

TAKDİM

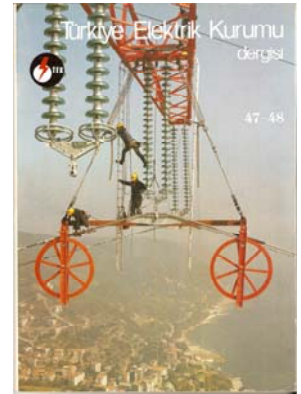
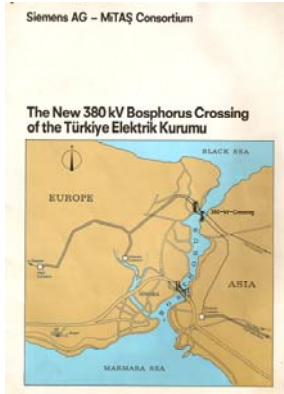
Türkiye Elektrik Kurumu'nun en önemli projelerinden olan 380 kV Boğaz Atlama II Projesi, Etibank döneminde 1959 yılında tesis edilen ilk boğaz atlama projesi olan 154 kV Boğaz Atlama'dan sonra tesis edilen ikinci Boğaz Atlama projesidir. Sonraki yıllarda gerçekleştirilen 380 kV Boğaz Atlama III Projesi ile İstanbul Boğazını atlayan hatlarımız üçe ulaşmıştır.

Uzun yıllar böyle bir projeyi gerçekleştirilmeyen TEK'in 1982 yılında ilk 380 kV Boğaz Atlama'yı yapacak olması o dönemde ilgili çevrelerde büyük heyecan yaratmış, yapım sırasında İletim Hatları Proje Dairesi Başkanlığı, Şebeke Tesis Dairesi Başkanlığı ve Şebeke Tesis Grup Müdürlükleri yetkililerince heyetler halinde proje mahallinde tetkik edilmiş, ilgililere büyük bir proje, imalat, montaj bilgi birikimi sağlamıştır. Siemens Firması boğazdaki hava hareketlerini ve trafiği takip ederek detaylı bir tel çekimi programı hazırlamış, projenin başında Ankara'da düzenlediği seminerle Mitaş Firmasıyla birlikte yapılacak işler hakkında anılan Başkanlıklara detaylı bilgi vermiştir.

154 kV Boğaz Atlama'da durdurucu direklerle boğazın atlanmasına karşılık, bu projede günün tekniğine göre boğaz taşıyıcı direklerle atlanmış, her iki yakada taşıyıcı direklerin arkasına yerleştirilen durdurucu direklerle ankraj sağlanmıştır.

Proje Dairesindeki birkaç arkadaşımızla planladığımız tel çekimi çalışmalarını mahallinde görme o hafta meydana gelen önemli bir kaza nedeniyle mümkün olmamıştır. Her iki yakada direk montajının tamamlanmasından sonra yapılan kılavuz teli çekimi sırasında, kapmadan kurtulan kılavuz telinin boğaza düşerek bir gemiye sarılması ile meydana gelen kazada geminin direği çekmesiyle proje yükleri haricinde yüklere maruz kalan atlama direği riske girmiş, gemi personelinin kılavuz telini kesmesi ile tehlike atlatılmıştır. Bu olay İstanbul Boğazı gibi geniş ve trafiği yüksek bir boğazın üstünden tel çekimi işinin alınan tüm önlemlere rağmen ne kadar riskli olduğunu göstermiştir.

380 kV Boğaz Atlama I Projesi, Elbe Nehri Atlaması (Almanya), Messina Boğazı Atlaması (İtalya), Fiyord Atlamaları (Norveç) gibi dünya çapındaki projeler arasında olup, yapım ve malzemeci firmalara da prestij sağlamıştır. Aşağıda o tarihlerde yayınlanan, projeye ilgili bilgi veren broşür ve dergilerin kapakları görülmektedir.



Gazi Üniversitesi Öğretim Görevlisi Elektrik Yüksek Mühendisi Ersin SOYBERK gelen talepler üzerine, TEK İletim Hatları Proje Dairesi Başkanlığı'nda çalıştığı yıllarda tesis edilen 380 kV Boğaz Atlama II Projesi için bir sunum hazırlamış ve EMO ile Selçuk Üniversitesinde yaptığı sunumda katılımcılara proje hakkında detaylı bilgi vermiştir. Mart ayı başlarında Başkanlığımızı ziyaret ettiğinde kendisinden bu sunumu e-bültende yayınlanmak üzere istememiz üzerine aşağıdaki sayfalarda yer alan sunumu vermiştir.

Konuyla ilgilenen arkadaşlarımız için yararlı olacağını ümit eder, Sayın Ersin SOYBERK'e teşekkür ederiz.

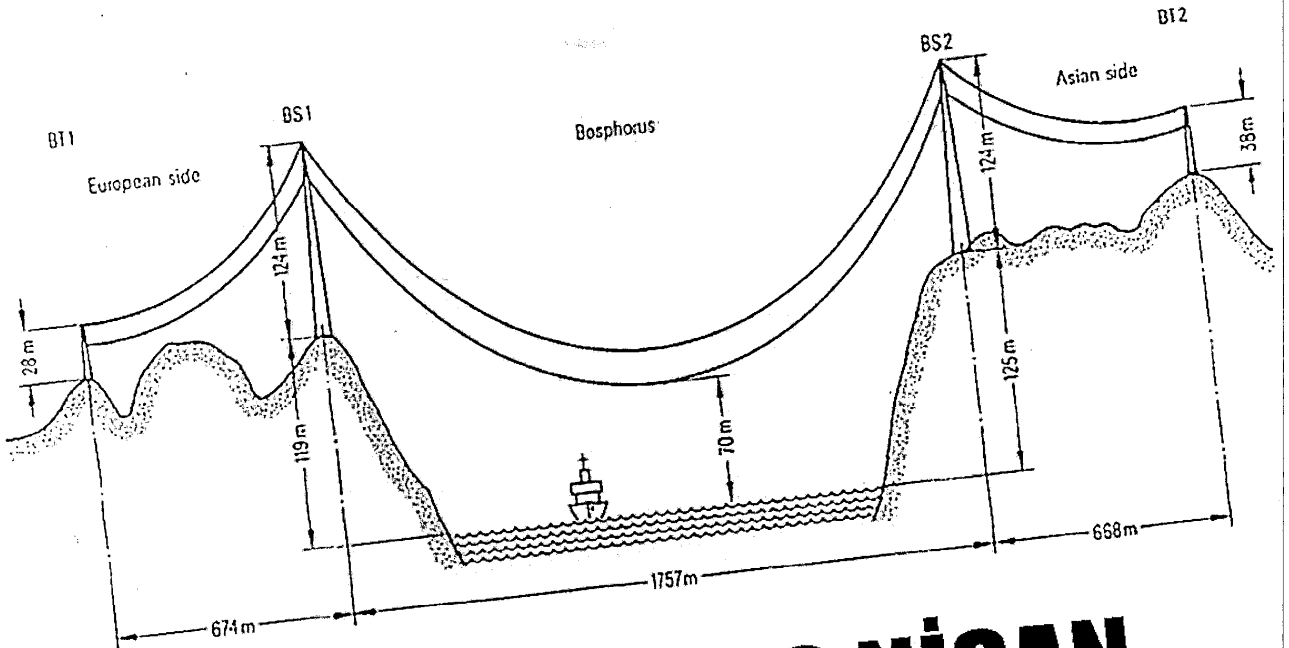
Ersen ÇAPANGİL / 18.03.2010

İletim Şebekeleri İşletme Bakım Dairesi Başkanlığı

BOĞAZ ATLATMA PROJESİ

ERSİN SOYBERK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ÖĞRETİM GÖREVLİSİ



ANKARA ŞUBESİ

29 NİSAN
ÇARŞAMBA
SAAT: 14.00

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK - MİMARLIK FAKÜLTESİ

EE2 SALONU

BOĞAZ ATLAMA ENERJİ İLETİM HATTI

Boğaz atlama E.İ. Hattı sunumu 18.03.2009 tarihinde Ankara'da Elektrik Mühendisleri Odasında; 29.04.2009 tarihinde de Konya Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesinde Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Öğretim Görevlisi Ersin SOYBERK tarafından yapılmıştır.



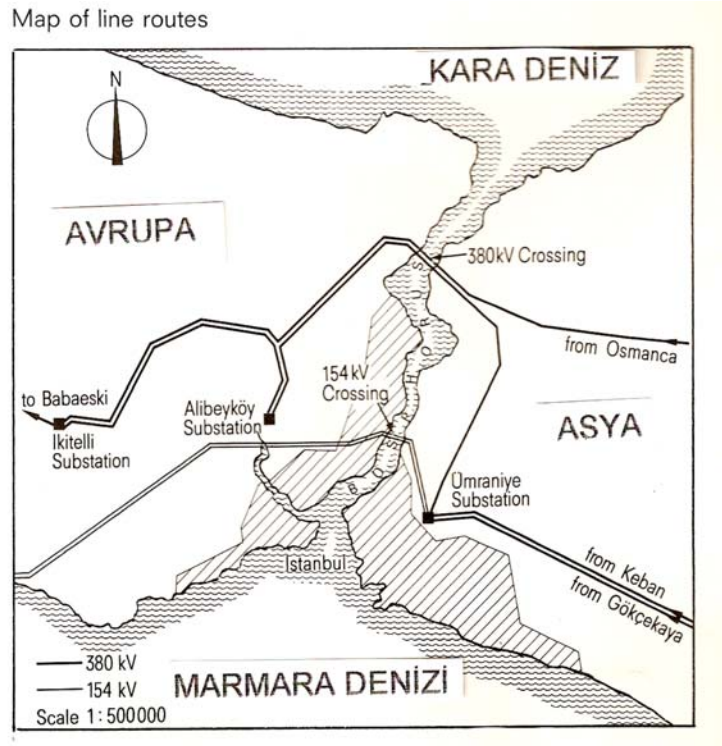
Ersin SOYBERK
Elektrik Y.Müh.
İ.T.Ü. 1964

380 kV İSTANBUL BOĞAZ ATLAMA II ENERJİ İLETİM HATTI

Ülkemizin doğu ve güneydoğu bölgelerinde üretilen elektrik enerjisinin Ulusal Elektrik Sistemi ile batı bölgelerine ve Trakya'ya taşınması çok büyük önem taşıdığından, 1959 yılında Etibank tarafından ilk boğaz atlama projesi gerçekleştirilmiş ve 154 kV'luk çift devre enerji iletim hattı ile İstanbul Boğazı geçilmiştir. Avrupa yakasında Bebek sırtlarına, Anadolu yakasında Kandilli tepesine dikilen durdurucu direklerle 1600 m'lik bir açıklık atlanmıştır. Bu atlamada ACSR 403/92 St-Al iletken kullanılmıştır. Her bir devrenin naklettiği güç 250 MVA olmak üzere toplam 500 MVA'dır.

Zengin linyit yatakları bulunan ve su potansiyeline sahip Anadolu'da üretilen elektrik enerjisinin İstanbul ve Trakya bölgesine yeterli miktarda iletilmesi ve Trakya'dan Ulusal Elektrik Sistemine güç aktarılabilmesi için II'nci Boğaz atlamasının yapılması zarureti doğmuştur.

Bu maksatla, Anadolu yakasında bulunan Ümraniye ve Osmanca Trafo merkezlerinden çıkan tek devre 380 kV'luk üçlü demet enerji iletim hatlarının tek demet ve çift devre olarak İstanbul Boğazını geçmesi ve Avrupa yakasındaki Alibeyköy ve İkitelli Trafo merkezlerine üçlü demet ve çift devre olarak gelmesi planlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1 154 ve 380 kV'luk boğaz atlamaları

Bu projenin ana bölümünü 6 direkten oluşan Boğaz atlama hattı oluşturmaktadır. Şüphesiz eşsiz güzellikleri bulunan ve uluslararası yoğun deniz trafiğine açık böyle bir yerde Avrupa ve Asya'yı birleştirecek bu boğaz atlama hattının tesis edilecek oluşu çok büyük bir önem taşımıştır. Projenin bütün aşamalarında güvenlik faktörü ön planda tutulmuş, montaj ve tel çekimi işlemlerinde özel önlemlerin alınması gereği duyulmuştur.

Projenin trafo merkezlerine bağlantıyı sağlayacak irtibat hatları kısmı H.82B işaretli bir sözleşme ile Temel Enerji Firması Konsorsiyumuna ihale edilmiştir. Altı direkten oluşan Boğaz atlama kısmı ise H.82A işaretli sözleşme ile 1982 yılında 4.828.633,33 DM + 123.632.492,80 TL'si bedelle Siemens ile Mitaş Konsorsiyumuna ihale edilmiş, tesisin yapımı da 1983 yılında bitirilmiştir.

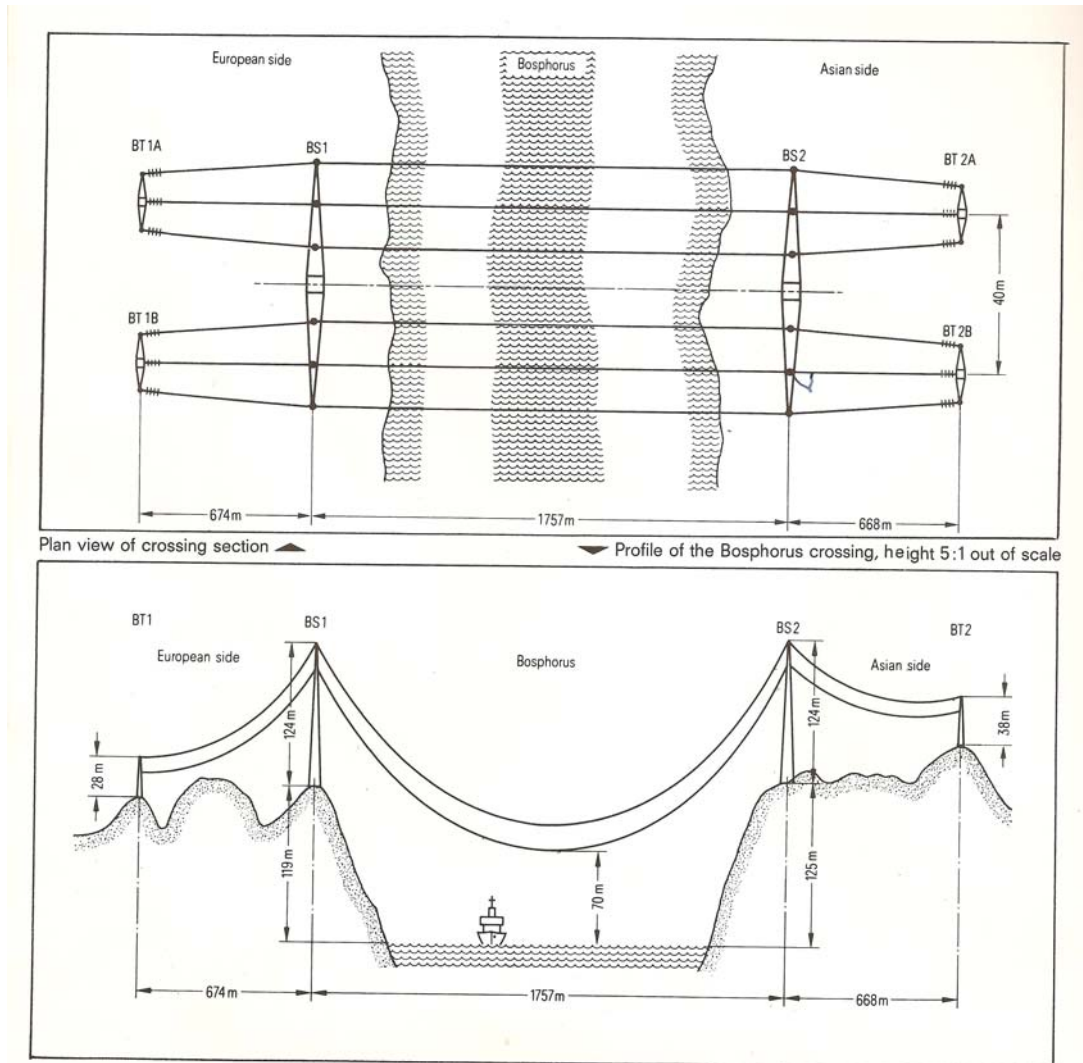
PROJE HAKKINDA BİLGİLER

En uygun atlama yerinin Rumeli Kavağı ile Anadolu Kavağı arasının olduğu yapılan etütler sonucunda saptandığından, 380 kV'luk Boğaz atlamasının burada tesis edilmesine karar verilmiştir. Atlama noktasında, boğazın genişliği yaklaşık 1200 m ve her iki tarafta zemin yüksekliği de yaklaşık 120 m'dir. Boğaz geçişi çift devre taşıyıcı direklerle sağlanmakta arkalarındaki tek devre durdurucu direklerde son bulmaktadır. Deniz üzerinden geçişi sağlayan taşıyıcı direkler arası atlama açıklığı 1757 m, taşıyıcı direklerle durdurucu direkler arasındaki açıklıklar ise Avrupa yakasında 674 m, Anadolu yakasında 668 m'dir. Durdurucular arası etap uzunluğu da 3099 m olmaktadır. Boğaz köprüsünün denizden 64 m olan seyir yüksekliğine, gerekli elektriksel klerans da ilave edilerek İletkenlerin denizden yüksekliğinin en az 70 m olmasına karar verilmiştir.

Avrupa yakasındaki taşıyıcı direk Sarıyer ile Rumeli kavağı arasında Telli Baba mevkiinde 119 m kotundaki bir tepeye, Anadolu yakasındaki taşıyıcı direk ise Anadolu Kavağının biraz güneyinde 125 m kotundaki askeri bölge içindeki bir tepeye yerleştirilmiştir. Bu suretle her iki atlama direğinin boylarında zemin kotlarının yüksek olması nedeniyle büyük ölçüde (100 m'den fazla) bir azalma olmuştur (Şekil 2).

Direk yükseklikleri iletkenin maksimum sehimine ve yere olan emniyet mesafesine göre belirlediğinden, genellikle büyük açıklıklı atlamalarda sehimde oldukça büyük olduğundan atlama direklerinin boyları da çok yüksek olmaktadır .

Bu projede yüksek kotlu zemin avantajından faydalanıldığından, böyle uzun bir atlamada çok uygun direk boyları elde edilmiştir.



Şekil 2 : Boğaz atlamasının üstten görünüş planı ve profili

DİREKLER

Atlama direkleri:

Avrupa yakasında ve Anadolu yakasında kullanılan aynı boydaki iki taşıyıcı atlama direğinin yüksekliği 124 m'dir. Bu direklerin ayak genişliği 20 m, iletkenlerin asıldığı konsol genişliği 62 m'dir. Hattı yıldırıma ve yürüyen dalgalara karşı korumak amacı ile direğe tesis edilen koruma kulelerine iki adet koruma iletkeni yerleştirilmiştir. Koruma kulelerinin uç noktaları arasındaki yatay açıklık 50 m'dir.

Zeminden iletkenlerin asıldığı konsola kadar olan yükseklik ise 109 m olup, altı adet faz iletkeni estetik bakımdan aynı düzlemde olacak biçimde yerleştirilmiştir. Fazlar arası açıklık 11 m olarak belirlenmiştir (Şekil 3).

Her bir taşıyıcı atlama direğinin yaklaşık toplam demir ağırlığı 230 tondur. Atlama direkleri, en üst noktaya kadar gerekli her yere ulaşılabilmesi için merdivenlerle donatılmış, uygun yerlere de platformlar yerleştirilmiştir. Standartlara uygun olarak da uçak uyarı lambaları kullanılmıştır. 40 ve 80 m yüksekliklerde direk dikmeleri üzerine ikişer adet devamlı yanan, koruma kulelerinin uçlarına ise yanıp sönen kırmızı uyarı lambaları yerleştirilmiştir. Bu lambalar hava kararınca otomatik olarak devreye girmektedir.



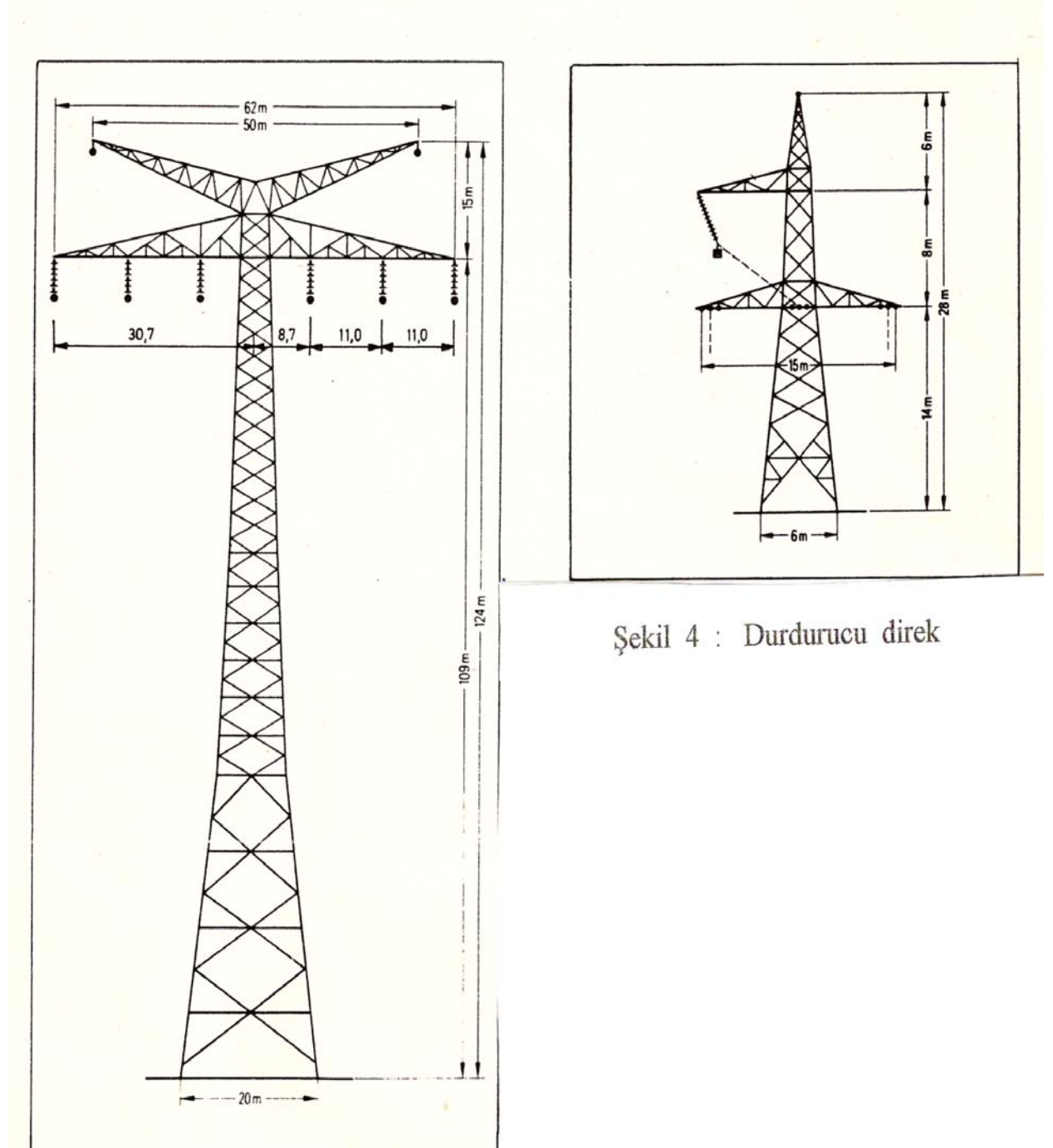
Durdurucu direkler:

Boğaz atlama bölümünün, irtibat hatlarına bağlantısı için, taşıyıcı atlama direklerinin arkasına tek devre iki adet nihayet tipi durdurucu direklerin yerleştirilmesi emniyet açısından uygun görülmüştür. Atlama direklerinden gelen her devre müstakil olarak bir durdurucuya bağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Bu durdurucu direklerin boyları da oldukça küçüktür. Her devrenin üç faz iletkeni durdurucu direklerde alt konsollara aynı seviyede olacak biçimde yerleştirilmiş ve bu suretle faz iletkenleri arasındaki açıklık 7,5 m'ye indirilmiştir. Alt konsolların ortasına yerleştirilen orta fazın jumper irtibatını yapmak amacıyla üst konsollar kullanılmıştır. Ayrıca jumper iletkeninin direk gövdesine yaklaşmasını önlemek için de jumper izolatörünün altına karşı ağırlık takılmıştır (Şekil 4).

Bu durdurucu direklerin ayak genişlikleri 6 m, toplam direk boyları da birbirinden farklı olup 28 m civarındadır. Alt konsol uzunluğu 15 m olarak tasarlanmıştır. Durdurucu direklerin ağırlıkları boy farkından dolayı 19 ton ile 29 ton arasındadır.

Bütün direklerde St 52 ve St 37 kalitesinde çelik köşebentler kullanılmıştır. Taşıyıcı atlama direklerinin ana dikmelerinde iki adet köşebent L profili lamalar ile birleştirilerek haç profili elde edilmiştir.

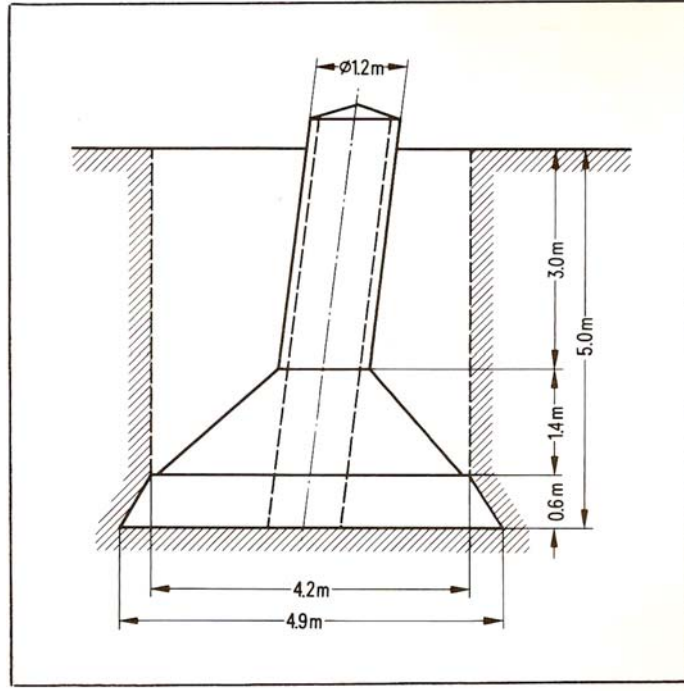
Tüm direk elemanları sıcak daldırma yöntemiyle galvanizlenmiştir. Yalnızca taşıyıcı atlama direkleri kolayca görülebilmeleri amacıyla bölüm bölüm kırmızı ve beyaz olarak boyanmışlardır. Boğaz atlama bölümünün toplam demir ağırlığı yaklaşık olarak 560 tondur.



Şekil 3 : Taşıyıcı atlama direği

Temeller:

Avrupa ve Anadolu yakasında direklerin dikildiği zeminler oldukça sağlamdır. Andezit ve şistten oluşan zemin dolayısıyla özel temel kullanılmasına ihtiyaç duyulmamış normal tip betonarme temeller kullanılmıştır. Taşıyıcı atlama direklerinde temel derinliği ile temel genişliği 5 m, durdurucu direklerde yaklaşık olarak temel derinliği 4,5 m, temel genişliği ise 3,30 m'dir (Şekil 5).



Şekil 5 Taşıyıcı atlama direği temel planı

Direk yükleme varsayımları:

Bu projede tasarımı yapılan taşıyıcı atlama direği ile durdurucu olarak kullanılan nihayet direğinin statik hesaplarında esas alınan yüklenme varsayımları, “Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği” ne uygun olarak alınmış olmakla birlikte projenin önemi ve bulunduğu bölge koşulları nazarı itibara alınarak tasarım yüklerinin hesaplanmasında kullanılan değerler şunlardır.

- 5⁰ C sıcaklıkta iletkenlere ve koruma tellerindeki buz yükü $g_b = 0,3\sqrt{d}$ kg/m
- 5⁰ C de buzlu iletkenler ve koruma telleri üzerine rüzgar basıncı 30 kg/m²
- 5⁰ C de buzlu halde direk ve izolatör takımları üzerine rüzgar basıncı 40 kg/m²
- + 5⁰ C de buzsuz iletkenler ve koruma telleri üzerine rüzgar basıncı 95 kg/m²
- + 5⁰ C de buzsuz halde direk ve izolatör takımları üzerine rüzgar basıncı 125 kg/m²

Direk statik hesaplarında, sadece iletken kopmasında güvenlik katsayısı 1,5, diğer bütün varsayımlarda 2,5 alınmıştır.

İLETKEN

Yüksek gerilimli hava hatlarında genellikle ortasında çelik nüve bulunan örgülü St-Al iletkenler (ACSR) kullanılır. Mekanik mukavemeti arttırmak için gene ortasında çelik nüve bulunan Alüminyum Alloy (AACSR) veya çelik nüve-siz Alüminyum Alloy (AAAC) tipi örgülü iletkenler de kullanılabilir.

Büyük açıklıklı YG’li hava hattı geçişlerinde iletken seçimi çok büyük bir önem taşımaktadır. İletkenin alüminyum kesiti taşıyacak güçle, çelik çekirdek kesiti veya buna bağlı olarak alüminyum çelik kesit oranı ise mekanik koşullar ile alakalıdır.

Genellikle büyük açıklıklı atlamalarda oldukça büyük güçler taşıyabilmek için, büyük kesitli tekli iletkenler ya da demet iletkenler kullanılmasına ihtiyaç duyulur. Gerek tekli gerekse demet iletkenler kullanılсын, her iki durum için de ya alüminyum çelik oranı yüksek St-Al (ACSR) iletkenler ya da kopma mukavemeti alüminyuma göre çok daha yüksek olan Alüminyum Alloy (Al, Mg, Si) alaşımı çelik nüveli (AACSR) iletkenler kullanılır.

Yüksek çelik kesitli Alüminyum örgülü (ACSR) iletkenlerle çok büyük kopma dayanımları elde edilebilir. Ancak iletkendeki çelik oranının yüksek oluşu iletken birim ağırlığını artırır, dolayısıyla direklere gelen iletken yükleri artar. Bu da direk ağırlığını büyütür.

Buna karşın çelik nüveli Alüminyum Alloy (AACSR) iletkenlerde çelik oranının büyük olmasına gerek yoktur. Birim ağırlıklarının daha düşük ve daha yüksek kopma dayanımına sahip olmaları nedenleriyle yüksek çelik oranlı alüminyum örgülü (ACSR) iletkenler yerine tercihen kullanılırlar.

Bundan dolayı çelik nüveli Alüminyum Alloy (AACSR) tipi iletkenler kullanılarak büyük açıklıklarda ekonomik direk ağırlığı ve uygun direk boyları elde edilebilir. Boğaz atlama projesinde de yapılan hesaplar sonucunda AACSR tipi özel bir iletken kullanılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

İletkenin belirlenmesinde diğer bir husus da fazların tek iletkenli mi yoksa demet iletkenli mi olması konusudur. 380 kV luk iletim hatlarında genellikle ikili, üçlü veya dördümlü demet iletkenler kullanılmaktadır. Demet iletkenler, yük taşıma kapasiteleri, elektriksel parametrelerin düzelmesi, korona olayı ve radyo girişimlerinin daha az etkili olması nedenleriyle aynı kesitteki tek iletkenlere nazaran daha uygundur. Ülkemizde de 380 kV'luk iletim hatlarında ikili demet iletkenler kullanılmış son yıllarda tesis edilen birçok hatta da üçlü demet iletken kullanılması uygulamasına geçilmiştir.

Tekli iletken, gerektiği zaman özel durumlarda ve koşullarda mecburiyet halinde kullanılmalıdır. Tekli iletken kullanılması durumunda 380 kV'luk hatlarda korona yönünden en az 50~55 mm çapında oldukça büyük kesitli iletkenlere ihtiyaç duyulur. Tekli iletken kullanımının elektriksel yönden mahzurlarına karşın mekanik yönden avantajları vardır. Bu nedenle gerek duyulduğu takdirde ve kısa bir hat bölümünde kullanılması yararlı olabilir.

380 kV'luk Boğaz Atlama Projesinde aşağıda sıralanan nedenlerle sadece atlama direkleri arasında demet iletkenler yerine tekli iletken kullanılmasına karar verilmiştir:

- Açıklığın büyük olması nedeniyle demet iletkenlerin dengesiz buzlanma ve rüzgar etkisiyle dönerek burulma tehlikesinin mevcut olması,
- Demeti oluşturan iletkenlerde ara tutucular (spacer) arasında osilasyonların oluşma olasılığının mevcut olması,
- Demet iletkenlerde buz yükü ve rüzgar etkisiyle düşük frekanslı ve büyük genlikli titreşimlerin (Galloping) meydana gelmesi ihtimalinin fazla olması,
- Böylesine özel bir projede demet iletkenler arasında kullanılacak ara tutucuların sebep olabileceği teknik sorunlar,
- İletkenlere etki eden rüzgar ve buz yüklerinin tek iletkenli durumda, demet iletkenli duruma göre daha küçük olması ve direklerin ek yüklerden daha az etkilenecek olması.

Seçilen iletken: Atlama açıklığı 1757 m ve akım taşıma kapasitesi 2200 A olan böylesine önemli ve özel bir projede, bölgenin rüzgar ve buz koşulları da göz önüne alınarak yapılan çalışmalar sonunda, sadece atlama direkleri arasında tekli iletken kullanılmasına ve iletkenin Alüminyum kaplı çelik nüveli, yüksek mukavemetli Alüminyum Alloy (AACSR/AC) tipi olmasına karar verilmiştir. Seçilen iletkenin Alüminyum Alloy kesiti $1805,46 \text{ mm}^2$, alüminyum kaplı çelik nüve kesiti $227,83 \text{ mm}^2$ olmak üzere toplam kesit $2033,28 \text{ mm}^2$ ve dış çap $58,9 \text{ mm}$ 'dir.

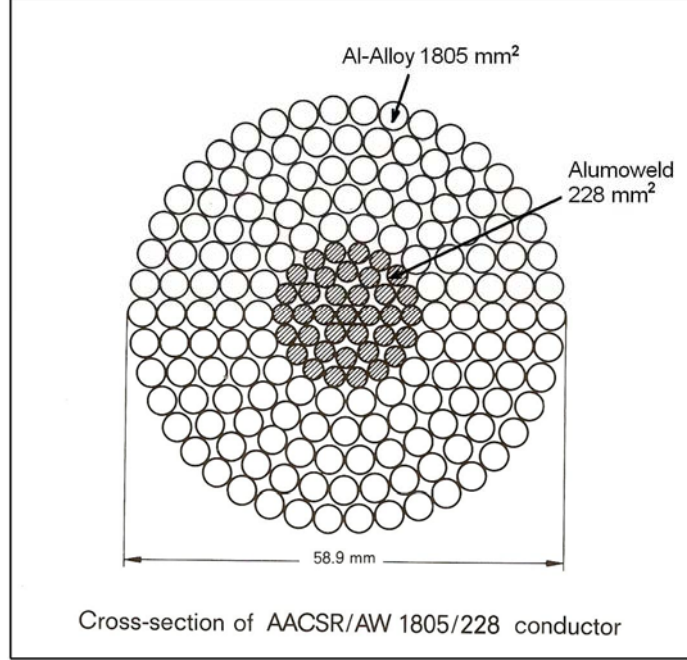
İletkenin çelik nüvesi korozyona karşı yüksek dayanımlı olması amacıyla alüminyum kaplı çelik örgülerden oluşmaktadır. Her bir faz iletkeni 3200 m boyunda eksiz olarak imal edilmiş ve çelik tamburlara sarılmıştır. Tamburlardan birinin ağırlığı 25 ton civarındadır. Avrupa ülkelerinde o güne kadar kullanılan en büyük kesitli iletkenidir (Şekil 6). İletkenin karakteristikleri de 1 No.lu tabloda verilmiştir.

İletkenin sehim - gerilme hesaplarında ; $+15^{\circ}\text{C}$ deki ortalama gerilmesi esas alınmıştır (EDS-every day stress). Bu değer kopma gerilmesinin %20 si olarak alınmıştır. Kopma dayanımı 84.750 daN 'dur.

Böylece iletkenin +15°C deki gerilmesi;

$$\sigma_{15^0} = 0,20 \cdot 84\,750 / 2033,28 = 8,34 \text{ daN/mm}^2$$

Maksimum sehimi ise +80 °C'de oluşmakta olup, 156 m'dir.



Şekil 6 : Alüminyum Alloy iletken

KORUMA İLETKENİ

Faz iletkenlerinin üzerine hattı yürüyen dalgalara ve yıldırıma karşı korumak maksadıyla direk üzerindeki koruma kulelerine yatay olarak sıralanmış iki adet koruma iletkeni yerleştirilmiştir. Atlama direklerindeki koruma iletkenleri, dış faz iletkenlerini 15°'lik bir koruma açısı altında korumakta ve faz iletkenlerinden 20 m yukarıda bulunmaktadır.

Koruma telinin +15 °C'deki sehiminin (atlama açıklığının ortasında), faz iletkenleri sehiminin %90'ından daha büyük olmaması istenmiştir. Faz iletkenlerinin, rüling açıklık için +15 °C'deki sehimi 93,58 m ve bunun %90'ı 84,22 m olup, koruma telinin bu sehime tekabül eden +15 °C' deki gerilmesi 19,45 kg/mm² ve atlama açıklığı olan 1757 m'deki sehim değeri de 133,66 m olur.

Koruma iletkenleri için mekanik mukavemet açısından 318 mm²'lik çelik kesit yeterli görülmüştür. Böylece korozyona karşı da dayanımlı olması amacıyla galvaniz çelik yerine alüminyum kaplı çelik örgülerden oluşan AW 319 Alumoweld tipi iletken kullanılmıştır. Bu koruma iletkeninin kesiti 318,4 mm² ve dış çapı 23,7 mm'dir. Koruma iletkenlerinin üzerlerine de kırmızı beyaz ikaz küreleri yerleştirilmiştir.

ASKI VE DURDURUCU İZOLATÖR TAKIMLARI

Taşıyıcı atlama direklerinde her faz için 22 elemanlı çift askı zincir izolatörleri kullanılmıştır. Askı takımları F30 tipi (195x320 mm), kaçak yolu uzunluğu 425 mm olan sertleştirilmiş cam (toughened) izolatörlerden oluşmaktadır. Askı takımının kopma yükü 2x300 = 600 kN ve toplam kaçak yolu 9350 mm'dir.

İletken, izolatör takımına bir boyunduruk ve ara parçalarından sonra özel bir klemp yardımıyla asılmıştır, klemp boyu 2000 mm ve iletken çıkış açısı 22°'dir.

Durdurucu direklerde ise 20 elemanlı çift gergi zincir izolatörleri kullanılmıştır. Gergi takımları F55 tipi (240x330 mm), kaçak yolu uzunluğu 460 mm olan gene sertleştirilmiş cam izolatörlerden oluşmaktadır. Durdurucu takımının kopma yükü $2 \times 550 = 1100$ kN ve toplam kaçak yolu 9200 mm'dir.

İletkenlerin durdurucu direklere bağlantısında, bağlantı elemanlarının mekanik dayanımlarının iletkenin kopma dayanımına eşit ya da büyük olması istenmiştir. İletkenin durdurucu takımlara bağlantısında 940 mm uzunluğunda kompresyonlu tip özel gergi klemp kullanılmıştır.

Bu durdurucu klempelerin dışında, iki durdurucu arasındaki 3099 m'lik Boğaz Atlama bölümünde (etabında) başkaca bir ek yapılmamıştır.

TİTREŞİME KARŞI KORUMA

Boğaz Atlama Hattının bulunduğu yerin rüzgara açık bir yer oluşu ve önemli bir su yolunu atlayarak geçmesi titreşime karşı gerekli önlemlerin de alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Umumiyetle hatta dik rüzgar nedeniyle 5 ile 50 Hz frekansında ve iletken çapı değerinde genliklerde titreşimler meydana gelir. Bu titreşimler iletkenin klemp girdiği noktada zamanla yorulmalar oluşturarak iletkenin bu noktada arızalanmasına sebep olurlar. Bu noktada titreşim genliğini azaltarak tehlikeli olmayacak bir düzeyde tutabilmek için Stockbridge tip damperler kullanılmıştır. Bu tip damperler rezonans damperleridir. İletkenin klemp yakın olduğu yerdeki titreşimleri izin verilen değerlerin altına indirirler. Taşıyıcı direklerin atlama tarafında her bir iletkende 5 adet, durdurucu direkler tarafında 3 adet damper kullanılmıştır.

ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

380 kv luk çift devre Boğaz Atlama projesinin her bir devresinin yük taşıma kapasitesi 1400 MVA olup, toplam 2800 MVA olarak tasarlanmıştır. Buna göre faz iletkenlerinin akım taşıma kapasitesi,

$$1400 \cdot 10^6 / 1,73 \cdot 380 \cdot 10^3 = 2129 \text{ A olup, } 2200 \text{ A olması istenmiştir.}$$

İletkenin akım taşıma kapasitesinin hesaplanmasında, iletken sıcaklığının 80 °C (40 °C ortam sıcaklığı ve 40 °C sıcaklık artışı) ve rüzgar hızının 1 m/sn olarak nazarı itibara alınması istenmiştir. Ortam sıcaklığının 40 °C'nin altına düşmesi veya rüzgar hızının 1 m/sn'nin üstüne çıkması durumunda iletkenlerin akım taşıma kapasitesi de artabilecektir.

Korona olayı:

Çok yüksek gerilimli hatlarda iletkenin seçimini belirleyen diğer bir faktör de Korona olayıdır. İletim hattında kullanılacak iletkenlerin ve hat malzemelerinin Korona deşarjına ve Korona kayıplarına sebep olmayacak biçimde seçilmeleri gerekir. Korona olayını ortadan kaldırmak için demet iletkenler kullanılır ya da çapı büyük iletkenler seçilir. Boğaz Atlama bölümünde 380 kV'luk hatlarda kullanılan demet iletkenler yerine tek demetli özel alaşım iletken kullanılmıştır.

Kullanılan iletkenin çapı her faz için 59 mm olup, bu iletkenin 380 kV'da ortalama elektrik alanı 13 kV/cm'dir. Korona olayı bakımından maksimum elektrik alan değeri 17 kV/cm olduğuna göre, arzu edilmeyen bir korona olayının ortaya çıkması bahis konusu değildir. Kullanılan hat malzemeleri de bu sınırı aşmayacak şekilde boyutlandırılmış olduğundan Korona yönünden bir problem ortaya çıkmamaktadır.

TEL ÇEKİMİ

İstanbul Boğazı gibi çok önemli bir su yolu üzerinden atlama tellerinin çekilmesi için özel önlemlerin alınması ve tel çekimi yönteminin de çok iyi seçilmesi gerekmiştir. Tel çekme işlemleri sırasında 60 m'lik seyir yüksekliğinin altına inilmemesi için 170 kN'luk çekme kuvvetinin uygulanması gerekli görüldüğünden, tel çekme ve fren makineleri ile tel çekme makaraları sadece bu iş için özel olarak getirildi. Kullanılan bütün teçhizat da özel bir titizlikle seçildi.

Boğaz trafiğinin kesilmesi için, aylar öncesinden hangi gün ve saatlerde kesilmesinin istendiği belirtilerek gerekli makamlardan izin alındı. Kılavuz teli olarak 14, 22 ve 25,4 mm çapında örgülü çelik halatlar kullanıldı.

Deniz trafiği kısa süreli kesilmeden önce 14 mm'lik iki kılavuz teli atlama direklerinin koruma iletkeni kulelerine asılan makaralardan geçirilerek her iki yakadan deniz sahiline indirildi. Boğaz trafiğe kapatıldıktan sonra her iki yakadan birer kılavuz teli iki römorkör vasıtasıyla suya batırılmadan ve fren makineleri ile ayarlanarak çekildi. Boğazın ortasında kılavuz telleri birbirine eklendi ve hemen 60 m yüksekliğe kaldırıldı. Aynı işlem diğer kılavuz teli için de tekrarlandı. Bu suretle ön kılavuz tellerinin çekimi 2 saat içinde tamamlandı ve boğaz trafiğe yeniden açıldı.

Sonra kademeli olarak diğer kılavuz tellerinin çekimleri de tamamlandı. Daha sonra 25,4 mm'lik kılavuz teli yardımıyla önce koruma telleri akabinde de faz iletkenleri, Boğaz trafiğini aksatmadan ve hiçbir zaman 60 m'lik yüksekliğin altına inilmeden çekilmiştir. Sehim verilme işlemlerinden sonra iletkenler kompresyonlu tip gergi klempleri ile durdurucu direklere bağlandı ve tel çekimi işlemi de tamamlandı. Diğer proje Boğaz atlama irtibat hatlarının da tamamlanmasından sonra hatlar 12.7.1985 tarihinde dönemin Başbakanı Turgut Özal tarafından işletmeye açılmıştır.

Bu büyük projede emeği bulunan TEK'in o tarihteki Proje Grup Müdürü Y. Müh. Metin Giray'a ve Mitaş Genel Müdürü Y. Müh. Müfit Sakızlıoğlu ile emeği geçen bütün Türk ve yabancı herkese teşekkür ederim.

TABLO – 1
AACSR/AC, 1805/228 TİPİ FAZ İLETKENLERİNİN TEKNİK KARAKTERİSTİKLERİ

Alüminyum - Alloy kesit alanı	: 1805,46 mm ²
Alüminyum kaplı çelik çekirdeğin kesit alanı	: 227,83 mm ²
Toplam kesit alanı	: 2033,29 mm ²
Al-Alloy: örgü katları sayısı	: 5
Örgü sayısı ve çapı	: 108 x 3,9 mm + 40 x 4,05 mm
Her katta örgü sayısı	: 18/24/30/36/40 (Toplam 148)
Al. kaplı çelik: örgü katları sayısı	: 3
Örgü sayısı ve çapı	: 37 x 2,8 mm
Her katta örgü sayısı	: 1/6/12/18
İletken dış çapı	: 58,9 mm
Birim Ağırlık	: 6,488 kg/m
Elastisite modülü (ilkel)	: 63200 N/mm ²
(son)	: 71100 N/mm ²
Isı uzama katsayısı	: 20,29 x 10 ⁻⁶ 1/°C
Kopma dayanımı	: 847,50 kN
Doğru akım – 20°C'deki direnci	: 0,0179 Ohm/km
Doğru akım – 80°C'deki direnci	: 0,0216 Ohm/km
Alternatif akım – 80°C'deki direnci	: 0,0249 Ohm/km

TABLO – 2
AW 3 19 ALUMOWELD KORUMA İLETKENİNİN TEKNİK KARAKTERİSTİKLERİ

Toplam kesit alanı	: 318,4 mm ²
Dış çapı	: 23,17 mm
Örgü çapı	: 3,31 mm
Örgü katları sayısı	: 3
Örgü sayısı	: 1/6/12/18 (Toplam 37)
Birim ağırlık	: 2,145 kg/m
Elastisite modülü	: 162 000 N/mm ²
Isı uzama katsayısı	: 13,0 x 10 ⁻⁶ 1/°C
Kopma dayanımı	: 410 kN

II. BOĞAZ ATLAMA ENERJİ İLETİM HATTI 380 KV'LİK
İKİTELLİ, ALİBEYKÖY TRAFİKO MERKEZLERİ
VE 380 KV'LİK BOĞAZ İRTİBAT HATLARI İŞLETMEYE AÇILDI

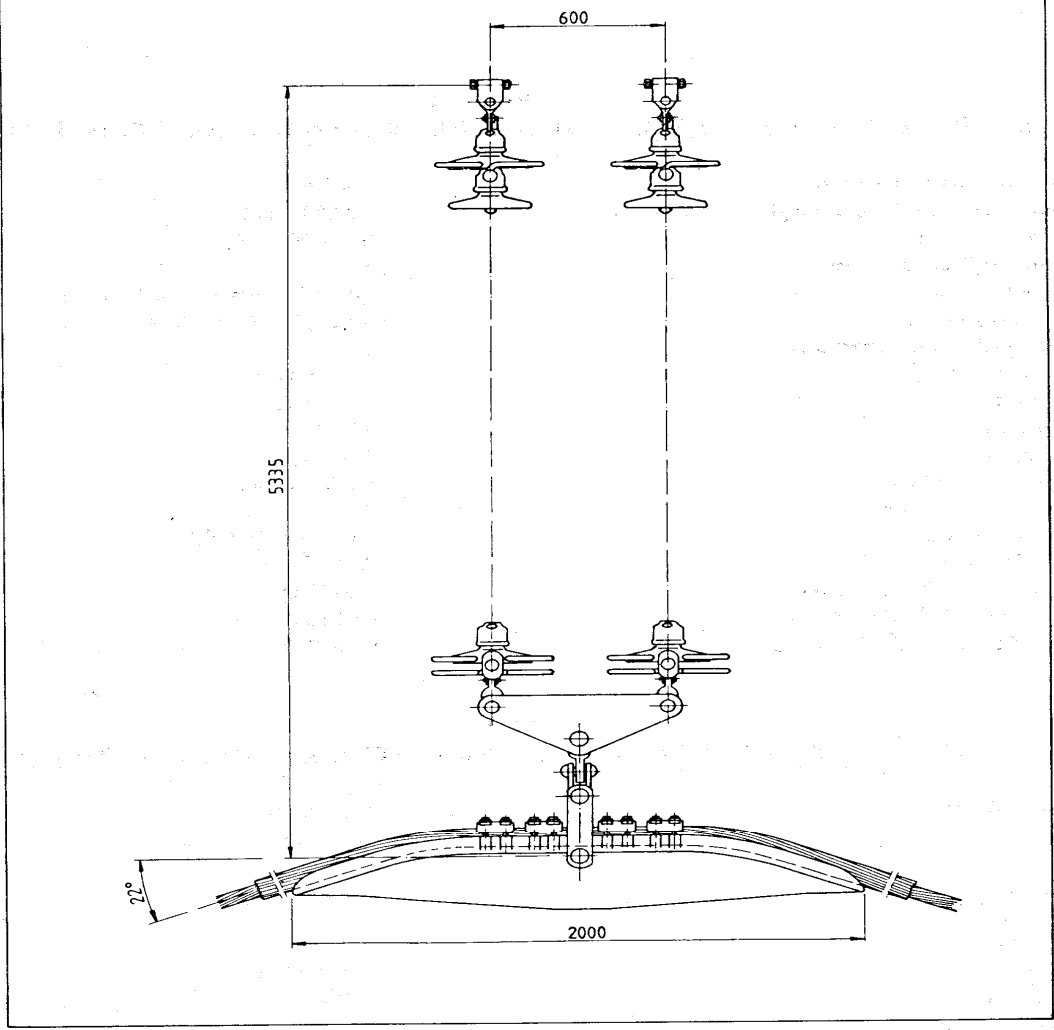
Bugün 380kv Boğaz geçişi ile
ikiteilli Alibeyköy Trafo merkezini
devreye sokan bir tören yapıyoruz.
Yıllar önce gene 1959 yılında
ilk ~~154~~ 154 kv luk boğaz geçişi
ni hatırlıyorum. Elektrik Enerjisinin
menfaatinde daha fazla geliştirilmesi
işin hızlı desteği yapmalıyız.
Bu güzel işle emeği geçenlere teşekkür
ediyorum.

Turgut ÖZAL
Başbakan

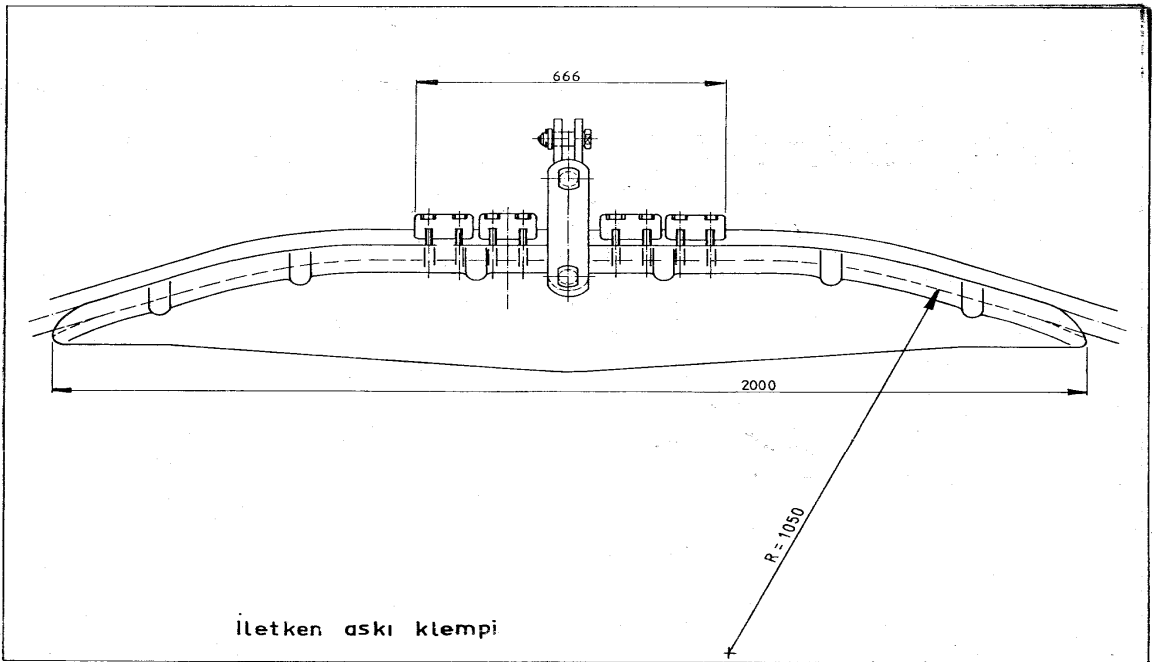




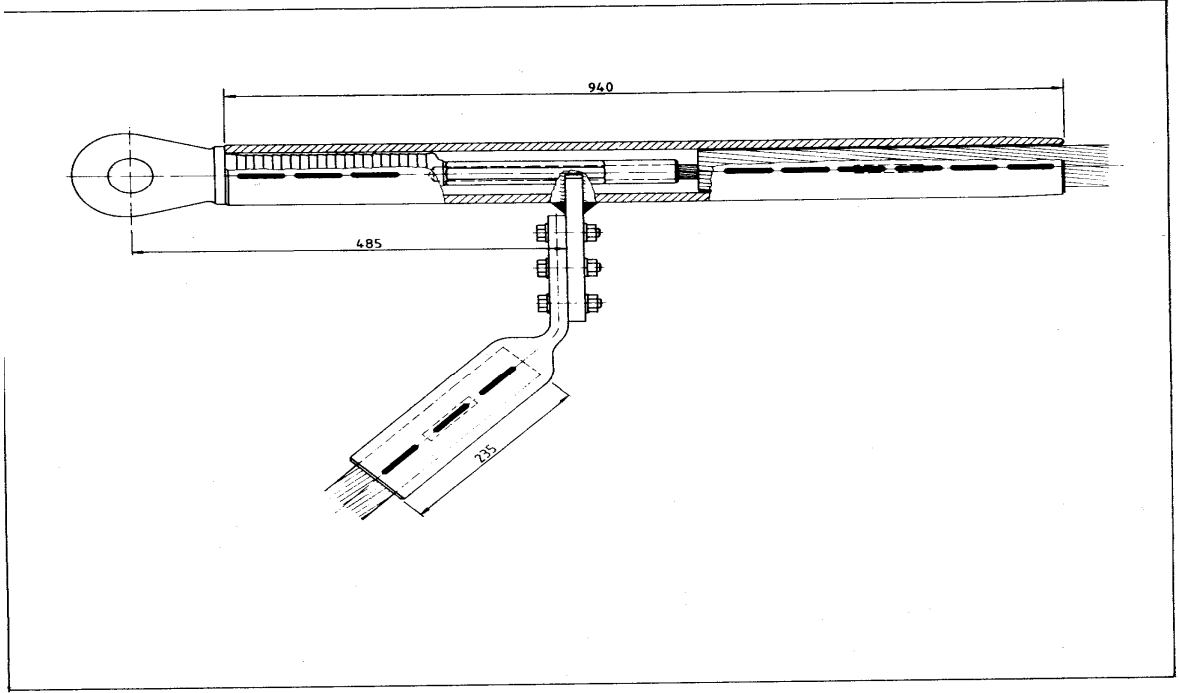
Avrupa yakasındaki taşıyıcı direğin montajı sırasındaki görüntüler



iletken askı takımı.



iletken askı klampı



Kompresyonlu tip iletken gergi klempci



Çift/ikiz ağırlıkla donatılmış faz iletkeni damperi



Tel çekim çalışmaları (iletkenin makaralardan klempe aktarılması)



180 kN (18 ton) boğa teker çekme makinesi (tensioner)



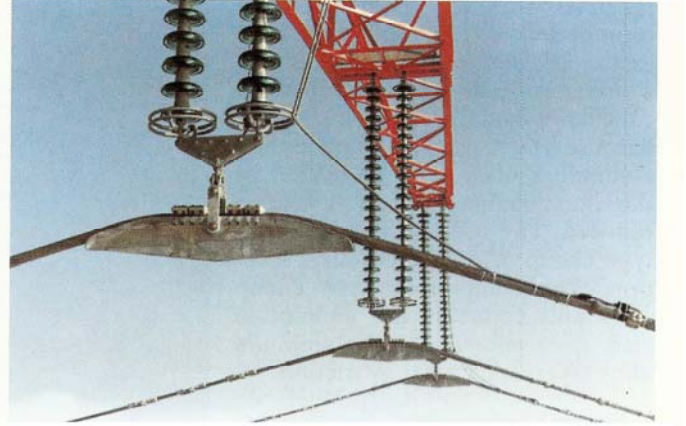
Boğa tekerin iki likit motorla sürülmesi



Makara ve makara beşiği



Eyer tipi askı klemp tesisi



Montajdan sonra taşıyıcı direkte izolatör takımı



Nihayet direklerinde gergi takımları

Programlayan Y.Müh.Ersin Soyberk 1998 (Vrs 2007)
Program adı : Hathes

BOĞAT ATLAMA II E.İ HATTINDA DEĞİŞİK HALLER DENKLEMİNİ KULLANARAK MUHTELİF
ORTAM SICAKLIKLARINDAKİ GERİLME, SEHİM VE ÇEKME KUVVETİNİN BULUNMASI

G I R I S D E G E R L E R I

Hattın gerilimi	:	380 kV
Buz yükü katsayısı kb	:	.3
En düşük ortam sıcaklığı	:	-25 °C
En yüksek ortam sıcaklığı	:	80 °C
Rüzgarlı haldeki ortam sıcaklığı	:	5.0 °C
iletkenlere rüzgar basıncı (5 °C)	:	95.0 kg/m ²
Zayıf rüzgar yükü yüzdesi (5 °C)	:	% 70
En yüksek ortam sıcaklığındaki rüzgar yükü yüzdesi :	:	% 42
+ 15 °C de gerilme tahkikinde gerilme yüzdesi :	:	% 15
+ 15 °C de gerilme tahkikinde azami gerilme yüzdesi:	:	% 20
En düşük ortam sıcaklığındaki gerilme tahkikinde müsaade edilen gerilme yüzdesi	:	% 25
Buzlu haldeki ortam sıcaklığı	:	-5.0 °C
Buzlu iletkenler üzerine rüzgar basıncı (-5 °C) :	:	30.00 kg/m ²
Dengesiz buzlanmada buz yükü yüzdesi (-5 °C)	:	% 50
Buz yoğunluğu	:	0.60 kg/dm ³
Kaç misli buz yükünde gerilme tahkiki yapıldığı ..	:	2
iletkenin adı	:	AL-ALLOY
iletkenin kesiti	:	2033.29 mm ²
iletkenin anma çapı	:	58.9 mm
iletkenin birim ağırlığı	:	6.488 kg/m
iletkenin elastikiyet modülü	:	7110 kg/mm ²
iletkenin ısıl uzama katsayısı	:	2.029E-005 1/°C
iletkenin kopma gerilmesi	:	41.68 Kg/mm ²
iletkenin emniyet gerilmesi	:	18.76 Kg/mm ²
+ 15 °C deki gerilme (everyday stress)	:	8.34 kg/mm ²
Direkler arası açıklık (ruling açıklık)	:	1394.71 m

S O N U C D E G E R L E R I

NOT: Rüzgar kuvveti açıklığa bağlı olmadan $W = c.p.d.aw$
bağıntısından hesaplanmıştır. $c = 1$

kritik açıklık : $akr = 362.27$ m
 $akr < a$ olduğundan max gerilme -5.0°C de buzlu haldedir.

kritik sıcaklık : $tkr = 19.16$ °C
 $tkr < tmax = 80$ °C olduğundan max sehım en yüksek ortam sıcaklığı olan 80°C dedir.

Değişik haller denklemi :

$$G^3 + (73.852 + 0.144 t) G^2 = 5867.448$$

MUHTELİF ORTAM SICAKLIKLARINDAKİ GERİLME, SEHİM VE ÇEKME KUVVETİ DEĞERLERİ

Buz yükü katsayısı : .3
iletkenin adı : AL-ALLOY

Sıcaklık °C	Gerilme kg/mm2	Sehim m	çekme kuvveti kg	Ruling menzil 1394.71 m
-5.0	11.80	93.90	23986	Buz+rüzg.yüklü(30.0 Kg/m2)
-5.0	11.29	93.62	22966	%100 Buz yüklü
-5.0	9.90	92.83	20125	% 50 Buz yüklü
5.0	10.94	94.23	22241	%100 Rüzgar yüklü
5.0	9.74	93.56	19813	% 70 Rüzgar yüklü
80.0	8.41	98.75	17103	% 42 Rüzgar yüklü
-25	8.63	90.45	17537	
-20	8.59	90.85	17462	
-15	8.55	91.24	17387	
-10	8.51	91.64	17313	
-5	8.48	92.03	17241	
0	8.44	92.42	17169	
5	8.41	92.81	17097	
10	8.37	93.20	17027	
15	8.34	93.58	16958	
20	8.31	93.97	16889	
25	8.27	94.35	16821	
30	8.24	94.73	16754	
35	8.21	95.11	16688	
40	8.17	95.49	16622	
45	8.14	95.87	16557	
50	8.11	96.25	16493	
55	8.08	96.63	16429	
60	8.05	97.00	16367	
65	8.02	97.38	16305	
70	7.99	97.75	16243	
75	7.96	98.12	16183	
80	7.93	98.49	16122	

Atlama direkleri arasındaki açıklık : 1757 m

Atlama açıklığındaki 80°C deki max sehim : 156.30 m

T A H K İ K L E R

+ 15 °C DE GERİLME TAHKIKI

+ 15 °C deki gerilme kopma gerilmesinin % 15 inden büyük olmamalıdır.
iletkenlerde titreşimleri söndürücü önlemlerin alınması halinde
+ 15 °C deki gerilme, kopma gerilmesinin % 20 sine kadar arttırılabilir.

+ 15 °C deki gerilme = 8.34 kg/mm2
kopma gerilmesinin %15 i = 6.25 kg/mm2
+ 15 °C deki gerilme kopma gerilmesinin %15 inden büyüktür. (?)
kopma gerilmesinin %20 si = 8.34 kg/mm2
+ 15 °C deki gerilme kopma gerilmesinin %20 sine eşittir .

EN DUSUK ORTAM SICAKLIGINDAKI GERİLME TAHKIKI :

En düşük ortam sıcaklığındaki gerilme kopma gerilmesinin % 25 ini geçmemelidir.

En düşük ortam sıcaklığı olan -25 °C deki gerilme 8.63 kg/mm2
Kopma gerilmesinin %25 i = 10.42 kg/mm2

En düşük ortam sıcaklığındaki gerilme kopma gerilmesinin % 25 inden küçüktür.

ASKI NOKTALARINDAKI GERİLME TAHKIKI :

Askı noktalarındaki gerilme kopma gerilmesinin % 45 ini geçmemelidir.

En büyük açıklıklı yada kot farklı direkler arasında
Askı noktalarında buzlu haldeki ve 2.0 misli buz yükündeki max gerilmelerin bulunması için direkler arası açıklık ve kot farkı;

Direkler arası açıklık : 1757 m
Askı noktaları arasındaki kot farkı : 6 m

Askı noktalarındaki gerilmeler :
GAm_{max} = 12.46 kg/mm2
GB_{max} = 12.49 kg/mm2
Emniyet gerilmesi = 18.76 kg/mm2
Askı noktalarında buzlu haldeki max gerilme emniyet gerilmesinin altındadır.

2.0 MISLI BUZ YUKUNDE ASKI NOKTALARINDAKI GERİLME TAHKIKI :
(-5 °C de)

2.0 misli buz yükünde askı noktalarındaki gerilme kopma gerilmesinin %70 inden büyük olmamalıdır.

2.0 misli buz yükünde -5.0°C deki gerilme : Gb₀= 14.03 kg/mm2
2.0 misli buz yükünde -5.0°C deki sehim : fb₀=151.53 m
2.0 misli buz yükünde -5.0°C deki çekme kuvveti : Tcb₀=28523 kg

2.0 misli buz yükünde askı noktalarındaki gerilmeler :
GAm_{max} = 14.84 kg/mm2
GB_{max} = 14.87 kg/mm2
kopma gerilmesinin %70 i = 29.18 kg/mm2
2.0 misli buz yükünde askı noktalarındaki gerilme kopma gerilmesinin %70 nin altındadır.