

Yeraltı Sert Kaya Madenciliğinde Otomasyon ve Kiruna Madeni' ndeki Uygulaması

E. Topal

Dicle Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

ÖZET: Maden şirketleri kar ve rekabet edebilme konusunda sürekli baskı altında olduğundan ve yeraltı haberleşme sisteminin gün geçtikçe daha fazla tatmin edici olmasından dolayı maden ekipmanlarının otomasyonu çok hızlı bir şekilde gelişmektedir. Yeraltı madenciliğinin otomasyonunun bazı önemli faydalarını şöyle sıralayabiliriz; çalışma ortamının emniyet ve sağlık yönünden iyileşmesi, işçi maliyetlerinin azaltılması ve ekipman kullanımının maksimum düzeye çıkartılması. Bu alanda günümüze kadar bir çok gelişme ve ilerleme kaydedilmesine rağmen hala yapılacak çok şey vardır.

Bu çalışmada maden otomasyonun faydaları ve zorluklarına kısaca değinilmiş, dünyanın en modern yeraltı madeni olan Kiruna Mine'deki otomasyon sistemi hakkında bilgi verilmiştir.

ABSTRACT: Automation of mining equipment is growing dramatically because underground communication system become more sophisticated and mining companies are under pressure to remain profitable and competitive. Some of the main benefits from underground mining automation can be classified as improvement of safety and health, reduction on the labor cost, and maximizing the use of equipment. Although there has been considerable development and progress made, more needs to be done in this area.

In this paper some of the benefits of automation, as well as challenges to be faced, are briefly reviewed. Also real world application on the underground mine automation at the Kiruna Mine, the most modern underground mine in the world, is included .

1 GİRİŞ

1940 li yıllarda maden makinelerini üreten şirketlerin ana reklam sloganı "One man, one machine" yani bir makineye bir insan İken bu günümüzde "one man, many machines" yani bir kişiye bir çok makine düzeyine ulaşmıştır. Günümüzde madenlerin otomasyonu işçi maliyetlerinin artması, çalışma ve emniyet koşullarının düzeltilmesinin gerekliliği ve ekipmanın kullanım süresinin maksimum hale getirilmeye çalışılması nedeni ile kaçınılmaz hale gelmiş ve yeraltı madenciliğinde otomasyon çok ileri düzeylere ulaşmıştır. İşçi maliyetleri ve ekipman kullanım oranı üretim maliyetini etkileyen en önemli

iki unsurdur. Bir çok ülkede, yapılan işin işçi ihtiyacına bağlı olarak, işçi maliyetleri yüksek meblağlara ulaşmaktadır. Aynı zamanda işçi sağlığı ve emniyeti de maliyeti artıran bir diğer etkidir. Özellikle yeraltı çalışma şartları işçiler için zordur. Yetersiz gün ışığı, sınırlı çalışma alanı, yerde ve havada var olan su ve özellikle derin madenlerdeki yüksek sıcaklık işçi verimini olumsuz olarak etkilemektedir. Bu gibi şartların düzeltilmesi veya iyileştirilmesinin maliyeti de yüksek olmaktadır. Aynı zamanda ekipman kullanımı da üretim maliyeti açısından önem arz etmektedir. Kullanılan ekipmanlar tüm gün boyunca aktif olarak çalışmamakta ve buna ilave olarak da işçilerin var olan tatilleri ve molaları, vardiya değişimleri (çalışma alanına ulaşım) nedeni ile de kullanılan

E. Topal

makine teorik kullanım zamanının ancak küçük bir bölümünde çalışmaktadır. Bunun sonucu olarak da makinelerin verimsiz kullanılması nedeni ile birim maliyet (örneğin her üretilmiş ton için, her metre delme veya ilerleme için), gerekenden yüksek olmaktadır.

2 MADEN OTOMASYONUNUN GETİRDİĞİ FAYDALAR

Daha öncede kısaca bahsedildiği gibi gerek yer altı gerekse açık işletmelerde otomasyon işletmeye bir çok fayda sağlamaktadır. Bunları şu ana başlıklar altında sıralayabiliriz.

- Yüksek üretim verimliliği: Vardiya değişimi, çalışma alanına ulaşım veya çalışma molası esnasında oluşan zaman kaybı otomasyon sayesinde çok aza veya hiç yok denecek seviyeye indirilmiştir. Bu sayede makinenin kullanımı günde 24 saate çıkartılmıştır. Bir vardiya veya gün boyunca çalışma verimliliği daha tutarlıdır.
- İşçi sayısındaki azalma: Bir işçi birden fazla makineyi yönelebileceği için işçi sayısında önemli miktarda azalma görülmektedir. Bu da işçi maliyetlerinin fazla olduğu ülkelerde çok büyük önem arz etmektedir.
- Çalışma ortamının emniyeti ve çalışan kişilerin çalışma koşullarındaki düzelmeye: Yeraltında çalışan işçiler sürekli olarak kaya düşmesi, kaya patlaması, zehirli gaz tehlikesi ite ve yüksek sıcaklık, nem, toz, titreşim, gürültü gibi rahatsızlık veren olgularla karşı karşıyadır. Otomasyon sayesinde bu ortamda çalışan işçilerin yeryüzüne yada daha konforlu bir ortama taşınması sonucu bu tehlikeler minimuma indirgenmiş olmaktadır.
- Tamir bakım masraflarındaki azalmalar: Otomasyonla insanla çalışan makineler karşılaştırıldığında otomasyon, daha düzenli bir çalışma ortamı ve mevcut enerji ve makinelerin daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

3 DÜYADAKİ ÇEŞİTLİ YER ALTI MADENLERİNDE OTOMASYON UYGULAMALARI

Günümüzde artık yer altı madencilğinde otomasyon ileri düzeylere ulaşmıştır. Kuzey Amerika'da, Avrupa'da ve Avustralya'da teleoperated veya

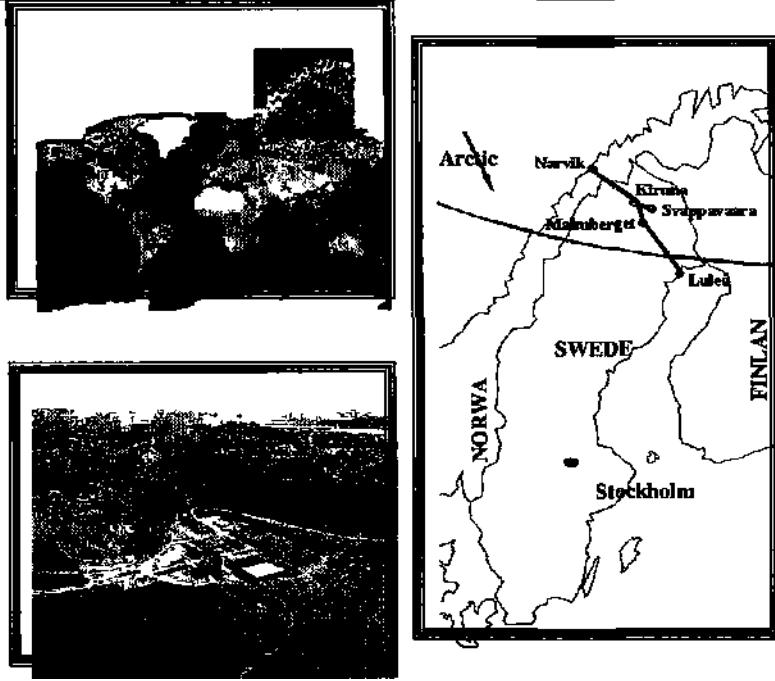
telerobotik olarak çalışan makineler mevcuttur. Teleoperated makinede operasyon işlemi başka bir kişi tarafından yönetilmektedir. Telerobotik sistemde ise operasyon işlemi tamamen makinenin kendisi tarafından yönetilmektedir. Örneğin Kiruna Maden'inde kullanılan delik delme makinesi teleoperated'tir, çünkü delici makine yer üstünden bir operatör tarafından kontrol edilmektedir. Fakat LHD ise telerobotiktir çünkü taşıma ve boşaltma işlevi tamamen otomatik olarak LHD tarafından yapılmakta sadece LHD nin yükleme işlemi teleoperated'tir.

Otomasyon konusunda önde gelen madenlere örnek olarak INCO's Stobie Mine Kanada, LKAB Kiruna Mine İsveç, Mount Isa Avustralya sayılabilir.

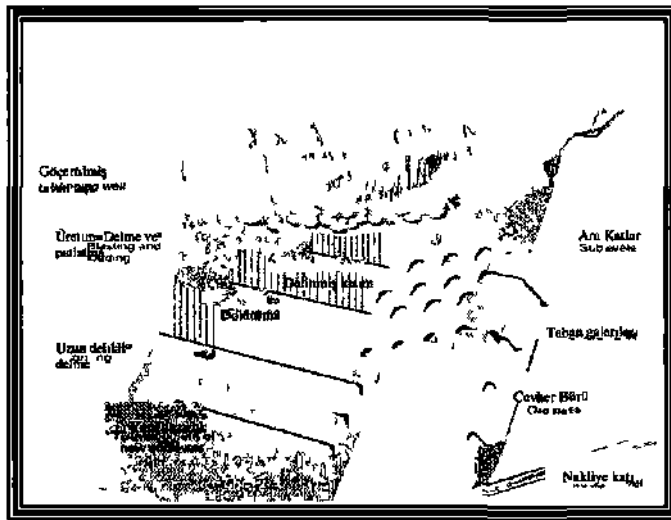
3.1 Kiruna Madeni

LKAB Kiruna Maden'i İsveç'in kuzeyinde yer alan ve 23.6 milyon ton/yıl demir cevheri üretimi ile dünyanın ikinci büyük ve en modern yeraltı madenidir. Şekil 1' de Kiruna Maden'i'nin Dünya üzerindeki yeri görülmektedir.

Cevher 4 km uzunluğunda ve 80 m kalınlığında olup yüksek terörlü magnetittir. Cevher yatağı kabaca kuzey güney doğrultusunda 60°'lik açı ile uzanmaktadır. Yaklaşık olarak %20 oranındaki cevher yüksek fosforlu D kalite cevher ve %80 i ise düşük fosforlu yüksek demir içerikli B kalite cevher olarak bulunmaktadır. Maden üretim yöntemi olarak ara katlı göçerime yöntemi uygulanmaktadır. Ara katlar arasındaki mesafe 28.5 m, rekuplar arası mesafe ise 25 m dir. Üretim galerileri 7 m genişliğinde ve 5 m yüksekliğindedir. Üretim galerilerinden yelpaze şeklinde üretim delikleri delin bu deliklerin arası 3.5 m dir. Her bir patlatmada yaklaşık 10,000 ton cevher çıkartılmaktadır. Şekil 2 de Kiruna Maden'inde uygulanan ara katlı göçertme yöntemi görülmektedir.



Şekil 1 Kiruna Madenin Lokasyon Haritası

Şekil 2 Ara Katlı Göçürme Yöntemi (www.atlasiopeco.com)

3.2 Kırna Maden' inde Otomasyon

LKAB Dünyanın en modern yeraltı madeni olarak bilinmektedir. Bunun en önemli sebebi, dünyadaki diğer demir üreten madenlerin açık işletmeyle üretim yapmasından dolayı bu madenlerle rekabet edebilmek için ton başına maliyeti indirme isteğidir.

3.2.1 LHD Otomasyonu

Şu an madende 10 tane LHD sürücüsüz olarak çalışmaktadır. Bu makinelerde sadece yükleme işlemi uzaktan-kumanda yardımı ile yapılmaktadır. Taşıma ve boşaltma işlemi tam otomatik olarak makine tarafından gerçekleştirilmektedir. Her bir üretim bölgesinde duvarlarda reflektörler bulunmaktadır. Bu reflektörlerin yerleri bilgisayarda belirlidir. LHD nin üzerinde dönen lazer bulunmaktadır. Makine hareket

ettikçe üzerindeki lazer yardımı ile reflektörlerin pozisyonunu bilgisayara söylemekte ve bundan yararlanarak da makinenin nerede olduğu bilinmektedir. Bu bilgiler saniyede 40 defa yenilenmektedir. Bu sayede makine 20 km/saat hıza kadar çıkabilmektedir. Bu hız da normal olarak makinenin operatör tarafından sürülmesinde gideceği en yüksek hızdır. Yükleme esnasında kumanda eden operatörün yükleme bölgesini tam görebilmesi için, her bir yükleyicinin üzerinde beş tane kamera bulunmaktadır. Operatör kumandayı hareket ettirdiğinde bu işlevin makine tarafından algılanması 2 sn* nin altında gerçekleşmektedir. Bu makineler günde 22 saat çalışmaktadır. Bu rakam manual olarak çalıştırılan bir LHD için sadece 11 saattir. Şekil 3 de Kırna' da kullanılan 25 tonluk Tamrock Toro 2500 E LHD modeli görülmektedir. Bu sistem sayesinde bir işçi üç veya dört tane makinayı aynı anda yönelebilmektedir.



Şekil 3. 25 Tonluk Tamrock Toro 2500 E LHD Modeli

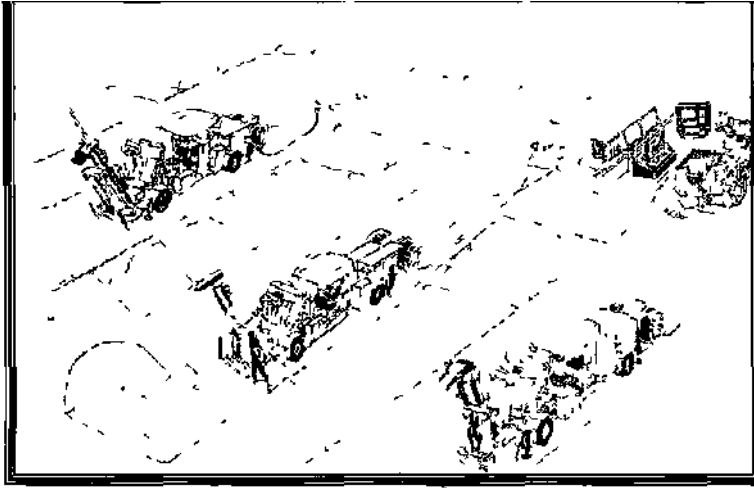
3.2.2 Delme İşleminin Otomasyonu

İlk olarak 1997 yılında Atlas Copco şirketinin yaptığı Simba W469 delme makinesi Kırna' da kullanılmaya başlanmıştır. Bu makineyi kullanıcı, 3 km uzaklıktan, bir kontrol paneli, bir TV monitörü ve birde kumanda yardımı ile yönetmeyi başarmıştır. Makineyi kullanan operatör ve tamir bakım teknisyeni, istediği zaman makinenin çalışma koşullarından, makinenin tamir bakımı ile ilgili tüm bilgilere kadar anında ulaşabilmektedir. Bunu bir

bilgisayar sistemi olan kablosuz yeraltı haberleşme sistemi (WUCS) yardımı ile yapmaktadır. Şu an madende altı tane bu makineden mevcuttur ve üretim deliklerinin tümü bu makinelerle delinmektedir. Şekil 4 de delme işleminin nasıl kontrol edildiğini göstermektedir.

Kullanılan delik delme makinesi otomatik olarak delik delme işlemini ve yapılması gerekli işlem zincirini kontrol etmekte, aynı zamanda kontrol odası ile tam bir temas halinde olup delik delme paternini elle değiştirme olanağı da

sunmaktadır. Günlük üretim verilerini de anında Maden* inde kullanılan tam otomatik Simba W469



Şekil 4. Uzaktan kumandalı deldik delme makinesi



Şekil 5. Tam otomatik delik delme makinesi Simba W469 At Us Corpco

3.2.3 Lokomotif Otomasyonu

Üretim bölgesinden gelen cevherin nakli 1045 m deki ana nakliye galerisinden dokuz tane lokomotif ve toplam 185 tane vagon ile yapılmaktadır, tik olarak sürücüsüz tren kullanımına 1970 yılında başlanmıştır. Bu trenler 24 saat çalışmakta ve her biri 500 tonluk cevher taşımaktadır. Trene yükleme işlemi TV monitörü yardımı ve kumanda ile yapılmaktadır.

4 MADENCİLİKTE OTOMASYONUN GELİŞİM TRENDİ

Artık günümüzde bir operatör makinelerden ayrı olarak kontrol odasında temiz ve konforlu bir ortamda üç-dön iane makineyi aynı anda kullanabilmektedir.

Scoble ve Daneshmend' a göre gelecekteki madencilik 'sürdürülebilir kalkınma' olarak adlandırılan temele dayanmalıdır, 'sürdürülebilir kalkınma' kısaca gelecek jenerasyonların ihtiyacını kurban etmeden bu günkü jenerasyonun ihtiyacını karşılanması işlevidir. Bunun gerçekleştirilmesinde çevresel ve sosyal faktörler önemli rol oynamalı fakat ekonomide unutulmamalıdır. Bu bağlamda madenlerin otomasyonu büyük önem taşımaktadır. LHD otomasyonundaki bir sonraki basamak daha öncede bahsedildiği gibi yükleme işleminin otomatik olarak yapılabilmesidir. Bunun yapılabilmesi için çeşitli çalışmalar devam etmektedir (Steele, 1998, Luengo et al 1998).

Madenlerin otomasyonundaki temel gaye aslında ekonomidir. Yani ton başına üretim maliyetini azaltarak gelir marjını yükseltmektir. Otomasyon konusunda yeraltı madenciliği açık işletme madenciliği ile karşılaştırıldığında, yeraltı madenciliği bazı kısıtlamalara sahiptir. Örneğin açık işletmelerde kullanılan kamyon kapasitesini sınırlayan faktörler tekerlek taşıma kapasitesi ve kamyon transmisyonudur. Eğer bu sorunlar çözüldüğünde ve GPS (Global Positioning Sistem) yardımı ile günümüzdeki taşıma kapasitelerinin çok daha üzerine çıkılabilir. Fakat yeraltı işletmelerini göz önüne aldığımızda, makine kapasitesinin artırılması, daha geniş galerileri ve daha fazla havalandırma maliyetini getirecektir. Bu sorun maden derinliği artıkça daha da artacaktır. Böylece uygulanan sistemin ekonomikliği de azalacaktır. Bu yüzden gelecekte otomasyon konusunda açık işletme madenciliği yeraltı madenciliğine göre daha elverişli bir konumda olacaktır.

S SONUÇLAR

Artık günümüzde eski klasik yaklaşım olan bir makineye bir insan yerine bir insana birkaç makine olgusu yerleşmeye başlamıştır. Fakat bu Lektolojik gelişim prosesi henüz maksimum noktaya ulaşmamıştır. Gelecekte, bir kişiye farklı makineler veya bir kişiye bir üretim sistemi olgusu gelişecektir. Bunun anlamı bir operatör yer yüzünden aynı anda delik delme makinelerini, LHD' leri, kamyonları veya trenleri yönetebilecektir. Bu 21. yüzyılda yeraltı madenlerinin otomasyonundaki gerçek vizyon olmalıdır. Bunu artık teknik olarak günümüzde yapmak mümkündür ve bu yeraltı madenciliğini daha üretken ve rekabetçi yapacaktır.

KAYNAKLAR

- Hartwig, S., Mueller, C.,1999 "Totally Remote Controlled Production Drill Rigs al LKAB: Experience from the first year of remote operation and consequence for future machine teleoperation" *5th International Symposium on Mine Mechanization and Automation*, Sudbury, Canada.
- Kallio, P., Puputti, J., Honkanen, J., Paraszcak, J., "High Reliability-A Challenge for the Development and the Maintenance of Automated Mining and Construction Equipment" Tamrock Technology Center, Finland.
- Luengo, O., Sjngh, S., and Cannon, R, 1998, "Modeling and Identification of Soil-tool Interaction in Automated Excavation, in: Proc." *IEEE/RSJ International Conference of Intelligent Robotic Systems*.
- Morrison, D.M., "Infrniaiion Technology, Automation and Global Mining" Golder Associates Sudbury, Canada.
- Scobie, M., & Daneshmend, L.K.. 1998. "Mine of the Year 2020:Technology and Human Resources", *CIM Butlerin, Vol. 91*.
- Steele, J.P., Debrunner, T., Vincent, T., Mark, W.. 2001. "Robotics for Underground Hardrock Mining: What have we got so far, where do we go from here" *Society of Mining Engineering SME Annual Meeting*, Salt Lake City, Utah, USA.
- Topal, E, 2002. "Mine Automation System at Kırna Mine" Graduate seminar at Colorado School of Mines, Mining Engineering Department. Golden, CO USA.
- Topal, E, 2001. Davetli Araştırmacı Mühendis olarak Kırna Maden' inde Yapılan 3 Aylık İnceleme. <http://www.ikab.com>. <http://www.ailascopco.com>.