

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**TESİSAT TEKNOLOJİSİ VE  
İKLİMLENDİRME**

**BAKIR VE ALÜMİNYUM BORULARI  
MONTAJA HAZIRLAMA  
582YİM003**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

|   |     |
|---|-----|
| AÇIKLAMALAR .....   | iii |
| GİRİŞ .....   | 1   |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....   | 3   |
| 1. BORULARIN KESİLMESİ.....   | 3   |
| 1.1. Bakır ve Alüminyum Boruların Özellikleri .....                     | 3   |
| 1.1.1. Soğutma Endüstrisinde Kullanılan Alüminyum Borular .....         | 5   |
| 1.1.2. Soğutma Endüstrisinde Kullanılan Bakır Borular .....             | 5   |
| 1.1.3. Boru Ölçüleri.....   | 7   |
| 1.1.4. Bakır Boru Kullanım Alanları.....                                | 8   |
| 1.2. Bakır Boru İşçiliği.....   | 8   |
| 1.2.1. Bakır Boruların Montaja Hazırlanmasında Kullanılan Takımlar..... | 9   |
| 1.2.2. Ölçme İşleminde Kullanılan Takımlar .....                        | 9   |
| 1.2.3. Kesme İşinde Kullanılan Takımlar .....                           | 10  |
| UYGULAMA FAALİYETİ.....   | 12  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....   | 14  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....   | 15  |
| 2. BORULARI RAYBALAMA.....  | 15  |
| 2.1. Bakır ve Alüminyum Boru Raybası .....                              | 15  |
| 2.2. Rayba Kullanarak Çapak Alma İşlemi .....                           | 16  |
| 2.3. Yuvarlak Eğe Kullanarak Çapak Alma İşlemi .....                    | 16  |
| 2.4. Yuvarlak Tel Fırça Kullanarak Çapak Alma.....                      | 17  |
| 2.5. Boru Keskisi Üzerindeki Raybayı Kullanarak Çapak Alma .....        | 17  |
| 2.6. Zımpara ve Sentetik Ped Kullanarak Boruların Temizliği .....       | 18  |
| UYGULAMA FAALİYETİ.....   | 20  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....   | 22  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....   | 23  |
| 3. BORULARA MUF AÇMA .....  | 23  |
| 3.1. Bakır Borulara Muf Açmada Kullanılan Takımlar .....                | 24  |
| 3.1.1. Muf Açma Aparatı .....   | 24  |
| 3.1.2. Muf Açma Zımbası .....   | 24  |
| 3.2. Muf Açma Teknikleri.....   | 25  |
| 3.2.1. Muf Açma Öncesi Boru Ağızlarının Yağlanması .....                | 25  |
| 3.2.2. Havşa Aletine Borunun Bağlanması .....                           | 26  |
| 3.2.3. Boru Zımbası ve Şişirme Aparatının Takılması.....                | 27  |
| 3.2.4. Bakır Boruya Muf Açılması.....                                   | 27  |
| 3.3. Muflu Ara Bağlantı Parçaları .....                                 | 28  |
| UYGULAMA FAALİYETİ.....   | 30  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....   | 32  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-4 .....   | 33  |
| 4. BORULARA HAVŞA AÇMA .....  | 33  |

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Havşa Yapımında Kullanılan Takımlar.....                     | 33 |
| 4.2. Havşa Açma Öncesi Hazırlık İşlemleri.....                    | 34 |
| 4.3. Havşa Takımını Kullanarak Havşa Açmak.....                   | 35 |
| 4.3.1. Tek Cidarlı Havşa.....                                     | 35 |
| 4.3.2. Çift Cidarlı Havşa.....                                    | 37 |
| 4.3.3. Havşa Yapımında Meydana Gelebilecek Hatalar.....           | 38 |
| 4.4. Havşalı Birleştirmelerde Kullanılan Bağlantı Parçaları.....  | 39 |
| UYGULAMA FAALİYETİ.....   | 41 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....                                       | 43 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-5.....  | 45 |
| 5. BORULARI BÜKME.....  | 45 |
| 5.1. Bakır Boruların Şekillendirilmesinde Kullanılan Araçlar..... | 45 |
| 5.1.1. Boru Bükme Yayları.....                                    | 45 |
| 5.1.2. Manivela Tipi Bakır Boru Bükme Aletleri.....               | 46 |
| 5.2. Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükme.....                         | 48 |
| 5.2.1. 6-10 mm Çapa Kadar Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükme.....    | 48 |
| 5.2.2. Bükme Yayı Kullanarak Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükme..... | 49 |
| 5.2.3. 10-22 mm Çapa Kadar Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükme.....   | 50 |
| UYGULAMA FAALİYETİ.....   | 51 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....                                       | 53 |
| MODÜL DEĞERLENDİRME.....  | 55 |
| CEVAP ANAHTARLARI.....  | 57 |
| KAYNAKÇA.....   | 58 |

# AÇIKLAMALAR

|  |   |
|--|---|
| <b>KOD</b>                                     | <b>582YIM003</b>  |
| <b>ALAN</b>                                    | <b>Tesisat Teknolojisi ve İklimlendirme</b>   |
| <b>DAL/MESLEK</b>                              | <b>Alan Ortak</b>   |
| <b>MODÜLÜN ADI</b>                             | <b>Bakır ve Alüminyum Boruları Montaja Hazırlama</b>  |
| <b>MODÜLÜN TANIMI</b>                          | Temel bakır boru işçiliğinde ölçme, markalama, kesme, raybalama, muf açma, havşa açma ve boruları bükme tekniklerinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.  |
| <b>SÜRE</b>                                    | 40/32   |
| <b>ÖN KOŞUL</b>                                | Ön koşul yoktur.  |
| <b>YETERLİK</b>                                | Bakır ve alüminyum boruları motaja hazır hâle getirmek  |
| <b>MODÜLÜN AMACI</b>                           | <b>Genel amaç</b><br>Bakır boru işçiliğinde; ölçme, markalama, kesme, raybalama, muf açma, havşa açma ve boruları bükme tekniklerini uygulayarak gerekli araç ve donanımı seçebileceksiniz.<br><b>Amaçlar</b><br><b>1.</b> Gerekli donanımı kullanarak bakır ve alüminyum boruları kesebileceksiniz.<br><b>2.</b> Bakır ve alüminyum boruların kesilmesi sırasında boru ağızlarında oluşan çapakların alınmasında ve ezilen boru ağızlarının düzeltilmesinde rayba kullanabileceksiniz.<br><b>3.</b> Aynı çaplı boruları kaynakla birleştirebilmek için muf açma aparatı kullanarak montaja hazırlayabileceksiniz.<br><b>4.</b> Rakorlu, çözülebilir birleştirmeler yapmak için havşa açma aparatı kullanarak bakır boruları montaja hazırlayabileceksiniz.<br><b>5.</b> Boru dönüş ve atlamanın gerektiği tesisatlarda bükme aparatları kullanarak bakır boruları büküp montaja hazır hâle getirebileceksiniz. |
| <b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b> | <b>Ortam:</b> Sınıf, atölye, laboratuvar, kütüphane, internet ortamı<br><b>Donanım:</b> Bilgisayar, çeşitli katalog ve teknik dokümanlar, tesisat şemaları, tesisat, ısıtma ve soğutma takımları, boru keskisi, bakır boru raybası, muf açma aparatı, zımba, çekiç, havşa açma aparatı, havşa konisi, havşa mengenesi, bakır boru bükme aparatları, bükme yayları vb. takımlardır.  |

**ÖLÇME VE  
DEĞERLENDİRME**

Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.  
Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

İnsanoğlu var oldukça vazgeçilmez ihtiyaçlarının karşılanması; hem akışkanların şartlandırılmasına yönelik uygulamalar (sıhhi tesisat, ısıtma, iklimlendirme vb.) hem de gıda ve tıbbi maddelerinin soğukta muhafazası vb. uygulamalar gün geçtikçe mesleğimizin önemini artırmaktadır.

Tesisat Teknolojisi ve İklimlendirme bölümümüzde bilgi ve beceriye dayalı uygulamalarda boru montajının temelini oluşturan bu modülle; boru işçiliği, ölçme, kesme, raybalama, muf açma, havşa açma ve boruların bükülmesine ait konularda temel bilgi sahibi olacaksınız. Buradaki konular, mesleki gelişiminizin temelini sağlam atılmasını sağlayacak şekilde hazırlanmıştır. Ancak unutulmamalıdır ki uygulamalara vereceğiniz özen ve dikkat, mesleki gelişiminizde en önemli unsur olacaktır.

Bu modülde yer alan faaliyetler, sizlere uygulama yaparak öğrenmeyi ve kullanılabilir bilginin sahibi olmanızı sağlayacaktır. Bu noktadan hareketle modülde yer alan konu ve uygulamaları sindirerek öğrenmeniz gerekmektedir. Öğrenme konusunda göstereceğiniz özen, aynı zamanda uygulamaların daha zevkli hâle gelmesini de sağlayacaktır.

Mesleğimiz insan sağlığı ve konforunun ön planda tutulduğu günümüzde hem sıhhi tesisat hem de iklimlendirme uygulamalarında en gelişmiş teknolojilerin kullanıldığı bir alan olmuştur. Bu açıdan boru işçiliği, boruların montaja hazırlanması ve basamak oluşturacak boru montaj işlerinin iyi öğrenilmesi gerekir. Bu tespitle modülde yer alan faaliyetlerin dikkatlice, sindirilerek ve neden sonuç ilişkisine dayalı bir muhakeme yürütülerek öğrenilmesi kullanılacak bilginin kalıcı ve kullanılabilir olması açısından çok önemlidir.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kurallara uygun olarak bakır ve alüminyum boruların özelliklerini öğrenerek boruları montaj kurallarına uygun olarak kesebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu modül, birbirine işlem basamağı olan dört ayrı faaliyetten oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; bakır boruları kesme, çapak alma (raybalama), muf açma ve havşa açma işlemleridir. Mesleğinizin en temel işlerinden olan bakır boru işçiliği konusunda, göstereceğiniz ilgi ve yapacağınız araştırma, edinilen bilgi ve becerinin kalıcı ve kullanılabilir olması açısından çok önemlidir. Bu noktadan hareketle:

- Bölgenizde, ilinizde bulunan klima ve soğutma cihaz üreticilerini ve tamircilerini gezerek bakır ve alüminyum boruları montaja hazırlarken yaptıkları işleri araştırınız.
- Bakır boru montaj kuralları ve bakır boru işçiliği konusunda internet ortamında araştırma yaparak ilgili firmalardan kitap, katalog, broşür ve vb. kaynakları toplayınız.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları bir dosya hâline getiriniz.
- Hazırladığınız dosya içeriğini sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 1. BORULARIN KESİLMESİ

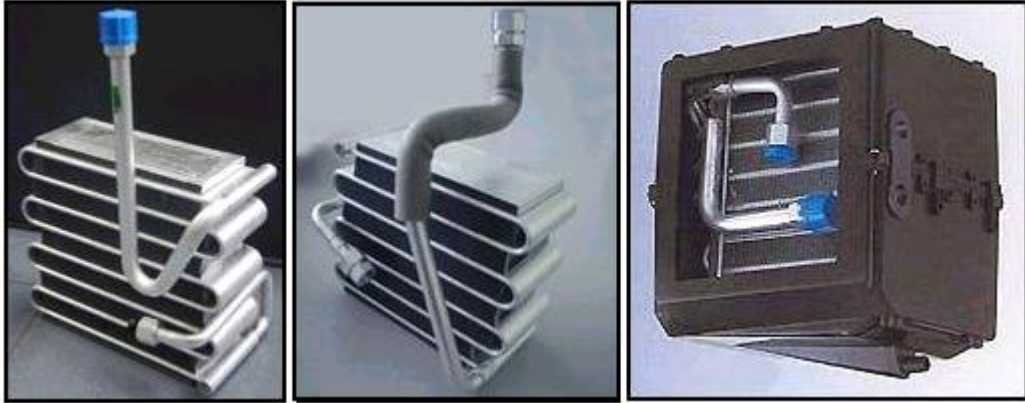
### 1.1. Bakır ve Alüminyum Boruların Özellikleri

Genellikle ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan borular bakırdan yapılmışlardır. Borularda aranılan temel özellikler; yüksek korozyon direnci, şekillendirme ve birleştirme tekniklerine yatkınlık, yüzey kalitesi (temiz ve düzgün) ve ısı iletkenliğidir. Bakır ve alaşımları, bu saydığımız özelliklerin hepsini birden karşılayabilen yegâne malzemedir. Bu nedenle bakır; ısıtma, soğutma ve iklimlendirme endüstrisinin temel malzemesi olmuştur.



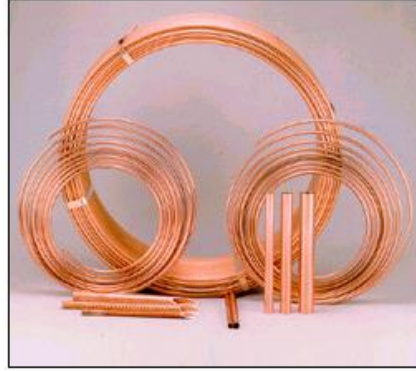
**Resim 1.1: Düz ve kangal şeklinde bakır ve alüminyum borular**

Bunun yanında alüminyum, evaporatör ve kondenser iç serpantini imalatında çok kullanılan bir malzemedir. Özellikle ev tipi soğutucularda verimleri yüksek, rollbond alüminyum evaporatörler kullanılır. Diğer taraftan alüminyum boruların, bakır kadar kolay işlenememesi (şekillendirme ve birleştirme tekniklerine yatkın olmayışı) ve lehimlenmesinin zorluğu, fabrikasyon imalatta kullanım sahasını oldukça kısıtlamaktadır.



**Resim 1.2: Alüminyum borulardan imal edilmiş araç klima evaporatörleri**

Soğutma sektöründe kullanılan bakır ve alüminyum borulara **tüp-tip boru adı** verilir. Bunun nedeni, tüp-tip boruların dış açılmayacak kadar ince et kalınlığına sahip olmalarıdır. Bu borularda dış açmak cidarlarını keseceğinden birleştirmeleri rakorlu, sert lehim veya kaynak tekniği kullanılarak yapılır. Soğutma devrelerinde zorunluluk olmadıkça (servis hatları vb. hariç) dış açılarak yapılan birleştirme tekniğinden kaçınılmalıdır. Çünkü sızdırmazlık tam ve uzun ömürlü olmamaktadır.



Resim 1.3: Soğutma endüstrisinde kullanılan bakır tüp-tip borulardan örnekler

### 1.1.1. Soğutma Endüstrisinde Kullanılan Alüminyum Borular

Mekaniksel dayanım özelliklerinin zayıf olması ve özellikle bağlantılarında yumuşak lehim, sert lehim (gümüş kaynağı) ve kaynak tekniklerine yatkın olmayışı soğutma sanayisinde kullanımını oldukça kısıtlamıştır. Ancak fabrika ortamında geliştirilmiş özel tekniklerle araç klima ve frigorifik soğutma sistemlerinde, no-frost dolapların fin tipi (kanatçıklı) evaporatörlerinin yapımında kullanılmaktadır.

### 1.1.2. Soğutma Endüstrisinde Kullanılan Bakır Borular

Endüstriyel olmayan bütün soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin boru tesisatlarında (soğutucu akışkan olarak amonyak ve kükürt dioksit kullanılan sistemler hariç) özel olarak üretilmiş ve standartları karşılayan bakır borular kullanılır. Bakır borular, şekillendirilirken sertleşme eğilimi gösterir. Bu da borunun uç kısmında çatlaklara yol açabilir. Bunu önlemek amacıyla bakır, yüzeyi mavi renk alana kadar ısıtılarak yumuşatılır. Sonra da soğumaya bırakılır. Fabrikalarda yapılan bu işleme **tavlama** denir. Bu işlem sonucu borunun kırılabilirliği önemli ölçüde azalmıştır. Soğutma ve iklimlendirme sistemleri için üretilmiş bakır boruların hava, nem, yağ, kir ve lehimleme sırasında açığa çıkan oksitlerin zararlı etkilerinden en iyi şekilde korunmak amacıyla içleri azot gazı ile doldurulur. Uçları sızdırmaz lastik tapalarla kapatılarak piyasaya sunulur. Bu tapalar, borunun bir kısmı kesildiğinde tekrar uç kısma yerleştirilmelidir.



Resim 1.4: Yumuşak ve sert çekilmiş bakır borulara örnekler

### 1.1.2.1. Bakır Boruların Piyasaya Arzı

Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılmak üzere piyasaya arz edilen bakır borular, yumuşak ve sert çekilmiş olmak üzere iki farklı tiptedir. Her iki tipin de K ve L sınıfı olmak üzere iki farklı et kalınlığı mevcuttur.

Bakır borular, et kalınlıklarına göre K, L ve M sınıflarına ayrılırlar.

K (kalın et kalınlığında) - soğutma ve iklimlendirme tesisatlarına uygun

L (orta et kalınlığında) - soğutma ve iklimlendirme tesisatlarına uygun

M (İnce et kalınlığında) - soğutma ve iklimlendirme tesisatlarında kullanılmaz.

M tipi ince et kalınlığına sahip borular, istenilen emniyet şartlarını yerine getiremediklerinden basınçlandırılmış soğutma hatlarında kullanılamaz. Ancak yoğunlaşma suyu tahliye ve basınçsız su tesisatların ve diğer benzeri uygulamalarda tercih edilir.

K tipi kalın cidarlı borular; dayanımın arandığı, titreşim ve korozyon özelliği fazla olan yerlerde tercih edilir.

L tipi ise normal soğutma sistemlerinde en sık kullanılan boru tipidir.

### 1.1.2.2. Yumuşak Çekilmiş Bakır Borular

Yumuşak çekilmiş bakır borular daha çok ev tipi, ticari tip soğutucularla iklimlendirme sistemlerinde kullanılır. Tavlanmış olduklarından kolay bükülebilir, kıvrılabilir ve çap genişletilmesi yapılabilir. Piyasada bulunan standart dış çap ölçüleri  $\frac{1}{8}$  inç (3,2 mm) ile  $1\frac{5}{8}$  inç (41,3 mm) arasındadır. Genellikle 7,5, 10, 20 metre uzunluğundaki kangallar hâlinde satılır. Yumuşak çekilmiş bakır borular, mekanik şekillendirmeye çok elverişli olup bağlantı parçalarıyla lehimlenebilir veya rakorlu birleştirme yapılabilir.



Resim 1.5: Yumuşak çekilmiş ağızları kapalı bakır borular

### 1.1.2.3. Sert Çekilmiş Bakır Borular

Ticari tip soğutucularla iklimlendirme sistemlerinde kullanılır. Yumuşak borunun tersine, bu tip boru serttir ve standart uzunluklarda boy olarak üretilir. Bu borular kıvrılamaz, tesisatındaki gerekli bükülme ve yön değişiklikleri ise çeşitli ara bağlantı parçalarıyla (fittingslerle dirsek, Te, manşon vb.) yapılır. Sert yapısından ötürü bu borular, kendilerini daha iyi taşıyabilir. Dolayısıyla daha az desteğe ihtiyaç duyar. Bu boruların piyasaya arz edildiği uzunlukları genelde standart 6 metredir. Çapları  $\frac{3}{8}$  inçten (9,5 mm) 6 inç (150 mm) dış

çapa kadardır. Borular rutubeti alınmış, içi azot gazıyla doldurulmuş ve her iki ucu temiz ve sızdırmazlık sağlayacak şekilde kapatılmıştır.

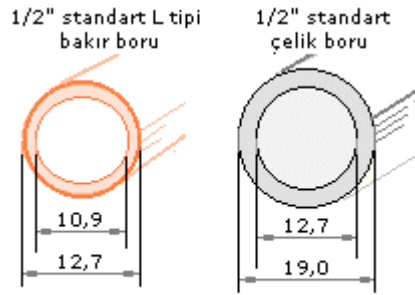


Resim 1.6: Sert çekilmiş bakır borular

### 1.1.3. Boru Ölçüleri

Çelik ve bakır boruların ölçülendirilmelerindeki en önemli fark bakır borular dış (anma) çap ölçüleriyle ifade edilirken çelik borular iç (anma) çaplarının ölçü değeriyle belirtilir.

Buna göre 1/2"lik çelik boru ile 1/2" bakır boru ölçüleri Şekil 1.1'de karşılaştırılmak üzere verilmiştir. Şekilde 1/2" (12,7 mm.) dış çaplı (L tipi) bakır borunun iç çapı 10,9 mm'dir (0,43"). Anma çapı 1/2" (12,7 mm) olan çelik boru ise 12,7 mm (0,5")'lik bir iç çapa ve 19,05 mm'lik bir dış çapa sahiptir (0,75").



Şekil 1.1 : Standart 1/2" L tipi bakır ve standart 1/2" çelik boru ölçüleri

Tablo 1.1'de soğutma devre tesisatlarında çok kullanılan L tipi bakır borulara ait özellikler verilmiştir.

| Standart anma çapı (inç) | Boru Tipi | Dış çap (mm) | İç çap (mm) | Et kalınlığı (mm) | Ağırlık (kg/m) |
|--------------------------|-----------|--------------|-------------|-------------------|----------------|
| 1/8                      | L         | 3,175        | 1,651       | 0,76              | 0,051          |
| 3/16                     | L         | 4,749        | 3,251       | 0,76              | 0,085          |
| 1/4                      | L         | 6,350        | 4,826       | 0,76              | 0,119          |
| 5/16                     | L         | 7,925        | 6,300       | 0,81              | 0,161          |

|                 |   |       |       |      |       |
|-----------------|---|-------|-------|------|-------|
| $\frac{3}{8}$   | L | 9,525 | 7,900 | 0,81 | 0,199 |
| $\frac{3}{8}$   | L | 9,525 | 8,000 | 0,76 | 0,187 |
| $\frac{1}{2}$   | L | 12,70 | 10,92 | 0,89 | 0,294 |
| $\frac{5}{8}$   | L | 15,87 | 13,84 | 1,01 | 0,423 |
| $\frac{3}{4}$   | L | 19,05 | 16,91 | 1,07 | 0,537 |
| $\frac{7}{8}$   | L | 22,22 | 19,93 | 1,14 | 0,676 |
| $1 \frac{1}{8}$ | L | 28,57 | 26,03 | 1,27 | 0,973 |
| $1 \frac{3}{8}$ | L | 34,92 | 32,13 | 1,40 | 1,313 |
| $1 \frac{5}{8}$ | L | 41,27 | 38,22 | 1,52 | 1,694 |

**Tablo 1.1: L tipi bakır boru ölçüleri ve boru ağırlıkları**

### 1.1.4. Bakır Boru Kullanım Alanları

Bakır borular; özellikle soğutma, ısıtma, temiz su ve doğal gaz tesisatlarında geniş kullanım alanı bulur. Bunun yanında güneş enerjisi sistemlerinde tesisat ve kolektör yapımında, petrol türevi yakıtların tesisatlarında, yangın devresi, kar ve buz eritme tesisatlarında vb. yerlerde kullanılmaktadır. Bakır boruların bu kadar geniş bir kullanım alanına sahip olmasının nedeni, üstün özellikleridir. Bu özelliklerden birkaçı:

- Isı iletkenliğinin yüksek olması
- Lehim, sert lehim ve kaynak yapılabilmesi
- Korozyon mukavemetinin yüksek oluşu
- Kolay şekillendirilebilmesi
- Birleştirmelerinde sızdırmazlık özelliğinin yüksek olması
- Rakorlu tip birleştirmelere uygunluğu
- Malzeme ve işçiliğinin ekonomik olması

Bu özelliklerin hepsini bir arada toplayan bakır borular, ev ve ticari tip soğutucularla havanın iklimlendirilmesinde kullanılan sistemlerin (klimaların) temel boru malzemesi olmuştur.

## 1.2. Bakır Boru İşçiliği

Soğutma sistemlerinin temel yapısı; kompresör, kondenser, evaporatör gibi ana devre elemanlarıyla yağ separatörü, sıvı tankı, kurutucu (drayer), termostatik genişleme valfi, borular vb. gibi ara devre elemanlarından meydana gelmesidir. Bu fonksiyonel yapının (soğutma sisteminin) meydana getirilmesinde çeşitli birleştirme yöntem ve tekniklerinin uygulandığı boru işçiliğinden yararlanır.

Farklı tip birleştirme tekniklerinin geliştirildiği soğutma endüstrisinde başlıca iki yöntem çok kullanılır. Bunlar kaynak ve mekanik olarak sökülebilen, bir parçası sert lehimlenmiş havşalı sıkıştırılmalı bağlantılardır.

Bakır boruların işlenmesinde kullanılan araç ve gereçleri tanıtmadan önce birleştirme tekniğinde kullanılan yöntemin belirlenmesi faydalı olacaktır.

Buna göre soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin devre tesisatlarının yapımında, başlıca iki çeşit birleştirme yöntemi kullanılır. Bunlar mekanik birleştirme tekniği ve ısı enerjisinin kullanıldığı kaynak (sert lehim) tekniğidir.

### 1.2.1. Bakır Boruların Montaja Hazırlanmasında Kullanılan Takımlar

Bakır boruların, mekanik olarak (çözülebilir) birleştirilmelerinde kullanılan araç ve gereçler, birleştirme işlem basamakları dikkate alınarak sıralanmıştır.

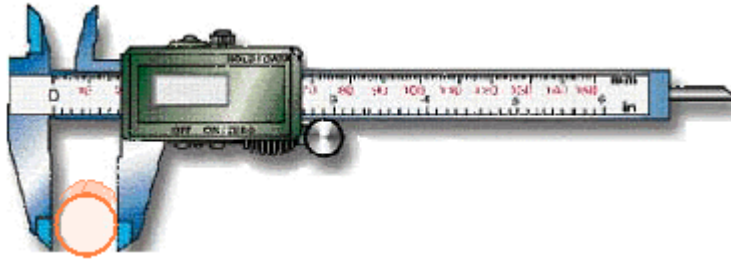


Resim 1.7: Bakır ve alüminyum boruları montaja hazırlamada kullanılan takımlar

Resim 1.7’de soğutma el takımlarına örnekler verilmiştir. Bunlardan bazıları; büyük ve mini boru makasları, havşa takımları, boru bükme yayları, rayba, boru bükme aparatı, çap şişirme zımbaları ve boru körleme pensesi (pinçoff pense) görülmektedir.

### 1.2.2. Ölçme İşleminde Kullanılan Takımlar

Boru montajında doğru ölçü, sağlıklı bir birleştirme işleminin oluşturulmasında ilk şartlardan biridir. Aksi hâlde birleştirme tehlikeye düşebilir. Bu nedenle özen gösterilmelidir.



Şekil 1.2: Hassas ölçmede kullanılan kumpas

#### Ölçme tekniğinde kullanılan başlıca araçlar:

- Boy ölçülerinde kullanılan üzeri mm bölüntülü şerit metreler,
- Çap ölçülerinde kullanılan iç ve dış çap kumpasları,
- Hassas ölçmenin arandığı yerlerde mikrometreler kullanılır.

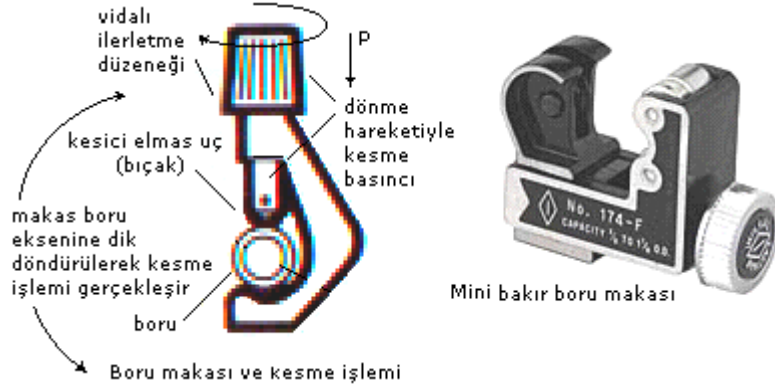
### 1.2.3. Kesme İşinde Kullanılan Takımlar



**Resim 1.8: Bakır ve alüminyum boruların kesilmesinde kullanılan makaslar**

Bakır boruları keserken yararlanılan başlıca iki yöntem vardır. İlki, Resim 1.8’de görülen el tipi boru makasların kullanıldığı. Bunlar, yumuşak ve sert çekilmiş boruların kesilmesine elverişlidir. Çeşitleri mevcuttur. Resim 1.9’daki makaslar  $\frac{3}{8}$ ” (10 mm) ile  $1\frac{1}{8}$ ” (28 mm) dış çaplarındaki boruların kesilmesi için uygundur. Mini makas olarak adlandırılan daha küçük tipleri de mevcuttur.

#### 1.2.3.1. Bakır ve Alüminyum Boru Makası



**Resim 1.9: Bakır boru makasıyla kesme işlemi**

El tipi boru makasları, ayarlanmak suretiyle değişik çap ölçülerinde kesim yapabilen araçlardır. Makas, boru üzerinde ölçüsü alınarak işaretlenmiş çizgiye ayarlanır. Vidalı düğme sıkılırken kesici bıçak da boruya doğru ilerler. Kesici bıçak, borunun etrafında döndürülürken vidalı düğme de hafif hafif sıkılarak kesme işlemi tamamlanır. Büyük çaplı sert çekilmiş boruları kesmede ikinci (ama daha az tercih edilen) bir yöntem, demir testeresi ve düzgün kesim yapmayı sağlayan mastar kullanılmaktadır. Pürüzsüz bir kesim yapabilmesi için testere lamasının her inçinde 32 diş bulunmalıdır. Fakat yine de fazla talaş kaldırdığı ve çok çapaklı kesme yüzeyi oluşturduğundan zorunlu kalmadıkça tercih edilmemelidir.



Resim 1.9'daki mini makas  $\frac{1}{4}$ " ile  $\frac{1}{2}$ " arasındaki boru çaplarını kesmede kullanılır.

### 1.2.3.2. İnce Dişli Testere

Bakır ve alüminyum boruların kesilmesinde kullanılır. Tutma kolu, gövde lama ve kelebek somunundan oluşur. Kesme işlemi boru eksenine dik olarak testerenin ileri geri hareketiyle yapılır. Testere gövdeleri alüminyum alaşımı veya demirden; tutma kolu metal, plastik veya ahşaptan yapılır.

Testere ile bakır boruların kesilmesinde çapaklar oluşur. Çapaklar ise tesisata kaçarak arızalara sebep olur. Diğer taraftan çapaklar, korozyona açık bir yüz oluşturacağından özellikle havşalı (rekorlu) tip birleştirmelerde sızdırmazlığın sağlanmasında problem yaratacağından zorunlu kalmadıkça tercih edilmemelidir.



Resim 1.10: İnce dişli el testeresi ve çeşitli lamalardan örnekler

Kaliteli bir kesmenin gerçekleştirilebilmesi için testere laması, düz ve gergin ve lama dişleri ileri doğru bakacak şekilde testereye bağlanmalıdır.



Resim 1.11: El testeresi ile bakır boru kesme işlemi

Testere lamaları 0.5 ile 1 mm kalınlıkta çelik saclardan yapılır. Kesme ağzı diş açıları  $65-75^\circ$  eğimle açılır ve dişlerde sağa ve sola çaprazlama oluşturulur. Kesme ağzı (dişli kısım) sertleştirilir. Boru mengersi kullanmak gerekirse bakır ve alüminyum borunun deforme olmaması için gerekli tedbirler alınmalıdır (Resim 1.5).

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bakır ve alüminyum boruları kesiniz.

| İşlem Basamakları   | Öneriler   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ölçme araçlarını kullanarak (vernierli kumpas, çelik cetvel vb.) size verilen ölçülerde (1/4", 3/8", 5/8", 7/8", 1/2" vb.) bakır veya alüminyum boruları seçiniz.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma ortamını hazırlayınız.</li><li>➤ Malzeme deposu sorumlusuna başvurunuz.</li><li>➤ Verilen ölçüye uygun bakır veya alüminyum boruyu seçiniz.</li><li>➤ Bakır ve alüminyum boru kesme ve çapak alma araçlarını kontrol ederek temin ediniz.</li></ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesilecek boruyu mengeneye sabitleyiniz.</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Boru çapına uygun mengene ile sabitleyiniz.</li><li>➤ Borunun ezilmemesi için gerekli tedbirleri alınız.</li></ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesilecek borunun ölçüsünü alınız.</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ölçüyü özenle işaretlemelisiniz.</li><li>➤ Malzemenin israf olmasına engel olmalısınız.</li><li>➤ Ölçü hatası yapmamalısınız.</li></ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bakır ve alüminyum boru kesmesini kesilecek bakır ve alüminyum boruya sabitleyiniz.</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesim için kullanacağınız aleti sorumlusundan kontrol ederek alınız.</li><li>➤ Bakır ve alüminyum boru eksenine dik olarak markalanmış noktadan sabitlemelisiniz.</li></ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bakır ve alüminyum boruyu kesiniz.</li></ul> <p>Not: Kesme işlemini benzer işlem basamaklarını kullanarak el testeresi ile yapınız.</p>                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bakır ve alüminyum boru kesmesini kesme yönünde dikkatlice çevirerek kesmeye başlayınız.</li><li>➤ Her tur sonunda sıkma volanını aşırıya kaçmadan sıkmayı unutmamalısınız.</li><li>➤ Kesmenin biteceği sırada kesme hızınızı yavaşlatıp bir elinizle parçayı tutunuz.</li><li>➤ Kesilen parçanın eksene dik kesildiğini kontrol ediniz.</li></ul> |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri  | Evet | Hayır |
|--|------|-------|
| 1. Belirtilen ölçülerde boru bulabildiniz mi?                        |      |       |
| 2. Sizden istenilen ölçüdeki boruyu, doğru ölçerek bulabildiniz mi?  |      |       |
| 3. Kesilecek boruyu mengeneyle ezmeden sabitleyebildiniz mi?         |      |       |
| 4. Kesilecek boruyu doğru ölçüsünde işaretleyebildiniz mi?           |      |       |
| 5. Boru kesmesini işaretlenmiş noktada boruya sabitleyebildiniz mi?  |      |       |
| 6. Boru kesmesini işlem süresince boruyu ezmeden kullanabildiniz mi? |      |       |
| 7. Boruyu ölçülere uygun olarak kesebildiniz mi?                     |      |       |
| 8. El testeresini tekniğine uygun kullanabildiniz mi?                |      |       |
| 9. El testeresi ile düzgün ve eksene dik bir kesme yapabildiniz mi?  |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdakilerden hangisi soğutma sistemlerinde ve cihazlarında en çok kullanılan boru tipidir?  
A) Alüminyum borular  
B) M tipi bakır borular  
C) K tipi bakır borular  
D) L tipi bakır borular  
E) Çelik borular
2. Aşağıdakilerden hangisi bakır boruların özelliklerinden değildir?  
A) Isı iletkenliğinin yüksek olması  
B) Lehim, sert lehim ve kaynak yapılabilmesi  
C) Korozyon mukavemetinin yüksek oluşu  
D) Zor şekillendirilebilmesi  
E) Birleştirmelerinde sızdırmazlık özelliğinin yüksek olması
3. Aşağıdakilerden hangisi çelik ve bakır boruların doğru olarak ölçülendirilmesini ifade etmektedir?  
A) Çelik borular, dış çaplarıyla ifade edilir.  
B) Çelik borular, et kalınlıklarıyla ifade edilir.  
C) Bakır borular, dış (anma) çap ölçüleriyle ifade edilirken çelik borular iç (anma) çaplarının ölçü değeriyle belirtilir.  
D) Çelik borular, ağırlıklarıyla ifade edilir.  
E) Hiçbiri
4. Aşağıdakilerden hangisi sert çekilmiş boruların özelliklerindedir?  
A) Sert çekilmiş borular, soğutma ve ısıtma sistemlerinde kullanılır.  
B) Sert çekilmiş borular, testere ve boru keskisi ile kesilir.  
C) Sert çekilmiş borular, kangal olarak satılmaz.  
D) Sert çekilmiş boruların yön değişimi ara bağlantı parçalarıyla yapılır.  
E) Hepsi
5. Aşağıdakilerden hangisi yumuşak çekilmiş bakır boruların özelliklerindedir?  
A) Mekanik şekillendirmeye çok elverişlidir.  
B) Boru keskisi ve testere ile kesilebilir.  
C) Lehimli birleştirmeleri yapılabilir.  
D) Kangallar hâlinde kilo ile satılır.  
E) Hepsi

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Bakır ve alüminyum boruları kesme sırasında boru ağızlarında oluşan çapakların temizlenmesinde kullanılan boru raybası, eğe, fırça vb. araçların kullanımını öğrenerek boruları montaja hazır hâle getireceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Özellikle soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde boruların montajı öncesi yapılan işlerden biri de raybalama işlemidir. Raybalamanın gereğini öğrenerek uygulamada kullanılan araç ve gereçleri araştırınız
- Raybalama işlerinde kullanılan araç ve gereçleri piyasada araştırınız.
- Raybalama işlerinde kullanılan araç gereçleri ve yöntemlerini internet ortamında araştırarak bulduğunuz bilgileri dosyalayınız.
- Dosya içeriğini arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 2. BORULARI RAYBALAMA

### 2.1. Bakır ve Alüminyum Boru Raybası



Resim 2.1: Rayba ve mini bakır boru makası

Boru keskisi ile kesilen bakır ve alüminyum borularda çap daralması, testere ile kesilen borularda ise çapaklar oluşur. Çap daralması, basınç düşmelerine; çapaklar ise arızalara sebep olur. Bu çapaklar, korozyona açık bir yüz oluşturduğundan özellikle havşalı (rekorlu) tip birleştirmelerde sızdırmazlığın sağlanmasında problem yaratabilir. Diğer yandan boru içinde kalan metal çapak ve tozları, soğutucu akışkan tarafından taşınarak soğutma sisteminin hareketli parçalarına da zarar verebilir. Bu çapakların boru iç-dış çapına ve ağız profiline zarar vermeden temizlenmesi gerekmektedir. Bu temizleme işlemi için çeşitli şekillerde raybalama işlemleri kullanılmaktadır. Raybalama, aynı zamanda boru ağızlarında kesme sonucu oluşan çap daralmasının giderilmesinde de kullanılır.

Boru raybası, yapısı itibarıyla borunun hem iç daralmasını giderme hem de boru ağzında oluşan iç ve dış çapaklarını alma özelliğine sahiptir. Yapısında bulunan sert uçlar aracılığıyla çakı görevi görerek bakır borunun çapaklarını temizler (Resim 2.2). Raybalama sırasında boru et kalınlığında aşırı incelme ve çentikler istenmez.

## 2.2. Rayba Kullanarak Çapak Alma İşlemi



**Resim 2.2 : Boru raybası ile alüminyum ve bakır boruların raybalanması**

Kesme işleminin bitiminde, boru ağzında çap daralması ve boru ucunun iç ve dış kısmında çapakların meydana geldiğini söylemiştik. Bu çapaklar, korozyona açık bir yüz oluşturacağından özellikle havşalı (rekorlu) tip birleştirmelerde sızdırmazlığı tehlikeye düşürmekte ve boru içinde kalan metal çapak ve tozları da soğutucu akışkan tarafından taşınarak soğutma sisteminin hareketli parçalarına da zarar verebilir. Bunu önlemek amacıyla Resim 2.2’de görülen boru raybasıyla çapakların temizlenmesi gerekir. Bunun için boru uç kısmı (içi ve dışı) Resim 2.2’de görülen rayba aleti kullanılarak raybalanır.

Bazı orta boy boru makaslarında (Resim 1.8) rayba bıçağı da bulunmaktadır. Çapakların alınmasında bu bıçak da kullanılabilir.

## 2.3. Yuvarlak Eğe Kullanarak Çapak Alma İşlemi

Yuvarlak eğe kullanarak da iç çapaklar boruya zarar vermeden alınabilir. Eğe boru içine doğru ve boru eksenine paralel hareketler yapılarak çap daralması tesviye edilir. Eğe çapının boru iç çapından küçük olduğu durumlarda kullanılır (Resim 2.3).



**Resim 2.3 : Yuvarlak eğe ile çapak alma**

## 2.4. Yuvarlak Tel Fırça Kullanarak Çapak Alma

Yuvarlak tel fırça seçimi önemlidir. Tel fırça çapı, boru iç çapından  $\frac{1}{4}$  oranında daha büyük seçilmelidir. Fırça çapının daha küçük olması durumunda temizleme işlemi istendiği gibi gerçekleşmeyecektir. Fırça, boru içine geçirildikten sonra fırçaya ileri geri ve dairesel hareketler verilerek çapakların ve oksit tabakalarının temizlenmesi sağlanabilir (Resim 2.4).



**Resim 2.4 : Tel fırça ile boru temizliği**

Seri işler yapılacak ise fırça el tutamağı kesilerek bir el breyzine takılmalı ve düşük devirde dönme hareketi elektrikli breyzi tarafından sağlanmalıdır. Bu sayede önemli bir iş gücü kazanılacaktır.

## 2.5. Boru Keskisi Üzerindeki Raybayı Kullanarak Çapak Alma

Boru keskinin üzerlerinde bulunan katlanmış durumdaki raybayı kullanarak da iç çapaklar temizlenebilir. Bu sayede ikinci bir takım taşınması gereği ortadan kalkar. Herhangi bir çapak alma aparatımız yoksa küçük bir çakı ile de çapak alma işlemi yapılabilir. Boru keski raybası veya çakı borunun içine sokularak keskin ağızları yardımıyla belli bir kuvvet uygulanarak keskin ağzın çapağa dalması sağlanır. Bu sayede çapak borudan kesme kuvvetiyle ayrılmış olur. Bu yöntemlerin çapak alma kalitesi, kuvvetin noktasal olması ve el alışkanlığı gerektiğinden dolayı diğerlerine oranla düşüktür (Resim 2.5).



**Resim 2.5 : Boru keski raybası ve çakı ile çapak alınması**

## **2.6. Zımpara ve Sentetik Ped Kullanarak Boruların Temizliği**



**Resim 2.6 : Zımpara ile boru yüzeyindeki çapak ve oksit tabakalarının temizlenmesi**

Borunun dış yüzeyini temizlemek için kullanılan bir yöntemdir. Boru yüzeyinde zamanla oluşmuş oksit tabakasını ve kesme sırasında oluşmuş çapağı almak için zımpara kâğıdı veya bu amaca uygun hazırlanmış sentetik pedler kullanılabilir (Resim 2.5).

Boru uçlarında zamanla gelişen oksit tabakaları iyi bir birleştirme (özellikle kaynaklı birleştirmelerde) oluşmasını engeller. Bu nedenle oksit tabakalarının temizlenmesi, sağlıklı bir montajın gerçekleşmesinde göz ardı edilmemesi gereken önemli işlem basamaklarından biridir. Bu amaçla çok ince zımparalar ya da aşındırıcı sentetik pedler kullanılabilir.





**Resim 2.7 : Borunun tapa ile kapatılması**

Boru apıkları raybalandıktan ve oksit tabakaları temizlendikten sonra montaja kadar herhangi bir yabancı cismin boru içine girmesini önlemek amacıyla borunun körlenmesi gerekmektedir. Bunu plastik bir tapa kullanarak yapabileceğimiz gibi kâğıt parçasını boru iini kapatacak şekilde yuvarlatıp ağızını kapatarak da yapabiliriz (Resim 2.7).

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bakır ve alüminyum boruları raybalayınız.

| İşlem Basamakları   | Öneriler   |
|---|--|
| ➤ Boru keski ve testere ile verilen ölçüde kesilmiş alüminyum ve bakır boru parçalarını hazırlayınız. | ➤ Daha önce kestiğiniz alüminyum ve bakır boruları kullanabilirsiniz.<br>➤ Testere ve makasla kesilen borular arasındaki (boru ağızlarında oluşan) farkı gözlemlemeye çalışınız.   |
| ➤ Boru iç ve dış çapağını boru raybası ile alınız.  | ➤ Boru raybasını elinizle iyice kavrayınız.<br>➤ İç raybalama için raybanın sivri kısmını kullanarak ve dairesel hareketler yaparak iç çapakları alınız.<br>➤ Dış raybalama için raybanın diğer tarafını kullanınız ve yine dairesel hareketlerle çapakları alınız.  |
| ➤ Boru iç çapağını yuvarlak eğe kullanarak temizleyiniz.  | ➤ Eğe seçerken yuvarlak eğenin çapının boru iç çapından küçük olmasına dikkat ediniz.<br>➤ Borunun içine eğeyi yerleştiriniz.<br>➤ Eğeye baskı kuvvetinizin fazla olmamasına dikkat ediniz. Aksi hâlde borunun ağız profilinde incelleme ve bozulma olacaktır.   |
| ➤ Boru iç çapağını ve oksit tabakasını yuvarlak tel fırça kullanarak temizleyiniz.                    | ➤ Yuvarlak tel fırçanın boru iç çapından $\frac{1}{4}$ oranında daha büyük olmasına dikkat ediniz.<br>➤ Fırçayı boru içine yerleştiriniz.<br>➤ Dairesel hareketlerle iç çapağı ve iç oksit tabakalarını temizleyiniz.  |
| ➤ Boru iç çapağını boru keskinin raybasını ya da küçük çakı kullanarak temizleyiniz.                  | ➤ Boru keskinin bıçağını açınız.<br>➤ Bu bıçağı fazla kuvvet uygulamadan dairesel hareketlerle çapağa dalmasını sağlayınız.<br>➤ Kalan çapakları da aynı hareketlerle temizleyiniz.<br>➤ Küçük el çakısı ile çapak temizlerken de aynı şekilde çapağa dalma hareketlerini yaparak temizleme işlemini gerçekleştiriniz. |
| ➤ Boru dış yüzeyini zımpara bezi, zımpara kâğıdı veya sentetik ped kullanarak temizleyiniz.           | ➤ Borunun dış yüzeyindeki oksit tabakasını ve çapakları temizlemek için çok kalın dişli olmayan zımpara kâğıdı seçiniz.<br>➤ Boruyu zımpara kâğıdının içine alarak zımpara kâğıdını çevirerek temizleme işlemini yapınız.  |
| ➤ Çapağı ve oksit tabakaları temizlenmiş boruyu dış etkenlerden koruyunuz.                            | ➤ Borunun çapına uygun plastik tapa seçiniz ya da ufak kâğıt parçası yuvarlayınız.<br>➤ Bu kapama parçalarından bir tanesi ile boruyu tapalayınız.   |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri |   | Evet | Hayır |
|-------------------------|---|------|-------|
| 1                       | Raybalama işlemlerinde kullanacağınız araç gereci hazırladınız mı?  |      |       |
| 2                       | Boru keski ve testere kullanarak verilen ölçüde boru kestiniz mi?   |      |       |
| 3                       | Kestiğiniz borularda rayba kullanarak çapakları alabildiniz mi?     |      |       |
| 4                       | Boru raybasının iç ve dış ağızlarını çapak almada kullandınız mı?   |      |       |
| 5                       | Raybanın çapakları temizlediğini gözlemlediniz mi?                  |      |       |
| 6                       | Ağızları ezilmiş boruları raybalama ile düzeltebildiniz mi?         |      |       |
| 7                       | Raybalama için uygun yuvarlak eğe seçebildiniz mi?                  |      |       |
| 8                       | Yuvarlak eğeyi çapak almada doğru şekilde kullandınız mı?           |      |       |
| 9                       | Çapakları temizlemek için uygun tel fırça seçebildiniz mi?          |      |       |
| 10                      | Tel fırçayı çapak almada doğru şekilde kullandınız mı?              |      |       |
| 11                      | Çakı veya boru keski raybasını kullanarak çapakları alabildiniz mi? |      |       |
| 12                      | Zımpara ile oksit tabakalarını temizleyebildiniz mi?                |      |       |
| 13                      | Zımparalamayı boruyu derin çizmeden yapabildiniz mi?                |      |       |
| 14                      | Çapak ve oksit kalıntılarını boru içinden çıkarabildiniz mi?        |      |       |
| 15                      | Tapa kapatarak pisliklerin boru içine girmesini engellediniz mi?    |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdakilerden hangisi bakır ve alüminyum borularda en çok kullanılan çapak alma aracıdır?  
A) El testeresi  
B) Zımpara ve sentetik pedler  
C) Boru keskisi  
D) Rayba  
E) Hepsi
2. Aşağıdakilerden hangisi boru raybasının özelliklerinden değildir?  
A) Boru yüzeyindeki oksit tabakalarını temizlemede kullanılır.  
B) Boru ağzı iç çapaklarının alınmasında kullanılır.  
C) Boru ağzı dış çapakların alınmasında kullanılır.  
D) Kesme sonunda kesiti daralmış boruları düzeltmede kullanılır.  
E) Boru raybası el kuvvetiyle kullanılır.
3. Aşağıdakilerden hangisi bakır borularda çapak alma işleminden sonra boru içine kaçması muhtemel çapakların temizlenmesinde kullanılır?  
A) Boru raybası  
B) Basınçlı su  
C) Basınçlı hava  
D) Tel fırça  
E) Hepsi
4. Aşağıdakilerden hangisi raybalamanın amacını ifade etmektedir?  
A) Boruları temizlemek  
B) Boru yüzeyinde oluşmuş oksit tabakalarını temizlemek  
C) Boruları montaja hazırlamak  
D) Boruların çaplarını düzeltmek  
E) Hepsi
5. Aşağıdakilerden hangisi oksit tabakaların giderilmesinde kullanılır?  
A) Boru raybası  
B) Zımpara ve sentetik pedler  
C) Tel fırça  
D) Su  
E) Hepsi

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kurallara uygun olarak muf açma takımlarının kullanımını öğrenerek bakır ve alüminyum boruları kaynakla birleştirme öncesi montaja hazır hâle getirebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Boruların montaja hazırlanmasında mufun kullanım yerlerini ve gereğini araştırınız. Bulduğunuz ilde soğutma servisleriyle irtibata geçerek muf açma tekniğinde kullanılan takım ve avadanlıklar hakkında bilgi ediniz. Bu konu hakkında daha kapsamlı bilgi için internet ortamından da yararlanabilirsiniz.
- Muf açma aletlerinin çeşitliliğine göre piyasada araştırma yapınız.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları dosyalayınız.
- Dosya içeriğini sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 3. BORULARA MUF AÇMA

Aynı çaplı boruların kaynakla birleştirilmelerini sağlamak üzere boru çapının düzgün bir şekilde dış çap ölçüsüne genişletilmesi işlemidir. Bu işlem farklı birçok takım ve teknik kullanarak yapılabilir. Bunlardan birisi de bakır boru iç çapının bir aparat yardımıyla dış çap ölçüsüne genişletilmesidir.

Muf kalitesinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus; genişletmenin mümkün olduğunca düzgün, eksen kayıklığı olmadan ve yeterli uzunlukta olmasıdır. Yumuşak çekilmiş bakır ve alüminyum borular bize genişletmeyi rahat yapmamızı sağlar. Fakat gerek malzeme kalitesinin düşüklüğü, gerekse uygulayıcının hızlı çalışması ya da bilgisizliği muf bölgesinde genişlemeden meydana gelen çatlamalara neden olmaktadır. Bu konuda gerekli dikkat ve el becerisi gösterilmelidir.



Resim 1.1: Muf açılmış boru ve birleştirilmiş borular

### 3.1. Bakır Borulara Muf Açmada Kullanılan Takımlar

Aynı çaptaki yumuşak çekilmiş bakır boruların montajında, iki boru parçasının birbirine tek lehim bağlantılı birleştirilmesi yapılabilir. Bunun için birleştirilmesi düşünülen parçalardan birinin iç çapı, dış çap ölçüsünde şişirilir. Bu işlemde kullanılan alete **zımba** adı verilir. Uygun ölçüdeki zımba, borunun ucuna doğru çan şekli oluşana kadar itilir. Bu işlem çift kollu muf açma aparatı kullanarak vidalı bir aparatla (havşa takımını kullanarak) ya da çekiçle zımbaya vurularak yapılabilir.

#### 3.1.1. Muf Açma Aparatı



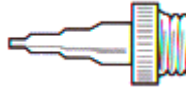
Resim 3.2: Muf açma aparatı ve muf açılmış borular

Resim 3.2’de manivela tipi (çift kollu) muf açma aparatı ve muf açılmış borular görülmektedir. Manivela tipi takımla muf açma, şu işlem basamağında gerçekleştirilir. Bakır boru, istenilen ölçüde kesilir ve raybalanarak çapakları alınır. Bakır boru çapına uygun adaptör aparata vidalanır ve ucu yağlanır. Manivela tipi aparatın kolu 90° açılarak adaptör ucuna boru yerleştirilir. Aparatın kolları kapatılarak muf ağzı oluşturulur.

#### 3.1.2. Muf Açma Zımbası

Diğer taraftan Resim 3.3’te görülen kademeli genişletme aparatı (muf açma zımbası) uygun bir havşa aparatında havşa konisinin yerine vidalanmak suretiyle boruya muf ağzı açılabilir.

Zımbalama, doğru yapıldığı ve muf lehimlendiği zaman, lehimli bağlantı sayısı azalır. Dolayısıyla sızıntı tehlikesini de azaltır.



Resim 3.3: Muf açma zımbası

## 3.2. Muf Açma Teknikleri

Yumuşak çekilmiş bakır ve alüminyum boruların lehimli birleştirilmesinde sızdırmazlığın sağlanması ancak doğru seçilmiş ve uygulanmış tekniklerin kullanılmasıyla sağlanır. Bunlar aşağıda konu başlıkları altında açıklanmıştır.

### 3.2.1. Muf Açma Öncesi Boru Ağzlarının Yağlanması

Yağlama, bilindiği gibi sürtünme kuvvetlerinin azaltılması ve çalışan makine parçalarının soğutulması görevini üstlenmiştir. Biz burada sadece sürtünme kuvvetlerinin azaltılması için yağ kullanacağız.

Borunun genişletilmesi, mekanik bir kuvvetle gerçekleştirilmektedir. Tabii ki mekanik kuvvetin olduğu yerde sürtünme kaçınılmazdır. Yağlamasız uygulamalarda sürtünme hem daha fazla kuvvet uygulanmasına hem de avadanlıkların fazla zorlanmasına ve sonuçta daha çabuk aşınmasına neden olacaktır. Alet ve avadanlıkları doğru şekilde yerinde kullanma ve koruma, aletle yapılacak işlem sayısını artıracaktır.

Aşağıda Resim 3.4 ve 3.5'te çeşitli muf açma aletlerinin yağlanması görülmektedir. Muf açma zımbası, bazı havşa takımlarının içinde bulunan bir parçadır (Resim 3.3). Bu sayede havşa takımı ile muf açma işlemleri de yapılabilir. Diğer resim 3.5'te görülen el avadanlığı ise hemen hemen her türlü yumuşak çekilmiş bakır alüminyum boruya muf açmanızı sağlayan muf açma aparatıdır.



**Resim 3.4: Havşa takımında zımbanın yağlanması**

Muf açma aparatında şişirme işlemi manivela şeklindeki kolların sıkılması ile yapılmakta ve bu sayede çok kolay bir muf açma işlemi gerçekleşmektedir.

Yağlamada aşırıya kaçılmaması; temizlik, yağ sarfiyatı ve güvenlik bakımından önemlidir. Fazla kullanılan yağ, döşemeye bulaşabilir ve bu da bir şekilde iş kazasına neden olabilir.



**Resim 3.5: Muf açma aparatının yağlanması**

### **3.2.2. Havşa Aletine Borunun Bağlanması**

Boru sabitleme işleminde, havşa takımının boru mengenesi kullanılır (Resim 3.7). Muf açma zımbasının aşağıya doğru uyguladığı basma kuvvetinin boruyu aşağıya kaydırmaması için havşa mengenesinde diş tertibatı bulunmaktadır. Bu dişler, boruyu sabitler ve kaydırmaz (Resim 3.6).



**Resim 3.6: Havşa mengenesi dişleri**



**Resim 3.7: Havşa mengenesi**

Borunun menegene üst yüzeyinden taşma uzunluğu, boru çapı kadar olmalıdır. Bu uzunluk, sert lehim kaynağı için yeterli bir uzunluktur.



### 3.2.3. Boru Zımbası ve Şişirme Aparatının Takılması

Aşağıdaki Resim 3.8' ve 3.9'da iki farklı şişirme aparatının montajı gösterilmektedir. Resim 3.8'deki zımba ve Resim 3.9'daki muf açma aparatı gövdeye vidalanarak kullanılır.



Resim 3.8: Zımbanın havşa aparatına takılması



Resim 3.9: Muf açma aparatı

### 3.2.4. Bakır Boruya Muf Açılması

Aparatlar, montaj yuvalarına vidalandıktan ve yağlandıktan sonra muf açma işlemi yapılabilir. Burada iki farklı muf açma takımının nasıl muf açtığını hem anlatımla hem de resimlerle birlikte işleyeceğiz. Havşa takımında, muf açma zımbasını kullanarak muf açma işlemi; basit bir vida mekanizmasıyla çalışmaktadır (Resim 3.10). Kol çevrildikçe şişirme ucu aşağı doğru inerek sabit tutulan boruyu genişletmektedir.

Böyle bir uygulamada havşa tekniğine göre daha fazla kuvvet uygulamamız gerekmektedir.



Resim 3.10: Havşa aparatı ile muf açma

Diğer muf açma takımında ise bu takım daha farklı bir çalışma düzenine sahiptir (Resim 3.11). Manivela şeklindeki kolları yardımıyla bir seferde sıkılarak boruya geçen kısmın genişlemesi sağlanmaktadır. Bu sayede muf açılmış olur. Pratikte; muf açmada kullanılan aparatın bir damla soğutma sistemlerinde kullanılan yağlama yağı ile yağlanması mufun düzgün olmasını sağlayacak ve çatlak oluşmasını önleyecektir. Ancak boru muf ağzında kalan yağın, sert lehim öncesi mutlaka uygun bir kimyasalla temizlenmesi gereği vardır.



**Resim 3.11: Muf açma aparatına borunun yerleştirilmesi**

### 3.3. Muflu Ara Bağlantı Parçaları

Yumuşak ve sert lehim uygulandığı bakır boru birleştirme tekniklerinde kullanılmak üzere uygun boru dış çap ölçülerinde ara bağlantı parçaları piyasada mevcuttur.

Birleştirmeleri düşük sıcaklıklı gümüş lehimler ve oks-propan, oks-asetilen hamlaçlarıyla yapılabilir.



**Resim 3.12: Muflu ara bağlantı parçaları**

- 
- a. Adaptör dişi (k x ftg)
  - b. Dişi tapa (k)
  - c. Erkek dirsek 45° (k x k)
  - ç. Te (k x k x k)
  - d. Redüksiyon (k x k)
  - e. Dirsek 90° (k x k)
  - f. Erkek dirsek 90° (k x k)
  - g. Dirsek 45° (k x k)
  - k. Kaynaklı birleştirme
  - ftg. Vidalı ara bağlantı elemanı (fitting) kullanılarak yapılan birleştirme

## UYGULAMA FAALİYETİ

| Bakır ve alüminyum borulara havşa takımını kullanarak muf açınız.  |   |
|--|---|
| İşlem Basamakları  | Öneriler  |
| ➤ Muf açma takımlarını ve avadanlıklarını hazırlayınız.  | ➤ İşe uygun doğru takımı seçmelisiniz.<br>➤ Takımları kontrol ederek alınız ve kullandıktan sonra temizleyerek iade ediniz.   |
| ➤ Çeşitli çaplarda ve verilen ölçülerdeki bakır boruları muf açmak için hazırlayınız.                                | ➤ Daha önce kesip çapağını aldığınız alüminyum ve bakır boruları kullanabilirsiniz<br>➤ Boru ağızlarında ezilme varsa muf açma öncesi rayba ile düzeltiniz.<br>➤ Havşa aparatına muf açmak üzere yerleştireceğiniz bakır boru uzunluğu muf açmaya uygun olmalıdır.  |
| ➤ Boruyu havşa takımı mengenesindeki uygun ölçüdeki yuvaya yerleştirip sabitleyiniz.                                 | ➤ Boruyu uygun ölçüdeki mengene yuvasına yerleştiriniz.<br>➤ Boruyu mengene tabla yüzeyinden boru çapı kadar dışarıda bırakarak yerleştiriniz.<br>➤ Mengenenin önce boruya yakın vidasını, sonra uzak olan vidasını sıkarak boruyu sabitleyiniz.  |
| ➤ Havşa aparatına boru zımbasını vidalayarak sabitleyiniz.   | ➤ Aparata ve boru çapına uygun zımbayı seçiniz.<br>➤ Muf açma zımbasını, aparata vidalarken çok sıkmayınız.   |
| ➤ Havşa aparatına takılan muf açma zımbasını her işlem öncesi az bir miktar yağlama yağı ile yağlayınız.             | ➤ Yağlama işinde mineral özlü yağ kullanınız.<br>➤ Kesinlikle bitkisel özlü yağ kullanmayınız.<br>➤ Bir damla mineral yağ yeterli olacaktır. Fazlasını kullanmaktan kaçınınız.  |
| ➤ Havşa aparatına bağlı muf açma zımbasını, mengeneye sabitlenmiş boru içine sokarak vidayı sıkma yönünde çeviriniz. | ➤ Havşa aparatına bağlı boru muf açma zımbasını, havşa mengenesine boru eksenini merkezleyecek şekilde bağlayınız.<br>➤ Aparat çenelerinin mengeneği tam kavramasını sağlayınız.<br>➤ Havşa aparatının vida kolunu sıkarak ve her bir sıkma turundan sonra yarım tur açarak yavaş yavaş işleme devam ederek oluşan mufu kontrol ediniz. |
| ➤ Boru ucunda şekillendirdiğiniz mufu inceleyiniz.   | ➤ Oluşturduğunuz mufun ölçülere uygunluğunu kontrol ediniz.<br>➤ Açtığınız mufu aynı çaplı boru ile kontrol ediniz.   |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri |  | Evet | Hayır |
|-------------------------|--|------|-------|
| 1                       | Muf açmada kullanacağınız araç gereci hazırladınız mı?                                   |      |       |
| 2                       | Ağızları ezilmiş boruları muf açma öncesi rayba ile düzelttiniz mi?                      |      |       |
| 3                       | Seçtiğiniz bakır boru uzunluğu muf açmaya uygun mu?                                      |      |       |
| 4                       | Boruyu uygun ölçüdeki mengene yuvasına yerleştirdiniz mi?                                |      |       |
| 5                       | Boruyu mengene tabla yüzeyinden boru çapı kadar dışarıda bırakabildiniz mi?              |      |       |
| 6                       | Ağızları ezilmiş boruları rayba ile düzeltebildiniz mi?                                  |      |       |
| 7                       | Boruyu, mengeneye doğru sıkma işleminden sonra sabitlediniz mi?                          |      |       |
| 8                       | Aparata ve boru çapına uygun zımbayı seçebildiniz mi?                                    |      |       |
| 9                       | Muf açma zımbasını havşa aparatına doğru şekilde ve fazla sıkmadan sabitleyebildiniz mi? |      |       |
| 10                      | Muf açma zımbasını her işlem öncesi az bir miktar yağlama yağı ile yağladınız mı?        |      |       |
| 11                      | Muf açma zımbasını boru eksenini merkezleyecek şekilde bağlayabildiniz mi?               |      |       |
| 12                      | Aparat çenelerinin mengeneği tam kavramasını sağlayabildiniz mi?                         |      |       |
| 13                      | Havşa aparatını muf açma işinde doğru şekilde kullanabildiniz mi?                        |      |       |
| 14                      | Oluşturduğunuz mufun ölçülere uygunluğunu kontrol ettiniz mi?                            |      |       |
| 15                      | Açtığınız mufu aynı çaplı boru ile kontrol ettiniz mi?                                   |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdakilerden hangisi bakır ve alüminyum borulara muf açmada kullanılan takımlardandır?  
A) Havşa aparatı  
B) Boru muf açma zımbası  
C) Manivela tipi muf açma aparatı  
D) Çekiç  
E) Hepsi
2. Aşağıdakilerden hangisi bakır borulara muf açmada kullanılmayan işlem basamağıdır?  
A) Boruya açılacak muf ağzının yağlanması  
B) Boruyu mengeneyle sabitleme  
C) Boruya açılacak muf ağzının muf açmadan önce rayba ile düzeltilmesi  
D) Boru zımbasını boru eksenine havşa takımını kullanarak merkezleme  
E) Boruyu muf açma sırasında eksen boyunca mengenede kaydırma
3. Aşağıdakilerden hangisi bakır borulara muf açma işinin gereğidir?  
A) Bakır boruları rakorlu birleştirmek  
B) Bakır boruları çözülebilir birleştirmelere hazırlamak  
C) Bakır boru birleştirmelerinde sızdırmazlığı sağlamak  
D) Farklı çaplı bakır boruları birleştirmek  
E) Aynı çaplı bakır boruları sert lehimleme öncesi montaja hazırlamak
4. Aşağıdakilerden hangisi muf açmada yağlamanın amacını ifade etmektedir?  
A) Boruların muflu birleştirmelerinde kaymalarını sağlamak  
B) Boru yüzeyinde oluşmuş oksit tabakalarını temizlemek  
C) Boruları montaja hazırlamak  
D) Borulara muf açma sırasında zımbasının sürtünmesini azaltmak  
E) Borulara muf açma sırasında zımbasının soğumasını sağlamak
5. Aşağıdakilerden hangisi mufu tanımlamaktadır?  
A) Muf, farklı çaplı boruları birleştirme öncesi aynı çapa getirmezdir  
B) Muf, boruların birleştirme noktalarında deformasyonu önlemezdir.  
C) Muf, boru iç çapını dış çap ölçüsüne genişletmektedir.  
D) Muf, boruların eksenine paralel döndürülmesidir.  
E) Hepsi

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-4

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kurallara uygun olarak havşa açma takımlarının kullanımını öğrenerek bakır ve alüminyum boruların rakorlu bağlantılarında kullanılan havşayı tekniğine uygun olarak açabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

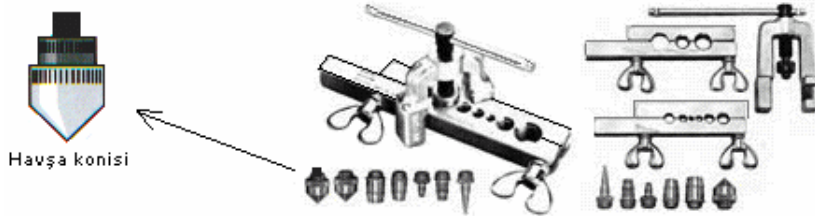
- Bakır ve alüminyum borular, hangi sektörde havşalı birleştirme yapılarak kullanılır? Havşa bağlantısının avantajları ve dezavantajları nelerdir? Araştırınız.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları dosyalayınız.
- Hazırladığınız dosya içeriğini arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 4. BORULARA HAVŞA AÇMA

Yumuşak çekilmiş bakır boruların birleştirilmesinde çok kullanılan tekniklerden biridir. Eğer sızdırmaz bağlantılar gerekiyorsa, havşanın uygun şekilde yapılmış olması çok önemlidir. Bunun için de doğru aletler ve tecrübe gerekir.

### 4.1. Havşa Yapımında Kullanılan Takımlar

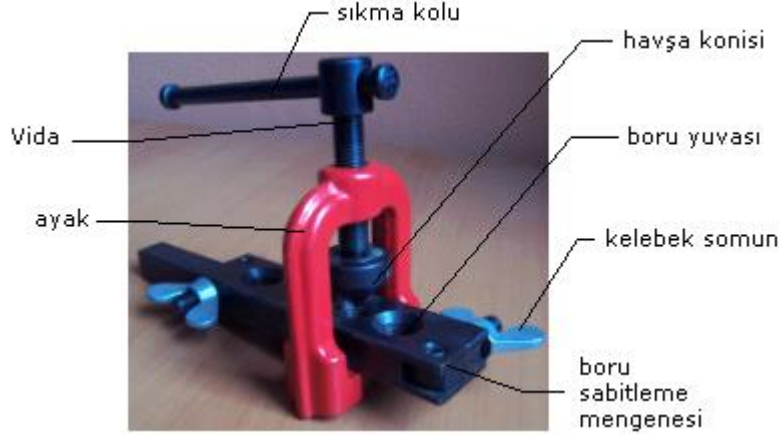
Sökülebilir birleştirmelerin tercih edildiği yerlerde rakorlu, vidalı bağlantılar kullanılır. Bu bağlantılarda vidalı birleştirmenin yapılacağı boru ucunda 45°lik havşaya ihtiyaç duyulur. Havşalar, borunun uç kısmına Resim 4.1'deki koni şeklinde genişleten özel aletlerle yapılır. Havşa aparatı, tekniğine uygun kullanıldığı zaman biraz da tecrübeyle uygun ölçüdeki havşaların yapımı mümkün olur. 45°lik havşalar soğutma ve iklimlendirme endüstrisi için standarttır. Diğer endüstrilerde (örneğin otomotiv vb.) pirinç ve çelik boru tesisatı kullanılır. Bu metaller, bakır kadar kolay şekillendirilemediklerinden 37° lik havşalar kullanılır. Dolayısıyla da bir açı değeri için kullanılan havşa aparatı, diğer açılar için kullanılamaz.



Resim 4.1: Yumuşak çekilmiş borulara havşa ve muf açmada kullanılan takımlar

## 4.2. Havşa Açma Öncesi Hazırlık İşlemleri

Daha önceki faaliyetlerde, bakır ve alüminyum boruları kesmeyi, raybalamayı ve montaja hazırladığımız boruların uçlarını tapalayarak dış etkenlerden korumayı öğrenmiştik. Bu faaliyetimizde ise bakır boruların çözülebilir rakorlu birleştirmelerinin montaj öncesi hazırlığı olan havşa yapımını göreceğiz.



**Resim 4.2: Havşa ve muf açma aparatı kısımları**

Bir önceki faaliyetimizde, bakır ve alüminyum boruları sert lehim ile birleştirmek için muf açmıştık. Bu faaliyetimizde ise çözülebilir, rakorlu birleştirmelere ihtiyaç duyulan uygulamalar için havşa yapım tekniğini göreceğiz.



**Resim 4.3: Havşa konisinin yağlanması**

Avadanlıklarımızın uzun ömürlü olması, temiz yüzeylerin elde edilmesi ve daha az iş gücüyle işlemimizi tamamlamak için yapmamız gereken yağlama işlemi, bir önceki faaliyette olduğu gibi bu faaliyetimizde de yapmamız gereken işlemlerdendir. Yağlamanın öneminden ve miktarından daha önce bahsetmiştik. Aynı önem verilerek işlemin yapılması gerekmektedir. Resim 4.3'te havşa aparatına bağlı havşa konisinin yağlanması görülmektedir.

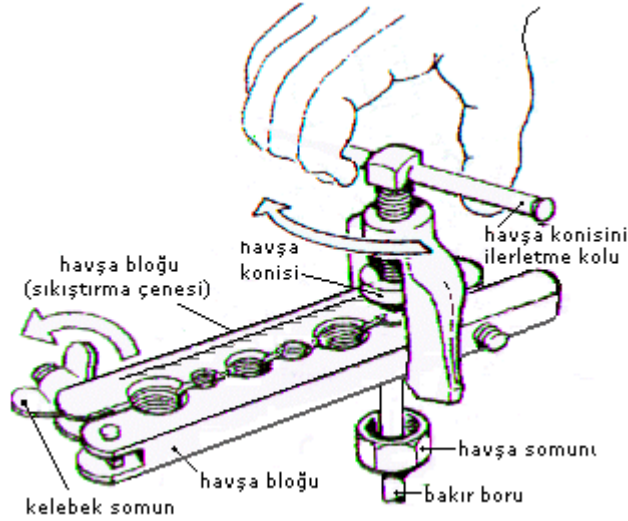


### 4.3. Havşa Takımını Kullanarak Havşa Açmak

Havşa açılmadan önce birleştirilecek rakor parçası bakır boruya takılır (Şekil 4.1). Havşa yüksekliğinde sabitlenen boru üzerine havşa aparatı bağlanır. Sıkma kolu vasıtası ile sıkıştırma yapılarak havşa oluşturulur. Boruya açılmış havşa, boruyla aynı eksende olmalı, ekseninde kaçıklık ve çatlak olmamalıdır.

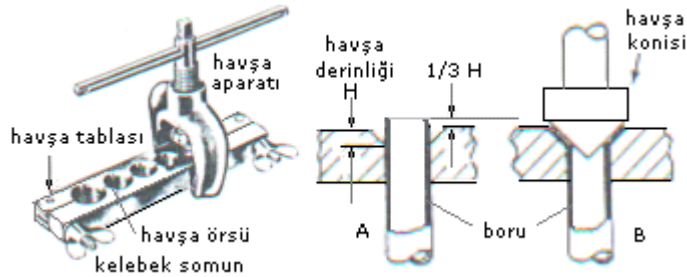
Ara bağlantı elemanları (fittings) kullanılarak yapılan birleştirmelerde boru ucunun havşalanması gerekir. Havşa, özel havşa takımı kullanılarak yapılır (Şekil 4.1). Havşalı birleştirme, yumuşak çekilmiş bakır boru bağlantılarında çok kullanılan tekniklerden biridir. Bakır tüp-tip boru ile ara bağlantı parçası (fitting) arasında sızdırmazlığın sağlanması, boruya açılan 45° lik standartlara uygun havşanın açılmasıyla mümkün olur.

#### 4.3.1. Tek Cidarlı Havşa



Şekil 4.1: Tek cidarlı havşa yapım tekniği

Havşa açmadan önce borunun hazırlanması gerekir. Borunun mutlaka düz kesilmesi ve ucunda çapak, talaş kalmaması, havşa kalitesi açısından çok önemlidir.



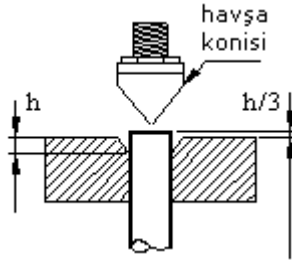
Şekil 4.2: Tek cidarlı havşa yapımı

Havşa kalitesi, yapılan uygulamalar ile kazanılır. Uygulamada, borunun havşa blokuna bağlanmasında Şekil 4.2’de verilen “h ve h/3” ölçüleri dikkate alınmalıdır. Aksi hâlde standartlara uygun formda havşa oluşmayacağı için sızdırmazlık ihtimali artar. Özellikle küçük çaplı ¼” - ½” arası yumuşak çekilmiş bakır ve alüminyum tüp-tip borular için güvenle kullanılan birleştirme yöntemiştir.

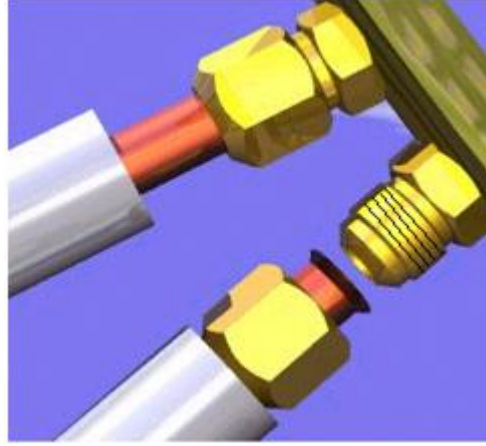


**Resim 4.4: Havşa takımı kullanarak havşa açma**

Havşa, boruların uç kısmında bağlantı parçasının konik yüzeyine uygun 45° lik bir açıyla konik şekilde havşa konisinin basıncıyla şekillendirilerek elde edilir. Havşa işlemi öncesi, şekil verecek koniye bir damla soğutucu akışkan yağı akıtmak ve koniyi sıkıp-çözme şeklindeki birkaç tekrar hareketle havşayı elde etmek daha uygun olur. Çünkü işlemi yapan kişi, koninin ilerlediğini hissedemez. Dolayısıyla hem havşa bozulabilir hem de metal sertleşme eğilimi gösterebilir. Havşa, havşa somunu ile somuna uygun konik uçlu bağlantı parçası arasında kalır. Somunun sıkıştırılmasıyla sızdırmazlık sağlanmış olur (Resim 4.5).



**Şekil 4.3: Borunun havşa mengenesine yerleştirilmesi ve ölçüler**

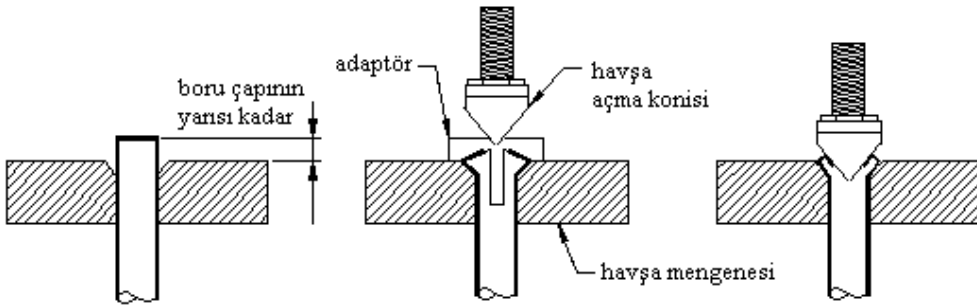


Resim 4.5: Havşa rakorlu bağlantıya örnek

### 4.3.2. Çift Cidarlı Havşa

Bazı durumlarda havşa mukavemetinin artırılması istenir. Örneğin büyük çaplı ve etli borularda, havşanın conta etkisinin artırılması sızdırmazlığın sağlanması için büyük önem taşır. Bu da boruyu özel aparatla ikiye katlayarak havşa açılması işlemidir.

Bu tür havşalar, çift cidarlı sızdırmazlık yüzeyinden oluşur. Çift cidarlı havşa yapımı özel takım gerektirir. Şekil 4.4'te gösterildiği gibi boru havşa blokuna, blokun belli bir mesafe üstüne çıkacak şekilde sıkıştırılır. Adaptör borunun içine yerleştirilir. Sıkıştırma vidası, boruyu içeri doğru kıvrıyan ön şekil verilene kadar sıkılır. Bundan sonraki işlem tek cidarlı havşa yapımı ile aynıdır. Adaptör yerinden alınır ve şekil verici koni, çift cidarlı havşa elde edilene kadar sıkılır.



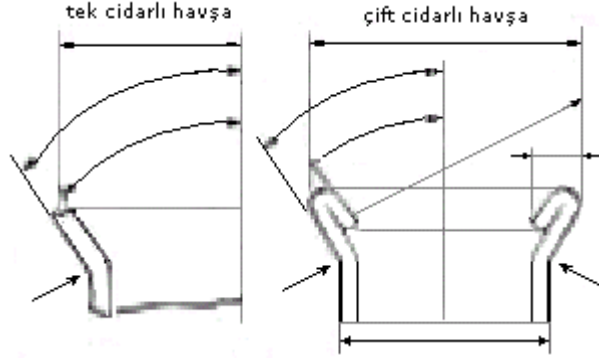
Şekil 4.4: Çift cidarlı havşa yapım tekniği ve boru bağlama ölçüsü

Çift cidarlı havşa yapım tekniği Şekil 4.4'te işlem basamağı (1,2 ve 3) dikkate alınarak yapılır.

Bu işlem, sırasıyla yukarıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.4). Borunun mengersiye bağlanma mesafesi, normal havşa açma işleminden daha uzundur. Bu ölçü yukarıdaki şekilde gösterilmiştir. Boruyu mengersiye bağladıktan sonra adaptör boru üzerine konulmalı ve havşa konisi ile aşağı bastırılmalıdır. Bu sayede boruda içe doğru katlanma meydana

gelir. Daha sonra bu katlanmayı havşa konisi ile aşağı doğru ezilir ve havşa standart açığa gelir. Böylece çift katlı havşa açma işlemi gerçekleştirilmiş olur.

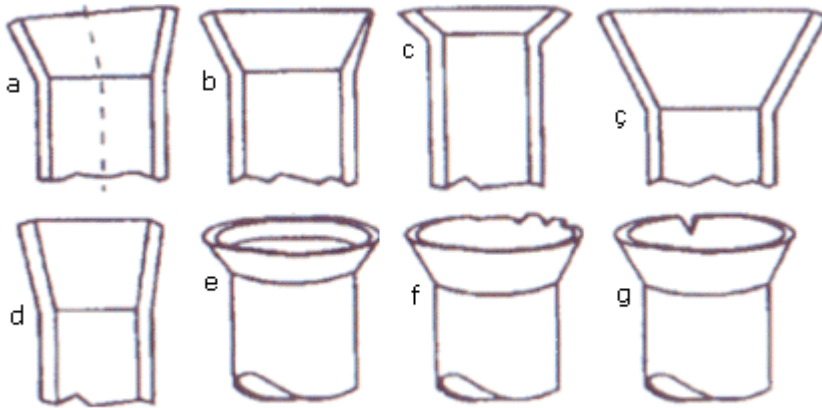
Çift havşanın başlıca kullanıldığı yer, büyük çaplı borulardır. Çünkü bu borularda tek havşa, aşırı genişleme yüzünden zayıf kalır. Tesisatlarda aşırı titreşim nedeniyle oluşabilecek çatlakların önlenmesinde ve daha sıklıkla sökülüp sıkılan bağlantılarda güvenle kullanılır.



Şekil 4.5: Tek ve çift cidarlı havşa

#### 4.3.3. Havşa Yapımında Meydana Gelebilecek Hatalar

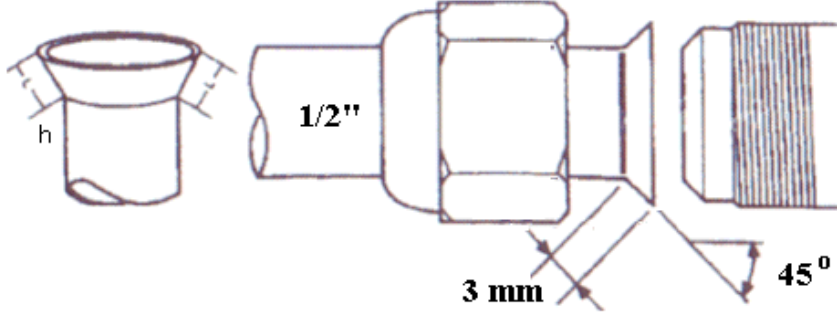
- Havşa konisi ekseninin boru eksenine çakışmadığı havşa tipi
- Havşa konisi tarafından bir yönde ezilmiş havşa tipi
- Havşa blokunda, havşa derinliğine göre kısa yerleştirilmiş boru
- Havşa blokunda, havşa derinliğine göre uzun yerleştirilmiş boru
- Havşa blokunda, havşa derinliğine göre uzun yerleştirilmiş ve havşa konisinin tam sıkılmadığı havşa tipi
- Havşa konisinin aşırı sıkılarak boru ağzının ezildiği havşa tipi
- Havşaya uygun boru ağzının hazırlanmadığı, ezilmiş veya kırılmış boruya açılmış havşa tipi



Şekil 4.6 : Hatalı açılmış havşalara örnekler

g. Havşaya uygun boru ağzının hazırlanmadığı çatlak veya yırtılmış boruya açılmış havşa tipi

h. Sızdırmazlığı sağlayabilen, standartlara uygun havşa tipi (Şekil 4.7)



Şekil 4.7: Doğru açılmış havşa ve rakorlu bağlantıdaki durumu

#### 4.4. Havşalı Birleştirmelerde Kullanılan Bağlantı Parçaları

Soğutma ve iklimlendirme boru tesisatlarında ihtiyaç duyulan havşalı bağlantı elemanları, birçok değişik tip, ölçü ve çeşitte piyasada bulunur. Bağlantı parçaları çoğunlukla kalıpta dövülmüş pirinç malzemeden yapılırlar ve uç kısımlarına standart 45°'lik havşa açılır.

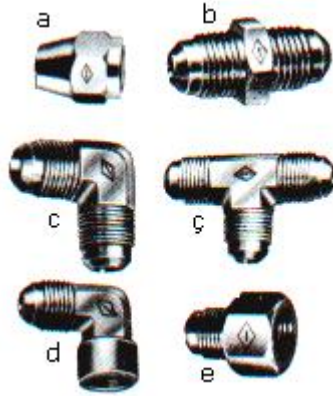


Resim 4.6: Pirinç fittingsler

Üzerine havşalı somunları tutmaya yarayan whitworth vida açılmıştır. Bağlantı parçaları, kullanılacak boru ölçüsüne uygun olarak seçilirler. Bütün havşalı somunlar, anahtarla kolay sıkılabilmesi için altıgen biçimli ve gövdelerinde açığağz anahtarın uygulanabilmesi için düz yüzey bırakılır.

Resim 4.6 ve Resim 4.7'de çok kullanılan pirinç ara bağlantı parçaları (fittingsler) görülmektedir.

- a. Erkek vidalı havşalı nipel
- b. Erkek vidalı havşalı 90° dirsek
- c. Havşalı nipel
- ç. Uzun havşalı somun



**Resim 4.7: Fittingslere örnekler**

- a. Standart havşalı somun
- b. Havşalı nipel bağlantı parçası
- c. Havşalı 90° dirsek
- ç. Havşalı Te bağlantı parçası
- d. Havşalı dişli vidalı dirsek
- e. Havşalı erkek vidalı rakor



**Resim 4.8: Pirinç fittingslere örnekler**

Resim 4.8’de pirinç ara bağlantı parçaları (fittingsler) görülmektedir.

- a. Vidalı somun (erkek-dişi)
- b. Havşalı kısa somun
- c. Nipel

## UYGULAMA FAALİYETİ

| Bakır ve alüminyum borulara havşa açınız.   |   |
|---|---|
| İşlem Basamakları   | Öneriler  |
| ➤ Bakır ve alüminyum boruyu ölçüsünde keserek havşa açmak üzere hazırlayınız.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eksene dik ve ölçüsünde kesmeye dikkat ediniz.</li> <li>➤ Rayba ve fırça kullanarak borudaki çapak ve talaşları temizleyiniz.</li> </ul>   |
| ➤ Hazırladığınız boruyu havşa mengenesinde uygun yuvaya yerleştirerek havşa açma kurallarına uygun şekilde sabitleyiniz.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Borunun sıkı sabitlenmesi için çapına uygun yuvaya yerleştiriniz.</li> <li>➤ Standartları karşılayacak bir havşa için boruyu mengeneye uygun şekilde (h, h/3) sabitleyiniz.</li> </ul>   |
| ➤ Havşa açma konisini yağlayınız.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Düzgün bir havşa oluşturabilmeniz için havşa konisini yağlamalısınız.</li> <li>➤ Bir damla mineral esaslı yağın (soğutma kompresörü yağı) yeterli olacağını unutmayınız.</li> </ul>  |
| ➤ Havşa açma aparatını mengene üzerine oturtarak sabit konumda tutunuz.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Havşa aparatına bağlı havşa konisinin boru eksenini merkezlemesini sağlayınız.</li> <li>➤ Merkezleme işleminden sonra havşa aparatını kaydırmamalısınız.</li> </ul>  |
| ➤ Aparatın kolunu çevirerek havşa açma işlemini gerçekleştiriniz.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Havşa aparatı kolunu çevirerek vida adımları sayesinde havşa konisiyle boruya baskı uygulayarak sıkıştırınız.</li> <li>➤ Havşa oluşturmaya başladığı anda aparatın kolunu ileri geri yaparak oluşacak havşayı bozulmadan koruyunuz.</li> <li>➤ Havşa konisine, borunun havşa yuvasına dayanmasından sonra yani havşa oluştuktan sonra kuvvet uygulamayınız.</li> </ul> |
| ➤ Havşa aparatını sökerek oluşturduğunuz havşayı kontrol ediniz. Varsa hatalarınızın nedenlerini araştırınız.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Oluşturduğunuz havşayı aparattan çıkararak kontrol ediniz.</li> <li>➤ Havşayı bir rakorlu bağlantı parçası üzerinde deneyiniz.</li> </ul>  |
| Not: Aynı işlemleri çift cidarlı havşa yapımı için özel aparat kullanarak gerçekleştiriniz. Çift cidarlı havşa yapımında faaliyet içerisinde yer alan bilgilerden istifade edebilirsiniz. | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çift cidarlı havşa için adaptörünü kullanmalısınız.</li> <li>➤ Adaptör dayama yüzeyine boruyu yasladıktan sonra daha fazla vidalama kuvveti uygulamayınız.</li> <li>➤ Açılan havşayı birleştirilecek parça ile üzerinde deneyiniz.</li> <li>➤ Boruda çatlak oluşturmamalısınız. Aksi hâlde nedenlerini araştırınız.</li> </ul>   |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri |   | Evet | Hayır |
|-------------------------|---|------|-------|
| 1                       | Havşa açmada kullanacağınız araç gereci hazırladınız mı?  |      |       |
| 2                       | Ağızları ezilmiş boruları havşa açma öncesi rayba ile düzelttiniz mi?   |      |       |
| 3                       | Seçtiğiniz bakır boru uzunluğu havşa açmaya uygun mu?   |      |       |
| 4                       | Boruyu uygun ölçüdeki mengene yuvasına yerleştirdiniz mi?   |      |       |
| 5                       | Boruyu mengene tabla yüzeyinden havşa kenar yüksekliğinin h, h/3 kadar dışarıda bırakabildiniz mi?                                |      |       |
| 6                       | Boruyu, mengeneye doğru yerleştirme işleminden sonra sabitlediniz mi?   |      |       |
| 7                       | Aparata ve boru çapına uygun havşa konisini seçebildiniz mi?  |      |       |
| 8                       | Havşa açma konisini havşa aparatına doğru şekilde ve fazla sıkmadan sabitleyebildiniz mi?   |      |       |
| 9                       | Havşa açma konisini her işlem öncesi az bir miktar yağlama yağı ile yağladınız mı?  |      |       |
| 10                      | Havşa açma konisini boru eksenini merkezleyecek şekilde bağlayabildiniz mi?   |      |       |
| 11                      | Aparat çenelerinin mengeneği tam kavramasını sağlayabildiniz mi?  |      |       |
| 12                      | Havşa aparatını havşa açma işinde doğru şekilde (havşa konisini boru merkezinde ileri geri hareket ettirerek) kullanabildiniz mi? |      |       |
| 13                      | Oluşturduğunuz havşanın ölçülere uygunluğunu kontrol ettiniz mi?  |      |       |
| 14                      | Açtığınız havşayı çapı uygun ara bağlantı parçası ile kontrol ettiniz mi?   |      |       |
| 15                      | Özel adaptör kullanarak çift cidarlı havşa oluşturabildiniz mi?   |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdakilerden hangisi bakır ve alüminyum borulara havşa açmada kullanılan takımlardandır?
  - A) Havşa aparatı
  - B) Havşa konisi
  - C) Çift cidarlı havşa açma adaptörü
  - D) Havşa mengenesi
  - E) Hepsi
2. Aşağıdakilerden hangisi bakır borulara havşa açmada kullanılmayan işlem basamağıdır?
  - A) Havşa konisinin yağlanması
  - B) Boruyu mengeneyle sabitleme
  - C) Boru ağzının havşa açmadan önce rayba ile düzeltilmesi
  - D) Havşa konisinin boru eksenine havşa takımını kullanarak merkezleme
  - E) Havşa konisini, boru bloka dayandıktan sonra daha çok sıkılamak
3. Aşağıdakilerden hangisi bakır borulara havşa açma işinin gereğinden değildir?
  - A) Bakır boruları rakorlu birleştirmek
  - B) Bakır boruları çözülebilir birleştirmelere hazırlamak
  - C) Bakır boru birleştirmelerinde sızdırmazlığı sağlamak
  - D) Aynı çaplı bakır boruları ara bağlantı parçası kullanarak birleştirmek
  - E) Aynı çaplı bakır boruları sert lehimleme öncesi montaja hazırlamak
4. Aşağıdakilerden hangisi havşa açmada yağlamanın amacını ifade etmektedir?
  - A) Boruların rakorlu birleştirmelerinde kaymalarını sağlamak
  - B) Boru yüzeyinde oluşmuş oksit tabakalarını temizlemek
  - C) Boruları montaja hazırlamak
  - D) Borulara havşa açma sırasında, havşa konisinin sürtünmesini azaltmak
  - E) Borulara havşa açma sırasında, havşa konisinin soğumasını sağlamak
5. Aşağıdakilerden hangisi çift cidarlı havşa yapımında tek cidarlı havşaya göre özellikle kullanılır?
  - A) Havşa konisi
  - B) Havşa aparatı
  - C) Havşa adaptörü
  - D) Havşa mengenesi
  - E) Hepsi

---

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-5

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kurallara uygun olarak bakır ve alüminyum boruları, standartlara uygun bir şekilde bükme aparatlarıyla çeşitli açılarda bükebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Soğutma ve ısıtma uygulamalarında oldukça sık kullanılan bakır boruların şekillendirilmesi işleminde birçok araç ve takım kullanılmaktadır. Uygulamanın sağladığı avantaj ve dezavantajları araştırınız.
- İnternet ortamından faydalanabilirsiniz.
- Araştırmanızı soğutma ve ısıtma konusunda deneyimli servislerde yapınız.
- Edindiğiniz bilgi ve beceriyi atölye ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 5. BORULARI BÜKME

Küçük ölçülerde yumuşak çekilmiş ve sert boruların kullanıldığı yerlerde çoğu zaman, boruyu uygulamanın özelliğine göre basitçe bükmek, eğmek daha rahat ve ekonomiktir. Bu bükme ve atlamalar fittings kullanımını azaltmaktadır. Kullanılan her fittings malzemesi ayrı bir maliyet ve sistemde daha fazla basınç düşümü demektir. Uygun aletlerle yapılacak bükme işlemi ile fittings malzemelerine gerek kalmayacaktır.

### 5.1. Bakır Boruların Şekillendirilmesinde Kullanılan Araçlar

Bükme işlemi için özel aletler geliştirilmiştir. Pratikte bir borunun bükülebileceği en küçük yarıçap, boru dış çapının yaklaşık beş katı kadardır.

#### 5.1.1. Boru Bükme Yayları



Resim 5.1: Çeşitli çaplarda yayşar

Borunun bükülürken ezilmesini önlemek için kullanılan basit araçlardır. Değişik çap ve ölçülerde üretilirler. Bükme işlemi, borunun yay içine ya da yayın boru içine sokulmasıyla yapılır. Hassas bir bükümün arandığı yerlerde pek tercih edilmezler. Resim

5.1’de bakır ve alüminyum boruların bükülmesinde kullanılan boru bükme yayları görülmektedir.

### 5.1.2. Manivela Tipi Bakır Boru Bükme Aletleri



Resim 5.2: Manivela tipi bakır boru bükme aleti

Yumuşak ve sert çekilmiş küçük çaplı boruların kullanıldığı yerlerde çoğu zaman hazır ara bağlantı parçaları kullanmak yerine, boruyu uygulamanın özelliğine göre eğmek, bükmek hem daha rahat hem de daha ekonomiktir. Bu işlem elle yapılabilirse bile sağlıklı, ölçüsünde bir bükme elde etmek oldukça zor ve zaman alıcıdır. Boru eğmenin en hassas ve güvenli yolu, alet kullanılmasıdır. Bu iş için geliştirilmiş birçok bükme aleti, takımı ve makinesi vardır. Bir servis elemanı için çoğu kez, birkaç ölçüde bükme yapabilen manivela tipi boru bükme aleti yeterli olacaktır.

Değişik ölçülerde yapılmış bükme aletleriyle  $\frac{1}{4}$ " ,  $\frac{5}{16}$ " ,  $\frac{3}{8}$ " ,  $\frac{1}{2}$ " ,  $\frac{5}{8}$ " ,  $\frac{3}{4}$ " ve 6, 8, 10, 12, 15 mm dış çap ölçülerindeki borular çeşitli açılarda bükülebilir. Bazı tipleri 2 veya 3 farklı çaptaki boruları bükme yapacak şekilde tasarlanmıştır. Resim 5.2’de manivela tipi bakır boru bükme aleti, Resim 5.3’te de bu aletin kullanımı görülmektedir. Bu alet hem yumuşak hem de sert çekilmiş boruları bükerek. Değişik çaplardaki şekil verme tekerlekleri ve kalıpları ile hassas ölçülerde, 180° kadar her açıda bükme yapılabilir.



Resim 5.3: Manivela tipi aletle bakır boru bükümü

Resim 5.4’te bükme, eğme uygulamasına ait örnekler verilmiştir. Boruların bükülebileceği minimum bir bükme çapı vardır. Bu çap borunun imalat sırasındaki şekillendirilme özelliği (yumuşak ya da sert çekilmesi) ile boru çapı ölçüsüne bağlı olarak değişir.



**Resim 5.4: Manivela ile bükülmüş bakır borulara örnekler**

Tablo 5.1’de soğutma devrelerinde çok kullanılan tüp-tip bakır borulara ait mekanik olarak minimum bükülebilecekleri yarıçap ölçüleri verilmiştir.

| Standart ölçü<br>(inç) | Bakır boru sınıfı | İşlenme durumlarına<br>göre | Min. bükme çapı |       |
|------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|-------|
|                        |                   |                             | (inç)           | mm    |
| ¼                      | K,L               | Yumuşak çekilmiş            | ¾               | 19,0  |
| ¾                      | K,L               | Yumuşak çekilmiş            | 1 ½             | 38,1  |
|                        | K,L,M             | Sert çekilmiş               | 1 ¾             | 44,5  |
| ½                      | K,L               | Yumuşak çekilmiş            | 2 ¼             | 57,2  |
|                        | K,L,M             | Sert çekilmiş               | 2 ½             | 63,5  |
| ¾                      | K,L               | Yumuşak çekilmiş            | 3               | 76,2  |
|                        | K,L               | Sert çekilmiş               | 3               | 76,2  |
| 1                      | K,L               | Yumuşak çekilmiş            | 4               | 101,6 |

**Tablo 5.1: Bakır boruların mekanik olarak bükülebileceği minimum yarıçap ölçüleri**

Bakır ve alüminyum boru bükme aparatları, çeşitli çap ve boyutlardadır (Resim 5.5). Bükme aparatı, boru çapına ve çalışma şartlarına uygun seçilmelidir. Aparatlar hareketli iki koldan oluşur. Birinci kol üzerinde, bükme açılarını gösteren dereceler ve borunun büküm içine oturtulduğu boru çapına uygun kanal vardır. İkinci kolda ise büküm ölçülerinin yer aldığı diğer ölçüler bulunur.



Resim 5.5: Çeşitli bakır boru bükme aparatları

## 5.2. Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükmek

Bükme işlemi esnasında bakır ve alüminyum boruda oluşacak sürtünme kuvvetini ve neticesindeki aşınmayı önlemek amacıyla bükme aparatı kanalları kompresör yağı ile yağlanır (Resim 5.6). Böylece boruda bir ezilme, daralma ve kırılma olmaz.



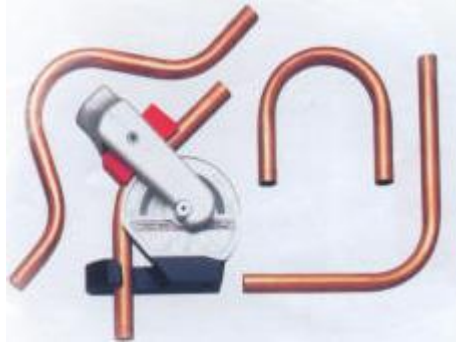
Resim 5.6 : Bükme aparatının tekerlek kanallarının yağlanması

### 5.2.1. 6-10 mm Çapa Kadar Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükmek

Ölçüye göre markalanan boru, ölçülü kısım solda kalacak şekilde bükme aparatına yerleştirilir. İş parçası uçtan eksene bükülecekse markalanan işaret, üst kısımda bulunan bölüntü L çizgisi ile çakıştırılır (Resim 5.7). Üst kısımdaki 0 (sıfır) çizgisi 90° bölüntüsü ile çakışana kadar kolları çevirmek suretiyle bükülür. Bükme işleminden sonra kol geri çevrilerek iş parçası bükme aparatından çıkarılır.



**Resim 5.7: İş parçasının bükme aparatına yerleştirilmesi ve bükülmesi**



**Resim 5.8: Bükülmüş parçalardan örnekler**

### **5.2.2. Bükme Yayısı Kullanarak Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükmek**



**Resim 5.9: Bakır borunun bükme yayısı ile bükülmesi**

Bükme yayısı; borunun bükülürken ezilmesini, deformasyona uğramasını önlemek için borunun içine sokulmak veya genelde kullanılan boruyu yayın içine sokmak üzere imal edilmiştir. Bükme yayısının iç çapı, bakır veya alüminyum boru dış çapı kadardır. Bükme yayısının bir ucu bakır veya alüminyum boruya rahat geçebilmesi için genişletilmiştir. Bükme yayısı seçiminde bakır veya alüminyum borunun dış çapı dikkate alınmalı ve uygun çapta bükme yayısı seçilmelidir. Aksi hâlde bükme işlemi esnasında bakır veya alüminyum boruda deformasyon meydana gelir. Bükme yayısı boruya geçirilir ve el kuvvetiyle bükme işlemi

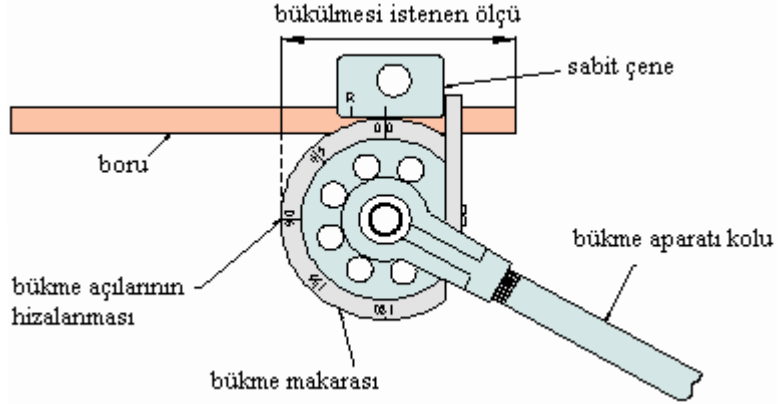
gerçekleştirilir (Resim 5.9). Bükme açısı el ve göz koordinasyonu ile ayarlanır. Bükme işlemi sonunda bükme yayı, bakır borudan çıkarılır.

### 5.2.3. 10-22 mm Çapa Kadar Bakır ve Alüminyum Boruyu Bükmek



Resim 5.10: Büyük çaplı bakır boruyu bükme aparatında bükme

Büyük çaptaki bakır veya alüminyum boruyu bükmek için tasarlanmış çeşitli bükme aparatları mevcuttur. Çalışma yeri imkânlarına göre bükme aparatı, yerde veya bir mengene yardımıyla kullanılabilir. Bakır veya alüminyum borular 180° açığa kadar bükülebilir. Markalanan boru çapına uygun bükme takımları monte edilir. Bakır boru, uçtan eksene bükülecek ölçü bükme aparatının sağ tarafına gelecek şekilde takılır (Resim 5.7) ve (Şekil 5.1). Bükme kollarını çevirmek suretiyle hareketli makara üzerindeki 90° açı sabit kısımdaki çizgiye gelinceye kadar bükülür, bükme işlemi tamamlandıktan sonra iş parçası bükme aparatından çıkarılır.



Şekil 5.1: Bükme aparatı kısımları ve bükme tekniği



## UYGULAMA FAALİYETİ

| Bakır ve alüminyum boruları bükünüz.  |   |
|---|---|
| İşlem Basamakları   | Öneriler  |
| ➤ Bakır boruyu ölçüsünde keserek bükme ölçüsünü uygun şekilde markalayarak hazırlayınız.  | ➤ İş parçasına uygun bükme aparatını seçiniz.<br>➤ Boru üzerinde büküm yapılacak yeri ölçüsünde markalayınız.   |
| ➤ Hazırladığınız boruyu bükme aparatında boru çapına uygun yuvaya yerleştirerek büküm için markalanan ölçüyü (bükümün gerçekleştiği kısım) aparat üzerinde ayarlayınız. | ➤ Bükme aparatında boru çapına uygun kanalı seçmelisiniz.<br>➤ Standartları karşılayacak bir büküm için markalanan boruyu aparat üzerine doğru şekilde yerleştirmelisiniz.  |
| ➤ Sağlıklı bir büküm elde etmek için aparatın bükme kanalını veya tekerleğini yağlayınız.   | ➤ Düzgün bir bükme işlemi için bükme aparatının bükme kanalını veya tekerleğini yağlamalısınız.<br>➤ Bir iki damla mineral esaslı yağın (soğutma kompresörü yağı) yeterli olacağını unutmayınız.  |
| ➤ Boruyu aparat üzerindeki bükme açılarını kullanarak istenilen açıda bükünüz.  | ➤ Bükme aparatında doğru kanala yerleştirdiğiniz ve bükme mesafesi markalanmış boruyu, aparat üzerindeki açı değerlerini kullanarak istediğiniz açıda bükebilirsiniz.<br>➤ Büküm işlemi sırasında boruyu kaydırmamaya dikkat etmelisiniz. |
| ➤ Bükme aparatını açarak büküğünüz boruyu çıkarıp kontrol ediniz.   | ➤ Büküğünüz iş parçasını, bükme aparatını açarak bükülmüş boruyu bozmadan uygun şekilde çıkarmalısınız.<br>➤ Büküğünüz boru parçasının bükme ölçülerine uygunluğunu kontrol ediniz.   |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri |   | Evet | Hayır |
|-------------------------|---|------|-------|
| 1                       | Boru bükmede kullanacağınız araç gereci hazırladınız mı?  |      |       |
| 2                       | Seçtiğiniz bakır boru uzunluğu, aparatla bükmeye uygun mu?  |      |       |
| 3                       | İş parçanızın büküm yapılacak yerini ölçüsünde markaladınız mı?                                       |      |       |
| 4                       | Boruyu uygun çaptaki bükme aparatı yuvasına yerleştirdiniz mi?  |      |       |
| 5                       | Bükme aparatınız tekerlekli tip ise uygun tekerleği seçebildiniz mi?                                  |      |       |
| 6                       | Bükme aparatı, bükme kanalını her işlem öncesi az bir miktar yağlama yağı ile yağladınız mı?          |      |       |
| 7                       | İş parçanızın (borunun) markalanmış büküm yerini bükme aparatına doğru şekilde yerleştirebildiniz mi? |      |       |
| 8                       | Boruyu kaydırmadan bükebildiniz mi?   |      |       |
| 9                       | Boruyu markalanmış bölge içinde bükebildiniz mi?  |      |       |
| 10                      | Boruyu istenilen açıda bükebildiniz mi?   |      |       |
| 11                      | Bükülmüş boruyu aparattan bozmadan çıkarabildiniz mi?   |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi bakır ve alüminyum boruları bükmede kullanılan takımlardandır?  
A) Havşa aparatı  
B) Havşa konisi  
C) Bükme yayı  
D) Havşa mengenesi  
E) Hepsi
2. Boruya uygun bükme aparatı seçiminde nelere dikkat edilmelidir?  
A) Bükülecek boru çapına  
B) Bükme aparatının boru çapına uygunluğuna  
C) Bükme kanallarının aşınmış olmamasına  
D) Bükme aparatının büküm için gerekli açı değerlerini göstermesi  
E) Hepsi
3. Aşağıdakilerden hangisi bakır boruları bükme işinin gereğindedir?  
A) Bakır boruları rakorlu birleştirmek  
B) Bakır boruları çözülebilir birleştirmelere hazırlamak  
C) Bakır boru birleştirmelerinde sızdırmazlığı sağlamak  
D) Aynı çaplı bakır boruları ara bağlantı parçası kullanarak birleştirmek  
E) Boruların ara bağlantı parçası kullanmadan yön değişimini sağlamak
4. Aşağıdakilerden hangisi bükme işleminde yağlamanın amacını ifade etmektedir?  
A) Borunun bükme işlemi sırasında kaymalarını sağlamak  
B) Boru yüzeyinde oluşmuş talaşları temizlemek  
C) Boruyu montaja hazırlamak  
D) Borunun büküm sırasında ezilmesini, kırılmasını ve yırtılmasını önlemek  
E) Bükme aparatında istenilen ölçüde büküm sağlamak
5. Bükme aparatı ile kaç dereceye kadar büküm yapılabilir?  
A) 0°- 150°  
B) 90°- 210°  
C) 120°-360°  
D) 0°- 180°  
E) 0°- 360°

---

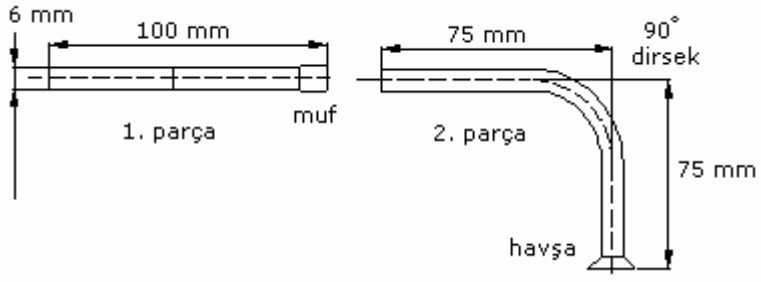
## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki resimde görülen iki parçayı, yumuşak çekilmiş bakır borudan verilen ölçülerde montaja hazırlayınız.

1. Boru 100 mm ve bir ucuna muf açınız.
2. Boru 150 mm bir ucuna havşa açarak ortadan 90° dirsek bükünüz.



## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri |  | Evet | Hayır |
|-------------------------|--|------|-------|
| 1                       | Boruları montaja hazırlamada uygun takım ve araç gereci hazırlayabildiniz mi?                                      |      |       |
| 2                       | Boruları verilen ölçülerde montaja hazırlamak üzere doğru şekilde markaladınız mı? (Markalama ve ölçme)            |      |       |
| 3                       | Boruları ölçüsünde, eksenine dik olarak kesebildiniz mi? (Kesme)   |      |       |
| 4                       | Kesme işlemi sırasında boru uçlarında oluşan çapakları temizlediniz mi? (Raybalama)                                |      |       |
| 5                       | Kesme işlemi sırasında oluşan metal talaşlarını temizlediniz mi?   |      |       |
| 6                       | Kesme işlemi sırasında boru ağızlarında oluşan çap daralmalarını, ezilmeleri giderebildiniz mi?                    |      |       |
| 7                       | 1.borunun kaynak tekniğine uygun montaj öncesi mufu doğru şekilde açabildiniz mi? (Muf açmak)                      |      |       |
| 8                       | 2.boruyu markalanan yerden 90° bükebildiniz mi? (Bükme)  |      |       |
| 9                       | 2.borunun ucunda rakorlu birleştirme tekniğine uygun montaj öncesi havşayı doğru şekilde açabildiniz mi?           |      |       |
| 10                      | Boruların; muf, bükme ve havşa işlerinde işlem öncesi tekniğine uygun yağlama yağını kullandınız mı? (Havşa açmak) |      |       |
| 11                      | Boru ucunda elde ettiğiniz muf, montaj için uygun mu?  |      |       |
| 12                      | Boru ucunda elde ettiğiniz havşa, montaj için uygun mu?  |      |       |
| 13                      | 90° büktüğünüz boru, montaj için uygun mu?   |      |       |
| 14                      | 1. ve 2.boruyu montaja hazırlayabildiniz mi?   |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

|   |   |
|---|---|
| 1 | D |
| 2 | D |
| 3 | C |
| 4 | E |
| 5 | E |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

|   |   |
|---|---|
| 1 | D |
| 2 | A |
| 3 | D |
| 4 | D |
| 5 | B |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

|   |   |
|---|---|
| 1 | E |
| 2 | E |
| 3 | E |
| 4 | D |
| 5 | C |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

|   |   |
|---|---|
| 1 | E |
| 2 | E |
| 3 | E |
| 4 | D |
| 5 | C |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

|   |   |
|---|---|
| 1 | C |
| 2 | E |
| 3 | E |
| 4 | D |
| 5 | D |

## KAYNAKÇA

- SAYAR Engin Deniz, **Soğutma ve İklimlendirme-I, Meslek Bilgisi Temel Ders Kitabı**, MEB.
- OĞUZ Burhan, **Sert Lehim**, Oerlikon
- ŞENER Temel, Muhittin GÖKKAYA, Selim SAVCI, **Elektrik Bilgisi**, MEB.
- ÖZÜNAL Subegüm, **Soğutma ve İklimlendirme (Çeviri)**, MEB.