

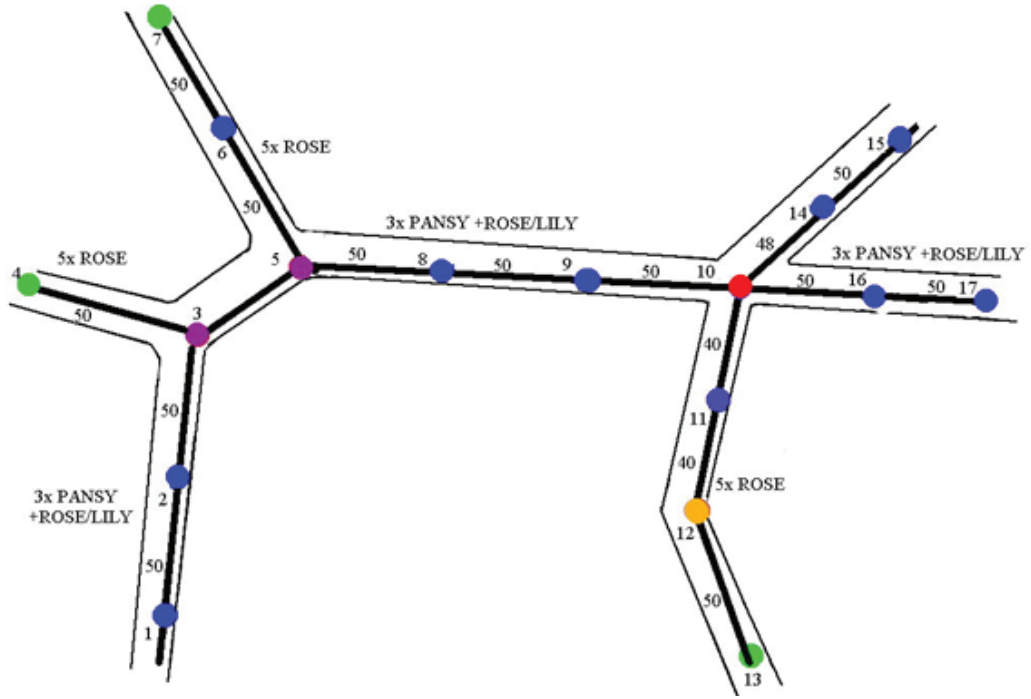
# DİREKLER VE ÖZELLİKLERİ

## KONULAR

1. Hat Güzergahlarının Belirlenmesi
2. Kullanılış Çeşitlerine Göre Direk Çeşitleri
3. Yapıldıkları Malzemeye Göre Direk Çeşitleri
4. Direklerle İlgili Hesaplamalar

## 12.1. HAT GÜZERGAHLARININ BELİRLENMESİ

Yüksek gerilim elektrik enerjisinin üretildiği yerden tüketim merkezlerine iletilmesi için hava hatları kullanılır. İletim ve dağıtım hatlarında kullanılan ve iletkenleri birbirlerinden belirli uzaklıkta havada tutmaya yarayan ve hat boyunca uygun aralık ve yükseklikte yerleştirilen şebeke donanımına direk denir.



Şekil 12.1 Dağıtım durumuna göre direklerin yerleri

Yukarıdaki şekilde;

- 1, 2, 6, 8, 9, 11, 14, 15, 16 ve 17 no'lu direkler taşıyıcı direk
- 3 ve 5 no'lu direkler branşman direk
- 12 no'lu direk köşede taşıyıcı direk
- 4, 7 ve 13 no'lu direkler nihayet direkleri
- 10 no'lu direk tevzi direğidir.

## 12.2. KULLANILIŞ ÇEŞİTLERİNE GÖRE DİREK ÇEŞİTLERİ

- Durdurucu direkler
- Köşede durdurucu direkler
- Taşıyıcı direkler
- Köşede taşıyıcı direkler

- Nihayet direkleri
- Branşman direkleri
- Tevzi direkleri

### **12.2.1. Durdurucu direkler**

ENH'de düz hattı durdurmak amacıyla kullanılan direklere denir. Taşıyıcı direklere bağlanan iletkenlerin gergin durmasını sağlar. İletkenlere gelen gerilme kuvveti durdurucu direklerle temin edilir. Genellikle durdurucu direkler arasında 7 adet taşıyıcı direk bulunabilir. Yol ve nehir atlamaları gibi özel durumlarda durdurucu direkler karşılıklı birbirine bağlantılı olabilir.

### **12.2.2. Köşede durdurucu direkler**

Enerji nakil hava hatlarının köşe noktalarında kullanılan ve aynı zamanda durduruculuk görevi yapan direklere köşede durdurucu direkler denir.

### **12.2.3. Taşıyıcı direkler**

Hava hatlarında durdurucu direkler arasında iletkeni taşımak, yani iletkenin ağırlığını tutmak amacıyla kullanılan direklerdir.

### **12.2.4. Köşede taşıyıcı direkler**

Enerji nakil hava hatlarının köşe noktalarında iletkenleri taşımak amacıyla kullanılan direklerdir.

### **12.2.5. Nihayet ( son) direkler**

Enerji nakil hatlarının başlangıç ve sonunda kullanılır. Hattın tek taraflı toplam cer (gerilme) kuvvetine dayanabilecek durumda olan direklere denir.

### **12.2.6. Branşman direkleri**

YG hava hatlarında taşıyıcı ve köşede taşıyıcı durumda olan direklerden bir veya iki yönde kol veya şube hattı ayrılıyorsa, bu durumdaki taşıyıcı ve köşede taşıyıcı direklere branşman direkleri denir.

### 12.2.7. Tevzi (dağıtım ) direkleri

Enerji nakil hava hatlarında ikiden fazla nihayet bağı ile bağlı olan hatların tevzi edildiği yani kollara ayrılarak dağıtımının yapıldığı direklere denir. Direkteki hatlardan kesiti en büyük olan hat, ana hat olarak kabul edilir. Bunun dışında kalan diğer hatlar bu ana hattın birer branşmanı veya kolu durumundadır. Ana hatlarla bu direklere kadar gelen enerji, bu direkten ayrılan branşmanlarla daha küçük kapasiteli enerjiler halinde dağıtılır.

Hava hattına etki eden çekme (cer), ağırlık, rüzgâr ve buz yükü gibi kuvvetlere dayanabilecek durumda olmaları istenir. Bu kuvvetler durdurucu, köşe ve tevzi direklerine aynı zamanda fakat değişik yönlerden etki ederler. Taşıyıcı direklerde ise iletkenleri sadece taşımaya ve tutmaya yaradıklarından bunlarda hatların cer kuvveti yerine hat doğrultusunda dik yöndeki rüzgâr kuvvetleri esas alınır.

Direkler kullanıldıkları hattın gerilimine göre de sınıflandırılır.

I-Alçak gerilim direkleri

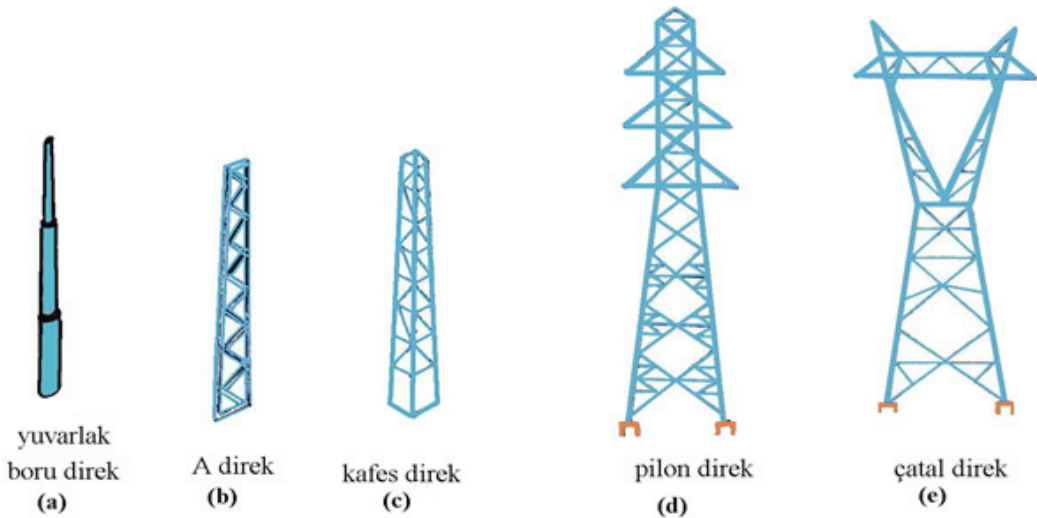
II-Orta gerilim direkleri

III-Yüksek ve çok yüksek gerilim direkleri

### 12.3. YAPILDIKLARI MALZEMEYE GÖRE DİREK ÇEŞİTLERİ

İmal edildikleri malzemeye göre direk çeşitleri şunlardır:

- Demir direkler
- Betonarme direkler
- Ağaç direkler



Şekil 12.2 Demir direk çeşitleri

### **12.3.1. Demir direkler**

Demir direkler ağaç direklere nazaran çok daha uzun ömürlü ve beton direklere göre de daha hafiftir. Demir direkler iletkenlerin her türlü tertip şekline uygulanabilir. Herhangi bir sebeple meydana gelebilecek direk arızalarının tamir edilmesi de kolaydır. Ancak beton direklere göre bakım ve işletme masrafları daha fazladır.

Demir direk tipleri şunlardır:

- Boru direkler
- A ve kafes direkler
- Putrel direkler (pilon veya çatal)

### **12.3.2. Betonarme direkler**

Çimento, su ve katkı maddelerinin uygun oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen beton ile yüksek dayanımlı çelik tel veya çelik çubukların kullanılmasıyla elde edilir. Beton ve çelik malzemenin gözeneksiz bir şekilde uygunluğunun sağlanması için titreşim (vibrasyon) veya savurma (santrifüj) metodu uygulanır. Bu yöntemle imal edilen direklere betonarme direk denir.

Betonarme direklerin demir direklere göre en büyük avantajı hava şartlarında ve özellikle sanayi bölgelerindeki zararlı gaz ve buharlardan az etkilenmeleridir. Ayrıca kullanılan demir miktarının aynı işi gören demir direklere oranla az olması (%60) demir malzemedan tasarruf sağlar.

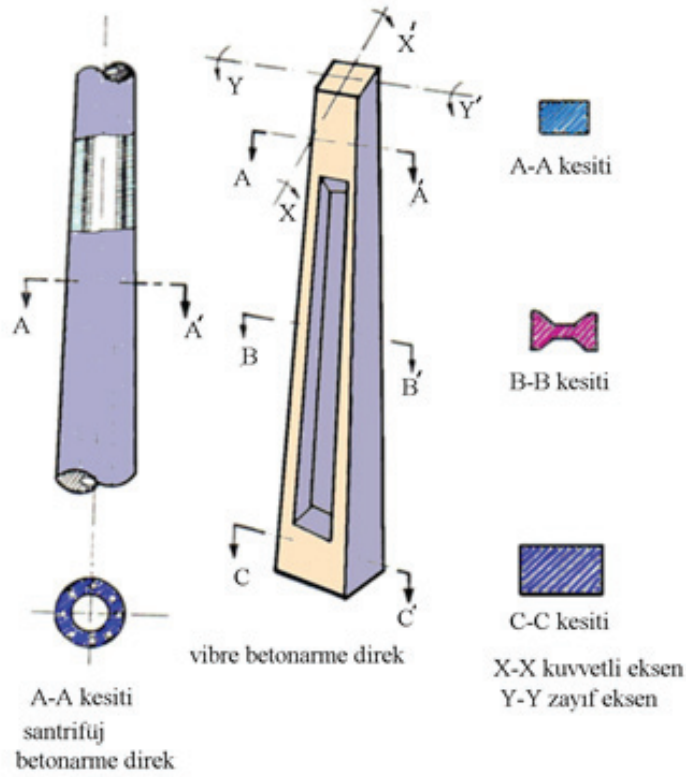
Betonarme direkler, hesap ve yapım kurallarına göre ikiye ayrılır:

#### **12.3.2.1. Gerilmesiz betonarme direkler**

- Santrifüj betonarme direkler
- Vibre betonarme direkler

#### **12.3.2.2. Ön gerilmeli betonarme direkler**

- Ön gerilmeli santrifüj betonarme direkler
- Ön gerilmeliibre betonarme direkler



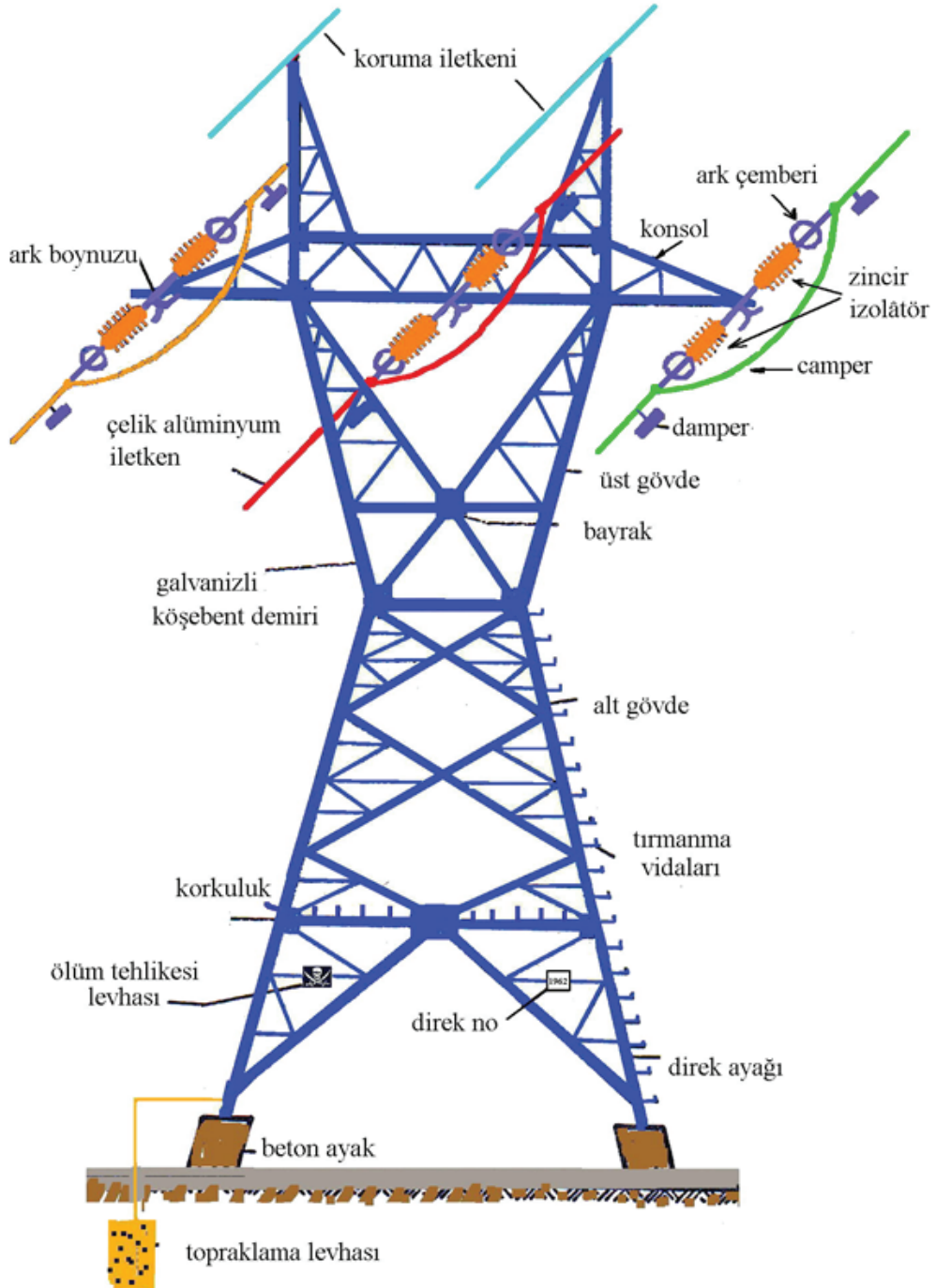
Şekil 12.3 Beton direk çeşitleri

### 12.3.3. Ağaç direkler

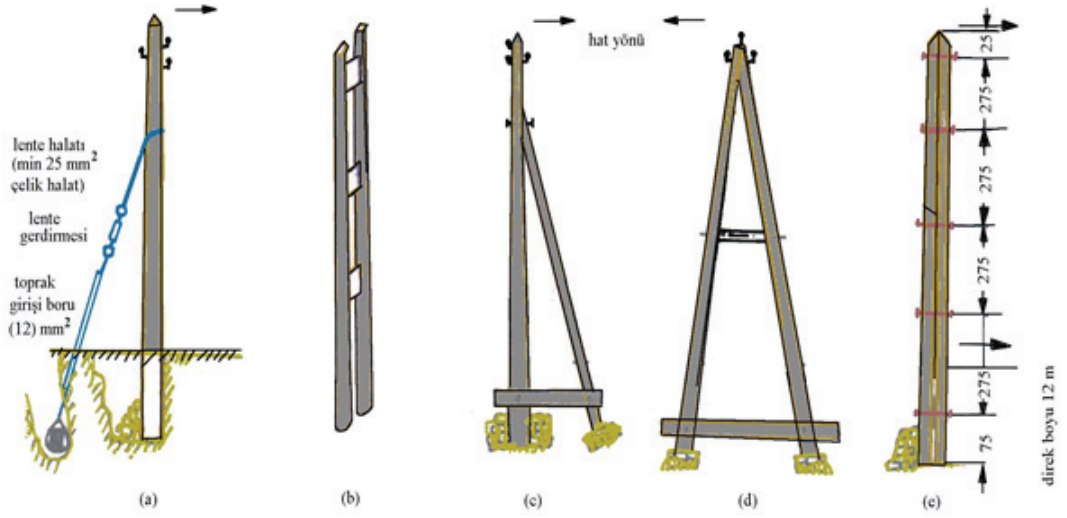
Alçak ve orta gerilimli iletim ve dağıtım hava hatlarında kullanılır. Mekanik dayanımları azdır. Köknar, ardıç, karaçam gibi ağaçlardan yapılır. Hava şartlarından olumsuz etkilendikleri için özel işlemlere tabi tutulur. Bu işlemler ağaç direğe bakır sülfat emdirilmek veya katranlamaktır. Ağaç direklerin kullanım şekillerine göre sınıflandırılması şu şekildedir:

Ağaç direk çeşitleri:

- Tek ağaç direkler
- Çift ağaç direkler ( ikiz veya H )
- A direkler
- Payandalı direkler
- Kirişli direkler
- Lenteli direkler (gergi telli )



Şekil 12.4 Çatal tip direk ve üzerindeki donanımlar



Şekil 12.5 Ağaç direk çeşitleri a) Lenteli direk b) Çift kirişli c) Payandalı direk d) A direk e) İkiz direk

### 12.3.4. Direk başı donanımları

Direk başı donanımları ülkelerin iklim durumlarına göre değişiklik gösterir. Yağışların fazla olduğu yerlerde direk, travers ve diğer donanımlar üzerinde kar ve buz birikmemesi için uygun şekle getirilir. Direk başı donanımları yol, nehir ve boğaz atlamalarında ikili olarak gruplandırılır. İzolâtör bağlantı şekillerine göre çift gergi, çift askı veya çift mesnet şeklinde gruplandırılabilir. İzolâtörlerde kullanılan ark boy-nuzu, ark koruma çemberinin sayıları da değişebilmektedir.

#### 12.3.4.1. Traversler ve görevleri

Enerji nakil hatlarında iletkenlerin izolâtörlere bağlanması, izolâtörlerinde direklerle tutturulabilmesi traversler yardımıyla sağlanır. Direkler kullanılacak travers şekilleri veya sayısı, kullanılacak iletken sayısına, gerilme kuvvetine, ağırlıklarına, izolâtör ve direk tipine bağlı olarak değişir.

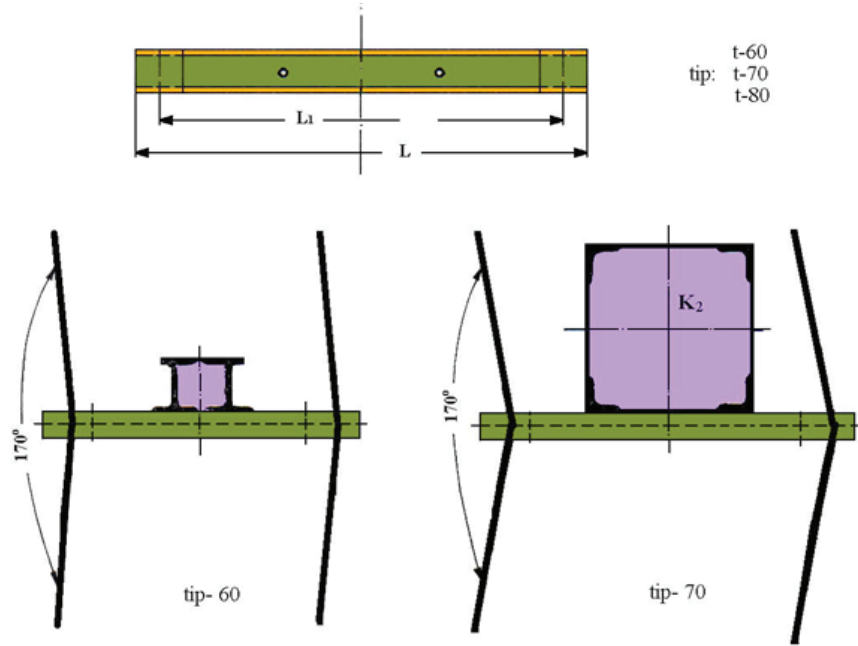
- AG ve OG demir direklerinde kullanılan traversler ve tipleri

Küçük sanayi ve abone yüklerinin ihtiyaçlarını karşılamak için yapılır. Traversler, taşıyıcı, köşe, durdurucu ve nihayet tipinde olmak üzere 3 ayrı tipte sınıflandırılır. Gerekli travers seçimi bu tiplere ait tablolardan seçilebilir.

- Taşıyıcı traversler

AG A tipi ve kafes tipi demir direklerde izolâtörlere bağlanır ve iletkenleri taşımak amacıyla kullanılır.

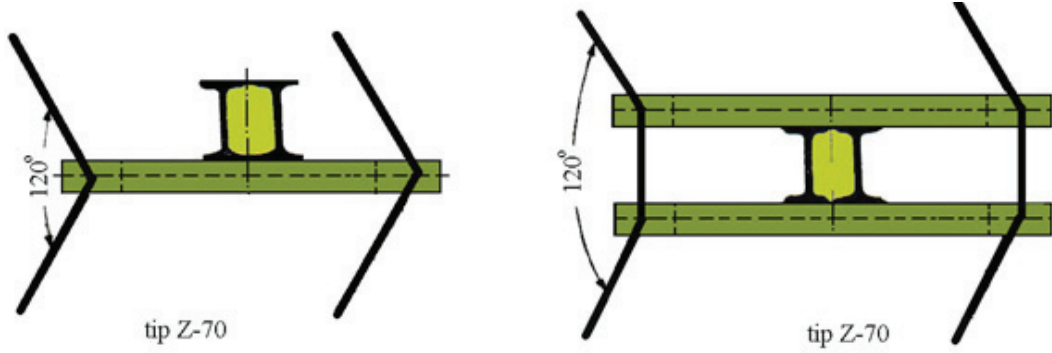




Şekil 12.6 Taşıyıcı travers

- **Köşe traversler**

Enerji nakil hatlarının köşe noktalarında bulunan AG A tipi ve kafes tipi direklerde, izolâörlere taşıyıcı bağ ile bağlanan iletkenleri taşımak amacıyla kullanılan traverslere köşe traversleri denir.



Şekil 12.7 Köşe traversleri

- **Durdurucu ve nihayet traversler**

Düz olarak giden enerji nakil hatlarının, başlangıcında ve sonunda bulunan AG A tipi veya kafes tipi direklerde kullanılan traverslere denir.

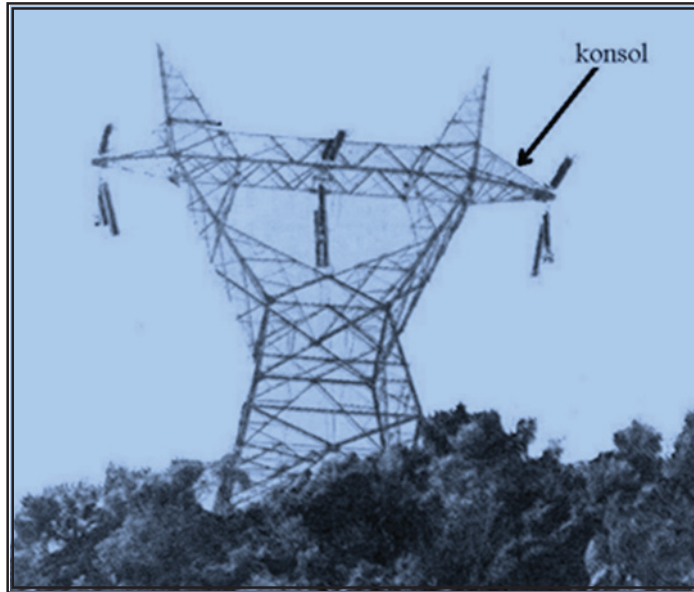
- AG ve OG beton direklerde kullanılan traversler ve tipleri

Bir direkte kullanılacak travers sayısı, teşkil edilen hat iletken tertibine ve direğin tipine bağlıdır. Buna göre taşıyıcı, köşede taşıyıcı ve nihayet direklerinde kullanılacak travers sayısı iletken sayısına bağlıdır

- Konsollar

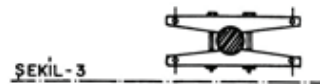
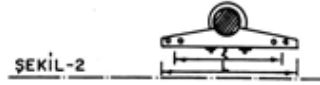
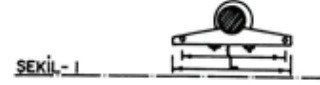
Yüksek gerilim enerji iletim ve dağıtım hatlarında kullanılan çatal tipi demir direklerde izolâtörü bağlamak amacıyla kullanılır. Konsollar taşıyıcı, durdurucu, nihayet direkleri için ayrı şekil ve yapıda olur.

Konsol elemanlarına yatay ( Z ) kuvvetlerinden ve dikey (G) kuvvetlerinden yük gelir. Z kuvveti hat yönünde direğe gelen kuvvet olup iletkenin gerilmesinin etkisiyle oluşur. Direkler telin herhangi bir nedenle kopma varsayımına göre yapılır. G kuvveti hat yönüne dik olarak gelen kuvvet olup daha çok rüzgârın oluşturduğu kuvvettir. Ayrıca konsol üzerinde iletkenin ağırlığından ve buz yükünden dolayı, direktten aşağı doğru bir kuvvet oluşur ki buna da Y kuvveti denir.



Resim 12.1 Çatal demir direk üzerinde konsolun gösterilişi

CİNSİ	TİP	l (cm)	l (cm)	Ağırlığı (kg)	KULLANMA LİMİTİ		ŞEKİL
					İLETKEN ADI	AÇI	
TAŞIYICI	t	60	52.5	6	PHLOX	122	1
NİHAYET	n	60	52.5	11	PHLOX	122	1
KÖŞE	N	75	67.5	13	PHLOX	85	1
KÖŞE NİHAYET	N	90	68	16	PHLOX	85	2
TEVZİ	2n	60	52.5	22	PHLOX	122	3
TEVZİ	2n	90	68	32	PHLOX	85	4



#### DÖRT İLETKENLİ SABİT TRAVERSİLER

CİNSİ	TİP	l (cm)	Ağırlığı (kg)	KULLANMA LİMİTİ		ŞEKİL
				İLETKEN ADI	AÇI	
TAŞIYICI	t4	160	45	PHLOX	122	5
NİHAYET	n4	200	75	PHLOX	122	6
KÖŞE	Zn4	220	80	PHLOX	85	6

#### İKİ İLETKENLİ SABİT KONSOLLAR

CİNSİ	TİP	l (cm)	Ağırlığı (kg)	KULLANMA LİMİTİ		ŞEKİL
				İLETKEN ADI	AÇI	
TAŞIYICI	K12	80	25	PHLOX	122	5
NİHAYET	Kn2	100	50	PHLOX	122	6
KÖŞE	ZKn2	110	55	PHLOX	85	6

#### BETON MÜŞTEREK DİREKLERDE O.G. TRAVERSİLERİ

CİNSİ	TİPİ	KULLANMA LİMİTİ	
		İLETKEN	AÇI
TAŞIYICI	T/27-200	PIGEON	160
TAŞIYICI	T/27-220	PIGEON	125
TAŞIYICI	T/27-240	PIGEON	107
TAŞIYICI	T/27-260	PIGEON	95

CİNSİ	TİPİ	KULLANMA LİMİTİ	
		İLETKEN	AÇI
Durduruc Ni-hayet	N/70-200	PIGEON	160
Durduruc Ni-hayet	N/70-220	PIGEON	125
Durduruc Ni-hayet	N/70-240	PIGEON	107
Durduruc Ni-hayet	N/70-260	PIGEON	95

CİNSİ	TİPİ	KULLANMA LİMİTİ	
		İLETKEN	AÇI
Durduruc Ni-hayet	N/70-200	HAWK	160
Durduruc Ni-hayet	N/70-220	HAWK	125
Durduruc Ni-hayet	N/70-240	HAWK	107
Durduruc Ni-hayet	N/70-260	HAWK	95

Tablo 12.1 AG ve OG traversleri ve özellikleri

## 12.4. DİREKLERLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

### 12.4.1. Ekonomik direk aralığı hesabı

Alçak gerilim şebekelerinde direk aralıkları 40 — 50 m. olarak belirlenmiştir. Orta ve yüksek gerilim şebekelerinde ekonomik direk açıklıkları WİDMAR' ın ekonomik menzil formülü ile bulunur. Bu formül,

$$a_{ek} = \sqrt{\frac{16 \cdot h_e \cdot \delta_{max}}{3 \cdot q_0}}$$

(m) şeklindedir. Bu formülde;

$\delta_{max}$  = İletkenlerin en büyük çekme kuvveti (Kg/mm<sup>2</sup>).

$h_e$  = Emniyet yüksekliği

$q_0$  = İletkenlerin buz yüklü özgül ağırlıkları (Kg/cm<sup>3</sup>).

### 12.4.2. İletkenler arasındaki açıklıkların hesaplanması

Hava hattı iletkenleri arasında bulunması gereken en küçük açıklıklar kuvvetli akım yönetmeliğinde formüllerle gösterilmiştir. Bu açıklıklar traverslerin ölçüleri bakımından da önem taşır. Rüzgâr ve buz yüklerinin etkisi ile iletkenler salınım yaparlar. Bu salınımlar sonucu birbirine yaklaşan iletkenler arasında kalan açıklıkların tehlike yaratmayacak değerde olması gerekmektedir.

İletkenler arasında bulunması gerekli açıklıklar işletme gerilimi, en öyük fleş ve iletkenlerin direklerdeki yerleştiriliş şekillerine bağlı olarak değişir. Ayrıca kullanılan iletkenlerin cinsi de bu açıklıkları etkilemektedir.

Kuvvetli akım yönetmeliğine göre iletkenler arasındaki en küçük açıklıklar şu şekilde belirlenmiştir:

Farklı seviyede bulunan iletkenler arasındaki açıklıklar (Bakır, demir ve içindeki demir ağırlığı %30 dan fazla olan ST-A1).

$$D_1 = 0,45 + 0,50 \cdot \sqrt{f_m + 0,001 \cdot U}$$

Alüminyum iletkenler ile içindeki demir ağırlığı %30 dan az olan St-A1 iletkenlerinde;

$$D_1 = 0,25 + 0,70 \cdot \sqrt{f_m} + 0,01 \cdot U$$

Aynı seviyede bulunan her çeşit iletkenlerin arasındaki açıklıklar.

$$D_2 = 0,65 \cdot \sqrt{f_m} + 0,01 \cdot U$$

Her bir faz iletkeni ile topraklanmış demir inşaat kısımları arasındaki en küçük aralık da şu formülle bulunur.

$$D_3 = 0,05 + 0,0075 \cdot U$$

Bu formülde ;

$U$ ... KV.olarak işletme gerilimi.

$f_m$ ...metre olarak en büyük fleş.

$D_1, D_2, D_3$ ... Metre olarak direk aralıkları.

İletkenler arası açıklıklar yukarıda verilen formüllerle hesaplanmakla beraber, iletkenlerin asenkron salınımları dikkate alınarak, salınım kontrolleri yapılır. Bu kontroller:

İletkenler arasındaki en büyük sapma açısının 1/4'ü kadar bir açıda + 5°C taki fleş ve azami rüzgar için,

Bölgelere göre +45 °C veya + 40 °C taki fleş ve azami rüzgar yükünün %60 ını etkilediği durumlar için yapılır. Her iki durum için birbirine yaklaşan iletkenler arasında en az  $D_{min} = 0,0075 \cdot U$  metre (20 cm. den az olmamak üzere) mesafe bulunmalıdır.

150 KV. tun üstündeki gerilimlerde travers boyu fazla olduğundan kontroller % 70 ve % 42' lik rüzgâr yüklerinde yapılır. Alçak gerilim şebekelerinde alüminyum iletkenler arasında en az 50 cm. bakır ve çelik - alüminyum iletkenlerin arasında da en az 40 cm. aralık bulunması gerekir. Bu açıklıklar gerekli güvenlik tedbirleri alındığı ve birbirine göre gerilim farkı bulunmayan iletkenler için daha da küçültülebilir.

### 12.4.3. İletkenlerin salınım kontrolü

Direk boyutlarının hesaplanmasında, uygun direk ve travers seçimi salınım kontrolü yapılarak yeniden gözden geçirilir. Mesnet izolatörlü traverslerde salınım söz konusu değildir. Zincir izolatörlü sistemlerde, izolatör zincirinin salımmı ile direğe ve diğer faz iletkenlerine en yakın iletken mesafesi hesaplanarak kontrol edilmelidir. Bundan sonra travers uzunlukları belirlenir.

Örnek : En büyük fleşi 9 m. Olan aynı seviyedeki bakır iletkenlerin işletme gerilimi 150 KV. Tur. İletkenler arasındaki açıklığı bulunuz.

$$D_2 = 0,65 \cdot \sqrt{f_m} + 0,01 \cdot U$$

$$D_2 = 0,65 \cdot \sqrt{9} + 0,01 \cdot 150 = 1,95 + 1,5$$

$$D_2 = 3,45 \text{ metredir.}$$

Zincir izolatörün salınım açısı  $\alpha$  ise şu formülle bulunur:

$$\text{tg } \alpha_{iz.} = \frac{W_{iL} + \frac{W_{iz.}}{2}}{G_{iL} + \frac{G_{iz.}}{2}}$$

Bu formülde ifadelerin anlamları ve birimleri şu şekildedir;

$\alpha_{iz.}$  = İzolatör salınım açısı

$W_{iz.}$  = İzolatörlere gelen rüzgar kuvveti (Kg)

$G_{iz.}$  = İzolatör ağırlığı (Kg)

İletkenin salınım açısı ise  $\text{tg } \alpha_{iL} = \frac{W_{iL}}{G_{iL}}$  şeklinde bulunur.

#### 12.4.4. Traversler (Konsollar)

Traversler iletkenleri taşımağa yararlar. İletkenlerin izolatörlere bağlanması, izolatörlerin de direklerle tutturulabilmesi traversler yardımı ile gerçekleştirilir. Direklerde kullanılacak travers sayısı veya travers şekilleri, kullanılacak iletken sayısına, gerilme kuvvetine ve ağırlıklarına, izolatör ve direk tipine bağlı olarak değişir.

Yurdumuzda İller Bankası tarafından standardize edilen travers ve konsollar kullanılmaktadır. Taşıyıcı, durdurucu, son, köşe ve dağıtım direkleri için ayrı ayrı traversler yapılmıştır. Genel olarak bir veya iki taraflı olarak kullanılmaktadırlar. Ayrıca ortak (müşterek) direklerde orta gerilim ve alçak gerilim hatları için değişik tiplerde traversler kullanılır. Alçak gerilimli hatlarda iletkenler arası yatay ve düşey mesafeler, kullanılan malzemenin cinsine göre değişmektedir. Kuvvetli akım yönetmeliğine göre bu açıklıklar bakır iletkenler için 40 cm. alüminyum iletkenler için 50 cm. olarak belirlenmiştir. Travers boylarının da bu uzunluklara uygun olacak şekilde yapılması gerekir. Taşıyıcı traversler (t-60), (t-70) ve (t-80) şeklinde sembolize edilirler. 180° ile 170° arasında açı yapan hatlarda kullanılabilirler. Taşıyıcı traverslerde iletkenler, izolatörlere taşıyıcı bağ ile bağlıdır. Traverslerde iletkenler, izolatörlere taşıyıcı bağ ile bağlıdır. Traverslerden (t-60), alçak gerilim A direklerinde, (t-70) A ve kafes direklerinde, (t-80) ise A ve kafes direkleri ile ortak A ve kafes direk-

lerde kullanılır. Her üç travers 50 mm<sup>2</sup> ye kadar bakır ve alüminyum iletkenleri için kullanılabilir. Bu traverslerin boyları sıra ile 60 - 70 ve 80 cm. dir. Taşıyıcı direklerde iletkenler taşıyıcı bağ ile bağlı ise 5 — 6 iletken için 3 travers, 4-3 iletken için 2 travers, 2-1 iletken için de 1 travers kullanılır.

#### 12.4.4.1. Köşe traversleri

120°-170° açı yapan direklerde kullanılır. Ortak A direklerdeki 90°-120° açılarda da bu traversler kullanılabilir. Köşe traversleri (z-70), (z-80) şeklinde sembolize edilirler. Köşe traverslerinde iletkenler taşıyıcı bağ ile bağlıdır. Traversler direğe ikişer ikişer olmak üzere aynı seviyede monte edilir.

#### 12.4.4.2. Durdurucu ve Son Direk Traversleri

Düz giden hatların başında ve sonunda veya herhangi bir yerinde branş veya durdurucu direklerde kullanılırlar. 90°-180° lik açı yapan direklerde de kullanılabilir. İletkenler burada durdurucu bağ ile bağlanır. İletken kesiti, direklerin yaptığı açı ve direk tiplerine (A, kafes veya ortak direk gibi) göre (n-60); (d-60); (n-70); (d-70); (n-80); (N-70); (D-70); (N-80); (D-80) şeklinde sembolize edilir.

Kullanılacak travers sayısı ise, iletken sayısı ve kesitine (durdurucu bağ ile bağlanan iletken sayısına) bağlıdır. Traverslerin her çeşidi için cetveller düzenlenmiş olup, uygun travers, bu cetvellerden seçilebilir. YG. li şebekelerde ise ayrıca travers hesaplamaları yapılır.

#### 12.4.4.3. Konsollar

Taşıyıcı, son, köşe durdurucu direkler için aynı şekil ve yapıdadır. Taşıyıcı konsollar ( $kt_1 - kt_2$ ) son direk konsolları ( $Kn, Kn_1$ ) ( $zKn_2, zKn_4$ ), köşe direği konsolları ( $zKn_2, zKn_4$ ) şeklinde sembolize edilirler. Sembollerdeki rakamlar, iletken sayılarını gösterir.

Traversler ve konsollar, betondan veya demirden yapılırlar. Demirden yapılan için L veya U demiri kullanılır. Üzerlerinde izolator için uygun yerleştirme yerleri bulunur.

Alçak gerilimde aydınlatma ve sanayi yükleri için dağıtım şebekeleri düzenlenir. Bu hatlar çoğu zaman 3 faz 4 tellidir. Bazı durumlarda cadde aydınlatılması için ayrıca bir sokak fazı eklenir. Böylece direkteki iletken sayısı 5'e yükselir. Sokak aydınlatılması için tam ve yan gece aydınlatılması gerekiyorsa, direkteki iletken sayısı 6 ya yükselir. Nötr hattı hepsinde aynı iletkendir. Alçak gerilim şebekelerinde dağıtım sisteminin son kısımın ile 2. derecedeki yollar ve sokaklar 1 fazlı olarak düzenlenirler. Bu durumda direkteki iletken sayısı 2 veya 3 tür.



Resim 12.2 Yüksek Gerilim Direkleri ve Konsolları

#### 12.4.4.4. Direklerin Seçilmesi

Eneji iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılan direkler; direğin kullanılış şekli, (durdurucu, taşıyıcı, köşe vb.) direk tepe kuvveti, direkteki iletken donanımı, iletken cinsi, iletken kesiti ve direk aralıklarına bağlı olarak seçilir. Köşe direklerinin seçimi ise iletkenlerin köşede yaptıkları açıya da bağlıdır. İletkenlerin direkte oluşturduktan en büyük çekme kuvveti ve rüzgâr yükü hesaplanarak direk tepe kuvveti bulunur.

Kuvvetli akım yönetmeliğine göre her direğin, çeşitli durumlar için hesaplanan tepe kuvvetlerini karşılayabilecek sağlamlıkta olması gerekir. Bazı direklerde, direğin yapılış veya kullanılış durumlarına göre zayıf eksen ve kuvvetli eksen olarak iki kullanma yönü vardır. Her iki yönde hesaplanan tepe kuvvetleri, direk tarafından karşılanabilir durumda olmalıdır, iletkenlerin çekme kuvvetleri ile rüzgâr kuvvetleri aynı yönde varsayılır. Bu iki kuvvetin direğin tepesinde oluşturduktan kuvvete, "DİREK TEPE KUVVETİ" denir. Tepe kuvveti hesaplanırken, iletkenlerin traverslerdeki donanım şekillerine de dikkat edilir.

I ve II. buz yükü bölgelerindeki tepe kuvvetleri, bölgelerin özelliklerine göre değişir. Doğrultusu düzgün olan ve yükseklik farkı bulunmayan taşıyıcı direklerin, iletkenlerin çekme kuvvetinden etkilenmedikleri düşünülebilir. Direklerdeki yatay ve düşey kuvvetlerin etkisi direk temelini karşı koyması ile karşılanır. Bunun için temel hesabının da yapılması gerekmektedir.

#### 12.4.4.5. Direklerin Hesabında Dikkate Alman Kuvvetler

Direklerin hesabında genel olarak yatay ve düşey kuvvetler etkili olmaktadır. Düşey kuvvetler, şunlardır:

- Direğin kendi ağırlığı,



- Konsol (travers) ağırlığı,
- İzolatör ve donanımlarının ağırlığı,
- Ek malzeme ve donanımlarının ağırlığı,
- En az 80 Kg. montör ağırlığı,
- İletkenler ve koruma telinin ağırlığı,
- İletkenler ve koruma telinde oluşan kar ve buz yüklerinin ağırlığı.

**Yatay kuvvetleri ise şu şekilde sıralayabiliriz:**

- İletkenlerle nötr ve koruma tellerinin çekme kuvvetleri,
- İletkenlere, nötr ve koruma tellerine, konsol ve izolatörler ile direğe etki eden rüzgâr kuvvetleridir.

Görüldüğü gibi iletken çekme kuvvetleri ile rüzgâr kuvvetleri direğe yatay şekilde etki etmektedir. Direk tepe kuvveti bu faktörler dikkate alınarak hesaplanır.

Direklerin tepe kuvvetleri rüzgârlı ve rüzgârsız tepe kuvvetleri olarak ikiye ayrılır. Rüzgârsız tepe kuvveti, rüzgârın esmediği durumda ve çoğu zaman -5°C ta buz yüklü durumda direğin dayanabileceği en büyük tepe kuvvetidir. Rüzgârlı tepe kuvveti ise, rüzgâr esiyorken +5°C ta direğin dayanabileceği en büyük tepe kuvvetidir.

Durdurucu direk tepe kuvveti,

$$P_t = \frac{S \cdot \delta_{max} \cdot n \cdot h_0}{h_d} \text{ Kg formülü ile bulunur.}$$

$P_t$  = Direk tepe kuvveti(Kg)

$S$  = İletken kesiti ( $mm^2$ )

$\delta_{max}$  = En büyük çekme kuvveti ( $Kg/mm^2$ )

$n$  = Direklerdeki iletken sayısı

$h_0$  = Ortalama iletken yüksekliği (m)

$h_d$  =Toprak üstü direk boyu (m)

Direk üzerinde koruma teli veya nötr iletkeni varsa, bu iletkeninde direkte oluşturduğu tepe kuvveti hesaplara eklenmelidir.

Bazı durumlarda ortak direkler de kullanılır. Bu direkler çoğu zaman orta gerilimli ve alçak gerilimli hatların taşınmasına yardımcı olurlar. Trafo postalarına enerji orta gerilimli olarak ortak direklerle getirilir. Alçak gerilimde enerji dağıtımı yapılırken bu direklerden de faydalanılır. Böylece alçak gerilim için ayn bir direk gerekmez. OG iletkenleri direğin üst kısmında, AG iletkenleri ise alt kısmına monte edilir. OG iletkenleri ayn seviyede ve bir traverse, AG iletkenleri ise üç ayn traverse monte edilir. OG ve AG iletkenleri arasında ortalama 1 m. açıklık bulunur.

Direkler üzerine trafolar da monte edilebilir. Bu tip direklere trafo direkleri denir. Trafo direkleri  $T_1$ - $T_2$ - $T_3$  şeklinde sembolize edilirler. Bu direkler trafo postası yapılması yerine, direk trafosunun kullanılmasının daha ekonomik olduğu durumlarda kullanılmaktadır ( $T_1$  az kullanıldığı için tabloda yer almamıştır).

DEMİR TRAFİ DİREKLERİ			
TİPİ	TEPE KUVVETİ (kp)	AĞIRLIĞI (kg)	TEMEL HACMİ(m <sup>3</sup> )
$T_2$	1500	857	3,07
$T_3$	2500	987	3,77

Tablo 12.1 Demir Trafo Direklerinin özellikleri

### Direk Yükseklikleri:

Enerji iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılacak direkler seçilirken, dik-katle alınması gereken pek çok özellikler vardır. Seçilecek direklerin yükseklikleri için bilinmesi gereken özellikler şunlardır:

- Direk arası uzaklıkları,
- Direğin bulunduğu yer,
- Direğin taşıdığı iletken sayısı ve iletkenin kesiti,
- Buz yükü bölgesi,
- Direkteki iletken donanımının şekli,
- Fleş (salgı),
- Direğin temel içinde kalacak kısmı.

Direkler arası uzaklıklar arttıkça iletkenin fleşi artacağından direk boyları'nın uzaması gerekir. Kullanılacak direkler, geçit direği olarak kullanılacaksa direk boylan bir hayli artar, özellikle nehir, bataklık, kara ve demiryolu atlamaları ile vadi, küçük göl vb. atlama yerlerinde kullanılacak direkler özel olarak hesaplanır. Direğin bulunduğu yer, özellikle buz yükü bölgelerine göre direğin boyunu değiştirir. Çünkü yağışların çok olduğu bölgelerde iletken salgılan fazla olacağı için direk boy- lannın artması gerekir.

Direkte bulunan iletken sayısı ve kesiti ile donanım şekli de kullanılacak direğin boyunu değiştirir. İletkenlerin aynı seviyede (yanyana) veya üst- üste (değişik yüksekliklerde) olmasına göre direk boylan ayn ayn bulunur. Kullanılacak iletken cinsinin fazla sarkma yapacak cinsten olması ve direğin temel içinde kalan bölümüne göre de direk boylan hesaplan değişir.

Direk yüksekliği yaklaşık olarak řu şekilde bulunur:

$$H = t + h_e + f_m + l_{iz.} + 1$$

Bu eşitlikte üst konsol ile direk tepesi arasında 1 m. lik bir mesafe bırakılmıştır. t = Direğin temel içindeki boyu olup hesap sonucu bulunur. Ancak bazı durumlarda yaklaşık olarak alınabilir. Ağaç direk temelleri için řu şekilde bir işlem uygulanabilir:

Yüksekliği 8 metre olan direklerde temel 130 cm. yüksekliği 8 metreden fazla olan direklerde ise herbir metre fazlalık için 130 cm.ye 10 cm eklenir.  $f_m$  . = En büyük fleş (salgı) dir. Metre olarak bulunur.  $l_{iz.}$  = İzolatör boyu olup taşıyıcı direklerde veya mesnet tipi izolatörlerle donatılmış direklerde daha etkili olmaktadır.

## DEĞERLENDİRME SORULARI

*Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.*

1. Aşağıdakilerden hangisi kullanılış yerlerine göre direk çeşitlerinden değildir?
  - a. Durdurucu direkler
  - b. Ön direkler
  - c. Tevzi direkler
  - d. Taşıyıcı direkler
2. Aşağıdakilerden hangisi kullanıldıkları hattın gerilimine göre sınıflandırılan direklerden değildir?
  - a. Zayıf akım direkleri
  - b. Alçak gerilim direkleri
  - c. Orta gerilim direkleri
  - d. Ağaç direkler
3. Aşağıdakilerden hangisi imal edildikleri malzemeye göre direk çeşitlerinden değildir?
  - a. Demir direkler
  - b. Betonarme direkler
  - c. Fiber direkler
  - d. Ağaç direkler
4. Aşağıdakilerden hangisi demir direk tiplerinden değildir?
  - a. Boru direkler
  - b. A ve kafes direkler
  - c. Putrel direkler
  - d. Betonarme direkler
5. Aşağıdakilerden hangisi ağaç direk çeşitlerindendir?
  - a. Payandalı direkler
  - b. Boru direkler
  - c. Kafes direk
  - d. Pilon direk