

BOĞAZ ATLAMA III ENERJİ İLETİM HATTI

HAZIRLAYAN

ERSİN SOYBERK
ELEKTRİK . Y . MÜH .
GAZİ ÜNİVERSİTESİ MÜH. FAKÜLTESİ
ELEKTRİK BÖLÜMÜ ÖĞRETİM GÖREVLİSİ
2010

380 kv luk Boğaz atlama III projesi 4 direkten oluşmaktadır . iki adet taşıyıcı atlama direklerinin arkasına durdurucu direkler yerleştirilmiştir . Yapımı 18.12.1997 tarihli H140 işaretili bir sözleşme ile,trafo merkezlerine bağlantıyı sağlayacak irtibat hatları ile birlikte TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş) tarafından Siemens ve STFA Firmaları konsorsiyumuna verilmiş, yapımı da 29. 3. 2000 yılında bitirilmiştir .

Boğaz Atlama III ' ün devamı olan irtibat hatları ise dört devreli, ikili demet 1272 MCM Pheasant iletkenli olarak tesis edilerek, bu hatlar ile boğaz atlaması hattının Avrupa yakasında Tabibler, Anadolu yakasında Paşaköy trafo merkezlerine bağlantısı sağlanmıştır.

800 kv ta geçildiğinde bu irtibat hatları da, gene aynı Pheasant iletkenleri ile kolayca çift devreli dörtlü demete dönüştürülebilecektir .

PROJE HAKKINDA BİLGİLER

Uygun atlama yeri olarak Avrupa yakasında Rumeli kavağı ile Anadolu yakasında Anadolu kavağı arasında,Boğaz atlama II Enerji İletim Hattının kuzeyinin biraz ilerisi seçilmiştir .

Atlama noktasında, boğazın genişliği yaklaşık 1250 m ve her iki tarafta zemin yüksekliği 127 ve 153 m dir . Boğaz geçişi dört devreli taşıyıcı direklerle sağlanmakta bunların arkalarındaki durdurucu direklerde son bulmaktadır . Deniz üzerinden geçişi sağlayan taşıyıcı direkler arası atlama açıklığı 1884 m , taşıyıcı direklerle durdurucu direkler arasındaki açıklıklar ise Avrupa yakasında 728 m, Anadolu yakasında 502 m dir . Durdurucular arası etap uzunluğu da 3114 m olmaktadır . Boğaz köprüsünün denizden 64 m olan seyir yüksekliğine, Boğaz atlama II projesinde olduğu gibi gerekli elektriksel klerans da ilave edilerek en alttaki iletkenlerin max sehimde denizden yüksekliğinin en az 73 m olması istenmiştir .

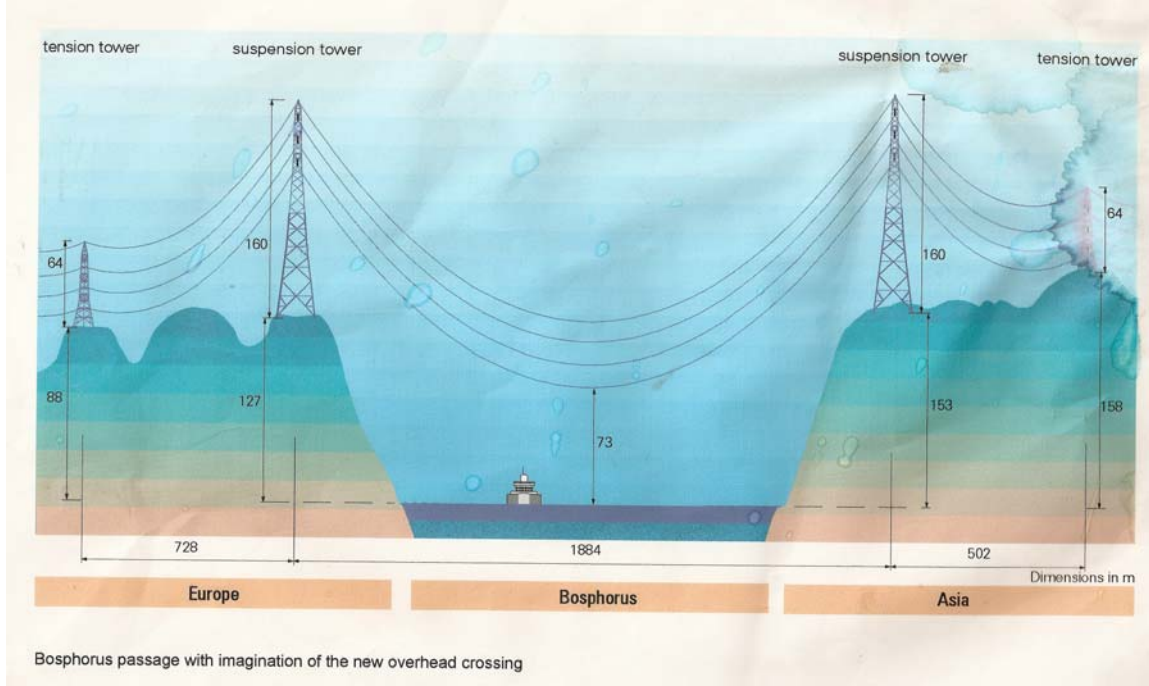
Avrupa yakasındaki taşıyıcı direk Sarıyer ile Rumeli kavağı arasındaki 127 m kotundaki tepeye, Anadolu yakasındaki taşıyıcı direk ise Anadolu kavağının güneyinde 153 m kotundaki tepeye yerleştirilmiştir . Bu suretle her iki atlama direğinin boylarında zemin kotlarının yüksek olması nedeniyle büyük ölçüde (120 m den fazla) bir azalma olmuştur . Taşıyıcı atlama direklerinin askı noktaları arasındaki kot farkı da 26 m dir .(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 .

Burada da Boğaz atlama II hattında olduğu gibi yüksek kotlu zemin avantajından faydalandığından, çok uygun direk boyları elde edilmiştir .

Taşıyıcı atlama direkleri arasındaki açıklık 1884 m ve iki adet taşıyıcı atlama direğinin yüksekliği 160 m ve her birinin ağırlığı 460 tondur .

Taşıyıcı atlama direklerinin arkasındaki durdurucu direklerin yükseklikleri ise 64 m ve her birinin ağırlığı 170 tondur .



Şekil 2 : 380 kv luk Boğaz atlama III hattının profili

DİREKLER

Atlama taşıyıcı direkleri

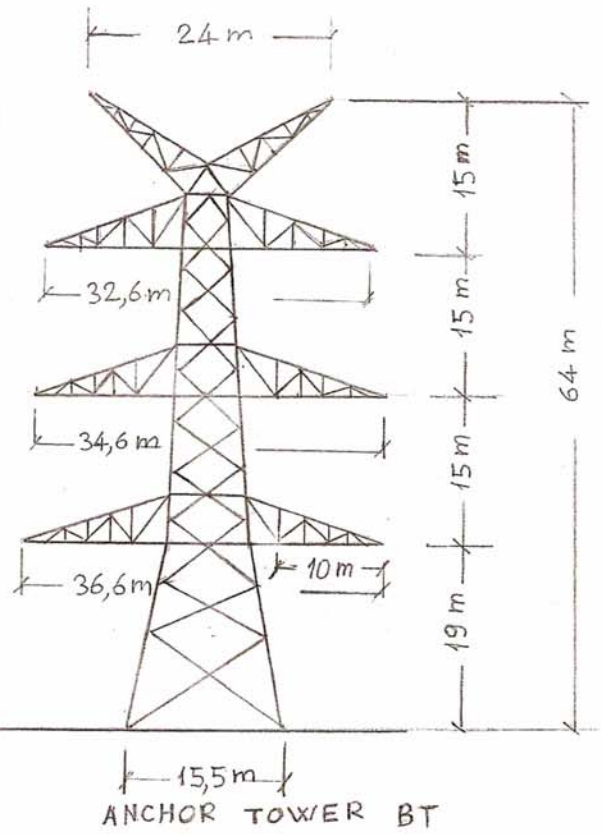
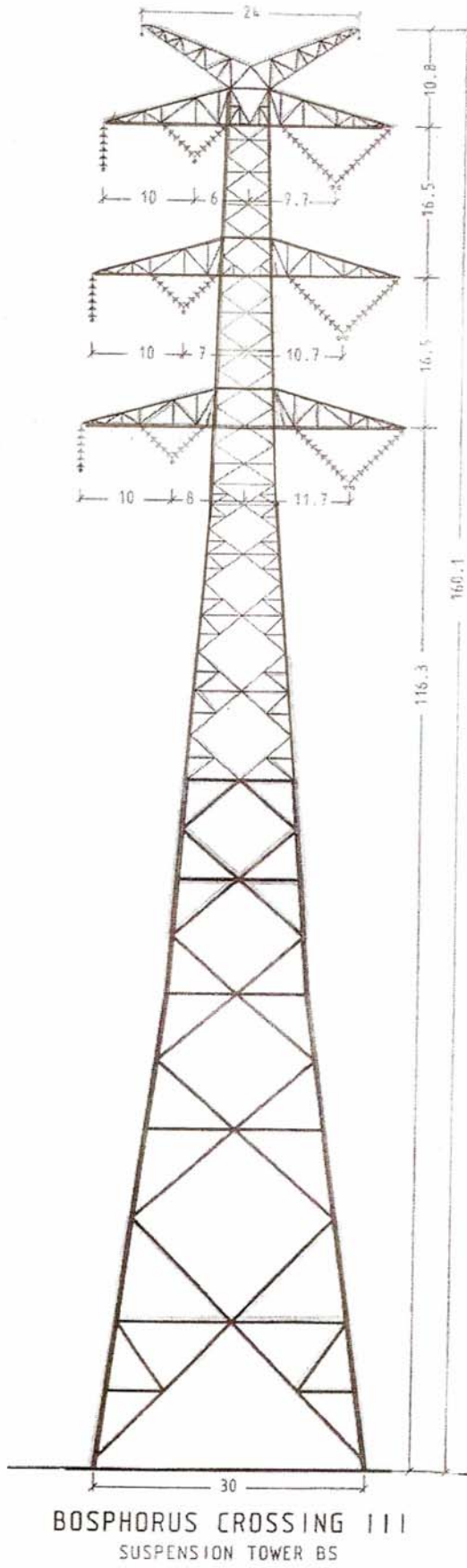
Avrupa ve Anadolu yakasında kullanılan aynı boydaki iki taşıyıcı (tip BS) atlama direğinin yükseklikleri 160 m, ayak genişlikleri 30 m olup, her birinin ağırlığı 460 ton dur .

Direkler dört devreli olduğundan, iletkenlerin asılması için direklere 3 adet konsol yerleştirilmiş olup, her konsolda 4 adet faz iletkeni bulunmaktadır .

En alttaki konsolun zeminden yüksekliği 116,3 m , konsollar arasındaki düşey mesafeler 16,5 m, farklı seviyedeki iletkenlerin kamçılanma durumunda tehlike yaratmaması için konsol boyları da farklı alınmış ve en alttaki konsol 36 m, ortadaki 34 m, üstteki 32 m olarak belirlenmiştir . Konsollar üzerinde aynı seviyedeki iletkenler arasındaki uzaklıklar dıştaki fazlar arasında 10 m , ortadaki fazlar arasında 12, 14, 16 m olmaktadır .

Hattı yıldırıma ve yürüyen dalgalara karşı korumak için direğe tesis edilen iki adet koruma kulesine iki adet koruma teli yerleştirilmiştir . Koruma kulelerinin uç noktaları arasındaki yatay mesafe 24 m , koruma kuleleri ile üst konsol arasındaki düşey mesafe 10,8 m dir . (Şekil 3) te taşıyıcı atlama direği görülmektedir . Konsolların sağ tarafında, ileride 800 kv ta geçildiğinde dıştaki askı zincirleri kaldırıldıktan sonra, içteki V askı zincirleri bırakılarak, ikili demetli hale dönüştürülmüş durumu gösterilmektedir .

Taşıyıcı atlama direklerinin, ana dikmelerinde ve çaprazlarında dört köşebent den oluşan örgülü kafesler kullanılmıştır . (Şekil 5)



Şekil 3 : Taşıyıcı atlama direği BS

Şekil 4 : Durdurucu direk BT



Şekil 5

Durdurucu direkler

Boğaz atlama III Hattının , irtibat hatlarına bağlantısı için taşıyıcı atlama direklerinin arkalarına birer adet dört devreli nihayet tipi (tip BT) durdurucu direkler yerleştirilmiştir . Durdurucu direklerin boyları 64 m , ayak genişlikleri 15,5 m olup, her birinin ağırlığı 170 ton dur .

Durdurucu direklere de iletkenlerin gergi zincirleri ile tespit edilebilmeleri için , taşıyıcı atlama direklerinde olduğu gibi 3 adet konsol yerleştirilmiş olup, her konsolda 4 adet faz iletkeni bulunmaktadır .

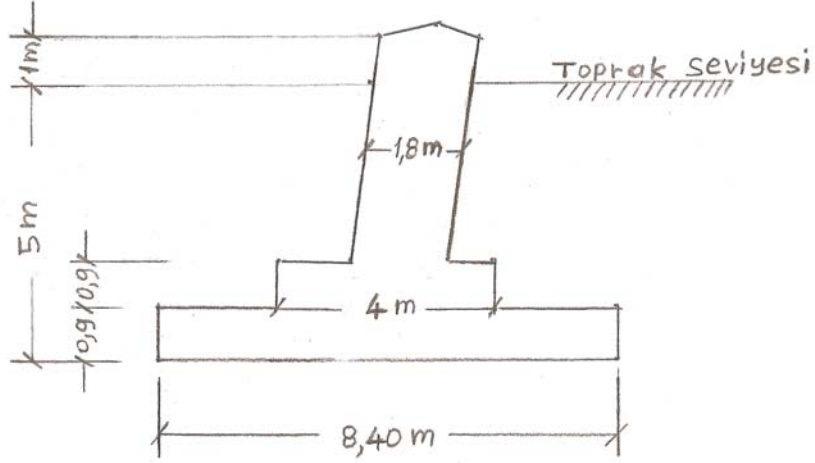
En alttaki konsolun zeminden yüksekliği 19 m , konsollar arasındaki düşey mesafe 15 m , en alttaki konsol 36,6 m , ortadaki 34,6 m , üstteki 32,6 m alınmıştır . Koruma kulelerinin uç noktaları arasındaki yatay mesafe 24 m , koruma kuleleri ile üst konsol arasındaki düşey mesafe 15 m dir . (Şekil 4)

Durdurucu atlama direklerinin ana dikmelerinde, iki adet köşebent L profili lamalar ile birleştirilerek Boğaz atlama II hattında olduğu gibi, haç profili elde edilmiştir .

Bütün direklerde St 52 ve St 37 kalitesinde çelik köşebentler kullanılmıştır . Tüm direk elemanları sıcak daldırma yöntemi ile galvanizlenmiştir . Ayrıca direklerin emniyet açısından kolayca görülebilmeleri amacıyla kırmızı ve beyaz olarak boyanmış, uçak uyarı lambaları ve merdivenler ile donatılmışlardır . Koruma kulelerinin uçlarına da yanıp sönen kırmızı uyarı ışıkları konmuştur . Boğaz atlama bölümünün toplam demir ağırlığı 1260 ton dur .

TEMELLER

Avrupa ve Anadolu yakasındaki direklerin dikildiği tepelerdeki zeminler oldukça sağlam olduğundan özel temel kullanılmamasına ihtiyaç duyulmamış normal tip münferid ayaklı betonarme temeller kullanılmıştır. Taşıyıcı atlama direklerinde temel derinliği 5 m, temel genişliği 8,40 m dir. (Şekil 6)



Şekil 6 : Taşıyıcı atlama direği münferit ayaklı temel planı



Resim 1 : Taşıyıcı atlama direklerinin (tip BS) temel montajından görünüm

DİREK VE İLETKEN HESAPLARINDA ŞARTNAME KOŞULLARI

380 kv luk boğaz atlama III projesinde tasarımılanan atlama direkleri ile durdurucu direklerin statik hesaplarında dikkate alınan yüklenme varsayımları ve iletken mekanik hesapları projenin önemi de nazarı dikkate alınarak ,“Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği” ndeki esaslar çerçevesinde yapılmış olup, tasarım yüklerinin belirlenmesindeki şartname koşulları aşağıda belirtilmişlerdir .

Buz yükü bölgesi	: 3
-5 ⁰ C de iletkenlere ve koruma tellerine buz yükü	$0.3\sqrt{d}$
-5 ⁰ C de buzlu iletkenlere ve koruma tellerine rüzgar basıncı	30 kg/m ²
-5 ⁰ C de buzlu halde direk ve izolatör takımlarına rüzgar basıncı	40 kg/m ²
+5 ⁰ C de iletkenlere ve koruma tellerine rüzgar basıncı	95 kg/m ²
+5 ⁰ C de direk ve izolatör takımlarına rüzgar basıncı	125 kg/m ²
Maksimum ortam sıcaklığı : 40 ⁰ C + 40 ⁰ C (İletken sıcaklık artışı)	80 ⁰ C
Direk statik hesaplarında iletken kopmasında emniyet katsayısı	1,5
Direk statik hesaplarında diğer bütün varsayımlarda emniyet katsayısı	2,5

İLETKENLER

Bu Boğaz atlama projesinde de yüksek mekanik mukavemetli ortasında çelik nüve bulunan Alüminyum Alloy (AACSR) tipi örgülü iletken kullanılmıştır . Hat dört devreli olup, tek demet iletkenlidir . Korona yönünden büyük çaplı iletken kullanılması gerektiğinden kesiti 2027,30 mm² ve çapı 58,63 mm olan Alüminyum Alloy iletken seçilmiştir .

380 kv luk Atlama bölümünde, Boğaz atlama II Hattında olduğu gibi tek demetli iletken kullanılmasının tercih sebepleri şunlardır .

Açıklığın büyük olması nedeniyle dengesiz buzlanma halinde rüzgar etkisiyle demet iletkenlerin dönerek burulma tehlikesi yaratması ihtimalinin mevcut olması ,

Demet iletkenlerde buz yükü ve rüzgar etkisiyle düşük frekanslı ve büyük genlikli titreşimlerin (Galloping) meydana gelmesi ihtimalinin fazla olması,

Demeti oluşturan iletkenlerde ara tutucular (spacer) arasında osilasyonların oluşma olasılığının mevcut olması ,

İletkenlere tesir eden rüzgar kuvvetleri ve buz yüklerinin demet iletkenli duruma göre ,tek iletkenli durumda, daha küçük olması dolayısıyla direklerin bu ilave yüklerden daha az etkilenecek olması ,

Demet iletkenler arasında kullanılacak ara tutucuların sebep olabileceği teknik sorunlar

Bu nedenlerden dolayı 380 kv luk Boğaz atlama bölümünde, ikili ya da üçlü demet iletkenli St-Al (ACSR) iletkenlerin kullanılması tercih edilmemiştir .

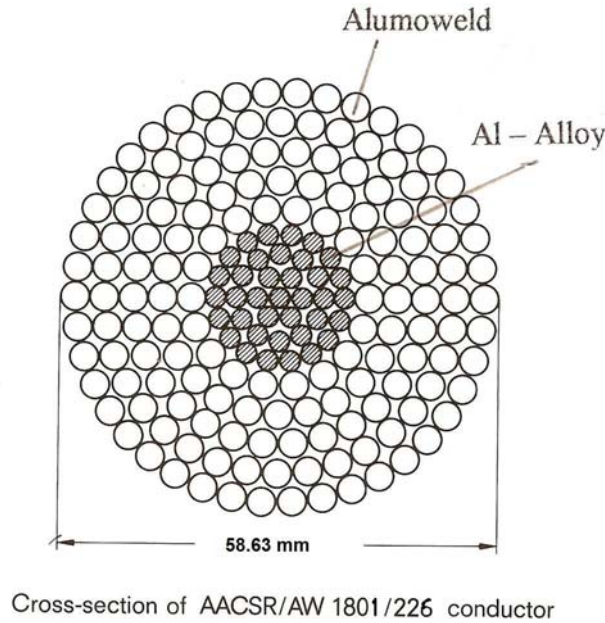
380 kv luk hatlarda tekli iletken kullanılması durumunda korona olayı yüzünden en az 50-55 mm çapında oldukça büyük kesitli iletkenlere ihtiyaç duyul-

Atlama açıklığı da oldukça büyük olduğundan , Boğaz atlama III bölümünde korona yönünden çapı uygun, yüksek mekanik mukavemetli çelik nüveli Alüminyum Alloy (AACSR) iletken seçilmiştir .

İleride 800 kv ta geçildiğinde korona yönünden ikili demet iletken kullanılması gerektiğinden, Boğaz atlama bölümündeki tek demet iletkenler şekil 3 de konsolların sol tarafında gösterildiği gibi dış fazlardaki askı zincirleri kaldırılarak ikili demet iletkene dönüştürülecek ve devre sayısı ikiye indirilecektir .

Boğaz atlama III ' ün devamı irtibat hatları ise, normal 380 kv luk hatlarda olduğu gibi ikili demet 1272 MCM Pheasant iletkenli olarak tesis edilmiştir .

İletkenin çelik nüvesi korozyona karşı dayanımlı olması amacıyla alüminyum kaplı çelik örgülerden oluşmaktadır . (Şekil 7)



Şekil 7 : Alüminyum Alloy (AACSR) iletken

Akım taşıma kapasitesi :

İletkenin akım taşıma kapasitesinin ,80⁰ C (40⁰ C ortam sıcaklığı + 40⁰ C sıcaklık artışı) sıcaklık ta ve 1 m/sn lik rüzgar hızında hesaplanması istenmiştir . Emisyon katsayısı 0,5 solar radyasyon şiddeti 1000 W/m² için akım taşıma kapasitesi hesaplanırsa 1921,35 A olmaktadır .

$$I = \sqrt{\frac{E \cdot S \cdot \pi \cdot d \cdot (T_C^4 - T_A^4) + 8,55 \cdot (T_C - T_A) \cdot (v \cdot d)^{0,448} - \alpha \cdot S_i \cdot d}{R_{ac}}}$$

$E = 0,5$ Emisyon katsayısı
 $S = 5,7 \times 10^{-8}$ W/m² Stefan Boltzman katsayısı
 $\alpha = 0,6$ Solar radyasyon katsayısı

$$\begin{aligned}
S_i &= 1000 \text{ W/m}^2 \text{ Solar radyasyon şiddeti} \\
T_C &= 273 + 40 + 40 = 353 \text{ } ^\circ\text{K} \\
T_A &= 273 + 40 = 313 \text{ } ^\circ\text{K} & T_C - T_A &= 353 - 313 = 40 \text{ } ^\circ\text{C} \\
d &= 58,63 \text{ mm iletken çapı} \\
R_{ac} &= 0,0249 \cdot 10^{-3} \text{ ohm/m iletkenin } 80^\circ\text{C deki AC direnci}
\end{aligned}$$

$$I = \frac{0,5 \cdot 5,7 \cdot 10^{-8} \cdot \pi \cdot 0,05863 \cdot (353^4 - 313^4) + 8,55 \cdot 40 \cdot (1,0,05863)^{0,448} - 0,6 \cdot 1000 \cdot 0,05863}{\sqrt{0,0249 \cdot 10^{-3}}}$$

$I = 1921,35 \text{ A}$ olarak bulunur . Ortam sıcaklığının 40°C nin altına düşmesi veya rüzgar hızının 1 m/sn nin üstüne çıkması ya da güneş etkisinin azalması durumunda iletkenlerin akım taşıma kapasiteleri artacaktır . Solar radyasyon şiddeti $S_i = 900 \text{ W/m}^2$ alınırsa, $I = 1957,77 \text{ A}$ olur . Buna göre iletkenlerin akım taşıma kapasiteleri 2000 A civarındadır . her bir devrenin yük taşıma kapasitesi ; $N = 1,73 \cdot 380 \cdot 10^3 \cdot 2000 = 1316 \cdot 10^6 \text{ VA} = 1316 \text{ MVA}$ kadardır .

Kritik korona gerilimi :

$$U_{kr} = \sqrt{3} \cdot 21,1 \cdot r \cdot m \cdot \ln \left(\frac{a}{r} \right) \quad \text{ifadesinden hesaplanırsa ,}$$

$r = 0,8 \cdot 58,63 / 2 = 23,45 \text{ mm} = 2,345 \text{ cm}$ iletkenin geometrik ortalama yarıçapı GMR

$a = 21 \text{ m}$ iletkenler arası geometrik uzaklık GMD

$m = 0,87$ pürüzlülük faktörü

$$U_{kr} = \sqrt{3} \cdot 21,1 \cdot 2,345 \cdot 0,87 \cdot \ln \left(\frac{2100}{2,345} \right) = 506,8 \text{ kv} \quad \text{bulunur .}$$

$U_{kr} = 506,8 > 380 \text{ kv}$ olduğundan, Seçilen Al-Alloy iletkenin korona yönünden uygun olduğu görülüyor .

Görünür korona gerilimi : $U_k = U_{kr} \cdot \delta \cdot (1 + 0,3 / \sqrt{r \cdot \delta})$ δ : Rölatif hava yoğunluğu olup ideal halde $\delta = 1$ dir . (25° sıcaklıkta ve 1 atm basınçta)

$U_k = 506,8 \cdot 1 \cdot (1 + 0,3 / \sqrt{2,345 \cdot 1}) = 606,1 \text{ kv}$ olur . İleride 800 kv ta geçildiğinde hat çift demetli olacağından korona yönünden bir sıkıntı olmayacaktır .

Maksimum iletken gerilmesi :

Max gerilme -5°C de buz + buz üzerine rüzgarlı halde meydana gelmektedir .

Maksimum gerilmenin belirlenmesinde iletkenin $+15^\circ \text{C}$ deki (EDS) gerilmesi esas alınmıştır . Bu değer şartnameye göre iletkenin kopma gerilmesinin % 20 si olarak alınacaktır . Kopma dayanımı 85000 dN dur .

Bu suretle iletkenin $+15^\circ \text{C}$ deki gerilmesi (buzsuz ve rüzgarsız halde) ,

$$\sigma_{15} = \%20 \cdot 85000 / 2027,30 = 8,385 \text{ dN/mm}^2 \text{ olur .}$$

Değişik haller denkleminde hesaplanan -5°C deki buzlu + buz üzerine rüzgarlı haldeki iletkenin maksimum gerilmesi $11,83 \text{ dN/mm}^2$ dir .

İletken mekanik hesapları :

Bilgisayar programı ile 1520,52 m Ruling açıklık için yapılan iletkenin mekanik hesap çıktıları verilmektedir .

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

380 KV LUK ISTANBUL BOGAZ ATLAMA III HATTINDA DEĞİŞİK HALLER DENKLEMİNİ
KULLANARAK MUHTELİF ORTAM SICAKLIKLARINDAKİ GERİLME, SEHİM VE ÇEKME
KUVVETİNİN BULUNMASI

G I R I S D E Ğ E R L E R İ

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	:	% 20
+ 15 °C de gerilme tahkikinde azami gerilme yüzdesi	:	% 22
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	:	AACSR (AL-ALLOY)
iletkenin kesiti	:	2027.3 mm ²
iletkenin anma çapı	:	58.63 mm
iletkenin birim ağırlığı	:	6.54 kg/m
iletkenin elastikiyet modülü	:	7300 kg/mm ²
iletkenin ısıl uzama katsayısı	:	2E-005 1/°C
iletkenin kopma gerilmesi	:	41.93 Kg/mm ²
iletkenin emniyet gerilmesi	:	18.87 Kg/mm ²
+ 15 °C deki gerilme (everyday stress)	:	8.385 kg/mm ²
Direkler arası açıklık (ruling açıklık)	:	1520.52 m

S O N U C D E Ğ E R L E R İ

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

kritik açıklık : $akr = 359.19$ m
 $akr < a$ olduğundan max gerilme -5.0°C de buzlu haldedir.

kritik sıcaklık : $tkr = 18.74$ °C
 $tkr < tmax = 80$ °C olduğundan max sehım en yüksek ortam sıcaklığı olan 80°C dedir.

Değişik haller denklemi :
 $\sigma^3 + (93.515 + 0.146 t)\sigma^2 = 7318.387$

MUHTELIF ORTAM SICAKLIKLARINDAKI GERILME, SEHİM VE ÇEKME KUVVETİ DEĞERLERİ

Buz yükü katsayısı : .3
iletkenin adı : AACSR/AW 1801/226 (AL-ALLOY)

Sıcaklık °C	Gerilme kg/mm ²	Sehim m	çekme kuvveti kg	Ruling menzil 1520.52 m
-5.0	11.83	112.27	23984	Buz+rüzg.yüklü (30 Kg/m ²)
-5.0	11.33	111.99	22967	%100 Buz yüklü
-5.0	9.92	111.22	20118	% 50 Buz yüklü
5.0	10.96	112.58	22210	%100 Rüzgar yüklü
5.0	9.77	111.94	19798	% 70 Rüzgar yüklü
80.0	8.52	117.12	17273	% 42 Rüzgar yüklü
-25	8.62	108.88	17476	
-20	8.59	109.27	17414	
-15	8.56	109.66	17353	
-10	8.53	110.05	17293	
-5	8.50	110.44	17233	
0	8.47	110.83	17173	
5	8.44	111.21	17115	
10	8.41	111.60	17056	
15	8.38	111.98	16999	
20	8.36	112.36	16942	
25	8.33	112.74	16885	
30	8.30	113.12	16829	
35	8.27	113.50	16774	
40	8.25	113.88	16719	
45	8.22	114.26	16665	
50	8.19	114.63	16611	
55	8.17	115.01	16558	
60	8.14	115.38	16505	
65	8.12	115.75	16452	
70	8.09	116.13	16400	
75	8.06	116.50	16349	
80	8.04	116.87	16298	

Taşıyıcı Atlama direkleri arasındaki sehimler (atlama açıklığı=1884 m)

°C	Sehim
-5 (Buz+Rüzg)	$f = 112.27 \times (1884/1520.52)^2 = 172.36 \text{ m}$
+5 (%100 Rüzg)	$f = 112.58 \times (1884/1520.52)^2 = 172.83 \text{ m}$
-25 (çıplak)	$f = 108.88 \times (1884/1520.52)^2 = 167.16 \text{ m}$
-5 "	$f = 110.44 \times (1884/1520.52)^2 = 169.55 \text{ m}$
15 "	$f = 111.98 \times (1884/1520.52)^2 = 171.92 \text{ m}$
40 "	$f = 113.88 \times (1884/1520.52)^2 = 174.83 \text{ m}$
80 "	$f = 116.87 \times (1884/1520.52)^2 = 179.42 \text{ m}$

T A H K I K L E R

+ 15 °C DE GERİLME TAHKIKI

+ 15 °C deki gerilme kopma gerilmesinin % 20 inden büyük olmamalıdır. İletkenlerde titreşimleri sınırlayıcı önlemlerin alınması halinde + 15 °C deki gerilme, kopma gerilmesinin % 22 sine kadar arttırılabilir.

+ 15 °C deki gerilme = 8.38 kg/mm²
 kopma gerilmesinin %20 i = 8.39 kg/mm²
 + 15 °C deki gerilme kopma gerilmesinin %20 inin altındadır.

EN DÜŞÜK ORTAM SICAKLIĞINDAKİ GERİLME TAHKIKI :

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

En düşük ortam sıcaklığı olan -25 °C deki gerilme 8.62 kg/mm²
 Kopma gerilmesinin %25 i = 10.48 kg/mm²

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

ASKI NOKTALARINDAKİ 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 : 1884 m
 Askı noktaları arasındaki kot farkı : 26 m

Askı noktalarındaki gerilmeler :
 G_{Amax} = 12.56 kg/mm²
 G_{Bmax} = 12.68 kg/mm²
 Emniyet gerilmesi = 18.87 kg/mm²
 Askı noktalarında buzlu haldeki max gerilme emniyet gerilmesinin altındadır.

2.0 MISLİ BUZ YÜKÜNDE ASKI NOKTALARINDAKİ 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 : G_{b0}= 14.09 kg/mm²
 2.0 misli buz yükünde -5.0°C deki sehim : f_{b0}=174.93 m
 2.0 misli buz yükünde -5.0°C deki çekme kuvveti : T_{cb0}=28561 kg

2.0 misli buz yükünde askı noktalarındaki gerilmeler :

G_{Amax} = 14.98 kg/mm²
 G_{Bmax} = 15.12 kg/mm²
 kopma gerilmesinin %70 i = 29.35 kg/mm²
 2.0 misli buz yükünde askı noktalarındaki gerilme kopma gerilmesinin %70 nin altındadır.

KORUMA TELİ

Faz iletkenlerinin üzerine hattı yürüyen dalgalara ve yıldırıma karşı korumak amacıyla direk üzerindeki koruma kulelerine yatay olarak sıralanmış iki adet koruma iletkeni yerleştirilmiştir . Atlama direklerindeki koruma telleri, faz iletkenlerinin en üst konsolundan 10,8 m yukarıda bulunmaktadır. koruma telleri arasındaki yatay açıklık da 24 m dir . Koruma telleri, dıştaki faz iletkenlerini 12⁰ lik bir koruma açısı altında korumaktadırlar .

Hattın koruma telleri için, iki adet 350,50 mm² kesitli, 24,40 mm çaplı ve bir lifinden 20 adet fiber geçen OPGW teli seçilmiştir .

Koruma telinin +15⁰ de ki sehiminin, faz iletkenleri sehiminin %90 nın dan daha büyük olmaması gerekir . Faz iletkenlerinin, 1520,52 m ruling açıklık için +15⁰ deki sehimi 111,98 m ve bunun %90' ı 100,78 m olduğundan ,koruma telinin bu sehime tekabül eden +15⁰C deki gerilmesi ,

$$\sigma = 2,37 \cdot 1520,52^2 / 8 \cdot 100,78 \cdot 350,5 = 19,39 \text{ kg/mm}^2$$

Atlama açıklığı olan 1884 m deki sehim değeri de 154,72 m olur . Koruma telinin +15⁰ C deki gerilmesi baz alınarak, -5⁰ C deki buzlu ve rüzgarlı haldeki gerilmesi de tespit edilir .

Koruma iletkenlerinin üzerlerine de kırmızı beyaz ikaz küreleri yerleştirilmiştir .

İLETKEN VE KORUMA TELİ KAREKTERİSTİKLERİ

İletken	:	AACSR/AW 1801/226
Alüminyum Alloy kesiti	:	1801,10 mm ²
Alüminyum kaplı çelik çekirdek kesiti	:	226,20 mm ²
Toplam kesit	:	2027,30 mm ²
İletken dış çapı	:	58,63 mm
Birim ağırlık	:	6,54 kg/m
Elastisite modülü (ilkel)	:	63,2 kN/mm ²
Elastisite modülü (nihai)	:	73 kN/mm ²
ısıl uzama katsayısı	:	20x10 ⁻⁶ 1/C ⁰
Kopma dayanımı	:	850 kN
Doğru akım 20 ⁰ C deki direnci	:	0,0179 Ohm/km
Doğru akım 80 ⁰ C deki direnci	:	0,0216 Ohm/km
Alternatif akım 80 ⁰ C deki direnci	:	0,0249 Ohm/km
Koruma teli	:	OPGW
Toplam kesit	:	350.50 mm ²
Dış çapı	:	24.40 mm
Birim ağırlık	:	2,37 kg/m
Elastisite modülü (nihai)	:	162 KN/mm ²
Isıl uzama katsayısı	:	13x 10 ⁻⁶ 1/C ⁰
Kopma dayanımı	:	407,5 kN

Koruma telinin mekanik hesapları :

Bilgisayar programı ile 1520,52 m Ruling açıklık için yapılan koruma telinin mekanik hesap çıktıları aşağıda verilmektedir .

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

380 KV LUK BOGAZ ATLAMA III HATTINDA KORUMA TELI ICIN DEGISIK HALLER
DENKLEMİNİ KULLANARAK MUHTELIF ORTAM SICAKLIKLARINDAKI 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/m2
Zayıf rüzgar yükü yüzdesi (5 °C) : % 70
En yüksek ortam sıcaklığındaki rüzgar yükü yüzdesi : % 42
+ 15 °C de gerilme tahkikinde gerilme yüzdesi : % 20
+ 15 °C de gerilme tahkikinde azami gerilme yüzdesi: % 22
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/m2
Dengesiz buzlanmada buz yükü yüzdesi (-5 °C) : % 50
Buz yoğunluğu : 0.60 kg/dm3
Kaç misli buz yükünde gerilme tahkiki yapıldığı .. : 2
iletkenin adı : OPGW
iletkenin kesiti : 350.5 mm2
iletkenin anma çapı : 24.4 mm
iletkenin birim ağırlığı : 2.37 kg/m
iletkenin elastikiyet modülü : 16200 kg/mm2
iletkenin ısıl uzama katsayısı : 1.3E-005 1/°C
iletkenin kopma gerilmesi : %40750 Kg/mm2
iletkenin emniyet gerilmesi : %18337.5 Kg/mm2
+ 15 °C deki gerilme (everyday stress) : 19.39 kg/mm2
Direkler arası açıklık (ruling açıklık) : 1520.52 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 : $akr= 265.26$ m
 $akr < a$ olduğundan max gerilme -5.0°C de buzlu haldedir.

kritik sıcaklık : $tkr= 66.74$ °C
 $tkr < tmax = 80$ °C olduğundan max sehım en yüksek ortam sıcaklığı olan 80°C dedir.

Değişik haller denklemi :
 $\sigma^3 + (167.232 + 0.211 t) \sigma^2 = 71352.418$

MUHTELIF ORTAM SICAKLIKLARINDAKI GERILME, SEHİM VE ÇEKME KUVVETİ DEĞERLERİ

Buz yükü katsayısı	:	.3			
iletkenin adı	:	OPGW			
Sıcaklık °C	Gerilme kg/mm2	Sehim m	Çekme kuvveti kg	Ruling menzili 1520.52 m	
-5.0	33.99	104.14	11913	Buz+rüz.yüklü(30 Kg/m2)	
-5.0	30.92	103.33	10839	%100 Buz yüklü	
-5.0	25.34	101.84	8880	% 50 Buz yüklü	
5.0	26.75	102.78	9377	%100 Rüzgar yüklü	
5.0	23.38	101.88	8196	% 70 Rüzgar yüklü	
80.0	20.20	105.22	7082	% 42 Rüzgar yüklü	
-25	19.81	99.19	6944		
-20	19.76	99.46	6925		
-15	19.70	99.74	6906		
-10	19.65	100.01	6888		
-5	19.60	100.28	6869		
0	19.55	100.56	6851		
5	19.49	100.83	6832		
10	19.44	101.10	6814		
15	19.39	101.37	6796		
20	19.34	101.64	6778		
25	19.29	101.91	6761		
30	19.24	102.18	6743		
35	19.19	102.45	6726		
40	19.14	102.72	6708		
45	19.09	102.98	6691		
50	19.04	103.25	6674		
55	18.99	103.52	6657		
60	18.94	103.78	6640		
65	18.90	104.05	6623		
70	18.85	104.31	6607		
75	18.80	104.58	6590		
80	18.76	104.84	6574		

Taşıyıcı Atlama direkleri arasında koruma tellerinin sehimleri
(atlama açıklığı=1884 m)

°C	Sehim
-5 (Buz+Rüzg)	$f = 104.14 \times (1884/1520.52)^2 = 159.88 \text{ m}$
+5 (%100 Rüzg)	$f = 103.33 \times (1884/1520.52)^2 = 158.64 \text{ m}$
-25 (çıplak)	$f = 99.19 \times (1884/1520.52)^2 = 152.28 \text{ m}$
-5 "	$f = 100.28 \times (1884/1520.52)^2 = 153.95 \text{ m}$
15 "	$f = 101.37 \times (1884/1520.52)^2 = 155.63 \text{ m}$
40 "	$f = 102.72 \times (1884/1520.52)^2 = 157.70 \text{ m}$
80 "	$f = 104.84 \times (1884/1520.52)^2 = 160.96 \text{ m}$

T A H K I K L E R

+ 15 °C DE GERİLME TAHKIKI

+ 15 °C deki gerilme kopma gerilmesinin % 20 inden büyük olmamalıdır. iletkenlerde titreşimleri söndürücü önlemlerin alınması halinde + 15 °C deki gerilme, kopma gerilmesinin % 22 sine kadar arttırılabilir.

+ 15 °C deki gerilme = 19.39 kg/mm2
 kopma gerilmesinin %20 i = %8150 kg/mm2
 + 15 °C deki gerilme kopma gerilmesinin %20 inin altındadır.

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 19.81 kg/mm2
 Kopma gerilmesinin %25 i = %10187.5 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 : 1884 m
 Askı noktaları arasındaki kot farkı : 26 m

Askı noktalarındaki gerilmeler :

GAm_{max} = 35.79 kg/mm2

GBm_{max} = 36.10 kg/mm2

Emniyet gerilmesi = %18337.5 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= 41.70 kg/mm2

2.0 misli buz yükünde -5.0°C deki sehim : fb₀=163.54 m

2.0 misli buz yükünde -5.0°C deki çekme kuvveti : Tcb₀=14614 kg

2.0 misli buz yükünde askı noktalarındaki gerilmeler :

GAm_{max} = 43.99 kg/mm2

GBm_{max} = 44.39 kg/mm2

kopma gerilmesinin %70 i = %28525 kg/mm2

2.0 misli buz yükünde askı noktalarındaki gerilme kopma gerilmesinin %70 nin altındadır.

ASKI VE DURDURUCU İZOLATÖR TAKIMLARI

Taşıyıcı atlama direklerinde dış fazlarda 20 elemanlı U210 tipi 21 tonluk çift askı zincir izolatörleri kullanılmıştır . İçteki fazlarda da 20 elemanlı U300 tipi 30 tonluk çift V zincir izolatörleri kullanılmıştır .

Durdurucu direklerde ise 20 elemanlı U550 tipi 55 tonluk çift gergi zincir izolatörleri kullanılmıştır .

İletkenlerin durdurucu takımlara bağlantısında kompresyonlu tip özel gergi klempli kullanılmıştır . Bu durdurucu klemplerin dışında, iki durdurucu arasındaki 3114 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 klempe girdiği noktada zamanla yorulmalar oluşturarak iletkenin bu noktada arızalanmasına sebep olurlar . Bu noktada titreşim genliğini azaltarak tehlikeli olmayacak bir düzeyde tutabilmek için Stock-bridge tip damperler kullanılmıştır . Bu tip damperler rezonans damperleridir . İletkenin klempe 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 .

TEL ÇEKİMİ

Tel çekimi daha önce Boğaz atlama II hattında olduğu gibi özel önlemler alınarak, aynı yöntemle yapılmıştır . Boğaz atlama II hattının tel çekimi için Siemens tarafından özel olarak Almanya dan getirilen tel çekme ve fren makinaları ile tel çekme makaraları bu işin bitiminde TEK'e bırakılmıştı . Boğaz atlama III hattının tel çekiminde de aynı makinalar ile makaralar kullanıldı . Tel çekme işlemleri sırasında 60 m lik seyir yüksekliğinin altına inilmeden 170 kN luk çekme kuvvetinin uygulanması ile tel çekme işlemi yapılmıştır .

Boğaz trafiğinin kesilmesi için daha önceden belirlenen gün için gerekli makamlardan izin alınmıştır .

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 denize indirilen kılavuz telleri, iki romorkör vasıtasıyla suya batırılmadan ve fren makinaları ile ayarlanarak çekildi . Boğazın ortasında kılavuz telleri biribi-

rine eklendi ve hemen 60 m yüksekliğe kaldırıldı . Aynı işlem diğer kılavuz teli içinde tekrarlandı . Bu suretle ön kılavuz tellerinin çekimi çok kısa bir süre içinde tamamlandı ve boğaz trafiğe yeniden açıldı . Sonra kademeli olarak diğer kılavuz tellerinin çekimlerinde tamamlandı . Daha sonra 25,4 mm lik kılavuz teli yardımıyla önce koruma telleri akabinde de faz iletkenleri, Boğaz trafiğini ak-satmadan ve hiçbir zaman 60 m lik seyir yüksekliğinin altına inilmeden çekilmiştir . Sehim verilme işlemlerinden sonra iletkenler kompresyonlu tip gergi klempleri ile durdurucu direklere bağlandı ve tel çekimi işlemi de tamamlandı . Boğaz atlama irtibat hatlarının da tamamlanmasıyla 29.3.2000 tarihinde bu büyük proje tamamlanmış oldu .

Bu büyük projede emeği bulunan bütün herkese teşekkür ederim .

BOĞAZ ATLAMA III HATTI ATLAMA DİREKLERİNİN MONTAJ SAFHASINDAN GÖRÜNTÜLER



Resim 2 : Taşıyıcı atlama direğinin içten görünümü



Resim 3 : Çift V askı zincir izolatör takımının yerde montajı



Resim 4 : Çift V askı zincir izolatör takımının montaja hazırlanması



Resim 5 : Taşıyıcı atlama direğinde dört köşebentten oluşan örgülü kafesler



Resim 6 : Taşıyıcı atlama direğinde konsol montajı



Resim 7 : Boğaz atlama hatlarının görünümü



Resim 8 : Hat bisikleti