

TÜNEL AÇMA MAKİNELERİ (TBM)

(*) Muammer ÇINAR
(* *) Cenk FERİDUNOĞLU

I. Giriş

Madencilik ve inşaat sektöründe yeraltı yapılarının Önemi teknolojik gelişmelere paralel olarak gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle yerleşim merkezleri ve büyük şehirlerde elektrik, su, kanalizasyon, telefon, doğalgaz ve metro tünelleri gibi yapıların açılması sırasında, çevreye ve yer üstünde yapılara zarar vermemesi için kullanılacak kazı yönteminin seçimi son derece önemlidir. Her ne kadar ilk yatırım maliyeti yüksek olsa da tam cepheli tünellerin açma makineleri (TBM) tasman gibi istenilmeyen yeraltı hareketlerini önleme kabiliyeti, daha sessiz, titreşimsiz ve hızlı çalışması nedeniyle günümüzde tercih edilen kazı makineleri haline gelmiştir. Sert, orta sert, yumuşak ve akıcı formasyonlar için kullanılacak kafa dizaynları ve keski tipleri, makineyi dengeleme sistemleri, tahkimat sistemleri, çıkarılan paşayı taşıma sistemleri çeşitli yönlerden farklılıklar göstermektedir. Açılacak yeraltı boşluğu boyunca geçilecek formasyonların önceden tespiti, kullanılacak makinenin seçiminde en önemli faktörlerden biri olmaktadır.[1]

2. TBM Gelişim Süreci

Amerika'da ilk tünellerin açma makinesi Hoosac Tünelinde kullanılmıştır. Bu makine daire şeklinde döner bir kesme kafasına sahipti ve keski konantrik daireler çizerek kazı yapacak şekilde dizilmişlerdi. Tutunma mekanizması, itme (baskı) mekanizması ve paşa uzaklaştırma düzenleri vardı. Fakat, yıl 1856 idi ve ne metalürji ne de yapısal tasarım şekli makinenin sert kayalarda başarılı olarak çalışabileceği seviyede idi. Herman Haupt isimli meşhur inşaat mühendisi, bu makine ile 3 metrelik bir ilerleme yapmayı başarmıştı. [3]

TBM'in esasını oluşturan bu kavram, izleyen 100 yıl için güçsüz kalmış ve hiçbir gelişme gerçekleşmemiştir. Bazı keski ve kesme cihazları ile do-

(*) Maden Mühendisi Tmsa-Oztaş-Hazmedaroğlu- Simelko Ortaklığı
(* *) Maden Y Mühendisi İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü

natılmış TBM'ler yumuşak kayalar ve kömür damarlarında denenmek istenmiş fakat istenen sonuçlara ulaşamamıştır. James Robbins isimli mühendis 1956 yılında, kalem kesiciler yerine döner disklerin kullanılma fikrini ortaya atmıştır. Toronto'daki bir uygulamada günde 38 m'lik ilerleme gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama, TBM'lerin yumuşak ve orta sert kayalarda ekonomik olarak kullanılabilmesinin ilk göstergesi olmuştur. [3]

Toronto'daki uygulamayı izleyen 26 yıl boyunca teknoloji oldukça yavaş ilerlemiştir. TBM yapımcıları dene gör politikası izleyerek makinelerin daha sert ve aşındırıcı kayalarda kullanılmasını sağlamaya çalışmışlardır. 1970'lerin sonu ve 1980'li yılların başlarında Amerika ve Avrupa'da birçok üniversite ve araştırma kurumu disk kesicilerin sert kayalardaki performansının fizik prensiplerini anlamak üzere çok sayıda araştırma yapmışlardır. Benzer şekilde, yumuşak arazideki tünel teknolojisi de, Times nehri 1824 - 1840 yılları arasında geçtiği meşhur Brunei şildinden başlı-yarak, gelişim göstermiştir. Brunei'in tasarımları 1864'de dairevi şilt patenti alan Peter Parlow tarafından geliştirildi. Bu şilt içine yerleştirilen astar segmentlerin itilmesi suretiyle baskı oluşturulması ve ön tarafında çamur (pasa) akışını ve uzaklaştırılışını temin edecek açıklığa sahipti. Bu şildin bir benzeri ile 1869'da Times nehri bir yılda geçilmiştir.

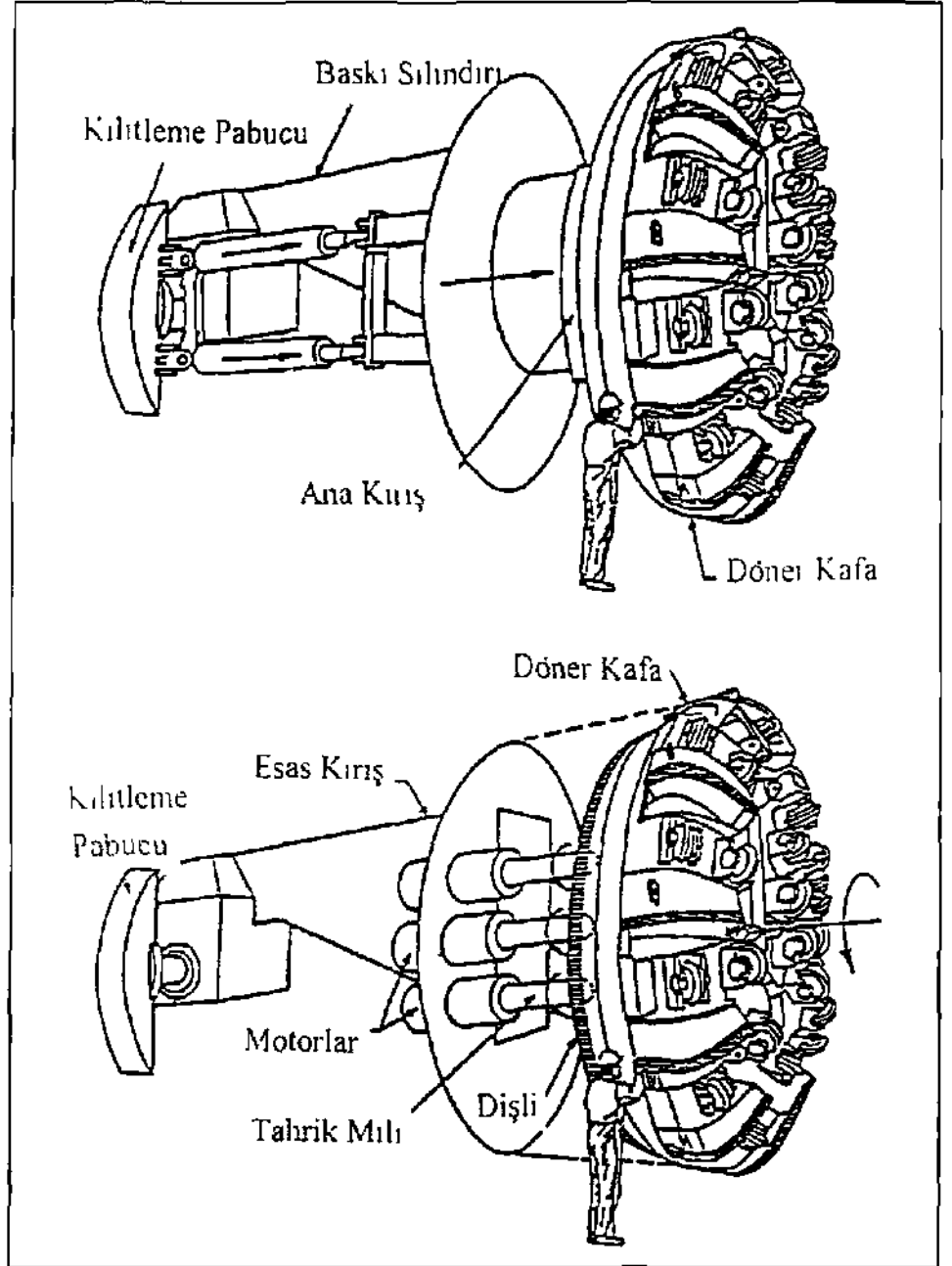
Bu makine, Arazi Basınç Dengeleme Makinesinin (EPB) ilk tipini teşkil etmektedir. EPB ve biraz daha karmaşık yapılı çamur basınçlı makineler kavram olarak esasta Avrupa'dan çıkmışsa da , asıl gelişmesini Japonya'da yapmıştır. Japonlar yeraltında yaptıkları nakliye ağını genişletirken, 1960'lardan 1980'lere doğru, bu tür şiltlerden yüzlerce ürettiği.

3. TBM Genel Özellikleri

TBM lerin yapısal özellikleri olarak kesici kafa, itme silindirleri, yönlendirme silindirleri, kilitleme pabuçları (gripper), kesici kafayı döndüren motorlar ve beton tahkimat elemanlarını yerleştiren erektorler sayılabilir. TBM arkasında bulunan back-up sistemler olarak adlandırılan kısımda ise hidrolik güç üniteleri, elektrik trafoları, tavan cıvataları için bir delici, havalandırma fanları, pasa nakliyatı için bant konveyörler, vagonlar bulunmaktadır. Şekil 1. TBM bastırma ve tork sistemleri şematik olarak gösterilmiştir.

4. TBM Sınıflandırılması

TBM'ler genel olarak çalıştıkları formasyonlara göre sınıflandırılır. Genel anlamda sert kaya ve yumuşak formasyonlar olmak üzere iki ana grup mevcuttur. Sertten, yumuşak formasyona doğru gidildikçe TBM yapısal özellikleri de önemli ölçüde değişim gösterir. Çizelge 1 de çalışılan formasyonlara göre TBM sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 1. TBM bastırma ve tok sistemleri

	Yumuşak Zemin	Sert Kaya
EPB Şilt		
Çamur Şilti		
EPB Şilt (Yüksek Yoğunluklu çamur)		
Çamur Şildi (Disk Keskiyle)		
Şiltli TBM		
Şiltsiz TBM		
	Homojen Yumuşak Sert	Kompleks Kompleks Homojen Yumuşak Sert

Çizelge 2. TBM Sınıflandı) il ması [2]

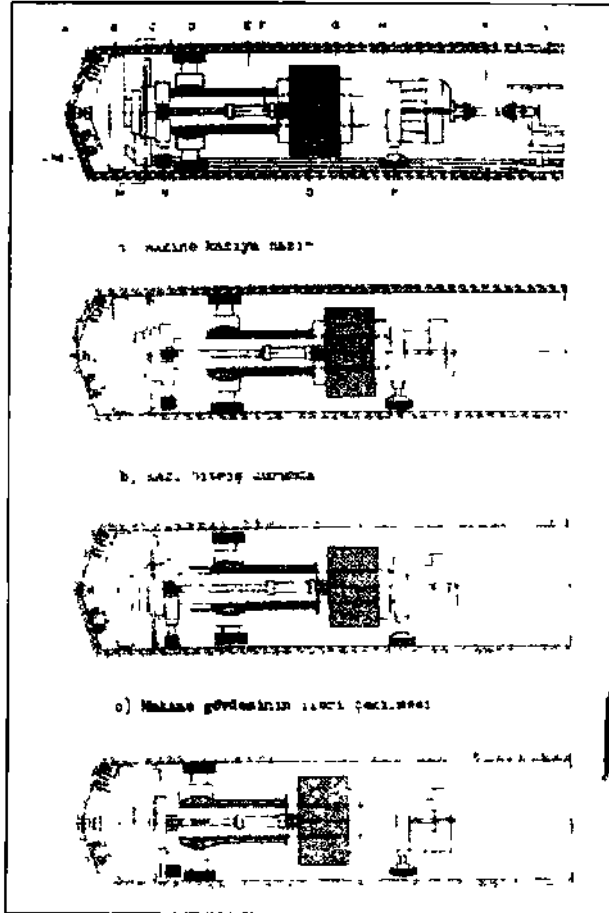
5. TBM Tipleri

150 yıllık bir gelişmeden sonra TBM'ler her türlü tünel şartında mekanik kazının yapılabilirdiği bir noktaya gelmiştir. Eskiden sadece delme-patlatma ile açılacak formasyonlar bile artık TBM le kullanılarak açılabilir. Tam cephe tünel açma makineleri aynayı tamamen keski ile kavrar ve kazı yapar. Kazma işleminin gerçekleşmesi için iki önemli kuvvet vardır. Kesici kafanın aynaya doğru itilmesi ve bu ile itilme sırasında kafanın dönmeye başlaması kazı olayını gerçekleştirir. Aynadan kazılan malzeme kesici kafa üzerinde bulunan kanatçıklar tarafından kesici kafa arkasındaki hazneye aktarılır. Hazne içerisinde bulunan konveyör çıkan paşanın nakliyatını yapar. Aynanın kesici kafa tarafından tamamen kapatılması aynaya yavaşmayı engeller. Bu yüzden keskinin değiştirilmesi zordur. Kimi durumlarda kesici kafanın onune bir işçi geçerek keski kontrol edebilir. Yeni geliştirilen modellerde keski kesici kafanın içinden değiştirilebilmekte böylece aynaya geçmeye gerek kalmaz ve çalışma güvenliği tehlikeye atılmamış olur.

Çalışacakları formasyona göre kesici kafa dizaynları ve kullanılan kesiciler değişmektedir. Genel olarak yumuşak formasyonlarda ripper dişler, kalem kesiciler kullanılır. Kompleks zeminlerde ise kesici kafa hem ripperler hem de disk kesicilerden oluşur. Disk kesiciler olası sert damarları ve kayaları kesmek için kesici kafaya yerleştirilmiştir. Sert zeminlerde ise kesici kafa da sadece disk kesiciler bulunur. Lovat firmasının ürettiği TBM'lerde kesiciler kesici kafanın arkasından değiştirilebilmektedir böylece arına geçmek gibi tehlikeli bir iş ortadan kalkmış olur. [5]

5.1 Sert Kayaç Tünel Açma Makineleri (TBM)

a-) Şiltsiz TBM : Sert ve kendini tutabilen formasyonlarda kullanılırlar. TBM arkasından tavan civataları veya dairevi tahkimat yapılır. Şekil 2 de Şiltsiz bir TBM in çalışması gösterilmiştir



Şekil 2. Şiltsiz TBM Çalışma Şekli [4]

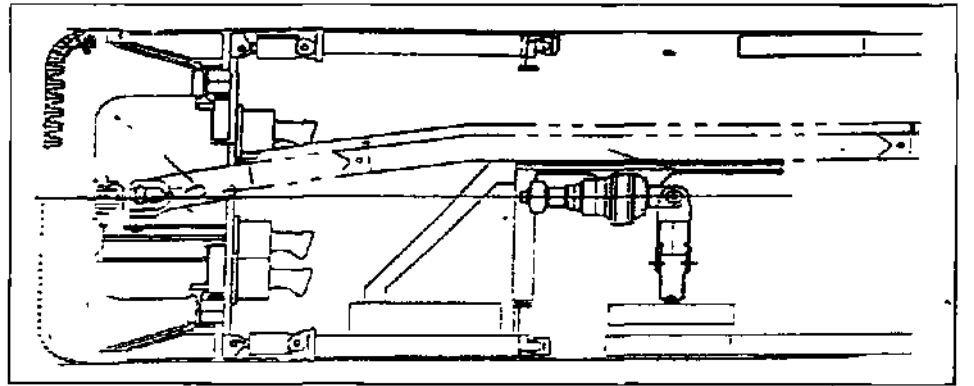
Şekil 2 de, hidrolik itme düzeni olan bir Tam Kesit makinesinin ilerleme prensibi görülmektedir. Şekil 2a da makine delmeye hazır durumdadır. Makine, önündeki (D) ve arkasındaki (G) tespit donanımları vasıtasıyla, dairevi olan kesitin yüzeylerine karşı, kaymayı önlemek için emniyetli bir şekilde gerdirilmiştir. Kazı yapılacağı zaman yan taraftaki N ve P tespitleri gevşetilerek galeri yüzeyi ile temasları kesilir.

Dönmekte olan B kesme kafası üzerindeki A döner kesikleri F itme silindiri vasıtasıyla arına karşı bastırılırlar. Kayaç kazılarak F itme silindirinin en ileri durumuna ulaştığı bir pozisyona kadar ilerlenildiği zaman makine durdurulur (Şekil 2b). Bu şekilde silindirin piston yolu (strok) uzunluğu kadar bir kazı yapılmış olmaktadır. Şimdi yandaki N ve P tespitleri galeri yan duvarına karşı gerdirilirler. Böylece makine, Şekil 2c'de görüldüğü gibi, E ileri kayma bölmesinin F itme silindiri yardımıyla ileri itilmesi anında kendi pozisyonunda tutulmuş olmaktadır. Bu ilerleme işleri son bulduğunda tespitler tekrar gerdirilip destekler çözülür ve makine, bir sonraki ilerlemeye devam edecek şekilde artık yeniden kazıya hazır duruma getirilir (Şekil 2d).

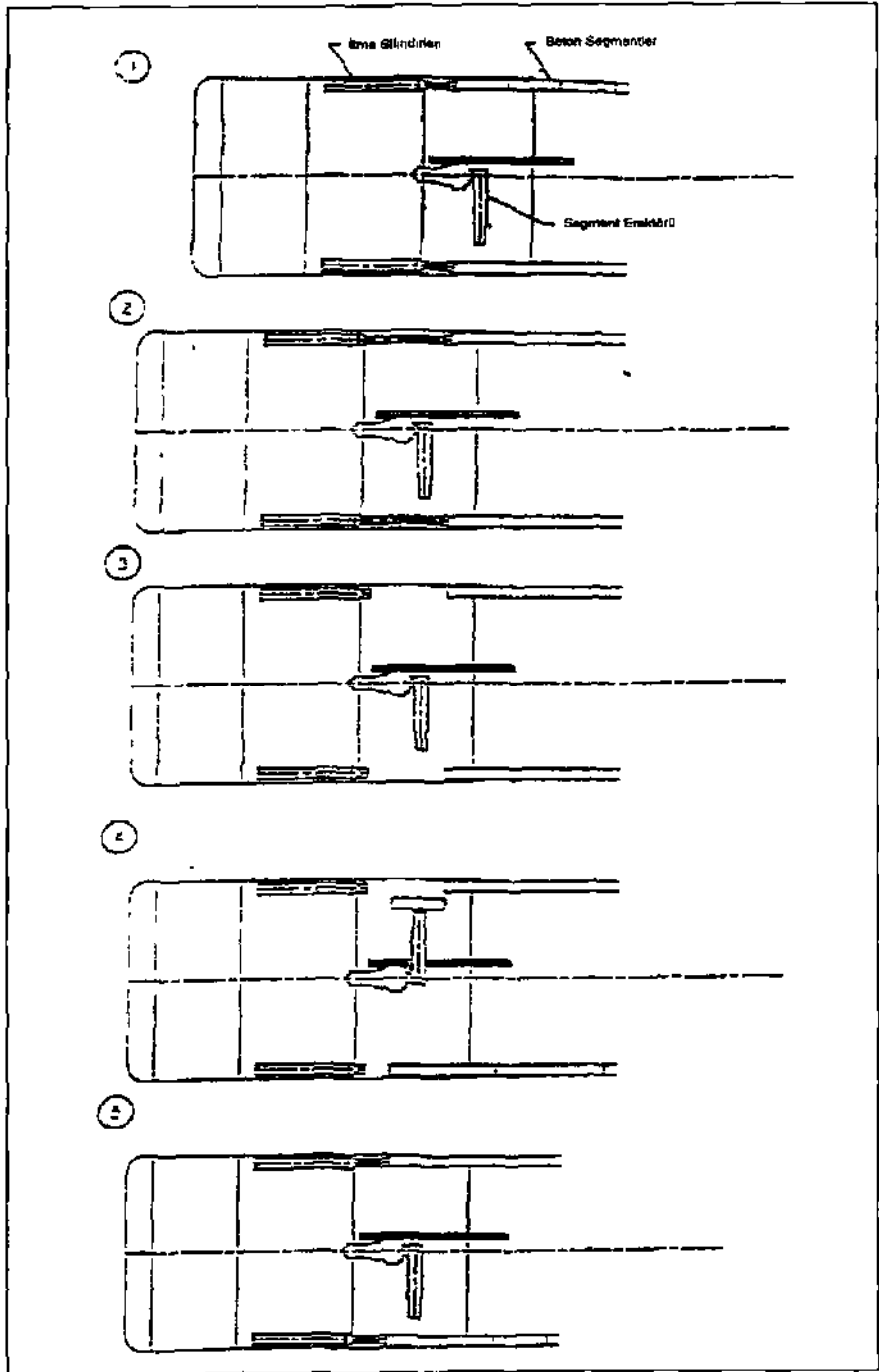
b-) Tek Şiltli TBM : Tam daire şeklinde komple bir şilt mevcuttur. Tek şiltli TBM'ler yumuşak zeminlerde, kompleks zeminlerde ve kaya içerisinde açılacak tünellerde kullanılabilirler. Tahkimat olarak beton segmentler kullanılır. Şekil 3 de tipik bir tek şiltli TBM görülmektedir.

Şekil 3. Tipik bir tek şiltli TBM

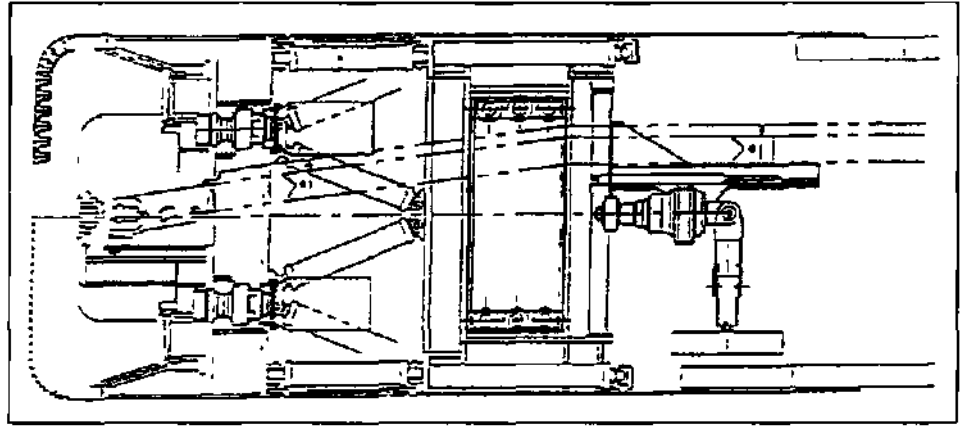
TBM in önemli parçaları olarak kesici kafa, kesici kafayı döndüren motorlar, itme silindirleri, kazılan malzemeyi taşıyan bant konveyör ve beton segmentleri yerleştiren erektör sayılabilir. Şekil 4 de 1 durumunda TBM kazı için hazır durumdadır. İtme silindirleri beton segmentlere dayanarak kesici kafayı aynaya doğru iter ve kafa dönmeye başlar. 2 durumunda itme



Şekil 4. Tek Şiltli TBM Çalışma Düzeni f6]



silindirleri tamamen açılmıştır, kesici kafa dönüşü de durdurulmuştur. Kazı işlemi bitmiştir. 3 durumunda itme silindirleri kapatılır böylece erektörün beton segmentleri yerleştirebilmesi için açıklık sağlanmış olur. 4 durumunda erektör segmentleri yerleştirir. Segmentler cıvata ile birbirlerine ve bir önceki segmentlere sabitlenir. Segmentler yerleştirildikten sonra kilit taşı yerleştirilir. Segmentlerin ortasında bulunan deliklerden aynı anda beton enjekte edilerek tahkimat işlemleri bitirilir. 5 durumunda itme silindirleri segmentlere dayanmıştır ve TBM kazı için hazır duruma gelmiştir.



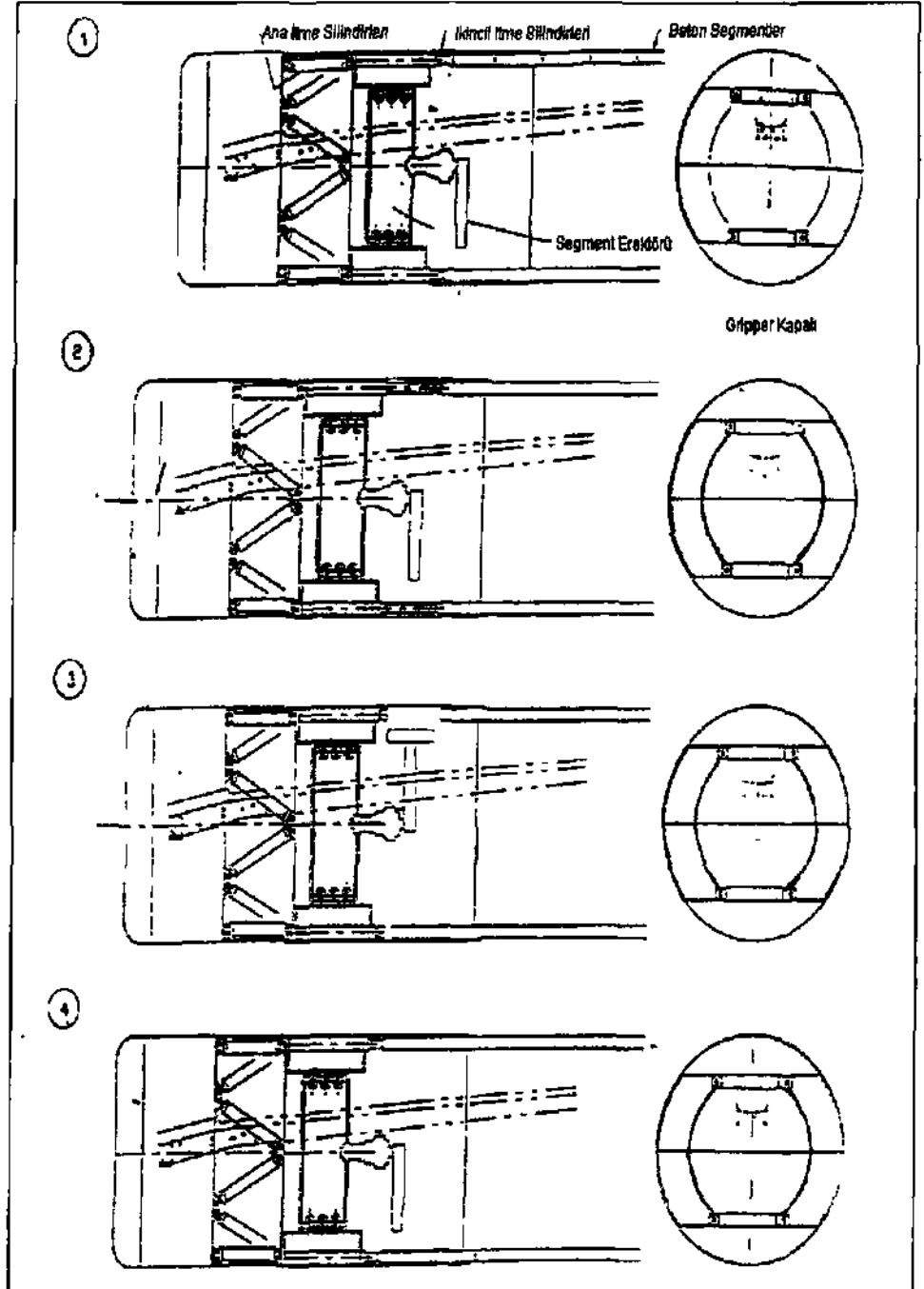
Şekil 5. Tipik Bir Çift Şiltli TBM [6]

c-) Çift Şiltli TBM : Bu makine 2 türlü çalışabilmektedir. Yukarıda anlatıldığı gibi tek şiltli olarak veya teleskopik olarak ana şildin içinde uzanabilen kuyruk tarafındaki ikinci şiltli bir kavrayıcılar (gripper) düzeniyle kullanmak mümkündür. Bu tür yapının avantajı sabit kuyruk şildinde kaplama işi ile, kavrayıcıları iterek yapılacak delme işlerinin aynı anda gerçekleştirilmesine imkan sağlayan iyi arazi şartlarında çalışıldığı zaman ortaya çıkar. Bu makineler sert ve kompleks zeminlerde kullanılabilir. Şekil 5 de tipik bir çift şiltli TBM görülmektedir.

Çift şiltli TBM'lerin gelişmesi 1980'li yıllarda olmuştur. Ön şilt kepçe tasarımı geliştirilmiş, keski ve kepeçler kırıklı arazide çalışırken görebilecekleri hasara karşı korunmuşlardır. 7-14 Mpa dayanımlı yumuşak tüflerde geniş aralıklı disk keski kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.[12]

Çift şiltli TBM in çalışma düzenlen şekil 6 ve 7 de gösterilmiştir.

Şekil 6 da 1 durumunda TBM kazı için hazırdır ve gripper kapalı durumdadır. Çift şiltli TBM m bu şekilde kullanımında gripper ve ana itme silindirleri kullanılmaz. İkincil itme silindire belon segmentlere dayanarak kesici kalayı aynaya doğru iter ve kafa dönme başlar 2 durumunda kazı bitmiştir



Şekil 6. Çift Şilt'li TBM'ı/ı Tek Şilt Gibi Çalışma Düzeni [6f

Şekil 7 de 1 durumunda TBM kazı için hazırdır. Gripper açılmış ve TBM sabitlenmiştir. Ana itme silindirleri kesici kafayı aynaya doğru iter ve kesici kafa dönmeye başlar. 2 durumunda TBM kazı yaparken erektör beton segmentleri yerleştirir. 3 durumunda ana itme silindirleri tam olarak açılmış ve kazı bitmiştir. Gripper kapatılır ve ikincil itme silindirleri segmentlere dayanarak gripper şildini kapatırlar. Böylece TBM 4 durumuna yani kazı için hazır konuma gelir. Bu çalışma düzeninin en büyük avantajı kazı yapılırken aynı anda segmentlerin yerleştirilebilmesidir, Bu şekilde zamandan tasarruf edilir ve daha verimli çalışmak mümkün olur.

5.2 Yumuşak Zemin Tünel Açma Makineleri

a-) Arazi Dengeleme Makineleri (EPB)

Arazi basıncını dengeleme esasına göre çalışan EPB makineleri ilk olarak Japonya'da 1960-70'li yıllarda görülmeye başlamıştır (Maidle, 1996). Yapışkan olmayan ortamlarda ve yeraltı su seviyesi altında bulunan zeminlerde ilerlemeler sırasında stabilité kaybı kaçınılmazdır. Genellikle bu gibi alanlarda ve kendini kısa süreli bile tutamayan kayaçların kazısında bu makineden faydalanılır. Temel çalışma prensibi su getirini veya arazi akmasını kontrol etmek amacıyla ayna boşluğunun kapalı bir hacim haline getirilerek basınç altında tutulması, "bizzat arazi ve içindeki su basıncı etkisiyle, kesme kafası ve ayna boşluğunda doğal bir basıncın oluşmasına imkan verilmesi" diye tanımlanabilir (Friant, 1994). Bir başka deyişle amaç kazılan malzemenin kesici kafa haznesini doldurması ve tüm yüzeyi desteklemesidir. Bu destekleme basıncının tünel kalınlığındaki doğal arazi basıncını karşılayacak bir değerde ayarlanması gerekir. Bu makineler 10 bara (1 MPa) kadar ulaşan basınç altında çalışabilecek şekilde yapılabilirler. En iyi çalışma koşulları arazi nemlilik oranının % 10-15 veya daha az olduğu durumlardır.

EPB makinesi çok sert kayaçlardan (diskli) çok yumuşak olanlarına (kalem kesikli) kadar, değişik kayaç ve zemin formasyonlarında kullanılmak üzere tasarımılandırılabilirler. Çalışmalarındaki basitlik ve uygulama alanlarının genişliğinden dolayı, giderek çamur makinelerin (slurry machines) yerlerini almaktadırlar.

Bir EPB makinesinde kazılan malzeme bir vida konveyör vasıtası ile kesici kafa haznesinden çıkarılır. Kazı bölgesindeki arazi basıncı azalmalarını ve bu yüzden oluşacak oturmaları engellemek için malzeme aktarımının kontrollü bir şekilde yapılması gereklidir. Bu yüzden vida konveyörün hızı malzeme çıkış hızının kontrol etmek için ayarlanabilir. İstenilen bir şekilde vida hızı ayarlaması bilgisayarlı bir monitörden izleme sistemiyle yapılabilir. Dengeli ve güvenli bir kazı yapabilmek için malzeme çıkış hızının makine ilerleme hızına eşit olması gerekir, Böylece zemin oturmalarına yo! açabilecek

fazla malzeme çıkışına izin verilmez. Eğer ortamda bulunan suyun basıncı atmosfer basıncının üzerine çok fazla çıkarsa bazı basınç kilitleri gerekli olabilir. Basınç kilitleri vidanın bir yanından diğerine doğru bir patlamayı önlemek için gereklidir ve vidanın çıkış kapısında konumlandırılır.

EPB makinelerinde diğer metotların aksine ikincil bir destekleme metodu kullanılmaz (sıkıştırılmış hava, süspansiyon). Akıcı formasyon döner kafadaki kesimler tarafından kazılır. İttirme kuvveti aynaya kazı haznesinin doldurulmasıyla meydana getirilen basınç duvarı yoluyla transfer edilir. Böylece kazı bölgesinde kontrolden çıkmış bir şekilde malzeme akışı engellenmiş olur. Kazı bölgesindeki formasyon uygulanan itirme kuvveti nedeniyle daha fazla yük alamadığı anda denge sağlanmış olacaktır. Formasyonu destekleme basıncı, sağlanan dengenin üzerine çıkarılırsa kazı bölgesindeki akıcı formasyon çok daha sağlam bir hale gelecektir. Eğer açılan tünel yeryüzüne yakınsa çok fazla uygulanan itirme basıncı sebebiyle kabarmalar meydana gelebilir.

Tünel boyunca taşıma, bant konveyörlerle, vagonlarla, damperli kamyonlarla ya da borular içerisine taşınmayı kolaylaştıran bir katkı maddesi eklendikten sonra katı taşıma pompaları yardımıyla yapılabilir.

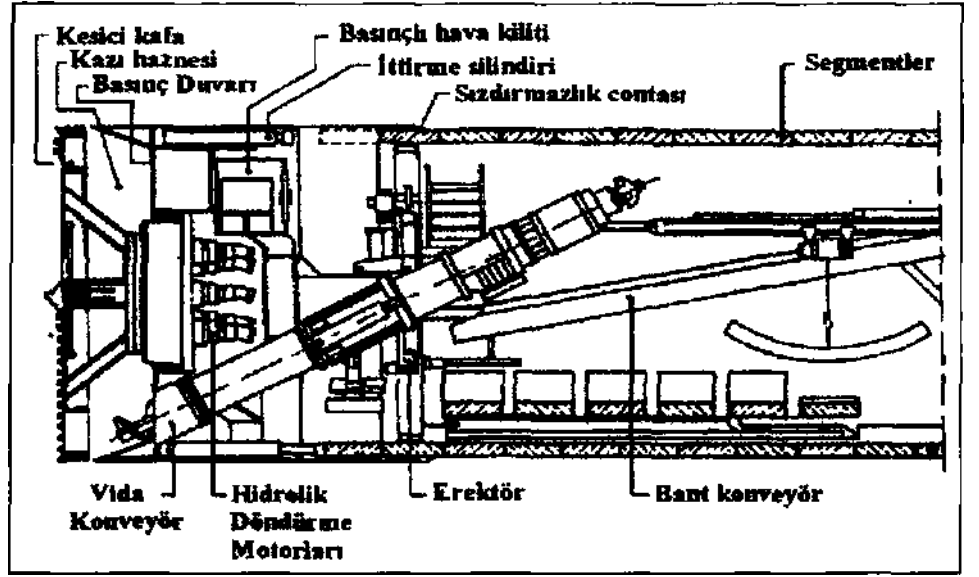
EPB çalışma prensiplerine bağlı olarak çeşitli isimler alır: Malzeme Hapsedici Şiltleri (Soil Confinement Shields), Su Basıncını Destekleme Şiltleri (Water Pressure Balance Shields), Yüksek Yoğunluktaki Çamur Şiltleri (High Density Slurry Shields) ve Çamur Şiltleri (Mud Shields).

Eğer malzeme destekleme basıncını sağlayabilecek durumda ve vida konveyörle taşınacak kıvamda değilse çeşitli kıvamlaştırmacı katkı maddeleri eklemek gerekebilir. Standart durumda, çeşitli katkı maddeleri kayaca ya da kazı aynasında iken direkt olarak ya da kesici kafa haznesine alındıktan sonra enjekte edilir fakat verimlilik açısından en iyisi birinci seçenektir. Bu maddeler 3 amaç için malzemeye enjekte edilir:

- Malzemenin akışkanlığını artırarak kesici kafa ve vida konveyörden geçişim kolaylaştırmak,
- Kesici kafadaki herhangi bir boşluğu doldurmak ve stabiliteyi sağlamak,
- Kazılan kaya eğer geçirgense su fişkirmasını önleyen hemen hemen sızdırmaz bir engel oluşturmak.

EPB makinesinin kazı anında çalışma aşamaları da şu şekilde gerçekleşmektedir: Şekil 8'de elemanları görülen bir EPB makinesinde öncelikle kesici kafanın döndürme motorları ile döndürülmesi ve kesici kafaya itirme silindirleri ile araziye destekleyecek kadar ya da biraz daha fazla kuvvet verilmesiyle akıcı alüvyal zemin kazı haznesine dolmaya başlar. Kazı haznesi tamamen dolduktan sonra istenilen destekleme ortamı yaratılır ve kazılan

malzeme vida konveyör yardımıyla normal basınçtaki bölgeye alınmaya başlanır. Burada vida konveyörün en önemli görevi aynada oluşturulan basıncın kademeli olarak düşürülmesi ve normal basınca indirilerek düzenli bir malzeme çıkışının sağlanmasıdır. Vida konveyörün çıkış kapısından bant konveyöre boşalan malzeme kuyruk bölümde bekleyen vagonlara ulaşır ve buradan da kuyu ağzına taşınır.



Şekil 8. EPB Şilti Kesit Görünümü [1]

Eğer kazı sırasında istenilen miktarda malzeme geliri olmuyorsa yani malzeme yerine-su geliyor veya zeminin fazlasıyla kuru olması nedeniyle vida konveyörden malzeme geçişi mümkün olmuyorsa, kazı aynasına doğru malzemeyi daha kaygan yapan ve böylece su geçişini engelleyen bir katkı madde enjekte edilmesi gerekebilir. Kazı ilerlerken şildin tam arkasına taşıyıcı raylarla getirilen beton segmentler erektörler yardımıyla yerleştirilirler. Bu arada segmentler ve zemin arasında kalan boşluklar beton- bentonit karışımı ile doldurularak kapatılırlar.[1]

b-) Çamur Şildi (Slurry Machine)

Bu tip şiltler, arazinin çok akıcı olduğu veya tünel güzergahı boyunca böyle akıcı formasyonlara da rastlanabileceği durumlar için yapılmışlardır. Makine, değişken devirli tam cephe kesme kafasına sahip, astarlara dayanarak itmek suretiyle kuvvet oluşturan tam bir şilt tasarımıdır. Genel olarak kalem kesimler kullanılmakla bu likte bazen disk kesimlerle kombinezon da

yapılabilmektedir. Diskler kalem keskilere nazaran biraz daha öne çıkmış vaziyette olurlar. Böylece, büyük bloklara rastlandığında disklerin onları parçalaması ve kalem keskilerin kırılması önlenmiş olmaktadır.

Makine kalem keskili tam cephe şilt tipinden "daima basınç altındaki kafa ile çalışıyor" olma özelliğiyle anılmaktadır. Akıcı çamur, (genellikle, bentonit) ayna ile kesme kafası arasındaki boşluğa pompalanmaktadır. Bu sıvı, aynadan sıyrılarak kazılıp çıkarılan malzeme ile katışmakta ve bu karışım bir çamur pompası ile geri tarafa alınıp yeryüzüne pompalanmaktadır. Yeryüzünde süzülüp temizlenen sıvı, yeniden devreye sokularak kullanılmaktadır.

Bu makine Japonya'da ve Batı Avrupa'da göçmeyi Önlemek için kazı aynasını basınç altında tutmanın gerekli olduğu şartlarda geniş çapta kullanılmaktadır. Çalışma esnasında dikkat edilecek başlıca hususlar:

1- Aynaya gereğinden fazla basınç vermemek (bu durumda yeryüzünde kubbeler oluşabilir),

2- Yeryüzüne ulaşacak şekilde baca oluşmasını önlemek için. kazılan malzeme miktarını dikkatle ölçmek.

Bu tip makineler derinliği az olan yerlerde kullanılmakta olup, uygulanan basınç değeri 3 bar mertebesindedir.

6. Uygulama Örnekleri

6.1 TBM Uygulamaları

a-) Tarabya Atıksu Tünel ve Kollektörleri Projesi

İstanbul Boğazı Avrupa yakasının Rumeli Hisarı - Rumelikavağı arasındaki bölümde denize akarak çevre kirliliğine sebep olan atık sular sahil toplayıcı boru hatları vasıtası ile toplanarak branşman tüneli saftlarına getirilecek ve buradan Sarıyer Tüneli ile hali hazırda arıtma faaliyetlerini sürdürmekte olan Baltalimanı, Atıksu Ön Tasfiye Tesislerine aktarılacaktır. Bunun neticesinde ; Rumeli Hisan, Baltalimanı, Reşitpaşa, Emirgan , İstinye, Yeniköy, Tarabya, Kireçbümü, Çayırbaşı, Büyükdere, Sanyer Merkez , Rumelikavağı dahil olmak üzere bütün Avrupa yakası sahillerinin temiz tutulması sağlanacaktır. Müteahhit Firma Tinsa-Öztaş-Hazinedaroğlu-Simelko Adi Ortaklığıdır. Tünel İstanbul bölgesinin en sert kireç taşlarından oluşan boğaz bölgesinde açılmaktadır. Derinliği 13,00- 24,00 metre arasında değişmekte olup. Tünelin kazı çapı 2,92m beton kaplı nihai çapı 2,00 m ve toplam uzunluğu 8750 m dır. Tünel Herrenknecht firmasının imali tam cephe kazı makinesi (TBM) ile açılmaktadır. Çizelge 2. de TBM özellikleri ve çizelge 3. de TBM performansı verilmiştir

Çizelge 2. Herrenknecht TBM Özelliklen

Kazı Çapı	2,92 m
Bitmiş Tünel Çapı	2,00m
Toplam TBM Uzunluğu	65 m
Toplam Ağırlık	100 ton
Disk Keski Sayısı	20 adet
Maksimum Kazı Hızı	100mm/dak
Kafa Dönüş Devri	16dev/dak
Tork	725 kNm
Bant Konveyör Kapasitesi	110 ton/saat
Bant ileTaşınabilecek Tane Boyutu	0-150 mm
Bant Konveyör Uzunluğu	52 m
Toplam Kuvvet	3540 kN
Toplam Kurulu Güç	620 kW

Çizelge 3. TBM'in Ballahmam-Tarabya Arası Performansı

Başlama Tarihi	26-06-2000
Bitiş Tarihi	Devam Ediyor
Tünel Uzunluğu (Biten Kısım)	5818m
TBM Çapı	2,92 m
Bitmiş Durumda Tünel Çapı	2,00 m
Ortalama Makineden Faydalanma	35 %
Ortalama Net Kazı Hızı	65 m3/gün
En İyi Günlük İlerleme	24,75m/gün
Ortalama Günlük İlerleme	9,63m/gün
En İyi Haftalık İlerleme	144 m/hafta
Ortalama Haftalık İlerleme	80 m/hafta
En İyi Aylık İlerleme	594 m/gün
Ortalama Aylık İlerleme	250 m/Ay
Keski Sarfiyatı	111,34mV keski

b-) Tuzla-Dragos Atık Su Tünel Projesi

Tuzla-Dragos atık su tünel projesi İstanbul un Asya bölgesinde yüksek yerleşim yoğunluğu olan bir bölgede yer almaktadır. Tünelin bitmiş çapı 4,5 m ve toplam uzunluğu 6490 m dir. Tüneli STFA şirketi açmıştır. X1-X3 ve K1 kuyuları arasında kalan , şist ve kireçtaşı formasyonlarının ağırlıkta olduğu ve uzunluğu 1670 m, derinliği 6-17 metre arasında değişen kısım 5 m çapa sahip Robbins marka 165-162 model bir TBM kullanılarak açılmıştır. Çizelge 4. de TBM özellikleri ve çizelge 5. de TBM performansı verilmiştir.

Makine Çapı	5,0
Keski Sayısı	36
Kesici Kafa Dönüş Hızı	6 devir/dak
Normal itme Kuvveti	471 ton
Maksimum İtme Kuvveti	785 ton
Kesici Kafa Gücü	600 HP
Çeşitli pompaların Gücü	285 HP
Bant Konveyör Kapasitesi	476m ³ /h
Elektrik Transformatörü	1000/380 V-50 Hz.

Çizelge 4. Robbins İ6S-1621E 1080 TBM Özelliklen

Başlama Tarihi	6 Ekim 1997
Bitiş Tarihi	31 Haziran 1998
Tünel Uzunluğu	1600 m
TBM Çapı	5,0 m
Bitmiş Durumda Tünel Çapı	4,5 m
Ortalama Makineden Faydalanma	10 %
Sağlam Kayada Makineden Faydalanma	35 %
Ortalama Net Kazı Hızı	50 m ³ /gün
En İyi Günlük İlerleme	15,2 m/gün
Ortalama Günlük İlerleme	6,2 m/gün
En İyi Haftalık ilerleme	69 m/gün

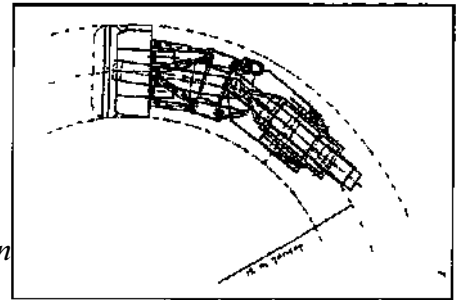
Ortalama Haftalık İlerleme	33 m/gün	
En İyi Aylık İlerleme	253 m/gün	
Ortalama Aylık İlerleme	135 m/gün	
Keski Sarfiyatı	4 \$/m ³	

Çizelge 5. TBM'in Tuzladaki Performansı[7]

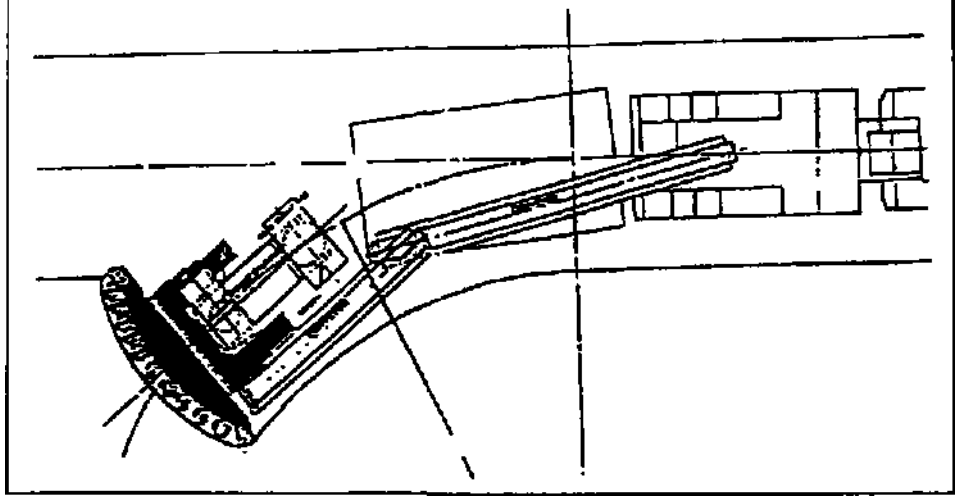
e-) Madenlerde TBM Uygulamaları

1960 ve 1970'li yıllarda, sert kayaç madenciliğinde kullanılan TBM'lerle ilgili çok sayıda deney yapılmıştır. Modern TBMMerin herhangi bir sert kayacı kazabilecek kapasiteye sahip oldukları çok iyi belgelenmiş durumdadır. Çok düz ve uzun yeraltı tünellerinin açılmasında çok verimli ve düşük maliyetli uygulamaların pek çok örnekleri bulunmaktadır. Madencilik uygulamalarında problemler açılması istenen hazırlık veya arama galerilerinin planlama ve yerleştirilmesinde yeterli esnekliğin olmayışı, veya belli bir cevher yatağına uygulanacak işletme yönteminin özelliği, veya dairevi kesitin istenmeyışı veya bunun için gerekli değişikliğin yapılmasındaki yüksek maliyet ve uygun büyüklükteki bir TBM'in ilk yatırım maliyetinin büyük olması gibi nedenlerden kaynaklanabilir. [8]

Madencilikte kullanılmak istenen TBM'lerden beklenen önemli Özelliklerden biri de küçük çaplı kurbalardan dönebilmesidir. CUP makinesi, 25 m'lik dönme yarıçapı yeteneği ile bu isteği yerine getirebilmektedir. Diğer TBM yapım firmaları daha küçük yarıçap açabilecek yeni modeller üzerinde çalışmaktadır. Robbins firması 12 m yarıçap kapasiteli 4,5 m çaplı yeni bir makine üzerinde çalışmaktadır (Şekil 9). Bu TBM taşıma kolaylığı açısından ufak ünitelere ayrılabilen modüler bir yapıya sahiptir. Çıkan pasa, LHD'ler gibi madenciliğin bilinen ekipmanları ile nakliye edilebilir. Tavanda delik açma ve cıvatalama kesme kafasının hemen gerisinde yapılabilmekte ve tavan derhal tahkim edilmektedir. Dönüş yapabilmek için operatör komutu program kontrol panosuna girer ve sistem otomatik olarak hidrolik silindirlere yönlendirerek dönüşü gerçekleştirir. [9]



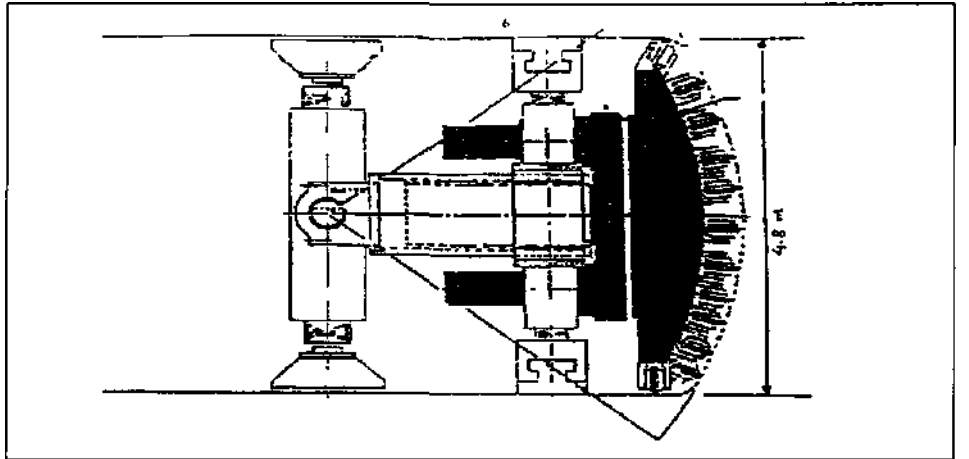
Şekil 9. Robbins Firmasının Ürettiği Küçük Yarıçaplı Kırpa Açabilen TBM [9]



Şekil 70. Synder Engineering Firmasının Küçük Yarıçaplı Kurba Açabilen TBM'si

Colorado'daki Snyder Engineering of Denver firması da sert kayaç madenciliği için küçük dönme yarıçaplı bir TBM yapmıştır. Şekil 10'da görülebileceği gibi 4,8 m çaplı makine bombeli bir kesme kafasına sahiptir.

Ön ve arka kısımda gerdirme düzenleri (gripper) mevcuttur. Gerdirme düzenleri yatay ve düşey planda döndürülebilmekte böylece kazı esnasında bile aralarından geçişe imkan vermektedir. Kötü arazi şartlarında, gerekirse kesme kafasının arkasına tüm kesiti kaplayacak şekilde bir şilt de konabilmektedir. Makine şekil 11 de görülebildiği gibi mevcut bir galeriden başlayarak da yeni galeri açabilmektedir. [9]



Şekil 11. Synder Engineering TBM'sinin Mevcut Bir Galei iden Yeni Açılacak Bir Galeriyeye Gu iş Yapması [9]

Stillwater Maden Uygulaması : Stillwater maden şirketinde (Tilley,1989), Chevron Resources firması gabra, norit ve anorthosit içinde 30500 m uzunluğunda galeri açmıştır. Kayaçların basınç dayanımı 86.5 MPa ile 165.3 MPa arasında değişmektedir. Kazılar, cevher içinde yapılmaktadır. Maalesef cevher yatağının şekli TBM için 244 m'den daha az bir dönme yarıçapına izni vermemektedir ki bu da birçok problem doğurmaktadır. Fakat, Tilley'in raporuna göre, % 10-12 dolaylarında bir tavan civatası uygulaması ile, delme patlama ile karşılaştırıldığında dolaysız masraflarda (direct cost) üçte bir nispetinde bir tasarruf elde edilmiştir. Fakat asıl büyük kazanç, biran önce üretime geçişe imkan veren hazırlık işlerinin tamamlanmasındaki süre kısalığıdır. TBM'nin bu maden ocağında kullanılışı başarılı olarak nitelendirilmektedir.

Magma Copper Firması : Sam Manuel maden ocağını genişletmek için, 4,5 m çaplı bir Atlas Copco/Robins TBM'i kullanılmıştır (Synnder, 1994, Chadvik, 1994). Delme patlatma yöntemi ile TBM arasında yapılacak tercihde rol oynayan iki Önemli faktör 10353 m'lik galerilerin açılma süresi ve kuyuya doğru geriye dönümlü vaziyette ilerleyebilme imkanı olmuştur. Böylece maden çok daha önce faaliyete başlayabilecek ve açılan boşlukların bakımı da kolaylaşmış olacaktır.

TBM tarafından açılacak hazırlık galerileri Kalamoza cevher bloğunun blok göçertmesi için gerekli nakliye yollarını oluşturan bir seri devamlı halkalardan oluşmaktaydı. Bu galeri ağında 106.7 m yarıçaplı çok uzun pek çok kurba vardı ve dolayısıyla bu şartlara uygun yeni bir makine tasarımı yapıldı. Taban şartları ise, sadece 30 dakika kadar kendini tutabilen çok kırıklı durumdan, 1550-1800 MPa tek eksenli basınç dayanımına sahip olup aylarca hatta yıllarca kendini tutabilen sağlam kuvars-monzonat oluşumuna kadar değişik bir görünümdeydi. Galerilerin bir kısmı % 5,5 meyil aşağıdır ki raylı nakliyat limitini zarflamaktadır. TBM için gerekli yaklaşık 6.75 milyon dolarlık tek yatırımla bile, m başına maliyet hesabı, delme-patlatma yöntemi ile başa baş gelmekteydi. Makine % 5,5 meyil aşağı çalıştı ve 152.4 m yarıçapında kurba açtı. Fakat kurbalar açılırken TBM açısından bazı problemlerle karşılaşıldı ve 1994'ün Temmuz - Ağustos aylarında makine yapısında bazı değişiklikler yapmak zorunluluğu doğdu (Alum, 1994). Bu değişiklikler, makinenin söz konusu şartlarda çalışmasını mümkün kıldı ve magma firması da galeri açma işine devam etti.

Petrol Üretimi : Petrol - Madencilik grubundan Petro Tech Resources firması, petrol yatağı altındaki kayalar içindeki tünelleri açmak için TBM kullanmaya karar vermiştir (Petersan, 1994). Bu tünellerden rezervuara drenaj delikleri delinecektir. Gerek tünel boyutları ve ocak planı, gerekse kayaç tipi hakkında hiçbir bilgi verilmemekle birlikte, uygulama çok ilginç olup petrol çıkarmada bugüne kadar olanlardan çok daha değişik yeni bir yöntemin varlığı söz konusudur. [8]

6.2 EPB Uygulamaları

Dünyada bir çok EPB uygulaması vardır. Çizelge 4'de uygulama örnekleri verilmiştir. Bunlardan biri 5.4 m çaplı bir EPB Fransa'da Bordeaux şehrinde karstik kireçtaşı olan formasyonda kazıya başlamıştır. Kesici kafa pik ve disk keskilerle donatılmış EPB'nin günde 16 saatlik bir çalışma ile en iyi ilerlemesi 15.6 m, en iyi haftalık ilerleme 54 m olmuştur. Her biri 16 saat olan 4 üretim günü herhangi bir arıza olmaksızın tamamlanmıştır. TBM iki kanalizasyon ve hızlı tren tüneli altından hiçbir tasman olayı olmaksızın kazasız geçmiştir.

İtalya Valencia da açılan tünelde kullanılan EPB makina Çizelge 4'den de görüleceği gibi aynı zamanda İzmir metrosunda da kazı işlemini sürdürmektedir. Formasyon hemen hemen aynı olmasına rağmen Valencia da en iyi günlük ilerleme 8 m iken İzmir de 21,6m ye kadar çıkmıştır. Çizelge 4 'deki veriler, formasyona ve tünelin boyutlarına göre bir EPB makinesinin nasıl boyutlandırılacağını göstermesi açısından da Önemlidir.

İtalya Milano'da bir nehir altında Passante Ferroviario'da akıcı-kumlu-çakıllı sulu mercerlerin bulunduğu bir formasyonda kullanılan EPB makinesinin çapı 8 m, uyguladığı en yüksek itirme kuvveti 551 Ot, kesici kafa

Uygulandığı Yer	Fransa Bordeaux	İtalya Valencia	Türkiye İzmir
Formasyon	Alüvyal kumlu Karstik Kireçtaşı	Kil-Silt-Çakıl	Kil-siU-kum-çakıl
Dış Çapı (m)	5.4	6.5	6.5
Toplam Uzunluk (m)	75	74	74
Vida Konveyör (Uzunlukxçap)	2 parçalı 7.5mx200mm	12mx700mm	11,5mx700mm
İtme Kapasitesi (ton)	3000	4300	4300
Silindir Stroku (m)	1.2	1.7	1.7
Kesici Kafa Gücü (kW)	650	800	800
Kesici Kafa Torku (tonxni)	330	500	500
Dönüş Hızı (devir/dk)	0-6	0-3	0-3
Enjeksiyon	Köpük+bentontt	Köpük+bentonit	Köpük+bentonit
İlerleme Hızı (mm/tik)	60-75	60	60
Rn iyi günlük ilerleme (m)	156	8	21 6

En iyi haftalık İlerleme (m)	54	-	103.2
Kafa Basıncı (MPa)	0.1	0.3	0.3
Tahkimat	Prekast beton	Prekast beton	Prekast beton
Nakliyat	Bant+lokomotif	Bant+lokomotif	Bant+lokomotif
Oturma (mm)	<20	<25	-

Çizelge 4. EPB uygulamaları (Walks, 1994. 1995) (Yüksel, 1998).

torku 900tm, kesici kafa gücü 110kW makinenin ilerleme hızı 70mm/dak olmuştur. Oluşan oturma toleransları ise 7mm olarak hesap edilmiştir.

Japonya Taipei metrosunda iri kil silt kum karışımı bir formasyonda kullanılan 6.İm dış çaplı EPB makinesinin en iyi günlük ilerlemesi -24 saat çalışarak- 16m olurken en iyi haftalık ilerlemesi de 76m olmuştur. Oluşan oturmalar 20mm'nin altında kalmıştır.

Yine ABD'de South Bay'da açılan bir tünelde 3.9m dış çapındaki EPB makinesinin uyguladığı en büyük itirme kuvveti 2000t, kesici kafa torku 150tm, kesici kafa gücü 115kW, kesici kafa dönüş hızı ise 2.4dev/dak olmuştur. Bu özelliklere sahip makinenin net ilerleme hızı 20.5mm/dak, en iyi günlük ilerleme hızı da 30.5m olarak saptanmıştır.

6.3 İzmir Metrosu

İzmir Metrosu Basmahane-Konak arası yaklaşık 10m derinlikte ikiz tünel olarak inşa edilmektedir. Tünel güzergahı boyunca yapılan jeolojik etütlerle formasyonun Kil-Silt-Çakıl-Kum ve bunların aralanmalarından oluştuğu tespit edilmiştir. Bununla beraber zeminin en üst kısmını yapay dolgu oluşturmaktadır. Hemen hemen aynı formasyonda Valencia'da kazı yapan ve çizelge 4'de özellikleri görülen bir EPB makinesi kazı için seçilmiştir. Tünel uzunluğu yaklaşık 3000m Tünel dışçapı 6320mm iç çapı 5720mm segment kalınlığı 300mm segment uzunluğu 200mm dir. Tünel kaplaması 7 adet prekast segment ve bir kilit taşından oluşmaktadır. Kesici kafa çapı 6520mm olup 14 takım itme silindirleri ile aynaya en çok 3 bar (0.3 MPa) basınç uygulayacak şekilde itilmektedir. Bu teknik verilere sahip makine ile Basmahane-Çankaya istasyonları arasında kalan 590.4m lik ikiz tünelin 2. hattında elde edilen kazı sonuçları da Çizelge 5'deki gibi olmuştur.

Çizelge 5 de bulunan değerler kazı yapılan vardiyalarda yüklenici firmalar tarafından tutulan vardiya raporlarından çıkarılmıştır. Makina 12 saatlik 82 vardiya kazı yapmıştır. Katkı maddelerinin ve segmentlerin kuyruk kısmına vagonlarla getirilene kadar geçen süre çizelgede "Toplam gereksinimleri bekleme süresi" olarak adlandırılmıştır. Makina temizliği, bir sonraki

Satır No	İşlem	Sonuç Cinsi	Sonuç Miktarı
1	-	En iyi günlük ilerleme (m)	21.6
2	-	En iyi haftalık ilerleme (m)	103.2
3	-	Toplam ilerleme (m)	590.4
4	-	Toplam kazı süresi (dk)	59040
5	-	Toplam ilerleme süresi (dk)	21195
6	(3/4)	Ortalama ilerleme hızı (mm/dk)	10
7	(3/5)	Net ilerleme hızı (mm/dk)	27.86
8	-	Teorik makina ilerleme hızı (mm/dk)	60
9	-	Toplam ring yerleştirme süresi (dk)	14165
10	-	Toplam gereksinimleri bekleme süresi	15655
11	-	Yemek Molası (dk)	4920
12	-	Diğer gecikmeler (dk)	3105
13	(9+10+U+12)	Toplam Gecikmeler (dk)	37845
14	(5/4)	Makinadan faydalanma oranı (%)	35.89

Çizelge 5. İzmir Basmahane-Çankaya Tüneli 2.hat kazı sonuçları (Hacıslamoğlu, 1998).

kazıya hazırlık ve makina kuyruk kısmında bulunan bant, erektör, vinç ve enjeksiyon pompası gibi aletlerin arızası da "Diğer gecikmeler"e karşılık gelir.Çizelge 5.'de Ortalama ilerleme hızı (mm/dk), toplam ilerlemenin (m) toplam kazı süresine (dk) bölünmesi ile bulunmuştur. Net ilerleme hızı (mm/dk) ise toplam ilerlemenin (m) toplam ilerleme süresine (dk) bölümüyle bulunmuştur. Makinadan faydalanma oranı ise makinanın fiili olarak çalıştığı zaman (toplam ilerleme süresi) ile toplam kazı süresi arasındaki orandır.[1]

7. TBM Performans Tahmini

TBM kullanan firmalar bir tünel projesine başlamadan önce işi ne kadar sürede yapabileceklerini bilmek isterler. Yıllar içerisinde farklı yaklaşımların etkin olduğu performans tahmin metottan geliştirilmiştir. TBM performansını etkileyen parametreler aşağıda belirtilmiştir.

Kayaç Karakteristikleri

- Tek eksenli basınç dayanımı
- Kayaç sağlamlığı (kayaç dokusu)
- Çatlak İndeksi

Keski Geometrisi

- Çap
- Ağız Genişliği

TBM Özelliklen

- Keski başına düşen baskı kuvveti
- Keskiler arası mesafe
- Güç (tork ve devir sayısı) [3],

Laboratuar koşullarında en gerçekçi performans tahmini tam boyutlu kesme deneyleri sonucunda elde edilebilir. Tam boyutlu kesme deneyinde tünel güzergahındaki formasyonlardan alınan yaklaşık 1 m³ hacimdeki büyük blok numuneler gerçek boyuttaki keskiyle kesilir. Kesme işlemi sırasında keski üzerine gelen kuvvetler ölçülür. Farklı kesme derinlikleri ve keski arası mesafeler uygulanarak yapılan kesme deneylerinde amaç optimum spesifik enerji değerini sağlayan s/d oranını bulmaktır. Tam boyutlu kesme deneyleri sonucunda kazı hızı, baskı kuvveti, tork ve kesici kafa motor gücü de bulunur. Ancak tam boyutlu kesme deneyi pahalı bir laboratuar donanımı olduğu için açılan tünellerden alınan veriler ve laboratuarda yapılan deney sonuçlarının analiz edilmesi ile ampirik yaklaşımlar oluşturulmuştur.

Uluslararası alanda kabul görmüş bir performans tahmin yöntemi Trondheim Üniversitesi ve Norveç Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde kazılacak kayaca kırılma testi, minyatür delme testi ve aşındırıcılık testleri uygulanır ve arazide çatlak sistemleri gözlemlenir. Keski aşınmasının tahmininde aşındırıcı mineral yüzdeleri göz önünde bulundurulur. Elde edilen indeks değerler, tünel özellikleri ve makine spesifikasyonları çeşitli abaklar üzerinde kullanılarak itme kuvveti, net ilerleme hızı, keski sarfiyatı, makineden faydalanma oranı ve maliyetler tahmin edilebilir. [10]

8. TBM İle Kazınının, Delme Patlatma ile Maliyet Yönünden Karşılaştırılması

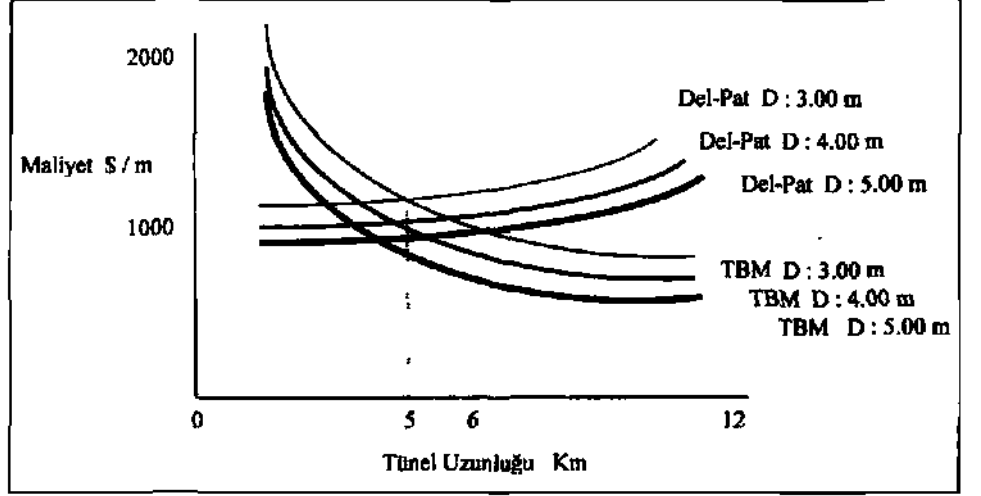
Firmalar bir tünel projesine başlamadan önce işi ne şekilde yapacaklarına dair sınırlayıcı sebepler ve hükümler yok ise maliyet açısından yöntem belirlemek için çalışmalar yapmak zorundadırlar . bu çalışmaları etkileyen parametreler ve bunların maliyete etkileri aşağıdaki gibidir;

- Tünel Çapı ve Tünel Uzunluğu
- Tünel Açılacak Formasyonun Basınç dayanımları ve kazılabilirlik
- Çalışma Saatleri
- Patlayıcı Madde ile Kazıyı Engelleyen Sebepler
- Tünele Uygun Makinelerin Temin Zorlukları (Küçük çaplı tünellerde

Del-Pat sonrası ayna paşasının yüklenmesi ve taşınması vd işler için spesifik makinelerin kolaylıkla bulunamaması gibi)

- İşin Süresi
- Diğer sebepler

Yukarıda'sayılan tüm parametreler hassas bir şekilde değerlendirilerek tünelin hangi yöntemle açılacağına karar verilir yukarıdaki parametrelerden en önemlisi ve yöntem belirlemede asıl belirleyici olan tünel çapı ve tünel uzunluğudur. Yapılan karşılaştırmalı maliyet reel analizleri neticesinde tek tip bir formasyonda (kireç taşında) çizilen bir grafik görülmektedir.



TBM ve Delme Patlatma ile kireç taşında tünel açılmasının maliyet analizi açısından karşılaştırılması

Yukarıdaki grafikten de görüldüğü üzere örneğin 3 metre kazı çapında ki bir tünel için 5 km den sonra TBM ile tünel kazısı daha ekonomik olmaktadır. Proje bitiş süresi göz önüne alındığında ise tünel açma makineleri ile kazı her zaman avantajlı durumdadır.

Kaynaklar

1. Hakan Tunçdemir, "Arazi Basıncının Dengelenmesi Esasına Göre Çalışan Tam Cephe Tünel Açma Makinelerinin Kazı Performansını Etkileyen Zemin Özellikleri ve İzmir Metrosu Örneği", 1998,4.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu
2. Mitsubishi firması TBM katalogu
3. J.E.Friant, Prof. L. Özdemir, (Çeviren : Prof. Dr. Ş. Eskikaya), "Tünel Açma Teknolojisi Bugün ve Yarın", 1994, İTÜ Maden Fakültesi Tünel ve Galeri Açma Meslek İçi Semineri
4. O.Prof. Dr. İng. H. Fauser, (Çeviren : Prof. Dr. Ş. Eskikaya), "Kesici -Yükleyiciler ve Galeri Açma Makineleri", 1981, İTÜ Matbaası
5. İnternet Adresi : www.lovat.com
6. Lovat firması TBM katalogu
7. N. Bilgin, C. Balcı, H. Tunçdemir. Ş. Eskikaya, M. Akgül, M. Algan, "The Performance Prediction Of ATBM In Difficult Ground Condition"
8. Prof. L. Özdemir. (Çeviren : Prof. Dr. Ş. Eskikaya), "Mobil Kazıcılar", 1994, İTÜ Maden Fakültesi Tünel ve Galeri Açma Meslek İçi Seminen
9. Prof. L. Özdemir- (Çeviren : Prof. Dr. Ş. Eskikaya), "Sert Kayaç Madenciliği Mekanik Kazı Teknolojisinde Son Gelişmeler", 1994, İTÜ Maden Fakültesi Tünel ve Galeri Açma Meslek içi Seminen
10. Kayaç ve Mineral Kazısında Mekanik. Yöntemler Dersi Notları
11. N. Bilgin, İnşaat ve Maden Mühendisleri için uygulamalı kazı mekaniği

