



KÖMÜR MADENLERİNDE KULLANILAN SABANLARIN ÖNEMİ VE SEÇİM KRİTERLERİ

Niyazi BİLİM

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, KONYA
bilim@selcuk.edu.tr

(Geliş/Received: 10.12.2017; Kabul/Accepted in Revised Form: 02.02.2018)

ÖZ: Yenilenebilir enerji kaynakları dünyadaki enerji ihtiyacını karşılayamadığından, günümüzde fosil yakıtlar enerji üretiminin ana unsuru olmaya devam etmektedir. Dünyadaki elektrik enerjisinin % 41'i kömürden elde edilmektedir. Gelecek yıllarda da kömürün enerji üretiminde liderliğini devam ettireceği ön görülmektedir. Ülkelerin enerji ihtiyacını karşılamak için kömüre olan bu büyük talep sebebiyle, üretim kapasitesinin artırılmasında etkili yöntemlerden olan tam mekanize kazı sistemleri yaygınlaşmıştır. Maden mekanizasyon ve otomasyon sistemleri, cevher üretimlerinin artmasına, birim üretim maliyetlerinin düşmesine ve iş güvenliğine önemli katkılar sağlamaktadır. Yeraltı mekanize kömür madenciliğinde, tamburlu kesici-yükleyiciler ile sabanlar günümüzde sıklıkla tercih edilen makinalardır. Kalın damarlı kömür madenleri dünyada tükenmeye başladığından dolayı, ince damarlı kömür madenlerinin önemi artmaya başlamıştır. Bu nedenle ince kömür damarlarının üretiminde sabanların rolü artmıştır ve artmaya devam edecektir. Günümüzde sabanların kullanım alanları, tipleri ve seçim kriterleri ile ilgili çalışmaların çok az olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi amacıyla bu çalışmanın oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca ülkemizdeki ince kömür damarlarının mekanize bir şekilde üretilebileceği konusunda farkındalık oluşturmak diğer bir hedeftir. Bu çalışmada, kömürün ülkemiz için önemi vurgulanarak kömürün enerjide kullanımı ile ilgili bazı istatistikler verilmiştir. İlk olarak kömür kazısında kullanılan sabanların tarihsel gelişimi anlatılmıştır. Daha sonra, sabanların kullanım alanları, tamburlu kesiciler ile farkları, dünyadaki saban üretici firmalar ve sabanları hakkında teknik bilgiler verilmiştir. Son olarak, ülkemizde sabanların kullanım durumu hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kömür kazısı, Kömür sabanı, Mekanize kazı

Importance and Selection Criteria of Plows Used in Coal Mining

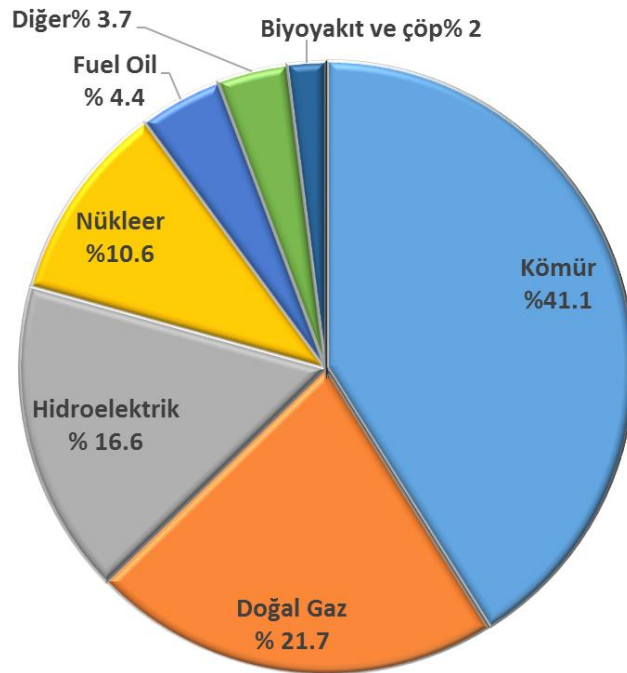
ABSTRACT: Since renewable energy sources cannot supply the world's energy needs, fossil fuels are still the main energy source nowadays. 41% of the world's electric production is obtained from coal. There is no doubt that coal will not lose its leadership in energy production in the coming years. Because of this great demand, which is now an elimination for the energy needs of the countries, full-scale excavation systems are getting widespread. In addition, mine mechanization and automation systems have contributed to increasing ore production, thus reducing unit production costs and improving work safety. Today, drum shearers and plows are preferred machines in underground-mechanized coal mining. Since thick seam coal mines are going to run out, coal mining will soon return to thin seam mining. For this reason, the role of plows in the production of thin coal seams will increase gradually. In this study, the historical development of the plows used in coal excavation was first explained. Later, information was given on the usage areas of plows, differences compared to drum cutters and producer companies and their plows in the world. Finally, assessments were made on the use of plows in our country.

Key Words: Coal excavation, Coal plow, Mechanized excavation

GİRİŞ (INTRODUCTION)

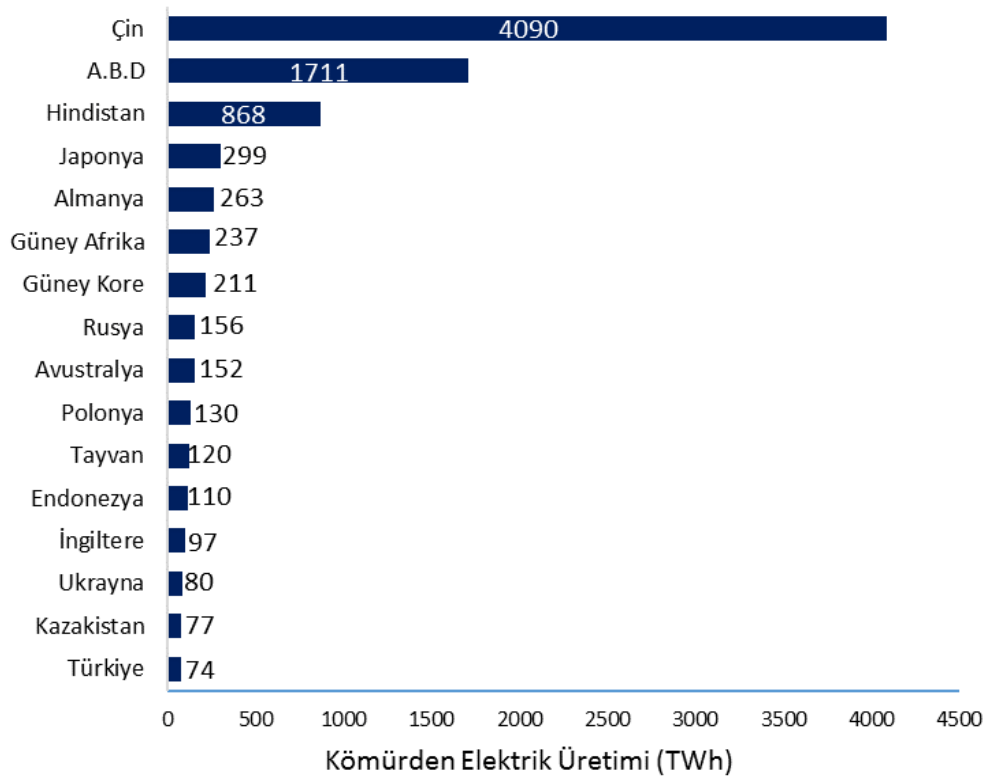
Geçmişten günümüze kadar yeraltı ve yerüstünde yapılan kazılarda değişik metotlar uygulanmıştır. Günümüzde artan nüfusa paralel olarak talep artmış ve bu talepleri karşılamak için çok yüksek miktarlarda yeraltı zenginlik kaynaklarının üretilmesi gündeme gelmiştir. Yüksek miktarlarda cevher üretmek için daha etkin ve teknolojik bir yöntem olan mekanize kazıya doğru bir eğilim bulunmaktadır. Mekanize kazının diğer kazı türlerine göre birçok avantajları olmasından dolayı, mekanik kazıya uygun maden işletmeleri mekanizasyona yönelmektedirler. Yüksek yatırımlar gerektiren madencilik sektöründe, en uygun verimlilik düzeyini yakalamak ve işletme maliyetlerini düşürmek için hazırlık ve üretim gibi madencilik her aşamasında teknolojik gelişmelere paralel olarak, makina ile kazı kaçınılmaz hale gelmiştir.

Dünyada fosil kökenli yakıtlar, özellikle de kömür, hem enerji üretiminde hem de demir-çelik endüstrisinde halen vazgeçilmez bir enerji çeşidi olarak kullanılmaya devam etmektedir. Ülkemizde son yıllarda kömüre verilen önem artmıştır, dolayısıyla hem üretim miktarlarında hem de kömür arama sondajlarında önemli bir artış gözlenmektedir. Kömür kısa vadede ülkemizin enerji ihtiyacının karşılanmasında ve enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılmasında vazgeçilmez bir enerji türü olmaya devam edecektir. Şekil 1’de görüldüğü gibi, günümüzde dünya elektrik enerjisi üretiminin %41’i kömürden karşılanmaktadır (IEA, 2015). Dünya geneline baktığımızda gelişmiş ülkelerde de bile kömür halen vazgeçilmez bir enerji türüdür (Şekil 2). Ayrıca 2040 yılına kadar kömürün dünyada kullanımının artarak devam edeceği tahmin edilmektedir (EIA, 2016). Ülkemiz kömürden elektrik enerjisi üretiminde dünya sıralamasına göre istenilen konumda değildir. (Şekil 2). Bu nedenle, kömür yakıtlı termik santrallerin hızla artırılması konusunda araştırmalar ve çalışmalar yapılmalıdır. Son yıllarda da bu yönde çok güzel atılımlar yapılmaktadır. Ülke olarak hedefimiz, kömürden elektrik üretiminde ilk on arasında bulunmak olmalıdır.



Şekil 1. Dünyadaki elektrik enerjisi üretiminin kaynak türlerine göre dağılımı (IEA, 2015)

Figure 1. Distribution of electricity energy production in the world according to source types



Şekil 2. Dünyada kömürden elektrik enerjisi üreten ülkelerin sıralaması (IEA, 2015)

Figure 2. Ranking of the countries that produce electricity from coal in the World

Ülkemizde kullanılan doğal gazın % 99'u ithal edilmektedir (Doğal gaz Piyasası Sektör Raporu, 2014). Ülkemizin elektrik üretiminin büyük bir kısmı bu ithal edilen enerji çeşidinden sağlanmaktadır. Bu sorun nedeniyle doğal gazdan elektrik üretimini azaltarak, kendi öz kaynaklarımızdan bu ihtiyacın karşılanmasına ve dışa bağımlılığın azaltılmasına çalışılmalıdır.

Ülkemizde Eylül 2015 verilerine göre % 41 olan doğal gazdan elektrik üretim oranı, Nisan 2017 'de % 33'e düşmüştür (Karakış 2015; Demirtaş, 2017). Görüldüğü gibi son 1,5 yılda % 8 civarında bir azalma olmuştur. Bu durum enerji ithalatımızın azaltılması için iyi bir hamledir. Fakat ülkemizin enerjide yurtdışına bağımlılığı yüksek seviyelerdedir. Enerjide dışa bağımlılığın yüksek olması enerji pazarında güvenilirlik ve fiyat istikrarı bakımından endişeleri beraberinde getirmekte, cari açığın artmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ülkemizin yerli kaynaklarının daha geniş biçimde değerlendirilmesinin sağlanması özellikle de kömürden enerji üretimine önem verilmesi gerekmektedir (Bilim, 2016; Kekeç ve Bilim, 2014).

Dünyada sanayileşmenin ve nüfusun artmasına paralel olarak enerjiye olan ihtiyaç da artmıştır ve artmaya da devam etmektedir. Sanayileşmeyle birlikte kömüre karşı büyük bir talep oluşmuştur. Kömüre olan bu ihtiyacın karşılanabilmesi için insan gücünün esas alındığı üretim şekillerinden, makinaların aktif rol alacağı üretim tiplerine doğru bir kayma olmuştur. Günümüzde madenlerde mekanizasyonun hatta otomasyonun kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Maden mekanizasyonunun bugünkü duruma gelmesi kömür madenciliği sayesinde olmuştur. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de önemli bir enerji kaynağı olan kömürün yüksek miktarlarda üretilebilmesi ve birim maliyetinin düşük olmasının sağlanabilmesi için mekanize kazıya geçmek kaçınılmaz olmuştur. Kömür madenciliği için geliştirilen sistemler daha sonraları diğer cevher ve tünel çalışmalarına da ön ayak olmuştur.

Yeraltı maden işletmeciliğinde tam mekanize üretim sistemlerinin uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Kazı aracı olarak saban veya tamburlu kesici-yükleyiciler, tahkimat olarak kalkan (şild) tipi

yürüyen tahkimatlar, nakliyat aracı olarak zincirli ve bantlı konveyörler, yeraltı madenciliğinde etkin ve verimli olarak kullanılmaktadır.

Son yıllarda mekanize kazı makinalarının metro, inşaat, tünel ve maden sektörlerinde kullanımı ülkemizde yaygınlaşmaktadır. Bu makinalar kazma ve yükleme işlemlerini aynı anda yapabilmeye özelliklerine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı bir vardiyadaki üretim kapasitesi hem yüksek olmakta, hem de işgücü ihtiyacı az olmaktadır. Bunun gibi birçok avantajı nedeniyle tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de özellikle yeraltı kömür işletmelerinde bu makinalarla üretim yapılmaya başlanmıştır.

KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE MEKANİZE KAZI (MECHANIZED EXCAVATION IN MINING)

Yeraltı madenciliği ilk olarak insan gücüne dayalı olarak başlamış, daha sonra delme-patlatma ve martopikör kullanılmaya başlanmıştır. 20. yüzyılın başında sanayi devrimi ile kömüre olan ihtiyaç artmıştır. Uzun ayak yöntemi ile kömür üretiminde kapasite artırmak amacıyla yapılan mekanik kazı çalışmaları ile potkabaç, saban ve tamburlu kesici-yükleyiciler geliştirilmiştir. Kazı işlemlerinin makinalar ile yapılması sonucunda büyük miktarlarda üretim imkânı sağlanmış olup, çalışan işçi sayısında da azalma sağlanmıştır (Bilim, 2007).

Yirminci yüzyılın başlarında ilk olarak üretimde kullanılmaya başlanan potkabaç makinaları kullanılmaya başlanmıştır. 1950'li yılların başında saban ve tamburlu kesici makinaları üretimde kullanılmaya başlanmış böylece üretimde artış gözlenmiştir (Altındağ ve Güney, 1994).

Uzun ayak kömür madenciliğinde tamburlu kesici-yükleyici makinalar ile sabanlar günümüzde sıklıkla tercih edilen makinalardır. Her iki makine ile üretilen cevherin taşınması için zincirli konveyör ve tavanın duraylılığını sağlamak için de yürüyen tahkimatlar kullanılmaktadır. Bu iki makine arasında seçim yapmak için birçok faktör devreye girer. Bu faktörlerden önemlileri; cevherin fiziko-mekanik, petrografik ve mineralojik özellikleri, tavan ve taban taşının durumu, ayak eğimi, ondülasyonlar, faylar, damar kalınlığı şeklindedir (Myszkowski ve Paschedag, 2008; Beitler ve diğ., 2013).

Kömür Sabanının Tarihsel Gelişimi (Historical Development of Coal Plow)

Mekanize kazı sistemleri gelişimini kömür madenciliğine borçludur. Mekanize kazı sistemleri 19. yüzyılda kömür üretiminde kullanılmasıyla başlamıştır. 1930'lu yılların ortalarında potkabaç makinesi ile kazılan kömürün yüklenmesi denemeleri yapılmıştır. Kazı arınında boydan boya potkabaç çekilerek daha sonra kazılması yerine arın boyunca kazı yapma düşüncesi, kömür sabanının bulunmasına neden olmuştur. Kesici uçlara sahip bir makinenin arın boyunca çekilerek kazı yapılması düşüncesi ile de kömür sabanı geliştirilmiştir.

Kömür sabanları 1990'lı yıllarda Avrupa'da ince kömür damarlarının üretiminde çok ekonomik bir teknoloji olarak bilinmektedir. Ancak, kalın damarlı kömür üretim madenciliğine geçiş ile birlikte bu teknoloji önemini kaybetmiştir. Günümüzde ise ince kömür damarlarının ekonomik olarak üretilmesi fikrinin tekrar gündeme gelmesiyle, saban teknolojisinin kullanımına tekrar başlanmıştır (Gondek ve diğ., 2011). Sabanlar 1950 ile 1980 yılları arasında Almanya'da kömür madenlerinde çok sıklıkla kullanılmıştır (Bilgin ve diğ., 2014).

Sabanların kazı prensibi; iki tahrik ünitesi arasında gerilmiş olan zincire (daha önceleri halat) bağlı bir şekilde arın boyunca gidip gelirken damardan ince dilimler sıyırması esasına dayanır. Klasik tip çalışmada, sabanın damara batabilmesi için, yürüyen tahkimat ünitelerindeki konveyörü öteleme silindirlerinin tümü, kömür damarının kazılabilirliğine bağlı olarak sürekli olarak ortalama 100 bar civarındaki bir basınç altında olup, konveyöre bağlı olan sabanı belli bir kuvvetle arına doğru bastırmaktadır (Şimşir, 1995). Sabanların çalışma prensibi icatlarından bu yana pek değişiklik göstermemiştir. Gelişmeleri genellikle hızları, güçleri ve mekanizasyon-otomasyon sistemleri yönünde olmuştur.

Kömür sabanı bugünkü şeklini alıncaya kadar birçok safhalardan geçmiştir. Kömürü kesmek amacıyla 1912 yılında "Dilim kesme" (slicing cutting) ismiyle ilk patent alınmıştır (Paschedag, 2014). 1937 yılında, Ibbenbüren kömür ocaklarında kömürde çift sürer gibi kazı yapabilen bir alet, sabanın ilk aşaması olmuştur. İlk uygulaması, yeraltında demiryolları için kullanılan ray demirine kama şeklinde bir kesicinin kaynak yapılarak taban yolundaki lokomotifin altına bağli bir halat ile çekilmesi şeklinde olmuştur. Daha sonraları lokomotif yerine ayak başına yerleştirilen bir vinç ile halat çekilmeye başlamıştır. Demirin kömür cephesinde ileri geri hareketi esnasında yaklaşık 15 cm genişliğinde bir kömür şeridi kesilebilmekteydi. Ancak arına fazla bir yük uygulanamaması kazı genişliğinin ve derinliğinin az olması en büyük sorunlar olmuştur. Bu sistemle kömürün çift sürer gibi kazılabileceği ilk kez ispatlanmıştır. (Eskikaya, 1969).

Kömür madenlerinde tam mekanizasyona geçiş tarihi olarak 1940 kabul edilmektedir Fakat kömürü kesen makineler için alınan patentler daha eski tarihlere dayanmaktadır. Sabanın zincirli olukla birlikte çalıştırılması mekanize kazıda yeni bir çığır açmıştır. Zincirli oluğun sabana gıdaj görevi gördüğü yavaş saban, 1941'de uygulanmış ve kesme ile oluğa yükleme birlikte yapılmıştır. 1941 yılında kömür sabanı olarak ilk patent alınmıştır. Bu saban Konrad Grebe isimli bir mühendis tarafından icat edilmiştir. İlk kömür sabanı olarak patenti alınan bu saban, Ibbenbüren kömür işletmesi atölyesinde yapılmış ve kullanılmıştır. Günümüzdeki sabanlarla kıyaslandığında 0,3 m/sn (1,8 m/dk)'lık i yavaş bir hıza ve 2x40 kW gibi küçük bir güce sahiptir. Yavaş saban olarak adlandırılan bu ekipman daha sonraki yıllarda geliştirilmiş ve 1947 yılında ise, Westfalia Luenen firmasında çalışan Wilhelm Löbbe isimli bir mühendis, yeraltında mekanize bir şekilde kömür üretimi için daha önce icat edilen sabanın modernize edilmiş halini üretmiştir. Löbbe ayrıca yeraltında sabanla birlikte çalışabilecek zincirli konveyörü de geliştirmiş ve bu zincirli konveyörlü mekanize sistem 1942 yılında Polonya'da kullanılmıştır. Löbbe sabanın üretim performansını artırmak için kesme hızını artırıp kesme derinliğini düşürme fikrini üretmiştir. Bu amaç doğrultusunda, 1949 yılında Wilhelm Löbbe hızlı saban olarak adlandırılan sabanı geliştirmiştir. Geliştirilen bu saban, hızlı saban adını almış ve 1949 yılında Almanya'daki Friedrich-Heinrich madeninde kullanılmıştır. Bu hızlı saban ile günlük 1000 tonun üzerinde üretim yapılabilmekte ve bu saban tipi ile yaklaşık 0,4 m/sn çekme hızı ve 5-15 cm arası kesme derinliği elde edilmektedir. Halat ile çekme yerini 22 mm'lik sonsuz zincire bırakmış ve saban zinciri ve konveyör zincirinin çekilmesi aynı motorla yapılmıştır.

Wilhelm Löbbe o yıllarda başarılarıyla ün kazandığı için Alman hükümeti elde etmiş olduğu bu başarılarından dolayı adına pul bastırmıştır. 1980'lerin ortalarına doğru sabanların kurulu güçleri 2x250 kW civarlarına, hızları ise 1,8 m/sn civarlarına yükselmiştir. 1990'lara gelindiğinde, kurulu güçleri 2x315 kW yükselmiştir (Paschedag, 2011; Paschedag 2014). Günümüzde güçleri 2x800 kW ve hızları da 3,6 m/sn'lere kadar yükselmiştir.

Saban hızlarının ve güçlerinin artması dışında, gelişimleri ile ilgili önemli buluşlar ile 1990'lara kadar karşılaşmamıştır. Bu yıllarda kesme derinliğini otomatik olarak belirleyen saban türü icat edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Yürüyen tahkimatın silindirlerinde kullanılan darbe sensörleri-elektromanyetik valfler ve her bir yürüyen tahkimat ünitesinde bulunan elektronik kontrol üniteleri sayesinde, daha öncesi sistemlerin en büyük eksikliğinin üstesinden gelinmiştir. Bu sistem sayesinde, yürüyen tahkimat sistemleri üzerindeki elektronik sistemler vasıtasıyla kazı derinliği en uygun şekilde belirlenebilmektedir. Günümüzde artık yüksek performans ihtiyaçlarına cevap verebilen, kesme derinliğini otomatik ayarlayabilen, ondülasyonlara uyum sağlayabilen, yüksek eğimlerde bile çalışabilen sabanlar kullanılmaya başlanmıştır. Sabanlar en çok yeraltı kömür madenciliğinde kullanım alanı bulmuş olmasına rağmen, fosfat ve boksit madenciliğinde de kullanılmaktadır

Sabanları genellikle Alman firmaları geliştirmiş olsa da, Japonya, Çek Cumhuriyeti ve Rusya gibi ülkelerde değişik tip ve modelde sabanlar üretmişlerdir.

İnce damarlı kömürlerin kazanılması düşüncesi arttıkça, gelecekte uzunayak kömür madenciliğinde saban kullanımı önemli bir hale gelecektir. Dolayısıyla saban teknolojileri fazla dikkat çekecektir (Beitler, 2013).

KÖMÜR SABANLARI (Coal Plow)

Saban, ön ve arka kısmında kesici uçlar bulunan, taban taşı veya konveyör sacı üzerinde kayarak hareket eden, 368 tona (çekme dayanımı 1400 MPa'a kadar çıkabilen) kadar dayanabilen bir zincirle ayak boyunca ileri geri çekilen, sıyırma (rende) şeklinde kazı prensibi olan ve saatte 3500 ton üretim kapasitesine kadar çıkabilen, genellikle yeraltı kömür madenciliğinde tercih edilen bir makinedir. Her iki ucunda yer alan ana ve yardımcı tahrik üniteleri, sabanı 30-216 m/dak hızla hareket ettirirler. Kesme işlemi sırasında saban, ayak konveyörünün göçük tarafına bağlı hidrolik silindirlerle arına bastırılır. Tahrik motorlarından sisteme verilen gücün sadece % 30-60'ı kesme ve yükleme işinde kullanılmakta, geri kalanı sürtünmelerin yenilmesinde harcanmaktadır.

Saban ile kazı, yumuşak ile orta sert kömürler için daha uygun olmasına karşın, günümüzde sert kömürlerde de saban rahatlıkla kullanılabilir. Sağlam ara kesmeler ve olası küçük atımlı faylar sabanın çalışmasını zorlaştırır. Günümüzde üretilen sabanlar ile 0,6-2,3 m arasındaki damar kalınlıklarında, 60° derecelik ayak eğimlerinde kazı mümkündür. Kesme derinlikleri kayaca ve damara bağlı özelliklere göre değişmekle birlikte 4-25 cm arasında değişmektedir. 216 m/dak gibi yüksek hızlara ve saatte 3500 ton gibi kapasitelere çıkabilmektedirler.

Sabanların ilk üretimlerinde sabanı ve konveyörü arına doğru bastırmak için hidrolik pistonlar kullanılmaktaydı. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte, saban ve buna bağlı olan zincirli konveyörün arkasında (göçük tarafında) yürüyen tahkimatlarla desteklenen tam mekanize bir üretim sistemi kullanılmaktadır. Bu tahkimat sistemleri ile birlikte kullanılması sonucunda hem daha güvenli bir çalışma ortamı oluşmuş, hem de tam mekanize üretim sürecine geçilmiştir. Ayrıca bu tahkimatlar sayesinde arına daha fazla ve düzenli bir baskı oluşturulması neticesinde, daha derin dilimler halinde kazı yapmak da mümkün olmuştur.

Geçmişten günümüze sabanlar ile su jetleri ve martopikör gibi makinaların beraber kullanılması konusunda bazı araştırmalar yapılmıştır (Aktaş, 1986). Fakat beraber kullanılmalarının getirdiği bazı zorluklardan dolayı çok fazla uygulama alanı bulamamıştır.

Sabanlı kazının diğer kazı tekniklerine göre birçok avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Yüksek damar eğimlerinde kolaylıkla kullanılabilmesi
- İnce damarlarda kullanılabilmesi
- Ondülasyonlu damarlara uyum sağlayabilmesi
- Daha az yatırım gerektirmesi
- Üretilen kömürün iri parçalı oluşu
- Daha az toz oluşturması
- Otomasyona uyum sağlayabilmesi
- İş sağlığı ve güvenliği açısından avantajlı olması

Kömür sabanı ile kazısı uygun olan ince kömür damarlarında yapılan kazılar, diğer mekanize kazılara kıyasla daha ekonomik olabilmektedir. 1,5-1,7 m damar kalınlıklarındaki kömür kazılarında aynı şartlarda kıyaslama yapıldığında benzer tam mekanize kazı sistemlerine oranlara maliyetler %19 düşüktür (Gondek ve diğ., 2011). Günümüzde sabanlar tam mekanize ve otomasyon sistemleri ile beraber kullanılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Tam mekanize kazı sistemi (Cat.com., 2017)
Figure 3. Fully Mechanized Excavation System

Kazma, yükleme, taşıma ve tahkimat işlemlerinin beraber yürütüldüğü sistemlere uyumlu olduklarından dolayı ince ve eğimli damarlarda tercih edilmeye başlanmışlardır.

Kömür Sabanı Tipleri (Types of Coal Plow)

1990'lı yılların ortalarına doğru dünyada artık yalnızca iki tipte saban üretilmeye başlanmıştır. Taban plakası üzerinde hareket eden koparıcı saban (Reisshakenhobel) ve konveyörün üzerindeki çelik kısım üzerinde hareket eden kayıcı saban (Gleithobel). 1956 yılında koparıcı sabanın (Reisshakenhobel) ilk prototipi olan saban Westfalia Luenen ve daha sonra Beien Company tarafından geliştirilmiştir.

1960 yılında ise taban plakası üzerinde hareket yerine bir rampa üzerinde kayan ve kayıcı saban (Gleithobel) olarak adlandırılan sabanın prototipi olan saban Westfalia Luenen firması tarafından üretilmiştir. 1963 yılında ilk kayıcı saban üretilmiştir. 1947 yılına kadar sabanlar halat ile çekilirken, 1947 yılından sonra zincir kullanılmaya başlanmıştır.

Koparıcı Saban - Reisshakenhobel (Base Plate Plow)

Koparıcı sabanın (Reisshakenhobel) tabanı konveyör altında hareket eden çelik bir levhaya tutturulmuştur. Bu çelik levha zemindeki eşitsizliğini düzeltmeyi sağlamaktadır. Sağlam taban taşıma ve düşük dayanımlı kömürlerde uygundur. Göçük tarafındaki zincirlere ulaşım daha kolay olduğu için ince damarlarda daha verimlidir (Şekil 4, 5a ve 5b). Genellikle ince kömür damarları ve yumuşak kömürler için dizayn edilmişlerdir. Fakat diğer damar koşullarına göre farklı şartlarda da kullanılabilirlerdir.

Koparıcı sabanın en önemli özelliği sonsuz zincirin ve saban motorlarının konveyörün ayak arkasına bakan kısmına yerleştirilmiş olmasıdır. Saban gövdesine bağlı menteşeli bir taban plakası konveyörün altından geçerek diğer kenarda çekme zincirine bağlanmaktadır. Çekme ve dönüş zincirleri konveyör kenarına bağlı kapalı kanallar içinde hareket etmektedir.



Şekil 4. Koparıcı saban (Ostroj.cz., 2017),
Figure 4. Base Plate Plow (Ostroj.cz., 2017)



Şekil 5a. Koparıcı saban (Cat.com., 2017),
Figure 5a. Base Plate Plow (Cat.com., 2017),



Şekil 5b. Koparıcı saban (mackina-westfalia.com., 2017),
Figure 5b. Base Plate Plow (mackina-westfalia.com., 2017),

Koparıcı saban sisteminde taban kazı seviyesinin korunması daha başarılı olurken ayrıca az sayıda keski kullanılır. Böylece arna uygulanan kuvvet, izafi olarak daha büyük olmaktadır. Koparıcı sabanın

boyutları diğer tiplere göre daha küçüktür. Arın tarafındaki gövdesi daha dardır. Böylece daha küçük tahkimatsız bir alanda kazı yapabilmektedir. Bu nedenle, zayıf tavan şartları için önemli bir üstünlük sağlamaktadır.

Daha çok yumuşak ve orta sertlikteki kömür damarları için geliştirilmiş olan koparıcı saban 1970'li yıllarda Almanya'da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde daha da geliştirilen bu tip sabanlar, damar özelliklerine göre 0,6 metreden 1,6 metre damar kalınlığına ve 60° eğime kadar kullanılabilirler. İlerleme hızları 2,5 m/sn ve kesme derinlikleri 19 cm'ye kadar çıkmıştır.

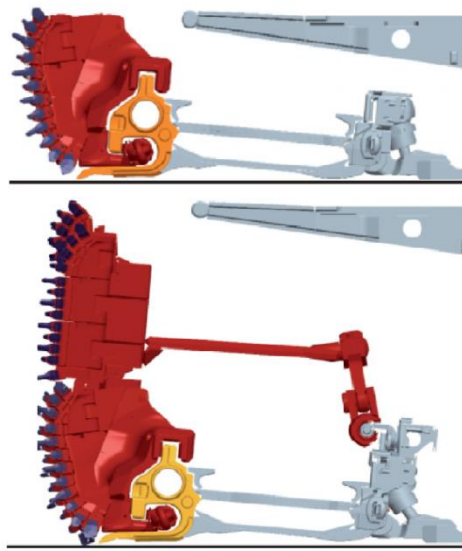
Kayıcı Saban – Gleithobel (Gliding Plow)

Saban gövdesine bağlı menteşeli bir taban plakası konveyörün altından geçerek diğer kenarda çekme zincirine bağlanmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda koparıcı saban sistemlerinde taban ile konveyör arasında hareket eden taban plakasının yüksek sürtünme kuvvetlerine neden olduğu, çekme kuvvetlerinin çoğunluğunun bu sürtünmenin yenilmesinde ve kazılan kömürün konveyöre yüklenmesinde harcandığını ortaya çıkarmıştır. Bu sorunlar kayıcı saban sistemlerinin geliştirilmesi fikrine neden olmuştur. 1960'lı yıllarda geliştirilen kayıcı sabanda taban plakası kaldırılmış, böylece sürtünme için harcanan kuvvet azaltılarak kesmeye daha fazla kuvvet sağlanmış ve daha sert kömürlerin kesilmesi mümkün olmuştur.

Kayıcı saban, konveyörün ayak tarafındaki kısmının üzerindeki eğimli çelik plâka üzerinde kaymakta ve sabanı çeken zincir bu plaka içinde oluşturulan kanallar içinde hareket etmektedir. Ayarlanabilir alt kesici bıçaklar ve ayak gerisine bakan kısma yerleştirilmiş hidrolik pistonlar sayesinde taban kazı seviyesi kontrol edilebilmektedir.

Kayıcı saban (Gleithobel) arın tarafındaki zincir hareketi, çelik plâkalar üzerinde kayarak hareket etmesi ve sınırlandırılmış kesme derinliği, dolayısıyla sürtünme kayıplarının azalması sonucu, tesis edilen enerjinin daha büyük bir kısmının keskilere gelmesine olanak vermektedir. Ayrıca saban geçişinde oluşun kalkmaması gibi avantajları bulunmaktadır. Kayıcı saban (Gleithobel) sürtünmeden dolayı oluşan enerji kayıplarının daha az olması ve dolayısıyla sert formasyonlarda da kullanılabilmesi nedeniyle, günümüzde daha fazla tercih edilen bir saban türü olmuştur. Buna rağmen günümüzde bu iki tip sabanın da üretimi halen devam etmektedir.

Kayıcı sabanın yeraltında şartlara bağlı olarak dizaynının değiştirilebilmesi büyük avantaj sağlamaktadır. Kesici kafa üzerine ek kesici kafalar eklenerek kesme yükseklikleri artırılıp azaltılabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Kesici kafanın modifiye edilmesi (Cat.com., 2017)

Figure 6. Modification of the cutting head(Cat.com., 2017)

Bu sistemde konveyörün altından kömür arınına kadar uzanan bir kayma plakası bulunmaktadır. Kayıcı saban sisteminin bazı avantajları aşağıda sunulmuştur.

- Emniyet ve sağlamlığı nedeniyle özellikle çok eğimli damarlar için avantajlı olmaktadır.
- Belirlenen bir derinlikte kesme yapabilmektedir.
- Taban kazısı kontrolü kolaylıkla yapılabilmektedir.
- Taban plakası çelik plaka üzerinde kaydığından, sürtünme kuvveti nedeniyle kayıp daha az olmaktadır.

Kayıcı saban genellikle orta sert ve sert kömür damarları için geliştirilmiştir. Günümüzde daha da geliştirilen bu tip sabanlar, damar özelliklerine göre 0,8 metreden 2,3 metre damar kalınlığına ve 60° eğime kadar kullanılabilirler. İlerleme hızları 3,6 m/sn'ye ve kesme derinlikleri 21 cm'e kadar çıkmıştır (Şekil 7 ve 8).

Geliştirilen bu iki sabanın en önemli farkları; kayıcı sabanda, (Gleithobel) sabanı çeken zincir arın tarafında ve aynı zamanda konveyörün üzerinde hareket etmektedir. Koparıcı sabanda (Reisshakenhobel) ise sabanı çeken zincir ve saban motorları göçük tarafında olup, saban konveyörün altındaki taban plâkası üzerinde hareket etmektedir.



Şekil 7. Kayıcı saban (Zmgs.cn., 2017),

Figure 7. Gliding Plow (Zmgs.cn., 2017),

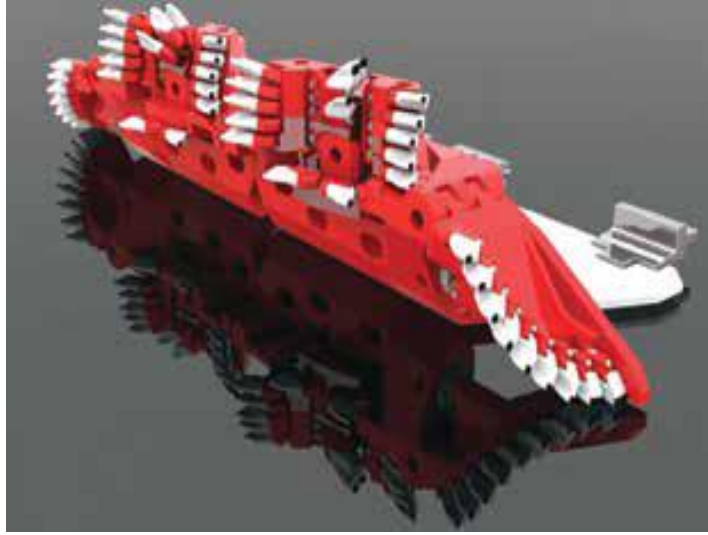


Şekil 8. Kayıcı saban (Cat.com, 2017),

Figure 8. Gliding Plow (Cat.com, 2017),

Taban plakalı kayıcı saban (Kılıç tipi), (Gliding Plow with floor plate)

Taban plakalı kayıcı saban son yıllarda geliştirilmiş olup, Gleithobel ve Reissshakenhobel sistemlerinin özellik ve avantajlarını birleştiren bir sabandır. Bu sistemde konveyörün altından kömür arınına kadar uzanan bir kayma plakası bulunmaktadır. Bu kayma plakasının ucu kömür arınına dayanarak, kayıcı sabanda olduğu gibi belirli bir derinlikte kesme yapılmasını sağlamaktadır. Koparıcı sabanda olduğu gibi, saban gövdesine bağlı bir taban plâkası, konveyör altı ile kayma plâkası arasında kaymakta olup, sonsuz zincir konveyörün ayak gerisine bakan kısmındaki kanallar içinde hareket etmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Taban plakalı kayıcı saban (halbach-braun.de, 2017),

Figure 9. Gliding Plow with floor plate(halbach-braun.de, 2017),

KÖMÜR SABANI SEÇİMİ (SELECTION of COAL PLOW)

Kömür sabanlarının seçiminde birçok faktör etkilidir. Örneğin, kömür sertliği, tavan ve taban şartları, ayak eğimi, ondülasyonlar, tavan basıncı seçimde önemli rol oynarlar. İnce kömür damarlarında tamburlu kesicilere nazaran daha avantajlı olmaları nedeniyle sabanlar günümüzde birçok kömür madeninde kullanılmaya başlanmıştır (Tang, 2011). Ayrıca sabanlar, otomasyon sistemine uyum sağlayabilmesi sayesinde kömür sertliğine göre kesme hızı parametrelerini ayarlayarak kesme performansını artırabilmektedir. Ayrıca uzaktan kumanda ile yönetilmesi sayesinde ortamda operatörün bulunmasına gerek olmaması nedeniyle iş güvenliği açısından büyük avantajlar sağlamaktadır.

Kömür sabanının seçiminde birçok parametre birden değerlendirilmelidir. İlk olarak tamburlu kesici-yükleyici makine ile artıları ve eksileri analiz edilmelidir. Sabanın uygun olduğuna karar verildiği takdirde, sabanın kullanılacağı madenin fiziksel özellikleri, iş güvenliği şartları, kömürün mekanik özellikleri, jeolojik yapı, su durumu, süreksizlik durumları, damar eğimi, tavan ve taban şartları gibi durumlar analiz edilerek hangi tip sabanın maden için uygun olduğuna karar verilmelidir. Son olarak da, bu saban tipini üreten firmalar içerisinde uygun olan model seçilmelidir. Günümüzde saban üretimi yapan uluslararası firma sayısı çok azdır. Az sayıdaki bu üretici firmaların isimleri ve internet adresleri Çizelge 1’de verilmiştir. Araştırmacı ve uygulayıcılar kömür madenlerinde saban ile kazının uygun olduğuna karar verdikten sonra bu firmaların portföyünde bulunan tiplerden seçim yapacaklardır. Fakat dikkat edilmesi gereken en önemli husus işletmenin kaya madde ve kütle özellikleri ile işletmenin diğer şartlarına (eğim, su durumu, tavan basıncı vb) uygun seçilmesidir. Genel

seçim kriterleri için Şekil 10'daki diagramdan yararlanılabilir. Fakat ayrıntılı bir seçim için yukarıda belirtilen şartların belirlenerek seçilmesi çok önemlidir.

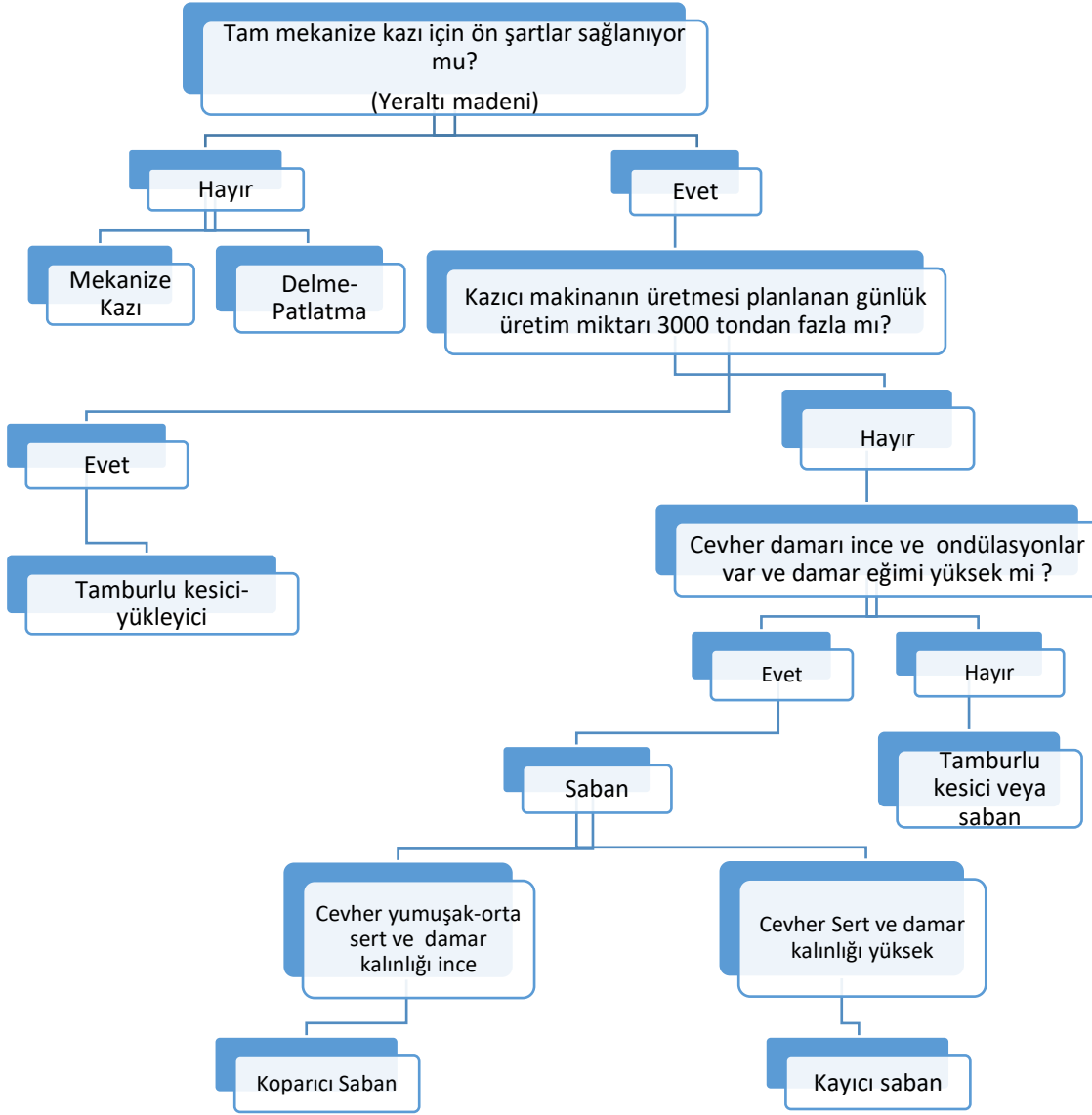
Çizelge 1. Günümüzde kömür sabanı üretimi yapan uluslararası firmalar

Table 1. International companies that produce coal plows today

Firma Adı	Web Adresi
Caterpillar	www.cat.com
Ostroj	www.ostroj.cz
Zhangjiakou Coal Mining Machinery	www.zmgs.cn
Halbach & Braun	www.halbach-braun.de
Mackina-Westfalia	www.mackina-westfalia.com
Svet Shakhtyora	www.shaht.kharkov.ua

SONUÇ ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Günümüzde artan nüfus, teknolojik gelişme ve üretim ihtiyacına paralel olarak tam mekanize kazı sistemi son yıllarda vazgeçilmez bir duruma gelmiştir. Özellikle enerjiye olan talebin gün geçtikçe artmasıyla, kömür üretiminin daha ekonomik ve büyük miktarlarda yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, kömür üretiminde tam mekanize kazı sistemine geçiş süreci hızlanmış, hatta otomasyon sistemi kullanımına doğru bir eğilim gelişmiştir. Son yıllarda kömür üretiminde sabanların kullanımı tekrar artmaya başlamıştır. Kalın kömür damarlarının dünyada azalmaya başlaması nedeniyle, ince-orta kömür damarlarının ekonomik olarak kazanılması önem kazanmıştır. Orta ve ince kömür damarlarında (0,6-2,3 m) sabanların kullanımı gün geçtikçe artmaya devam edecektir. Çünkü günümüzde kömür kazısında kullanılan kazıcı makineler içerisinde ince ve ondülasyonlu damarlara en iyi uyum sağlayan kazıcı makine sabandır. Ayrıca 60°'ye kadar eğimli olan damarlarda bile kullanılabilir olması diğer kazıcı makinalara en önemli üstünlüklerinden bir tanesidir. Dünyada kalın kömür damarlarının zamanla azalmasına bağlı olarak sabanın önemi de beraberinde artacaktır. Sonuç olarak yumuşak ve orta sert kömür madenlerinde ve ince ve orta yükseklikteki damarlarda saban kullanımı günümüzde giderek artmakta ve artmaya devam edecektir.



Şekil 10. Kömür sabanın seçimi için oluşturulan hiyerarşi diyagramı

Figure 10. Hierarchy diagram for the selection of coal plow

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Altındağ, R., Güney, A., 1994, "Dünya'da ve Türkiye'de Uzun Ayak Kömür Madenciliğinde Mekanizasyonun Rolü", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi 15.Yıl Sempozyumu*, 391-397.
- Aktaş, H., 1986, "Hidromekanik Kazıda Gelişmeler", *Madencilik*, Haziran, Cilt: 25, Sayı: 2, ss. 17-23.
- Beitler, S., Holm, M., Arndt, T., Mozar, A., Junker, M., Bohn, C., 2013, "A Shield-Data-Based Horizon Control Approach for Thin Seam Coal Mining Utilizing Plow Technology", *2013. Proceedings of the 30th ISARC*, Montréal, Canada, 955-962.
- Bilgin, N., Copur, H., Balci, C., 2014, *Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries*, CRC Pres, Taylor & Francis Group, London Newyork. ISBN: 13: 978-1-4665-8475-4, 355p.

- Bilim, N., 2007, *Çayırhan Yeraltı Kömür Ocağında Kazı Makinalarının Performanslarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi*, Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 270s.
- Bilim, N., 2016. "Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretimindeki Dışa Bağımlılığın Azaltılması İçin Uygulanması Gereken Politikalar", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi (SUJEST)*, Cilt: 4, Sayı: 2, ss. 145-154.
- Cat.com, 2017. http://www.cat.com/tr_TR/products/new/equipment/underground-longwall/plows.html
- Demirtaş, L., 2017., *Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) Aylık Enerji İstatistikleri Raporu-4*, Nisan 2017".
- Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu, 2014, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2015.
- EIA, 2016, *International Energy Outlook 2016*, U.S. Energy Information Administration (EIA), DOE/EIA-0484 (2016) May 2016, 276p.
- Eskikaya, S., 1969, *Kömür İstihsalinde Kazı Mekanizasyonu*, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 212s.
- Gondek, H., Frydryšek, K. Ševčík, A., 2011, *Mining Machines in Technical Practice (Short Introduction)*, VŠB– Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, 102s.
- Halbach-braun.de, 2017. <http://www.halbach-braun.de/index.php/de/produkte>
- IEA (International Energy Agency), 2015, *Electricity Information*, 2015, 11 s.
- Karakış, E., 2015, *Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) Aylık Enerji İstatistikleri Raporu*, Eylül 2015, 10 s.
- Kekeç, B., Bilim, N., 2014, "The Importance and State of Coal Industry in Turkey's Energy Policy", *31st Annual International Pittsburgh Coal Conference 2014 (PCC 2014)*, Pittsburgh, USA, 928-946, 6-9 October 2014.
- Mackina-westfalia.com, 2017, <http://www.mackina-westfalia.com/en/mining-products/cut/s3g-plough-2.html>
- Myszkowski, M., Paschedag, U., 2008, *Longwall Mining in Seam of Medium Thickness– Comparisons of Plow and Shearer Performance Under Compareable Conditions*, Lünen, Germany:Bucyres.
- Ostroj.cz, 2017, OSTROJ a.s. Coal Plough Systems. <http://www.ostroj.cz/en/coal-plough-systems>
- Paschedag, U., 201., *Plow Technology- History and Today's State of the Art*, *International Mining Forum*, New Techniques and Technologies in Thin Coal Seam Exploitation, 1-14.
- Paschedag, U., 2014, *Plow Technology - History and the State of the Industry*, *Caterpillar Global Mining*, Mining.cat.com, 17s.
- Şimşir, F., 1995, "Sabanlı Uzunayaklarda Yol-Kontrollü Öteleme Yönteminin İrdelenmesi", *Madencilik*, Cilt: 34, Sayı: 4, ss. 3-10.
- Tang D. X., 2011, "Operational Experiences of Automated Plow Systems in Tiefsa, China", *Proceedings of the International Mining forum 2011*, Bogdanka, Poland, 29-35, November 2011.
- Zmgs.cn. 2017. <http://www.zmgs.cn/wy/products/plough.asp>