



Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**YAPI MALZEMESİ I DERSİ**

**CAMLAR**

*Doç. Dr. Halit YAZICI*

<http://kisi.deu.edu.tr/halit.yazici/>

# CAMLAR



✓ Camlar, yüksek sıcaklıkta bile yüksek viskoziteye sahip sıvılar olup, normal sıcaklıkta kristalleşmeden katılaşılan, katı cisimlerin mekanik özellikleri yanında sıvı cisimlerin özelliklerini de gösteren, inorganik esaslı bir silikat sistemidir.

✓ Camın ana maddesi, saydamlık özelliğini sağlayan, amorf bünye içinde erimiş ve dağılmış durumda bulunan silisyumdioksittir ( $\text{SiO}_2$ ).

# CAMLAR



- ✓ **Cam çok eski tarihlerden beri bilinmesine rağmen, büyük plaka şeklinde üretilememeleri nedeniyle, ancak XX. yüzyıl başlarından itibaren yapıda bugünkü şekliyle kullanılmaya başlamıştır. Doğal cam Mezopotamya ve Mısır' da M.Ö.7500 yıllarında bulunmuştur. İlk yapay camın ise Finikeliler tarafından M.Ö.1000 yıllarında üretildiği belirtilmektedir.**

# CAMLAR



- ✓ Camlar amorf içyapılı, oldukça stabil, asidik ve atmosferik etkenlere, ısı değişikliklerine dayanıklı, ışığı düzgün kırma özelliğine sahip, güneş radyasyonuna geçirimli saydam yapı malzemeleridir. Cam malzemesinin yapı malzemesi ve diğer alanlarda kullanılabilmesi için fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gereklidir

# CAMLAR



## Yoğunluk


Camların yoğunlukları bileşimlerine giren ana bileşenlerin oranına ve cinsine göre değişik değerler alır. Çeşitli cam türlerinin yoğunlukları  $2.2 \text{ g/cm}^3$  ile  $3.0 \text{ g/cm}^3$  arasında değişmektedir. Bazı özel cam türlerinde  $8 \text{ g/cm}^3$  gibi yoğunluklara ulaşmaktadır. Binalarda kullanılan normal camların yoğunlukları  $2.5 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

# CAMLAR




## Sertlik

Mohs sertliğine göre camın sertliği 6 ile 7 arasındadır. Bu düzeydeki sertlik cama iyi bir aşınma direnci kazandırır. Böylece parlak yüzeyli cam ürünler saydamlıklarını hemen hemen sınırsız bir ölçüde muhafaza edebilirler. Normal pencere camlarında Mohs sertlik değeri biraz daha düşük olup 5.5 civarındadır.

- 
- Saydamlık geçen ışığın gelen ışığa oranı olup camlarda  $K = \% 80 - \% 98$ 'dir. Bu nedenle cam, en saydam plastikten daha yüksek bir saydamlığa sahiptir.
  - Kırma indisi, doğrudan camın yoğunluğu ile ilgilidir. Normal camda 1.52 olan kırma indisi kristal camda 1.60'dır.

- Yumuşama sıcaklığı 500-600 °C arasında bulunmaktadır. Camların diğer önemli fiziksel özellikleri şöylece sıralanabilir :
- Termik genleşme katsayısı :
- $\alpha = 9.1 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$
- Termik iletkenlik katsayısı :
- $\lambda = 0.7-1.1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$  (pencere camı)
- $\lambda = 0.035 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$  (cam yünü)
- Isı geçirimsizlik değeri :
- $K = 6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$  (tek cam)
- $K=2,3 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$  12 mm boşluklu çift cam)
- Ses tutuculuk değeri :
- $\beta = 30 \text{ dB}$  (6 mm tek cam)
- $\beta = 32 \text{ dB}$  (12 mm boşluklu 6 mm çift cam)
- $\beta = 45 \text{ dB}$  (20 mm boşluklu 6 mm çift cam)




- 
- Cam kimyasal açıdan birçok maddeye karşı dayanıklıdır. Yalnızca hidroflorik asit ve bazı alkalik çözeltiler (eriyikler) camı etkilemektedir. Hidroflorik asit özellikle cam yüzeylerin işlenmesinde yüzeylerin matlaştırılması için kullanılır. Su ise yalnızca uzun sürelerde camı etkiler. İçine kalsiyum karbonat katılmamış camlar su karşısında kararlı değildir. Bu tür camlara **su camı** da denir. Normal pencere camları ve su ile teması olabilecek her türlü camın su karşısında kararlı olabilmesi için bileşimine kireç katılması zorunludur.


- Cam malzemelere ilişkin olarak basınç dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü ve Poisson oranı gibi özellikler önemlidir. Cam kırılğan gevrek türde bir malzeme olup darbeye ve şekil değişimlerine dayanıklı değildir. Buna karşılık basınç dayanımı oldukça yüksektir. Cam gibi kırılğan maddelerin basınç ve çekme dayanımları arasında büyük fark vardır. Bu fark cam malzemedede yaklaşık 20 katına ulaşır. Cam cisimlerin dayanıklılığı çekme dayanımı ile belirlenmektedir. Camın çekme dayanımı 20-90 MPa, basınç dayanımı ise 500-900 MPa arasında değişmektedir. Cam aşınmaya dayanıklı bir malzemedir. Camın elastisite modülü 45000-100000 MPa'dır. Poisson oranı ise 0.22'dir.





## □ **Cam Üretimi**


- Camlar genel anlamda erimiş haldeki amorf yapısını koruyarak katılaştan inorganik cisimler olarak tanımlanır. Üretim sırasında camın nispeten hızlı soğutulması sonucu kristalli bir yapı yerine amorf bir yapı oluşur ve bu amorf yapı cama sağlamlık ve saydamlık özelliklerini kazandırır. Cam üretimi dört aşamadan oluşmaktadır; ana hammaddelerin hazırlanması, eritme, şekillendirme, soğutma ve tavlama.

- 
- Camın türüne ve kullanıldığı yere göre bileşimi değişmekle birlikte, cam üretiminde kullanılan ana maddeler cama kazandırdıkları özellikler bakımından camlaştırıcı, ergitici, camlık özelliğini sabitleştirici ve ara (arıtıcı ve renklendirici) maddeler olmak üzere 4 grupta toplanabilir :

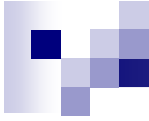
- 
- En önemli camlaştırıcı madde  $\text{SiO}_2$ 'dir.  $\text{SiO}_2$  çok kararlı bir oksit olduğundan çok yüksek sıcaklıklara ve kimyasal işlemlerin çoğuna dayanıklıdır.  $\text{SiO}_2$  bileşikleri genellikle amorf yapılı olurlar ancak yedi değişik allotropik kristal yapıda da bulunabilirler. Diğer önemli hammadde olan  $\text{B}_2\text{O}_3$  ise, camın kimyasal etkilere dayanımını artırıp ışığı kırma özelliği kazandırmaktadır. Camlaştırıcı madde olarak genellikle bol kuvarslı beyaz kum (% 80 - 99  $\text{SiO}_2$ ) kullanılır.  $\text{SiO}_2$  piyasa camlarının %60'ını oluşturur.

- 
- **Eritici Maddeler** :  $\text{SiO}_2$  ateşe dayanıklı bir madde olduğundan zor erime özelliğine sahiptir. Camın ergime sıcaklığını düşürmek amacıyla bileşimine bazı oksitler katılır. Bunların başlıcaları, adi camlarda kullanılan  $\text{Na}_2\text{O}$  ve berraklık verdiği için kristal camların bünyesinde yer alan  $\text{K}_2\text{O}$ 'dir. Bunlar bileşime  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (soda) ve  $\text{K}_2\text{CO}_3$  halinde katılır. Ayrıca  $\text{CaO}$  ve  $\text{MgO}$  gibi toprak alkali oksitler de camın viskozitesini düşürmek ve işlenebilmeyi arttırmak, şekillendirilebilmesini sağlamak amacıyla kullanılır.


- 
- **Sabitleştirici Maddeler** : Yalnızca SiO<sub>2</sub>'li camlar özellikle alkali miktarı fazla ise su içinde zamanla çözülebilir. Bunların camlık durumlarını sabitleştirmek amacıyla CaO, MgO, BaO, PbO ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi metal oksitleri karıştırılır. Bu metal oksitleri de ayrıca cama değişik özellikler kazandırır. Şekillendirilecek camlarda mekanik işlemleri kolaylaştıran magnezyum oksit (MgO), kristal camlarda camın yoğunluğunu ve ışığı kırma kabiliyetini arttırdığından baryum oksit (BaO) ve kurşunlu oksitler (PbO, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), basınca ve ısıya dayanıklı camlarda alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) kullanılır.

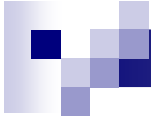
- 
- **Ara Maddeler** : Yukarıda sözü edilen üç grup madde değişik cam türleri elde etmek için yeterlidir. Ancak arıtmayı kolaylaştırmak, cama renk vermek, yarı saydam hale dönüştürmek amacıyla çeşitli maddeler katılır. Arıtma maddeleri olarak, erimiş cam hamuruna girebilen hava ve gaz kabarcıklarını gidermek için  $As_2O_4$ ,  $KNO_3$ ,  $NaNO_3$ ,  $Na_2SO_4$  ile cama renk vererek şeffaflığını gidermek için  $SnO$ , opal cam için  $CaF_2$  (fluorin) ve  $Na_3AlF_6$  (sodyum alüminafluat) gibi maddeler, özellikle güneş kontrolünde kullanılan camlara çeşitli renkler kazandırmak için kullanılır. Örneğin, yeşil renk için  $Cr_2O_3$ , mavi renk için  $CuO$ , sarı renk için  $FeS$ ,  $AgO$ , kırmızı renk için  $SeO$ , ve mor renk elde etmek için karışıma katılır.







- **Eritme ve Arıtma**
- Elde edilen karışım döner fırınlarda ve büyük potalarda yaklaşık 1500 °C civarında ısıtılır. Fırınların yapımında kullanılan ateşe dayanıklı refrakter malzemeler silis, alümina, zirkon, mullit gibi yüksek nitelikli malzemelerdir. Cam ürünün kalitesini etkileyen faktörlerden birisi de bu refrakterlerin kalitesidir. Toz halindeki karışım sıcaklıkla viskoz bir hamur haline gelir, sıcaklık arttıkça akışkanlık artar ve saydamlık oluşur. Camın bazı kusurlarını özellikle gaz ve hava kabarcıklarını yok etmek amacıyla bu işlem yapılır. Arıtma işlemi katkı maddelerinin katkısı ile sıcaklığı arttırmak veya çalkalamak yoluyla yapılır.


- 
- Cama Őekil verme iŐlemi ise sıcaklığı 1000-1200 °C'ye dűŐürerek yapılır. Camın Őekillendirilmesi için kullanılan yöntemler, üretilecek malzemenin cinsine göre deđiŐir. Çekme, üfleme, kalıplama Őeklindeki eski yöntemler günümüzde geliŐtirilerek mekanik, otomatik olarak fabrikasyon hale dönüŐtürülmüŐtür.





- Fırından çıkan cam normal sıcaklıkta soğutmaya terk edilirse çatlar. Bazı teknik önlemler alınarak yavaş soğuma yoluyla bu sakınca kaldırılabilir. Tavlama işlemi de farklı soğuma sonucu ortaya çıkabilecek iç gerilmeleri yok edebilmek amacıyla yapılır.

- 
- **Soda-kireç-silikat ( $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - 6\text{SiO}_2$ ) camları :**  
Cam ürünlerinin % 90'ını oluşturan ve en çok üretilen cam soda-kireç camıdır. Bu camın bileşimi % 71-73  $\text{SiO}_2$ , % 12-14  $\text{Na}_2\text{O}$  ve % 10-12  $\text{CaO}$ 'dir.  $\text{CaO}$  ve  $\text{Na}_2\text{O}$  bu camın yumuşama noktasını 1600'den 730 °C'a kadar düşürür ve bu nedenle soda-kireç camının şekillendirilmesi kolaydır. Bu camlar, düz cam, normal pencere camları, cam kaplar, preslenmiş ve üflenmiş eşyalar ve ışıklandırma ürünleri gibi yüksek kimyasal dayanıklılık ve ısı direnci istenmeyen yerlerde kullanılır.


- 
- **Kurşun alkali silikatlı camlar** : Bu tip camlarda CaO yerine PbO vardır. Kurşun oksit silika ağında değiştirici olmakla birlikte, aę yapıcı olarak da kullanılabilir. Yüksek miktarda kurşun oksit içeren kurşun camları düşük erime sıcaklığına sahiptir. Bu tür camların yüksek yansıtıcılık ve dağıtıcılık özelliği vardır. Normal camlardan daha iyi olan elektrik ve radyasyon kırıcı özellikleri nedeniyle optik sistemlerde kullanılır. Yüksek kurşunlu camlar, yüksek enerji ışınımından korunmak için, akışılı lamba (floresan) kılıflarında, televizyon tüplerinde kullanılır. Yüksek kırınım indisleri nedeniyle kristal camlarında ve süsleme amaçlı camlarda da kullanılır.

- 
- **Borosilikatlı camlar** : Silika cam ađında alkali oksitlerin bor oksitle yer deđiřtirmesiyle daha dūřuk genleřmeli cam elde edilir. Yūksek oranlarda  $B_2O_3$  iēerirler.  $B_2O_3$  silika ađına girdiđinde yapıyı zayıflatır ve silikat camının yumuřama noktasını dūřūrūr. Bu camlar korozyona ēok dayanıklıdır. Ayrıca bu tūr camlar (Pyrex camı) dūřuk genleřme katsayıları nedeniyle sıcaklıđa dayanıklıdır ve laboratuvar aletleri, mutfak gereēleri, borular ve projektōrlerde kullanılır.

- 
- **Aluminasilikalı camlar** : Yaklaşık % 20 oranında  $Al_2O_3$  içerirler, yüksek sıcaklıklara daha dayanıklıdırlar. Basınçlı sistemlerde, laboratuvar ve mutfak gereçlerinde kullanılırlar.

- 
- **% 96 silikat camları** : Bu tip camlar büyük boyutlu cisimler elde edebilmek amacıyla borosilikatlı camın eritilmesi ile elde edilir. Asitlerle sodası giderilen karışım, uygun sıcaklıklara kadar kaynatılıp (950 oC) hacmi % 14'e düşürülür. Bu karışımda % 96 silikat, % 3 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 1 oranında yabancı maddeler vardır. Yüksek silikat oranı camın sıcaklığa ve korozyona dayanımını arttırır. Ayrıca bu tür camların sıcaklık genleşme katsayısı normal camın 1/10'u kadardır.



- 
- **Erimiş silikat camları** : Saf silikat kumlarından yapılan bu tür camlar camlaşmış SiO<sub>2</sub>'lerdir. Soğuma işlemine bağlı olarak bu tür cam saydam olabilir. Silisyum camları çok farklı ve ani ısı değişikliklerine çok iyi dayanırlar. Yüksek voltaj, frekans, ısı ve asitlere karşı çok iyi tecrit malzemesidir. Ayrıca radyasyonlara karşı sanatoryum ve solaryumlarda kullanılır. Ancak yüksek erime sıcaklığından dolayı üretimi çok zordur.

## □ **Camların Sınıflandırılması ve Kullanım Yerleri**

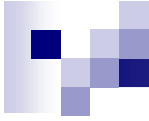
- Cam malzemeler çeşitli alanlarda ve farklı amaçlar için kullanılabilir. Cam kullanılması ile birkaç işlev bir arada sağlanabilir:
  - Işık geçirme + ısı yalıtımı
  - Işık geçirme + görüntü gösterme
  - Işık geçirme + görüntü gösterme + ısı yalıtımı
  - Işık geçirme + görüntü gösterme + güvenlik sağlama
  - İstenilen ışıkları geçirme + görüntü gösterme

- Cam malzemeler şu şekilde sınıflandırılabilir :
- Levha camlar
- Pencere camları
- Normal pencere camları
- Güneş kontrol camları
- Hava tabakalı camlar
- Mat camlar
- Kristal camlar
- Float camlar
- Emprime camlar
- Güvenlik camları
- Temperlenmiş (öngerilmeli) camlar
- Tabakalı camlar
- Telli camlar
- Cam duvar tuğlası
- Cam döşeme blokları
- Cam çatı örgü malzemeleri
- Cam kiremitler
- Ondüle camlar
- Trapezoidal kesitli camlar
- U-profilli camlar
- Cam mozaikler
- Cam lifleri
- Cam lifi levhalar
- Cam lifi şilteler
- Boru mantoları
- Cam tülü, dökme cam lifleri ve cam lifi halatlar
- Cam köpüğü



- **Güvenlik Camları**

- Genelde görüntü istenen durumlarda kullanılan çok zor kırılan ya da kırıldığında kesici parça oluşturmayan camlardır.
- Camları ani soğutup, uygun bir şekilde tavlama yoluyla, dayanım kazandırmak, aynı zamanda kırıldığı zaman kesici parça kalmayacak halde **sekürit** adı verilen özel cam



- **Cam Lifi**
- Cam lifinin üretiminde ergimiş cam, platin ve platin alaşımından yapılmış bir potanın dibindeki deliklerden basınçla ve belirli bir debiyle itilirken, deliklerden çıkan cam hızla çekilir. Cam, çekme işlemi nedeniyle uzarken çapı da küçülerek lif mertebesine iner. Bu uygulamada lif haline getirilen camın üzerine polimer püskürtülerek korozyona karşı dayanıklılığı artırılmakta sonra birleştirilerek iplik haline getirilmekte ve masuralara sarılabilmektedir. Cam lif haline getirilince kırılma dayanıklılığı azalır. Cam lifi kullanım amacına uygun ticari ürünler halinde satılır. Bunlar cam yünü, cam tülü, sürekli cam lifi demeti, sürekli cam fitil, doğranmış cam lifi demeti, cam keçe, cam kumaş ve dokumalardır.



- **Silisyum Oksit Silikatları**

- Camdan ayrı olarak silisyum oksitlerinin dikkate değer değişik bir kullanım yeri daha vardır. 1450 oC'den sonraki sıcaklıklarda karbon silisyumla birleşime girerek silisyum karbür (karborundum) oluşur.
- $$\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$$
- Siyah renkte, ince kristal yapılı olan karborundum elmastan sonra en sert cisimdir. Bu nedenle çeşitli sert cisimlerin işlenmesinde kullanılır. Ayrıca çimento ile karıştırılarak, kaygan olmayan yüzeyler oluşturulabilir. Bu malzeme kaldırım, merdiven basamağı, özel yolların yapımında, ayrıca ısıya dayanıklı olduğundan, refrakter malzeme olarak fırınlarda kullanılır.




Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**YAPI MALZEMESİ I DERSİ**


**POLİMERLER**


*Doç. Dr. Halit YAZICI*

<http://kisi.deu.edu.tr/halit.yazici/>


- 
- Polimerler küçük kimyasal yapıların çok sayıda tekrarından oluşan geniş moleküllerdir. Polimerler, doğal ve yapay olarak iki gruba ayrılabilir. Yapay polimerler genellikle, çok sayıda tekrarlanan monomer veya kısaca mer denilen basit ünitelerden oluşur. Bunların adlandırılmasında çok sayıda anlamına gelen “poli” sözcüğü ile “mer” sözcüğü birleştirilir.



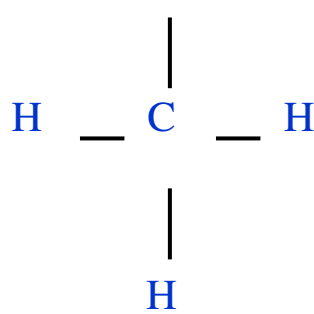
- 
- Polimerler, kimyasal bileşimlerine göre organik ve inorganik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Organik polimerlerde başta karbon olmak üzere hidrojen, azot ve halojen atomları bulunur. Bir atomun polimer ana zinciri üzerinde bulunabilmesi için en az iki değerlikli olması şarttır. Bu nedenle hidrojen ve halojenler ana zincir üzerinde bulunamazlar. İkinci şart ise ana zincir üzerinde bulunan atomlar arasındaki bağ enerjisinin yeterli olmasıdır. İnorganik polimerlerde ise ana zincirde karbon yerine silisyum, germanyum, bor, fosfor gibi elementler bulunur. Ana zincirde bulunan elementlerin bağ enerjileri organik polimerlerde bulunan elementlerin enerjilerinden daha yüksektir. Bu nedenle organik polimerler daha yaygın olarak kullanılmalarına rağmen, inorganik polimerler daha yüksek ısı ve mekanik dayanıklılığa sahiptirler.

- 
- Polimerlerin sınıflandırılmasında en çok kullanılan esas işleme yöntemlerine göre yapılan sınıflandırmadır. Buna göre polimerler **termoplastikler** ve **termosetler** olmak üzere iki büyük gruba ayrılırlar.

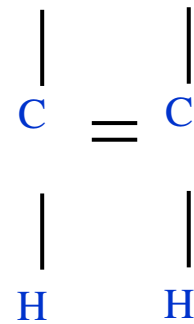
- Plastikler doğada bulunmayan yapı malzemesi türüdür. Hidrojen, oksijen ve azot başta olmak üzere karbonun organik bileşimlerinden mineral, petrol, ahşap gibi doğal maddelerin ısı, basınç ve kimyasal etkilerle polimerizasyon ve kondansasyon şeklinde molekül ve amorf yapıların değişimi ve yeni bağlar yaratılması sonucu oluşurlar. Sentez yoluyla bileşiğin kendi küçük molekülünden daha büyük moleküllerin üretilmesine **polimerizasyon**, iki veya daha çok arı molekülün su molekülleri dışarıda kalacak şekilde birleşmeleri ve büyümelerine ise **kondansasyon** denir. Plastikler, adından da anlaşılacağı gibi plastik davranış gösterebilen ve üretimlerinin belirli aşamasında istenen şekle sokulabilen malzemelerdir.

- 
- Plastikler 19. yüzyıl sonlarında ortaya çıkmışlar ve 20. yüzyılın malzemesi olmuşlardır. İlk plastik malzeme selüloz-nitrattır. Bunu izleyerek 1910'da bakalit, 1927'de PVC 1929'da Üre ve Melamin, 1940'da Poliamit ve Naylon, 1943'de Polietilen ve Silikon ve 1948'de Epoksi bulunmuştur. Günümüzde plastik üzerine çok sayıda araştırma yapılmakta ve yeni türler ortaya çıkmaktadır.

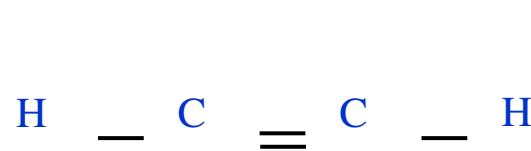
En basit organik elemanlardan biri metandır (CH<sub>4</sub>). Burada 4 hidrojen atomunun değerlik elektronları merkezde bulunan karbonun 4 değerlik elektronu ile aynı yörüngeyi paylaşıp bir kovalan bağ oluştururlar




Metan



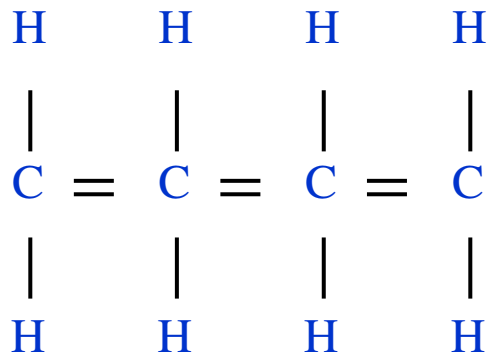
Etilen



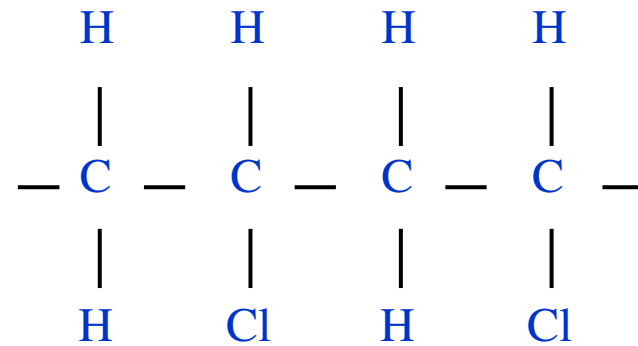
Asetilen

- 
- Örneğin, polimerizasyon ortamında tek bir mer yerine, iki mer varsa, bunların birleşiminden oluşan ve metallerdeki alaşıma benzeyen bir ürün elde edilir. Bu olaya **kopolimerizasyon**, ürüne ise **kopolimer** denir. Örneğin PVC (polivinil klorür) ve PVA (polivinil asetat) bu tür ürünlerdir

- Eğer etilen uygun basınç, sıcaklık ve katalizörlerin etkisinde bırakılırsa,



Polietilen




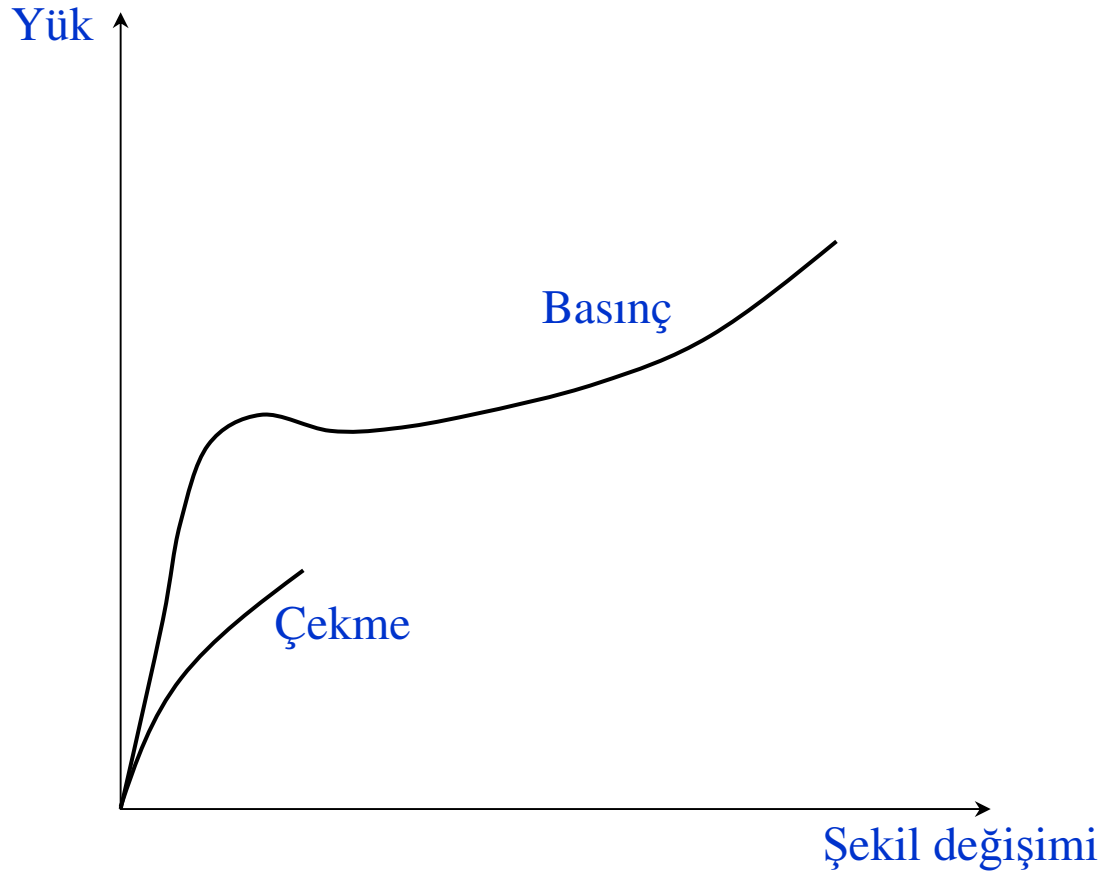
PVC



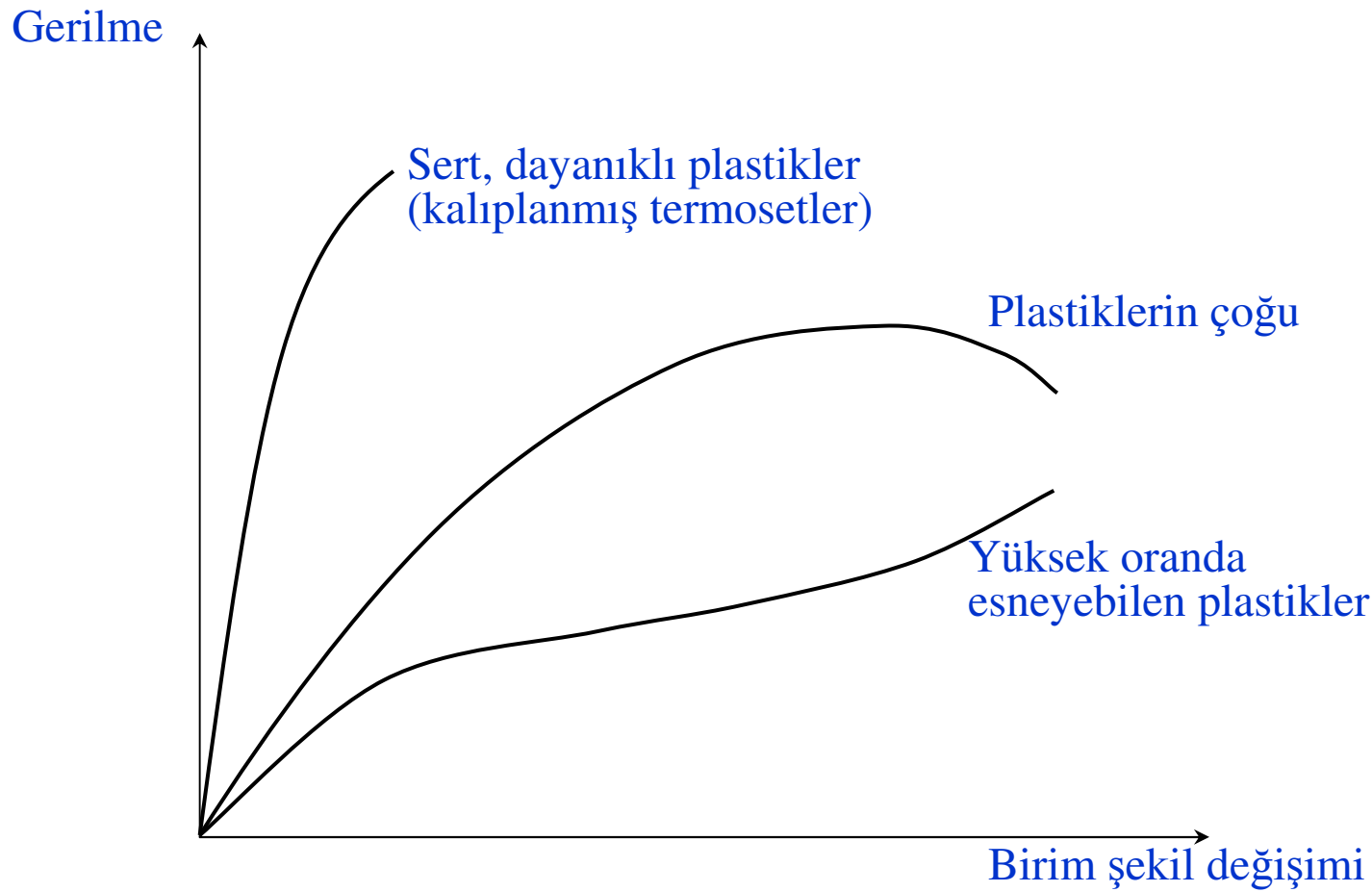



- Plastiklerin genel özellikleri şöyledir:
- Hafiflik (özgül ağırlığı 0.82 – 2.10),
- Düşük elektriksel iletkenlik (elektrik yalıtım malzemesi olarak uygundur),
- Düşük ısı iletkenlik,
- Renk seçeneği (şeffaftan opağa kadar değişen optik özellikler),
- Kimyasal maddelere dayanıklılık (ultraviyole ışıktan korunduğu takdirde inorganik asitlere, tuzlara, bazlara, tatlı,tuzlu ve pis su etkisine dayanıklılık sağladığı için ideal bir alt yapı malzemesidir),
- Düşük su emme,
- Yanmama veya yanarken sönme özelliği ( selüloz nitrat dışında). Buna karşılık yangın durumunda zehirli gaz etkisi ortaya çıkabilir,
- Kolay imalat ve işlenebilirlik (örneğin imalat sırasında plastiklerin içine metal parçalar gömülebilir veya matkapla vb. aletle delik açılıp, kesilebilir).

- 
- Plastiklerin mekanik özellikleri çok değişken olup, kullanım amacına uygun olarak üretim sırasında alınacak önlemlerle istenen yönde geliştirilebilir. Plastiklerin mekanik özelliklerine etki eden faktörler ise; yükleme hızı, sıcaklık ve çevre koşullarıdır. Plastikler yük altında viskoelastik davranış gösterirler. Bu davranış da sıcaklık ve zamana bağlıdır. Bazı plastikler (polistiren vb.) basınç yükleri altında dayanıklı ve düktil davranış gösterirlerken, çekme yükleri altında daha az dayanıklı ve kırılgandır.

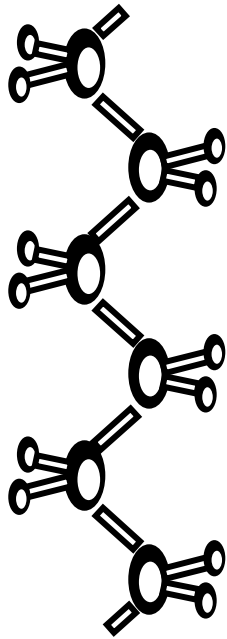


- Bazı plastikler yüksek dayanımlı iken, bazıları düşük dayanım değerlerine sahiptir. Bazıları kırılğan, gevrek davranış gösterirken, bazıları çok duktildir.

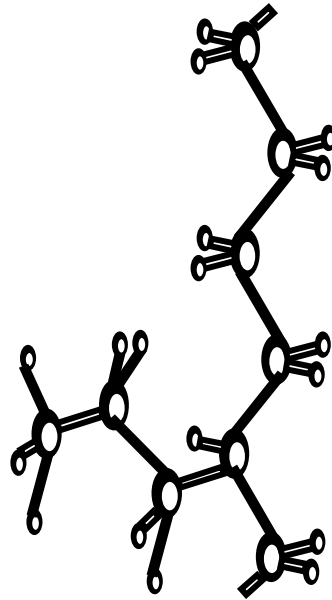


- 
- Plastikler atmosfer ve diğer dış etkilere karşı çok büyük dayanıklılık gösterdiğinden, doğada kolay yok olmazlar. Çoğunlukla, polietilen ve nitroselüloz dışında plastikler eskime göstermezler. Bu nedenle plastik artıkların giderilmesi önemli bir evre sorunu haline gelmiştir.

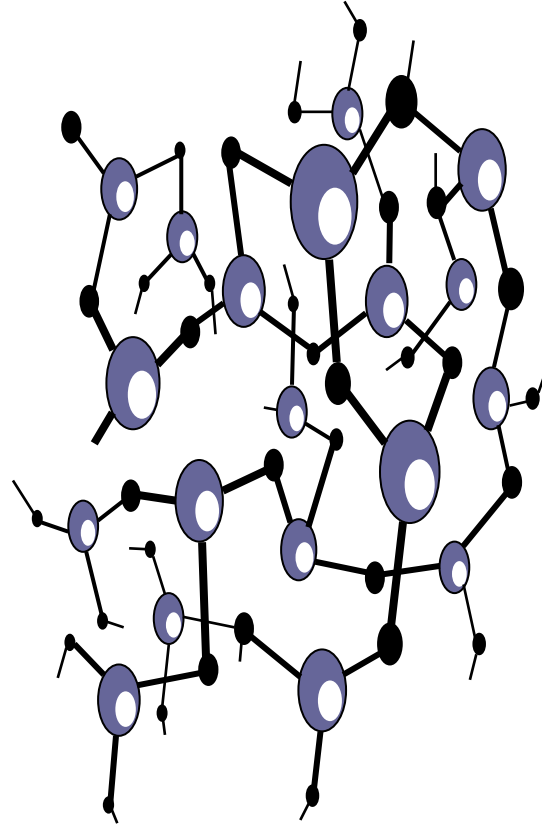
- Etilen' in polimerizasyon işlemi karışık bir kimyasal reaksiyon türüdür. Değişik tipleri düz, dallanmış veya çapraz bağlı şekillerde olabilir




a) Düz bağlı




b) Dallanmış bağlı





c) Çapraz bağlı

- 
- Çapraz bağlı ve dallanmış türler sıcaklık etkisiyle yumuşayarak reaksiyona girip erir. Sıcaklık bir noktayı aşınca polimerizasyon sonucu, plastik sert, kırılđan bir malzeme haline dönüşür. Bu malzemeler tekrardan ısıtılınca yumuşamazlar, sert ve kırılđandır. Bu tip malzemelere **termoset plastikler** adı verilir. Genelde termoset malzemeler düktil değillerdir.


- 
- Düz zincir tipi plastiklere **termoplastik** adı verilir. Bu tip malzemeler sıcaklık artınca yumuşarlar ve basınç altında tekrar şekil verilebilirler. Bu farklı davranışa, birincil bağ olan kimyasal bağdan çok, ikincil fiziksel bağlar sebep olur.





- 
- Termoplastikler, normal sıcaklıkta kırılğıandan, düktile kadar değişen davranışlar gösterirler. Termoplastikler doğal ve sentetik olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Doğal termoplastikler reçine ve asfalt bazlı bağlayıcılarıdır.

- 
- Yüksek sıcaklıklar polimerler için daima tehlikelidir. Bazı türleri 300-400 °C sıcaklığa kadar dayanmasına karşın (teflon, melamin, vb.), çoğunluğu 80 °C'nin aşılması halinde zarar görür. Sıcak ortamlarda elastisite modülleri ve elastik limitleri düşer. Sünme ve yorulma olayları plastikleri önemli şekilde olumsuz yönde etkiler.

<b>Malzeme</b>	<b>Tipi</b>	<b>Özgöl ağırlık</b>	<b>Çekme dayanı mı (MPa)</b>
<b>Polietilen</b>	<b>Termoplastik</b>	<b>0.92</b>	<b>6.2-37.2</b>
<b>PVC</b>	<b>Termoplastik</b>	<b>1.30-1.58</b>	<b>10.3-55.2</b>
<b>Polipropilen</b>	<b>Termoplastik</b>	<b>0.90-0.91</b>	<b>27.6-40.0</b>
<b>Polistiren</b>	<b>Termoplastik</b>	<b>1.05-1.07</b>	<b>27.6-48.3</b>
<b>Nylon</b>	<b>Termoplastik</b>	<b>1.13-1.15</b>	<b>48.3-82.8</b>
<b>Fenol- formaldehid</b>	<b>Termoset</b>	<b>1.3-1.9</b>	<b>27.6-55.2</b>
<b>Poliüretan</b>	<b>Termoset</b>	<b>1.2</b>	<b>34.5</b>
<b>Malzeme</b>	<b>Elastisite modülü (GPa)</b>	<b>Basınç dayanı mı (MPa)</b>	<b>Termik genleş me katsayısı ( 1/°C x 10<sup>-6</sup>)</b>
<b>Polietilen</b>	<b>0.13-1.1</b>	<b>2.8-16.5</b>	<b>180-215</b>
<b>PVC</b>	<b>0.007-5.5</b>	<b>0.7-89.6</b>	<b>54</b>
<b>Polipropilen</b>	<b>0.8-1.2</b>	<b>58.6-69</b>	<b>308</b>
<b>Polistiren</b>	<b>1.4-3.5</b>	<b>7.1</b>	<b>68.5</b>
<b>Nylon</b>	<b>1.8-2.8</b>	<b>48.3-9.6</b>	<b>90</b>
<b>Fenol- formaldehid</b>	<b>6.9-10.3</b>	<b>138-172</b>	<b>81</b>
<b>Poliüretan</b>	<b>0.25-1.0</b>	<b>28-64</b>	<b>58</b>

- 
- **Donatı Maddeleri:** Plastiklerin mekanik özelliklerini düzeltmek amacıyla en çok cam lifleri kullanılır. Çok yüksek sıcaklıklarda özel yerlerde asbest lifleri kullanılır. Ancak pahalı olduğundan bu lifler sınırlı kullanım alanı bulmuştur. Diğer lifli maddeler pamuk, naylon, metal lifleri, kumaş ve kağıt bu amaçla kullanılır. Bu konuda ayrıntılı bilgi 14.4 Bölümü'nde verilecektir.


- 
- **Dolgu Maddeleri:** Maliyeti düşürmek, hacmi arttırmak amacıyla plastik maddelere talk, silikatlar, karbonatlar, talaş gibi maddeler katılır. Boyutsal stabiliteyi arttırmak ve sıcaklık izolasyonu için asbest kırıntıları kullanılır. Grafit eklenerek sürtünme katsayısı azaltılır ve ışığa dayanıklılığı artırılır.

- 
- **Boyaalar:** Plastiklere boya katılarak istenen renk verilebilir.
  - **Stabilizatörler:** Plastiklerin zamanla bozulmasına yol açan kimyasal reaksiyonları geciktirmek amacıyla katkı maddeleri eklenir. Örneğin, plastikler ultraviyole ışık altında geniş moleküllerin parçalanması sonucu plastik özelliğini kaybedip kırılğan hale gelir. Bunu önlemek için kurşun tozları, karbon siyahı gibi katkı maddeleri karışıma eklenir.





# Lif donatılı plastik kompozitler

- FRP (Fiber Reinforced Plastic) olarak adlandırılan bu kompozitler, kendi başına taşıyıcı malzeme olarak kullanılabilecekleri gibi; betonarme veya öngerilmeli betonda donatı olarak da kullanılabilirler. Ayrıca eski yapıların yenilenmesinde veya güçlendirilme işlerinde kullanılmaktadırlar.

- 
- FRP'ler liflerle güçlendirilmiş bir polimer matrisinden oluşur. Polimer matrisi polyester gibi termosetting türü bir plastikten oluşabileceği gibi, naylon gibi bir termoplastik olabilir. Polimer matrisinin görevi, lifler arasında gerilme transferi sağlamak, lifleri korumak ve liflerin burkulmasını önlemektir.



- 
- Termoset polimerden oluşan matrisler iyi termal stabiliteye sahiptirler ayrıca kimyasal etkilere dayanıklıdırlar. Buna karşılık bunların raf ömürleri azdır ve enerji yutabilme kapasiteleri de azdır. Termoplastik polimerler bu açılardan (raf ömrü ve enerji yutabilme kapasitesi) üstündürler. Ancak imalatlarının kolaylığı özellikle liflerle kolay karıştırılabilmeleri açısından Termoset plastikler bu amaca yönelik olarak daha çok kullanılmaktadır.

- 
- En çok kullanılan lifler ise cam ve karbon lifleridir. FRP'lerin verimine; liflerin yönü, uzunluğu, şekli ve kompozisyonu etki etmektedir. Gerilmelerin kompozit yapı içinde düzgün dağılımı için matris ve lif arasındaki bağın yeterli düzeyde olması gerekir.

- Betonarme yapılarda FRP kompozitleri, tek boyutlu çelik donatı veya hasır donatı yerine kullanılabilir. Ön veya art gerilmeli beton uygulamalarında yüksek dayanımlı öngerilme donatısı veya halatı olarak başarı ile kullanılmaktadır. Ayrıca belirli geometrik kesitlerde taşıyıcı eleman olarak çelik profil yerine kullanılabilir.
- Çelik yapılarda görülen korozyon, bakım gibi sorunlar da büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır.
- FRP kompozitleri çeşitli eski yapıların (ahşap, yığma, betonarme, çelik) onarımında, güçlendirilmesinde başarı ile kullanılmaktadır.


## □ **Lastik**


- Doğal lastik termoplastik ve elastomerik özelliklere sahiptir. Çok büyük şekil değişimleri yapabilen (elastomer) lastik sert, aşınmaya dayanıklı ve düşük permeabilite özelliklerine sahip bir malzemedir. Kükürt katarak çapraz bağlarını arttırmak suretiyle lastiğin sertliğini daha fazla arttırmak mümkün olabilmektedir. Enerji yutabilme yeteneğinin fazlalığı nedeniyle, mekanik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürerek şok darbelerini sönmleyerek yutabilir.

## □ Organik Kaplamalar, Boyalar


- Organik kaplamaların en önemli bileşeni bir veya daha fazla sayıda polimerlerdir. Bu kaplamaların esas işlevleri, malzemeyi korozyon ve diğer zararlı ortam koşullarından korumak, görünümün düzeltilmesi, ışık yansıma ve elektrik izolasyon özelliklerinin iyileştirilmesidir. Bu amaçla kullanılan boya türleri yağlı boyalar, su boyaları, enameller, vernikler, şellaklar ve laklardır. Boya ve enameller her zaman renkli, laklar bazen renkli, vernik ve şellaklar ise şeffaftır.


- Boyalar arasındaki farklılıklar, taşıyıcıda bulunan bağlayıcı maddenin türüne göre oluşur. Boyalar bağlayıcılarına göre; yağlı boyalar, sentetik boyalar, selülozik boyalar ve emülsiyonlar şeklinde sınıflandırılırlar. Bağlayıcı, boyanın uygulanabilirliği sertleşmesi, dayanıklılığı gibi özelliklerini etkiler. Kurutucu yağ adıyla anılan doğal bitkisel yağlar (keten tohumu yağı ve tung yağları) ve reçineler en önemli bağlayıcıları oluşturur. Bitkisel yağlar, doğal ve sentetik reçineler havadaki oksijen ile reaksiyona girip bir tür polimerizasyon olayı sonucu sertleşirler. Hayvansal kökenli olan şellak ve laklar ise, incelticinin uçması sonucu katı bir film oluştururlar.

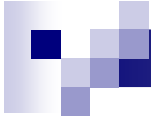
- 
- İncelticiler, bağlayıcının eritilmesini, uygulama kolaylığını sağlar. Petrol eriyikleri, zift türevleri, alkol ve terpantin içerirler. Plastik boya olarak adlandırılan su boyalarında ise inceltici olarak su kullanılır. Burada suyun uçması ile yağ ve reçine bağlayıcılarının çok ince parçacıkları sürekli bir film oluşturur.

- 
- Pigmentler saydam olmayan ve sert bir tabaka oluşumunu sağlayan, suda ve eriticide erimeyen, 0.1-60 mikron büyüklüğünde ince tozlardır. Pigmentler doğal veya yapay organik, inorganik veya madensel kökenli olabilir.



- 
- **Vernikler** de pigmentsiz olarak yukarıdaki yapıdadır. Ancak bağlayıcı olarak sentetik veya doğal reçine içerirler. Enameller ise boya, vernik karışımı olup verniğin kimyasal bileşimine benzerler ancak pigment de içerirler.

- 
- **Laklar** uçucu organik eriyici içinde nitroselüloz eriyiğinden oluşur. Kırılganlıklarını gidermek, yapışıcılığını ve dayanıklılığını arttırmak amacıyla içlerine doğal veya sentetik reçine eklenir. Şellak ise alkol içinde doğal reçineden oluşur. İncelticinin uçması ile sertleşir. Suyu fazla dayanıklı değildir. Ahşabın boşluklarını doldurmak için kullanılır.



- **Yapıda Kullanılma Yeri ve Şekli**
- Boyalar badana, plastik boya, yağlı boya, vernik, cila şeklinde; yapı içinde veya dışında farklı malzemeler üzerinde değişik amaçlarla kullanılır.



Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

# YAPI MALZEMESİ I DERSİ

## SERAMİKLER ve PİŞMİŞ TOPRAK ÜRÜNLERİ

*Doç. Dr. Halit YAZICI*

<http://kisi.deu.edu.tr/halit.yazici/>

- Seramikler bir metal veya iki metal ile bir ametal atomun belirli steokiometrik oranlarda birleşmesinden oluşur. Metal olmayan atom çoğunlukla oksijendir.
- Seramiklerde metaller katyon, ametaller ise anyon görevi yaparak güçlü iyonsal bağlar oluştururlar. Ancak iyonsal bağ dışında seramiklerde kovalan, kristal ve amorf yapılara da rastlanır.

- Yapısal sınıflandırma açısından seramikler aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir :
- - Kristal seramikler
- - Amorf seramikler
- - Cam bağlı seramikler
- - Çimentolar

- - **Kristal seramikler**, silikatlar ve silikat dışı kristaller olmak üzere iki gruba ayrılabilir.
- - **Amorf seramikler** 13. Bölümde incelenen doğal veya yapay camlardır. Bunlar normal sıcaklıkta katılaşmaları sırasında kristalleşemeyen oksitlerdir.
- - **Çimentolar** kristal veya amorf kısımlardan oluşabilen bağlayıcı maddeler olup ayrı bir bölüm olarak Yapı Malzemesi-II dersinde ele alınacaktır.
- - **Cam bağlı seramikler** kristalleri camsı bir matriksle bağlanmış pişmiş toprak ürünleri olup, bu bölümün esas konusunu oluşturur.

- **Pişmiş Toprak Ürünleri**

- Seramik deyince akla yalnızca bu gruba giren malzemeler gelir. Aslında yukarıda açıklandığı şekliyle seramikler çok daha geniş bir topluluğu oluştururlar. Aynı anlamda kullanılan seramik ve keramik kelimeleri, kökü Yunanca **kil** anlamına gelen **keramos** kelimesinden türemişlerdir. Pişmiş toprak malzemesinin kullanımını kerpiç ve çamur olarak tarih öncesi devirlere kadar uzanır. M.Ö. 40. yüzyıl dolaylarında, Sümerler, Akadlar ve Babilliler duvar yapımında, kanalizasyon sistemlerinde hatta yazı tabletlerinde bu malzemeyi geniş bir şekilde kullanmışlardır.



- Doğal taşlar kadar dayanıklı olmamasına rağmen, özellikle doğal taşların az bulunduğu bölgelerde pişmiş toprak ürünleri üretiminin kolaylığı nedeniyle bir çok uygarlık tarafından başarı ile kullanılmıştır. Örneğin M.Ö. XX. yüzyılda Romalılar ilk kiremiti, M.Ö. XIII. yüzyılda Çinliler porseleni, M.Ö. IV. yüzyılda Türkler Orta Asya'da ilk sırlı seramiği üretmişlerdir. M.S. XIII. yüzyılda Selçuklular devrinde, M.S. XVI. yüzyılda Osmanlı devirlerinde İznik ve Kütahya'da çini uygulamalarında çok başarılı örnekler verilmiştir.

- Cam bağı seramiklerin ana maddesi olan kil, asıl olarak sediment bir kayadır ve 2 mikrondan küçük mineral taneciklerinden oluşur. Kil çoğunlukla  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  oksitleri karışımı olup, içerdiği diğer metal oksitler nedeniyle bir çok gruba ayrılabilir. Bu metal oksitler; demir, magnezyum, krom, alkali ve toprak alkali gibi çok çeşitlidir.

- Islak halde plastik davranış gösteren killeri istenen forma sokabilmek olanaklıdır. Suyunu kaybedince rijitleşen kil yeniden ıslatılarak eski şekline dönüştürülebilir. Bunlar ancak pişirildikleri taktirde, yeniden ıslanmaları durumunda mevcut formlarını koruyabilirler.
- Granit, pegmatit, bazalt, siyanit gibi kayaçların bozulmaları sonucu oluşmuşlardır ve özellikle feldspat içeren killer pul şeklinde yassı yapıya sahiptirler ve plastiklik özelliklerinin nedeni de bu levhamsı yapılarıdır.

- Killer yüksek sıcaklıklara dayanıklılıkları açısından üç gruba ayrılabilir.
- **a) Refrakter Killer** - Bu killer yüksek oranda  $Al_2O_3$  (% 40) içerirler. Ergime sıcaklığı 1600 oC'nin üzerinde olup, ateş tuğlası üretiminde kullanılırlar.
- **b) Yüksek Ergime Dereceli Killer** - 1350 – 1600 oC ergime sıcaklığı olan bu killerde, düşük oranlarda kuvarz, mika ve kalker vardır. Bu tip killer, yer döşeme tuğlası, dış cephe kaplama tuğlası yapımında kullanılır.
- **c) Düşük Ergime Dereceli Killer** - Ergime sıcaklığı 1350 oC'nin altında olan bu killer; kum, kalker, demir oksitler, mika ve diğer yabancı maddeleri içerebilirler. Bunlar normal tuğla ve kiremit yapımında kullanılırlar.

- Killer genel olarak kimyasal bakımdan çok değişiklik gösteren maddeler olduğundan ve karmaşık kimyasal yapılara sahip olduklarından bu konuda bir standardizasyon yapmak çok zordur. Ancak özellikle tuğla yapımı için en uygun killerin illit ve kaolinit türünden killer olduğu söylenebilir. Montmorillinit ve Halloysit cinsi killer su aldıklarında, fazla şekil değişimi yaptıklarından keramik yapımı için uygun değillerdir.

- Kilin içinde bazı yararlı ve zararlı yönleri olabilecek şu yabancı maddeler bulunabilir:
- **1. Kum** - Doğal olarak kilin içinde bulunan çok ince kum fazla plastisiteyi önlediğinden yararlıdır. Tuğla yapımında kilin içerisinde % 20 - % 30, kiremit yapımında % 10 - % 20 kum bulunması arzu edilir. Gereğinde dışarıdan kum, şamot, uçucu kül ve öğütülmüş curuf gibi maddeler plastisiteyi kontrol amacıyla katılır. Bu tip maddelere yağ alıcı maddeler denir. Bunlar aynı zamanda ergime sıcaklığını da düşürürler.

- **2. Demir** - Kilin kitlesi içinde demir sülfat ve demir oksit hidratları şeklinde bulunan demir, pişmiş toprak malzemeye kırmızı rengini verir. Demir oranı % 8 ile % 10 mertebesini aşarsa, keramik malzemedede pişirme sırasında şişme ve çatlamlar, tuğla yüzeyinde çiçeklenme, boya akmaları görülebilir. Demir bileşikleri ateşe dayanıklılığı düşüren öğelerdir.
- **3. Kalker** - Kilerde ince malzeme olarak bulunan CaO miktarı % 8'i aştığı takdirde, tuğlanın rengi sarıya dönüp, şekil bozuklukları ve çatlamlar görülür. Az miktarlarının ise bir zararı yoktur.

- **4. Organik maddeler - Killerin mavi, gri, yeşil ve siyah renklerde bulunması çoğunlukla içerisindeki organik maddelere bağlıdır. Pişme sırasında bu organik maddeler 400 oC den önce tamamen yanıp, geriye siyah karbon kalıntıları bırakır. Organik maddelerin fazlalığı, malzemenin görünümünü ve dayanımı açısından olumsuz etki yapar.**
- **5. Suda eriyici tuzlar - Killerde genellikle sülfat ve klorür tuzları bulunur. Bu tuzların oranının % 1.5'un altında bulunması iyi kalitede tuğla ve kiremit yapımı için şarttır. Fazla miktarda eriyici tuzlar malzeme yüzeyinde, çiçeklenme ve pullanma yapar.**



- Seramik üretimi üç aşamada olur :
- **1- Karışımın Hazırlanması** - Bu aşamada çıkartılan hammadde bekletilerek kararlı bir durum alması sağlanır. Bu sürece "çürütme" adı verilir. Olgunlaşan kil içindeki yabancı maddeler ayrılır. Gerekirse katkı maddeleri ile birlikte kil karıştırılarak ve öğütülerek hammadde haline getirilir. Homojen hale gelmiş karışım, kullanılan şekillendirme yöntemine uygun miktarda nemlendirilir.

- **2. Şekillendirme ve Kurutma -**  
Hazırlanan karışım değişik yöntemlerle istenen forma getirilir. Şekillenen karışım uygun iklim koşullarında açık havada, gölgede kurutulur. Daha modern kurutma yöntemi ise nemi kontrol ederek yaklaşık 80oC'de belirli sürede kontrollü olarak kurutmaktır.

■ Şekillendirmede kullanılan yöntemler aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir :

- **Presleme** - Toz halinde veya uygun plastik kıvamdaki kilin özel kalıplar altında basınç altında sıkıştırılması. Bu yöntemle ateş tuğlaları, izolatör fincanları, oto bujileri vb. üretilir.
- **Ekstrüzyon** - Belirli bir basınç altında, hazırlanan karışım, kalıplardan sıkıştırılarak geçirilir. Kıyma makinasına benzer yöntemle, sonsuz boyda kalıptan geçirilen hamur, dönen bir tel ile istenen boyutta kesilir. Ekstrüzyon yöntemi ile sabit kesitli ürün imali yapılır. Bu yöntemle düşey ve yatay delikli tuğla üretilir.
- **Döndürme** - Eski çağlardan beri çömlekçilerin kullandığı bu yöntem, günümüzde de geliştirilerek kullanılır. Bu yöntemde merkezkaç kuvvet ile, plastik kıvamdaki kile form verilir. Daha çok testi, saksı vb. malzeme bu yöntemle üretilir.
- **Kalıplama** - Alçı, ahşap veya metal kalıplar içine konulan kil hamuru sıkıştırılarak istenilen form verilir. Düşük kaliteli harman tuğlası, kiremit vb. malzeme bu yöntemle üretilir.
- **Dökme** - Kil süspansiyon haline getirilir ve içine dağıtıcı deflokülant maddeler katılır. Kararlı hale getirilen süspansiyon yavaşça alçı kalıplara dökülür. Alçı suyu emer ve kil çepere yapışır. Sıhhi tesisat malzemeleri (lavabo, eviye vb.), çaydanlıklar bu yöntemle şekillendirilir.

- Bazı tip seramiklerin yüzeylerine geçirimsizliği sağlamak üzere sırlama yapılır. Bu yöntemde metallerde (korozyondan koruma amaçlı) emaye denir.
- Sır ve emayeyi oluşturan silikat camları ( $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ ) üçlü sisteminden meydana gelir. Önceden ergitilmiş bu silikat camı karışımı daldırma, sürme veya püskürtme yolu ile, istenen yüzeye uygulanır. Sır uygulandıktan sonra yaklaşık  $650\text{ }^\circ\text{C}$ 'de fırınlanan eleman yüzeyinde cam oluşmaktadır.
- Sırdan önce veya sonra uygulanan çıkartma yöntemi ile ürün üzerinde değişik desenler elde edilebilir.

- **3- Pişirme** - Pişirmeden yapılan tuğlalara kerpiç denir. Pişirme işlemi özen gerektiren teknik bir işlemdir. Özellikle çatlama meydana gelmemesi için sıcaklığın kontrollü bir biçimde yavaş yükseltilip, alçaltılması gerekir. Fırın sıcaklığı ürün tipine göre farklılık gösterir. Üretimde kullanılan fırın tipleri sürekli çalışan (tünel fırınlar) ve aralıklı işleyen olmak üzere iki tiptir. Elektrikli, akaryakıtlı ve kömürlü olmak üzere üç ayrı yakıt türü kullanan fabrikalarda daha kaliteli fabrika tuğlası ve diğer pişmiş toprak ürünleri üretilir.
- Daha kalitesiz olan harman tuğlaları, açık havada kalıplanıp kurutulmuş malzemenin aralarına kömür tozu dizilmesi ve dıştan sıvanarak yakılması ile elde edilir.

- Pişirme işleminin üç amacı vardır.
- Malzemeyi yeteri derecede sertleştirip, sağlamlaştırmak.
- Bazı çeşitlerini su geçirmez hale dönüştürmek.
- Sır karışımının (emayenin) eriyerek camsı tabakayı ve renkleri oluşturması.
- Bu işlemde sıcaklığın kontrolü önem taşır. Düşük sıcaklıklarda hamur iyi pişmeyeceğinden malzeme yeterince sert olmaz. Yüksek sıcaklıklarda ise malzeme şişer, şekil ve renklerini kaybeder.

- Pişirme sıcaklığı ürün tipine bağlı olarak farklılıklar gösterir.
- Örneğin, drenaj künkleri, seramik filtreler, harman tuğlaları için 800-950 oC arası uygun pişirme sıcaklıklarıdır. Sert tuğla ve kiremitler için 1000 oC, fayans ve ince mutfak porselenleri (Çin porselenleri) için 1100-1250 oC, porselen sıhhi tesisat malzemeleri, elektrik izolatörleri için 1300 – 1450 oC değerlerinde pişirme sıcaklıkları gereklidir.

- Pişirme derecesi özellikle tuğlalar için çok önemlidir. Kil tam saf bir malzeme olmadığından, tuğla tam camlaşmış bir seramik değildir. Aslında böyle olması da istenmez. Örneğin, tuğla aşırı pişmişse mor-siyah renk alıp, tannan bir ses verir. Su emmesi az olduğundan duvar harcıyla iyi bağ kuramaz.
- Tersine, az pişmiş tuğlalar camlaşma yetersiz kaldığından, toprak görünümünde, çok su emen bir yapıda olurlar. Bazıları su emince dağılırlar. Düşük mekanik özelliklere sahiptirler.

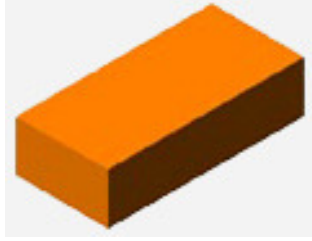


- - **Pişmiş Toprak Ürünleri Türleri**
- **İnşaat tuğlaları** - Tuğlalar, el ile, mekanik el aletleri ile veya tamamen mekanik araçlarla kalıplanırlar. İçi dolu veya kısmen boş dikdörtgen biçimindedirler. Bunların değişik boyutlardaki çeşitleri ilgili Türk Standartlar'ında belirtilmiştir. Tuğlalar fabrika veya harman tuğlası olarak ikiye ayrılırlar. **Harman tuğlaları** şöyle tanımlanabilir: "Kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu ve benzerleri karıştırılarak el ile veya aletlerle şekillendirildikten sonra kurutulup genellikle harmanlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir". Harman yerine, ocaklarda pişirilenler de harman tuğlası sayılır.

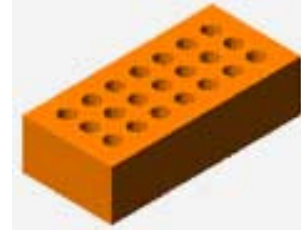
- **Fabrika tuğlaları** ise aynı karışımın, genellikle sun'i olarak kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemelerdir. Bu arada, şekillendirilmiş tuğla ham maddesi erimeye yakın bir duruma kadar pişirilirse, birim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek ve donda dayanıklı dış duvar tuğlaları elde edilir. Bu işleme sinterleşme, bu tip tuğlalara da klinker tuğlaları denir. Fabrika tuğlaları klinker tipi, dolu, düşey delikli ve yatay delikli olarak çeşitli boyutlarda imal edilir.

- - **Özel tip tuğlalar :**
- **Hafif tuğlalar** - Hamur içine pişme sırasında yanabilen saman, talaş vb. malzemeler karıştırılır. Bu tip malzemeler yanınca tuğla içinde boşluklar oluşur. Bu tip tuğlalar daha çok izolasyon amacıyla kullanılır.
- **Cilalı tuğlalar** - Yüzeyi pişirme anında tamamen veya kısmen camlaştırılmış tuğlalardır. Normal inşaat tuğlalarına kıyasla daha dayanıklı olup, çok daha az su emerler. Yapıların dış yüzeyinde sıvasız olarak kullanılırlar.

- **Beyaz tuğlalar** - Kumlu killerden yapılırlar. Basınç dayanımı yüksek ve don olayına iyi dayanıklıdırlar.
- **Döşeme Tuğlaları** - Taşıyıcı döşeme içinde betonarme kirişler arasına asmolen ve reks adı altında özel formlarda fabrika tuğlaları yerleştirilir. Bu malzemelerin kullanım amacı, döşemeyi hafifletmek, ısı ve ses yalıtımı sağlamak, kalıp işçiliğinden ekonomi yapmak ve kirişleri saklayarak düz bir tavan görünümü elde etmektir.



Dolu Tuğla



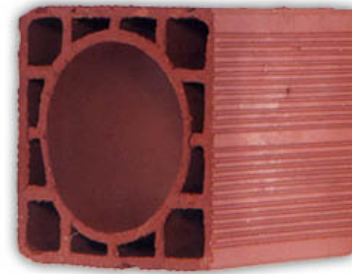
DüŖey Delikli Tuğla



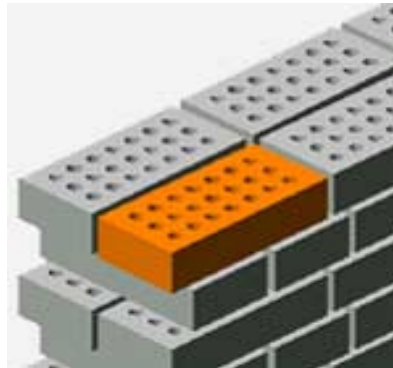
8,5'luk Fabrika Tuğlası



13,5'luk Fabrika Tuğlası



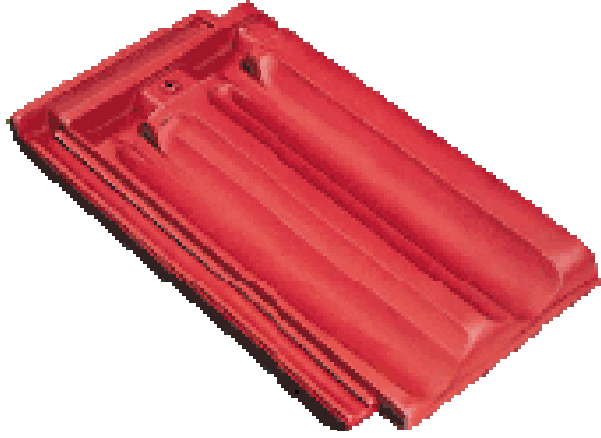
Baca Tuğlası



DüŖey Delikli Tuğla İle Duvar Örülmesi

- Kiremit pişmiş toprak sınıfına giren bir çatı örtü malzemesidir. Yapım tekniği bakımından tuğla yapımına benzer. Çeşitli tiplerde imal edilir. Yalnız hamuru daha ince öğütülmüş ve yoğrulmuştur. En önemlileri yerli tip (Osmanlı tipi) ve Marsilya tipi kiremitlerdir. **Yerli tipler** bir ucu diğerine kıyasla dar yarım silindir şeklindedir. Bunlar üst üste bildirilerek kullanılır.

- **Marsilya tipi** ise basık ve karmaşık geçme tiplidir (Şekil 15.4). Bağlantı şekli fabrikalara göre değişir. Şekillendirme yalnızca makinalarda yapılır.
- Kullanılacakları yerlere uygun, mahya ve dere tipi kiremitler de vardır.
- Kiremitlerde aranan teknik özellikler şöyle özetlenebilir :
- Dokusu homojen olmalı, kireç vb. parçalar içermemeli,
- Fazla su emmemeli (en fazla % 8),
- Görünümü düzgün ve rengi kırmızı olmalı (alacalı olmamalı),
- Sağır ve çatlak ses vermemeli,
- Geçme yerleri yüksek olmayıp kalınlığın 2/3'ünü aşmamalı,
- Dona dayanıklı olmalı,
- 100 kg ağırlığa dayanabilmelidir.



**Marsilya Tipi**



**Yerli Tip (Osmanlı)**



**Mahya Kiremiti**



- - **Kerpiç**
- Kilin su ile yoğrularak güneşte kurutulması sonucu elde edilen toprak blok malzemeye kerpiç adı verilir. Kerpiç insanlığın kullandığı en eski ve ekonomik yapı malzemesidir.

- - **Refrakter Malzeme**
- Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olan malzemeye **refrakter malzeme** denir. Ateş tuğlaları adı da verilen bu malzemenin şekillerinin normal tuğlalara benzemesi de şart değildir. Değişik biçim ve boyutlarda yapılırlar. Genellikle 1500-1800 oC sıcaklıklara dayanmaları gerekir. Refrakter malzemeler en zorlu işlerde kullanılır. Mekanik dış etkilere, en yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması, aynı zamanda korozyondan etkilenmemesi gerekir.
- Bu malzemeler yapılarda şömine, ocak ve fırın yapımında kullanılırlar.

- Refrakter malzeme bir kaç grupta toplanabilir:
- - Ateş tuğlaları
- - Silika tuğlaları
- - Manyezi-krom tuğlaları
- - Özel refrakter tuğlalar

- Ateş tuğlaları, plastik ateş kili, çakmaktaşı kili ve şamottan elde edilir. Bu tür malzemenin yapımı, diğer seramik eşyanın yapımından pek farklı değildir. Ancak, pişirme sıcaklıkları çok daha yüksektir (1700 oC). Ayrıca kullanılacak kilin yapısında da mümkün olduğu kadar az mika, feldspat ve alkali bulunması gerekir. Buna karşın Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarları normal tuğlalara kıyasla çok fazladır (% 30-% 46).

- **Çini (fayans)** - Hamuru gözenekli ve pişmiş toprak görünüşünde olup, yüzeyi sırlanmış seramik eşyaya çini veya fayans adı verilir. Çini hamuru içinde kil, kum, kalker ve alkali karakterli maddeler bulunur. Dekorlu seramikler de gözenekli, yüzeyi sırlanmış pişmiş toprak ürünleridir.

- **Gre** - Greler, seramiğin dokusu gözenekli olmayan sınıfıdır. Grelerin aynı sınıfa giren porselenden farkı tamamen saydam olmayışı ve renkli olmalarıdır. Greler çok sert olup, asitlere dayanıklıdır. Kullanım alanları çok geniştir. Mutfak eşyası, ev eşyası yanında küvet, banyo, lavabo gibi sıhhi tesisat malzemesi olarak yapılarda kullanılır. Ayrıca grelerden düz renkli veya çeşitli renkli şekillerle süslenmiş her türlü döşeme, kaplama işlerinde kullanılan karolar yapılabilir.
- **Porselen** - Porselen hamuru gözeneksiz olup, hammaddesi kaolindir. Yüksek sıcaklıklarda (1300-1480 oC) pişirilir. Camlaşma özelliği grelerden daha fazladır. Porselenlerin hamuru sert ve yumuşak olmak üzere iki türüdür. Sert porselenlerde daha fazla Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bulunur. Porselen, elektrik tesisatlarında izolatör olarak kullanılır.



Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**YAPI MALZEMESİ I DERSİ**

**BİTÜM**

*Doç. Dr. Halit YAZICI*

<http://kisi.deu.edu.tr/halit.yazici/>

- **Bitümlü malzemeler**, doğada katı ya da yarı katı halde bulunabildiği gibi, daha çok ham petrolün distilasyonu sonucu artık ürün olarak veya taşkömürünün karbonizasyonu sırasında bir yan ürün olarak elde edilen hidrokarbon malzemelerdir. Hidrokarbonlar, karbon ve hidrojenin birleşiminden oluşan, sade veya kompleks yapılı cisimler olup, organik kimyada önemli bir sınıf oluştururlar.



- 19. yüzyılda özellikle Fransa, ABD ve İngiltere’de kaya asfaltı kaldırım kaplamaları ve yol kaplamalarında kullanılmaya başlanmıştır. 1900’lü yılların başlarında ham petrolden rafinaj yöntemi ile asfalt üretiminin keşfi ile otomobillerin gittikçe artan popülaritesi, hızla gelişen bir endüstri dalının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Asfalt en çok yol yapımında, yalıtım malzemesi ve yalıtım örtüsü olarak çatılarda ve köprü tabliyelerinde, endüstride akü yapımında ve daha pek çok alanda yaygın biçimde kullanılmaktadır.

- ASTM'ye göre **bitüm**; “Doğal veya pirojen orijinli hidrokarbonların veya bunların her ikisinin biraraya gelmiş şeklinin, çoğunlukla metal olmayan bileşikleriyle birlikte gaz, sıvı, yarıkatı ya da katı halde bulunan ve karbon disülfürde tamamen eriyen hidrokarbon maddedir.” Asfaltın kimyasal yapısı hidrokarbonların kompleks bir karışımıdır.

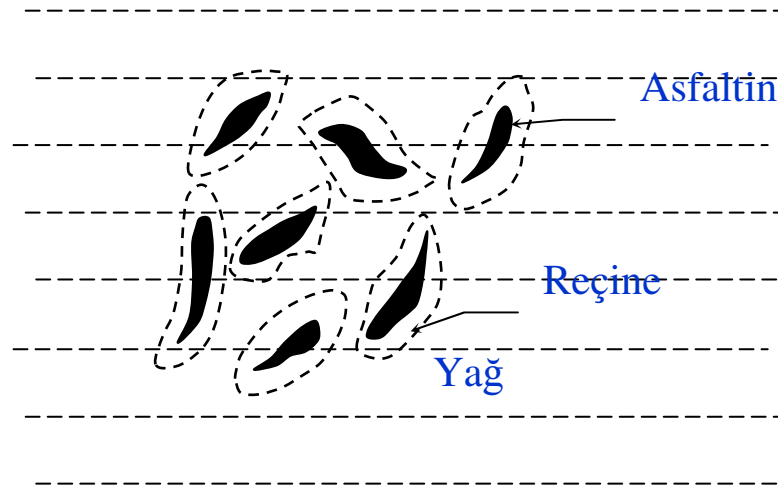
- Bitümlerin ortak özellikleri şöylece sıralanabilir :
- Sıcaklık derecesine bağlı olarak katı, yarı katı veya akıcı kıvamda olabilirler.
- Siyah veya koyu renklindedirler.
- Yüksek moleküler ağırlıkları vardır.
- Bağlayıcı (adhesif) özellikleri vardır.
- Çatlama ve ayrılma olmaksızın geçirimsiz ve plastik filmler meydana getirerek şekil değiştirme özelliğine (kohezyon) sahiptirler.

- Bitümlü malzemelerin yapışma ve düktilite özellikleri, karayolu ve kaplama işlerinde bu malzemeleri cazip kılmaktadır. Bitümlü malzemelerin, petrol kökenli olanları asfalt, kömür kökenli olanları katran adını alırlar. Katranın kalıntısı ise zifttir.

- ASTM'ye göre **asfalt**; “Rengi siyahtan koyu kahverengiye kadar değişebilen, kıvamı katı ya da yarıkatı olan, ısıtıldığı zaman yavaş yavaş yumuşayan, bileşimindeki esas madde bitüm olan ve doğada katı ya da yarıkatı halde bulunabilen veya ham petrolün distilasyonu ile elde edilen veya değişik orijinli bitümlerin karışımından oluşan bağlayıcı malzeme” olarak tanımlanır. Asfaltın kimyasal yapısı hidrokarbonların kompleks bir karışımıdır.

- İçinde yaklaşık oranlarda şu elementler bulunur :
- Karbon % 70-85
- Hidrojen % 7-12
- Nitrojen % 0-1
- Sülfür % 1-7
- Oksijen % 0-5
- Metaller çok az miktarda (oksit, tuz veya metal içeren organik bileşikler halinde)

- C/H oranı asfaltın davranış ve özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Bu oran düştükçe asfaltın moleküler ağırlığı ve viskozitesi de düşer. Kolloidal bir yapıda bulunan asfaltın yapısal elemanlarınının Şekil 16.1' de görüldüğü gibi aşağıdaki öğelerden oluştuğu varsayılır.



- 1- Asfaltinler : C/H oranları 0.8'den büyük, siyah, sert, geniş, yüksek moleküler ağırlıklı, viskoz hidrokarbon molekülleri.
- 2- Reçineler : C/H oranları 0.4-0.8 arasında değişen, orta moleküler ağırlık ve orta viskozitesi olan hidrokarbon molekülleri.
- 3- Yağlar : C/H oranları 0.4'den küçük en hafif moleküler ağırlıkta, en açık renkte ve en az viskoz hidrokarbon molekülleri.



- Asfaltlar iki ana sınıfa ayrılırlar:
- Doğal asfaltlar
- Petrol asfaltları
- **a) Göl asfaltları** - Bu tip asfalt göllerinin en büyüklerine Venezuela (Bermudez), Trinidad (Tobago) da rastlanmıştır.
- **b) Kaya asfaltları** - Bu tip asfaltlar kaya yarıklarında damarlar halinde veya gözenekli kayalar içinde (kumtaşı ve kireçtaşı) emilmiş olarak bulunur.

- **c) Asfaltitler** - Asfaltitler petrolün metamorfizması ile oluşmuş doğal asfalt benzeri maddelerdir. Güneydoğu Anadolu'da 20 değişik yerde, tahmini 36 milyon ton rezervi olduğu sanılmaktadır. En önemlisi Şırnak'ta bulunandır. Bölgede asfaltitten ısıtmada yararlanılmaktadır.

- **Petrol Asfaltı**

- Doğada üç tip ham petrol bulunur :
- 1- Asfaltik esaslı ham petrol
- 2- Parafin esaslı ham petrol
- 3- Karışık (Asfalt-Parafin) esaslı ham petrol

- Asfalt, ham petrolün cinsine göre değişen ayırıcılı damıtma işleminden elde edilir. En kolay şekilde asfalt, asfaltik esaslı ham petrolden basit bir damıtma işlemi sonucu elde edilir. Karışık esaslı ham petrolden asfalt elde edebilmek biraz daha karmaşık yöntemler gerektirir. Parafin esaslılardan sadece parafin elde edilir.

- **Petrol Asfaltının Elde EdiliŒi**

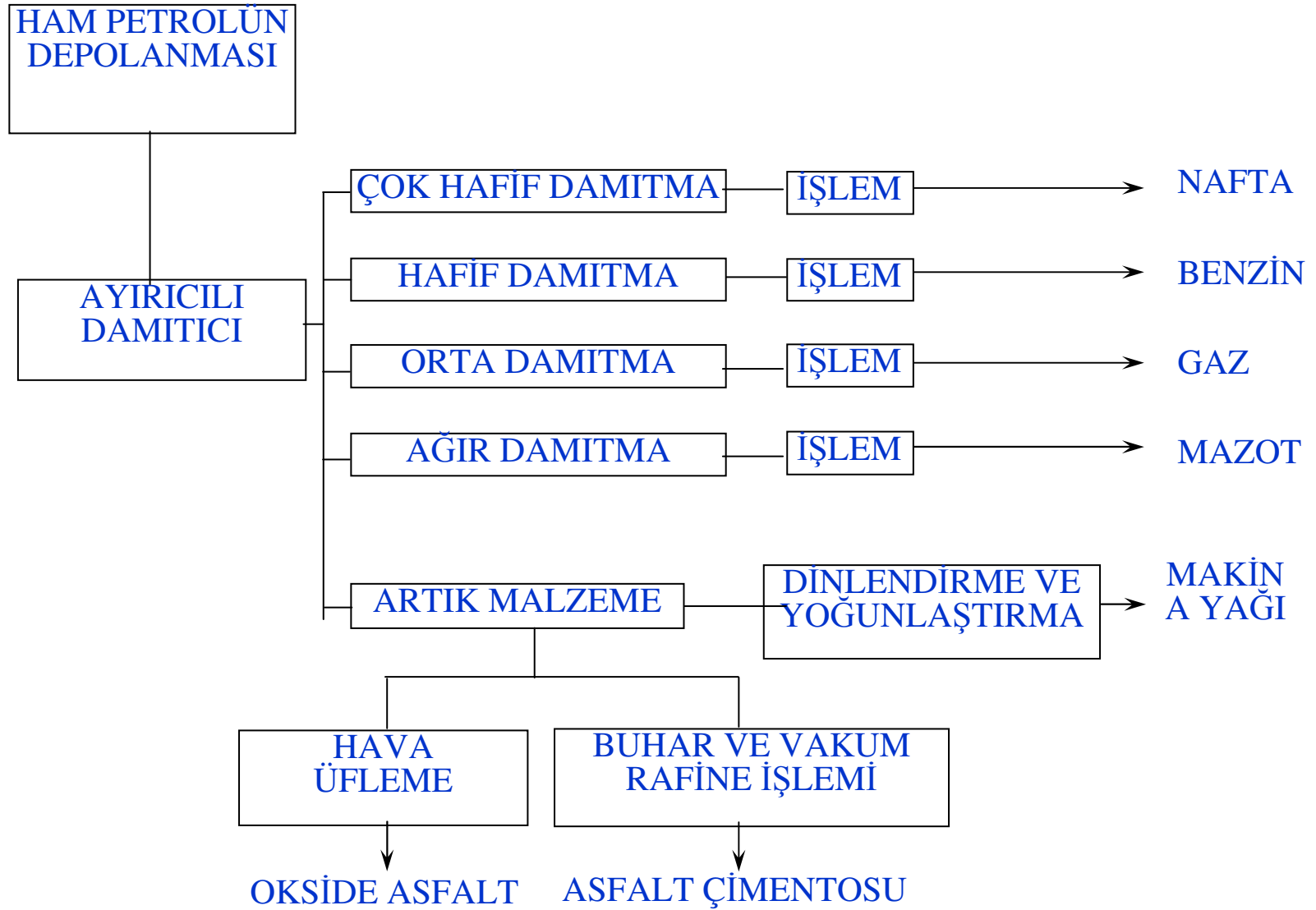
- Ham petrol, rafinerilerde cinsine göre vakum ve buhar damıtımı veya çözücü ekstraksiyonu iŒlemine tabi tutulur. Bu iŒlemler ayırıcılı damıtma iŒlemleridir. Rafineride ısıtılan ham petrol belirli sıcaklıklarda Tablo'da görülen deęiŒik ürünlere ayrılır. Damıtma iŒleminin kalıntısı ham asfalttır.

<b>DAMITMA DERECESİ</b>	<b>ÜRÜN</b>	<b>Kaynama Derecesi (°C)</b>
<b>Çok Hafif Damıtma</b>	<b>Nafta</b>	<b>25</b>
<b>Hafif Damıtma</b>	<b>Benzin(Gasoline)</b>	<b>38 - 204</b>
<b>Orta Damıtma</b>	<b>Gaz(Kerosene)</b>	<b>177 - 307</b>
<b>Ağır Damıtma</b>	<b>Mazot(Diesel oil)</b>	<b>218 - 371</b>
<b>Çok Ağır Damıtma</b>	<b>Makine Yağı</b>	<b>343'den büyük</b>
<b>Artık</b>	<b>Asfalt</b>	

- Damıtmadan çıkan ham asfalt artıklarınının üzerinden hava üfleme yöntemiyle okside (air-blown) asfaltlar elde edilir. Bu tür asfaltların hidrojenizasyon işlemi sonucu C/H oranı yükseldiğinden düktiliteleri azalır, penetrasyon değerleri düşer, yumuşama noktaları yükselir ve doğrudan üretilen asfalta göre sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenirler. Okside asfaltlar;
- Çatı yalıtımlarında,
- Su yalıtımı işlerinde,
- Boruların korozyona karşı korunmasında,
- Hidrolik yapı ve benzeri işlerde,
- kullanılırlar.

- AC ile simgelenen asfalt çimentoları kıvam ve kalite itibarı ile doğrudan yol yapımında kullanılmak üzere üretilen asfaltlardır. Penetrasyon değerleri 10 ila 300 arasında değişir. nemli yolların, kaplamaların yapımında, sıcak karışım yapımında kullanıldıkları gibi sıvı petrol asfaltları (katbekler), asfalt emülsiyonları ve modifiye asfaltlar AC'ler kullanılarak üretilir.





- **Sıvı Asfaltlar**
- Sıvı asfaltlar ikiye ayrılmaktadır.
- Katbek asfaltları
- Asfalt emülsiyonları

## **Katbek Asfaltları (CUT-BACK ASPHALTS)**

- Sıvı petrol asfaltı (SPA) olarak da adlandırılırlar. Bu tip asfaltlar, asfalt çimentosunun diğer petrol ürünleri ile karıştırılması ile elde edilir.

- **Hızlı kür olan RC (Rapid-Curing) katbekler:** Oldukça sert asfalt çimentosunun normal sıcaklıkta (25 oC) benzin veya nafta ile karıştırılması sonucunda elde edilir. Benzin düşük sıcaklıklarda uçtuğundan karışım çabuk kür olur. RC katbeklerle çalışırken yangına karşı önlem almak gerekir. RC'ler viskozitelerine göre RC-70, RC-250, RC-800 ve RC-3000 şeklinde sınıflandırılırlar.

- **Orta hızda kür olan MC (Medium-Curing) katbekler:** Orta kıvamda asfalt çimentosunun gazyağı gibi bir inceltici ile karıştırılması ile elde edilir. MC katbekler MC-30, MC-70, MC-250, MC-800 ve MC-3000 şeklinde sınıflandırılırlar.
- **Yavaş kür olan SC (Slow-Curing) katbekler:** Oldukça yumuşak asfalt çimentosunun mazot veya makina yağı ile karışımından elde edilir. Ayrıca SC tipi katbek doğrudan damıtma işlemi artıklarından da elde edilebilir.

- Katbek asfaltları sıkıştırılmış granüler temel tabakalarında astar olarak, sathi (yüzeysel) kaplamalarda ve soğuk agrega karışımlarında (road-mix ve yama karışımlarında) kullanılır. Katbek türlerinin kullanım yerlerine göre seçimi, istenen kür hızı, zemin cinsi ve iklim koşullarına bağlıdır. Örneğin, soğuk iklim koşullarında yapısı daha az kırılğan olan MC kullanılır. Sıcak ve ılıman iklimlerde RC kullanılır. SC ise daha çok toz-örtme, yerinde karışım (Road Mix) ve yama işlerinde kullanılır. Katbek asfaltların asfalt çimentolarına kıyasla soğuk agregalarla kullanılabilmeleri ve sıvı halde olduklarından ısıtılmalarına gerek olmaması avantajları vardır. Sadece kuru satıhlarda kullanılabilmeleri ise asfalt emülsiyonlarına göre bir dezavantajdır. Ancak aşağıda belirtilen nedenlerle tüm dünya'da katbek kullanımını gerilemekte ve emülsiyon tüketimi artmaktadır.

– **Asfalt Emülsiyonları**

- Yol inşaatlarında kaplama işlerinde kullanılan asfalt çimentoları normal sıcaklıklarda kıvamlı ve yarı-katı haldedir. Bu asfaltların kullanılabilirmeleri için belirli bir akışkanlığa getirmek üzere ısıtılmaları gerekir. Arazide ısıtma imkanlarınının kısıtlı olması ya da hiç olmaması, soğuk kullanılabilcek bağlayıcılar için bir talep doğurmuştur. Emülsiyon asfaltları bu probleme bir çözüm getirdiğinden, günümüzde önemleri giderek artmaktadır.

- Emülsiyon, birbiri ile iyi karışmayan iki sıvının birinin diğerinde çok küçük kürecikler halinde dağılmış halde bulunduğu heterojen bir karışımdır. Yol inşaatlarında kullanılan asfalt emülsiyonları asfaltın “dağınık faz”, suyun “sürekli faz” olduğu emülsiyonlardır.



- Asfalt emülsiyonları kimyasal yapılarına göre iki grupta sınıflandırılır:
- Anyonik emülsiyonlar
- Katyonik emülsiyonlar

- Asfalt emülsiyonlarının şu avantajları vardır :
- Normal sıcaklıklarda sıvı haldedirler, ısıtma gerektirmezler.
- Soğuk ve yaş agregalarla kullanılabilirler.
- Islak yüzeylere tatbik edilebilirler.
- Katbek asfaltlarında olan yangın tehlikeleri ve toksit etkileri yoktur.
- Diğer sıvı asfalt türlerine kıyasla daha ekonomiktirler.
- Çevre kirliliğine neden olmazlar.

- Emülsiyon yol yüzeyine uygulandıktan ya da agrega ile karıştırıldıktan sonra asfaltın sudan ayrılarak uygulandığı tabakaya veya agrega yüzeyine yapışması ve böylece bu yüzeyi kaplaması işlemine "kesilme" denir. Asfalt emülsiyonları kesilme hızına göre : RS (Rapid Setting) hızlı kesilen, MS (Medium Setting) orta hızda kesilen, SS (Slow Setting) yavaş kesilen tipleri vardır. Asfalt emülsiyonları hem yol yapımında hem de çok sayıda özel uygulamada kullanılabilir.

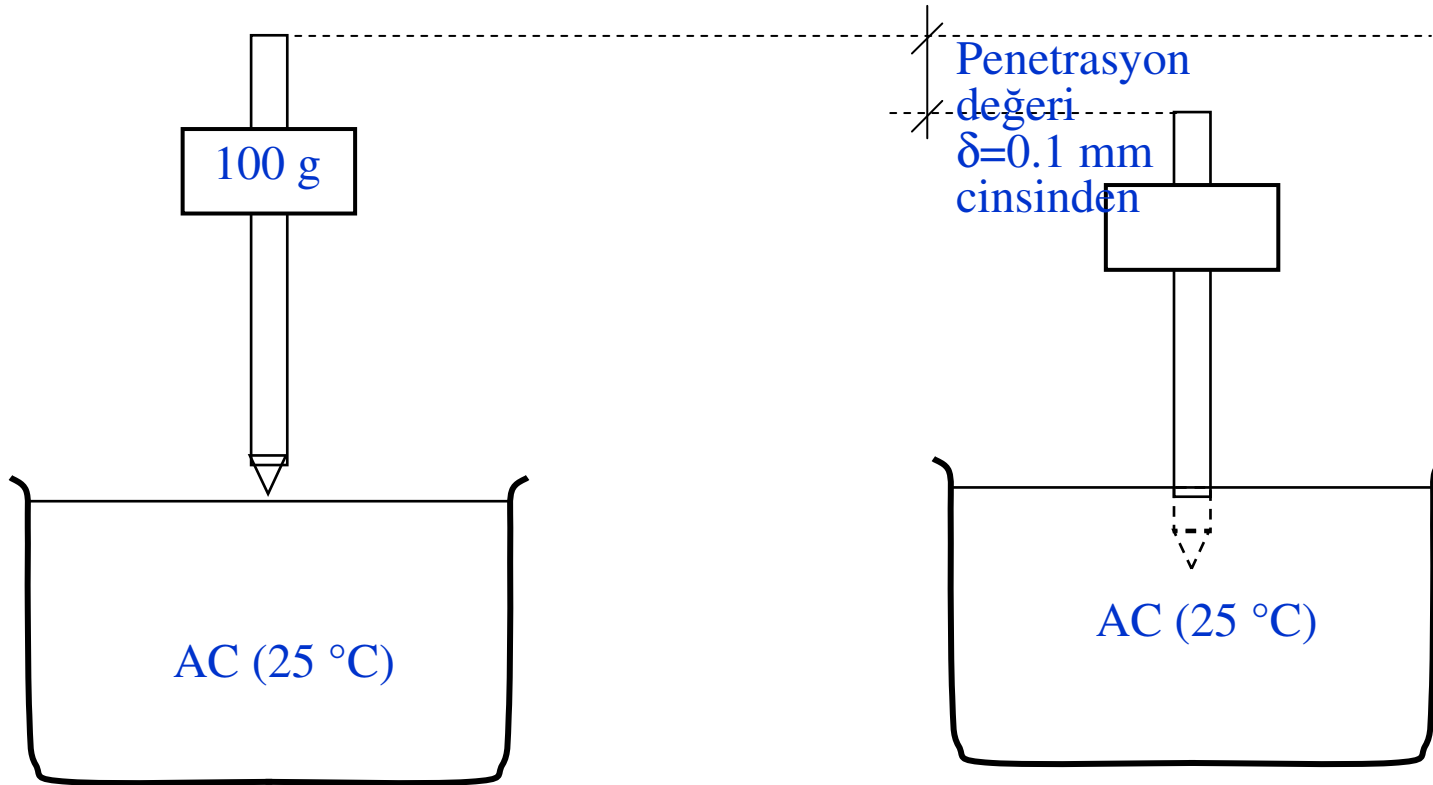
- RS tipleri RS-1 ve RS-2 şeklinde iki farklı kıvamda üretilir, yüzeysel (sathi) kaplamalar, harç tipi kaplamalar (slurry seal) ve benzeri yüzeysel işlemlerde püskürtme şeklinde kullanılırlar.

- MS tipleri MS-1 ila MS-4 olmak üzere 4 farklı kıvamda üretilir, yüzeysel kaplama işlemlerinde ve yamalarda kullanılır. SS tipleri ise SS-1 olarak tek kıvamda üretilir, en kalıcı olanlarıdır ve maksimum sıkıştırma stabilitesi sağlamak amacıyla dizayn edilmişlerdir.

# Asfalt DeneYleri

- Penetrasyon deneyi (ASTM D5, AASHTO T49, TS118)
- Düktilite deneyi (ASTM D113, AASHTO T51, TS119)
- Yumuşama noktası deneyi (ASTM D36, AASHTO T53, TS120)
- Isıtma kaybı ve kayıptan sonra penetrasyon deneyi (ASTM D6, AASHTO T47, TS121)
- Parlama ve yanma noktası deneyi (ASTM D92, AASHTO T48)
- Leke deneyi (AASHTO T102, TS1089)
- Eriyebilirlik deneyi (ASTM D4, AASHTO T44)
- Özgül ağırlık deneyi (ASTM D70, AASHTO T43, TS1087 )

- Penetrasyon deneyi bitümlü malzemenin belirli koşullardaki sertliğini (kıvamını) saptar. Deney bulguları asfalt çimentolarını sınıflandırır. Bu deney Şekil 'de görüldüğü gibi standart iğnenin, belirli yük, zaman ve ısıda, bitümlü malzeme içine batma miktarlarının ölçülmesi ile yapılır. Bu deneyde kullanılan standart yük 100 g, zaman 5 saniye ve sıcaklık 25 °C dir. Ölçüm 0.1 mm cinsinden yapılır.



- AC'ler batma miktarına göre AC 40-50, AC 60-70, AC 120-150, AC 200-300 şeklinde sınıflandırılır. Düşük penetrasyon dereceli olanlar sıcak iklimlerde kullanılır.
- Asfaltların sıcaklık değişimlerine karşı olan duyarlılıklarını ölçmek için en kısa ve en basit yöntem yumuşama noktası deneyi (yüzük ve bilya yöntemi) ile yumuşama noktasının bulunmasıdır. Yumuşama noktası (TRB), bir su banyosu içine yerleştirilmiş, üzerinde bir bilya bulunan, standart bir kalıp içindeki bitümlü malzemenin belli bir hızla ısıtılmasıyla, yumuşayan malzemenin tabana değdiği anda termometrede okunan sıcaklıktır.



# Yol Katranları (Road Tars)

- Petrol ürünlerinin yaygın kullanımı başlamadan önce en çok kullanılan bitümlü malzeme, kömür ürünü olan katran ve zift idi.
- Katran, zift ile hafif ve ağır yağların doğal ve yapay karışımıdır. Genellikle ham taşkömürünün karbonizasyonu sırasında çıkan buharların yoğunlaştırılmasıyla bir yan ürün olarak elde edilir. Bu işlem için genelde iki yöntem kullanılır :

- Ham katranın içinde fazla miktarda su bulunması ve ince kıvamlı tortulu bir halde olması nedeniyle yol bağlayıcısı olarak kullanılması bu haliyle mümkün değildir. Bu amaçla ham katran damıtılarak su, ince yağlar ve ağır yağlar ayrılır. Damıtılmayan çökeleğe **zift** adı verilir.

- Katranlar asfalttan daha yumuşak olup, RT1 - RT12 arasında sertliğine gore sınıflandırılırlar. rneğin, RT12 yaklaşık AC-200'un kıvamındadır. En hafif kıvamda olan RT1 ve RT2 toz-rtu işlemlerinde, astar tabakasında, orta sertlikte olanlar (RT7, RT8, RT9) yuzey kaplama işlerinde kullanılır. Sert olanları (RT10, RT11, RT12) katran betonu olarak, sıcak işlemlerde yuzey kaplaması ve tamir işleri icin uygundur. Zift ise yalıtım işlerinde kullanılır.

- Asfaltlar ve katranlar arasında görünüş ve bazı özellikler yönünden büyük benzerlikler bulunmasına karşın, yapı malzemesi olarak bazı farklılıkları vardır. Asfaltlar aynı penetrasyon veya viskozitesi olan katranlara oranla daha dayanıklıdır. Çünkü katranların dağıtıcı fazını oluşturan hafif yağların stabilitesi az olduğundan, zamanla yüzeysel tabakalarda elastik özellik ve kohezyon zayıflamaktadır.

- Buna karşılık, katranlar asfalta kıyasla kimyasal etkilere daha dayanıklıdır. Ancak sıcaklığa karşı daha duyarlı olup, yüksek sıcaklıklarda daha fazla şekil değiştirirler. Islak agregaya, asfalta kıyasla daha iyi yapışırlar ve temizlenmeleri daha zordur. Soyulmaya karşı daha mukavemetlidirler.

- Katranların özgül ağırlığı 1.16 - 1.22 dolaylarında olup, asfaltın özgül ağırlığından (0.95-1.05) daha fazladır. Katranlar kağıt üzerinde siyah noktalar şeklinde leke bırakırlar. Asfaltlar ise aynı zemin üzerinde zeytinyağı lekesine benzer, sarı-kahverengi homojen bir leke bırakırlar.

- Kolloidal bünnyeleri dolayısıyla bazı koşullara uyararak, katran ve asfaltları birbirleriyle karıştırarak, daha üstün kalitede, daha kullanışlı malzemeler elde edilebilir. Uygulamada, asfalta katılan katran oranının ortalama % 20'yi, katrana katılan bitüm oranının ise % 25-30'u geçmemesi önerilir. Aksi halde katran dibe çöker. İyi bir karışım elde edebilmek için, istenen oranlarda malzemeler ayrı ayrı 100 oC civarında ısıtılır ve iyice çalkalanarak az miktarlarda karıştırılır.



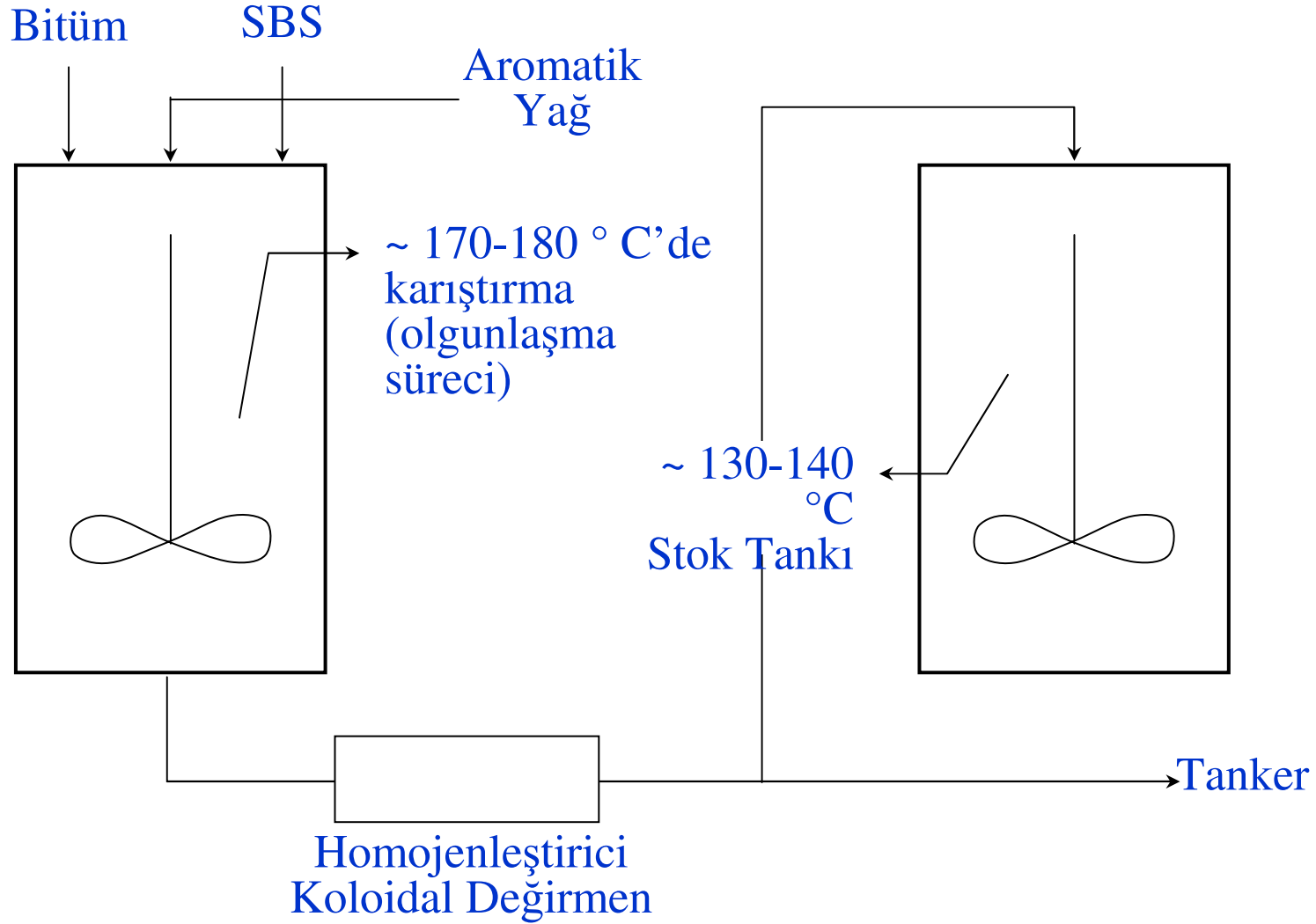


## **Modifiye Bitümler (veya Modifiye Asfaltlar)**

- Asfalt ve yol kaplamalarının, yalıtım ve yalıtım örtü malzemelerinin performans yönünden üstün nitelikli, bakım onarım gereksinimi ve maliyetinin az olması istenmektedir. Özellikle esnek yol üstyapı kaplamaları kendilerinden beklenen fonksiyonları yerine getirebilmeleri için;
- Kalıcı deformasyonlar,
- Yorulma çatlakları,
- Düşük sıcaklık çatlakları,
- Soyulma,
- Düşük durabilite,

- gibi başlıca bozulmaların en aza indirgenmesi sağlanmalıdır. Bu nedenle bitümlerin özelliklerini iyileştirerek, bağlayıcının ve/veya karışımın performansını arttırmak amacıyla modifiye edici katkıların belirli oranlarda ve şartlarda ya bitüm içerisine ya da tesiste (plentte) karışım içine katılır. Bu şekilde elde edilen bitüme **Modifiye Bitüm** karışıma ise **Modifiye Edilmiş Karışım** adı verilir.

- Modifiye bitümler günümüzde en çok polimerlerle elde edilmektedir. Bu amaçla kullanılan polimerler üç ana sınıfa ayrılmaktadır:
- Elastomerler (SBS\*, lateks vb.),
- Plastomerler (EVA\*\*, polietilen vb.),
- Termosetting polimerler (epoksi reçineleri).



# Dolgulu Malzeme

- Hidrokarbon bağlayıcıları malzemeyi bazı işler için daha koyu kıvama getirmek yani viskozitelerini yükseltmek mümkündür. Bu amaçla bitümlü malzemelere filler, cam lifi, selüloz gibi dolgu malzemeleri karıştırılır. Filler, 0-75 mikron arasındaki çaplarda mineral kökenli ince malzemedir.
- Hidrokarbon bağlayıcıları için en iyi filler malzemeleri kömür tozu ve kalker kökenli mıcır tozudur.

# Bitümlü Malzemelerin İnşaat Mühendisliğinde Kullanım Alanları

- Yapıları su ve rutubete karşı korumak amacıyla yalıtım malzemesi olarak kullanılır.
- Ses yalıtım malzemesi olarak elyaflı malzemeler bitümlle karıştırılıp, basınç altında sıkıştırılarak plaka halinde, ses geçirgenliği çok düşük olan antivibrol bir malzeme elde edilir.

- Hidrokarbonlu malzemeler antikorozyon özelliklerinin çok iyi olması nedeniyle, metallerin korozyonunu önleyici boya maddesi olarak kullanılır. Ahşabın korunmasını sağlamak amacıyla, yüzeysel boya işlemlerinde kullanıldığı gibi, çürümeyi önleyici kreozotların kökeni de hidrokarbonlu maddelerdir.

- Hidrokarbonlu malzemenin en çok kullanıldığı alan yol, kaldırım, pist, baraj, kanal vb. bayındırlık işleridir.
- Yollarda aşağıdaki şekillerde kullanılan bitümlü malzemenin türü yolun önemine, trafiğin yoğunluğuna, iklim koşullarına, yol yapım koşullarına, malzemenin elde edilebilirliği gibi faktörlere bağlı olarak ekonomik olarak seçilmelidir.



# Zemin stabilizasyonu

- **Üzerinden hafif araçların seyrek olarak (günde ortalama 100 taşıt) geçtiği yolların; kurak mevsimlerde toz, yağışlı havalarda çamur yapmasını önlemek için stabilizasyon işlemi yapılır.**

- Sathi kaplama hazırlanan yüzey üzerine bitüm ve agreganın ayrı ayrı ve ardarda uygulanması ile yapılır. Sathi kaplamaların işlevleri; toz ve çamuru önlemek, suyun alt tabakalara nüfuzunu önlemek, konforlu bir sürüş yüzeyi oluşturmak, pürüzlülüğü (sürtünme katsayısı) yüksek bir aşınma tabakası oluşturmaktır.

# Asfalt Yollar

- Trafik yükünün artmasıyla örtü tabakaları gibi, temel tabakasında da bağlayıcı olarak bitüm kullanılmaya başlanmıştır.
- Malzeme yol üzerinde hazırlanıp, kullanılırsa bu yönteme **Road Mix** adı verilir. Bu yöntemde asfalt emülsiyonları ve katbekler uygun sonuçlar verir. Asfalt karışımları ayrıca, asfalt plantlerde hazırlanıp taşınarak yol üzerine uygulanabilir.
- Ağır ve yoğun trafiğe sahip yollarda ve havaalanlarında, genellikle bağlayıcı özelliği yüksek olan asfalt çimentoları kullanılır. Kullanılan bitüm sınıfı, trafik hacmine ve iklim koşullarına göre değişir.



Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

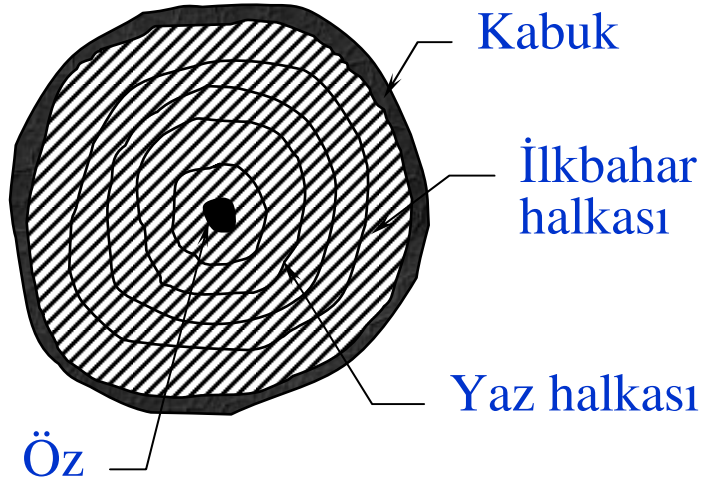
# YAPI MALZEMESİ I DERSİ

# AHŞAP

*Doç. Dr. Halit YAZICI*

<http://kisi.deu.edu.tr/halit.yazici/>

- Canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen lifli, heterojen ve anizotrop yapı malzemesine **ahşap** denir. Ahşap insanlığın ilk yapı malzemelerinden birisidir. Her ne kadar günümüzde ahşabın taşıyıcı eleman olarak kullanımını azalmış ise de yine de ahşap önemli bir yapı malzemesi olma niteliğini korumaktadır.
- Ahşap günümüzde taşıyıcı malzeme olarak çatılarda, betonarme inşaatın iskele ve kalıplarında kullanılır.



- Doğada çok sayıda ağaç türü olmasına karşın, önemli ekonomik değer taşıyan ağaç sayısı sınırlıdır. Yapılarda kullanılan ahşabın önemli bir kısmı çam, meşe, ceviz, dişbudak, kavak, selvi, kayın, köknar, sedir ve karaağaç gibi ağaçlardan elde edilmektedir.

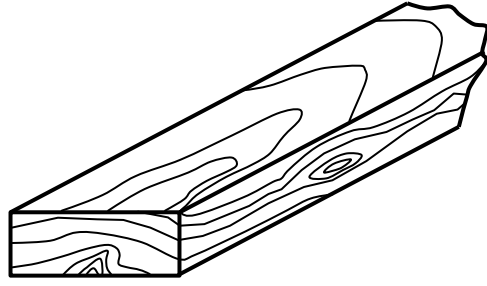
- Yapı mühendisliğinde kullanılan ağaç türleri kozalaklı ağaçlar (koniferler) ve yapraklı (veya yaprağını döken) ağaçlar olmak üzere başlıca iki gruba ayrılırlar. Mühendislikte kullanılan ahşabın % 80'i kozalaklı ağaçlardan sağlanır. Bunlar iğne yapraklı, çıralı ağaçlar olup, bütün yıl yeşil kalırlar. Kozalaklı ağaçlar, çamlar ve köknarlar şeklinde iki ana gruba ayrılırlar. Sedir, ladin, ve selviler de değerli kozalaklı ağaçlardandır.

- Ahşabın teknik özelliklerini; anatomik yapısı, iklim, toprağın durumu, ormanın sıklığı, güneşlenme, ahşabın kusurları (budaklar, gelişme kusurları, yarıklar, öz kayması, çift öz), ahşap hastalıkları (bakteriler, mantarlar, böcekler, kurtlar) gibi etkenler büyük ölçüde değiştirebilir. Hatta aynı ağacın değişik yerlerinden elde edilen ahşaplar bile farklı davranışlar gösterebilirler.

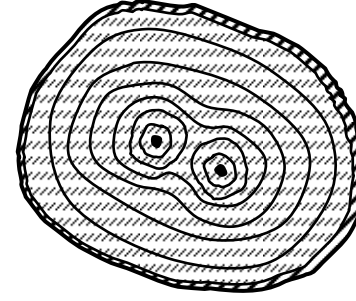


- Bu nedenle ahşabın teknik özelliklerini saptarken çok sayıda deney yapmak gerekir. Bu özelliklerden ahşabın kusurları ayrı bir öneme sahiptir. Ahşaplar içerdikleri kusurlara göre 1., 2. ve 3. sınıf ahşap olarak sınıflandırılır. Genel olarak ahşap kusurları kaynak ağaca bağlı kusurlar, kerestede ki kusurlar ve imalat sırasındaki kusurlar olmak üzere üç grupta toplanabilir.

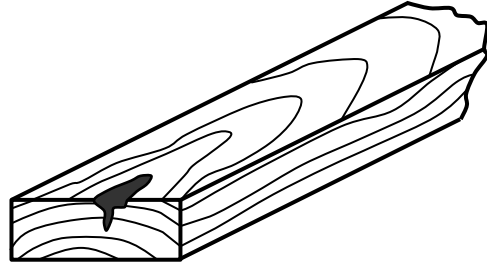
- Budaklar, yarıklar, peşlenme (eşit olmayan hacim değişimi), eğik lifler, reçine keseleri de kereste kusurlarındandır. Ahşabın kurutulması ve istiflenmesi sırasında oluşabilecek çarpılmalar, biçilme sırasında oluşabilecek hatalara bağlı kaçıklıklar (çap ve en kaçıklıkları), ondüleler ve testere yanıkları (hızlı çalışan kör testere nedeniyle oluşan yanıklar) da imalat hatalarının başında gelir. Şekil 'de bazı ahşap kusurları görülmektedir.



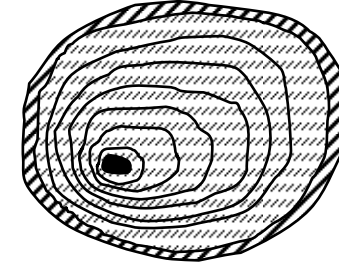
Budaklar



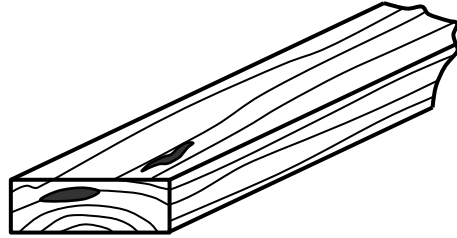
Çift Öz



Yarıklar



Öz  
Kayması



Yıllık halkalara paralel  
çatlak

- oran yeni kesilmiş ağaçta % 130 - % 50, piyasada kuru kabul edilen ahşapta % 22 - % 18, yapay yöntemlerle fırında kurutulmuş olanlarda % 8'in altında olabilir. Ahşabın fiziksel özellikleri, nem oranı ile büyük ölçüde etkilenir. Aynı ahşap değişik nem oranlarında farklı davranış gösterir. Ahşap kururken hacim kaybına uğrayarak büzülür. Ağaç kuruyunca sertlik, dayanım gibi bir kısım özellikleri düzelir ancak enerji yutma kapasitesi azalır. Bu nedenle ahşabın özellikleri standart olarak, % 12-15 arasında nem derecesinde bulunan örnekler üzerinde saptanır.

- **Birim Hacim Ağırlık** - Ahşabın birim hacim ağırlığı, belirli nem derecesindeki örneğin ağırlığının hacmine olan oranıdır. Ahşapta birim hacim ağırlık ve nem birbirine bağlı değerlerdir. % 15 neme karşıt gelen birim hacim ağırlık (D15) normal birim hacim ağırlık olarak kabul edilir. Birim hacim ağırlık ahşabın türüne göre ortalama olarak 0.1 t/m<sup>3</sup> ile 1.5 t/m<sup>3</sup> arasında değişir

- **Sıcaklık Genleşmesi** - Her cisimde olduğu gibi ahşabın da boyutlarında sıcaklık etkisi ile değişiklikler olur. Sıcaklığın artımı ile hacmi genişleyen ahşabın, soğğun etkisiyle hacmi azalır. % 0 nem ve 0 oC'de saptanan ısıl genleşme katsayısı lifler doğrultusunda  $0.5 \times 10^{-4}$ , liflere dik doğrultuda  $0.05 \times 10^{-4}$  değerindedir.

- **Isı İletkenliği** - Ahşap hücreli yapısı ve yapının aslını oluşturan maddenin selüloz olması nedeniyle, ısı bakımından kötü bir iletkenidir. Bu nedenle bölme, kaplamalar için uygun bir malzeme değildir. Isı iletkenlik katsayısı çamda 0.27 kcal/moCh, meşede 0.58 kcal/moCh civarındadır.

- **Elektrik İletkenliği** - Kuru ahşap elektriği pratik olarak iletmez. Ancak nem derecesinin artımı ile iletkenliği de hızla artar. Kuru ahşap alçak gerilimde izolasyon maddesi olarak kullanılır.



- **Dayanıklılık** - Ahşabın dayanıklılığı doğal haliyle, koruyucu işlemlere tabi tutulmaksızın dış etkenlere dayanmasıdır. Bu dayanıklılık türlere göre değişir. Bazı türlerde mikroorganizma üreyemez, yapılarında doğal antiseptik maddeler vardır. Örneğin kestane, meşe, çam, bu tür etkilere oldukça dayanıklıdır. En dayanıklı ahşap türleri yapraklılarda; meşe, kestane, karaağaç, gürgen, akasyadır. Çıralılarda ise kara çam ve diğer çamlar sıralanabilir. Az dayanıklı türleri ise yapraklılarda; dişbudak, kayın, çınar, kavak, söğüt, ıhlamurdur. Çıralılarda ise köknar ve ladin olarak sıralanabilir.

## ■ Mekanik Özellikler

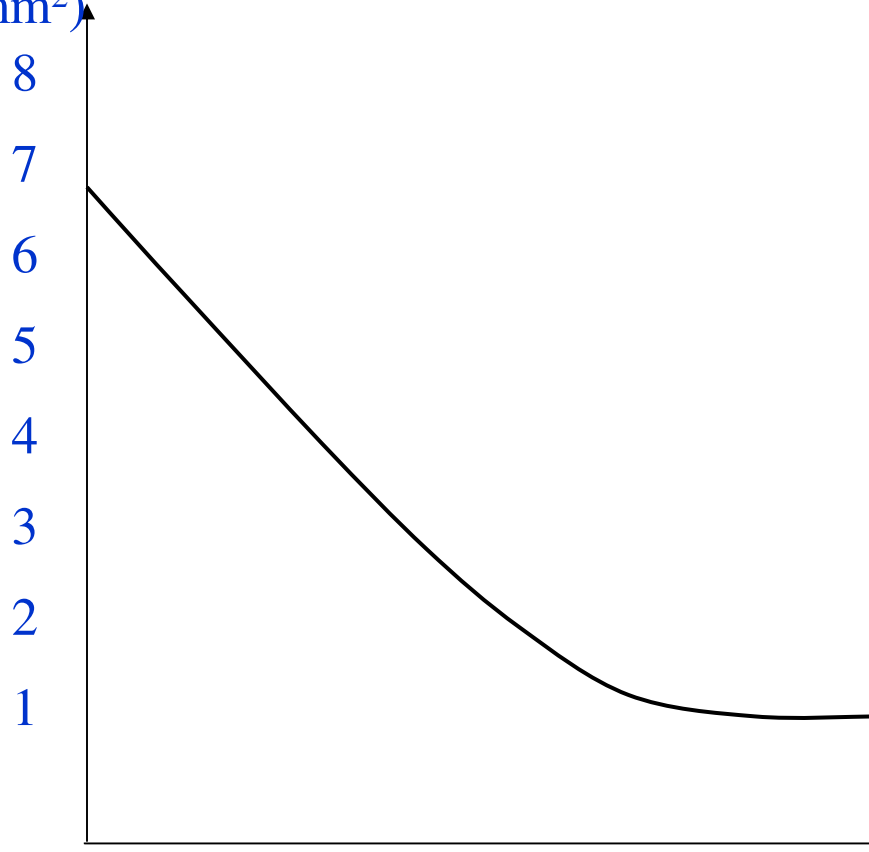
- Karışık, heterojen ve anizotrop yapısı nedeniyle ahşabın mekanik özelliklerini incelemek kolay değildir. Ahşabın değişik mekanik etkilere karşı gösterdiği dayanım türlerine göre ve aynı türlerin değişik örneklerine göre farklılıklar gösterir. Daha önce verilen bilgilerden de anlaşılacağı gibi ahşabın mekanik özellikleri anatomik yapısı, yoğunluk, nem derecesi, kuvvetlerin uygulandığı yönler, korunma derecesi gibi etkenlere bağlıdır. Örneğin su içeriğine bağlı olarak, birim hacim ağırlığı  $0.42 \text{ kg/dm}^3$  olan bir kozalaklı ağacın basınç dayanımının (lifler doğrultusunda) değişimi Şekil'de görülmektedir.

Basınç Dayanımı (MPa)  
( $\text{N/mm}^2$ )

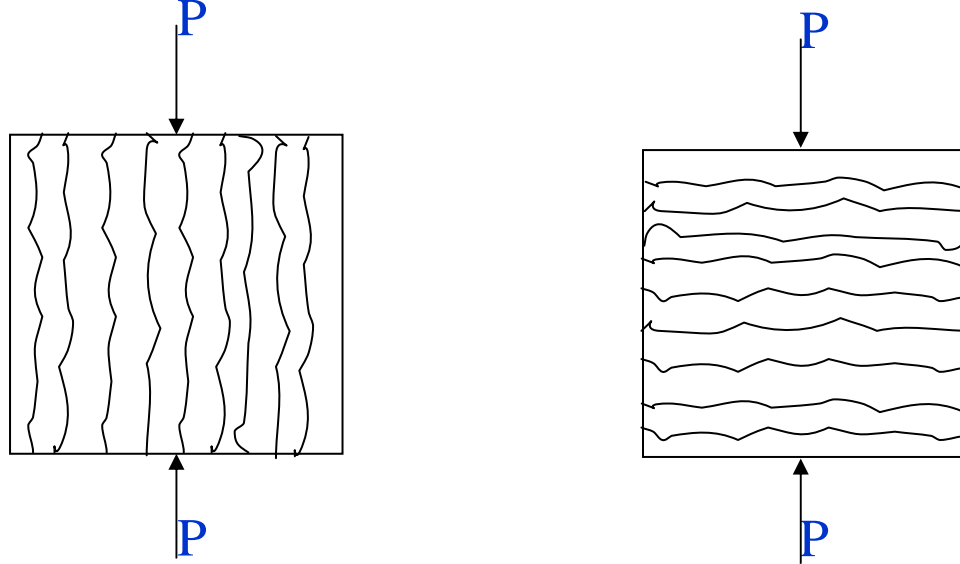
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

10 20 30 40 50

w (% su içeriği)



- Anizotropi nedeniyle ahşabın mekanik özelliklerini iki yönde incelemek gerekir (Şekil 17.5).
- Eksenel yön (lifler boyunca),
- Transversal yön (liflere dik doğrultuda).



Emniyet Gerilmeleri (MPa)	III.SINIF		II.SINIF		I.SINIF	
	ÇAM	KAYIN ve MEŞE	ÇAM	KAYIN ve MEŞE	ÇAM	KAYIN ve MEŞE
Çekme //	-	-	8.5	10.0	10.5	11.0
Basınç //	6.0	7.0	8.5	10.0	11.0	12.0
Basınç ⊥	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
// : Liflere paralel doğrultuda ⊥ : Liflere dik doğrultuda						

- Ahşap ile ilgili olarak emniyet kat sayıları değişkenliklerin fazlalığı nedeniyle 5 ~ 10 arasında değişen değerler alır. Tablo 'da bazı ahşap türleri için alınan emniyet gerilmeleri verilmiştir.

- Ahşabın elastisite modülü de liflere dik ve paralel doğrultularda değişmektedir. Elastisite modülü çamlarda liflere paralel doğrultuda 10 000 MPa, liflere dik doğrultuda 300 MPa'dır.
- Meşe ve kayın için bu değerler sırasıyla 12500 MPa ve 600 MPa olarak alınabilir.
- Ahşabın eğilme dayanımı 60-130 MPa arasında değişen değerler alır. Örneğin, III. Sınıf çamın eğilme dayanımı 65 MPa, gürgenin 130 MPa'dır.

- Yüzeysel korumada ahşabın yüzü nemin geçmesine ve zararlı mikroorganizmaların gelişmesine engel olmak amacıyla bir koruyucu tabaka ile örtülür. Bu amaca ulaşmak için en çok kullanılan yöntemler şöylece sıralanabilir :

- **Boyama** - Yapıların iç kısımlarındaki ahşabın korunması için elverişlidir ancak dış kısımlarda da kullanılır. Yağlı boya ile boyanmış ahşabın beş, altı yılda bir yeniden boyanması gerekebilir.
- **Katranlama** - Hava ile temas halinde olan kaba yapı elemanları (direk, kazık, tahta perde vb.) gibi görünüşün önemli olmadığı yerlerde kullanılır. Bu yöntemde bitümlü malzeme ahşaba sıcak ve soğuk olarak sürülür.



- **Yüzeysel yanma** - Ahşabın yüzeyine alev püskürtmek suretiyle ahşap yüzeysel olarak kömürleştirilir. Böylece malzeme yüzeyi dış etkenlere karşı çok dayanıklı hale gelir.
- **Çivileme** - Su içinde bulunan ahşaba saldırabilen bazı kurtlardan korumak amacıyla, iri (yaklaşık 15 mm) ve yuvarlak başlı özel çiviler yan yana çivilenir. Bir süre sonra ahşabın yüzeyi bir pas tabakası ile örtülür ve bu pas örtüsü kuruyucu bir tabaka oluşturur.

- **Daldırma** – Ahşap, türüne göre kısa veya uzun süreli bir sıcak antiseptik banyosuna daldırılır. Bu banyolar için en çok bakır sülfat, çinko klorür ve lizol gibi maddeler kullanılır. Daldırma bir derinlemesine koruma türüdür. Bazı tür kimyasallar ahşaba basınçlı yöntemlerle emdirilmektedir. Emprenye denilen bu ahşap türü dış etkilere çok dayanıklı olmaktadır.

- **Kontraplaklar** - Açma yöntemiyle elde edilen yapraklar, lif doğrultuları birbirlerine dik tabakalar Şeklinde sıcak veya soğuk olarak preslerde hayvansal veya plastik esaslı tutkallarla yapıŐtırılır. Bu levhalara kontraplak denir. Güzel görünüm sağlamak amacıyla genellikle dilme işlemi ile elde edilen levhalar dış kapak olarak dıŐlara yapıŐtırılır.

- **Suni tahtalar** - Kıyılan ve hamur hale dönüştürülen ahşap, çeşitli yöntemlerle yapay ahşap levhalar haline getirilir. Bunlar doğal kereste yerine; izolasyon levhası, sert levha (sunta, MDF) olarak doğrama, kaplama, döşeme vb. malzemesi olarak geniş kullanım alanı bulurlar.

Yapıdaki İşlevi	Yapı Elemanı	Ahşap Malzemeler	En (cm)	Kalınlık (cm)	
Taşıyıcı Elemanlar	Çatı	Mertek	5-8	10-12	
		Mahya aşığı	12	16-18	
		Gergi	10-16	16-18	
		Baba	16	16	
		Bırakma Kirişi	8-12	14-16	
		Damlalık aşığı	10-12	10-12	
		Göğüsleme	6-8	12	
		Kuşak	5-6	10-18	
		Yastık	8	10-20	
		Dikme	10-12	10-12	
Karkas duvar	Dikme	Ara dikme	12-14	12-14	
		Payanda	7-6	12-14	
			12-14	12-14	
Döşeme	Kadron	Ana kiriş	4-5	4-5	
		Taban	12-14	18-20	
		Kiriş	12	14	
			6-8	18-20	
Kaplama Elemanları	Duvar	Dış kaplama	14-18	2.5	
		İç kaplama	12-18	2	
		Lambri	4-5	2	
	Döşeme	Kaba Dös.Kapl.	Parke	8	2-4
			Mozaik parke	3-6	2
				12x12	0.9
Doğrama Elemanları	Pencere	Kasa (Teloro)	4.5-5.6	9-10	
		Kanat	4.5-6	6-8.5	
		Kayıt	4.5-5.6	4.5-10	
	Kapı	Alt başlık	Seren	4.5	18
			Kayıt	4.5	14
			Üst başlık	4.5	6
				4.5	12



Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

# YAPI MALZEMESİ I DERSİ

# AHŞAP

*Doç. Dr. Halit YAZICI*

<http://kisi.deu.edu.tr/halit.yazici/>