

İSTANBUL HALIÇ TÜNELİNİN SÜRÜLMESİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

RESULTS OBTAINED FROM TUNNEL DRIFTING IN GOLDEN HORN

Doç.Dr. Nuh BİLCİN(*)
Kourosh SHAH Rİ AR(*)

ÖZET

İstanbul'da kazılmakta olan Haliç Kanalizasyon Tünelindeki kazı işleri incelenmeye alınarak burada çalışmakta olan Galeri Açma Makinesi ilerleme hızı ile kayaç kazılabilirlik özellikleri karşılaştırılmıştır. 2640 m.lik tünel boyunca ortalama keski sarfiyatı 0.17 adet/ra³ olmuştur. Laboratuvarında saptanan kayaç spesifik enerjisi makine performansını yansıtan en iyi özellik olmuştur. Buna RQD, oramda eklenince elde edile korelasyon katsayısı da artmıştır. Makinenin sert formasyonlara rağmen başarı ile kazı yapmasına ayndaki süreksizliklerin yanında şiddetli sistemin sağladığı stabilizasyonda yardımcı olmuştur.

ABSTRACT

Haliç Sewer Tunnel was chosen as a pilot tunnel in order to carry out insitu measurement and to investigate the geotechnical properties affecting roadheader performance. Analysis of shift data, overall machine performance and geotechnical properties of rock formation in the zones examined are first detailed and later a statistical analysis is carried out in order to find a correlation between machine cutting performance and rock mass properties. During excavation of tunnel an average amount of 0.17 pick/m³ was used and S.E. xRQD was the best properties that indicated machine advance rate.

*Assis. Prof. Iran AMİR Kabir University - TEHRAN

*Doç. Dr. İ.T.Ü. Maden Fakültesi - İSTANBUL

1. GİRİŞ

Tünelcilik faaliyetleri gerek madencilik gerekse inşaat sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Gelişen ekonomik şartlarla beraber değişen ihtiyaçlar daha hızlı ve emniyetli kazı talep etmektedir. Bu talepler ise ancak mekanize yöntemlerle ve uygun şartlarda karşılanabilir. Zira mekanize kazının klasik yöntemle olan hızlılık, ekonomiklik ve emniyetlilik gibi üstünlükleri ancak bu makineler geçilen formasyonlara uygun seçildikleri takdirde bir anlam ifade etmektedir. Dünya kömür madenciliğinde yıllık 19200-22*400 km uzunluğunda hazırlık galerileri sürülmektedir. Bunun maliyeti ise, orta kesitli bir galerinin kazı maliyetinin 6000 DM/m olduğu gözönüne alındığında 115-135x10³ DM olmakta ve bu rakam bir çok ülkenin yıllık bütçesini defalarca aşmaktadır. Bu da tünel açma yöntemlerinde ortaya çıkabilecek teknolojik ilerlemenin önemini göstermektedir.

İstanbul'daki tünelcilik faaliyetlerinin incelenmesinde başlıca iki amaç göz önüne alınmıştır. Birincisi kayaçların kazılabilirliklerinin incelenmesi ve galeri açma makinelerinin performanslarının önceden kestirilmesi, diğeri ise daha ileride bu şehirde yapılması düşünülen yeraltı kazılarına (metro vb. gibi) ışık tutmak olmuştur. Çalışma konusu olan Haliç Tünelinde şiddetli bir kollu galeri açma makinesi kullanılmıştır.

2. Projenin Tanıtımı

İstanbul'da artan nüfus ile beraber çevre kirliliği ve özellikle Haliç ve Marmara denizinin kirlenmesi büyük bir problem haline gelmiştir. Bu kirlenmede kuşkusuz atık suların (pis suların) önemli etkisi vardır. Eşsiz tarihi güzelliklere sahip olan İstanbul şehrinin çehresine gölge düşüren bu problemi çözmek için İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), Dünya Bankası desteği ile kanalizasyon problemini çözmek için harekete geçmiş ve bu projelerin ilk halkası olan Güney Haliç Tüneli (Eyüp, Haliç, Fatih) projesi adı altında 1986'da ihaleye açmıştır. Projeye konu alan 3 tünel Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Güney Haliç Projesine Dahil Tünellerin Boy ve Çapları.

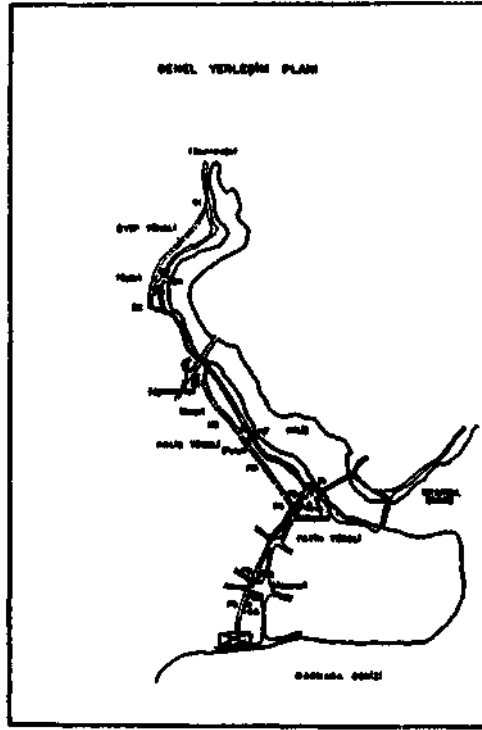
Tünelin Adı	Uzunluk (m)	Nihai iç Çapı (mm)	Dış Çap (mm)
Fatih	2046	2800	3370
Haliç	2643	2600	3170
Eyüp	1865	2200	2770

Toplam uzunlukları 6554 m. olan üç tünel ve bunlara bağlı deniz çıkışları, su alma yapıları, bacalar ve tali kanalizasyon bağlantıları 1986 fiyatlarıyla 6.377.680 \$ ve 3.926.517.658 U karşılığında STFA firmasına ihale edilmiştir. İhale süresi 24 ay olan bu projenin ilk dizaynı İngiliz DEDECO firmasınınca yapılmış daha sonra İngiliz-Türk firmaları olan Taylor Binnie and Partners-Uluslararası Birleşmiş Müşavirler (TBP-U.B.M) tarafından revize edilerek bir çok değişikliğe uğramıştır.

Eyüp Tüneli (Bilgin ve diğerleri, 1988) Silahtarağa'dan başlayıp Eyüp Camisi önünde bitmektedir. Haliç Tüneli Ayvansaray'dan başlayıp Unkapanı'nda, Fatih Tüneli ile birleşmektedir. Fatih Tüneli ise Unkapanından Yenikapı Arıtma Tesislerine kadar uzanmaktadır. Eyüp ile Haliç Tüneli bağlantıları açık kazı ile sağlanmaktadır. Tünellerin genel eğimi 1/2200 olup öngörülen atık yoğunluğu 1.35 gr/cm³ 'dür.

Yenikapı Arıtma Tesislerinde kaba arıtmaya tabi tutulan atık sular borularla boğazın dibindeki akıntıya pompalanmaktadır. Pompalanan sudaki organik maddeler deniz suyundaki biyolojik oksijen içeriğinin etkisiyle zararsız hale gelecektir.

Araştırma konusu olan ve Güney Haliç Projesine dahil Haliç Tüneli 2640 m. uzunluğunda olup bünyesinde 7 baca ve 113 m- boyundaki mini tünel dahil toplam 26095 m yerinde kazı öngörülmüştür. Bu tünelde toplam 4556 m³ beton, 11300 ton çimento, 808 ton demir, 42.2 kwh/m³ enerji kullanılmış ve 1986 fiyatlarıyla 2023879 \$ ve 903.123.902 11 karşılığında ihale edilmiştir. Tünel genel yerleşim planı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Güney Haliç Projesinin Genel Dütümü

3. Tünel Güzergahının Jeolojik Durumu

İstanbul şehri surlar içi jeolojisi hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara göre bölge Trakya Serisi diye adlandırılan formasyondan oluşmuştur. Bu seri Grovak ve Killi Şistlerden oluşan üst Paleozoik temele sahiptir (Sayar, 1962). Bu temel çok kırıklı ve çatlaklı ve kıvrımlı bir yapı arz eder. Paleozoik temel, Kuvaterner'e ait alüvyon ve dolgu malzemesi ile örtülmüştür.

Tünel güzergahında rastlanan litolojik yapıları, ince, orta ve iri taneli diye 3 ayrı gruba ayırmak mümkündür (İSKİ, 1983). İnce taneli birimler Çamurtaşı, Siltaşı ve Şeyi'den, orta taneli birimler ise Feldispatlı mikalı kumtaşından (grovak), iri taneli birimler ise kuvars konglomeralarından oluşmuştur. Güzergah boyunca zaman zaman çok sert diyabaz dayklarına ve kuvars konglomerasına rastlanmıştır.

4. Kazı ve Çalışma Şekli

Tünellerdeki kazı işleri için SM-1 model ve Herrenknecht marka şildli ve kollu bir galeri açma makinesi seçilmiştir. Kesme kafasında kalem uçlu keskiiler kullanılan makinenin teknik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Makinenin Teknik özellikleri

Kesme kafası motor gücü	90 kw
Kesme kolu ileri-geri,sağ-sol motor gücü	45 kw
Konveyor-Erektör motor gücü	37 kw
Havalandırma motoru gücü	2x7.5 kw
Şild motoru gücü	37 kw
Toplam kurulu güç	"224 kw
Kesme kafası dönme hızı	0 - 55 devir/dak
Erektör dönme açısı	380°
1.bant uzunluğu	10500 mm
1.bant genişliği	720 mm
2. bant uzunluğu	25000 mm
2.bant genişliği	780 mm
Bant hızı	0 - 44 m/dak
Makine çalışma basıncı	35 MPa

Kazılan pasa, kesme kafasının helezoni şeklinden yararlanılarak makine ortasından geçen 1.banta ve oradan da 2. banta aktarılarak 2.5 m'lik vagonlara yüklenerek elektrikli lokomotiflerle kuyu dibine ve oradan da vinçlerle yer üstüne çıkarılmaktadır.

Birinci tahkimat için betonarme prekast elemanlar kullanılmıştır. 75 cm genişliğindeki tahkimat elemanları erektör kancasına takılarak istenilen düzeye getirilir ve bir önceki üniteye civatalanır. Bu tahkimat elemanları hazır kalıplar kullanılarak şantiye sahasında dökülmüştür. İkinci kaplama ise 24 m. uzunluğundaki yürüyen kalıplar kullanılarak yerinde dökülmüştür. Bu kaplama 12.5 cm kalınlığında olup, betondur.

Makinenin yön ve istikamet kontrolü lazer ışığıyla sağlanmaktadır. Bu amaç için He-Ne (Helium-Neon) gazı lazerinden faydalanılmıştır. Çıkış çapı 4 mm olan lazer ışını 300 m. mesafede 10 mm. çapına eriştiğinden mesafe

uzadıkça ölçüm hassasiyeti azalmaktadır. Bu özelliğin etkisini azaltmak için lazer cihazı her 300 m'de bir ileri alınmıştır.

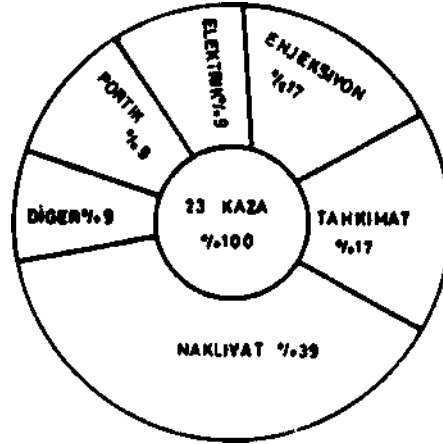
Tünel havalandırması her biri 7.5 kw gücünde 2 adet vantilatörle sağlanmıştır. Havalandırmada aynanın 1 m^2 'sine 18 nr/dak hava akımı öngörülmüş, 100 m tünel uzunluğunda 28 mm clva basınç kaybı kabul edilmiş ve 500 mm çaplı P.V.C'den yapılmış borular seçilmiştir. Makine yanıcı ve patlayıcı gazlara karşı otomatik alarmlı gaz dedektörü ile donatılmıştır.

ikinci kaplama işleri hariç kazı, ilk tahkimat ve enjeksiyon işlerinde toplam 17 kişi çalışmıştır.

5. Alınan Sonuçlar

5.1. İş Kazaları

Tünel yapımı sırasında ölümlerle sonuçlanan herhangi bir kaza vuku bulmamıştır, yalnız bir işçi vagonlar arasında sıkışarak yaralanmış ve malulen emekli olmuştur.



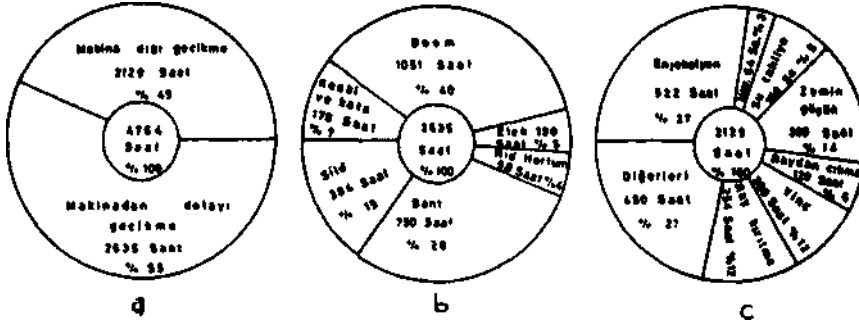
Şekil 2. Haliç Tünelinde tş Kazalarının Dağılımı

5.2. Keski Sarfiyatı

2640 m uzunluğundaki Haliç Tünelinde toplam 3634 adet KennaMetal marka kalem uçlu keski kullanılmıştır. Keski sarfiyatının başlıca iki sebebi vardır. Birincisi kayaçların sertlik ve aşındırıcılık özelliğinden kaynaklanırken, ikincisi makinenin kendi yapısından kaynaklanmıştır. Zira alt ve yan kazılarda özellikle fazla tozdan dolayı kesici kafa şildin on kısmına çarparak keskinin kırılması yanında şildin de yırtılmasına sebep olmuştur. Aşırı sökölme göz önüne alınmadığında toplam 20500 m³ yerinde kazı yapılarak ortalama keski sarfiyatı 0.17 adet/m³ olmuştur. Bunun kazı maliyetine getirdiği yük ise 2380 TL/m³'dür.

5.3- Makine Performansının İncelenmesi

Tünelin sürülmesi için sarf edilen 495 fiili iş gününde (11880 saat) makine toplam 4746 saat (% 40) servis dışı kalmıştır. Bu sürenin 2635 saati (% 55) makine arızasından dolayı ve 2129 saati ise makine dışı sebeplerden (%45) kaynaklanmıştır. Makine performansı ile ilgili bilgiler Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Makine Gecikme Sebeplerinin Dağılımı, a. Toplam
b. Makine ile ilgili c. Makine dışı

Aşağıdaki bağıntılardan performansı belirleyen, makine kullanılabilirlik süresi (A_{tc}), fiili kazı oranı (F_k), makine güvenilirliği (M_j) ve makineden faydalanma (M_j) gibi büyüklükler hesaplanmıştır (Cummins ve Given, 1982).

$$a) \text{ Kullanılabilirlik Süresi (A)} = \frac{\text{Çalışabilir Süre (Saat)}}{(\text{Takvim günleri-Tatiller}) \times 24} \times 100$$

$$A_{tc} = \frac{11880 - 2636}{495 \times 24} \times 100 = \% 78$$

(A r'Available time' karşılığı olarak kullanılmıştır.)

$$b. \text{ Fiili kazı oranı } (F_k) = \frac{\text{Fiili Çalışma Süresi (saat)}}{\text{Toplam Çalışmaya Hazır Süre}} \times 100$$

$$F_k = \frac{11880 - 4764 - 283}{11880 - 2635} \times 100 = \% 74$$

(283 saat, tünel boyunca ring başına 5 dakikalık ilerleme süresidir.)

c.

$$\text{Makine Güvenirliği } g = \frac{\text{Makinenin Çalışmaya Hazır Olmadığı Süre}}{\text{Fiili Çalışma Günü} \times 24} \times 100$$

$$M_g = \frac{2636}{11880} \times 100 = \% 22$$

$$d. \text{ Makineden Faydalanma } (M_f) = \frac{\text{Fiili Çalışma Süresi}}{\text{Toplam Çalışma Günleri}} \times 100$$

$$M_f = \frac{6833}{11880} \times 100 = \% 58$$

6. Geçilen Formasyonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Tünel güzergahı boyunca numuneler alınarak laboratuvarında çeşitli deneylere tabi tutulmuş ayrıca yerinde Schmidt çekici ve beton tabancası ile sertlik ölçümleri yapılmış, süreksizlikler tesbit edilerek aynanın ortalamama R.Q.D'si aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmıştır (Farmer, 1982).

$$R.Q.D. = 115 - 3.5 J_v$$

J aynanın 1 m 'ündeki çatlak sayısı olup J 4-5 için RQD=100 alınır. Gerek yerinde, gerekse laboratuvarında yapılan bütün deneylerin sonuçlarının burada verilmesi fazla zaman alacağından ancak tespit edilen sınır değerler verilmiş (Çizelge 3) ve yalnız kesme deneyi sonuçları detaylı olarak anlatılmıştır (Shahriar, 1988).

Çizelge 3. Deneylerle Tespit Edilen Bazı Sınır Değerler

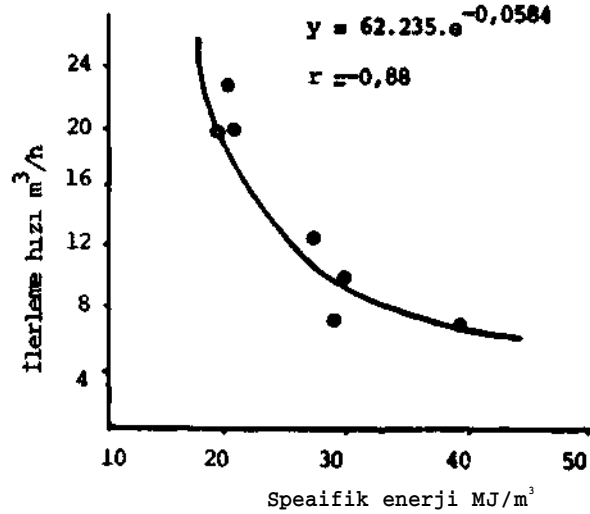
Yoğunluk	21.1-28.1 kN/m ³
Porosité	% 1.3-6.2
Kuvars Oranı	% 30-70
Kuvars Tane Ebadı	0 - 250 um (kuvars konglomerasıhariç)
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	116.1-53-78 MPa
Çekme Dayanımı	4.5-10.2 MPa
Ultrason Dalga Hızı	3292 - 5260 m/sn

Elastisite Modülü (Et)	8.8x10 ³ -78x10 ³ MPa
içsel Sürtünme Açısı	23° - 66°
Kohezyon	10 - 17.5 MPa
RQD	0 -100
Darbe Dayanım indeksi	% 81.93 - 88.6
Konik Delici indeksi	1.15 - 8.25
Spesifik Enerji	18.24 - 39.13 MJ/m ³
Nokta Yük İndeksi	0.91 - 7.18 MPa
Shore Sertlik Katsayısı	26 - 82
Schmidt Çekici	12 - 72
Çivi Batma Derinliği	0 - 15 cm
Makine ilerleme Hızı	2 - 25 m ³ /h

6.1. Laboratuvar Kesme Deneyleri Sonuçları

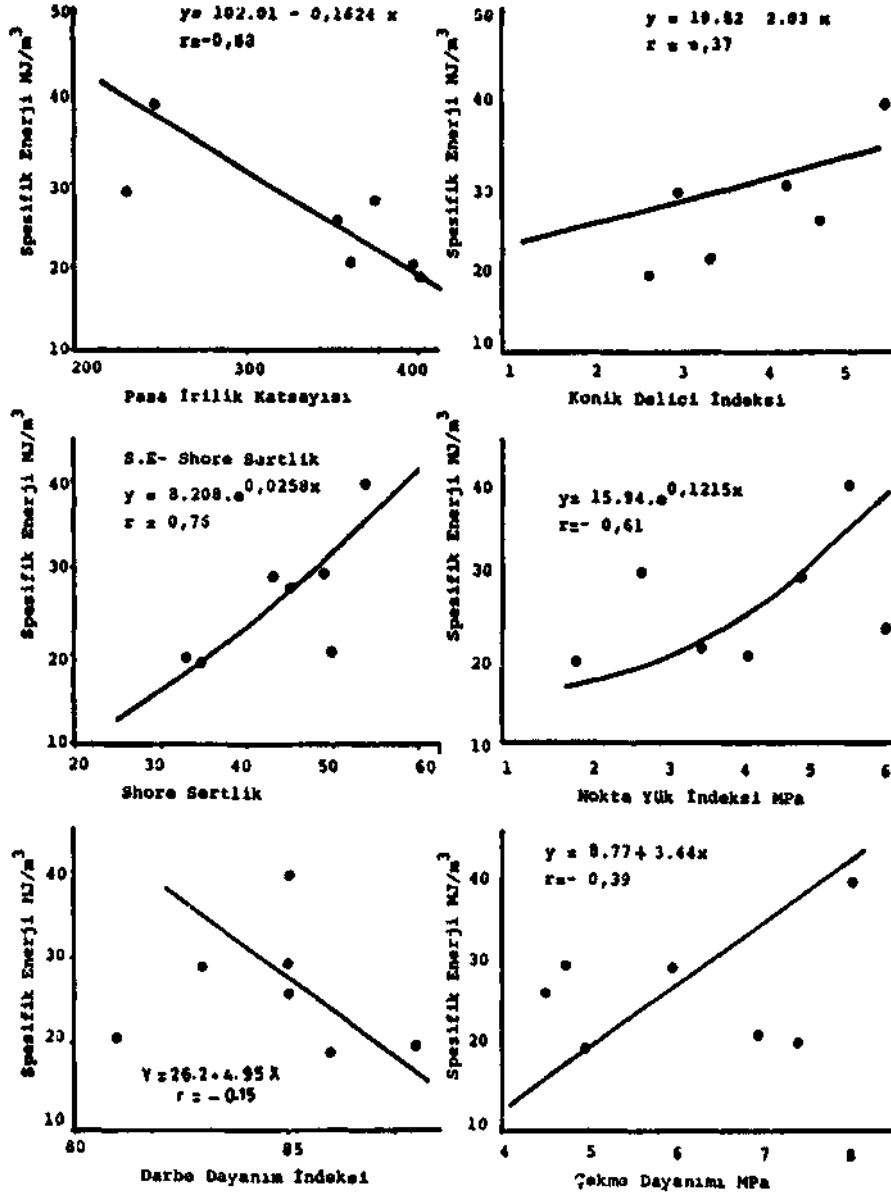
Tünel güzergahı boyunca alınan bazı blok numuneler üzerinde kesme deneyi yapılarak gerek yaş gerekse kuru numunelerin spesifik enerjileri (birim hacimdeki kayacı kazmak için gerekli enerji) MJ/m olarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4 ve Çizelge 5'de verilmiştir.

Tesbit edilen çeşitli kayaç özellikleri arasında spesifik enerji makine performansını en iyi yansıtmıştır. Makine ilerleme hızı ile spesifik enerji arasındaki ilişki Şekil A'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Spesifik Enerji ile Makine ilerleme Hızı ilişkisi

Ayrıca laboratuvarında tayin edilen spesifik enerji ile çeşitli kayaç özellikleri arasında ilişkiler incelenmiş ve sonuçlar toplu olarak Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Spesifik Enerji tie Çeşitli Kayaç özellikleri Arasındaki İllşki

Çizelge 4. Laboratuvar Kesme Deneyleri Sonuçları (Kuru Kesme)

Derey No	Nüme (m)	Fasa Ağır. gr.	Kesme Uzun. cm.	F_C^1 kN	F_C kN	F_N^1 kN	F_N kN	S.E. $\frac{Mj}{m^3}$
\	1879	42.9	21.5	4.331	2.584	4.166	2.530	32.246
2		62.8	23	4.442	2.473	4.947	2.768	22.543
3		47.3	22	4.335	2.881	4.003	3.208	33.3C5
4		56.5	20	5.372	3.323	4.815	3.425	29.289
1	Ortalama	52.37	21.63	4.62	2.815	4.452	2.688	23.1T"
	± S.S.	7.76	1.08	0.44	0.33	0.41	0.35	4.208
5	1887	90.9	20	3.139	2.163	3.042	2.389	12.802
6		88	23	3.289	2.281	2.543	1.473	16.037
7		49.2	21	3.284	2.098	2.365	1.423	24.087
8		68.3	24	3.581	2.121	2.670	1.567	20.049
2	Ortalama	74.1	22	3.323	2.166	2.67	1.713	18.244
	i S.S.	16.8	1.58	0.16	0.07	0.25	0.39	4.24
9	1934	32.5	13	2.907	2.357	2.988	2.41	22.438
10		42.1	17	3.315	2.071	3.179	2.047	19.903
11		56.5	16	4.760	3.146	4.093	2.577	21.203
12		68.6	18.5	5.031	3.131	3.432	2.746	20.096
13		54.2	18.5	4.734	2.824	3.844	2.597	22.941
3	Ortalama	50.78	16.6	4.149	2.706	3.507	2.475	21.31
	± S.S.	12.40	2.03	0.86	0.43	0.41	0.24	1.22
14	1996	60.9	22	4.432	2.409	3.985	3.271	22.974
15		57.8	22	4.077	2.386	4.040	2.850	23.995
16		56.8	20.5	4.885	2.352	4.630	2.736	22.410
17		34.1	15	2.813	2.306	3.78	1.190	26.779
4	Ortalama	52.4	19.87	4.052	2.363	3.961	2.512	26.779
	± S.S.	10.67	2.88	0.77	0.039	0.45	0.768	1.68
18	2054	63.6	18	5.029	2.620	5.461	3.076	20.836
19		82.1	22	4.992	2.514	5.916	4.200	18.930
20		51.1	17.5	4.941	2.327	6.399	4.592	22.393
5	Ortalama	65.6	19.17	4.987	2.487	5.925	3.956	20.719
	± S.S.	11.03	2.01	0.036	0.12	0.38	0.642	1.42
21	2077	56.2	25.5	5.877	4.062	4.97	3.302	52.34
22		48.2	23	4.107	2.48	4.411	2.448	33.608
23		42.1	23	3.803	2.566	4.189	2.857	39.812
24		52.8	17	5.890	3.366	5.737	3.235	30.778
6	Ortalama	49.82	22.12	4.919	3.118	4.826	2.961	39.134
	* S.S.	$\frac{S}{S}$	3.13	0.97	0.64	0.60	0.34	8.29
25		40.9	19	3.946	2.348	2.422	2.812	29.232
26	2176	41.1	16.5	3.810	2.524	3.748	3.004	27.156
27		50.2	20	3.800	2.625	3.269	2.015	28.028
7	Ortalama	44.07	18.7b	3.852	2.499	3.126	2.015	28.169"
	* S.S.	4.33	1.47	0.66'	0.114	0.544	0.428	0.77

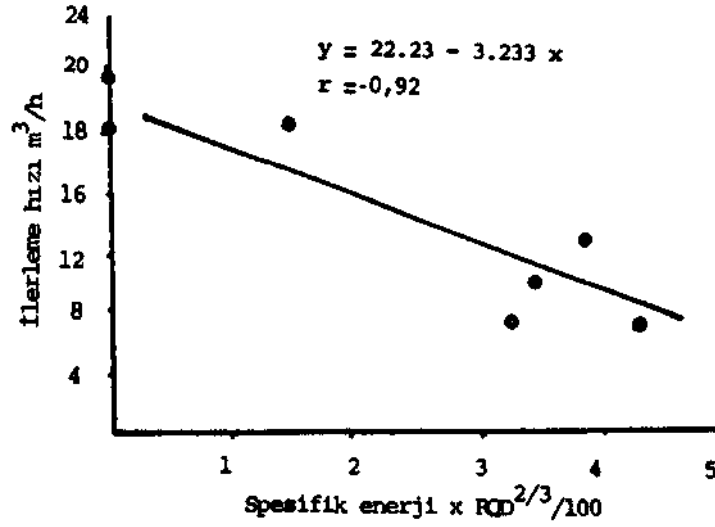
Çizelge 5. Laboratj k** - ı s Deneleri So**içları (Yaş Kesme)

Deney No	Numane (m)	Pası Ağırlığı, gr.	Kesme uzunluğu, cm	F _C ¹ kN	F _C kN	F _N ¹ kN	F _N kN	S.E MJ/m ³
1	j'i73	81.5	24	3.450	1.342	2.520	1.033	9.840
*		68.1	7i. 0	3.826	2.,/ >04	3.717	1.fcfl'i	jö. Vià
3		80.8	22.5	4.174	1.670	3.351	1.376	11.579
1	Ortalama ± S.S.	76.8 6.16	23.17 0.62	3.817 0.295	1.738 0.36	3.197 0.49	1.431 0.35	13.318 3.75
4	1934	36.6	18	3.537	1.893	2.815	1.184	22.216
5		27.1	14	3.556	2.002	3.210	1.921	24.590
6		43.8	17	3.924	2.472	3.101	1.729	22.840
7		35.3	11	4.634	2.601	3.401	1.856	19.290
2	Oi-ta3arra 4 s..«:	35.7 S.95	15 2.73	3.91 0.44	2.2« 0.30	3.401 0.21	18.55 0.29	22.223 5.90
«	2077	49.6	22	4.328	1.936	4.636	3.359	23.443
9		55.6	17	4.469	3.076	4.290	2.591	25.676
10		66.2	22	5.160	3.203	4.405	2.928	29.059
il		03	23	5.30	2.914	3.877	2.206	19.674
3	Ortalrfma + f. o	66.1 16.6?	21. 2.3	4.813 0.422	2.782 0.50	4.302 0.275	2.771 0.42	24.463 3.41
12	2176	46.6	19	3.251	1.966	2.392	1.323	21.482
13		57.3	20	3.975	2.3C3	3.703	2.16	22.291
14		55.3	20	3.825	2.414	4.271	2.149	23.398
15		63.4	20.5	3.765	2.417	3.592	2.368	20.945
4	OrUla-ru i S.S.	55.65 6.01	19.875 0.55	3.704 0.27	2.295 0.19	3.489 0.68	2 0.40	22.029 0.92

7. Makine Performansının İrdelenmesi

Çizelge 3, 4 ve 5'de verilen değerlere bakıldığında Haliç Tünelinae çalışan makine, kollu galeri açma makineleri için öngörülen kayaç sertliğinin üzerindeki sertliklerde başarı ile kazı yapabilmektedir (Fowel ve Johnson, 1982). Makine kazı hızı, diyabaz ve kuvars konglomerası hariç diğer formasyonlarda 2-25 m /h arasında değişim göstermiştir. Makinenin bu başarılı performansını başlıca 2 unsura bağlamak mümkündür. Bunlardan ilki şildli sistem diğeri ise geçilen formasyondaki süreksizliklerdir.

Şildli sistemin kazıdan bağımsız olarak tahkimat yapılmasına imkan sağlaması yanında, makine stabilizasyonuna önemli etkisi vardır. Zira bu sistemde kesici kol (boom) çok rijit iki kızak üzerinde hareket etmektedir. Rijit kızaklar kolun kesici kafaya ve dolayısıyla keskilere gerekli kuvveti aktarmasına ve kayaç sertliğinden dolayı oluşan tepkiyi karşılmasına imkan vermektedir. Bunun yanında çok sert formasyonlarda, zaman zaman şildin kendi eksenini etrafında döndüğü gözlenmiştir. Bu sorun daha sonraki makinelerde şildlerin üstüne tespit pistonu konularak çözülmüştür. Makine ilerleme hızına etki eden diğer önemli bir faktörde aynadaki süreksizlikler olmuştur. Bu süreksizlikler tahkimat işlerinde bazı problemler yaratmalarına karşın kazı işine önemli bir şekilde yardımcı olmuşlardır. Bu olayı incelemek için bir süreksizlik ölçüsü olan RQD ile S.E. (specific EnerjDnin çeşitli çarpanlarınının makine ilerleme hızı arasındaki korelasyonları araştırılmış ve en iyi korelasyon katsayısı 0.92 ile $S.E. \times RQD^2 / 3 / 100$ makine ilerleme hızı arasında elde edilmiştir. Yani daha önce Şekil 4'de gösterilen S.E. ile ilerleme hızı arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı, süreksizliklerde gözönüne alındığında 0.88'den 0.92'ye yükselmektedir (Şekil 6). Bu olay diğer bütün deney sonuçları içinde kullanılmış ve benzer sonuçlara varılmıştır.



Şekil 6. S.E. x RQD^{2/3}/100 - Makine ilerleme Hızı Arasındaki İlişki

8. SONUÇ

Galeri açma makinelerinin seçiminde makinenin yapısal özellikleri yanında geçilen formasyonun kazılabilirlik özellikleride önem arz etmektedir. Kazılabilirliği daha doğru bir şekilde tayin edebilmek için kayaç sertlik ve aşındırıcılığı yanında süreksizliklerinde gözönüne alınması gerekmektedir. Fakat süreksizlik sayısının çeşitli deney sonuçlarına etkisinin farklı olacağıda bilinmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesine yardımcı olan STFA sorumlularından Sayın Erol ADIGÜZEL, kontrol amiri Sayın Erdal ERDİNÇ'e ve jeoloji Yük. Müh. Sayın Turan SEYREK'e teşekkür etmeyi borç biliriz.

KAYNAKLAR

- BİLGİN.N., SEYREK.T., SHAHRİAR.K., İstanbul Eyüp Tünelinde Galeri Açma Makinesi ile Elde Edilen Sonuçlar ve Bunların Maden Mühendisliği Açısından önemi, Madencilik Dergisi, Sayfa 9-16, Haziran 1988.
- CUMMINS.B., GIVEN,A.I., SME Mining Engineering Handbook, AIME.1973
- TARMER,J., Engineering Behaviour of Rocks, Second edition, Chapman Hall, 1982.

- FOWEL.J.R., JOHNSON,T.S., Rock Classification and Assesment for Rapid Excavation.Proc.Strata Mechanics, pp. 241-244, University of New Ca tie Upon Tyn. Elsevier Pub. 1982.
- İSKİ, Haliç Tüneli Güzergahının Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Raporu, İ.T.Ü. Müh. Jeo. Kaya Mek. Çalışma Grubu, istanbul,1983.
- SAYAR,M., SAYAR,C, The Geology of The Area Within The Ancient Walls of İstanbul, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, 1962.
- SHAHRIAR.K., Kayaçların Kazılabilirlik ve Jeoteknik özelliklerinin Kollu Galeri Açma Makinelerinin Kazı Hızları üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1988.

