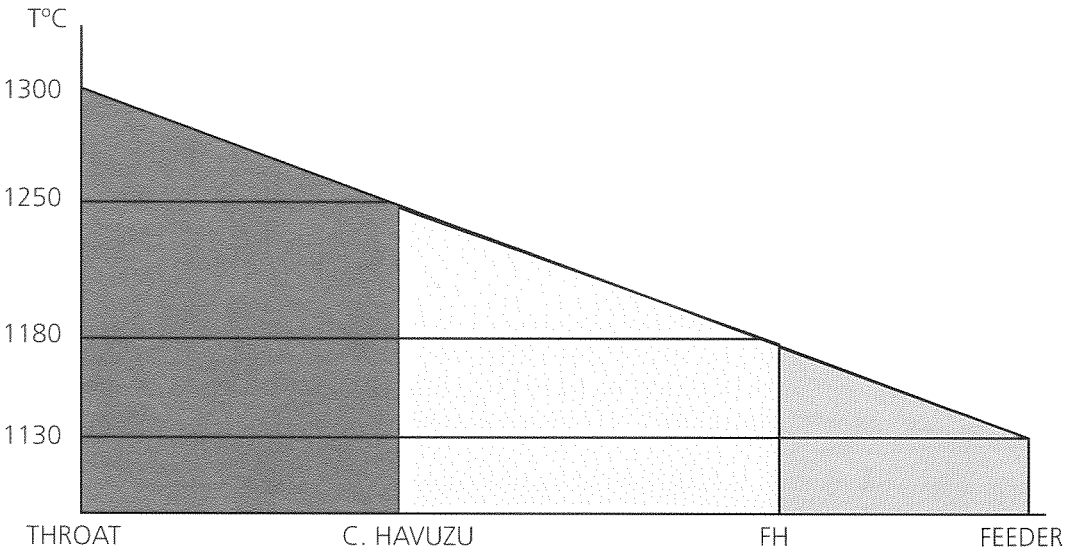
Etkin koşullandırmayla beklenen uygun kalitede ürünün eldesi için öncelikle nitelikli damla oluşumunun sağlanmasıdır. Nitelikli damla oluşumunda etken faktörler ise, sıcaklık, ısı ve kimyasal homojenite, ağırlık ve şekildir. Bu faktörler, etkin koşullandırmanın sonucu olarak elde edilen damlanın niteliğini tanımlamakla birlikte ürünün şekillendirme kalitesine de doğrudan yön vermektedirler. Dolayısıyla, damla niteliğini tanımlayan bu faktörlerin kontrolü ön plana çıkmaktadır. Bu kontrol mekanizmasının ana basamakları, forehearth'taki camın ısı homojenitesinin, cam akışının ve damla oluşumunun kontrolüdür. Bu kontrol mekanizmasının bağlı olduğu temel düşünce, forehearth cam çıkış sıcaklığını, dış etkenlerden bağımsız olmak koşuluyla sabit tutabilmek ve cam ısı homojenitesini denetim altına alabilmektir. Bu yaklaşımın ortaya konmasıyla elde edilecek kazanım ise, forehearth cam çıkış sıcaklığının ısı homojenitesinin asgari zaman ve sapma ile arzu edilen değerlere getirilmesi ve herhangi bir ürün değişikliğine gidildiğinde yeni koşullar için en kısa sürede dengeye ulaştırılmasını sağlamaktır.

Tüm bu karakteristik belirlemelerin yanında, dış etkenlerin etkileri de bu yaklaşımın önemli bir parçası olarak ele alınmalıdır. Bu etkenlerin içinde en önde geleni forehearth'a giren cam sıcaklığının etkisidir. Forehearth giriş cam sıcaklığının etkisi, esasında ergitme fırınında veya çalışma havuzunda hedeflenmiş arzu edilen sıcaklık değerlerindeki sapmalardan veya kontrol dışı sürekli değişimlerden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, forehearth'a gelirken camın geçirdiği tüm aşamaların değerlendirilmesi, irdelenmesi ve hedeflerin sürekli kontrolü gerekmektedir. Böylelikle, camın ergitilmesinden başlayarak şekillendirilmesine giden yolda, forehearth'ın koşullandırmadaki yeri gerçek anlamda ortaya konulabilir.

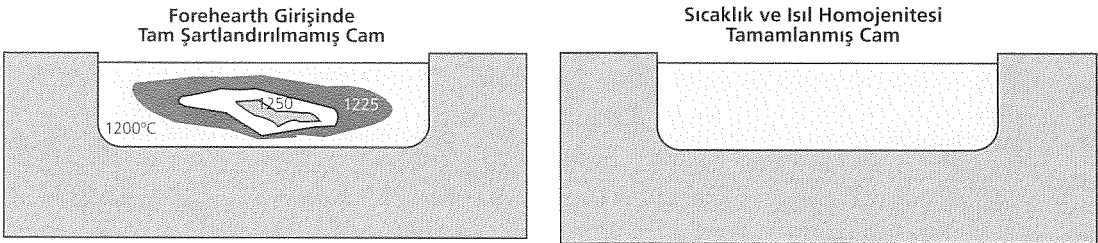
## KOŞULLANDIRMANIN VE FOREHEARTH'IN ETKİNLİĞİ

Koşullandırmanın ve forehearth'ın etkinliği, yüksek şekillendirme kalitesinin elde edilmesiyle somut bir anlam kazanmaktadır. Yüksek şekillendirme kalitesi ise doğrudan damlanın niteliğine bağlıdır. Hedef, damlanın, ürüne göre değişen en uygun şekle sahip olması, kalıba doğru olarak yüklenebilmesi ve kalıp öncesi ısıl homojenitesinin, prosesin ileriki aşamalarını da etkili kılacak düzeyde sağlanabilmesi gerekmektedir.

İstenen özelliklerdeki damlanın oluşması için ön koşul, istenen sıcaklık ve ısıl homojenizasyonu tamamlanmış olan camın feeder'e girmesidir. Throat'tan damla oluşumuna kadar geçen zaman diliminde, belirgin bir sıcaklık düşmesi ve dolayısıyla da ısı kaybı söz konusudur (Şekil 1). Koşullandırma sürecinde, çalışma havuzu ve forehearth boyunca yer alan cam kütesinin söz konusu ısıyı, camın ısıl homojenizasyonundan (Şekil 2) ödün vermeden kaybetmesi, sürecin felsefesini ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Koşullandırma sürecindeki sıcaklık profili



Şekil 2. Sıcaklık dağılımı ve ısıl homojenite ilişkisi

Bu felsefenin özünü oluşturan ana hedefler ise, sıcaklık ve homojenite kontrolü ile düzenlemesi, ürün değişiminde istenen yeni sıcaklık dengelerine kısa sürede ulaşılması ve enerji tasarrufu olarak şekillenmektedir. Bu süreçte rol oynayan ana etkenler, tasarım, soğutma-yakma ve karıştırma sistemleri ile sıcaklık kontrolü olarak ortaya konmaktadır.

Isıl homojenitenin sağlanmasında, cam kütesine, uygun bir ısıtma ve soğutmanın uygulanması şarttır. Teorik açıdan değerlendirildiğinde, ısıl homojenitenin mükemmel olabilmesi için sonsuz



izolasyona ve yeterli zamana ihtiyaç vardır. Gerçekte uygulanması gereken ise camın koşullandırma süresinin uzatılmasıdır. Bu da sıcaklık düşüşünün hızlandırılması ve koşullandırma işleminin daha geriden başlatılması ile gerçekleştirilebilir. Sıcaklık düşüşünün hızlandırılması için uygun bir soğutma sistemi gereklidir. Uygun soğutma sistemi, camın daha sıcak olduğu merkez hattında etkili olmalı, cam yüzeyiyle doğrudan ilişkili olmamalı, otomatik kontrole imkan verecek nitelikte olmalı ve yüksek bir soğutma kapasitesine sahip olmalıdır. Soğutmanın yanısıra, etkili bir ısıtma sisteminin varlığı ve dinamik durumdaki cam kütesinin ısı profilini düzenleyebilecek olan izolasyon seviyesinin seçimi son derece önemlidir.

Ürün değişimi ile birlikte, etkin koşullandırmaya ve etkin koşullandırmayla ulaşılması hedeflenen forehearth sıcaklık profilinin ve ısı homojenitesinin sağlanması amacına dönük olmak üzere soğutma ve sistemlerinin, kendi içlerinde, birbirleriyle ve komşu zonlarla olan ileri kontrol stratejileri uygulayarak istenen şartları oluşturma ve yeni şartlara uyumun en kısa sürede tamamlanmasıdır.

Enerji tasarrufu, buraya kadar belirtilen ana hedeflerin doğal sonucudur. Enerji tasarrufu, ısıtma sürecinde kullanılan yakıt miktarının azaltılması ve paketlenmiş veya satılabilir ürün yüzdesinin artırılması ile sağlanabilir. Yakıt miktarının azaltılması için, camın sadece soğuk olduğu bölgelerin ısıtılmasına olanak veren tasarım ve ısıtma sisteminin kullanılması, azalan yakıtı uygun olarak küçük yanma hacmi, dolayısıyla da düşük üst yapı tasarımı ve sistemde mümkün olan en yüksek izolasyonun sağlanması ön plana çıkmaktadır. Ürün değişimine kısa sürede adapte olan bir sistemde, boş akan cam miktarı azalacak, paketleme yüzdesi artacak, sonuçta da bu miktar için harcanan tüm enerjiden tasarruf edilmiş olunacaktır.

## FOREHEARTH SEÇİM KRİTERLERİ

Koşullandırmanın etkin olarak gerçekleştirilebilmesi ve bunun sonucu olarak, son ürün için yüksek şekillendirme kalitesine ulaşabilmesi gerekliliği vardır. Bu doğrultuda, nitelikli damlanın elde edilmesi, bu yaklaşımın temelini oluşturmaktadır. Bu amaca dönük olarak, çalışma havuzu, forehearth ve feeder sistemini bir bütün olarak değerlendirmek gerekir.

Çalışma havuzu'nu, ergitme fırını ile forehearth arasında bir sadece bir bağlantı ünitesi olarak değil, koşullandırmaya üst düzeyde katkıda bulunacak ve forehearth'ın etkin olarak kullanımına dönük olarak değerlendirmek gerekmektedir. Çalışma havuzu tasarımı ve işletme şartları, forehearth'ın ısı homojenitesini, verimliliğini, çekişini ve hatta damla ağırlığı ve şeklini, şekillendirme aşamasında üretim makinalarının verimliliğini, cam sıcaklığının sürekli kontrolü ile birlikte doğrudan etkileyen en önemli temel etkenlerdir. Forehearth'taki cam sıcaklığının kontrol edilmesinin ana nedeni, ısı homojenitenin izlenmesiyle birlikte, cam viskozitesinin, yani akışkanlık derecesinin güvenli kontrolünün sağlanmasıdır. Dolayısıyla, cam kompozisyonu ve camın cinsi, forehearth seçimini doğrudan etkileyen ana kriterlerden birisi olarak ele alınmalıdır.

Üretim yapılacak forehearth için, temelde, sağlıklı ve esnek bir üretim planlamasının yapılabilmesi amacına dönük olmak üzere güçlü bir pazar araştırmasının yapılması ve ürün veya ürünlerin olası satış potansiyellerinin ortaya konması gereklidir. Dolayısıyla, bu aşamada değerlendirilmesi gereken, forehearth tasarımının değişkenlik gösteren pazar şartlarına uygun olarak kapasitesinin belirlenmesidir. Forehearth'ı, gerek düşük, gerekse de yüksek kapasiteyle kullanıldığı zaman, belirlenmiş ürün için uygun damlayı elde etmek için verimli ve yeterli bir yakma ve soğutma sistemine ihtiyaç vardır. Hedef, arzu edilen nitelikte damlayı elde etmeye göre, camın koşullandırılmasında, uygun sıcaklık dağılımını ve kararlılığını sağlamak şarttır. Bu anlamda, yanma ve soğutma sistemleri için yakıt tipinin seçimi ve güvenilirliği, verimi ile sistemlere ilişkin eğitimin niteliği, bakım yeterlilikleri, ekonomik açıdan yapılabilirliklerinin değerlendirilmesi ve kapasitesi ön plana çıkmaktadır. Isı homojenitenin sağlanmasının yanısıra, feeder'e giren camın kimyasal homojenitesinin verimli olarak düzenlenmesine dönük olarak karıştırma sistemlerinin gerekliliği ortaya konmaktadır. Genellikle, forehearth'ın dengeleme veya arka soğutma bölgelerine yerleştirilen karıştırma sistemleri, tasarımı etkileyen bir diğer önemli faktördür.



Bunun yansira, forehearth'ın yakından ve hassasiyetle kontrolü, forehearth işletme hedeflerine ulaşmakta ve kararlı bir yapıyı elde etmekte çok önemli bir konuma sahiptir. Dolayısıyla yatırımların, koşullandırma prosesinin ve forehearth'ın bütün olarak uygun ve yeterli kontrol sisteminin de içeren enstrümantasyonunu gerçekleştirecek şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu aşamada, enstrümantasyonunun niteliği, güvenilirlik, bakım kriterleri ve desteği, yedek ünitelerin yeterliliği, kullanıcıların eğitimi ve sağlanacak destek, etkin forehearth işletmesinin sağlanması yolunda çok önemli bir yere sahip olmaktadır.

## **FOREHARTIN ETKİN İŞLETİLMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER VE İŞLETMEDE KARŞILAŞILAN TEMEL SORUNLAR**

Forehearth seçim kriterleri, temelde, etkin işletim mekanizmasının ana hatlarını oluşturmaktadır. Dolayısıyla, arzu edilen nitelikli damla hedefine uygun olarak tanımlanan ısılı homojenite, verimlilik, kapasite, ürün değişimi, pazar analizi, kontrol yaklaşımı, soğutma ve yakıt sistemleri ile enstrümantasyon kavramlarının etkinliğinin ve yeterliliğinin analizi, forehearth'ın işletilmesine etki eden faktörlerin irdelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Etkin koşullandırmanın eldesi, nitelikli damlanın eldesi ve yüksek şekillendirme kalitesine giden yolda sağlıklı bir yapının kurulmasıdır. Bu çerçevede, yetersiz pazar araştırması ve analizi ile buradan kaynaklanacak belirsizliğin yarattığı üretim planlamasında sıklıkla değişiklik yapma zorunluluğu, ürün değişimlerinin ve çeşitliliğinin artması sonucunu getirmekte ve dolayısıyla sistemin kararsız bir yapıya sahip olması kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu kararsızlığın forehearth üzerindeki etkisi, çalışma havuzu şartlarının değişimi ile forehearth giriş sıcaklığından başlamak üzere tüm forehearth sıcaklık dağılımının bozulması, ısılı inhomojenitenin artması ve sonuç olarak hedeflenen damla niteliğine ulaşılamaması olarak ortaya çıkmaktadır. Temel yaklaşım, en kısa sürede yeni dengelemlere ulaşmak ve kararlı bir yapı elde etmektir. Bu anlamda, seçilmiş olan kontrol sisteminin verimli olarak kullanılması ve forehearth'ın bütününe dönük olarak etkinlik kazanabilmesi son derece önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır.

Çağdaş bir kontrol sisteminin oluşturulması ve geliştirilmesi, kontrol hedeflerinin belirlenmesi ile uygun ölçüm ve ayar mekanizmalarının ortaya konması, alternatif çözümlerin tanımlanması ve kontrol sisteminin yapılandırılmasıyla sağlanabilir. Bu kapsam içerisinde, çağdaş bir kontrol sisteminin oluşturulması ve geliştirilmesi için öngörülen mekanizmalar, proses işletme hedeflerinin ortaya konması kontrol sistem hedeflerinin tanımı, proses üzerindeki bağlayıcı koşulların belirlenmesi, dış bozucu etkenlerin karakteristiklerinin ve kaynaklarının tanımlanması ile proses dinamik karakterlerinin detaylandırılması şeklinde ele alınmalıdır. Bu doğrultuda, yakma ve soğutma sistemlerinin etkinliği, yanma koşulları, hava/yakıt oranı ve oksijen seviyesi başta olmak üzere, öncelikle proses işletme hedeflerine ulaşmak için gerekli işletme şartlarının düzenlenmesi ve bununla bağlantılı olarak proses kontrol yapısının oluşturulması sağlanmalıdır. Kontrol sisteminin tutarlı ve kararlı bir yapıyı ortaya koyabilmesi için, kullanılan tüm enstrümantasyon ile doğru sonuçlar elde edildiğinden herhangi bir şüphenin olmaması gerekir. Bu açıdan yaklaşıldığında, cihazların doğru kalibrasyonu ve periyodik bakımlarının gerçekleştirilmesi temel şarttır. Bütün bu faktörlerin yansira, eleman eğitimi ve karşılıklı iletişimi de içeren insan faktörü gözardı edilmemelidir.

Forehearth işletmesinde karşılaşılan sorunlar ise, forehearth seçim kriterleri ile çerçevesi çizilen ve forehearth'ın etkin olarak işletilmesine etki eden faktörlerin analizi ile devam eden sürecin, her iki basamakta ortaklaşa olarak kullanılan temel yaklaşım doğrultusunda değerlendirilmesiyle ortaya çıkan somut sonuçlarıdır (Tablo 1).

**Tablo 1. F/H seçim kriterleri, F/H işletmesine etki eden faktörler ve F/H işletmesinde karşılaşılan sorunlar ilişkisi**

	F/H Seçim Kriterleri	F/H İşletmesine Etki Eden Faktörler	F/H İşletmesinde Karşılaşılan Sorunlar
<b>PAZAR</b>	Pazar Gereksinimi Kampanya Süresi	Pazar belirsizliği, satış potansiyeli Talep, üretici-müşteri ilişkisi	Üretim değişikliği, verimliliği
<b>TEKNOLOJİK İLERLEMELER</b>	Refrakter Yeni Tasarım Kontrol Sistemleri Enstrümantasyon Üretim Makinaları Otomasyon	Refrakter kalitesi Verimli F/H, Ç/H, zon sayısı ve uzunluğu Kontrol sisteminin seçimi Yardımcı işletmeler, spout, feeder, karıştırıcı mekanizmaları periyodik bakım, kalibrasyon Periyodik bakım, Veri transferi	Refrakter hatalı cam hataları, inhomojenite Yanlış kontrol teknikleri, hatalı bağlantılar T/C kırılmaları, feeder-spout değişimi, enerji kesilmeleri Yanlış/eksik veri transferi
<b>ÜRETİM ETKENLERİ</b>	Ürün Tasarımı Yerleşim İnsan gücü Proses Proses kontrol Hammadde Çevre ve İnsan Sağlığı Verim Bakım	Ürün değişimi, çeşitliliği, cam kompozisyonu, rengi Layout, çalışma ortamı, F/H şekli Eleman eğitimi, altyapı Fırın, F/H, Ç/H, feeder, spout, ısıtma-soğutma sistemleri, yardımcı işletmeler, şekillendirme makinaları Proses izleme analiz	Ürün dağılım sıklığı ve çeşitliliği İletişimsizlik Proses tipi, yakıt cinsi, soğutma havası niteliği Damla ağırlığı ve cam sıcaklığındaki oynamalar, renk geçiş süresi uzunluğu, yanlış ölçüm sonuçları, cihaz kalibrasyonu Yakma-soğutma sistemlerinin periyodik bakımı
<b>ÜRETİM</b>	Kalite Düşük Maliyet	Süreklilik	Kaliteden tavizler

## SONUÇ

Camın koşullandırılmasının ve forehearthların koşullandırma süreci içindeki etkinliğinin irdelendiği atölye çalışmasının sonucunda, **“Forehearth Seçim Kriterleri”**, **“Forehearth İşletmesine Etki Eden Faktörler”** ve **“Forehearth İşletmesinde Karşılaşılan Sonuçlar”** ana başlıkları altında değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu anlamda, koşullandırmanın etkin olarak gerçekleştirilebilmesi ve son ürün için yüksek şekillendirme kalitesine ulaşabilmesi gerekliliği temelinde, pazar, teknolojik gelişmeler, üretim ve üretim etkenlerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ve karşılıklı etkileşimlerinin analiz edilmesi gerektiği gerçeği vurgulanmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Oğuz, M., "Otomatik Züccaciye ve Cam Ambalaj Üretiminde Camın Koşullandırılması", 6. Cam Problemleri Sempozyumu, 1990, s. 30.
2. Lambert, B., "Improving Thermal Homogeneity with Forehearth Bottom Cooling", Glass, Ocak 1992, s. 19.
3. Sims, R., "Energy Saving in Forehearths", Glass, Haziran 1993, s. 230.
4. Kindall, G.E., "Characteristics of Good Forehearth Control", Glass Industry, Ekim 1993, s. 10.
5. Ellison, D. ve Wray, G., "Optimisation of Glass Conditioning", Glass Technology, Cilt 35, No. 1, 1994, s. 11.
6. Edgington, J., "Forehearth Selection Parameters", Glass International, Eylül 1995, s. 22.
7. Laming, J.V., Senior, D. ve Swift, R., "The Power to Deliver", Glass International, Eylül 1995, s. 27.
8. McMinn, J., "Changing the Rules on the Forehearth Dimensions", Glass, Mart 1997, s. 111.
9. Gaskell, L.J.R., "Temperature Control Strategies for the Forehearth", Glass, Ekim 1997, s. 369.
10. "Forehearth ve Etkin Koşullandırma", Atölye Çalışması, Haziran 1998.

# CAM TUĞLA OTOMATİK BOYAMA VE PAKETLEME HATTI

## Tuğrul Misoğlu - Can Erdenir

Cam Ev Eşyası Grubu İş Geliştirme Müdürlüğü

### ÖZET

Cam Tuğla Otomatik Boyama ve Paketleme Hattı, Paşabahçe Cam San. ve Tic. A.Ş. Mersin Fabrikası'nda Kasım 1997'de üretimine başlanan cam tuğlaların, robotlar yardımıyla tam otomatik olarak boyanması ve yine tam otomatik olarak paketlenmesi amacıyla kurulmuştur.

Cam tuğla hattının sıcak kısmı İtalyan Antas firması tarafından imal edilmiş, boyama ve paketleme aşamalarını içeren soğuk kısmı ise tamamen grup içinde tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Hattın boyama kısmı; 2 adet Scara robotu, 1 boşaltma robotu, çeşitli konveyörler ve aktarma elemanları, 2 sulu boyama kabini, 1 boya pişirme fırını ve sulu kabinler için arıtma sisteminden oluşmaktadır ve imalata bütünüyle in-line olarak cevap verebilmektedir.

Soğutma fırını bandı çıkışında boşaltma robotu tarafından alınan tuğlalar bir konveyör üzerine dikey pozisyonda bırakılmakta, tuğlalar bu konveyör üzerinde boyama bölgesine kadar ilerlemekte, burada pnömatik bir devirme mekanizması yardımıyla devrilerek boyamanın yapılacağı yatay pozisyona getirilmekte ve şeritli bir konveyör üzerine aktarılmaktadır. Tuğlalar şerit konveyör üzerinden robotlar tarafından alınmakta ve robotlar boyama kabinine girmeden önce tuğlaların temiz kalması gereken üst ve alt yüzeyleri robot elindeki mevcut maskelerle kapatılmaktadır. Boyama işlemi otomatik boya tabancaları sabit, robot eli döner şekilde yapıldıktan sonra boyanan tuğlalar pişirme fırını bandına bırakılmaktadır. Fırın bandı üzerinde hareket ederken tuğlaların boyası hızlı bir şekilde kurutulmaktadır.

Fabrika ortamının kirlenmesinin önüne geçmek amacıyla boyama işlemi sulu kabinlerin içinde yapılmakta, boyama esnasında atomizasyon prosesinin tabiatı gereği oluşan ve tuğla üzerine yapışmayarak havada asılı kalan fazla boya kabin suyu tarafından emilmektedir. Boyanan tuğla adedi kontrol sistemi tarafından takip edilmekte ve arıtma sistemi belli periyotlarda devreye girmektedir. Kabinlerin içinde kirlenen su, arıtma sistemi tarafından temizlendikten sonra kabinlere geri beslenmekte, fakat arıtma esnasında proses bir kesintiye uğramamaktadır. Böylelikle kabinlerin içinde boya çökmesinin önüne geçilmekte ve bakım kolaylığı sağlanmaktadır.

Otomatik paketleme hattı; boya pişirme fırınından boşaltma ünitesi, çeşitli konveyörler ve diğer aktarma ekipmanları, sabit aralama ve separatör atma ünitesi, paketleme ünitesi, kutu ve separatör magazinleri, kutu kapama ünitesi, bantlama makinası ve kutu devirme ünitesinden oluşmaktadır.

Boya pişirme fırını bandı üzerinde yatay pozisyonda gelen tuğlalar, tuğlaların bant üzerindeki hareketi elektronik olarak takip edilerek, çift doğrusal yatakla desteklenmiş bir mekanizma tarafından vakum yardımıyla alınmakta, pnömatik döner elemanlarca dikey pozisyona gelecek şekilde döndürüldükten sonra bir konveyör üzerine bırakılmaktadır.

Bu konveyör üzerinde tuğlalar sabit aralama ve separatör atma ünitesine varmakta burada tuğlalar arası mesafe eşit hale getirildikten sonra aralarına separatör atılmaktadır. Daha sonra tuğlalar daha önceden açılarak hazırlanmış kutuların içine çeşitli pnömatik ekipmanların yardımıyla yatay pozisyonda itilerek doldurulmakta, bunu takiben kutu kapakları bir konveyör üzerinde kayıtlar yardımıyla kapatılmaktadır. Kapakların üzerine daha sonra bantlama makinasında yatay olarak bant atılmaktadır. Bantlanan kutular devirme ünitesinde paletlemede kolaylık sağlanması için ya-



tay konumdan dikey konuma gelecek şekilde devirilmekte ve proses tamamlanmaktadır.

Paketleme işlemleri 5'li kutularda yapılmaktadır. Hat gerek çok üretilen 190\*190, gerekse 240\*240 boyutlarında tuğlaları paketleyebilecek şekilde tasarlanmıştır.

...Sonuç olarak; bu proje tamamı Türkiye'de yapılan en kapsamlı otomasyon projelerinden biridir. Fikir düzeyinden mühendislik tasarımına, imalattan montajına kadar büyük ölçüde grup içinde yapılmış olması nedeniyle ayrı bir önem taşımaktadır.

## **A- OTOMATİK BOYAMA HATTI:**

Cam Tuğla Otomatik Boyama Hattı Paşabahçe Cam San. ve Tic. A.Ş. Mersin Fabrikası'nda Kasım 1997'de devreye alınan cam tuğla imalat hattıyla aynı günlerde, soğutma fırını çıkışında hattın devamı olarak kurulmuştur.

Cam tuğlaların yan yüzeylerinin boyanmasına;

- Tuğlaların örülmesinde kullanılan harcın alkali etkisi nedeniyle, cam yüzeyinin zamanla zedelenmemesi için koruyucu bir film tabakası oluşturulması,
- Harcın cama kıyasla daha iyi tutunabileceği bir yüzey oluşturulması,
- Harcın, ışığın kırınımı yoluyla camın görüntüsünü bozmasını engellemek,

amaçlarından dolayı gereksinim duyulmaktadır.

Cam tuğla imalat hattından dakikada yaklaşık 10 tuğla gelmektedir. Boyama ve Paketleme sistemleri ise 14 tuğla/dak hıza çıkabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Proje genel olarak 3 ana başlık altında incelenebilir:

- 1) Tuğlaların soğutma fırını çıkışında otomatik olarak alınıp bir konveyöre bırakılmasını sağlayan transfer sistemi; konveyör üzerinde tuğlaları devirerek pozisyonlandıran pnömatik transfer ünitesi; tuğlaları kabin içerisine taşıyarak sabit tabancalar önünde boyayan 2 Scara robot,
- 2) Çevreye boya saçılmasını önleyen su perdesi tekniğiyle çalışan 2 boya kabini; otomatik boya hazırlama, pompalama ve sprey sistemi; üretimin 24 saat kesintisiz olması nedeniyle kabinleri durdurmadan deşarj imkanı veren otomatik temizleme sistemi; prosesin son aşaması olan boya pişirme fırını,
- 3) Canlılar için zehirli nitelikteki boyanın sudan arıtılmasını ve suyun tekrar kabinlere dönüşünü sağlayan otomatik arıtma sistemi.

### **A-1 Transfer Sistemi ve Boyama Robotları:**

Cam tuğla soğutma fırınından yaklaşık 6 saniyede bir tuğla gelmektedir. 3 eksenli robotik bir aktarma sistemi tarafından soğutma fırınından alınan tuğlalar, yükseklikleri ve yönleri ayarlanarak boşaltma konveyörü üzerine bırakılırlar. Boyama bölgesinde bir arıza olduğunda tuğlalar, aktarıcı tarafından boşaltma konveyörü yerine bir buffer konveyörüne aktarılır.

Boşaltma konveyörü sonunda pnömatik transfer ünitesi yer alır. Bu ünitenin görevi, soğutma fırınından dik çıkan ve boşaltma konveyörü boyunca bu konumu koruyan tuğlaların, boyamaya uy-



gun olacak şekilde yatay konuma getirilerek, tuğlaların robotlar tarafından alınmak üzere daha hassas şekilde pozisyonlanabileceği bir şerit konveyör üzerine aktarmaktır.

Scara tipinde, 5 eksenli ve 40 kg yük taşıma kapasiteli 2 boyama robotu mevcuttur ve tamamen Türkiye'de Atınay firması işbirliğiyle temin edilmişlerdir. İlk 2 eksen x-y düzleminde konumlamayı, 3. eksen oryantasyonu, eldeki 4. ve 5. eksenler ise tuğlaların merkezleri etrafında döndürülmesini sağlarlar. Bu beş eksenin konumları artımlı enkoderle okunur. Pozisyon tekrarlanabilirliği 0.5 mm'dir. Her eksen fırçasız servo motorlarca sürülür. Eksenlerin kontrolü ve robotun programlanması için oluşturulan endüstriyel denetleyici, Yaskawa Servo denetleyicisi, Siemens Sinümerik FM-NC(4 eksen kontrollü), FM 354 modülü (1 eksen), giriş/çıkış modülleri, PLC 315, el terminali ve güç katından oluşur.

Tuğlalar şerit konveyör üzerinden robotlardan birine öncelik veren bir mantıkla alınırlar. Bir arıza nedeniyle robotlardan birisi durmak zorunda kaldığında diğer robot ihtiyaca yalnız başına cevap verebilecek kapasitededir.

Şerit konveyör üzerinde ara mesafeleri düzenlenen tuğlalar, robotlar tarafından alınırlar. Boyama için boyama kabineye girilmeden önce tuğlaların boyadan korunması gereken üst ve alt yüzeyleri robot elinde mevcut maske mekanizması ile örtülür.

### **A-2 Boyama Üniteleri ve Kabinleri:**

Boyama otomatik tabancalarla yapılır. Boyama pozisyonu; tabancalar sabit, robot eli döner konumda olacak şekildedir. Boyama işlemi tamamlandığında tuğlalar robotlarca pişirme fırını konveyör bandı üzerine bırakılırlar.

Boya pişirme fırını içinde 90°C sıcaklıkta yaklaşık 10 dak. kalan tuğlalar fırın çıkışında alınarak paketlenirler.

Boyama yüksek transfer verimi sağlayan otomatik HVLP tabancalarıyla yapılmasına karşın atomizasyon prosesinin tabiatı gereği püskürtülen boyanın yaklaşık % 40'ı kayıp olarak cam üzerine yapışmamakta ve havada asılı kalmaktadır. Ortamın kirlenmesinin önüne geçmek amacıyla boyamanın sulu kabinler içinde yapılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Kabin içinde asılı kalan boya kuvvetli bir hava emişi yardımıyla geniş bir su perdesine çarptırılmakta ve suya karışması sağlanmaktadır.

### **A-3 Arıtma Sistemi:**

Kayıp olan boyanın kabinlerin içinde sirküle edilen suya emdirilmesi sonucu buradaki boya konsantrasyonu sürekli artmaktadır. Bu durumda yaklaşık 3 günde bir prosesin kesilerek kabinlerin durdurulması ve kabin içinde çökmüş boyanın temizlenmesi gerekmektedir. Son derece zahmetli bu iş yerine prosesin kesilmemesi ve bakım kolaylığı sağlanması açısından kabinlerin içinde çöken boyanın temizlenmesi amacıyla otomatik olarak devreye giren ve suyu temizledikten sonra kabinlere geri kazandıran kimyasal arıtma prensibine dayanan bir arıtma sistemi kurulmuştur.

Robot kontrol sistemi tarafından boyanan tuğlaların adedi sayılmakta ve iki kabinde toplam 3000 tuğla boyandıktan sonra arıtma sistemi devreye girmektedir. Kabinlerin içindeki su, otomatik kumandalı vanaların açılmasıyla birlikte alt kattaki bir tanka deşarj edilmektedir. Bu esnada kabinlerde eksilen miktar kadar su bir rezerv tankından yine otomatik kumandalı vanaların açılmasıyla kabinlere gönderilmekte, böylelikle arıtma esnasında kabinlerin çalışması sürdürülerek proses kesintiye uğratılmamaktadır.



Alt kattaki tanka alınan kirlı su burada flokülant malzeme olarak alüminyumsülfat, pH dengeleyici olarak sodyumhidroksit ve aniyonik polielektrolitle şartlandırıldıktan sonra bir pompa yardımıyla santrifüj filtreye basılmakta, burada santrifüj kuvvet yardımıyla boya sudan ayrıştırıldıktan sonra temizlenen su bir pompa vasıtasıyla kabinlerin bulunduğu üst kata geri basılmaktadır.

Aritma sistemi kapalı çevrim şeklinde çalışmakta ve sistemden buharlaşma kayıpları dışında su kaybı olmamaktadır. Buharlaşma kayıpları fabrika suyundan rezerv tankına gelen bir hatla bu tankta telafi edilmektedir.

## **B- OTOMATİK PAKETLEME HATTI:**

Cam tuğla paketleme hattı boya pişirme fırını çıkışından itibaren başlamaktadır. Burada manüel olarak paketlenen tuğlaların tam otomatik olarak paketlenmesi düşünülmüştür.

Pişirme fırını üzerine yerleştirilen ve profil yapılarla desteklenen 2 doğrusal yatak üzerinde yer alan kiriş, tuğlaların pişirme bandından alınıp 90° çevrilerek istenilen yükseklikte bir konveyör üzerine bırakacak çeşitli pnömatik ve elektronik ekipmanı taşımaktadır.

İki robotun herhangi bir senkronizasyon olmadan tamamen düzensiz olarak bıraktığı tuğlalar bant üzerinde sensörler tarafından algılanmakta ve bant hızı enkoder tarafından sürekli takip edilmektedir. Böylece koordinatları belirlenen tuğlalar servo motorların sürdüğü yataklar tarafından takip edilmekte ve bant hızıyla eşit hızda, tuğlalara zarar vermeden alınmaktadır. Daha sonra, vakumlu alıcıların bağlı olduğu krameyerler ile çevrilerek konveyör üzerine dik olarak bırakılmaktadır.

Konveyör üzerine dikey olarak bırakılan tuğlalar sabit aralama ve separatör atma ünitesine varmaktadır. Tuğlalar önce yine servo motor tahrikli bir doğrusal yatak, pnömatik elemanlar ve çeşitli sensörler yardımıyla hat üzerinde araları eşit olacak şekilde düzenlendikten sonra, aralarına separatör magazininden pnömatik yöntemlerle alınan karton seperatörler atılmaktadır.

Bu durumda aralarına separatör atılmış 5 tuğla sabit aralama ve separatör atma ünitesinden paketleme ünitesine aktarılmaktadır.

Burada profil yapılarla desteklenmiş çelik masa üzerinde önce kutu magazininden kutu alınmakta, içine tuğlaların itilebileceği şekilde açılmakta ve hazırlanmakta, daha sonra 5 tuğla ve aralarındaki 4 seperatörden oluşan grubun kutu içine itilmesi gerçekleştirilmektedir. Kutu dolumunu kolaylaştırmak amacıyla kapakları açan fingerler, kutuyu masa üzerinde sabitleyen vakum elemanları ve çeşitli stoper veya kayıtlardan yararlanılmıştır.

Daha sonra dolu kutu bir silindir yardımıyla kutu kapama konveyörü üzerine itilmektedir. Burada konveyör üzerinde hareket eden kutunun kapakları kayıtlar yardımıyla kapatılmakta ve kutu bantlama makinasına aktarılmaktadır. Bantlamamakinasında yatay pozisyonda kutunun iki yanına bant atılmakta, işlem bittikten sonra bantlanarak rijit hale gelen kutu devirme konveyörü üzerine itilmektedir. Rulolu devirme konveyörü üzerinde kutu 90° çevrilerek paletleme açısından ergonomik kolaylık sağlayacak dikey konuma getirilmektedir.

Cam tuğla paketleme hattı yalnız 1 operatörün gözetiminde çalışmaktadır. Operatörün görevi normal çalışma modunda sistemi gözlemek, gerektiğinde kutu veya separatör magazinini beslemektir.

Paketleme bölümünde gerekebilecek kısa süreli müdahaleler için buraya ulaşan konveyörün benzeri bu konveyöre paralel olarak yerleştirilmiş ve acil durumda tuğlalar paketleme bölümüne ulaşmadan yolda bu konveyör üzerine aktarılarak müdahale için yaklaşık 5 dakikalık zaman kazanılmıştır.

# LAMİNE ÖN CAMLARDA MONTAJ ÇATLAKLARININ İNCELENMESİ

**Ali Şekerli - Sedat Çavuşlar**  
Trakya Cam San. A.Ş. - Otocam Fabrikası

## ÖZET

Otomobil montaj bantlarında bazı parçaların araca montajı esnasında montajı yapılan parçanın hasar görmesi mümkün olmaktadır. Mekanik mukavemeti oldukça yüksek olan temperli camlarda bu tip hasarlara nadiren rastlanmakta olup lamine ön camlarda bu durum farklılık arz etmektedir. Bu hasarların en yoğunlukla rastlanılan montaj esnasındaki çatlayan camlar olup imalatçılar bu hasarlı camları imalat hatasıdır diye yorumlayarak iade etme eğilimi göstermektedir. Lamine ön camın montajı esnasında uygulanan kuvvetlerin camın çatlamasına yol açtığı bilinen bir gerçek olup ispatı ise zor ve tartışmaya açık bir konu idi. Bu bildiride çatlamaların analizi sonucu çatlağın meydana gelme sebebinin ve çatlak yapısına bağlı olarak ampirik bir formül vasıtasıyla cama uygulanan kuvvetin nasıl belirlendiği izah edilmektedir. Konu ile ilgili olarak yapılan bir çalışmadan alınan örnekler yerli geldikçe verilecektir.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde üretimi yapılmakta olan araçların çok büyük bölümünde lamine ön cama geçilmiş olmasına rağmen bir miktar araç hala temperli ön camlarla üretilmektedir. Lamine ön camların çok büyük bir kısmı ise camın bir mastik vasıtasıyla araç karoserisine yapıştırılması yöntemi ile monte edilmektedir. Geri kalan camlar ise konvansiyonel yöntem olan lastik ile karoseriye tutturulmaktadır. Çatlama sebeplerinin incelenmesinde her iki yöntem de bir arada ele alınacaktır. Bilinen başlıca montaj çatlaması sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Cam ve karoser formlarının uyumsuz olması
- Cam ön hazırlama işleminin doğru yapılmaması
- Cam montajı esnasında cama aşırı yüksek veya lokal kuvvet uygulanması
- Cam kenar kompresyonlarının uygun değerlerde olmaması, kenar işleme hatalarının mevcudiyeti
- Lastik ile takılan camlarda lastik sertliğinin yüksek olması
- Lamine camların kenarlarının sevkiyat esnasında hasar görmesi ve çatlak başlangıç noktası oluşumu

Lamine ön cam çatlamalarının ana sebepleri yukarıda bahsedilenler ile kısıtlı olmayıp ilave nedenlerde tespit edilmiştir. Ancak çatlama noktasının hasar görmeden ayrılıp temizlenmesi ve mikroskop altında incelenmesi sonucu hem çatlak başlangıcının muhtemel sebebi anlaşılabilir hem de cama uygulanan kuvvetin miktarı ölçülebilmektedir.

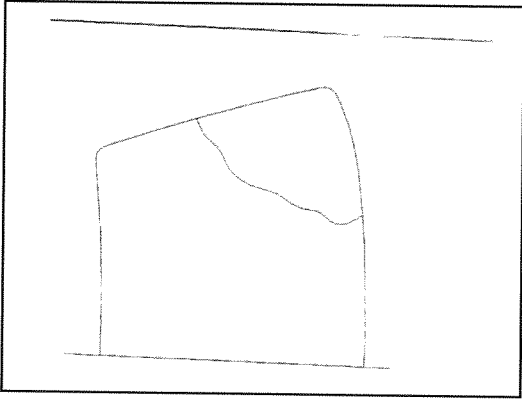
Sadece çatlak başlangıç bölgesinin incelenmesine bazı durumlarda gerek kalmayıp, aynı kompozisyondaki laminelerin çatlak şekillerinin numunelerinden yola çıkılarak uygulanan kuvvet miktarı tespit edilebilir.

## 2. BAŞLICA ÇATLAK ŞEKİLLERİ

Montaj çatlaklarını çatlak şekli itibarı ile üç grup altında toplamak mümkündür. Her çatlama yolu damar adı ile anılacaktır. Çatlak tipleri aşağıdaki gibidir:

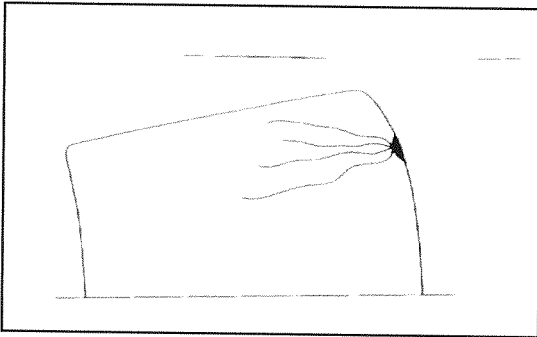
**a) Tek damarlı çatlaklar :** Cam kenarında bir noktadan başlayıp tekdamar halinde uzayan çatlak tipidir ve çoğunlukla camın köşelerinden uzak bir noktada yine kenarda son bulur.



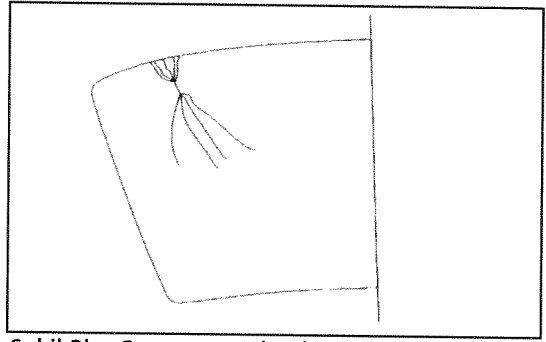


**b) Tek noktadan başlayan çok damarlı çatlaklar:** Cam kenarında tek noktadan başlayıp birden fazla damar ile devam eden ve genelde damarların cam kenarına ulaşmadığı tipteki çatlaklardır.

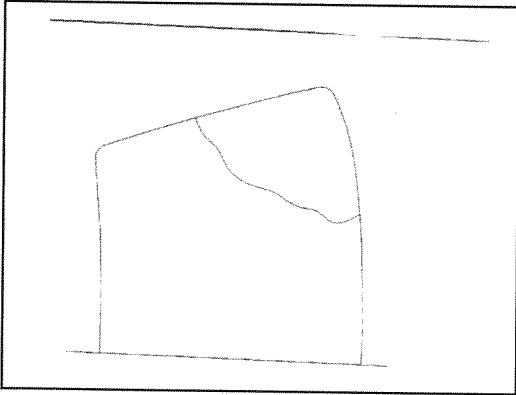
Şekil 1: Tek damarlı çatlak



Şekil 2a :Cam kenarında başlayan çok damarlı tip çatlak



Şekil 2b . Cam ortasından başlayan çok damarlı tip çatlaklar



Şekil 3. Kenar ezilmesi sonucu meydana gelen çok damarlı çatlak tipi

**c) Cam kenarının ezilmesi sonucu oluşan çok damarlı çatlaklar:** Cam kenarının camdan çok daha sert bir malzeme ile aşırı kuvvetlere maruz kaldığı durumlarda görülen ve başlangıç noktasının incelenmesinin mümkün olmadığı çatlaklardır. İnceleme konusu olamamakla birlikte birkaç olayda karşılaşıldığı için ihmal edilmemiştir ve burada yer verilmiştir.

### 3. NUMUNE HAZIRLANMASI

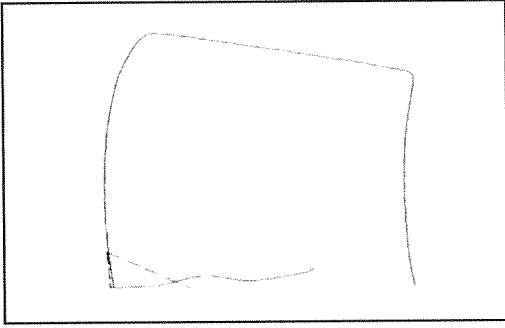
Şimdiye kadar bahsedilen bu yöntemin başarılı olarak uygulanabilmesi için en önemli kriter çatlama meydana geldikten sonra camın azami dikkat gösterilerek ve daha fazla hasar görmesine meydan verilmeden sökülmesi, iyi muhafaza edilmiş şartlarda laboratuvara kadar taşınmasıdır. Çatlaklı bir cam hemen hemen hiçbir ekonomik değer ifade etmediği için otomotiv imalatçıları tarafından genelde özensizce işleme tabi tutulmakta ve camın incelenmesi mümkün olmaktadır. Ancak konu ile ilgili olarak bilgilendirme sonucu bu konuda gelişme sağlanmıştır.

Çatlayan cam ileri geri büyük miktarlarda esnetildiği zaman esas çatlama noktasının her iki yüzeyi birbirine aşırı temas sonucu hasar görmekte ve incelenmesi artık mümkün olmamaktadır.

Çatlak yüzeyi hasar görmeden laboratuvara getirilen bir camın numunesinin hazırlanması için sırası ile şu işlemler uygulanır:

- İncelenecek olan damar üzerine alkol dökülerek PVB nin yumuşaması sağlanır ve çok ince bir tel yardımı ile lamine cam çatlak damarının sağ ve sol yüzeyinde kalan parçalar olarak ikiye ayrılır.
- İncelenecek olan yüzey camın yarı parçasından elmasla kesmek sureti ile bir üçgen parça olarak çıkarılır.
- Üçgen parça şeklindeki numune yüksek sıcaklığa maruz bırakılarak PVB yumuşatılır ve çatlak bölgesinden temizlenir.
- İncelenecek yüzey basınçlı hava ile temizlenir.

Numune artık incelenmeye hazır hale gelmiş olup ,mikroskop altında incelenme anına kadar çatlak yüzeyinin mekanik hasarlardan korunması gerekmektedir.



Şekil 4: Cam üzerinden kesilerek alınan numune şekli

#### 4. ÇATLAK BAŞLANGIÇ YÜZEYİNİN İNCELENMESİ VE ÖLÇÜLMESİ

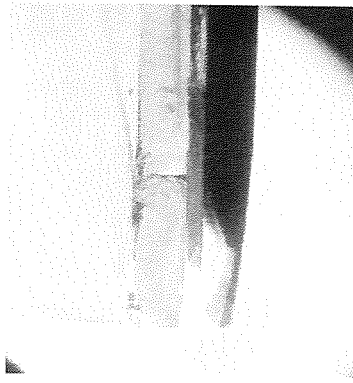
Çatlak incelenmesinde ilk yapılan gözlem çatlak başlangıç noktasının incelenmesidir. Çatlak başlangıcının fiziki sebebi kenarda mevcut bir kılcal çatlak, pul veya derin bir çizik bile olabilir. Bu kenar düzensizlikleri mevcut bile olsa bu camın kırılacağı anlamına gelmez. Temel kriter uygulanan kuvvetin büyüklüğü olup , 200 kg kuvveti aşan değerlerde camın kırılmış olması halinde otomotiv imalatçısının prosesini incelemesi gerekmektedir. Konvansiyonel yöntemlerle (disk, bant) kenarlaşmaya tabi tutulan camlarda doğal olarak yukarıda bahsedilen kenar yapısı oluşmakta ve her camda görülmektedir. Ancak bunların incelenmesi proses kaynaklı bir hata uzantısı olup olmadığının belirlenmesi bakımından gereklidir.

Hata bölgesinin incelenmesi en iyi stereo mikroskop altında ve orta şiddette mat ışık kullanılarak numunenin özelliğine bağlı olarakta 10 ila 50 büyütme arasında yapılır. Mikroskop altında gözlenen unsur çatlak başlangıç noktasında oluşan ilk kraterin toplam uzunluğunun ölçülmesidir. Çoğunlukla bu kraterin sınır çizgisinin yanında ve bu çizgiye paralel mat bir oluşumda mevcuttur. Mat oluşumun mevcut olduğu krater baz alınarak kraterin en uzun kenarı ölçülür ve eğer bu değer belgelenecek ise fotoğraflarılır. Eğer mat renkli hattın mevcut olmadığı kırık oluşumları mevcut ise ilk oluşmuş kraterin ölçülmesi yapılır.

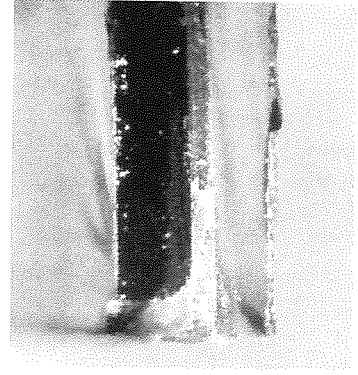
Mat çizgi eşliğinde veya sadece kraterlerin bileşiminden meydana gelmiş iki tip yüzey dışında üçüncü tip olan ve sadece eğik tek bir yüzeyden ibaret kırık şeklide mevcuttur. Butip örneklerde ölçüm alınması mümkün olmadığı gibi gerek te yoktur zira çatlak çok düşük kuvvetlerde meydana gelmiştir. İlk krater çatlak boyunca uzar ve ölçüm alınması mikroskop altında bu yüzden mümkün değildir.



Şekil 5: Mat çizgi eşliğindeki krater örneği



Şekil 6: Mat çizgi olmayan krater örneği



Şekil 7: Eğimli yüzeye sahip tek krater çatlak örneği

## 5.YAPILAN ÖLÇÜMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

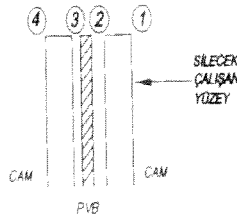
Numunelerden alınan ölçüm aşağıda verilen formüle yerleştirilerek montaj esnasında cama uygulanan kuvvet değeri elde edilir.

$$M.K. = \frac{600}{\sqrt{h}} = \text{kg.f}$$

Pratikte olumsuz şartlarda bile bir montaj işçisi camlara en fazla 200 kg.f uyguluyarak camı monte edebilmektedir. Bu ölçümler çok sayıda sensör (loadcell) cam ve araç üzerine monte edilerek fiili montaj esnasında uygulanan kuvvetlerin kaydedilmesi ile elde edilmiştir.Uzun süren bu çalışmada oluşan çatlaklar incelenmiş ve uygulanan kuvvet ile çatlak tipi arasındaki ilişki oluşturularak yukarıda verilen ampirik formül oluşturulmuştur.

Daha öncede belirtildiği üzere 200 kg kuvvet sınırı olumsuz şartları da içeren bir değerdir.Ancak özellikle ülkemizde cam montajı robotlar tarafından hep eşit miktarda kuvvetler uygulanarak ve standart şartlarda yapılmadığı , insana bağlı olduğu için farklı uygulamalar sözkonusu olabilmektedir. Farklı uygulamalar ile kastedilen, kullanılan ön cam montaj aparatları (plastik çekiç,saçma dolu torba) ve ergonomik olmayan çalışma şekilleridir.Dolayısı ile bu tip bir değerlendirme yöntemi ile gerçek montaj şartlarının ne şekilde cereyan ettiği hakkında fikir sahibi olunabilmektedir.Böylelikle hem otomotiv üreticisinin kendi montaj şartlarını kontrol altına alması hemde gerçek hata sebeplerinin analizi mümkün hale gelmiştir.

Uygulanan kuvvet dışında bir diğer önemli parametrede çatlak başlangıcının laminatın hangi yüzeyinde olduğudur.Literatürde silecek çalışan yüzey "1" nolu ve aynanın monte edildiği yüzey ise "4" nolu olarak anılır.Mevzubahis dört yüzeyden hangisinde çatlağın mevcut olduğu hatanın karoseridenmi,dış darbedenmi yoksa cam kenar hatasındanmi olduğu yolunda bilgi verir.



Şekil 8: lam ne cam kenarlarını gösterir grafik

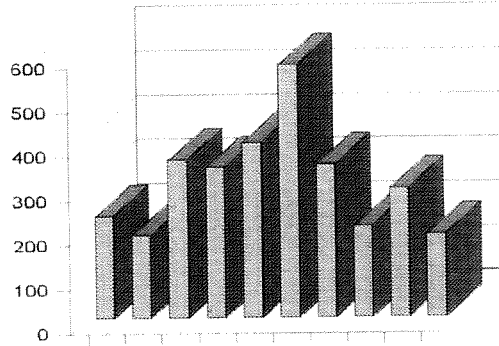
## 6. KENAR HATALARI ÇALIŞMASI ÖRNEĞİ

Otomotiv üreticilerimizden birinde dönemsel olarak yoğunluk göstermeye başlayan ve camların montajda çatlama probleminin sebebinin teşhisini gerektiren bir durumda kendi personelimizin nezaretinde 22 adet numune cam palete alınmıştır. Laboratuvarda yapılan çalışmada bunların 12 adedi tamamen hasarsız olarak ayrılmış ve 10 adet numune ölçülmek üzere hazırlanmıştır. Numunelerin incelenmesi sonucunda aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

**Tablo 1. Numune ölçüm sonuçları**

Numune no:	Çat.yüz.	Uygul.kuvvet
1	1	232
2	4	189
3	4	358
4	1	340
5	4	396
6	3+1	572
7	1	346
8	4	208
9	1	292
10	4	189

**Tablo 2: Çatlama kuvvetleri grafiği**



Bu çalışmayı müteakiben otomotiv üreticisi ile bulgular paylaşılmış ve montaj hattında yapılan düzeltici çalışmalar sonucunda yükselen bir grafik çizen çatlak oranı tekrar kabul edilir sınırlara inmiştir. Benzeri bir çalışma başka bir firma içinde tekrar uygulanmış ve daha kısa sürede olumlu sonuca ulaşılmıştır. Çalışmanın yararı sadece müşteri olan otomotiv üreticisinin kendi şartlarını gözden geçirmesi anlamına gelmemektedir. Aynı zamanda lamine ön camların üretimi esnasında rutin olarak kontrol edilen parametrelere ilaveten kendi üretimimizi ikinci bir kez kontrol imkanı (self check) sağlamaktadır. Rutin kontrol dışında bulunan şartlarda aynı zamanda denetlenmiş olmaktadır.

## 7. KENAR ÇATLAMASI İLE İLGİLİ İLAVE KONTROL YÖNTEMLERİ

Lamine ön cam çatlama problemlerinin tamamen önüne geçmek amacı ile kontrol edilmesi gereken parametrelerden bir diğeri ise kenar kompresyon ve tansiyon değeridir. Bilindiği üzere lamine ön camlar metal bir çerçeve üzerinde şekilli kesilmiş camların yüksek ısılarda istenen formu alana kadar



ŞİŞECAM

bükülmesi yöntemi ile üretilir. Metal ile camın ısınma ve soğuma eğrilerindeki farklılık camların kenarında kompresyon ,kenara yakın bölgelerde tansiyon ve orta bölgelerde ise iç gerilim bakımından nötr bölgeler oluşması sonucunu doğurur. Kenar kompresyonu belirli limitler arasında kalmak kaydı ile istenen bir özelliktir. Kenar kompresyonunun istenmesinin ana sebebi ise montaj işlemi esnasında camların mukavemetinin daha yüksek olması ve dolayısı ile hasar görme ihtimalinin azalmasıdır.

Bu amaçla bu yıl içerisinde temin edilen yeni bir cihaz ile camların kontrolü çok daha kısa bir sürede ve sapma olmadan ölçülebilir hale gelmiştir. Dolayısı ile gerek kalıp basma noktaları gerekse kompresyon tansiyon değerleri toleranslar içerisinde firma bazında istenilen düzeye çekilecek ve o düzeyde sürekliliği sağlanacaktır. Bazı araçlarda camın özelliğine bağlı olarak daha mukavim camlar üretilmesi mümkün hale gelmiştir.

## 8. SONUÇLAR

Lamine ön camların çatlaması özellikle konvansiyonel yöntemlerle yapılan üretimlerde istisnasız dünyanın her yerinde karşılaşılan bir durumdur. Çatlak problemi ise hemen her zaman cam üreticisinin hatası olarak algılanıp çatlamanın gerçek nedeninin değerlendirilmesi sıhhatli olarak yapılamamakta idi. Ancak ampirik bir yöntemle bile olsa çatlamanın gerçek sebebinin araştırılması konusunda önemli bir adım atılmış ve olayın iki yönlü olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Çatlama probleminin en önemli yönü ise zayıf edilen camdan ziyade montaj hattının akış hızı içerisinde yeni camın hazırlanarak araç o istasyondan çıkmadan araca camın takılmasıdır. Aracın montaj bandından camsız veya hatalı camla çıkması durumunda araç hat sonunda tamir istasyonuna alınmakta ve sonradan cam takılmaktadır. Hatalı camın sökülmesi gerçekten zor ve kullanılan mastikten dolayı kirli bir işlem olduğu için yeni cam takılmasının maliyeti oldukça yüksek olmaktadır. Konunun en kritik unsurlarından birisi de sadece camların çatlamasının engellenmesi olmayıp bunun yarattığı ikinci işçilik ve maliyetinde ortadan kaldırılmasıdır.

Mevzubahis çalışmaların neticesinde konu ile ilgili insanlar en azından montaj hattı üzerinde çalışan işçilerin bir aparat yardımı ile bile olsa 600 -700 kg.f i monte edilen parçalara uygulayabildiğini görüp önlem alıcı yönde düşünmeye başlamışlardır. Herşeye rağmen konu genç olup uzun süreli ve gelişmiş sistemlerle araştırma yapılmasını gerektirmektedir.

# DÜZCAM GRUBU İŞLETMELERİNDE KULLANILAN HAMSU VE PROSES SUYU İNCELEMESİ

**Haluk Güreren**

Düzcamlar Grubu Geliştirme Başkan Yardımcılığı

**Ertan Tanyeli**

Trakya Cam Sanayi A.Ş. Mersin Fabrikası

**Dr. Hakan Sesigür**

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü

## ÖZET

Düzcamların üretimi ve daha sonra ikincil proseslerde işlenmesi esnasında su; cam eritme fırınları soğutma devrelerinden nihai ürünün yıkanmasına kadar prosesin birçok aşamasında kullanılmakta ve cam sanayinin vazgeçilemez girdilerinden birini teşkil etmektedir.

Son yıllarda Düzcamlar Fabrikalarımızın buldukları bölgelerde istenen miktar ve kalitede su temininde şartların giderek zorlaşması ve artan maliyetler, ISO 14000 Çevre Standardı ve diğer Çevre Mevzuatı gereği ortaya çıkan yaptırımlar fabrikalarımızda suyun daha tasarruflu kullanımını ve bu bağlamda bazı ilave su tasfiye sistemlerinin yatırımını gündeme getirmiştir.

Ortak hedef prosesin tüm aşamalarına ürün kalitesini en üst düzeyde tutmak üzere nitelikli ve yeterli miktarda suyu verirken proses gereği kirlenen suyu da uygun tasfiye sistemleri ile yeniden kazanarak tekrar prosese vermek ve böylece atık su miktarını azaltmaktır. Tüm bunların sonucunda birtarıftan su kullanımında yapılan ekonomi ile üretim maliyetleri düşerken diğer yandan da çok önemli bir doğal kaynak olan su miktar ve nitelik olarak korunacaktır. Bu bağlamda Düzcamlar Grubu Fabrikalarımızda birçok proje geliştirilerek hayata geçirilmiştir.

## 1. GİRİŞ

Doğal bir kaynak olarak insan hayatının vazgeçilmez ihtiyaçlarından biri olan su bugün sanayinin de en önemli girdileri arasında yer almaktadır. Birçok prosesde olduğu gibi cam üretimi ve işlenmesi proseslerinde de su direk ve indirek olarak üretimin bir girdisi şeklinde kullanılmaktadır.

Globalleşme sürecinde hızla artan rekabet koşulları içerisinde üretici kuruluşlar maliyetlerini düşürmeye ve kalitelerini geliştirmeye çalışırken artan çevre bilinci nedeniyle oluşan yaptırımlar ve mevzuat hükümlerini de dikkate almak durumunda kalmışlardır. Bu da kuruluşları su ve diğer doğal kaynakları daha titizlikle kullanmaya zorlamaktadır.

Her konuda olduğu gibi çevre konusunda da çok duyarlı olan Şişecam topluluğumuzda çevre korumaya yönelik çalışmalar başlatılmış bulunmaktadır. Bir yandan bir tabii kaynak olarak suyun korunması diğer yandan üretimin bir girdisi olarak su maliyetinin düşürülmesi ve prosesler için uygun kalite ve miktarda suyun temini amacıyla Düzcamlar Grubuna bağlı fabrikalarda tüketilen suyun kullanım amacı, miktar ve niteliği, su arıtım ve geri kazanım sistemleri incelenerek bir su envanteri oluşturulmuştur. Çalışmada ayrıca suyla ilgili altyapı ve donanımda karşılaşılan sorunlar araştırılmış ve sorunlara çözüm önerileri geliştirilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. TANIMLAR

Kısaca " H<sub>2</sub>O " kimyasal formülüyle verilen su normal şartlar altında renksiz, kokusuz, tatsız bir sıvıdır. Suyun kalitesini ifade etmek amacıyla kullanılan başlıca parametreler:

- pH değeri
- Sertlik derecesi
- Suyun iletkenliği (Mikrosiemen /cm)
- Sudaki SiO<sub>2</sub> miktarı (mg/lit)
- Sudaki askıda katı madde miktarı (mg / lit)
- Sudaki mikroorganizma (Bakteri, yosun parazit vs. )miktarı

şeklinde ifade edilebilir.

### pH

Sudaki H<sup>+</sup> konsantrasyonunun bir ifadesidir. Nötr suda pH = 7 dir. Suda eriyen bazı gazlar ( Ör: CO<sub>2</sub> ) ve kimyasal maddeler suda H<sup>+</sup> konsantrasyonunun artmasına neden olur. H<sup>+</sup> konsantrasyonu arttıkça pH değeri düşer ve su asidik özellik kazanır. pH değerinin yükselmesi ise suya bazik(Alkali) özellik kazandırır. Karbonat ve bikarbonat tuzları ve zayıf asit tuzlarının suda bulunması alkaliliğe neden olur.

### SERTLİK :

Doğadaki su sürekli hareket halindedir. Deniz, göl, nehir, ıslak toprak vs.den buharlaşan su gökyüzünde tekrar yoğunlaşarak yağmur, kar vs. şeklinde toprağa geri döner ve yer kabuğunun alt katmanlarına süzülür. Suyun sertliği suyun yer kabuğunun alt katmanlarına doğru süzülürken temas ettiği topraktaki mineralleri çözmesi sonucu oluşur. Ayrıca endüstri atıklarının suya karışması da sertliği artırabilir.

Sertliği suda çözülmüş bulunan +2 değerli metal tuzlarının CaCO<sub>3</sub>(mg/lit) cinsinden ifade edilmesi şeklinde tanımlayabiliriz.

Sertlik; Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri ile ifade edilir. Bunların birbirlerine dönüşümü şöyledir.  
1 Alman sertliği (dH°) = 1,79 Fransız sertliği (°Fr) = 1,25 İngiliz sertliği  
1 °Fr = 10 mg CaCO<sub>3</sub> / lit dir.

### İLETKENLİK :

Suda çözülmüş halde bulunan madde miktarının göstergesidir. Suda çözülmüş madde miktarı arttıkça iletkenlikte artar. Saf suyun iletkenliği 0,056 mS/cm dir.

Cam yıkama prosesinde yıkamanın kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan biri de sudaki çözülmüş madde miktarıdır. İletkenliği yüksek olan bir su ile cam yıkandığında sudaki çözülmüş maddeler cam üzerine çökerek camda istenmeyen leke ve kirliliklerin oluşmasına neden olacaktır. Bu nedenle yıkama suyunda iletkenliğin düşük olması istenir.

### SİLİKA ( SiO<sub>2</sub> ) :

Suda çözülmüş halde bulunan silika boru devrelerinin iç yüzeyinde ve cam yıkama esnasında cam yüzeyinde çökerek istenmeyen birikinti ve kirlilikler oluşturur. Özellikle cam yıkama suyundan silikanın uzaklaştırılması tavsiye edilir.

## ASKIDA KATI MADDE:

Suda çözünmeyen, suyun bulanık görünmesine neden olan suda dağılmış katı madde tanecikleridir.

## MİKROORGANİZMALAR :

Suda bulunan bakteri, yosun, mantar gibi mikro organizmalar suda istenmeyen kirlilikler yaratarak suyun kullanıldığı proseslere olumsuz etkilerin yanısıra su devrelerinde korozyon ve depozit oluşumuna da sebep olurlar.

## 2.2. SOĞUTMA SUYU SİSTEMLERİ

İşletmelerin büyüklüğü ve ihtiyaçlarına bağlı olarak oluşturulan soğutma suyu sistemleri temelde üç ana grupta toplanabilmektedir.

- Kapalı devre soğutma suyu sistemleri,
- Açık devre (tek kullanımlı) soğutma suyu sistemleri,
- Yarı açık soğutma suyu sistemleri.

### 2.2.1. Kapalı devre soğutma suyu sistemleri:

Sistemin çalışmaya başladığı andan itibaren hiçbir su kaybı yada ilavesi söz konusu olmadığı bu tür devrelerin en genel örnekleri otomobil radyatörleri, dizel motor ceketleri ve chilled-water devreleridir. Ortalama su sıcaklığı değişimi 5°C dir. Genel problemleri korozyon ve birikintilerdir.

### 2.2.2. Açık devre (tek kullanımlı) soğutma suyu sistemleri:

Sistem sürekli olarak taze su ile beslenir ve ısı değişimi görevini yerine getiren su atılır. Su sarfiyatının çok fazla olduğu bu tür sistemlerin en genel örneği taşınabilir soğutma suyu devreleri ve servis sularıdır. Yaşanan problemler korozyon, birikintiler, kabuk oluşumu ve mikrobiyolojik etkileşimlerdir.

### 2.2.3. Yarı açık soğutma suyu sistemleri:

Yarı açık soğutma suyu sistemlerinin diğerlerinden farkı soğutma kulesi içermesidir. Geri dönen su bu kulede serbest düşme ve havalandırma ile soğutulmaktadır. Su kayıpları make-up suyu adı verilen su ilavesi ile karşılanmaktadır. Ortalama 20°C su sıcaklık farkının yaşandığı bu sistemlerin genel problemleri korozyon, birikintiler, kabuk oluşumu, odun çürümesi ve mikrobiyoloji etkileşimlerdir.

İşletmelerin ihtiyaçlarına bağlı olarak, yukarıda kısaca tariflenen bu sistemler tek başlarına yada ikili-üçlü kombinasyonlar halinde kullanılmaktadır.

## 2.3. SU TASFİYE SİSTEMLERİ

Suyun kullanıldığı proseslerin gereği olarak suda birtakım niteliklerin bulunması istenir. Eğer elde mevcut su bu niteliklere sahip değilse su bazı sistemler yardımıyla tasfiye edilerek istenen nitelikler suya kazandırılır

Su tasfiye sistemlerini dört ana grupta sınıflandırmak mümkündür:

- a ) Askıda katı maddelerin tasfiyesi için kullanılan sistemler
- b ) Suda çözünmüş maddelerin tasfiyesi için kullanılan sistemler
- c ) Suda çözünmüş gazların tasfiyesi için kullanılan sistemler
- d ) Sudaki zararlı mikroorganizmaların tasfiyesi için kullanılan sistemler



### 2.3.1. Askıda katı maddelerin tasfiyesi için kullanılan sistemler

#### 2.3.1.1. Koagülasyon ve flokülasyon :

Sudaki küçük katı tanecikler suya katılan kimyasal maddeler (koagülant ) yardımıyla birleştirilip yumak haline getirilir( flokülasyon) ve bu yumaklar kendi ağırlıkları yardımıyla dibe çökerler..Bu çöktürler drenaj edilerek su katı taneciklerden tasfiye edilmiş olur.

#### 2.3.1.2. Filtreler :

Su filtreden süzülürken içerisindeki tanecikler filtre yüzeyinde kalır. Suyun akışı filtre yüzeyine paralel veya dik olabilir. Filtreler;

- Polyester, polipropilen, seramik vs. malzemeden yapılmış kartuş filtreler,
- Polyester, polipropilen ve benzeri malzemeden yapılmış torba filtreler,
- Çelik elekli filtreler,
- Kum, çakıl içeren filtreler şeklinde de gruplara ayrılabilir.

### 2.3.2. Suda çözülmüş maddelerin tasfiyesi için kullanılan sistemler

#### 2.3.2.1. Yumuşatma :

Suyun sertlik yapan iyonların tasfiye edilmesidir.

##### 2.3.2.1.1.Kireçle yumuşatma :

Ortam sıcaklığında suya kireç ilave edilerek geçici sertliği giderilir.

##### 2.3.2.1.2.Soda kireç yöntemi :

Suya soda ve kireç ilavesi ile hem kalıcı hemde geçici sertliği giderilir.

##### 2.3.2.1.3.Reçineli yumuşatıcılar :

Suya sertlik veren iyonun başka bir iyonla yer değiştirmesi prensibi ile çalışır. Örneğin sudaki  $Ca^{+}$  iyonu reçinedeki  $Na^{+}$  iyonu ile yer değiştirir. Reçine  $Ca^{+}$  iyonuna doyunca  $NaCl$  ile rejenere edilir.

#### 2.3.2.2.Deiyonizasyon

##### 2.3.2.2.1.Reçineli sistemler:

Su anyonik ve katyonik reçinelerden geçirilerek içerisindeki tüm anyon ve katyonlar tasfiye edilir. Katyonik reçineler  $HCl$  veya  $H_2SO_4$  ile, anyonik reçineler ise  $NaOH$  ile rejenere edilir.

##### 2.3.2.2.2.Ters Osmos ( Reverse Osmosis):

Temiz su ile içinde safsızlık ( alkol, protein, yağ, mineral vs. ) bulunan su, uygun bir zarla birbirinden ayrılırsa, temiz su tarafından safsızlık olan tarafa doğru doğal bir akış meydana gelir. Bu olaya OSMOS denir. Bu geçiş osmotik basıncın dengelenmesine kadar devam eder. Yukarıda belirtilen doğal akış ters taraftan basınç uygulanarak aksine çevrildiğinde su molekülleri geriye dönmeye başlar ve bir süre sonra ise basınç uygulanan tarafta safsızlıklar kalır. Bu olaya TERS OSMOS (Reverse Osmosis) denir.

Ters Osmos (Reverse Osmosis) cihazlarında su, pompalar vasıtasıyla basınçlandırılarak membranlardan geçişe zorlanır. Su içinde bulunan safsızlıklar membrandan geçemez ve basınç uygulanan tarafta kalır Böylece su içerisindeki istenmeyen safsızlıklar tasfiye edilmiş olur..

### 2.3.3. Suda çözülmüş gazların tasfiyesi

Suda çözülmüş gazların (  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$  gibi ) ve organik kirleticilerin (Suya renk, koku, tat veren) tasfiyesi amacıyla havalandırma işlemi yapılır. Su bir püskürtücü vasıtasıyla çok küçük damlacıklar halinde hava akımından geçirilirken içerisindeki gazlar açığa çıkar.

### 2.3.4. Sudaki mikroorganizmaların tasfiyesi

Bu amaçla klorlama, ozonlama yöntemleri ile aktif karbon filtreler ve UV cihazları kullanılır.

## 2.4. SOĞUTMA SUYU SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

Soğutma suyu sistemlerinde karşılaşılan problemleri üç temel grupta toplamak mümkündür.

- korozyon,
- kabuk oluşumu,
- mikro organizmalar.

Korozyonun oluşumu ve ilerlemesi doğrudan soğutma suyu devresinin ömrünü belirlemektedir. Kabuk oluşumu ise ısı aktarımında verimin düşmesine ve bölgesel korozyon oluşumuna neden olmaktadır. Mikro organizmalar korozyona neden oldukları gibi organik çamur birikintilerini de meydana getirirler. Bu üç faktör biraraya geldiğinde ortaya oldukça karmaşık bir problem çıkmaktadır.

### 2.4.1. Korozyon:

Soğutma suyu devrelerinde korozyon, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik etkenler ile bunların sayılamayacak kadar çok sonuçlarının bir araya geldiği oldukça karmaşık bir problem olmasının yanı sıra anodik ve katodik bölgeleri içeren temel bir elektrokimyasal hücredir ve aşağıda belirtilen faktörlerden etkilenir:

- Oksijen konsantrasyonu arttıkça korozyon artar.
- Malzemenin cinsine göre pH kritik bir faktör halini alır. Ancak devrelerde genel olarak demir bazlı malzemeler kullanıldığından pH  $\geq 6$  halinde etkisi oldukça zayıftır. Buna karşılık pH  $\leq 4.5$  durumunda ise serbest asit oluşumuna imkan verdiği için korozyon açısından oldukça tehlikelidir.
- Çözünmüş tuzların cinsi ve miktarı çok önemlidir. Eğer klorür ve sülfat tuzları mevcut ise korozyondan korunma inhibitör kullanımı ile dahi oldukça zordur.
- Sıcaklık artışı kimyasal reaksiyonu hızlandırmakta, iletkenliği arttırmakta ve oksijen difüzyon hızını arttırdığından suyun viskozitesinin azalmasına neden olmaktadır. Bu etkiler korozyon hızının sıcaklığın bir fonksiyonu olarak artmasına neden olmaktadır.
- Su sirkülasyon hızının artması korozyonu arttırmaktadır
- Çevre kirliliği taşıdığı  $H_2S$ ,  $SO_2$  gibi gazların soğutma kulesinde su ile reaksiyona girerek asit oluşumuna sebebiyet vermesi nedeni ile korozyonu arttırıcı bir faktördür.
- Özellikle tarım arazileri çevresinde kurulan fabrikalarda yeraltı suları ile gelen bakteriler soğutma suyu devresine yerleşerek bakteriyel korozyona sebebiyet verirler.
- Bunların dışında, kavitasyon, aşındırıcı parçacıklar, konsantrasyon hücreleri gibi faktörler de korozyona sebebiyet veren nedenlerdir.

### 2.4.2. Kabuk oluşumu:

Kabuk oluşumu ısı transferini azaltmasının yanı sıra pompa maliyetlerini de arttırdığından istenmeyen bir oluşumdur. Suyun bünyesindeki kalsiyum, magnezyum, silisyum, fosfor, demir gibi çözülmüş elementler, sıcaklık artışı ve diğer etkenler ile çok küçük boyutta kristal çekirdekleri oluştururlar. Bunlar elektrostatik etki ile boru iç cidarına yönelir ve burada nüve oluşturarak büyürler.

### 2.4.3. Mikro organizmalar:

Soğutma suyu devrelerinde rastlanan mikro organizmalar yosun, mantar ve bakteriler olmak üzere üç grupta toplanır. Klorofil içeren yosunlar soğutma kulelerinde ürerler. Işık, hava,  $CO_2$ , sıcaklık, organik ve inorganik bileşikler yosunların gelişmesi için uygun zemin oluştururlar. Işı değiştirici tüpleri bloke ederler, pompa verimini düşürürler, organik kirliliği arttırırlar ve birikinti oluşumunu hızlandırır. Mantarlar yosunlarla aynı özellikte olmakla birlikte klorofil içermezler. Yaptıkları



rı tahribat soğutma kulesinin odun aksamı üzerindedir. Aerobik ve anaerobik olmak üzere ikiye ayrılan bakterilerin korozyon oluşumu ve hızı üzerine önemli etkileri vardır. Bu etkiler üç temel başlık altında toplanabilir. Bunlar; bakterilerin metabolik ürünleri olan organik ve inorganik astle-  
rin yarattığı "kimyasal " etki, oluşturdukları organik birikintiler ve bunların neden olduğu farklı havalandırma nedeni ile meydana gelen "fiziksel" etki ve anodik ve katodik biokimyasal reaksi-  
yonlar sonucu oluşan "enzimatik" etki.

## 2.5. KOROZYON KONTROLU

Korozyon kontrolü metal yada ortamı değiştirmekle mümkündür. Metali değiştirmek pahalı oldu-  
ğundan genellikle ortam iyileştirilmeğe çalışılır. Ortamın iyileştirilmesine yönelik üç temel yol vardır.

- Suyun doğal kalsiyum ve alkalinitesini kullanarak metal yüzeyinde koruyucu bir kalsiyum karbo-  
nat filmi oluşturmak,
- Koroziif oksijeni mekanik yada kimyasal yolla sistemden almak,
- Korozyon inhibitörü kullanmak.

Korozyondan korunmak amaçlı kullanılan inhibitörler, anodik, katodik ve korozyon reaksiyonuna  
bağlı olarak her ikisi birden olacak şekilde sınıflandırılır. Bu inhibitörler genelde üç farklı mekanizma  
ile çalışırlar;

- 1- Inhibitör molekülleri metal yüzeyine kemisorbsiyon prosesi ile adsorblanır ve ince bir koruyucu  
film oluşturur.
- 2- Inhibitör metal yüzeyinde kendi koruyucu oksit filminin oluşmasını sağlar.
- 3-Sadece sudaki koroziif bileşenlere etki eder.

Soğutma suyu sisteminde kullanılan metal ve/veya alaşımın türü, gerilim şartları, temizlik, dizayn  
ve su hızı gibi parametreler kullanılacak inhibitörün seçimini doğrudan etkiler. Bunlara ek olarak,  
gerekli su arıtma işlemi seviyesi, pH, çözülmüş oksijen konsantrasyonu, tuz ve askıdaki katı mad-  
de miktarı da inhibitör seçiminde önemli etkenlerdir.

## 3. DÜZCAM GRUBUNA BAĞLI FABRİKALARDA SU KULLANIMI

Su düzcam üretim ve işleme proseslerinin en önemli girdilerinden biridir. Üretim proseslerinin özel-  
likleri ve buna paralel olarak su kullanımı açısından Düzcam Grubuna bağlı fabrikaları iki ana gru-  
ba ayırabiliriz:

- a ) Cam üreten ( İzabesi olan ) fabrikalar: Trakya Cam Sanayi AŞ Trakya ve Mersin Fabrikaları,  
Çayırova Cam Sanayi AŞ.
- b ) Camı işleyen ( 2.cil prosesler ) fabrikalar : Cam İşleme Sanayi AŞ, Trakya Otocam Fabrikası.

### 3.1. CAM ÜRETEK FABRİKALARDA SU KULLANIMI

Cam üreten fabrikalarımız su açısından kendi kendilerine yeter durumdadırlar. Trakya Cam Sana-  
yi AŞ Trakya ve Mersin Fabrikalarının su ihtiyacının tümü ile Çayırova Cam Sanayi AŞ nin su ihti-  
yacının önemli bir kısmı bu fabrikaların arazileri üzerinde yer alan derin kuyular vasıtasıyla karşı-  
lanmaktadır. Bu kuruluşlardaki kuyu suyu üretim miktarları ile kuyu suyunun temel özellikleri Tab-  
lo 1 de verilmiştir.



**Tablo 1. DC Grubu fabrikalarında üretilen kuyu sularının özellikleri**

	Miktar ( t / g )	İletkenlik (mS /cm )	Sertlik ( Fr° )	PH
<b>TR Fabrikası</b>	2000*	325	7.0	8.0
<b>TM Fabrikası</b>	1100	1180	21.8	7.9
<b>ÇO Fabrikası</b>	330**	3390	49.0	7.5

\* TOF' a verilen 700 t/g su dahil edilmiştir.  
\*\* 145 t/g dış kaynaklı su ilave edildiğinde ÇO'nun toplam tüketim miktarı 475 t/g' e çıkar

Cam üreten fabrikalarda kullanılan suyu kullanım yerlerindeki proses gerekleri ve buna bağlı olarak su özellikleri dikkate alındığında 4 ana grupta incelemek mümkündür:

1. Teknolojik su ( Soğutma devreleri ve kazan daireleri )
2. Kullanma ve içme suyu
3. Cam yıkama suyu
4. Bahçe yıkama vs. amaçlar

Yukarıda bahsedilen devrelerde bulunan sulardan proses gereği olarak beklenen bazı özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2. Muhtelif proseslerde sudan beklenen özellikler**

	İletkenlik (mS /cm )	Sertlik ( Fr° )	PH
<b>Teknolojik su</b>	<3000*	0	7-8*
<b>Kullanma suyu</b>	-	-	-
<b>İçme Suyu</b>	-	<50	7-8.5
<b>Cam Yıkama Suyu</b>	<400	<8	7-8

\* Suya katılan kimyasal maddelerin miktar ve cinsine bağlı olarak değişir.

Tablo 1 ve tablo 2 den de görüldüğü gibi Düzcamlar Fabrikamızda kuyulardan çıkarılan hamsu; niteliği açısından ilgili proseslerde direk olarak kullanıma uygun değildir. Bu nedenle su bazı tasfiye sistemleri vasıtasıyla tasfiye edilerek suya kullanılacağı prosesin gereklerini sağlayacak özellikler kazandırılır. Cam Fabrikamızda kullanılan tasfiye sistemleri Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3. Muhtelif proseslerde kullanılan kuyu suyu tasfiye sistemleri**

	TR	TM	ÇO
<b>Teknolojik su</b>	FF, Y	FF, Y	FF, Y
<b>Kullanma suyu</b>	FF, Y, Klor, AK	FF, AK, UV	FF, Y
<b>İçme Suyu</b>	FF, Y, Klor, AK	FF, AK, UV	AK, FF, Klor
<b>Cam Yıkama Suyu</b>	FF	FF, Y, RO	

FF: Fiziksel Filtre      Y: Yumuşatıcı      AK: Aktif Karbon

Düzcamlar üreten fabrikalarımızdaki su devrelerinde yaşadığımız önemli sorunlardan birine örnek olarak Trakya Cam sanayi mersin fabrikası soğutma devresini verebiliriz: Trakya Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikasında, soğutma suyu sistemi ile ilgili sorunlar, kasım 1997'de mikser palaları ve buna bağlı habbe probleminin yaşanması ile başlamıştır. Mikser palası me-

tali seçimi ve optimizasyonuna yönelik çalışmaların gerçekleştirildiği dönemde soğutma suyu nakil borularında yoğun bir şekilde delinmeler meydana gelmiştir. Bunu üzerine Cam Araştırma Merkezi'nde oluşturulan bir ekip tarafından işletmeye yönelik su özellikleri ve metal korozyonu üzerine bir inceleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonunda fabrikada kullanılan suyun tarım arazisinden elde edilmesi nedeni ile mikroorganizmalar içerdiği ve bu mikroorganizmaların zamanla soğutma sistemi içerisinde çoğaldığı saptanmıştır. Bu bulgular çerçevesinde gerek su kalitesinin iyileştirilmesi ve gerekse mikrobiyolojik etkilerin ortadan kaldırılmasına yönelik bir program uygulamaya konulmuştur.

### 3.2. CAM İŞLEYEN FABRİKALARDA SU KULLANIMI

Trakya Otocam Fabrikası ham suyunu tümüyle Trakya Cam Sanayi AŞ den temin etmektedir. Trakya cam kuyularından çıkarılan su herhangi bir tasfiye işlemine tabi tutulmadan TOF'a gönderilmektedir. TOF'a gelen kuyu suyunun özellikleri bir önceki bölümde Tablo 1. de verilmiştir.

Cam İşleme Sanayi AŞ ise suyunun bir kısmını Çayırova Cam Sanayi AŞ den bir kısmını da dış kaynaklardan sağlamaktadır. Çayırova kuyularından çıkarılan su Çayırova Cam su tasfiye sisteminde katı taneciklerinden arıtılıp sertliği giderildikten sonra kullanma suyu olarak Cam İşleme'ye gönderilmektedir.

Cam işleyen fabrikalarda kullanılan suyu; kullanım yerlerindeki proses gerekleri ve buna bağlı olarak suda olması gereken özellikler dikkate alındığında aşağıdaki ana gruplarda incelemek mümkündür:

- Ayna prosesinde kullanılan su
- Cam yıkama suyu
  - Kaplama prosesi
  - Isıcam prosesi
  - Laminasyon prosesi
  - Temperleme prosesi
- Rodaj suyu
- Kullanma ve içme suyu

Yukarıda bahsedilen proseslerde sudan beklenen özellikler Tablo 4.de verilmiştir.

**Tablo 4. Cam işleme proseslerinde kullanılan suların özellikleri**

	İletkenlik (mS /cm )	Sertlik ( Fr° )	PH	SiO <sub>2</sub> (mg/lt)
<b>Ayna</b>	<1	0	6-8	<0.1
<b>Cam Yıkama</b>				
<b>Kaplama</b>	<1	0	6-8	<0.1
<b>Isıcam</b>	<10	0	6-8	<0.5
<b>Laminasyon</b>	<30	0	6-8	<0.5
<b>Temperleme</b>	<50	0	6-8	<0.5
<b>Rodaj</b>	-	-	-	-
<b>Kullanma ve içme</b>		<50	7-8.5	

Tablo 1 ve tablo 4 den görüldüğü gibi cam fabrikalarımızdaki kuyulardan çıkarılarak cam işleyen fabrikalarımıza gönderilen suyun nitelikleri cam işleme proseslerimizde kullanılan suyun özelliklerine sahip değildir. Bu nedenle kuyu suyu tablo 5. de verilmiş olan tasfiye sistemlerinden geçirilerek prosesler için gerek duyulan özellikler kazandırıldıktan sonra proseslere verilir. Ayrıca Cam İşleme Sanayi AŞ de takviye olarak nitelikli dış kaynaklı su da kullanılmaktadır.

**Tablo 5. Muhtelif prosesler için su tasfiye sistemleri**

	CIS	TOF
<b>Ayna</b>	FF, ID	
<b>Cam Yıkama</b>		
<b>Kaplama</b>	FF, AK, RO, Y UV	
<b>Isıcam</b>	FF, AK, ID	
<b>Laminasyon</b>	-	FF
<b>Temperleme</b>	FF	FF
<b>Rodaj</b>	FF	FF
<b>Kullanma ve İçme</b>	FF, Y	-

FF: Fiziksel Filtre      ID: İyon Değiştirici      AK: Aktif Karbon      Y: Yumuşatıcı      UV: Ultra viyole

#### 4. SONUÇ

Su kullanımı açısından Düzcam Grubu Fabrikaları büyük ölçüde kendi kendine yeter görünmekle birlikte, gelecekte nitelikli su temininde zorluklar yaşanacağı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda mevcut su devrelerinde tasarruf ve geri kazanım olanakları incelendiğinde:

- Cam üreten fabrikalarımızda teknolojik su devrelerine verilen su; soğutma ve kazan devrelerindeki buharlaşma ve blöf kayıplarını karşılamak içindir. Kapalı devre soğutma sistemlerinde buharlaşma kayıplarını "0" a indirmek mümkün gözükmektedir bu devrelerin yatırım maliyeti çok yüksek olduğundan mevcut açık sistemlerin kapalı hale getirilmesi ekonomik gözükmemektedir.
- Kullanma suyu atıkları tüm fabrikalarımızda arıtma sistemlerinden geçirilerek dış ortama deşarj edilmektedir. Atık sularımızın niteliği mevzuatta belirtilen limitlerin altında olmakla beraber yeniden kullnıma uygun değildir.
- Trakya Cam Lüleburgaz ve Mersin Fabrikalarında camı yıkayarak kirlenen su özel havuzlarda toplanmakta, buradan da bahçe sulama vs. amaçlarla kullanılmaktadır.
- Cam İşlemede ısıcam ve kaplamalı cam üretim hatlarında su kapalı devre kullanılmakta, camı yıkayarak kirlenen su mevcut tasfiye sistemleri vasıtasıyla arıtılarak temiz su şeklinde tekrar cama verilmektedir. Bu hatların su tüketimi çok düşük seviyelerde olup önemli ölçüde su tasarruf edilmektedir.
- Cam İşlemedeki ayna hattının atık suları kimyasal ve biyolojik arıtmadan geçirildikten sonra dış ortama deşarj edilmektedir. Bu atık suyun geri kazanılarak yeniden kullanımı yatırımı yapılacak sistemler dikkate alındığında ekonomik gözükmemektedir. Trakya Cam Sanayi ayna hattı atık suyunun karakterinin tamamen belirlenmesini takiben gerekli arıtma sistemi yatırımı yapılacaktır.
- Cam İşlemedeki yıkama mainalarının atık suları dış ortama deşarj edilmektedir. Bu suların tasfiye edilerek geri kazanımı için proje çalışmaları devam etmektedir.
- Trakya Otocam Fabrikasında yıkama ve rodaj proseslerinin atık suları dış ortama deşarj edilmektedir. Bölgede su rezervlerinin azalması nedeniyle gelecekte olası su sıkıntılarını şimdiden önlemek, su ve dolayısıyla yıkama prosesinin kalitesini artırmak amacıyla TOF tarafından konuyla ilgili olarak yürütülen bir proje sonuçlandırılmış ve gerekli sistemler sipariş edilmiştir. Bu sistemlerin devreye girmesiyle TOF su tüketiminide % 80-90 oranında bir tasarruf sağlanacak, su ve dolayısıyla yıkama prosesi kalitesi de yükselecektir.

# CAM AMBALAJ ÜFLEME İŞLEMİNİN SAYISAL MODELLEMESİ

**Kayhan Yiğitler**

Ambalaj Grubu Geliştirme Başkan Yardımcılığı

## ÖZET

Basma-Üfleme (press-blow) işleminin üfleme adımındaki cam akışı ve ısı transferi olayları Sonlu Hacimler Yöntemi kullanılarak modellenmiştir. İlk olarak fabrikalarımızda üretilen bir kavanoz incelenmiştir. Kavanozun IS üretim makina ayar değerleri ve ölçülen ortalama kalıp sıcaklıkları, geliştirilen bilgisayar programında veri olarak kullanılmıştır. IS makinasında üretilen kavanozların cidar kalınlıkları ile model programında üretilen kavanozların cidar kalınlıkları karşılaştırılmış ve birine yakın oldukları gözlenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Ambalaj pazarındaki rekabet, cam ambalaj üreticilerini tasarımlarını geliştirmeye zorlamaktadır. Cam ambalajın mekanik dayanımı yüksek, üretim maliyeti düşük tutulmalıdır. Cam dağılımı mekanik dayanımı etkileyen önemli unsurlardan biridir. Uygun bir cam dağılımı hafifletmeye ve üretim maliyetlerinin düşürülmesine olanak tanır.

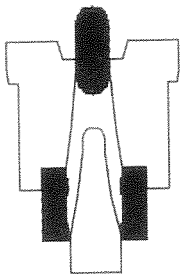
Cam ambalaj iki ana adımda üretilir. İlk adımda üfleme yada basma yoluyla cama ön şekil verilir. İkinci adımda üflenen cama son şekli verilir. İkinci adımda ambalajın dış şekli kalıp ile belirlenirken, iç şeklin yani cam dağılımının üzerinde doğrudan herhangi bir kontrol yoktur. Tasarımcı mekanik dayanımı optimize edebilmek için ambalajı üretmeden cam dağılımını iyi kestirebilmelidir. Dağılımın doğruya yakın kestirilmesi şekillendirme işleminin ayrıntılı incelenmesini gerektirir. Üfleme işlemi sırasındaki sıcaklık, korozyon ve basınç koşulları camın kalıp içindeki akışını ölçmeyi zorlaştırır. Deneme üretimi yöntemi ise maliyetleri artırır ve uzun zaman alır. Ambalaj pazarında camın rekabet gücünü artırmak için daha ucuz ve hızlı tasarım araçları gereklidir.

Sayısal benzetim yoluyla şekillendirme işlemi ayrıntılı olarak incelenebilir. Böylece değişik parametrelerin ürünün son şekli ve kalitesi üzerindeki etkisi belirlenebilir. Bu yöntem deneme üretimine göre daha kısa zaman alır ve maliyeti daha düşüktür. Bu nedenle sayısal benzetim yöntemi diğer tasarım yöntemlerinin yerini almaya başlamıştır.

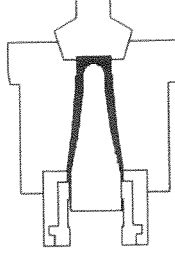
Ambalaj Grubunda başlatılan sayısal modelleme çalışmaları [1], şekillendirme ağırlıklı olarak sürdürülmektedir [2]. Yuvarlak ürünlerin basma-üfleme işlemiyle üretimindeki üfleme adımının sayısal modellemesinde yalnızca sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı görülmektedir[3-6]. Ancak sonlu hacimler yönteminin[7] korunum özelliği dolayısıyla daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. Bu yazıda yuvarlak ürünlerdebasma-üfleme işleminin üfleme adımının, sonlu hacimler yöntemi kullanılarak yapılan sayısal modellemesi ve model sonuçlarının ölçümlerle karşılaştırılmasına ilişkin bilgi verilecektir.

## 2. BASMA-ÜFLEME İŞLEMİ

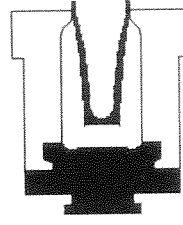
IS (Individual Section) makinasındaki basma-üfleme işlemi şekil-1'de şema olarak gösterilmiştir. Damla ebişör kalıbına düşer, tampon ebişörü kapatır, plunger yukarı çıkarak damlayı ön şekline(parison) basar, ebişör kalıbı açılır, parison dikey ekseninde 180°lik bir döndürmeyle ikinci kalıba(finişör) alınır, finişör kapanır, aktarma sırasında kalıba temas etmeyen yüzeyler yeniden ısınır(reheat), parison bir süre kendi ağırlığı ile sarkar, içeriden basınçlı hava ve/veya dışarıdan vakum uygulaması ile parison son şekline şişirilir, ürün kalıp temasında tutularak soğutulur, finişör açılır, ürün kalıp dışına alınır.



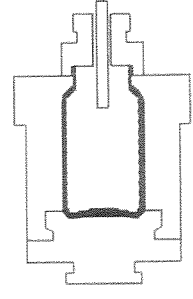
YÜKLEME



BASMA



SINMA+SARKMA



ÜFLEME

Şekil 1. Üfleme-Basma İşlemi

### 3. PROBLEM TANIMI

IS makinasında şekillendirme sırasındaki cam, sıkıştırılmaz genel Newton akışkanı olarak kabul edilebilir. Camın viskozitesi sıcaklığın bir fonksiyonudur. Lagrange koordinat sisteminde akışkan akışı ve ısı transferini yöneten korunum denklem sistemi aşağıda verilmiştir :

$$\nabla \cdot u = 0 \quad (1)$$

$$\rho \frac{du}{dt} = \nabla \cdot \sigma + \rho b \quad (2)$$

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = -\nabla \cdot q \quad (3)$$

Denklemlerdeki  $u$  hız vektörünü,  $\sigma$  gerilim tansörünü,  $\rho$  yoğunluğu,  $b$  gövde kuvvetlerini,  $T$  sıcaklığı,  $c_p$  sabit basınçta özgül ısı kapasitesini,  $q$  ısı akısını göstermektedir. Şekillendirme aralığındaki (700°-1200°C) sıcaklık-viskozite ilişkisi aşağıdaki logaritmik kanun ile verilmiştir.

$$\log \eta = -2.7 + 4400 / (T-250)$$

$\eta$  ile gösterilen viskozitenin birimi (Pa.s)'dir. Yoğunluk 2500 kg/m<sup>3</sup>, özgül ısı ise 1250 J/kg K olarak kullanılmaktadır.

### 4. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Yuvarlak ürünlerin ısı transferi ve akış alanları aksel simetriye sahip kabul edilerek problem iki boyutta çözülür. Çözüm bölgesi üç noktalı doğrusal üçgen elemanlara bölünür. Değişkenlerin tümü aynı geometrik noktalarda saklanır ve ara değerleri doğrusal olarak hesaplanır. Üçgen kenar ortalarından alan merkezlerine yapılan bağlantılarla her nokta etrafında kontrol hacimleri oluşturulur.

Difransiyel denklemlerin çözümü için [7] nolu referansta tanımlanan sonlu hacimler yöntemi kullanılmıştır. Momentum denklemleri kontrol hacimleri içinde integralleri alınıp Gauss teoremi uygulandıktan sonra ayrıklaştırılır. Süreklilik denklemi, momentum denklemleri kullanılarak basınç denklemlerine dönüştürülür. Böylece mekanik problemin üç bilinmeyenini için üç denklem elde edilir. Mekanik problemin çözümü için SIMPLER[8] sırasal çözüm yöntemi kullanılmıştır. Enerji denk-



lemleri de kontrol hacimleri içinde integralleri alınıp Gauss teoremi uygulandıktan sonra ayrıklaştırılır.

Camın fiziksel özellikleri sıcaklığın bir fonksiyonudur, sıcaklık dağılımı da geometriye ve ısı sınır koşullarına bağlıdır. Bu nedenle ısı ve mekanik problemin ardışık çözümü gerekmektedir.

Zamana bağlı ısı-mekanik problemin ardışık çözümünde Lagrange koordinat güncelleme algoritması kullanılmıştır[3]. Tüm işlem zamanı küçük aralıklara bölünür ve her aralık için ;

- i. n'inci zaman aralığının sıcaklığa bağlı fiziksel özellikleri hesap edilir,
- ii. n+1 zaman aralığının hız ve basınç dağılımı hesaplanır,
- iii.  $\mathbf{X}^{n+1} = \mathbf{X}^n + \mathbf{u} \cdot \Delta t$  formülü kullanılarak koordinatlar güncellenir. ( $\mathbf{X}^{n+1}$  ve  $\mathbf{X}^n$  sırasıyla n+1 ve n'in ci zamanlardaki koordinatlar,  $\mathbf{u}$  hız vektörü,  $\Delta t$  ise zaman aralığı büyüklüğüdür.)
- iv. Yeni konum ve zamanın sıcaklık dağılımı hesaplanır.

## 5. SINIR KOŞULLARI

Şekillendirme problemini kolaylaştırmak için parisonun sıfır zamanında birdenbire olduğu varsayılır. Böylece basma işlemi sırasındaki mekanik problem çözülmez. Damlanın kalıba düşüşünden finişör kalıbına aktarılmasına kadar geçen zaman aralığında yalnızca enerji denklemi çözülür. Bu çözümlerde basma ve aktarma işlemlerinin ısı sınır koşulları kullanılır. Sayısal hesaplarda kalıp ve hava ile temas olmak üzere iki değişik ısı transferi katsayısı kullanılmaktadır.

Ağırlıkla sarkma ve üfleme aşamalarında yerçekimi kuvveti etkisi hesaba katılır. Hava ile temas eden yüzeylerde hava basıncı camın normal gerilimine eşitlenir.

Hesaplarda kullanılan fiziksel özellikler literatürden derlenmiştir. Sonuçların bu özelliklere ve ısı sınır koşullarına olan bağılıkları sistemli bir şekilde incelenmelidir.

## 6. ÇÖZÜMLER

Yuvarlak cam ambalajın basma-üfleme işlemiyle üretimini sayısal olarak modelleyen bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Sonlu hacimler yöntemi kullanılarak FORTRAN dili ile yazılmıştır. Programın doğruluğu analitik çözümleri bulunan test problemleriyle sağlanmıştır. Bu problemlerin ayrıntıları bu yazıda ele alınmayacaktır.

Programın uygulama problemlerindeki sonuçlarını görmek için fabrikamızdaki IS makinelerinde basma-üfleme işlemiyle üretilen geniş ağızlı yuvarlak bir kavanoz seçilmiştir. Bu kavanozun üretim sırasında ölçülen kalıp ortalama sıcaklıkları, benzetimde kalıp sıcaklığı olarak kullanılmıştır. İşlem zamanları makina ayar kartlarındaki gerçek değerlerden hesaplanarak veri olarak kullanılmıştır. Basma ve aktarma aşamalarında camın yalnızca sıcaklık dağılımı hesaplanmış, sarkma ve üfleme aşamalarında ise hız, basınç ve sıcaklık dağılımı hesaplanmıştır.

Hesaplanan cidar kalınlıkları, IS makinasında üretilen kavanozların cidar kalınlıkları ile karşılaştırılmış ve ikisinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Bu yakınlık geliştirilen sayısal benzetim programının, hafifletme çalışmalarında oldukça önemli faydalar sağlayacağına bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bir kavanozun ağırlıkla sarkma ve üfleme aşamalarının sayısal benzetimi sırasında hesap edilen geometrileri şekil 2'de gösterilmektedir.

## 7. SONUÇLAR

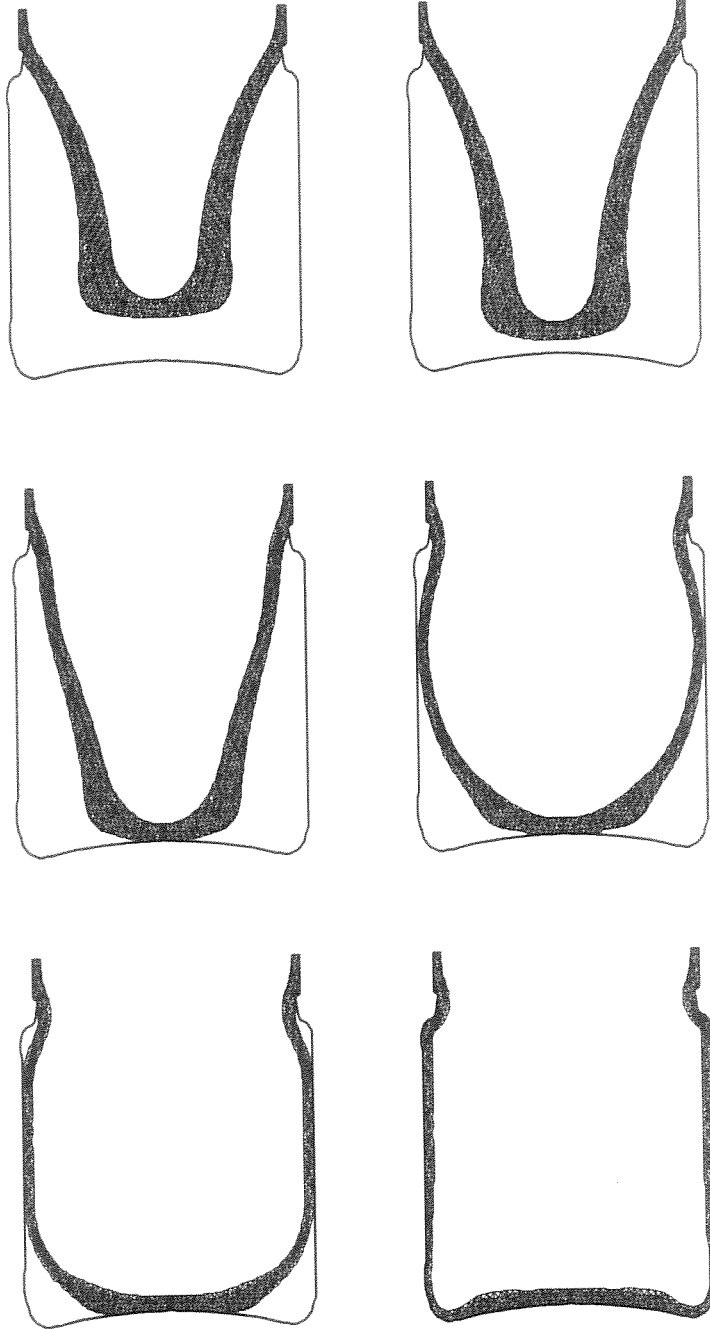
Eksenel simetriye sahip(yuvarlak) geniş ağızlı bir cam kavanozun basma-üfleme işlemiyle üretimi sonlu hacimler yöntemiyle sayısal olarak benzetilmiştir. IS makinasındaki kalıp sıcaklıkları ve ayar değerleri benzetimde veri olarak kullanılmıştır.



ŞİŞECAM

Benzetimle elde edilen cidar kalınlıkları üretilen kavanozların cidar kalınlıklarıyla karşılaştırılmış, sonuçların birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Sayısal benzetim yönteminden hafifletme çalışmalarında faydalanabileceği sonucuna varılmıştır.

Geliştirilen bilgisayar programı dar ağızlı basma-üfleme (NNPB) işlemine uygulama çalışmaları sürmektedir. Program basma aşamasının modellemesi için geliştirilecektir.



Şekil 2. Camın üfleme sırasındaki davranışı.

## 8. REFERANSLAR

- [1] YİĞİTLER, K. , "Cam Ambalaj Tasarım ve Üretiminde Sayısal Modelleme", 12. Cam Problemleri Sempozyumu, 28 Kasım 1997, İstanbul.
- [2] YİĞİTLER, K. , "Numerical Simulation of Blowing of Axisymmetric Wide-Mouth Glass Containers", EUROMECH 388 (Colloquium on Modelling of Glass Forming Processes), October 1998, 13-15, Valenciennes, FRANCE.
- [3] PITTMAN, J.F.T., ZIENKIEWICZ, O.C., WOOD, R.D. and ALEXANDER, J.M., Numerical analysis of forming processes, John Wiley, 1984. [4] WILLIAMS, J.H., OWEN, D.R.J. and SA, J.M.A.C., "The Numerical Modelling of Glass Forming Processes", Collected papers, XIV. Intl. Congr. On Glass, p. 138-145, 1986.
- [5] LOCHEGNIES, D., MARION, C., CARPENTIER, E. and OUDIN, J., "Finite Element Contributions to Glass Manufacturing Control and Optimisation. Part 2. Blowing, Pressing and Centrifuging of Hollow Items", Glass Technology, 37, n5, p. 169-174, 1996.
- [6] SADEGH, N., VACHTSEVANOS, G.J., BARTH, E.J., PIROVOLOU, D.K. and SMITH, M.H., "Modelling the Glass Forming Process", Glass Technology, 38, n 6, p. 216-218, 1997.
- [7] PRAKASH, C., PATANKAR, S.V., "A Control Volume-Based Finite-Element Method for Solving the Navier-Stokes Equations Using Equal-Order Velocity- Pressure Interpolation", Numerical Heat Transfer, 8, p. 259-280, 1985.
- [8] PATANKAR, S.V., Numerical heat transfer and fluid flow, McGraw-Hill, 1980.

# DERİ KİMYASALLARI GELİŞTİRME ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ

**Tuğrul Yazıcıoğlu**

Kimyasallar Grubu - Deri Kimyasalları Geliştirme Müdürlüğü

## ÖZET

Ülkemiz ve dünya deri sektörü , Kromsan Krom Bileşikleri Fabrikasının ürünlerinin %70 ' ini tüketen dolayısı ile Şişecam Kimyasallar Grubu için önemli bir sektördür.

Bu sektöre yönelik yeni ürün ve kalite geliştirme çalışmalarında, geliştirme disiplinine sahip , deri teknolojisinde uzmanlaşmış, pazarlama ve üretim grupları ile sıkı bir işbirliği içinde çalışan kadrolar ile başarıya ulaşabilmektedir.

Şişecam Yeni Ufuklar Projesi kapsamında Tuzla Deri Organize Sanayi Bölgesi içinde Deri Kimyasalları Geliştirme Müdürlüğü oluşturularak bu alanda yürütülen çalışmalar etkinleştirilmiştir.

Geçen dört yıl içinde Geliştirme ve Pazarlama birimleri iç içe dericilerin sorunlarını birebir yaşayarak çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Kazanılan bilgilerin , tespit edilen ihtiyaçların, geliştirme çalışmalarına yansımalarıyla başarılı sonuçların elde edilmesi mümkün olmuştur. Bugün itibariyle ürünlerimizin kalitesi rakiplerimiz arasında üst düzeyde olup yeni ürünlerimiz birbiri ardınca piyasaya sunulmaktadır.

## 1. GİRİŞ

Soda Sanayi A.Ş. nin Mersin 'de iki adet fabrikası bulunmaktadır. Soda Fabrikası hepimizin bildiği gibi camın önemli girdilerinden olan sodyum karbonat ( soda ) üretmektedir. Sodyum bikarbonat ve sodyum silikat da fabrikanın ağır ve hafif sodayanında ürettiği diğer ürünlerdir. Mersin' deki diğer fabrika ise Krom Bileşikleri Fabrikasıdır. Rus teknolojisi ile kurulmuş olan fabrika 1984 yılında üretime geçmiştir. Fabrikanın temel ürünü sodyum bikromattır. Sodyum bikromattan gidilerek katma değeri daha yüksek ürünler üretilebilmektedir. ( Bazik krom sülfat , kromik asit , kromoksit vb.) Kromsan Fabrikasında , bazik krom sülfat 1984 yılından beri üretilmektedir. 1998 Ağustos ayından itibaren de kromik asit üretimine geçilmiştir.

Dünyada , sodyum bikromatın kullanım yerlerine göre dağılımı Tablo 1 de yer almaktadır.

**Tablo 1. Sodyum Bikromatın Kullanım Yerlerine Göre Dağılımı**

Kullanım Yeri	Kullanım Oranı
Bazik Krom Sülfat	% 30
Kromik Asit	% 30
Kromoksit	% 20
Diğer (Vitamin K, Emprenye, Pigment)	% 20

Kromsan 'ın üretimi incelendiğinde üretilen bikromatın % 70 inin bazik krom sülfat (BCS) üretiminde kullanıldığı gözlenmektedir. BCS, bilindiği üzere deri sektöründe tabaklama (sepileme) malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında fabrika üretiminin % 70 inin deri sektörüne bağımlı olduğu görülmektedir. Bunda Türk deri sanayiinin özellikle küçükbaş ve kürk üretiminde dünyada söz sahibi olmasının rolü büyüktür.

Bizler için, Şirketimiz için deri sektörünün önemi büyüktür. Bunun bilincinde olan Şirketimiz bu konuya gerekli önemi vererek çalışmalarını sürdürmektedir. BCS üretiminde BAYER, BASF gibi dev Alman şirketleri yer almaktadır. BCS taşınması kolay olan bir malzemedir. Taşınmasında özel şartlar gerektirmez, havaleli bir ürün olmadığından navlun ücretleri makul seviyelerdedir. Herhangi bir raf ömrü yoktur. Türkiye'ye ithalatı Gümrük Birliğinden sonra serbestçe yapılabilir. Bütün bunlara rağmen Türk deri sektöründe BCS pazar payımız % 90 ların üzerindedir. Bu ŞİŞECAM'ın deri sektörüne verdiği önemin göstergesidir.

## 2. BAZİK KROM SÜLFATIN DERİ İŞLENTİSİNDEKİ ROLÜ

Dericilikte, sepileme veya tabaklama olarak adlandırılan işlem bozulur durumdaki hayvan derilerinin, proteinlerin stabilize edilerek bozulmaz hale getirilmesi işlemidir. Tabaklama öncesi deri bir hayvan hammaddesidir. Yumuşak ve esnek olup, kolayca çürür. Kurduğu zaman sert ve gevrek olup herhangi bir amaç için kullanılamaz. Tabaklama işlemi ile deri maddesi yani kollegen mikroorganizmalara, suya, ısıya kısaca dış etkilere karşı dayanıklılık kazanır.

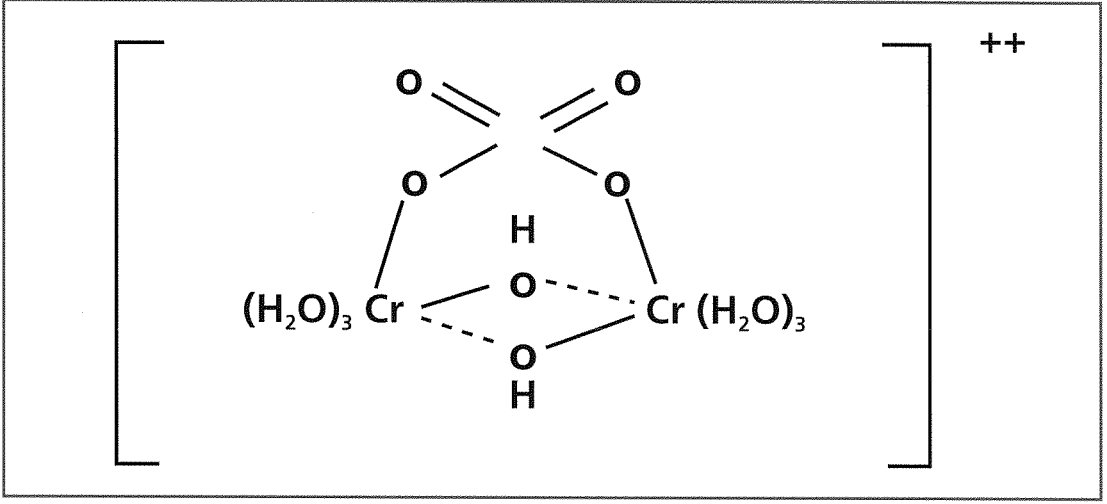
Proteinler, yağlar, karbonhidratlar, mineral madde ve sudan oluşan hamderi kuru maddesinin % 80'i protein olduğundan tabaklama kimyası esas itibarıyla bir protein kimyasıdır. Derinin yapısında tabaklama açısından iki farklı tip protein bulunmaktadır. Tabaklamada kimyasal olarak aktif olan, kollegen olarak adlandırılan, lif yapısındaki proteinlerdir. Lif yapının arasında harç görevi gören kollegen olmayan proteinler ise tabaklama açısından istenmeyen proteinler olup tabaklama öncesi enzimlerle büyük oranda deriden uzaklaştırılırlar.

Kimyasal yapıları bakımından birbirinden çok farklı ancak deriyi tabaklama özelliği gösteren birçok madde vardır. Ancak krom sepileme (tabaklama) en yaygın olarak kullanılan en önemli sepi malzemesidir. Krom sepileme diğer sepi metodlarına göre oldukça basit, kolay yönlendirilebilir, hızlı cereyan eden, rasyonel bir sepi metodudur. Bu özellikleri nedeniyle 20. Yüzyılın başlarında bitkisel sepileme yerine krom sepileme uygulanarak atölye üretiminden fabrikasyon üretime geçiş mümkün olmuştur. Günümüzdeki deri endüstrisi krom sepileme esasına dayalıdır.

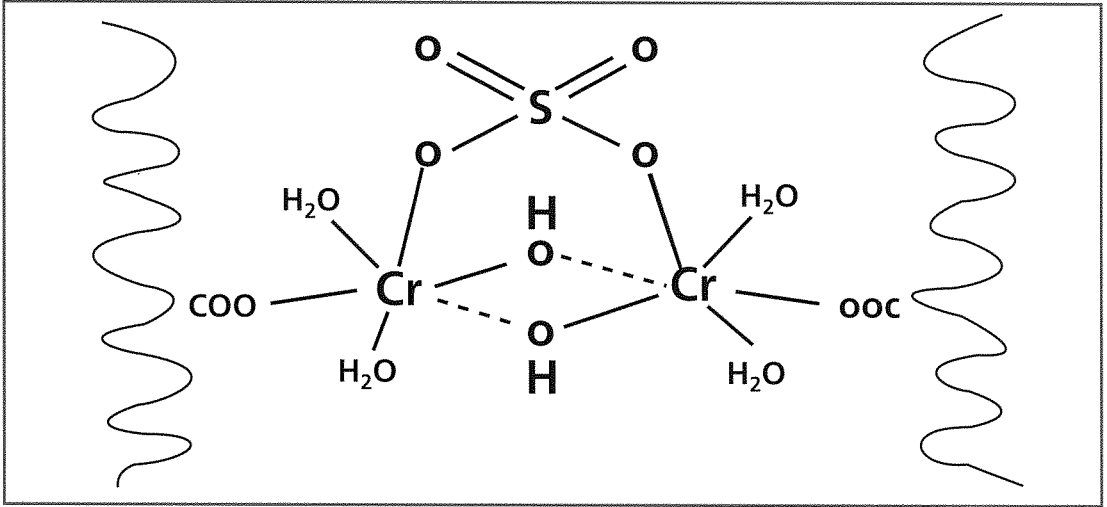
Krom sepilemenin tercih edilmesinin en önemli nedenlerinden biri de deri kalitesidir. Krom sepi lenmiş deriler; kuru ve nemli halde sıcaklığa dayanıklılık, esneklik, uygun yırtılma dayanımı, uzun kullanım dayanıklılığı, anyonik boyalarla iyi boyanması, yumuşaklık gibi avantajlara sahiptirler.

Bazik krom sülfat ve türevleri krom tabaklamada kullanılan malzemelerdir. Bu malzemeler sodyum bikromatin organik veya inorganik maddelerle indirgenmesi ile üretilmektedir. Kromsan'da her iki tip indirgeme metodu kullanılarak değişik ürünler üretilmektedir. Elde edilen ürün bir krom kompleksi olup üretim metodu ve uygulanan koşullara bağlı olarak değişik özelliklere sahip ürünler elde edilebilmektedir. Krom komplekslerinin iyonizasyon dereceleri, olasyon miktarı (molekül büyüklüğü), bazisite (Cr atomuna bağlı OH grupları sayısı), alkaliye karşı dayanıklılık gibi özellikler deri işlemtisinde önemli parametreler olmaktadır.

Şekil 1'de (+2) değerlikli, iki krom atomundan teşekkül etmiş, katyonik bir krom sülfat kompleksi verilmektedir. Şekil 2'de ise bu kompleksin deriye bağlanış şekli gösterilmektedir.



Şekil 1. Krom Kompleksi



Şekil 2. Bazik Krom Sülfatın Deriye Bağlanması

### 3. KROM SEPI MALZEMELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE MÜŞTERİ ODAKLI OLMANIN ÖNEMİ

Yakın zamana kadar krom sepi malzemeleri bikromatin indirgenmesi ile deri fabrikalarında hazırlanmaktaydı. Her işletme kendi bilgi birikimine göre değişik deri tipleri için farklı özellikte krom sepi maddesi (krom şerbeti) hazırlamaktaydı. Her defasında aynı özelliklerde krom şerbeti hazırlanması hemen hemen imkansız olduğu için değişik partiler arasında farklılıklar meydana gelmekteydi. Kullanıma hazır çeşitli krom sepi malzemelerinin üretilmesinden sonra standart bir üretim yapmak mümkün olmuştur. Bu şekilde moda akımlarına ve tüketici tercihlerinin değişmesine kısa sürede cevap verilebilir hale gelmiştir.

Günümüzde çevre sorunlarının önem kazanması, atık sularda krom tuzu limitasyonlarının çok düşük olması ve kromlu atıkların gömülerek bertaraf edilmesine özel şartlar getirilmesi, mevcut sepi metodlarının geliştirilmesini ve alternatif metodların aranmasını zorunlu hale getirmiştir.

Çevre bilinci ve bu konudaki kısıtlamalar sadece dericilerin değil, kimyasal madde satıcılarının da pazarda üstünlük sağlamak amacıyla ürün geliştirmelerinde üzerinde önemle durdukları unsurlardır.

Bir kimyasal malzemenin piyasada satılabilir olabilmesi için bazı koşullar sıralanabilir ;

- Kalite
- Fiyat
- Stabilité
- Kolay ve kesintisiz tedarik
- Üretici firma imajı

gibi unsurlar ilk aklımıza gelenlerdir. Ancak en az bunlar kadar önemli olan **müşterinin talep ettiği, onun koşullarına uygun** malzemeyi üretmektir. En kaliteli mal, her zaman en çok beğenilen ve satılan mal olmayabilir. İstenilen tüm koşulların oluşturulabildiği laboratuvar ortamlarında en kaliteli deriyi üretebilen bir kimyasal madde , sanayi boyutunda dericilerde aynı performans gösteremeyebilir. Bu durumda büyük gururla piyasaya sunduğunuz ürününüzün, müşterinin koşullarını iyi bilen rakibinizin ürünü karşısında satış yapamamasını hayretle izleyebilirsiniz. Bu bakımdan deri sektöründe iyi bir teknik hizmetin rolü büyüktür. Dericilerle beraber olacaksınız , onların ihtiyaçlarını tesbit edeceksiniz , bu ihtiyaçlar doğrultusunda ürünler geliştireceksiniz , bu ürünlerin doğru kullanımını yine etkin bir teknik hizmetle sağlayacaksınız. Dericilerin teknik problemlerini çözmeye çalışacaksınız , derici sorunları olduğunda sizi yanında olduğunu bilecek. Kısacası derici sizi kendisi sayesinde para kazanan bir firma olarak görmeyecek , kendisine yardımcı olan bir firma olarak benimseyecek. Bu durum geliştirme ve pazarlama birimlerinin iç içe çalışmasını gerektirecek çağdaş bir modeldir.

#### 4. DERİ KİMYASALLARI GELİŞTİRME MÜDÜRLÜĞÜ BÜNYESİNDE YAPILAN GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI

Şirketimiz , Kromsan' in kuruluşundan başlayarak konunun öneminin bilinci içersinde kadrolarını ve teknolojisini geliştirmiştir. Türk deri sanayiinin gelişmesine katkıda bulunacak faaliyetler içersinde yer almıştır. Bunun bir örneği Cam Pazarlama A.Ş. nin 1987 yılında düzenlediği " Deri Sanayii Sempozyumu " olmuştur. İlgili devlet teşekküllerinin ve tüm deri dünyasının katıldığı sempozyuma Avrupa ' nın önde gelen deri uzmanları konuşmacı olarak davet edilmiştir. Dericilerle olan teknik alışverişler 1994 yılı sonuna kadar Kromsan Fabrikası elemanları tarafından yürütülmüş, eksikliği bulunan deri teknolojisi bilgisi, istihdam edilen uzman danışmanlar tarafından karşılanmaya çalışılmıştır. Bir taraftan dericilere teknik hizmet verilirken öbür taraftan fabrikadaki geliştirme yatırımlarına devam edilmiş ve fabrikanın teknolojik seviyesi üst düzeye çıkarılmıştır.

Yeni Ufuklar Projesi kapsamında, 1994 yılı sonunda Deri Kimyasalları Geliştirme Müdürlüğü kurulmuştur. Yine aynı proje kapsamında Krom Pazarlama ve Satış Müdürlüğüne bağlı Teknik Hizmet Mühendisi kadroları oluşturulmuştur. Bu kadrolar Tuzla Organize Deri Sanayii bölgesi içinde dericilerle iç içe çalışmalarını sürdürmektedirler.

Bir taraftan deri teknolojisi ve kimyasallarında süratle uzmanlaşma yoluna gidilmiş diğer taraftan laboratuvar donanım , analiz standart ve metodları , numune alma teknikleri gibi alt yapı yeterliliklerinin giderilmesi üzerinde durulmuştur.

Müdürlüğümüz geliştirme çalışmalarının etkin bir şekilde yürütülmesi , büyük ölçüde deri teknolojisine hakimiyet ve bu konudaki gelişmelerin yakından takibi ile mümkündür. Deri teknolojisine hakimiyet uzun dönemli, emek isteyen, teorik ve pratik çalışmaları gerektirmektedir. Başarılı olabilmeniz için bu alandaki ' Neden?' ve 'Nasıl?' sorularına cevap verebilmeniz gerekir. Neden sorusuna cevaplar çeşitli bilgi kaynaklarında - kitaplar , çeşitli yayınlar , patentler, uzman kişiler - saklıdır. Nasıl sorusuna ise laboratuvar çalışmaları ve büyük ölçüde dericide prosesi tanıyarak cevap verebilirsiniz. Yeni ürün geliştirmede dericilerin ihtiyacını tespit için onlarla birlikte olmanın önemi uzmanlaşma konusunda da ortaya çıkmaktadır.



Deri teknolojisi ve kimyasalları konusunda bilgi düzeyinin artmasına paralel olarak mevcut ürünlerin kalitesinin geliştirilmesi ve yeni ürünlerin geliştirilmesi konularında önemli aşamalar kaydedilmiştir.

Kromsan fabrikasının deri sektöründe kullanılan ürünleri ve ilk üretim tarihleri Tablo 2 de yer almaktadır.

**Tablo 2. Kromsan Deri Kimyasalları**

ÜRÜN	Pazara Sunuluşu
Sodyum Sülfür	1984
Tankrom SB	1984
Tankrom AB	1988
Tankrom FS	1992 Kasım
Tankrom OB	1993 Ocak
Likit Tankrom	1994 Mart
<b>Resintan M</b>	<b>1996 Ocak</b>
<b>Tankrom FO</b>	<b>196 Nisan</b>
<b>Tankrom F24</b>	<b>1997 Haziran</b>
<b>Kromofix</b>	<b>1997 Eylül</b>
<b>Kromofix F</b>	<b>1997 Eylül</b>
<b>Tankrom OBM</b>	<b>1997 Eylül</b>

Tablodan da görüleceği üzere 1997 yılı sonu itibarıyla toplam 12 adet ürünümüz bulunmaktadır. Bu ürünlerin yarısı son iki yıl içinde, 1996 - 1997 yılları arasında piyasaya sunulmuştur. Bu ürünlerden Tankrom FO ve Tankrom F24 Cam Araştırma Merkezimizle ortak yapılan çalışmalar sonucu geliştirilmiştir.

1995 yılından itibaren sürdürülen geliştirme çalışmalarından elde edilen bilgi birikimi sonucunda dericilerin deri kalitesi açısından sorunlarını gidermek, ürünlerimizin kullanımında oluşacak şikayetlere cevap vermek, ihtiyaçlarını tespit etmek, piyasa istihbaratını sağlamak, yeni ürünlerin tanıtım ve tutundurulmasını sağlamak gibi fonksiyonlarda daha etkin adımlar atılabilmektedir. Rekabet gücümüzün artırılması, mevcut pazarların korunarak geliştirilmesi bakımından son derece önemli görülen bu fonksiyonların yerine getirilebilmesi için Krom Pazarlama ve Satış Müdürlüğü ile tam bir iş birliği içinde çalışmalar sürdürülmekte, haftalık periyodik toplantılarla bilgi alışverişi sağlanmaktadır.

Hedefimiz, bilgi düzeyimizi daha da üst seviyelere çıkartarak tüm ilgili birimlerle işbirliği içinde bu potansiyelimizi;

- yeni ürünlerin üretilmesinde
- mevcut ürünlerimizin kalite düzeyinin her zaman üst seviyede tutulmasında
- daha etkin bir teknik hizmet verilmesinde
- müşteri şikayetlerine etkin ve hızlı çözümler bulunmasında
- yeni yatırım alanları yaratılmasında

kullanmak, bu sayede rekabet gücümüzü artırarak **"EN İYİSİ KROMSAN ÜRÜNLERİ"** imajını pazarda yerleştirmektedir.



# ISO 14000 ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMLERİ STANDARDI NE VAAD EDİYOR?

**Faruk Sander, Dilek Bolcan, Ferda Ulutaş**

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü

## GİRİŞ

Ekonomik kalkınma ve çevre koruma arasında var olduğu savunulan **çelişki, sürdürülebilir kalınma** kavramı ile birlikte yerini **ortak bir hedefe** bırakmıştır.

“Bugünün gereksinimlerini karşılarken, gelecek nesilleri de kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanağından yoksun bırakmamak” .

Bu ortak hedefe ulaşabilmenin tek yolu, üretirken çevreyi de korumaktır. Dolayısıyla çevre koruma ilkelerine saygılı kalarak üretim yapıyor olmak, artık ticari arenada üreticiye ekstra bir puan getirmemekte, aksine sınıfı geçebilmesi için bir baraj puanı haline gelmektedir. Bu nedenle, basıklar sonucu, ya da gönüllü olarak pek çok kuruluşun hedefleri arasında “çevreye zarar vermeden üretim yapmak ve hizmet vermek” yer almaktadır. Bu hedefe ulaşmayı sağlayacak temel ilkeler ise üretirken;

- çevreye verilen etkilerin farkında olunması,
- bu etkilerin sorumluluğunun kabul edilmesi, ve
- zararlı etkilerin azaltılması ya da bertaraf edilmesi,

olarak özetlenebilir. Bu ilkeleri hayata geçirebilmek için, yapılanların ve yapılacakların bir sistematik içinde yürütülmesi gerekmektedir.

Bu gereksinimin bir sonucu olarak, bir standartlaşmaya gidilmesi söz konusu olmuş ve 1992 yılında yayınlanan ilk çevre yönetim standardı **BS 7750**'den sonra, Avrupa Birliği de 1993 yılında **EMAS** (Eco Management Audit System) olarak bilinen çevre yönetim sistemine ilişkin bir tüzük yayınlamış ve çevresel sorumluluk anlayışını bir rekabet unsuru olarak resmen kabul etmiştir. Bu şekilde, ulusal ve bölgesel düzeydeki çevre standartlarının oluşturulması, uluslararası ticarete istenmeyen teknik engeller yaratma potansiyelini ortaya çıkardığı için, uluslararası düzeyde gönüllü standartların gerekliliği gündeme gelmiş ve kapsamlı çalışmalar sonucunda, 1996 yılında ISO tarafından 14000 serisi altında Çevre Yönetim Sistemi standartları yayınlanmaya başlanmıştır. Bu standartların amacı bir çevre yönetim sistemi kurmak isteyen kurumların, bu sistemi uluslararası boyutta kabul görmüş kriterlere uygun olarak şekillendirmelerini sağlamak olmuştur. ISO 14000 serisindeki standartların bir kısmı tamamlanmış ve yayınlanmış olup, taslak halinde olan kısmının ise 2000 yılına kadar yayınlanması planlanmaktadır. ISO 14000 standartlar serisinin temel dokümanı ve sertifikalandırılabilen tek standardı olan ISO 14001 haricindeki diğer standartlar Çevre Yönetim Sistemini destekleyen kılavuz dokümanlardır.

## ISO 14001 ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMİ

- ISO 14001, çevre faaliyetlerini bir yönetim sistemi altında sürdürmek isteyen kuruluşlar için bir araçtır.
- ISO 14001 standardının en önemli özelliği gönüllülük esasına dayalı olmasıdır.
- Standart her büyüklükteki kuruluşa, her tür üretim veya hizmet faaliyetine uygulanabilir.
- Standartta, sistematik bir yaklaşıma nasıl ulaşılabileceğine dair cevaplar bulunmaktadır.
- Herhangi bir kirliliğe ilişkin bir limit değer ya da hedeflenmesi gereken rakamsal değerler yer almamaktadır. Diğer bir ifade ile, uyulması gerekli kuralları olan yasal bir mevzuat da değildir.

- Sistemin gelişmesine yönelik hedefleri ve bunlara ulaşma yöntemlerini kuruluş kendi belirler. Standardın işlevi sistemin kurulabilmesi için gerekli yol göstericiliği yapmaktır.
- Sistemin getirdiği önemli faydalardan biri de farkındalıktır. Sistem sayesinde çevreye verdiğiniz zararın yanısıra katkılarınızın da farkında olursunuz. Farkında olmak demek, sistemi geliştirmek için gerekli hedefleri koyabilmek ve gerçekleştirmek demektir.

## NEDEN ISO 14001?

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemini uygulamak ve sertifikalandırılmak için gerekçeler şu şekilde sıralanabilir:

- ISO 9000 uygulamalarında olduğu gibi, pratikte zorunlu bir uygulama haline dönüşme olasılığı bulunmaktadır.
- Kuruluş zaten mevcut olan çevresel faaliyetlerini daha iyi yönetebilmek ve çevreye karşı duyarlılığını duyurmak isteyebilir.
- Finans ve sigorta kurumları ISO 14001 standardını talep edebilir veya sistemin olması bu kurumlar karşısında avantaj sağlayabilir.
- ISO 14001 bazı tüketici/üretici ilişkilerinde özellikle Avrupa ve Amerika'da bir şart haline gelebilir.

## KARAR KRİTERLERİ

Bir kuruluşta ISO 14001, Çevre Yönetim Sistemi'ni kurmaya karar verirken; aşağıdaki kriterlere cevap vererek başlanmalıdır;

- ticari hedefler için bir gereklilik haline geliyor mu?
- pazardaki rekabeti etkileyen bir dezavantaj olabilir mi?
- pazardaki rakiplerin yaklaşımı nasıl?
- ürün ya da üretim çevre açısından ne kadar riskli ve bu riskler kamuoyunca ne kadar biliniyor?
- bu konuda önemli bir kamuoyu baskısı oluştu mu?
- sistem gerçekten çevre performansını arttıracak mı?
- mevcut çevre koruma faaliyetleri hangi seviyede?
- maliyet-kar analizi sonucu nedir?

Bu soruların cevapları bir kuruluşu ISO 14000 için sertifika almaktan vaz geçirebilir. Örneğin çok basit üretim tekniklerinin kullanıldığı, üretim yöntemi ve ürün açısından önemli çevre etkileri olmayan ya da ulusal/uluslararası ticarete herhangi bir ideali olmayan kuruluşlar için bu standartların fazla bir önemi olmayabilir. Ancak çevre etkilerinin minimum olduğunu düşünen pek çok kuruluş Çevre Yönetim Sistemini planlarken yapacakları ön etüt sırasında düşündüklerinden çok daha fazla çevresel etkiye neden olduklarını farkedebileceklerdir.

## ÜST YÖNETİM DESTEĞİ

Tamamen gönüllülük esasına dayalı bu sistemin ilk gönüllüsü üst yönetim olmalıdır. Üst yönetimin desteği olmadan kurulmaya çalışılan bir sistem, daha başlangıçta çökecektir. Çünkü sistem, zaman, para ve insan kaynakları anlamında ciddi bir desteği gerektirmektedir. Üst yönetim desteğini ilgili projelerde aktif olarak çalışmak, bir fon oluşturmak ve kaynak yaratmak, gereken zaman ve yerde baskı veya destek sağlamak gibi çeşitli yollarla gösterebilir.

## POLİTİKA

Kuruluş tarafından belirlenen çevre politikası, çevre koruma hedeflerinin çerçevesini oluşturacağı gibi, politikada yer alan her söz bir taahhüt niteliğinde olacaktır. Aynı zamanda bir deklarasyon niteliğinde olan çevre politikasında;

- tüm aktivite, ürün ve hizmetlerde, çevresel etkilerin kontrol altında olacağı,
  - kirliliğin önlenmesinin önemli bir hedef olduğu,
  - yürürlükteki çevre mevzuatına ve kuruluşun kendi kurallarına uyulacağı,
  - sürekli gelişmeye açık olduğu,
- gibi konular yer almalıdır.

Çevre politikası son haline geldikten sonra, etkin bir iletişim yoluyla duyurulmalı ve çalışanların politikayı anlamaları ve benimsemeleri sağlanmalıdır. Politika aynı zamanda kuruluş dışına da çeşitli aktivitelerle duyurulabilir.

## PLANLAMA

### Proje Yaklaşımı

Sistemin kurulmasıyla ilgili çalışmaların ikinci önemli adımı dikkatli bir planlamadır. Bunun için konuyu bir proje olarak ele almak, bir proje lideri belirlemek ve proje ekibini kurmak en geçerli yöntemdir. Proje elemanları; değişik uzmanlık alanlarından, kuruluşun yönetim, finans, kalite, üretim gibi bütün iş birimlerini temsil eden, ISO 14000 gereklerine ilişkin eğitim almış kişiler olmalıdır.

### Çevre Ön Etüdü

Proje ekibi kurulduktan sonra, ilk iş olarak kuruluşun çevre açısından mevcut durumunu belirlemek ve çalışmalarını planlayabilmek için bir çevre ön etüdü yapılmalıdır. Etüt edilecek konular;

- Üretim sürecinde oluşan tüm atıklara ilişkin, tür, miktar, kaynak, analiz sonuçları, bertaraf yöntemleri gibi bilgiler,
- Üretim sahasında ve dışındaki gürültü seviyesinin tespiti, azaltmaya yönelik alınabilecek önlemler,
- Çevre mevzuatı güncel takibinin sağlanması ve bu mevzuat uyarınca gerekli izinlerin alınması,
- Kullanılan hammadde ve yardımcı maddelere ilişkin güvenlik belgelerinin derlenmesi, depolama ve kullanma şartlarının uygunluğu, gerekli görüldüğünde ikame malzemelerin araştırılması,
- Kullanılan doğal kaynakların tür ve miktarları, kullanıldıkları yerler, mevcut tasarruf çalışmaları, tasarruf potansiyeli,
- Ürünlerin kullanımı ve kullanımı sonrasında çevreye olan zarar veya katkılarına dair bilgi,
- Çevre bilincinin yerleştirilmesi ile ilgili yapılan ve yapılabilecek faaliyetler,
- Çevreden sorumlu atanmış bir görevli varsa görev ve sorumluluklarının yeniden tanımlanması.

Çevresel etkileri olan bu tür unsurların; yasalara ve standartlara uyum, etkinin büyüklüğü, etkiye maruz kalma süresi ve sıklığı, alınacak önlemlerin teknolojik ve ekonomik boyutu ve bilgi yeterliliği gibi değişik perspektiflerden incelenerek, çevresel etkilerinin önemi değerlendirilmelidir.

### Hedefler ve Eylem Planları

Kuruluşun çevre politikasını destekleyen ve sürekliliğini sağlayan en önemli unsur, etkin hedeflerin konulmasıdır. İyi kurulmuş bir çevre yönetim sisteminin yaşaması ve gelişmesi hedeflerin doğru konulması ve planlı olarak hayata geçirilmesi ile mümkün olacaktır. Bu nedenle hedefler gerçekçi, ölçülebilir ve ulaşılabilir olmalı, asla bir iyi dilek listesine dönüşmemelidir. Kısa vadeli hedefler (KVH), uzun vadeli hedefleri, uzun vadeli hedefler ise politikayı destekler nitelikte olmalıdır. KVH'lerin rakamlarla ifade edilmesi, sonuçların ölçülebilir olması açısından önemlidir. Hedeflere ulaşılması için yapılacaklar eylem planlarında gösterilmeli ve bu planlar proje anlayışı ile oluşturulmalıdır.

## UYGULAMA

İyi planlanmış bir sistemde kavramların hayata geçirilmesi, **iyi yapılanmış bir organizasyon, eğitimli bir kadro ve işlevsel bir dokümantasyon** sistemi ile sağlanabilecektir.

## Organizasyon

- Kuruluş, etkin bir çevre yönetimi için sorumluları ve otoriteyi tanımlamalıdır. Otorite üst yönetim tarafından temsil edilir.
- Sistemin uygulanmasından, aksayan yönlerinin giderilmesinden ve geliştirilmesinden sorumlu bir Çevre Yönetim Sistemi Sorumlusu olmalı ve yalnızca üst yönetime bağlı olarak çalışmalıdır.
- Yönetim, çevre koruma ile ilgili işlerde çalışan tüm görevlilerin iş tariflerini gözden geçirmeli, sorumluluklarını tanımlamalı ve dokümanete etmelidir.

## Eğitim

Çevre Yönetim Sisteminin uygulamadaki başarısı kuruluşta çalışan herkesin sistemi anlaması ve yararına inanması ile mümkün olabilecektir. Bu da ancak iyi bir eğitim programı ile sağlanabilecektir.

Bu amaçla periyodik olarak yapılacak iç eğitimlerde;

- Üst Yönetim başta olmak üzere, tüm çalışanlara kurulmak istenen sistemin gerekleri ve yararları basitçe anlatılmalıdır.
- Kuruluşun faaliyetleri nedeniyle ortaya çıkan/çıkabilecek çevresel etkiler çalışanlara açıkça anlatılmalı ve kurulan sistemin onlar olmadan işlemeyeceği ifade edilmelidir.

Kuruluş dışından;

- Çeşitli belgelendirme kurumlarından (TSE, BVQI, SGS gibi) ISO 14000 standartlarının gereklerine ilişkin eğitim alınabilir.
- Çevre koruma teknolojileri ve çevre mevzuatı gibi konulardaki gelişmeleri takip etmek üzere çeşitli kurumların (üniversiteler, dernekler, meslek odaları gibi) düzenledikleri eğitim programları izlenmeli ve katılım sağlanmalıdır.

## Dokümantasyon

Sistemin dokümantasyonu ISO 9000 uygulanmalarından dolayı herkesin çok iyi bildiği sisteme çok benziyor. "Yaptığınızı yazacaksınız ve yazdığınızı da yapacaksınız". Bu benzerlik her iki sistemin dokümanlarının ortak olarak kullanılabilmesini de sağlıyor. Sistemin ana dokümanları;

- Çevre El Kitabı
- Çevre Politikası
- Prosedürler
- Talimatlar ve
- Kayıtlar'dır.

Yine ISO 9000 Sisteminde olduğu gibi düzeltici önleyici faaliyetlerin planlanması ve takibi ile tüm sistemin iç denetimlerle periyodik olarak denetlenmesine ilişkin konularda da düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

## SİSTEMDEN SAĞLANAN KAZANÇLAR

Yurtdışında ve ülkemizde yapılan araştırmalara göre, ÇYS'nin firmalara doğrudan sağladığı kazançlar üç genel grupta değerlendirilebilir;

## Karlılık ve verimlilik

ÇYS kuran firmalar, ürün tasarımı, üretim ve ambalaj süreçlerinde yapılan değişikliklerle hammadde ve enerji tüketimleri ile atık miktarlarının azaltıldığını belirtmektedirler. Birim ürün için harcanan kaynakların azalması, üretim maliyetlerinin düşmesini sağlayarak, karlılığın ve verimliliğin artmasına yol açmaktadır.

## Pazarlama

Çevresel açıdan sağlam bir imaj, çevre bilinci içinde olan tüketicileri etkilemekte, rakiplerden bir adım önde olunmasını sağlamaktadır. TÜSIAD Çevre Çalışma Grubu tarafından yapılan bir çalışmada, ülkemizin uluslararası ticaret potansiyelinin çevre koruma kaynaklı tarife dışı teknik engellere maruz kaldığı ve kalabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, ISO 14001'in hem bu engelleri bertaraf etme, hem de ilgili prosedürleri kolaylaştırma açısından önemli rol oynayacağı tartışılmazdır.

## Mevzuat

ISO 14001, mevcut çevre mevzuatına uygunluğun sağlanması ve korunması için bir sistem getirmektedir. Bu sistem sayesinde firmalar, çevre mevzuatına hangi noktalarda ters düştüklerini belirleyip, gerekli önlemleri alabilmektedirler. Ayrıca, yetkili mercilerin ISO 14001 belgeli firmalara karşı daha ılımlı ve esnek oldukları da belirtilmektedir.

## TÜRKİYE'DE VE TOPLULUĞUMUZDA ISO 14000

Bilindiği gibi, ülkemizde belgelendirme işlemi, ISO'dan akredite olan TSE tarafından yapılmaktadır. Ayrıca, aynı şekilde akredite olan BVQI ve SGS'den de ISO 14001 belgesi alınabilmektedir. Ülkemizde Ağustos 1998 itibarı ile ISO 14001 belgeli firma sayısı 43'e ulaşmıştır. Bu firmalardan 27'i belgelerini TS'den, 10'u SGS'den ve altısı da BVQI'dan almıştır. Topluluğumuzda ise, 1997 yılı Şubat ayında belgelendirilen Camiş Ambalaj San. A.Ş., TSE tarafından belgelendirilen 4. firma olurken, sektöründe de ISO 14001 belgeli ilk firma olmuştur.

Topluluğumuzun diğer kuruluşlarında da gündeme gelmekte olan ISO 14000 çalışmalarının planlanmasında genel kriterler geçerli olmasına rağmen, her kuruluş ve hatta her bir tesis özelinde politikaların saptanması gerekmektedir. Diğer bir ifade ile, üretim tesislerimizde çevresel etki ve özellikler, aynı tür üretimler söz konusu olsa bile, farklılıklar gösterebileceği için, saptanacak politikaların kapsam ve özellikleri de farklı olmak durumundadır.

Kuruluşlarımızda ÇYS'inin kurulmasına yönelik çalışmalar, belirli bir düzeyde Teknik Grubumuzun katkıları ile yürütülmekte, ancak çalışmaların önemli bir bölümü doğal olarak ilgili kuruluşlarımız tarafından yürütülmektedir. Çalışmaların bir proje halinde oluşturulması ve liderinin de ilgili kuruluştan seçilmesi, bir çok açıdan yarar sağlamaktadır. Diğer taraftan, kuruluşlarımızın ISO 9000 çalışmalarındaki bilgi ve deneyim birikimleri de, benzer karakterde çalışmalar olması nedeni ile önemli bir etken olarak görülmektedir.

Topluluğumuz kuruluşlarındaki ISO 14000 çalışmalarının sürdürülmesi aşamalarında aşağıda özetlenen bazı darboğazlar gözlenmektedir;

- Ülkemiz çevre yasa ve yönetmeliklerinde uygulanması oldukça güç hükümler bulunmakta ve bir yetki karmaşası gözlenmektedir. Bu nedenle, gerekli izin veya ruhsatların alınmasında güçlüklerle karşılaşmaktadır. Temel olarak mevzuata uyumun arandığı ISO 14000 çalışmalarında, karşılaşılan bu tür sorunların açıklanması ve kabul ettirilmesinde önemli sıkıntılar yaşanmaktadır. Diğer taraftan, herhangi bir çevre izin veya ruhsatının alınmamış olması, ÇYS'inin oluşturulmasına ilk aşamada engel değildir. Ancak, bu tür bir eksikliğin giderilebilmesi için gerekli planların yapılarak, bir hedefin oluşturulması gereklidir.
- Eysel ve tehlikeli atıkların yasalara uygun bertarafı için ülke genelindeki imkanlar oldukça kısıtlıdır. Genel olarak, bu tür atıklar düzensiz-yasal olmayan- depolama alanlarına gönderildiği için, yasal açıdan bir uyumsuzluk söz konusu olmaktadır. Benzer bir şekilde, satılan atık ve hurda malzemelerin, çevre koşullarına uygun olarak değerlendirilmesi veya bertaraf edilmesi için yasal imkanlar da yetersizdir.
- Özellikle yüksek kükürtlü fuel-oil kullanan tesislerimizde, doğal-gaz temini mümkün değilse, yüksek yatırım gerektiren gaz arıtma sistemlerinin kurulması gündeme gelmektedir. Bu husus, belirli kuruluşlarımız için en önemli darboğazı oluşturmaktadır.

## SONUÇ

ISO 14000 çalışmaları, görüldüğü gibi, ISO 9000 standartlarını uygulayanlara oldukça aşına gelecek koşulları içermektedir. Ancak, ÇYS'lerinde, çevre mevzuatının takip edilme ve uygulama koşullarının getirilmesi, çalışmaları güçleştiren en önemli farklılıktır. Diğer taraftan; giderek artan rekabet koşullarında olası tehdit ve engellere karşı hazırlıklı olunması, bilinçlenen kamuoyu karşısında olumsuz imaj yaratılmaması, yasal yaptırımlara maruz kalınmaması ve çevre kalitesi ile fırsatlar arasındaki ilişkinin özümsemek, sonuçta pazar payının artırılması ve ürün maliyetlerinin azaltılması için ÇYS'leri önemli bir olanak sunmaktadır.

# FLOAT CAMINDA BİLGİSAYAR DESTEKLİ KAPASİTE PLANLAMA VE DENGELEME

**Çetin Aktürk**

Düzcam Grubu Geliştirme Başkan Yardımcılığı

**Güvenç Demir**

Trakya Cam Sanayi A.Ş.

## ÖZET

Trakya Cam Mersin - Tarsus Fabrikasının üretime geçmesi ile birlikte yurtiçi ve yurtdışı pazarlara iki ayrı yerleşim yerinden 3 float hattı ile ürün sunmak mümkün hale gelmiştir.

Üretim Kapasitesindeki artışa paralel olarak ince cam, kalın cam ve bronz-füme- yeşil renkli camlar gibi kampanya şeklinde üretilen ürünlerin talebinde de artış olmuştur.

Çeşit, miktar ve termin yönünden müşteri tatminini sağlayan ancak aynı zamanda üretim, stok ve taşıma maliyetlerini azaltan hat dengelemesinin klasik yöntemlerle yapılması güçleştiğinden bilgisayar destekli bir sistem geliştirilmiştir.

Bu bildiri float ürünlerinin özelliklerini, ürün-üretim hattı ilişkisini, üretim hatlarının kabiliyetlerini dikkate alan, dengelemeyi yapan kişiye sonuca ulaşmada yol gösteren ve elde edilen sonuçları grafik ortamda analiz etmeye imkan veren sistemin özellikleri, uygulama örneği ve sonuçları aktarılmaktadır. Benimsenen yaklaşımın izabe bazlı üretim yapan diğer fabrikalara da yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## 1. GİRİŞ

Rekabetin yoğunlaşması kuruluşları müşteri taleplerini istenilen özellikte istenilen miktarda ve istenilen zamanda eksiksiz karşılamaya ve bunu faaliyetin toplam maliyetini minimize edecek şekilde gerçekleştirmeye zorlamaktadır.

Ürün ve müşteri sayısının artması, müşterilerin daha kaliteli ürünleri daha kısa terminlerde istemeleri, üretimin birden fazla noktada yapılıyor olması, üretim için gerekli tedariklerin çeşitlenmesi yukarıda belirtilen amaçların klasik lojistik yönetimiyle gerçekleştirilmesini giderek güçleştirmekte hatta pratik anlamda imkansız kılmaktadır. Onlarca kişinin onlarca gün çalışarak ortaya çıkardığı onlarca sayfa tabloların varlığı bunun en iyi kanıtıdır. Kişisel bilgisayardaki kişisel çalışmalarda bu durumu fazla değiştirmemektedir.

Pazar ve üretim koşullarındaki hızlı değişimler nedeniyle kolay ve hızlı revizyonlara ve de geleceğe dönük "olursa ne olur" analizlerine imkan vermeyen yöntemler sağlıklı değerlendirmelere neden olmaktadır. Bu nedenle ürünü, müşteri talebini, üretim alt yapısını birbiri ile uyumlu ve de olması gereken detayda bilgisayarda modellemek ve çözüme bu şekilde ulaşmak etkin yöntemdir.

## 2. KAPASİTE PLANLAMA

Kapasite planlama özetle ; ürünler itibarıyla miktar ve termini belirlenmiş olan müşteri taleplerinin karşılanmasında kullanılacak olan fiziksel kaynakların dönemler itibarıyla gereken miktarlarının hesaplanması, eldeki mevcutlarla karşılaştırarak fazla veya eksik kapasitenin tesbiti ve talebi en düşük maliyetle karşılayacak çözümlerin yaratılması olarak tanımlanabilir.

## 1. Genel Parametreler

Kapasite planlama sisteminin özelliğini ve içeriğinin belirleyen temel unsurlar şunlardır ;

- Planlama dönemi (5 yıl, yıl, ay,...)
- Zaman dilimi (yıl, ay, hafta,...)
- Müşteriler (müşteri grupları, müşteri 1, müşteri 2,...)
- Ürünler (ürün grupları, ürün 1, ürün2,...)
- Dönemler itibariyle talep
- Ürün ağacı
- Kaynaklar (iş istasyonları, makina-donanım, iş gücü, stok alanı, fason üreticiler, ithalat...)
- Kaynakların kullanılabilirliği (12 ay / yıl, 25 gün / ay, 2 vardiya / gün, tatiller, genel bakım,...)
- Ürünler ve kaynaklar arası ilişkiler (rotalar, makina verimleri, işgücü üretkenliği, diğer üretkenlikler, imalat değiştirme süreleri, üretim hızları, ürünler arası korelasyon, minimum lotlar,...)
- Stok politikası (emniyet stokları, azami stoklar, hedef stoklar,...)
- Girdi tedarik süreleri
- Dönem başı stoklar

Standart software paketlerinde yer alan kaba kapasite planlama yaklaşımları daha çok "atölye türü" (Job shop) üretim yapan kuruluşlar için geliştirilmiştir. Düzcam grubunda TOF ve CIS'te bu özellikte olan bilgisayar programları kullanılmaktadır. Float ana üretim hattının özellikleri ise aşağıda açıklandığı üzere özgün ve yeni çözümlerin yaratılmasını gerektirmiştir.

## 2. Float Kaba Kapasite Planlama Modeli

Önceki bölümde belirtilen parametreler itibariyle float cam kaba kapasite planlama modelinin özellikleri aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

### a ) Planlama dönemi ve zaman dilimi

Amaç yıllık iş programlarının oluşturulması ve gerektiğinde yıl içinde revize etmek olduğundan dönem olarak 16 ay; zaman dilimi olarak ay seçilmiştir.

### b ) Müşteriler

Müşteri grupları ve müşteriler şu şekilde tanımlanmıştır :

- Yurtiçi
- Yurtdışı (Almanya, İtalya, Mısır,.....) ve (Müşteri1, Müşteri2,.....)
- Topluluk içi (TOF, CIS, KC, Ayna, D.Lamine)

### c ) Ürünler

Float camında ürünün tanımlanabilmesi için aşağıda belirtilen parametrelerle ilgili hangi tercihlerin yapıldığı netleştirilmelidir.

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| • Renk                        | (Renksiz, Bronz, Füme, Yeşil, Koyu Yeşil) |
| • Kaplama Türü                | (Kaplamasız, Reflakta,.....)              |
| • Kalınlık (mm)               | (2.2;2.5;3;4;5;6;8;10;.....)              |
| • Kalite                      | (K1;K2;K3;K4;RC;SC;.....)                 |
| • Ebat Grubu                  | (J;ME;SP;ÖE)                              |
| • Ambalaj                     | (Ç;S;EC;TEC;FF;.....)                     |
| • Ara Malzeme                 | (T;K)                                     |
| • İç Adet veya Paket Ağırlığı | (1 ton;2 ton;.....)                       |



#### d ) Aylık Talepler

Her bir müşteri için her bir üründen aylar itibariyle kaç ton satışın öngörüldüğü bilgisi yaratılmaktadır. Tahmin edileceği gibi bu bilgilerin tek tek yaratılması oldukça zahmetli bir çalışmayı gerektirmektedir. Satış tahminlerinin kolay yapılabilmesi için ayrıntıları aşağıda belirtilen sistematik geliştirilmiş ve de girilen her verinin geçen 18 ay itibariyle fiili gerçekleşme durumu ekranda veriyi oluşturan kişinin dikkatine sunulmuştur.

Yıllık satış programının yaratılmasında izlenen prosedür şu şekildedir :

1. Müşteri seçilir. Örnek : Almanya/KWV
2. Ürünün renk ve kaplama türü belirlenir. Örnek : Renksiz;Kaplamasız
3. Bu ürünün aylar itibariyle Jumbo (J) ve (ME+SP+ÖE) ebat gruplarının toplamı olarak ayrı ayrı satış tonajları girilir. Bu aşamada ekranda bu ürünün 18 aylık fiili satış değerleri söz konusu ebat grupları için ayrı ayrı görülür. Tahminler bu değerlere bakılarak yapılır. Böylece satış elemanının başka bir kaynağa bakma ihtiyacı giderilmiş olur.
4. Söz konusu ürünün kalınlık, kalite ve ebat grubu dağılımları herbiri için ayrı ayrı belirlenen dağılım yüzde değerlerinden hareketle bilgisayar tarafından hesaplanır. Söz konusu yüzde değerlerin yaratılma aşamasında da geçen 18 ayın fiili değerleri ekranda belirir ve kullanıcı bu değerlere bakarak yeni değerleri belirir.

Satış tahminlerinin bu şekilde yaratılması her türlü revizyonun kolay ve hızlı yapılmasına imkan verir.

#### e ) Ürün Ağacı

Float camında ürün ağacı sadedir. Ebat gruplarından J, ME, SP olanlar ana imalat hattından doğrudan üretilebilirler. Sadece ÖE ebat grubu için anahattan bunlara uygun yarı mamul cam üretilir ve daha sonra özel ebat kesim hatlarında kesilir. Bu nedenle üretilmesi gereken yarımamul türü (#J veya #ME), kalitesi ve miktarı tanımlanmış olan değerlerden hareketle bilgisayar tarafından hesaplanır.

Ayrıca ambalajlı ürünler için ürün ağacı cam ve ambalaj olarak tanımlanır.

#### f ) Kaynaklar

Modelde yer alan iş istasyonları şunlardır :

Ana Üretim Hatları	:	Trakya: TR1, TR2	Mersin: TR3
Özel Ebat Hatları	:	Trakya: ÖE1:ÖE2	Mersin: ÖE1
Ambalaj Dairesi	:	Trakya: Amb1	Mersin: Amb1
Mamul Ambar Stok Alanı	:	Trakya:..... m <sup>2</sup>	Mersin: ..... m <sup>2</sup>
Yarı Mamul Stok Alanı	:	Trakya:..... m <sup>2</sup>	Mersin: ..... m <sup>2</sup>

#### g ) Kaynakların Kullanılabilirliği

Ana Üretim Hatları : Aylar itibariyle cam çekilebilecek gün sayısı

Özel Ebat Hatları : Aylar itibariyle üretim yapılabilecek vardiya sayısı (Bayramlar, hafta tatilleri, genel bakım vb. kayıplar dikkate alınır)

Ambalaj Dairesi : Özel kesim gibi

#### h ) Ürünler ve Kaynaklar Arasındaki İlişkiler

Rotalar :

##### \* Ana Üretim Hattı

Temel özelliklerine göre tüm kaliteler ve J, ME ve SP ebat grupları için ürünlerin üretilebileceği ana üretim hatları aşağıdaki gösterilmiştir:

Renkli Camlar	:		TR1
Kaplamalı Camlar	:	Reflekta	TR1
Renksiz Camlar	:	Ince	TR1
		Normal	TR1, TR2, TR3
		Kalın	TR1, TR3

### \* Özel Ebat Hattı

Diğer özellikleri ne olursa olsun ebat grubu ÖE olan talepler Trakya ÖE1 ve ÖE2 veya Mersin ÖE özel ebat hatlarında kesilir. Bu kesimin yapılabilmesi için gereken #J ve #ME yarı mamuller yukarıda belirtilen anahatta üretilir.

### \* Ambalaj Dairesi

Satış programında ambalajlı olarak tanımlanmış olan tüm talepler ambalaj dairesinden üretilir. Bunlara yönelik camlar için yukarıda belirtilen yöntem uygulanır.

### Makina Verimleri :

#### \* Anahat

Renk, kaplama ve kalınlıklar itibarıyla soğutma sonu ve anahat ile ilgili verimler ayrı ayrı belirlenmiştir.

#### \* Özel Kesim

Renk, kaplama ve kalınlıklar itibarıyla yarı mamul olarak kullanılacak olan #J veya #ME ebatlar için kalitelerini de dikkate alacak şekilde özel ebat hatlarının kesme verimleri belirlenmiştir.

#### \* Ambalaj Dairesi

Ambalajlama verimi tüm ürünler için %100 varsayılmıştır.

### l ) İşgücü Üretkenliği

TR1, TR2 ve TR3 anahatları sabit bir kadro ile çalıştığı için ürünle ilgili üretkenlik tanımlanmamıştır.

Özel ebat hatlarında hatlar itibarıyla farklılık olmakla birlikte herbirinde vardiyada görev alan eleman sayısı sabit tutulmakta ürüne bağlı olarak vardiya üretimi değişmektedir. Bu şekilde üretkenlik dolaylı olarak dikkate alınmış olmaktadır.

Ambalajlama işleminde ise ambalaj cinslerine göre vardiyada eleman başına kaç adet ambalaj yapılacağı belirlenmiştir. Böylece aylar itibarıyla ambalajlı üretim belirlendikten sonra gereken eleman sayısı bilgisayar tarafından hesaplanmaktadır.

### j ) Malzeme Üretkenliği

Ürün ağacında malzeme olarak sadece sandık, toz ve kağıt dikkate alınmıştır. Bu amaçla ME, SP ve ÖE ebat grupları için ortalama paket ağırlıkları belirlenmiştir. Bu değerler ton üretimlerin sandık adedine dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Toz ve kağıt miktarıda üretimin m<sup>2</sup> değerinden hareketle hesaplanmaktadır.

Diğer malzemeler maliyet programında hesaplanmaktadır.

### k ) İmalat Değişirme Süreleri

Anahat üretiminde

- Renk değiştirme operasyonu her renk kombinasyonu için gün ve tonaj olarak belirlenmiştir.
- Kaplamalı cam olarak reflekte cama geçiş kayıpları belirlenmiştir.
- Kalınlık değişim süreleri kısa olduğu için ayrı bir parametre olarak ele alınmamış, kayıplar anahat randımanı içinde yer almıştır.

Özel ebat hatlarında ve ambalaj dairelerinde imalat değiştirme kaybı öngörülmemiştir.

### l-) Üretim Hızları

Anahat günlük üretim kompozisyon ve miktarının belirlenmesi bu çalışmanın hem özgün hemde en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Modelde dikkate alınan temel özellikler özetle şu şekilde ifade edilebilir :

- Tek hat, tek fırın
- Belirli bir anda tek renk, tek kaplama ve tek kalınlık
- Renk ve kaplama türüne göre farklı fırın çekişi
- İnce, normal ve kalın cam grupları için farklı fırın çekişi
- Renkli, kaplamalı, ince ve kalın camlarda kampanya üretimi
- Cam şeridini sürekli gözleme ve çalışılan üst kaliteye uygun olmayan hataların cins ve pozisyon bilgisini optimizasyon bilgisayarına aktarma
- Belirli bir anda cam toplama istasyonlarından toplamda en fazla 2 farklı kalitede cam toplama.
- Optimizasyon bilgisayarındaki hata bilgilerine ve siparişler için oluşturulmuş olan program önceliklerine göre cam şeridini plakaları oluşturacak şekilde otomatik kesme

Bu temel kabullerden hareketle günlük üretim kompozisyonunun ve miktarının hesaplanabilmesi için aşağıdaki parametrelerin değerleri renk, kaplama ve kalınlıklar itibarıyla belirlenmiştir:

- Brüt çekiş (ton)
- Soğutma sonu kayıpları (ton)
- Yan kesme kaybı (%)
- Standart dışı (K5) hata içeren plaka miktarı (ton)
- K5'li camların değerlendirilmesi (%)
- Arıza, kesme, kalınlık değiştirme,ölçme vb.kayıplar (%)
- Paket kıran iri hata yüzdesi (%)
- Şerit hata yoğunluğu (Adet/10 m<sup>2</sup>)
- Şerit hata yoğunluğuna bağlı kalite dağılımı (%)
- Üretimin kalite dağılım oranı (%)
- Her kalite için jumbo ebat üretebilme oranı (%)
- Cam toplama istasyonları ve toplama kapasiteleri (ton)

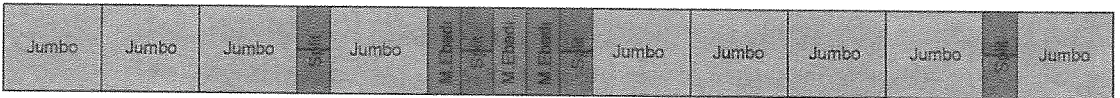
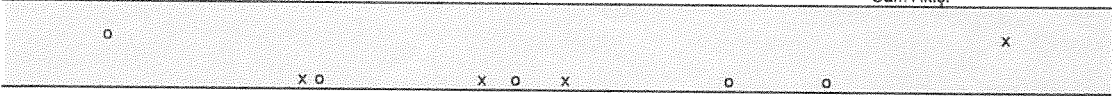
Bu aşamaya kadar dile getirilen özelliklere göre belirli bir şerit kalite düzeyinde üretim programındaki önceliklere göre cam plakaların anahat üzerinde doğuşuna bir örnek Şekil 1'de verilmiştir.

**TRAKYA CAM SANAYİİ A.Ş. - TRAKYA FABRİKASI**  
**TR1 ANAHAT HATAYA GÖRE OPTİMİZASYON ÖRNEKLERİ**

Cam şeridinde rastgele gelen hatalar

- o: K4 (Pencere camı) hatalar
- x: K5 (Standart dışı) hatalar
- : K3 (Isıcam) uygun bölgeler

ÖRNEK ŞERİT



Şekil 1 : TR1 Anahat hataya göre optimizasyon örnekleri

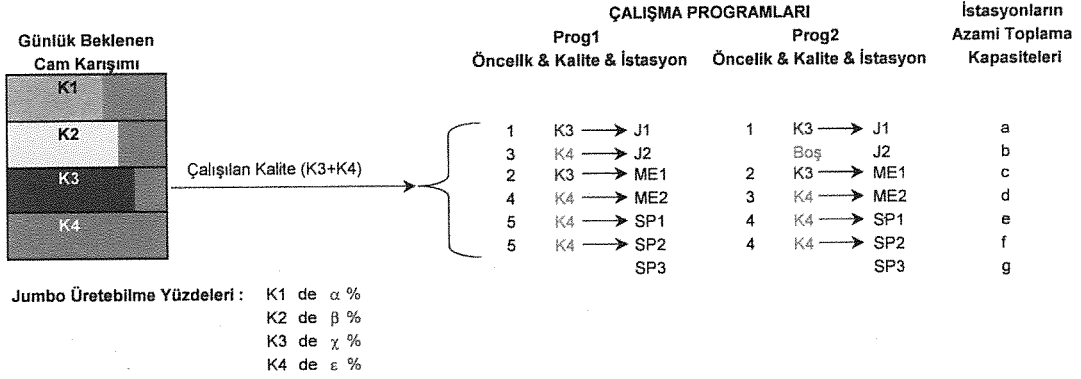
Şekilden de görüleceği üzere programa bağlı olarak belirli bir zaman dilimi içinde yaratılan plakaların kompozisyonu değişmektedir. Bu durumda karşılanması gereken aylık üretim ihtiyaçlarının anahattın ne kadarlık üretim süresini alacağı nasıl formüle edilecektir?

Yaratılan bilgisayar modelindeki temel yaklaşım şu şekilde ifade edilebilir :

- Tanımlanmış olan üretim parametrelerine göre bir gün içinde beklenen cam kompozisyonu Şekil 2'de gösterildiği gibi farklı katmanlardan oluşur.
- Belirli bir zaman diliminde hangi katmanın aktif olacağını program öncelikleri belirler.
- Bu katmanın ne kadar süre aktif olacağını da sipariş miktarları belirler.

Bu hususları içeren bir örnek Şekil 2'de yer almaktadır ;

**TRAKYA CAM SANAYİİ A.Ş. - TRAKYA FABRİKASI**  
**TR1 ANAHAT ÇALIŞMA ÖRNEKLERİ**



**Kalite Sınıfları :**

K1 : Ayna K2 : Otocam K3 : Isıcam K4 : Pencere Camı K5 : Standart dışı

Not : K5 Değerlendirme çalışma programlarına dahil edilmemiştir.

**Şekil 2: TR1 Anahat çalışma örnekleri**

**m) Stok Politikası**

Renk, kaplama, kalınlık, ebat grubu ve kaliteler itibarıyla ay sonu stoklar için minimum, maksimum ve hedef değerler tanımlanabilmektedir. Bu değerlere göre satışı aşan stoğa üretim öngörülebildiği gibi azami stok seviyesini aşma durumu ortaya çıkan bir yan ürün üretilmeyip kırılabilir.

**n) Girdi Tedarik Süreleri**

Sonuçları etkilemediğinden sandık, kağıt, toz gibi girdilerin tedarik süreleri dikkate alınmamıştır.

**o) Dönem Başı Stoklar**

Yılbaşı itibarıyla müşteri bazında ürün stokları ana bilgisayardan alınmaktadır.

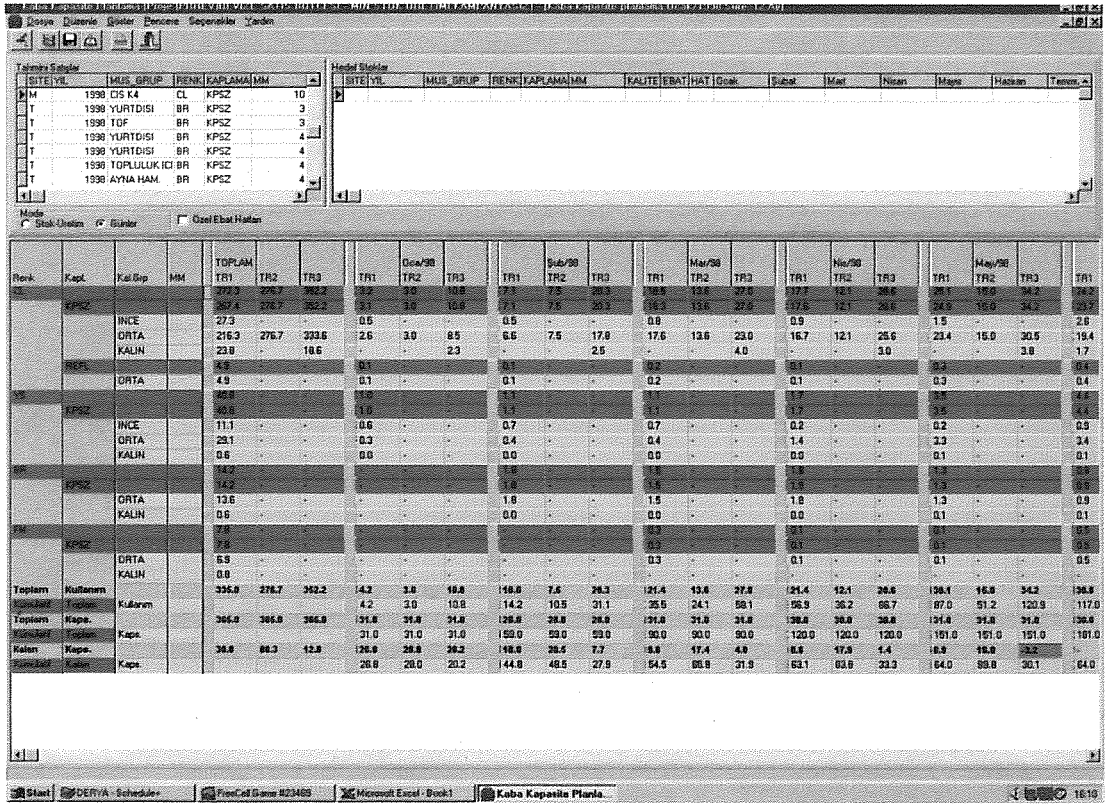
Yarı mamul stokları ise müşteri olmaksızın renk, kaplama, kalınlık, ebat grubu ve kalite bazında ana bilgisayardan alınmaktadır.

### 3- ÇÖZÜMLERİN YARATILMASI

Yılbaşı mamul ve yarımamul stokları, aylar itibariyle satışlar ve üretim kabiliyeti tanımlandıktan sonra programcıyı adım adım çözüme götüren algoritmanın temel özellikleri şunlardır ;

- İlk aylardaki satışları olabildiğince stoklardan karşıla
  - Stokların yetmediği aydan itibaren üretim ihtiyacını gün cinsinden belirle. Sonuç Tablo 1’de verilmiştir.
  - Tablo 1’deki sonuçlara göre kampanya üretimlerinin hangi aylarda yapılacağını belirle ve üretim ihtiyaçlarını bu aylara yerleştir. Sonuç Tablo 2’de verilmiştir.
  - Aylar itibariyle TR1, TR2 ve TR3 için oluşan gün sayılarındaki eksik-fazla durumuna göre hatlar arası veya aylar arası kaydırma yaparak dengele.
  - Bunun için gerekiyorsa fabrikaların satış programlarını revize et
- Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1: Kaba kapasite planlama (Revize satış bütçesi)**



Renk	Kapa	Kalıno	MM	TOPLAM	TR1	TR2	TR3	TR4	Oca/98	Şub/98	Mar/98	Nis/98	May/98	Haz/98	Tem/98	Ağu/98	Eyl/98	Ekim/98	Kas/98	Ara/98		
	KPSZ			377.3	276.7	362.2	4.2	3.0	10.8	7.1	7.5	20.1	13.8	13.6	27.0	17.7	12.1	20.6	26.1	19.0	34.2	
		İNCE		27.3			0.5			0.5			0.9			1.5					2.6	
		ORTA		216.9	276.7	333.6	2.6	3.0	8.5	6.6	7.5	17.9	17.6	13.6	23.0	16.7	12.1	20.6	23.4	15.0	30.5	
		KALIN		238					2.3				4.0			3.0					3.8	
		REPL		6.9			0.1			0.1			0.2			0.1					0.4	
		ORTA		4.9			0.1			0.1			0.2			0.3					0.4	
		KALIN		98			1.0			1.0			1.9			1.9					3.8	
	KPSZ			36.8			1.0			1.1			1.2			1.3					3.8	
		İNCE		11.1			0.6			0.7			0.7			0.2					0.9	
		ORTA		23.1			0.3			0.4			0.4			1.4					1.4	
		KALIN		0.6			0.0			0.0			0.0			0.1					0.1	
		REPL		14.2						1.0			1.3			1.3					3.8	
	KPSZ			14.2						1.0			1.3			1.3					3.8	
		ORTA		13.6						1.8			1.5			1.8					0.9	
		KALIN		0.6						0.0			0.0			0.1					0.1	
		REPL		7.8						0.3			0.1			0.1					0.5	
	KPSZ			7.8						0.3			0.1			0.1					0.5	
		ORTA		6.9						0.3			0.1			0.1					0.5	
		KALIN		0.0																	0.5	
<b>Toplam</b>	<b>Kullanım</b>			<b>356.9</b>	<b>276.7</b>	<b>362.2</b>	<b>4.2</b>	<b>3.0</b>	<b>10.8</b>	<b>10.6</b>	<b>7.5</b>	<b>20.1</b>	<b>12.4</b>	<b>13.6</b>	<b>27.0</b>	<b>12.4</b>	<b>12.1</b>	<b>20.6</b>	<b>196.1</b>	<b>16.0</b>	<b>34.2</b>	<b>196.9</b>
<b>Kullanım</b>	<b>Toplam</b>	<b>Kullanım</b>	<b>Kullanım</b>				<b>4.2</b>	<b>3.0</b>	<b>10.8</b>	<b>14.2</b>	<b>10.5</b>	<b>31.1</b>	<b>25.5</b>	<b>24.1</b>	<b>56.1</b>	<b>19.9</b>	<b>26.2</b>	<b>66.7</b>	<b>87.0</b>	<b>51.2</b>	<b>120.9</b>	<b>117.0</b>
<b>Toplam</b>	<b>Hesap</b>	<b>Toplam</b>	<b>Hesap</b>	<b>368.9</b>	<b>368.9</b>	<b>368.9</b>	<b>42.8</b>	<b>29.8</b>	<b>29.8</b>	<b>128.8</b>	<b>23.8</b>	<b>28.8</b>	<b>29.8</b>	<b>29.8</b>	<b>29.8</b>	<b>120.0</b>	<b>120.0</b>	<b>120.0</b>	<b>120.0</b>	<b>120.0</b>	<b>120.0</b>	<b>120.0</b>
<b>Hesap</b>	<b>Hesap</b>	<b>Hesap</b>	<b>Hesap</b>	<b>36.8</b>	<b>66.3</b>	<b>12.8</b>	<b>26.8</b>	<b>26.8</b>	<b>26.2</b>	<b>18.8</b>	<b>26.4</b>	<b>7.7</b>	<b>8.8</b>	<b>17.4</b>	<b>4.8</b>	<b>6.8</b>	<b>17.8</b>	<b>4.4</b>	<b>18.8</b>	<b>16.8</b>	<b>33.2</b>	<b>181.0</b>
<b>Kullanım</b>	<b>Kullanım</b>	<b>Kullanım</b>	<b>Kullanım</b>				<b>26.8</b>	<b>26.0</b>	<b>20.2</b>	<b>44.8</b>	<b>40.5</b>	<b>27.9</b>	<b>54.5</b>	<b>66.9</b>	<b>31.9</b>	<b>63.1</b>	<b>63.6</b>	<b>21.3</b>	<b>64.0</b>	<b>59.0</b>	<b>30.1</b>	<b>64.0</b>

Yukarıda dile getirilen işlemlerde alternatifler programcı tarafından düşünülüp yaratılmakta, bilgisayar ise bu tercihe göre sonuçta nasıl bir tablonun oluşacağını hesap ederek programcıya sunmaktadır. Söz konusu olan otomatik optimizasyon değil kontrollü ve adım adım geliştirilen sezgi-sel (heuristic) bir yaklaşımdır.

Gerek algoritma gereksede tüm bilgiler Oracle veri tabanı üzerinde Delphi programlama dili ile IMS firmasınınca geliştirilmiştir.

Tablo 2: Kaba kapasite planlama (07/01/98 tarihli çalışma-deneme)

TARİHİ SİTELER				Model SİTELER													
SİTE/YIL	MÜS. GRUP	RENK	KAPLAMA MM	SİTE/YIL	MÜS. GRUP	RENK	KAPLAMA MM	KALITE	BRAT	HAT	Okul	Sabit	Man	İnan	Maas	Hacim	Tems.
M	1990 TOPLULUK İÇİ	CL	KPSZ	M	1998 A	CL	KPSZ	6 K4	ME		0	500	500	500	500	500	
M	1996 TOPLULUK İÇİ	CL	KPSZ	T	1998 A	CL	KPSZ	3 K3	JM		100	100	100	750	750	700	
M	1998 YURTİSİ	CL	KPSZ	T	1998 A	CL	KPSZ	3 K4	JM		1300	1300	1300	2000	2200	2200	
M	1998 YURTİSİ	CL	KPSZ	T	1998 A	CL	KPSZ	3 K4	ME		2000	2000	2000	2000	2000	2000	
M	1998 İC FİYASA	CL	KPSZ	T	1998 A	CL	KPSZ	4 K3	JM		500	500	500	1750	2250	2250	
M	1998 İC FİYASA	CL	KPSZ	T	1998 A	CL	KPSZ	4 K3	ME					750	1200	1200	
M	1998 İC FİYASA	CL	KPSZ	T	1998 A	CL	KPSZ	4 K4	JM		4000	4000	3000	4100	4950	5000	

Rakı	Kapl.	Kal. Grp	MM	TOPLAM			Oca/98			Şub/98			Mar/98			Nis/98			May/98			TR1
				TR1	TR2	TR3	TR1	TR2	TR3	TR1	TR2	TR3	TR1	TR2	TR3	TR1	TR2	TR3	TR1	TR2	TR3	
	KPSZ			299.8	282.9	369.5	38.9	31.1	27.5	43.3	14.0	82.0	76.8	24.9	77.5	106.8	40.6	100.5	138.0	71.8	123.4	168.0
		İNCE		27.2			1.8									2.9						8.1
		ORTA		235.5	283.0	342.0	14.0	3.1	15.9	9.7	10.9	24.6	16.0	15.8	25.5	27.0	15.7	23.0	20.5	31.0	29.2	19.8
		KALIN		23.0					11.0										10.7		3.8	
		İNCE		0.3			0.3									0.3						2.1
		ORTA		4.9			0.3															
		KALIN		22.7			0.4															
		İNCE		11.1			2.1															
		ORTA		28.0			2.2															
		KALIN		0.6			0.1															
		İNCE		98.4																		
		ORTA		12.6																		
		KALIN		0.6																		
		İNCE		7.6																		
		ORTA		6.7																		
		KALIN		0.0																		
Toplam	Kullanım			364.9	282.9	368.5	21.3	3.1	27.5	38.8	16.9	24.8	27.5	18.8	25.5	138.8	16.7	23.8	24.2	31.8	33.8	158.8
Toplam	Talimat	Kullanım					21.3	3.1	27.5	43.3	14.0	82.0	76.8	24.9	77.5	106.8	40.6	100.5	138.0	71.8	123.4	168.0
Toplam	Kapasite			364.9	365.9	368.0	31.8	31.8	31.8	38.8	28.8	28.8	31.8	31.8	31.8	38.8	28.8	28.8	31.8	31.8	31.8	38.8
Halen	Kapasite			11.8	168.9	4.5	9.7	27.8	3.5	18.8	17.1	3.4	3.5	28.2	6.5	4.8	14.3	7.9	2.3	8.8	5.8	6.8
Yatırım	Kapasite	Kapasite					9.7	27.9	3.5	19.7	45.0	7.0	13.2	65.1	12.5	13.2	79.4	19.5	13.0	78.4	17.8	12.0

#### 4- SONUÇLARIN ANALİZİ

Dengeleme tamamlandıktan sonra üretim, satış, mamul ve yarımamul stok analizleri seçilen fabrika ve ürün özelliklerine göre kolaylıkla yapılabilmekte ve grafik olarak anında görülebilmektedir.

#### 5- "OLURSA NE OLUR" ANALİZİ

Gerek satış gerekse de üretim bilgilerinin kolaylıkla yaratılabilir olması alternatif senaryoların kolaylıkla yapılmasına imkan vermektedir. İstendiği takdirde senaryolar bilgisayarda saklanabilmektedir. Bu durumda üretim ve/veya satış programındaki önemli değişiklikler nedeniyle gölge plan/beklenen gibi çalışmalar kolaylıkla yapılabilmektedir.

#### 6- YILLIK ÜRETİM-SATIŞ-STOK PROGRAMLARININ HAZIRLANMASI

Yıllık programların hazırlanmasında bu güne kadar izlenen yöntem şu şekilde olmuştur :

- 1- Satış bölümleri satış programı bilgilerini bilgisayara girer.
- 2- Camtaş Sipariş Planlama Müdürlüğü bu bilgileri Trakya ve Mersin Fabrikalarına Camnet ile iletir.
- 3- Fabrikalar ayrı ayrı satışa uygun üretim programını oluşturur.
- 4- Kapasitenin yetmediği durumlarda bunu Camtaş Sipariş Planlama Müdürlüğü'ne iletir.



5- Camtaş Sipariş Planlama Müdürlüğü satış servislerinden revizyon ister.

6-Revize satış programları tekrar fabrikalara iletilir ve dengelemeler yeniden yapılır.

7- Fabrikalarda Üretim Planlama servislerince Muhasebeye iletmek üzere tablolar hazırlanır.

8-Bütçe Kontrol servisleri gelen tablolardaki bilgileri kendi bütçe hazırlama sistemine girer.

Bu prosedüre göre çalışmanın tamamlanması 15-20 gün sürebilmektedir.

Mevcut bilgisayar sisteminin kullanılması ile 1999 programlarının oluşturulması şu şekilde yapılacaktır :

1- Satış servisleri TR ve TM satış programlarını bilgisayara girer.

2- Fabrikalar bilgisayara üretim kabiliyeti belirleyen parametre değerlerini "standartlar" olarak girer.

3- Camtaş Sipariş Planlama Müdürü ve Fabrikaların Lojistik Müdürlerinden oluşan ekip Camtaş'ta Float Dengelemesini birlikte yapar.

4- Satış programı revizyonları gününde Camtaş'ta sonuçlandırılır.

5-Dengeleme tamamlanınca fabrikaların bütçeye baz olacak olan tüm iş istasyonları itibariyle üretim, mamul ve yarımamul stokları ve satış bilgileri hazır hale gelmiş olur.

Böylece fabrikalarda ne üretim planlama nede bütçe kontrol servislerinde ilave bir çalışma yapma ihtiyacı kalmamıştır.

Yeni durumda sonuca 2-3 gün içinde ulaşmak mümkün olacaktır. Sarfedilen emek ve zamanın azaltılması yanısıra temel tercihlerin ve revizyonların yapılmasında Camtaş ve Fabrikalar arasında ortak çalışma ortamı yaratılmıştır.

## 7- SONUÇ

Float Kaba Kapasite Planlama projesi kapsamında yapılan incelemeler sonucu piyasada bulunan gerek ERP veya MRP II software paketlerinde yer alan planlama modülleri gereksede sadece planlamaya yönelik paketler ile float için bir çözümün var olmadığı görülmüştür. Bu nedenle kendi şartlarımıza uygun ve bir yılı kapsayan çalışma sonucu bildiriye konu olan sistem geliştirilmiştir.

Kişisel bilgisayarların giderek güçlenmesi, Delphi gibi programlama dillerinin grafik analiz gibi sunduğu ek olanakların artması ile belirli karmaşıklıkta yapıların bilgisayarda modellenmesi hızlı çözümlerin yaratılması mümkün hale gelmiştir. Mevcut uygulamanın sonuçları söz konusu yaklaşımın başka alanlardakullanılabileceği yönündeki arayışlara ışık tutabilecektir.

# TRAKYA CAM'DAN ÜÇ GELİŞTİRME ÇALIŞMASI

## Mehmet Ali Tiryaki

Trakya Cam Sanayii A.Ş. - Trakya Fabrikası

### ÖZET

İşletmelerde mevcudu korumaya yönelik çabalar artık yetersiz kalmaktadır. Kullanılan sistemleri, yöntemleri sorgulayıp geliştirmek mecburiyetini hissetmekteyiz. Maliyetleri düşürmek, iş emniyetini arttırmak ve kaliteyi yükseltmek için fabrikamızda "geliştirme", "alt yapı iyileştirme" ve "tasarruf" çalışmaları başlatılmıştır.

Bildiride geliştirme çalışmalarından üç örnek aktarılmaktadır.

### 1. GİRİŞ

TCS Trakya Fabrikasında son dönemde gerçekleştirdiğimiz çok sayıdaki geliştirme çalışmasından örnek seçilen üçünün ikisinde farklı sistemler birarada değerlendirilerek ciddi tasarruf sağlanmış ve çalışma emniyeti de arttırılmıştır.

Trakyanet (Intranet) uygulamasında ise; yatay ve dikey veri iletişiminin etkin ve hızlı sağlanmasına yönelik önemli adımlar atılmıştır. Belli bir aşaması bitirilen bu çalışma tüm iş süreçlerini kapsayacak şekilde sürdürülecektir.

### 2. TCS - TRAKYA FABRİKASI INTRANET UYGULAMASI (TRAKYANET)

İşletmemizde tüm PC kullanıcılarının birbirleriyle bağlantı kurması, bilgi alış-verişi yapması, bilgilere daha hızlı ulaşabilmesi için Trakyanet kurulmuştur.

Sistematik ve devamlı bir süreç olan Intranet, işletmenin kesintisiz bir şekilde üretimle ilgili istatistiklerini, işletme içi ve dışı ile ilgili belge ve bilgileri sürekli güncelleştirmektedir.

Sistemi gerçekleştirirken;

- Donanım alt yapısı oluşturuldu. (6 Segment).
- PC'ler donanım ve yazılım olarak aynı seviyeye getirildi.
- Kullanıcılara eğitim verildi.
- Dışarıdan müdahalelere karşın güvenlik tedbirleri alındı.

Üretime yönelik bilgi alışverişi için gerçekleştirilen bir Web sayfasını tüm lokal kullanıcılar izleyebilmektedir. Sayfa belli periyotlarda yenilenir ve Intranet ağı içindeki tüm kullanıcılar bunun takibini yapabilir. İşletmemiz Intranetinde (Trakyanet) gün içinde ve önceki günlerin, ayların veya yılların Üretim, Kalite, Eğitim, Personel, Geliştirme Çalışmaları ve Planlı Bakım çalışmaları ile ilgili bilgi ve istatistikler bulunmaktadır.

TCS Web sayfası Ana menüleri aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

#### Kalite menüsünde;

- Kalite Güvence Sistemi Dokümanları,
- Kalite Güvence Sistemi Yürütme Dokümanları,



- Ürün kalitesi izleme dökümanları,
- Kaliteye yönelik referans kaynaklar bulunmaktadır.

#### **Üretim Planlama ve Kontrol menüsünde;**

- Kalınlık programları,
- Fabrika randımanları,
- Bütçe ve fiili ambar girişleri,
- Üretim - satış - stok analizleri bulunmaktadır.

#### **Sıcak Kısım menüsünde;**

- Fırın proses verileri,
- Banyo, soğutma verileri,
- Laboratuvar analizleri,
- Hammadde proses verileri bulunmaktadır.

#### **Geliştirme Çalışmaları menüsünde;**

"Geliştirme", "Alt yapı" ve "Tasarruf" çalışmaları bulunmaktadır.

- Geliştirme
- Alt yapı iyileştirme
- Tasarruf çalışmaları

#### **İyileştirme çalışmaları**

- Elektrik-Elektronik
- Enerji tasarrufu

#### **Aparatlar**

- İnşaat
- Malzeme tasarrufu
- Makina - Tesisat

#### **Planlı Bakım menüsünde;**

Yönetimin ve çalışanların bakım sisteminin performansını izleyebilmesi için oluşturulmuştur. Arızaların yoğunlaştığı ünitelerin tespiti, işçiliğin ve bakım giderlerinin durumunu görmek açısından yararlı olmaktadır.

#### **Diğer Menüler:**

Eğitim, Personel, Muhasebe ve 1997 yılı TCS Web sayfasına yönelik ulaşılması gereken bilgi ve dökümanlar bulunmaktadır.

### **3. BASINÇLI HAVA SİSTEMİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Bu çalışmada; kompresörlerin efektif çalışması, üretim ve kullanım yerlerindeki kaçakların giderilmesi, hatların ve kullanıcı aparatların düzgün bakımı ile basınçlı hava harcamalarında ciddi enerji tasarrufu gerçekleştirmeyi planladık.

Basınçlı hava üzerine iyileştirme çalışmalarına başlamadan evvel azot üretim tesisleri için 9150 Nm<sup>3</sup>/h, fabrika basınçlı hava sistemi için 2900 Nm<sup>3</sup>/h hava tüketilmekte idi.

Kurulan yeni tesislerin hava ihtiyaçları da gözönüne alındığında, basınçlı hava tüketimi 4000 Nm<sup>3</sup>/h'i buluyordu.

Hava ihtiyacını karşılamak için 2 adet turbo ve 2 adette eski tip pistonlu kompresör çalıştırılıyordu. (Turbo kompresör 470 kW - 3300 Nm<sup>3</sup>/h, pistonlu kompresör 400 Kw - 2750 Nm<sup>3</sup>/h).

### Sorunlarımız;

- Havanın düzensiz çekilmesi. Zaman zaman karşılaşılan aşırı çekişler azotun safiyetinin bozulmasına bile neden oluyordu.
- Enstrüman havası kurutucusu kapasitesinin üzerinde çalışmak zorunda kaldığından hava kalitesinde düşüşler oluyordu.
- Ani çekişler hava basıncında düşmelere neden oluyordu.

2 Turbo ve 2 Pistonlu kompresör sürekli çalışıyor ve günde ortalama 39.000 kWh elektrik enerjisi harcanıyordu.

### Yapılan Çalışmalar:

#### ADIM 1: Kompresörlerin çalışma şartlarının iyileştirilmesi :

Bunların sonucunda;

- Kompresörler artık toplam 40 kWh daha az enerji çekmektedir.
- Pistonlu kompresörlerin idamesi güvence altına alınmıştır.
- Düşük kapasitede çalışan kompresörler nominal değerlerine yaklaştırılmıştır.

#### ADIM 2: Basınç kayıplarının azaltılması.

Kompresörler ile azot ve basınçlı hava sistemi arasında kullanılmayan vana, dirsek, boru ve diğer bazı ekipmanlar iptal edilerek basınç kayıpları en aza indirildi. Özellikle ana hava dağıtım sistemi yeniden düzenlendi.

Sonuçta;

- Basınç kayıpları azaltıldı.
- Yeni düzenlemede 8'lik hava kollektöründen bağımsız olarak,
- kompresörlerden birisini çalıştırarak basınçlı hava beslemesinin sürekliliği sağlandı.

#### ADIM 3: Kaçakların giderilmesi.

- Basınçlı hava kullanan departmanlarda yapılan inceleme sonucu hava kaçağı tespit edilen vana, regülatör, filtre, quick kaplin , silindir vb ekipmanlardaki kaçaklar giderildi.
- Temizlik amaçlı kullanılan bransmanların iptal edilmesi için çalışma başlatıldı.
- Gereksiz kullanılan filtre ve regülatörler iptal edildi. Düşük basınç gerektiren kullanım noktaları için, düşük basınçla çalışan kaynaklar oluşturulmasına gayret edildi.

Sonuçta;

- Basınçlı hava kullanımında yaklaşık 500 Nm<sup>3</sup>/h düşüş sağlandı.
- Gereksiz kullanımlar, kaçaklar ve problemler minimize edilmiştir.

#### ADIM 4: Enstrüman havası kurutucusunun çalışma şeklinin değiştirilmesi.

Basınçlı hava kurutucusu "zaman kontrollü" veya "nem tutucunun durumuna göre" iki türlü değişim yapabilmektedir.

Zaman kontrollü çalışan sistem 8 saatte bir değişim yapıyordu. Nem tutucu malzeme (adsorbent) değiştirilerek, 8 saat olan çalışma süresi 14 saate çıkarılmıştır. Süpürme fanının günlük çalışma süresi 18 saatten 10,2 saate inmiştir. Fan günde 7,8 saat az çalışır hale gelmiştir.

Çalışırken 6 kW güç çeken bu fan, dolayısıyla;  
 $7,8 \text{ h} \times 6 \text{ kW} \times 365 \text{ gün} = 17.082 \text{ kWh/yıl}$

Günde 7,5 saat çalışan 22 kW 'lık ısıtıcı çalışma saati 4,25 saate inmiştir. Yani günde 3,25 saat daha az çalışır hale gelmiştir.

$3,25 \text{ h} \times 22 \text{ kW} \times 365 \text{ gün} = 26.097 \text{ kWh/yıl}$

Kurutucu adsorbent yataklarını soğutmak için kullanılan (300 Nm<sup>3</sup>/h) havadan sağlanan tasarruf

günde 6 saat yerine 3,4 saat çalıştığından 2,6 saat olmuştur. (1 Nm<sup>3</sup>/h hava fabrikamızda 0,132 kWh'a malolmaktadır.)

$$2,6 \text{ h} \times 300 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,132 \times 365 = 37.580 \text{ kWh/yıl}$$

Sonuçta;

Havanın şebnemleşme (dewpoint) noktası - 24°C'ın üzerine çıkmadan 80.759 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır.

**ADIM : 5** Hava Kurutucusu Fanının İptali ve Soğutma Havaasının Azot Atık Gazıyla Yapılması:

Azot ünitesinden atılan soğuk ve oksijence zengin gaz karışımı, hava kurutucusu fanı önüne bağlandı. Dolayısıyla 7.5 kW'lık fan devre dışı bırakıldı, soğutma havası komple iptal edildi.

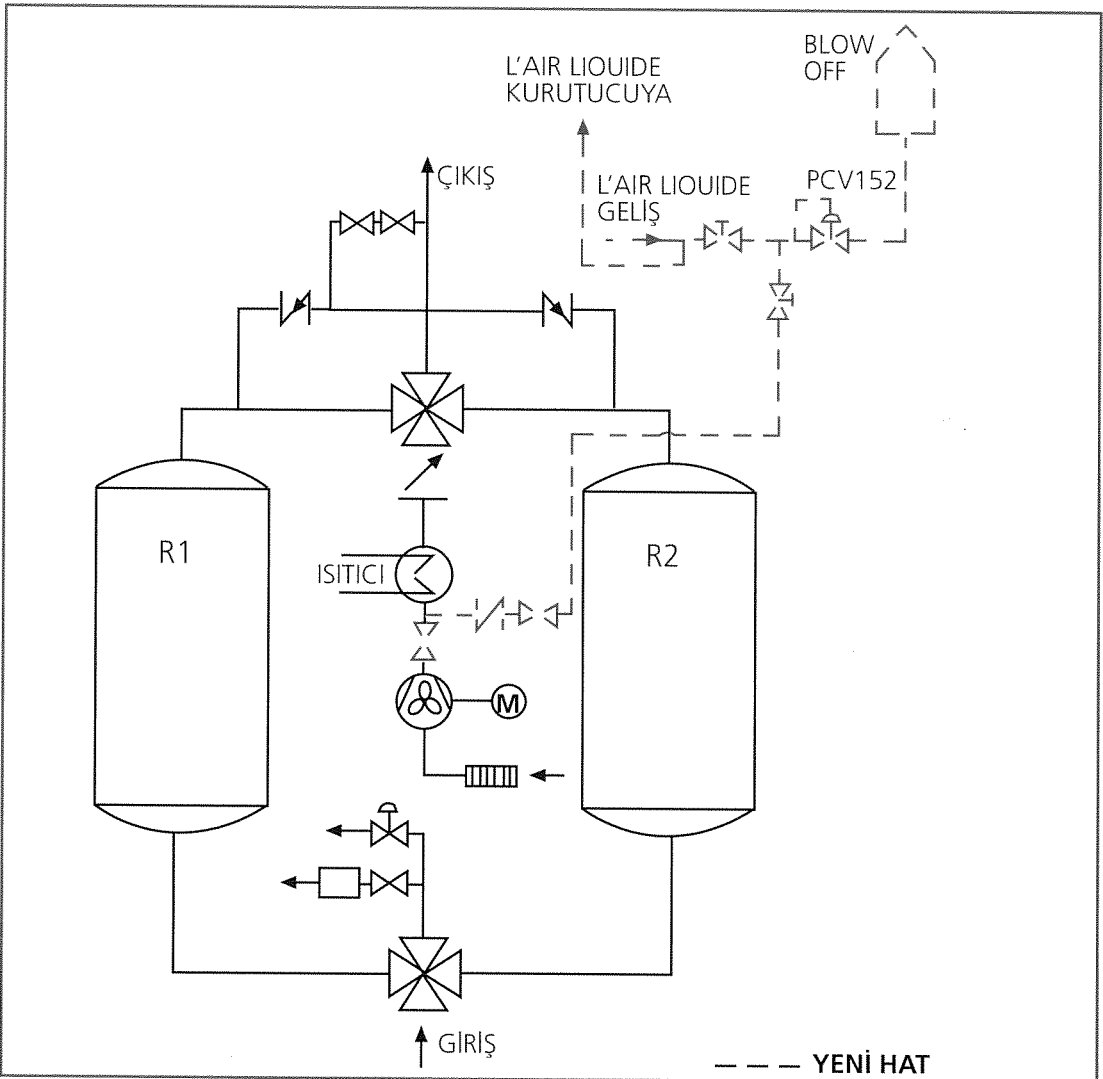
$$6 \text{ kW} \times 10,2 \text{ h} \times 365 \text{ gün} = 22.388 \text{ kWh/yıl}$$

$$300 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,132 \text{ kWh} \times 3,4 \text{ h} \times 365 \text{ gün} = 49.143,6 \text{ kWh/yıl}$$

### SONUÇ

71.531,6 kWh/yıl 'lık ilave enerji tasarrufu sağlandı.

### Enstrüman Havaası Kurutucu Ünitesi



**ADIM 6:** Fırınlar Taban Termokupl deliği soğutma havasının revizyonu :

Fırınlarda taban termokupl deliklerinden ergimiş camın akmasını önlemek için Ø 8mm bakır bo-  
rularla basınçlı hava üflenmekte idi.

Bu hava kaldırılıp yerine blok soğutmadan alınan hava ile soğutma sağlanmıştır. Bu işlem ilave bir  
enerji harcaması gerektirmediği gibi, soğutmanın etkisinde azalma olmamıştır.

Bu şekilde iki fırın için yaklaşık 600 Nm<sup>3</sup>/h hava tasarrufu sağlanmıştır.

Bunun enerji karşılığı;

$$600 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,132 \text{ kWh/Nm}^3 \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ gün} = 693.792 \text{ kWh/Yıl}$$

$$1 \text{ Nm}^3/\text{h} \text{ 6 bar.g hava} = 0,132 \text{ Kwh}$$

**ADIM 7:** Fırınlarda pirometre mercekle soğutmasının havaya çevrilmesi:

TR1 ve TR2 fırınlarında banyolarda olduğu gibi pirometre mercekleri önünde pozitif basınç ve so-  
ğutma azot ile yapılıyordu.

1 m<sup>3</sup> azot için 2,8 m<sup>3</sup> hava gerektiğinden, fırın pirometreleri için azottan vazgeçilip doğrudan ha-  
va kullanılmıştır.

Yaklaşık iki fırın için 360 Nm<sup>3</sup>/h 'lık tasarruf sağlanmıştır. Bu da yılda 416.275 kWh enerji tasarru-  
fı sağlamıştır.

**ADIM 8:** Fırın bekleri soğutma havasının düşük basınçlı kaynaktan sağlanması:

Fırın bekleri uç soğutma havası 6 barg basınçlı havadan basınç düşürüldükten sonra sağlan-  
maktadır. (0.3 barg) Düşük basınçlı kompresörler kullanılarak bu hava karşılanacaktır. Çalışma  
başlatılmıştır.

(1 kWh = 17.000 TL)

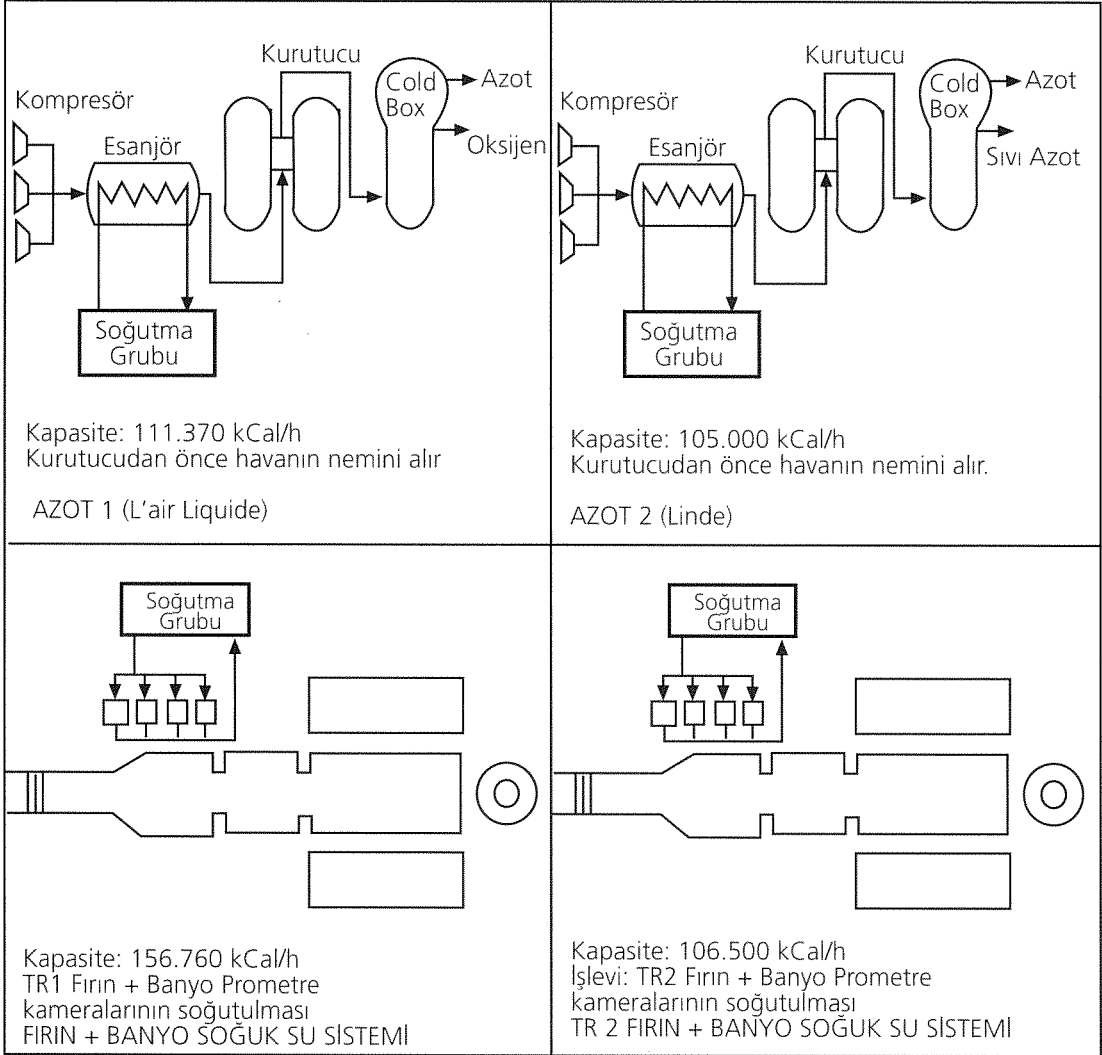
ADIM	YAPILAN İŞ	SONUÇ	
		TASARRUF	İYİLEŞME
Adım 1	Kompresörlerin çalışma şartlarının düzenlenmesi	350.000 kW/yıl	Turbo 1 yağ kaçağı giderildi
Adım 2	Sistem basınç kayıplarının giderilmesi	Tespit edilemedi	Azot tesisleri daha rahat hava alabiliyorlar
Adım 3	Kaçakların giderilmesi	578.160 kW/yıl	Daha güvenilir hava sistemi. Daha kaliteli hava
Adım 4	Enstrüman havası kurutucusunun daha verimli çalışması	80.759 kW/yıl	Belirtilen kalitede sürekli hava beslemesi yapıyor.
Adım 5	Hava kurutucusu fanının iptali	71.531.6 kW/yıl	Genelde -80°C dew point -24'ün altına düşüyor.
Adım 7	Fırın pirometrelerinde azot yerine hava kullanılması.	208.137.6 kW/yıl	Likit tanklarının daha uzun gitmesi sağlandı.
<b>Tasarruf Toplamı</b>		<b>1.982.380,2 kW/yıl = 33.70 Milyar TL.</b>	
Adım 8	Fırın pirometrelerinde azot yerine hava kullanılması.	208.137.6 kW/yıl	Likit tanklarının daha uzun gitmesi sağlandı.

#### 4. SOĞUK SU GRUPLARININ RASYONEL KULLANIMI

Soğuk su grubu; Soğutucu akışkanın sıkıştırılıp, genleştirilmesi ile suyun t kadar soğutulmasını sağlayan ünitelerdir. Trakya Cam'da kullanım yerleri;

1. Azot 1 ve Azot 2 'de (1'er tane) tesis girişinde havanın sıcaklığını düşürerek neminin ayrılmasını sağlar.
2. TR1 ve TR2 'de (1'er tane) banyo pirometre, periskop ve kameraların soğuk su ihtiyacını karşılar.

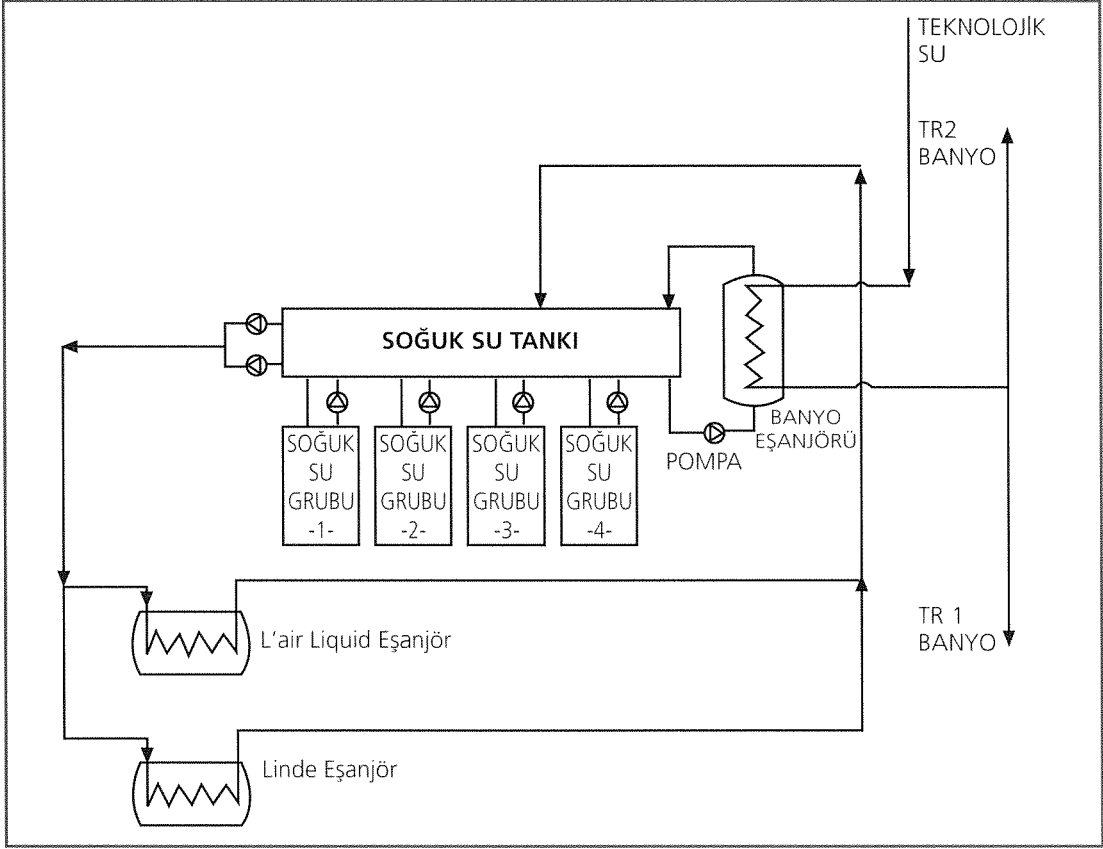
##### Eski Durum



Her soğutucu ünitesi bir tesise akuple olduğu için soğuk su ünitesindeki arıza, bağlı olduğu tesisi etkilemektedir. Örneğin azot tesisindeki soğuk su grubu arızalanınca azot esisi devre dışı kalmakta idi.

**ADIM 1:** Ünitelerin birlikte çalıştırılması:

## Yeni Durum



## 5. YAPILAN İŞLER

- 10 tonluk soğuk su stok tankı paslanmaz çelikten imal ve izole edildi.
- Soğutma grupları teker teker tanka bağlandı.
- Banyolara giden suyun sıcaklığı azot ünitelerinde kullanılan suya göre daha sıcak olduğundan, filtre edilmiş teknolojik su eşanjörden geçirildi. Böylece daha sıcak olan teknolojik su istenilen değerde soğutulup pirometrelere beslenebildi.

Sonuçta,

- Enerji tasarrufu bakımından;

Sistem devreye alındıktan sonra hava sıcaklığına ve ihtiyaca bağlı olarak bir veya iki ünitenin yeterli olduğu görüldü. Pratikte çalışan iki ünitedeki güçlerin toplamı yaz aylarında 96 kW, kış aylarında 65 kW 'dır.

Bu durum değişiklik öncesi 137 kW olduğundan yaz aylarında 41 kW, diğer zamanlarda 72 kW güç azalması söz konusudur.

Bu durumu 6 aylık iki dönem (yaz ve kış) olarak düşünürsek:

$$41 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ gün} \times 6 = 177120 \text{ kWh/6ay}$$

$$72 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ gün} \times 6 = 311040 \text{ kWh/6ay}$$

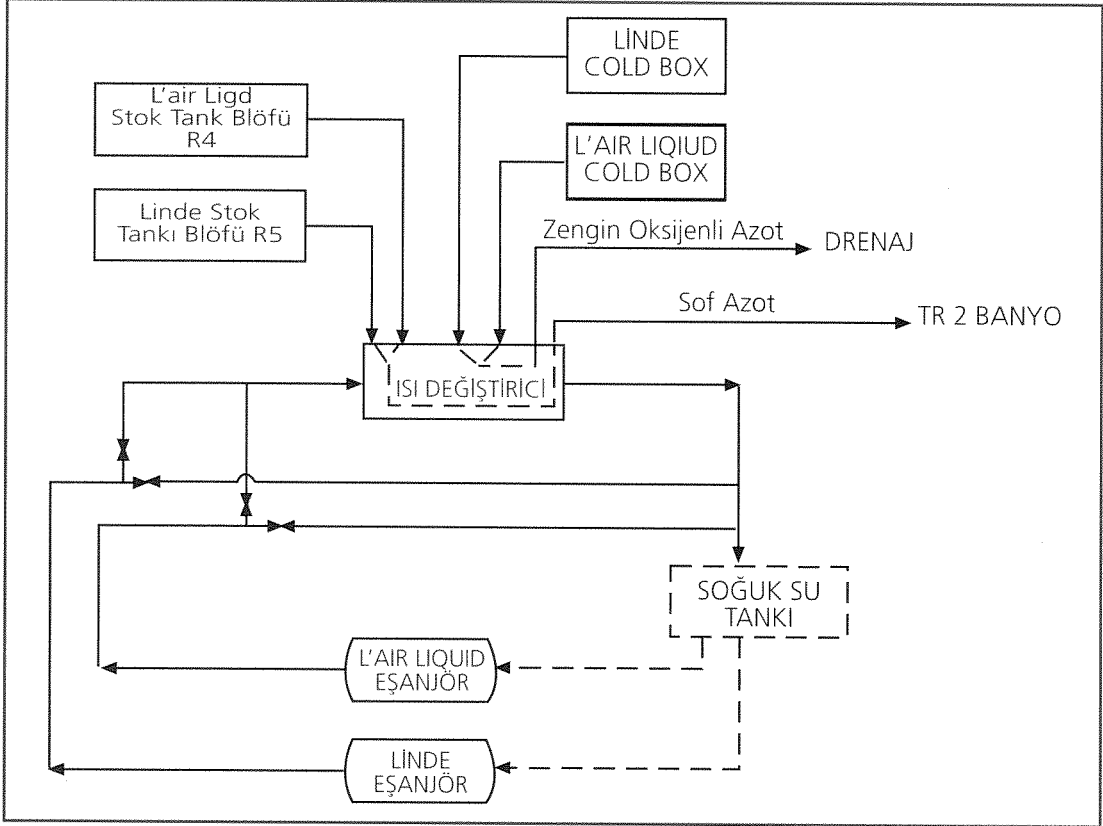
Toplam 488160 kW/yıl tasarruf sağlanmıştır.

### Emniyet:

Önceki durumda görüldüğü gibi soğuk su grupları birer ünitenin parçası durumundaydı. Soğuk su grupları tank üzerinden çalıştırılınca bu durum ortadan kaldırıldı. Böylelikle herhangi bir grubun arızalanması ünitelerde sorun yaratmamaktadır. Kaldı ki, soğuk su gruplarının tamamının devre dışı kalmasında bile tanktaki soğuk su 2-3 saat ünitelerin çalışmasına olanak vermektedir.

### ADIM 2: Azotun soğutma etkisinden yararlanma:

2 adet likit azot stok tankından basınç ayarlaması için atılan azot ve sistemden zaman zaman atılan zengin likit oksijenin soğukluğundan eşanjör yardımıyla yararlanılmıştır.



### Bu işlem sonucunda ;

- Banyolara verilen 100 Nm<sup>3</sup>/h azot , normal ünitelerden verilmediğinden 336.033 kW/yıl tasarruf sağlanmıştır.
- Azot-1 ve Azot-2 'den dönen soğutma suyu eşanjörden geçer ve soğuyarak soğuk su tankına geri döner. Azot tesisinden dönen soğuk suyun eşanjöre giriş sıcaklığı 13 °C, çıkışı 10 °C ve debisi saatte 30 ton olduğuna göre, suyun azot ile soğutulmasından yılda;

1 kW=1800 kCal. (Soğuk su grupları çalışmasından çıkan değer)

$$Q = M \times C_p \times \Delta t$$

$$Q = 30.000 \text{ kg/h} \times 1 \text{ kCal/kg } ^\circ\text{C} \times 3 ^\circ\text{C}$$

$$Q = 90.000 \text{ kCal}$$

$$Q = 50 \text{ kWh}$$

$$50 \text{ kWh} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ gün} = 438.000 \text{ kWh/yıl}$$

tasarruf sağlanmaktadır.

**ADIM 3:** Fazla kapasiteden yararlanma (Fan Coil uygulamaları):

Yapılan iyileştirmeler sonucunda atıl kalan 3 adet soğutma ünitesinden, fabrika kontrol odalarının soğutulması düşünüldü.

Bu uygulamaya geçmek istememizin nedeni 1 ve 2 'den dolayı elimizde kalan atıl kapasiteyi değerlendirmek ve aşağıdaki klima sorunlarından kurtulmaktır.

- Yüksek bakım giderleri
- Yüksek enerji giderleri
- Klima kaynaklı gürültü
- Arızalardan kaynaklanan duruşların kötü etkisi

**Beklenen avantajlar;**

TR1 Sıcak cam, TR2 Sıcak cam ve Harman dairesinde uygulamaya karar verdiğimiz bu sistemle beklenen avantajlar;

- Enerji tasarrufu
- Bakım giderlerinin sıfırlanması 10.000 USD/Yıl
- Gürültünün yok edilmesi.

Sonuçta;

Soğuk su gruplarının dikkatle elden geçirilmesi sonucunda elde ettiğimiz fayda aşağıdaki tabloda özetlenmektedir. Buradanda görüldüğü gibi yılda yaklaşık 21 Milyar TL. 'den fazla tasarruf olanağı sağlanmıştır.

(1 kWh = 17.000 TL)

ADIM	YAPILAN İŞ	SONUÇ	
		TASARRUF	İYİLEŞME
<b>Başlangıç</b>	4 ayrı soğutma grubu	-	Sistemler yedeksiz çalışıyor.
<b>Adım 1</b>	Ortak çalışma	488.160 kWh/yıl	2-3 Ünite yedek kalıyor
<b>Adım 2</b>	Azotun soğutma etkisinin ilavesi	336.033+448.000 =774.033q kWh/yıl	2-3 ünite yedek kalıyor
<b>Tasarruf Toplamı</b>		<b>1.262.193 kW/yıl = 21.45 Milyar TL.Yıl</b>	
<b>Adım 3</b>	Fan Coil uygulaması	Enerji tasarrufu ve bakım masraflarının azaltılması	

**6. SONUÇ**

Trakyanet uygulaması işletmemizde benimsenerek kullanımı yaygınlaşmaktadır. Manuel yapılan girişler için yakın zamanda veri tabanları kullanılacaktır.

Diğer iki çalışmada ise tatminkar sonuçlar alınmıştır.

Basınçlı havada önceden çalışan bir büyük kompresör nadiren çalışmaktadır. (400 kW) 4000 Nm<sup>3</sup>/h olması gereken basınçlı hava harcaması 2400 Nm<sup>3</sup>/h 'te tutulmuştur.

Soğuk su grubu yüzünden herhangi bir duruş olmadığı gibi yaratılan atıl kapasiteden yararlanmaya başlanılmıştır.



# CAM ELYAFI ÜRÜN GELİŞTİRME EVRELERİ

## Aref Javaherian - Sevinç Erdoğan

Cam Elyaf Sanayii A.Ş.

### ÖZET

1995 yılında ŞİŞECAM bünyesinde gerçekleştirilen reorganizasyon ile Cam Elyaf Sanayii A.Ş.'de kurulan Geliştirme Müdürlüğünde geliştirme faaliyetleri ayrı disiplinlerden oluşturulan proje ekip çalışması felsefesine dayalı olarak sürdürülmektedir.

Ürün geliştirme çalışmaları gereksinimin belirlenmesi ve çalışma planına alınmasından itibaren ürün tasarımının yapılması, hedef spesifikasyonlara uygun deneme ürünün gerçekleştirilmesi ve müşteri prosesinde olumlu görüşün alınması ile sonuçlandırılmaktadır.

### GİRİŞ

Cam Elyaf Sanayii A.Ş.'de ürüne yönelik geliştirme faaliyetleri,

- Alternatif pazar arayışı
- Müşteri gereksinimleri
- Maliyet düşürme
- Alternatif altyapımcı temini

nedenleri ile başlatılmaktadır. Bu faaliyetler

- Yeni ürün geliştirme
- Mevcut ürünlerde modifikasyon
- Yeni/Muadil hammadde kullanımı

kapsamında yürütülmektedir. Çalışmalar, geliştirme uzmanlarının yanısıra konularına bağlı olarak Fabrika Müdürlüğü, Pazarlama ve Satış Müdürlüğü çalışanlarının da katılımı ile ekip çalışması şeklinde sürdürülmektedir.

Ürün geliştirme faaliyetleri, konularına bağlı olarak proses geliştirme çalışmalarını da içerebilmektedir.

### ÜRÜN FAALİYETLERİNİN PLANLANMASI

Ürün geliştirme faaliyetlerine neden olan gereksinimler

- Müşteri görüşmeleri
- Pazar araştırmaları
- Rakip firma ürünlerinin incelenmesi
- Maliyet analizleri

ile belirlenmektedir.

Ürün cinslerine göre belirlenen gereksinimler Geliştirme Müdürlüğü, Pazarlama ve Satış Müdürlüğü ve Fabrika Müdürlüğü katılımıyla Genel Müdür başkanlığında oluşturulan Geliştirme Kurulunda değerlendirilerek Yıllık Geliştirme Planı oluşturulmaktadır. Grup başkanı onayı ile yürürlüğe

alınan Yıllık Geliştirme Planı çerçevesinde ve ayrıca gelişen güncel ihtiyaçlar gözönünde bulundularak yapılacak çalışmalar 3 Aylık Geliştirme Planları ile belirlenmektedir.

## PROJE EKİPLERİNİN OLUŞTURULMASI

Cam Elyaf Sanayii A.Ş.'de geliştirme faaliyetleri, disiplinler arası ekip çalışması kapsamında

- Proje
- Çalışma
- İnceleme

olmak üzere 3 ayrı yöntemle sürdürülebilmektedir.

**Proje:** Proje çalışmasında; faaliyet, prosedürel sürece izin vermektedir. Proje konusunun belirlenmesini takiben Geliştirme Müdürü tarafından Proje Ekip Lideri tayin edilmekte ve PEL ekibini oluşturmaktadır. Ekip tarafından oluşturulan proje bütçesi, termin süresi ve proje planları PEL tarafından Geliştirme Müdürü'nün onayına sunulmakta ve onay takiben çalışmalar başlatılmaktadır.

**Çalışma:** Faaliyete ilişkin sürenin kısa veya terminin kısıtlı olduğu hallerde, faaliyet "çalışma" şeklinde sürdürülmektedir. "Çalışma" yöntemi kullanılarak sürdürülen faaliyetlerde onay öncesi hazırlık işlemlerinin minimum süreyi kapsaması hedeflenmiştir.

**İnceleme:** Faaliyetin muhtelif aşamalarında ortaya çıkan sonuçların yeni aşamalara veri teşkil etmediği durumlarda; faaliyet, "İnceleme" yöntemi ile sürdürülmektedir.

## PROJE ÇALIŞMALARI

### A. Tasarım Öncesi Çalışmalar

Bir ürün geliştirme projesinde,

- Rakip firma ürünlerine ilişkin konumlandırma
- Patent ve literatür araştırması
- Danışmanlarla görüşmeler
- Hammaddeler üreticileri ile temaslar

yapılarak tasarım öncesi çalışmalar başlatılmaktadır.

Rakip firma ürünlerinin mevcut ürünlerimizle kıyaslamalı olarak kalite özellikleri belirlenmekte ve son ürün performanslarını belirlemek amacıyla ürün cinslerine göre,

- Ekstruder ve enjeksiyon
- Spray-up makinası
- SMC makinası ve sıcak kalıplama presi
- El yatırmasına yönelik olarak muhtelif kalıplar

kullanılarak kompozitleri hazırlanmaktadır. Oluşturulan kompozitlerde performansların belirlenebilmesi için;

- Universal Test Cihazı ile eğilme ve çekme dayanımları , modülleri
- Darbe Dayanım Cihazı ile darbe dayanımı
- Heat Distortion Temperature cihazı ile ısı altında eğilme dayanımı

değerleri saptanmaktadır.



Yukarıda belirtilen çalışmalar sonucunda, müşteri beklentileri, rakip firma ürün özellikleri, bu ürünlerin "bağlayıcı" larının analizi ile elde edilen bulgular ve son ürün performansları gözönünde bulundurularak geliştirilecek ürünün hedef özellikleri ve bu özellikleri gerçekleştirebilmek üzere gerekli hammaddeler belirlenmektedir. Söz konusu hammaddeler ürünün nihai performansını belirleyen ve elyaf üzerine bir film tabakası şeklinde uygulanan "bağlayıcı"yı oluştururlar ve genellikle organik kimyasal maddelerdir. Bağlayıcı hammaddeleri fonksiyonlarına bağlı olarak film former, lubricant, coupling agent ve antistatik olarak sınıflandırılırlar.

Denemeye alınacak hammaddelerin teminlerini takiben Hammadde Kalite Kontrol ve Geliştirme Laboratuvarlarında fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmekte ve Fourier Transformer Infrared Spektrometre (FT-IR)'da yapısal incelemeleri yapılmaktadır. Ayrıca, hammaddelerin üretim prosesindeki davranış özelliklerini belirlemek ve ürünün nihai performansına etkilerini incelemek üzere,

- Contact Angle,
- Minimum Film Formation Temperature,
- Laser Particle Size Analyzer

test ekipmanlarından yararlanılmaktadır.

## B. Tasarım

Ürün tasarımına ilişkin verilerin tamamlanmasını takiben,

- Demet üzerine tatbik edilecek bağlayıcı formülasyonları,
- Ürünü teşkil edecek yarı ürünün (demetin) özellikleri (tex, split tex ve elyaf çapı),
- Deney üretim sırasında uygulanabilecek farklı proses koşulları

tasarımlanarak üretim prosesinde deneme üretimleri gerçekleştirilmektedir.

Deney ürünler, ürün cinslerinin gerektirdiği kalite testlerinden geçirilmekte ve yukarıda belirtilen ekipmanlarla son ürüne dönüştürülerek Geliştirme Laboratuvarında performans ölçümleri yapılmaktadır. Ayrıca partner müşteri ilişkisi kurularak deney ürünler müşteri prosesinde denemekte ve alınan veriler doğrultusunda yeni tasarımlara gidilmektedir.

Deney ürün özellikleri ve son ürün performansı uygun bulunan deney ürün , tekrarlanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla üretim ölçekli olarak yeniden üretilmekte ve özellikleri incelenmektedir.

## DENEY ÜRÜNÜN STANDART ÜRÜNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Üretim ölçekli deney ürün sonuçlarının uygunluğunun belirlenmesini takiben "Geliştirme Kurulu" kararı ile deney ürün müşteriye gönderilmektedir. Müşteri prosesinde yapılan deneme üretimleri proje ekip üyelerinden de katılım sağlanarak gerçekleştirilmekte ve deneme sırasında proses koşulları ile deney ürünün prostesteki davranışı gözlemlenmektedir. Deneme üretimi sonucunda karşılaşılabilecek olumsuzluk halinde, bu olumsuzluğun giderilebilmesi için yeni tasarımlarla deney ürünün modifikasyonu gerçekleştirilmektedir. Müşteriden olumlu görüş alınması halinde ürünün,

- Bağlayıcı formülasyonu, hazırlama yöntemi ve özellikleri,
- Bağlayıcı hammaddelerinin spesifikasyonları,
- Uygulanan farklı proses koşulları,
- Ürün ve yarı ürün spesifikasyonları

Geliştirme Müdürlüğü tarafından yayınlanarak deney ürün standart ürün kapsamına alınmaktadır.

## SONUÇ:

Cam Elyaf San. A.Ş.de yürütölen geliştime çalışmaları sırasında şirket bünyesinde yer alan kaynakların yanısıra,

- Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü ile
- Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü bünyelerinde yer alan Cam Araştırma Merkezi, ve
- Diğer kuruluşların

olanaklarından da yararlanılmaktadır.

1997 yılı ve 1998 -1.yarı yılında yukarıda evreleri açıklanan ürün geliştime yöntemleri kullanılarak,

- 5 yeni ürün,
- 3 modifiye ürün,
- 6 yeni / muadil hammadde kullanımı

gerçekleştirilmiştir.

## SEMPOZYUMA KATILANLAR LİSTESİNDE KULLANILAN KISALTMALAR

AC	ANADOLU CAM SANAYİİ A.Ş.
AP	CAM AMBALAJ PAZ A.Ş.
CA-GBY	CAM AMBALAJ GELİŞTİRME BAŞKAN YARDIMCILIĞI
CA-İFK	CAM AMBALAJ İNSAN VE FINANS KAYNAKLARI BAŞKAN YRD.
CE	CAM ELYAF SANAYİİ A.Ş.
CEE	CAM EV EŞYASI GRUBU
CEE-GBY	CAM EV EŞYASI GRUBU GELİŞTİRME BAŞKAN YARDIMCILIĞI
CY	ÇAYIROVA CAM SAN.A.Ş.
DC	DENİZLİ CAM SANAYİİ A.Ş.
DG	DÜZCAM GRUBU
DG-ÜBY	DÜZCAM GRUBU ÜRETİM BAŞKAN YARDIMCILIĞI
KC	KIRKLARELİ CAM SANAYİİ A.Ş.
KG	KİMYASALLAR GRUBU BAŞKANLIĞI
KG-ÜBY	KİMYASALLAR GRUBU ÜRETİM BAŞKAN YARDIMCILIĞI
KG-GBY	KİMYASALLAR GRUBU GELİŞTİRME BAŞKAN YARDIMCILIĞI
KM	KIRKLARELİ CAM SANAYİİ A.Ş.-MERSİN FAB.
KR	SODA SANAYİİ A.Ş.- KROMSAN FAB.
MD	CAMIŞ MADENCİLİK A.Ş.
SC	T.ŞİŞE VE CAM FAB.A.Ş.
SC-ADH	ANALİTİK DESTEK HİZMETLERİ MÜDÜRLÜĞÜ
SC-ARM	ARAŞTIRMA VE MÜHENDİSLİK MÜDÜRLÜĞÜ
SC-İGM	İŞ GELİŞTİRME MÜDÜRLÜĞÜ
SC-PRJ	PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ
TK	TOPKAPI ŞİŞE SANAYİİ A.Ş.
TM	TRAKYA CAM SANAYİİ A.Ş.-MERSİN FAB.
TO	TRAKYA CAM SANAYİİ A.Ş.-OTOCAM FAB.
TR	TRAKYA CAM SANAYİİ A.Ş.
TY	TOPKAPI ŞİŞE SAN. A.Ş.-ÇAYIROVA FAB.

# SEMPOZYUMA KATILANLARIN LİSTESİ

(30 Eylül 1998 tarihine kadar tarafımıza yapılan bildirimler itibariyle soyadına göre sıralanmıştır)

## -A-

Acar, Ercan (TR)  
Ak, Bülent (CY)  
Akarsu, Hüseyin (MD)  
Akçakaya, Reha (SC-IGM)  
Akın, Fahir (SC-ARM)  
Akın, Selçuk (PB)  
Akıncı, Ahmet N. (CE)  
Akıncı, Dr. Hilmi (PM)  
Akkaya, Serap (SC-ADH)  
Akman, Tuncer (CY)  
Akmaz, Fehiman (SC-ARM)  
Akmoran, N. Esra (SC-ARM)  
Aksan, Nurfer (KG-IGM)  
Akşahin, Yalçın (DC)  
Akşanlı, Selahattin (AC)  
Akşit, Ayşe (SC-ADH)  
Aktürk, Çetin (CT)  
Akyürek, Yücel (CT)  
Akyüz, Can (CY)  
Akyüz, Işıl Demircan (CY)  
Albayrak, Gülçin (SC-ARM)  
Algün, Figen (CT)  
Alimoğlu, Zeki (PB)  
Altınay, Oktay (PK)  
Altunbaşak, Ahmet (DC)  
Apaydın, Zeynel (CA-GBY)  
Arıburnu, Dadal (SC-ARM)  
Arıkan, Murat (PB)  
Arman, Bülent (SC-ADH)  
Arzan, Neşet (CE)  
Asilkazancı, Şevket (TR)  
Aydın, Dr. Eşref (SC-ADH)  
Aydın, Haluk (CY)  
Aydın, Yaşar (PB)  
Aygen, İlker (PB)  
Azeri, Gülsüm (CEE)

## -B-

Bahar, Eylem (PK)  
Bardakçioğlu, Taner (KR)  
Barhana, Selçuk (MD)  
Başakar, Abdülkadir (SC-ARM)  
Başaran, Ercan (TK)  
Baştürk, Yalçın (TR)  
Batur, Sevil (CY)  
Bayhan, Nilgün (CE)  
Bayram, Jülide (SC-ARM)  
Bellici, Sumru (CA-GBY)  
Beyler, Hikmet (CY)  
Bilgin, Z. Abidin (AC)  
Bilsen, Engin (PB)  
Bolcan, Dilek (SC-ADH)  
Boyacıoğlu, Ömer (TO)  
Bozkurt, Dr. Rüştü (SC)  
Bozkurt, Suat (AC)  
Börekcı, Banu (CA-IFK)

Bucak, Ali (SC-ARM)  
Budak, Demet (CT)  
Budak, Zeki (TM)  
Büyükkapu, Semih (TK)

## -C,Ç-

Can, Alper (TM)  
Cansever, Ahmet (CT)  
Cebeci, Cüneyt (TK)  
Cebecioğlu, Ergül (PB)  
Ceylan, İsmail (KG-ÜBY)  
Çabuk, Cengiz (AC)  
Çağlayan, Adnan (SC)  
Çamlıgüney, Hikmet (CT)  
Çataloğlu, İlkay (CT)  
Çebi, Ercan (TM)  
Çelik, Çelebi (MD)  
Çıtmacı, Ümit (PB)  
Çobanlı, Melih (CY)  
Çoğal, Uğur (KC)  
Çopuroğlu, Banu (SC-ARM)  
Çorumluoğlu, Orhan (SC-ADH)

## -D-

Damar, Gürtan (AC)  
Davutoğlu, Bilal (TK)  
Demir, Güvenç (TR)  
Demir, Hüseyin (TR)  
Demircan, Bayram (CE)  
Demirkıran, Selçuk (TM)  
Demirkoç, Gürol (PB)  
Demirli, Şükran (SC-ADH)  
Demiryont, Dr. Hülya (SC)  
Didin, Atilla (KG-ÜBY)  
Doğanlarlı, Suat (KC)  
Doygun, Fazıl (AC)

## -E-

Eğri, Çetin (TY)  
Ekici, Haşim (CT)  
Ekmen, Selim (CT)  
Elibol, Mustafa (PB)  
Eltutar, Zeynep (SC-ARM)  
Emecan, Can (TK)  
Emin, Mehmet M. (CE)  
Erdağ, Erhan (KC)  
Erdal, Tarık (KG-GBY)  
Erdeğirmenci, Kayhan (CA-GBY)  
Erdem, Ceyda (CT)  
Erdem, O. Haluk (PB)  
Erdemli, Seba (CE)  
Erdenir, Can (CEE-GBY)  
Erdoğan, Sevinç (CE)  
Erduran, Hüseyin (PB)  
Eren, Ahmet (KC)  
Eren, Bülent (CE)  
Erentürk, Alpaslan (SC-ADH)



## ŞİŞECAM

Erentürk, Aylin (CA-GBY)  
Erginay, M. Cihat (CY)  
Ergönül, Atilla (PB)  
Ergün, Erol (DG-ÜBY)  
Erikçi, Özgür (TK)  
Erinç, Nedim (SC-PRJ)  
Erkal, Cahit (TY)  
Erkan, Serdar (AC)  
Erken, M.Şevket (CE)  
Erki, Murat (CA-GBY)  
Erkin, Asuman (TK)  
Eroğlu, Ramazan (TR)  
Ersoy, Ayşe (SC-ARM)  
Ersoy, Ertuğrul (CT)  
Ertürk, Eyüp (KG-GBY)  
Evrentok, Oral (TY)

### -G-

Gökben, Suha (TK)  
Gökmenoğlu, Selçuk (PK)  
Gökoğlu, Belgin (CA-GBY)  
Göksulu, Nihal (PB)  
Göktañ, Kaya (PB)  
Görkey, Mehmet Sabri (CT)  
Gözüm, Güner (CA-GBY)  
Güldal, Ünay (KG-GBY)  
Gülseven, Sinan (TO)  
Güñal, Emre (CA-GBY)  
Günay, Dr. Volkan (SC-ARM)  
Günertürkün, Esat (SC-ADH)  
Güney, Yalçın (KC)  
Güreren, Haluk (CT)  
Güven, M.Tolga (CY)  
Güvenç, İzzettin (TK)

### -H-

Hacıoğlu, İsmail Hakkı (CE)  
Hadımlı, Hüseyin (DC)  
Haksal, Asuman (KG-GBY)  
Haldenbilen, Tamer (DC)  
Haybat, Hale (CE)  
Hekimoğlu, Mehmet Bülent (TY)  
Hepşen, F.Erkan (TR)  
Hosan, Mehmet (KG-ÜBY)  
Hürpek, Yasemin (KC)

### -I-

İlgin, Ertan (CY)  
İlgin, Melike (CE)  
İrmak, Kaan (CA-GBY)  
İşıkser, Şenol (TK)

### -İ-

İçli, Hakan (TR)  
İçli, M. Atilla (CA-GBY)  
İlhan, İlker (AC)  
İlter, Erhan (CEE)  
İşevi, A.Semih (SC-ADH)  
İyiel, Arca (SC-ARM)  
İyigün, Ulukan (TM)

### -J-

Javaherian, Aref (CE)

### -K-

Kanlı, Serdar (CA-GBY)  
Kaplan, Orhan (PB)  
Kaplan, R. Can (SC-ARM)  
Karabiyik, Celil (CT)  
Karakoç, Ayşe (KC)  
Kartepe, Oğuz (PB)  
Kavraz, Gönül (SC-ADH)  
Kaya, Deniz (TO)  
Kaya, Levent (SC-ARM)  
Kayakol, Dr. Nuray (SC-ARM)  
Keke, Lütfü (TK)  
Kemahlı, Hikmet (CY)  
Kerestecioğlu, Ayşe (SC-ADH)  
Keskin, Uğur (TK)  
Kılavuz, Osman (MD)  
Kılıçalp, Nurettin (SC-ADH)  
Kılınc, Abdullah (AC)  
Kınayyigit, Fersen (CE)  
Kızılkaya, Mehmet Emin (TR)  
Koç, Adnan (KC)  
Koç, Süleyman (KC)  
Koçak, Hakan (PB)  
Koçer, Hakan Ali (TK)  
Köse, Necmi (AC)  
Kösekul, Neşe (CE)  
Köşdere, Zeki (TR)  
Kuban, Dr. Baha (SC-İGM)  
Kuca, Bülent (PB)  
Kumru, Cüneyt (TK)  
Kuntay, Cankaya (SC)  
Kurcan, Rezzan (KG-GBY)  
Kurtuluş, Şule (AC)  
Kut, Dr.Ateş (KG)  
Kutay, Coşkun (CE)  
Küpelı, Mahir (AC)  
Kürkçüoğlu, Figen (PB)

### -L-

Lale, Özgür (TM)

### -M-

Mahmutluoğlu, Muhteşem (KC)  
Mehter, Bedri (TK)  
Meniz, Tansu (CT)  
Mercan, Yılmaz (DC)  
Miroğlu, Muhsin (CY)  
Misoğlu, Tuğrul (CEE-GBY)  
Mutlu, Fatih (TO)

### -N-

Nas, Yavuzhan (TO)



## ŞİŞECAM

### -O-

Oğuz, Adil (DC)  
Oğuz, Metin (SC-ARM)  
Oğuz, Serap (CA-GBY)  
Okan, Ahmet (PB)  
Oktekin, Refika (SC-ADH)  
Olgun, Aliş (CY)  
Oran, Dr. Mustafa (SC-ARM)  
Orhon, Melek (SC-ARM)

### -Ö-

Önder, Ruhsar (KC)  
Öndeş, Ali (TK)  
Önen, Mehmet (KC)  
Öner, Ahmet Turan (CY)  
Önsel, Lale (SC-ARM)  
Örs, Ateşhan (TK)  
Ötken, Ali (SC-ARM)  
Öz, Ogün (DC)  
Özabacı, Ali (PB)  
Özaydın, Murat (PB7)  
Özcan, Akif (SC-ADH)  
Özcan, Süreyya (TK)  
Özden, Sönmez (PB)  
Özdurmuş, Semih (TR)  
Özen, İlker (SC-ARM)  
Özer, Serdar (AP)  
Özer, Ümit (CY)  
Özgün, Ahmet (CE)  
Özkan, Arzu (PB)  
Özkan, Hülya (KG-GBY)  
Özkan, Kemal (AC)  
Özmerdiven, Ümit (TR)  
Öztürk, Nurettin (MD)  
Öztürk, Tamer (CA-GBY)

### -P-

Parlar, Hüseyin (SC-ARM)  
Peker, İlhan (TR)  
Pulurluoğlu, Soner (PB)  
Rabuş, Mehmet (DC)  
Sağlam, Zafer (CY)  
Sander, Faruk (SC-ARM)  
Saraç, Dr. Yusuf (SC-ARM)  
Sarı, Osman (AC)  
Sarpege, Fedai (CE)  
Savaş, Halide (TR)  
Say, Sami (TK)  
Sayın, Fatih (SC-ARM)  
Sengel, Hande (SC-ARM)  
Seyhan, Erdal (AP)  
Seyhan, Ziya (DC)  
Sezer, Hayrettin (KC)  
Solmaz, Gökhan (PB)  
Soykut, Yüksel (CEE)  
Süvarierol, Esat (CT)

### -Ş-

Şahin, Hasan (SC-ARM)  
Şahin, Serkan (TM)  
Şardağ, Haluk (CA-GBY)  
Şekerli, Ali (TO)

### -T-

Tan, Ufuk (CE)  
Tanyeli, Ertan (TM)  
Taşköy, Baha (PB)  
Teoman, Dr. Yıldırım (CA-GBY)  
Tezcan, Osman (PB)  
Tiftikçi, Ebru (CA-GBY)  
Tiryaki, Mehmet Ali (TR)  
Tokat, Mustafa (TK)  
Topçuoğlu, Ferhan (SC-ADH)  
Tuğrul, Haluk (PB)  
Tunalı, İlhan (CEE)  
Tuncay, Tunç (PB)  
Tuştas, İlker (TM)  
Tuzcu, Hadi (CY)  
Tümerkan, Işıl (SC-ARM)  
Türkay, Murat (KC)

### -U-

Uçaroğlu, Akif (CA-GBY)  
Uğurlu, Günay (CT)  
Uluçay, Gülay (SC-PRJ)  
Ulutaş, Ferda (SC-ARM)  
Uslan, Mehmet (CT)  
Uzan, Berrin (CT)  
Uzun, Hüseyin (SC-ARM)

### -Ü-

Ünalı, Murat (TK)  
Ünsal, Atilla (SC-ARM)  
Üstün, Mehmet (KC)

### -V-

Vatansever, İskender (CT)

### -Y-

Yalçındağ, Halit (PB)  
Yalçinkaya, Muhammed (PB)  
Yaraman, Alev (DG)  
Yavaşlar, Hakan (PB)  
Yay, Ertuğrul (SC-ARM)  
Yazıcıoğlu, Tuğrul (KG-GBY)  
Yeroğlu, Celalettin (TO)  
Yiğit, Murat (KC)  
Yiğitler, Kayhan (CA-GBY)  
Yıldırım, Habib (TM)  
Yıldız, Halime (DC)  
Yılmaz, Ayhan (KG-GBY)  
Yılmaz, Serpil G. (SC-ADH)  
Yücel, Sinan (MD)



# SEMPOZYUM PROGRAMI

## MARMARA SALONU

- 8:30-9:30 Kayıt ve Kahve
- 9:30-9:40 AÇILIŞ
- 9:40-9:50 Genel Müdür Sn. Adnan Çağlayan'ın **Açış Konuşması**
- 9:50-10:20 **"Dünya Ekonomisindeki Gelişmeler ve Türkiye"**  
Davetli Konuşmacı Prof. Dr. Gülten Kazgan
- 10:20-10:40 **Cam Sanayini Etkileyen Sosyal, Ekonomik ve Teknolojik Gelişmeler"**  
Dr. Baha Kuban / Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı  
İş Geliştirme Müdürlüğü

## **CAM ERGİTME OTURUMU**

Oturum Başkanı: A. Taner Uz

- 10:50-11:50 **Şişecam'da Elektrik Takviye Uygulamaları**  
Atilla Ünsal - Zeynep Eltutar / Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)
- 10:20-10:40 **Anadolu Cam 10 No'lu Fırında Elektrik Takviye Uygulaması**  
Suat Bozkurt - Cengiz Çabuk / Anadolu Cam San. A.Ş.
- 10:20-10:40 ÇAY ARASI ve SERGİ
- 10:20-10:40 **Bal Renkli Camda Kimyasal Dayanaklılığın Geliştirilmesine Yönelik Yapılan Çalışmalar**  
Cüneyt Kumru / Hülya Çıray / Topkapı Şişe San. A.Ş.  
Hande Sengel / Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)  
Şükran Demirli / Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü (C.A.M)
- 10:20-10:40 **Cam Elyaf Hammadde Hazırlama Tesisinin Kapasitesinin Artırılması ve Ürünlerde Standardizasyonun Sağlanması**  
Dr. Nurettin Öztürk-Sinan Yücel / Camış Madencilik A.Ş.
- 12:40-13:00 **Cam Elyaf Camı Kırığı Geri Kazanım Sistemi**  
Ahmet Akıncı / Cam Elyaf San. A.Ş.
- 13:00-14:30 YEMEK ARASI ve SERGİ (HALIÇ SALONU)



## CAM ERGİTME OTURUMU

Oturum Başkanı: Dr. Eşref Aydın

- 14:30-14:50**                      **Cam Fırınlarında Matematiksel Modelleme Yöntemi**  
Lale Önsel - Zeynep Eltutar - Dr. Nuray Kayakol  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)
- 14:50-15:10**                      **Oxy-Fuel Yakmanın Genel Bir Değerlendirmesi**  
Levent Kaya / Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü
- 15:10-15:30**                      **Rejeneratörlerde Kullanılan Refrakter Malzemelerin Performans Değerlendirmesi**  
Dr. Hakan Sesigür / Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü (C.A.M)  
Suat Bozkurt / Anadolu Cam Sanayii A.Ş.
- 15:30-16:00**                      ÇAY ARASI
- 16:00-16:20**                      **Yeşil Renkli Düzcam Üretimi**  
Fehiman Akmaz - Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)  
Ümit Özmerdiven - Zeki Köşdere / Trakya Cam San. A.Ş.
- 16:20-16:40**                      **Oxy-Fuel Yanma Sisteminin Sert Borosilikat Camın Özelliklerine Etkileri**  
Hande Sengel - Levent Kaya - Gülçin Albayrak  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)
- 16:50-17:10**                      Sn. Adnan Çağlayan'ın **Kapanış Konuşması**
- 17:10-17:30**                      SERGI
- 17:30-19:30**                      KOKTEYL (DOLMABAĞÇE)

## TOPKAPI A SALONU

### **NİTELİKLİ CAMLAR OTURUMU**

Oturum Başkanı: Çetin Aktürk

- 10:50-11:10**      **21. Yüzyılın Eşiğinde Mimarlık ve Cam**  
Yücel Akyürek / Camtaş Düzcam Pazarlama A.Ş.
- 11:10-11:30**      **Ses, Gürültü ve Camlamalarda Ses Yalıtımı**  
Hüseyin Parlar / Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)
- 11:30-12:00**      ÇAY ARASI ve SERGİ
- 12:00-12:20**      **Cam Yüzeylerinin Sol-Jel Yöntemiyle Kaplanması**  
Doç. Dr. Volkan Günay/Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)
- 12:20-12:40**      **İnce Film Kaplama Teknikleri**  
Prof. Dr. Hülya Demiryont  
Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı (C.A.M)
- 12:40-13:00**      **Camda Yeni Ürünler, Yeni Uygulamalar**  
Reha Akçakaya-Dr. Baha Kuban / İŞ. Geliştirme Müdürlüğü  
A. Semin İŞevi / Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü (C.A.M)
- 13:00-14:30**      YEMEK ARASI ve SERGİ (HALIÇ SALONU)

### **ŞEKİLLENDİRME VE İKİNCİL İŞLEMLER OTURUMU**

Oturum Başkanı: Dr. Yıldırım Teoman

- 14:30-14:50**      **Cam Ambalaj ve Cam Ev Eşyası Üretiminde,  
Camın Forehearthlarda Etkin Koşullandırılması**  
Dadal Arıburnu / Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)
- 14:50-15:10**      **Cam Tuğla Otomatik Boyama ve Paketleme Hattı**  
Tuğrul Misoğlu-Can Erdenir / Cam Ev Eşyası Grubu, İŞ Geliştirme Müd.
- 15:10-15:30**      **Lamine Ön Camlarda Montaj Çatlaklarının İncelenmesi**  
Ali Şekerli - Sedat Çavuşlar / Trakya Cam. San. A.Ş. Otocam Fab.
- 15:30-16:00**      ÇAY ARASI
- 16:00-16:20**      **Düzcam İşletmelerinde Kullanılan Hamsu ve Proses Suyu İncelemesi**  
Haluk Güreren / Düzcam Grubu, Geliştirme Başkan Yardımcılığı  
Ertan Tanyeli / Trakya Cam San. A.Ş. Mersin Fab.  
Dr. Hakan Sesigür / Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü (C.A.M)
- 16:20-16:40**      **Cam Ambalaj Üfleme İşleminin Sayısal Modellemesi**  
Kayhan Yiğitler / Ambalaj Grubu, Geliştirme Başkan Yardımcılığı



## **TOPKAPI B SALONU**

### **GELİŞTİRME SÜREÇLERİ OTURUMU**

Oturum Başkanı: Ünay Güldal

- |                    |  |
|--------------------|--|
| <b>14:30-14:50</b> | <b>Deri Kimyasalları Geliştirme Çalışmalarına Genel Bir Bakış</b><br>Tuğrul Yazıcıoğlu / Kimyasallar Grubu, Deri Kimyasalları Geliştirme Müd.                                    |
| <b>14:50-15:10</b> | <b>ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Standardı Ne Vaad Ediyor?</b><br>Faruk Sander / Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü (C.A.M)   |
| <b>15:10-15:30</b> | <b>Float Camında Bilgisayar Destekli Kapasite Planlama ve Dengeleme</b><br>Çetin Aktürk - Düzcamlar Grubu, Geliştirme Başkan Yardımcılığı<br>Güvenç Demir - Trakya Cam San. A.Ş. |
| <b>15:30-16:00</b> | ÇAY ARASI  |
| <b>16:00-16:20</b> | <b>Trakya Cam'dan Üç Geliştirme Çalışması</b><br>Mehmet Ali Tiryaki / Trakya Cam San. A.Ş.   |
| <b>16:20-16:40</b> | <b>Cam Elyafı Ürün Geliştirme Evreleri</b><br>Aref Javaherian - Sevinç Erdoğan / Cam Elyaf San. A.Ş.   |