

## AAÇIK İŞLETMELERDE OTOMASYON İÇİN GPS

### GPS FOR OPEN PIT MINE AUTOMATION

B.ELEVLİ

Cumhuriyet Üniversitesi,Maden Mühendisliđi Bölümü,Sivas

A.DOĐAN

Cumhuriyet Üniversitesi,Maden Mühendisliđi Bölümü,Sivas

**ÖZET:** Madencilikte artan rekabet, azalan rezervler ve tenörler ile çevre korumasıyla ilgili yasal düzenlemeler gibi etkili faktörler sürekli olarak üreticileri üretim maliyetlerini düşürmeye zorlamaktadır. Üretim maliyetlerini düşürmek için maden işletmelerinde mekanizasyon ve otomasyon teknolojilerden her geçen gün biraz daha fazla yararlanılmakta olup, araştırmalar bu konularda yoğunlaşmaktadır. Askeri amaçlı olarak geliştirilen GPS teknolojisinin sivil alanda kullanıma açılması, açık maden işletmelerinde bu teknolojiye dayalı yer belirleme ve yönlendirme sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu teknolojiye dayalı yer belirleme ve yönlendirme sistemleri, ileri aşamalarda otomasyon olarak sağlanacak bir alt yapı oluşturmaktadır. Geliştirilen ve geliştirilmekte olan yer belirleme ve yönlendirme sistemleri, açık işletmelerin temelini oluşturan delicilerin, yükleyicilerin, kamyon ve diğer yardımcı ekipmanların verimlerinin önemli oranlarda artırılmasına ve maksimum fayda elde edilecek şekilde organize edilmesine imkan tanımaktadır. Bu çalışmada GPS teknolojisi anlatılmakta ve açık maden işletmeciliğinde uygulanma alanları ile elde edilecek olan faydalar tartışılmaktadır.

**ABSTRACT:** Increasing competition, decreasing reserves and grades, and environmental legislation in mining industry, forces the producer to lower their production cost. In order to decrease production cost, operations takes more and more benefits from the mechanisation and automation technologies, and focus on the implication of these technologies. After the permission for civilian uses of GPS technologies which is developed for military purposes, based on this technology positioning and navigation systems have been developed for open pit mine equipment. These systems will eventually lead to automation. Application of positioning and navigation systems has resulted in productivity increase of driller, excavator, truck and auxiliary equipment. Also systems enable engineer to organise these equipment for maximum utilisation. In this study, GPS technology is introduced. Then, utilisation of this technology in open pit mines and available benefits from it have been discussed.

## 1. GİRİŐ

Günümüzün yüksek rekabetli uluslararası madencilik endüstrisinde, düşük maliyetli üreticiler pazar payının büyük bir kısmına sahip olmaktadır. Pazardan pay kapmak suretiyle rekabet ortamında varlığını sürdürme yansı, işletmelerin üretim maliyetlerini düşürmek için yeni teknolojileri üretimin değişik safhalarına uyarlamalarına yol açmaktadır. Üretim maliyetlerini azaltmaya yönelik teknolojik uygulamalar yeraltı ve açık maden işletmeleri için detayda farklılık göstermekle beraber, genelde mekanizasyon ve otomasyon kapsamında mütala edilmektedir.

Açık-işletmelerde, teknolojik gelişmeler sonucu kullanılmaya başlanan işletme-içi kırıcı(in-pit crushers) ve konveyörler, büyük kapasiteli kamyonlar, bilgisayarlı kamyon atama sistemleri ve tek kişilik haritalama ekipmanları verim artışı ve

maliyetlerin düşmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Bu gelişmelere ilaveten son yıllarda sivil kullanımına müsade edilmiş Global Positioning Systems(GPS) teknolojisine dayalı sistemler çok yakın bir gelecekte açık işletme madenciliğinde çok önemli bir yer tutacaktır.

Açık maden işletmeciliğinde GPS teknolojisinden yararlanılabilecek açık işletme üretim safhaları başlıca üç ana gruba bölünebilir (Peck ve Hendricks ,1997). Bunlar;

- Topografik alanlar,
- Hareketli ve sabit ekipmanların yerini belirleme,
- Ekipmanlara rehberlik etme ve kontrol.

GPS teknolojisinin bu alanlarda nasıl kullanıldığı ve elde edilebilecek faydaların neler olabileceği, GPS teknolojisinin genel tanımı yapıldıktan sonra daha

iyi anlaşılabilir. Bu nedenle öncelikle GPS teknolojisi anlatılacak, daha sonra açık işletmelerde uygulama alanları tartışılacaktır.

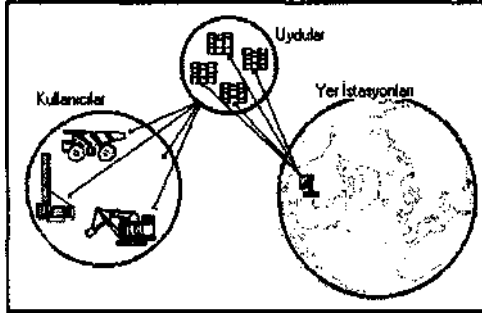
## 2. GPS SİSTEMİ

### 2.1. Genel

GPS, dünyanın her yerinde oldukça hassas olarak konum(koordinat) belirlemeye yarayan, uydu-tabanlı radio yönlendirme sisteminin genel adıdır. Bu sistemin özünde A.B.D. savunma bakanlığının "Navigational Satellite Timing and Ranging (NAVSTAR)" uyduları ile Rusya'nın "Global Navigation Satellite System (GLONASS)" uydularından gelen sinyallerden faydalanmayı ifade etmektedir. Şu anda dünyanın yörüngesinde NAVSTAR'ın 24 adet ve GLONASS'ın 24 adet olmak üzere toplam 48 adet uydu vardır. Her iki sistemdeki uydular zaman ve hava şartlarından bağımsız olarak dünyayı kapsamaktadırlar (Trimble; Chadwick 1998). Bu uydulardan oluşan sistemden faydalanmak için herhangi bir ücret söz konusu olmayıp sadece uydulardan gelen sinyalleri algılama ve değerlendirme kapasitesi olan alıcıya sahip olmak yeterlidir. Ancak piyasada yaygın olarak bulunan alıcılar, NAVSTAR uydularının sinyalleri algılayabildiği için GPS sistemi NAVSTAR ile özdeşleşmiş olup artık NAVSTAR ifadesi yerine GPS kullanılır olmuştur. Söz konusu alıcılar içinde *GPS alıcısı* ifadesi yerleşmiştir.

GPS başlıca üç ana parçadan meydana gelmektedir (Şekil 1).

- Uydular(uzay parçası),
- Yer istasyonları (Kontrol istasyonları)
- Kullanıcılar(yer parçası)



Şekil 1:GPS'inParçaları(Richards, 1997)

*Uydular*, Bazen insan yapımı yıldızlar olarak adlandırılmakta olup, yeryüzünden ortalama 20000 km mesafededirler. Yaklaşık olarak 5m boyunda ve 870kg(yörüngede) ağırlığında olup ömürleri 7.5

yıldır. Bu uydular altı farklı yörüngede olup, dünya etrafındaki bir turlarını oniki(12) saatte tamamlarlar. Yeryüzündeki herhangi bir noktadan en az dört adet uydunun yirmidört(24) saat boyunca, rahatlıkla görülebilmesi için uyduların yörünge düzlemi, ekvator düzlemi ile 55°'lik bir açı yapmaktadır

*Yer istasyonları*; Uyduları sürekli olarak izleyerek buldukları yerin doğruluğunu ve genel durumlarını kontrol eden kontrol istasyonlarıdır. Uyduların konumlarında veya genel durumlarında herhangi bir değişiklik olduğu zaman, yeryüzünde bulunan bu kontrol istasyonları sinyaller yollayarak gerekli düzeltmeleri yaparlar. Colorado Spring, Hawaii, Ascension adası, Diego Garsia ve Kwajalein'de olmak üzere toplam beş (5) adet yer istasyonu vardır.

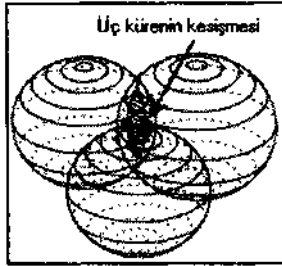
*Kullanıcılar*; Sistemin son parçası olan kullanıcılar GPS alıcısına sahip kişi veya ekipmanlar olmasına rağmen, *kullanıcı* ifadesi çoğunlukla GPS alıcısını belirtmektedir. GPS alıcıları, uydulardan gelen sinyalleri alarak buldukları noktanın koordinatlarını hesaplayan aletlerdir. Bunların ortalama boyutları 25x25x1 Ocun civarında olup daha büyük veya daha küçük boyutları mevcuttur. Ağırlıkları ise 0.5kg ile 5kg arasında değişmektedirler. GPS alıcılarının fiyatları ise hesaplama hassaslıklarına ve kullandıkları diğer yardımcı donanımlara bağlı olarak 500\$'dan başlayıp 70000-80000\$'a kadar çıkmaktadır. Bu alıcıları üreten ve satan sınırlı sayıda firma mevcuttur.

### 2.2. GPS' in Çalışma Prensipleri

GPS'den yararlanabilmek için, yeryüzünde bulunan GPS alıcılarının, en az üç adet uydudan sinyal alması gereklidir. Eğer alıcı bu sinyalleri alabiliyorsa, bulunduğu noktanın koordinatlarını hesaplaması çok kolaydır. Öncelikle, alıcı her uydudan gelen sinyalin geliş süresini hesaplar, bu geliş süresine bağlı olarak ışık hızında bilindiği için uydunun alıcıya olan mesafesi hesaplanır. Benzer şekilde diğer uydularında alıcıya olan uzaklıkları hesaplanır. Geometrik olarak her uyduda olan mesafe alıcıyı uzaydaki bir kürenin merkezine yerleştirir. Bu şekilde her uyduda olan mesafe bir küre oluşturur. Sanal olarak oluşan üç küre birbirlerini iki noktada keserler ve alıcı bu iki noktadan birinde bulunmaktadır. Bu iki noktadan biri genellikle gerçek dışı bir koordinat olacağı için doğru koordinatların hangisi olduğu bilinir(Şekil2).

GPS sisteminde bulunan uydular, iki grup sinyal yollarlar. Birinci grup askeri amaçlı olup PPS (Precise Positioning Service = Hassas Pozisyon

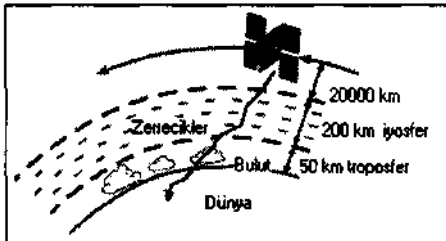
Servisi) olarak adlandırılır. PPS sinyali 1227.6 MHz'de L2 frekansı (P-kodu) olarak bilinir. İkinci grup sinyal sivil kullanım için olup SPS (Standart Positioning Service = Standart Pozisyon Sevisi) olarak adlandırılır. SPS sinyali 1575.42 MHz'de L1



Şekil 2: GPS'in koordinat hesaplaması(Trimble )

frekansı (C/A-Kodu) olarak bilinir. L1 Frekansının ölçüm hatası normal şartlarda yatay düzlemde kabaca 10-20 m arasında iken, Amerikan askeriyesi özel bir teknikle (Selective Availability) ölçüm hatasını yaklaşık 100m civarına çıkarmaktadır. Sistemin hesapladığı ölçümlerin doğruluğunun kasıtlı olarak azaltılmasına ilave olarak, ölçümlerde hataya sebep olan ilave başka faktörlerde vardır. Bu faktörler aşağıdaki gibi grublandırılabilirler;

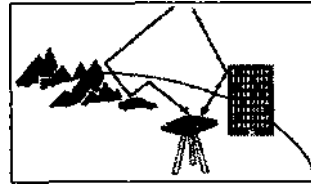
1) *Atmosferin yapısından kaynaklanan hatalar;* Bir GPS sinyali iyosfer ve troposferden geçerek alıcılıya ulaşır. Bu iki katmanın yapısı her yerde aynı değildir ve sinyalin burulardan geçtiği andaki şartlara bağlı olarak hızında değişimler meydana gelir. Alıcılı hesaplamaları sabit ışık hızına göre yaptığı için gerçek mesafe doğru olarak hesaplanmamış olur. (Şekil 3).



Şekil 3: Atmosferden Kaynaklanan Hatalar(Trimble)

2) *Yeryüzündeki yansımalar;* Yeryüzüne ulaşan sinyal son bulmaz, değişik yapılardan yansıyarak alıcılıya ulaşabilir. Bu durumda sinyalin geliş süresi uzadığı için mesafede fazlamış gibi hesaplanır. Bu şekilde oluşan ölçüm hatalarına çok-yol(multi-path) hatası denir(Şekil 4).

3) *Uydudan oluşabilecek hatalar;* Uydularda zamanı belirleyen atomik saatler mevcuttur. Bazen bu saatlerde çok küçük sapmalar olabilmektedir.



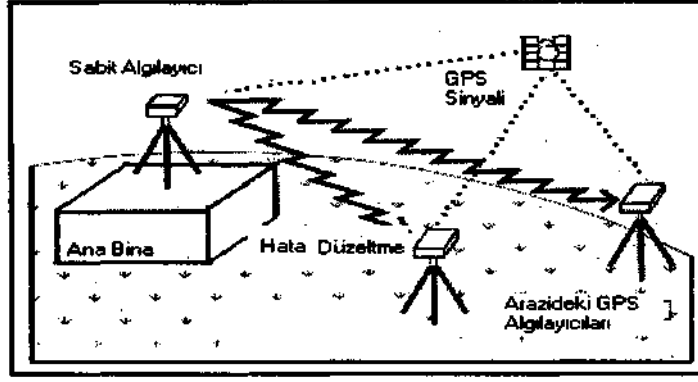
Şekil 4: Çok-Yol Hatası(Trimble)

4) *Alıcılının hesaplama hataları;* Kullanılan alıcılılarda hesaplama hataları olması mümkündür.

Söz konusu bu hatalar, yatay düzlemde 100m'den daha fazla sapmalara sebep olmaktadır. Bu durumda da sistemden yararlanmak imkansız hale gelir. Sistemden yararlanabilmek için sözkonusu faktörlerin oluşturduğu hataları ortadan kaldıracak veya önemli ölçüde azaltacak değişik yöntemler geliştirilmiştir. Bunların en önemlisi "Differential GPS" (DGPS) olarak bilinen yöntemdir. Bu yöntem alıcılıların hesapladığı koordinat değerlerinin hatasının metre veya santimetre mertebesinde olmasını sağlamaktadır.

DGPS yöntemini uygulayabilmek için bir tane\* sabit GPS alıcılıya ihtiyaç vardır. Sabit GPS alıcılıya referans istasyonunda denilmektedir ve bu alıcılı, koordinatları çok iyi bilinen bir noktaya monte edilmelidir. Sabit alıcılı, diğer alıcılıların aksine iki hesaplama yapar. Birinci hesaplama da, kendi bulunduğu yer ve uydunun bulunduğu yer bilindiği için herhangi bir uydudan gelen sinyalin ne kadarlık bir sürede gelmesi gerektiğini belirler. İkinci olarakda uydudan gelen sinyalin geliş süresini hesaplar. Daha sonra bu süreleri mukayese ederek aradaki farkı bulur. Bu fark, herhangi bir uydudan gelen sinyalin hata miktarıdır. Benzer hesaplamalarla sabit alıcılı her uydudan gelen sinyalin hata miktarını tespit ederek, bölgedeki diğer alıcılılara bildirir. Bu yöntem hem gerçek-zamanlı(anında) olarak koordinatları hesaplayabilmekte, hemde hata bilgileri kayıt ederek daha sonra da gerekli düzeltmelerin yapılmasına imkan tanıyacak şekilde kullanılabilir. DGPS'in genel çalışma prensibi şekil 5'de şematik olarak gösterilmiştir.

Yukarıda ifade edilen söz konusu hataların giderilmesi için, özellikle madenciliğe uyarlanan iki yöntem daha vardır. Bunlardan birisi Real-time



Şekil 5: DGPS'in Çalışma Şekli(Richards,1997)

Kinematic (RTK) ve diğeri ise On-the-fly (OTF)'dir. Bu yöntemlerin her ikisi de DGPS'e benzer şekilde çalışmaktadırlar, sadece kullanılan algılayıcılar biraz daha karmaşık olup, ölçüm hatalarının milimetre bazına indirgenmesini sağlarlar.

Yükleyici makinelerini kontrol etme,  
Kamyonları izleme ve yönlendirme,

### 3.AÇIK İŞLETMELERDE OTOMASYON İÇİN GPS'den YARARLANMA

#### 3.1. Genel

Madencilik dışındaki üretim alanlarında (yeraltı madenciliğinde belli aşamalarda otomasyon mevcuttur.) otomasyon ve bilgi teknolojilerinin gelişiminden önemli ölçüde yararlanılırken, madencilik sektörü bu teknolojilerden istendiği oranda yararlanamamıştır. Bunun en büyük sebebi de, açık işletmelerde üretimde kullanılan ekipmanların konumlarının dinamik olmasıdır. Halbuki otomasyon için ekipmanların yerlerinin kabul edilebilir bir hassaslık ve güvenilirlikle biliniyor olması gereklidir. Yakın bir geçmişe kadar açık işletme ekipmanları için bu durum söz konusu değildi. Ancak şimdi GPS teknolojisi, ekipmanların yerlerinin gerçek zamanlı olarak bilinmesine olanak tanımaktadır. GPS teknolojisine dayalı sistemlerin geliştirilmesi ve kullanımına başlanılmasıyla çok yakın bir gelecekte tam otomasyon mümkün olacaktır.

GPS teknolojisine dayalı sistemlerden yararlanabilecek açık işletme faaliyetlerinin başlıcaları aşağıda verilmiştir( Johnson 1998; Muirhead 1996);

- Arama amaçlı veri toplama,
- Haritalama,
- Delme makinelerine rehberlik etme,

#### 3.2. Arama Amaçlı Veri Toplamada GPS

Arazi çalışmalarında en önemli hususlardan bir tanesi, toplanan bilgilerin koordinatları ile birlikte kayıt edilmesi ve bu koordinatlara bağlı olarak, bilgiler arasındaki ilişkileri belirleyebilmektir. Klasik yöntemlerle koordinat belirlemek oldukça zaman alıcı ve en az üç kişilik bir ekip çalışması gerektirmektedir. Ancak GPS kullanıldığında, bilgi alınan noktanın koordinatı anında tespit edilebilecek ve tüm işlem(bilgi alma ve koordinat belirleme) tek bir kişi tarafından tamamlanabilecektir. Hatta bu sistem ile çalışıldığında söz konusu noktanın koordinatı ile birlikte gerekli bilgilerde, arazide kullanılan bir bilgisayara anında aktarılacak, Coğrafik Bilgi Sistemi (Geographic Information System (GIS)) için veri tabanı oluşturulabilecektir. Bu şekilde çalışma ile arazi çalışmaları kısa sürede tamamlanarak bilgilerin değerlendirilmesi ve yorumu için daha fazla zaman kullanılabilir.

#### 3.3. Haritalamada GPS Kullanımı

Açık işletme madenciliğinde topoğrafik ölçümler oldukça yoğundur. Yapılan ölçümlerle cevher yatağının haritası çıkarılır, hacim hesapları yapılır, cevher-yankayaç sınırları belirlenir, patlatma deliklerinin yerleri işaretlenir, basamaklar ve tenor kontrolü için yükleyicinin çalışma sınırları işaretlenir. Bu işlemler, bir ekip tarafından (en az 3-4 kişi) gündüz ve meteorolojik şartların uygun olduğu zamanlarda yapılmak zorundadır. Bundan dolayı topoğrafik çalışmalar, GPS teknolojisinin ilk kullanıldığı açık işletme faaliyetlerinden birisi olmuştur. Özellikle yüksek hassaslık veren RTK-

GPS'ler ilk önce bu alanda kullanılmıştır. GPS kullanımı ile topografik ölçümler bir kişi tarafından, her türlü meteorolojik şartlar altında ve günün her anında yapılabilir hale gelmiştir. Şimdiye kadar yapılan uygulamalar GPS teknolojisinden yararlanma sonucu topografik işlemlerde %100'e varan kazançların elde edildiğini göstermiştir (Trimble; Carter 1998; Singhal ve Kostas 1999; Richard 1997).

#### 3.4. Delme Makinelerinde GPS Kullanımı

Açık maden işletmelerinde, patlatma sonucu istenen özellikte yığın elde edebilmek için planlanan delik düzeninin arazide doğru olarak uygulanması gerekir. Bunun içinde her patlatma deliğinin yeri topografik ölçümlerle belirlenir ve işaretlenir. Bu şekilde yapılan ölçümler sonucu delik yerlerinin planlanana göre bir metreye varan değerlerde sapmış olması çok yaygın bir durumdur. Deliklerin yerlerinin doğru olarak işaretlendiği kabul edilse bile, delici makinenin tam istenen yere delik delegeceğinin yaygın sebeplerden (engeller, emniyet, vs.) dolayı garantisi yoktur. Bazı durumlarda da delik yerleri için yapılan işaretler değişik nedenlerle kaybolur. Patlatma deliklerinin yerlerinin doğru olarak işaretlendiği, işaretlerin kaybolmadığı ve makinenin istenen noktada delik deldiği kabul edilse bile, delik boylarının doğruluğu gündeme gelir. Delici operatörüne sabit bir delik boyu bildirilmiştir, ancak deliklerin başlangıçtaki Z-koordinatı genellikle kontrol edilemez ve tüm basamak yüzeyinin aynı düzlemde olduğu kabul edilir. Ancak gerçekte ise basamak yüzeyleri hiçbir zaman tam olarak düz değildir ve aralarındaki yatay mesafe yaklaşık 10m olan deliklerin tavan kotları arasında 1m' ye kadar fark olabilmekte olup bu durum açık işletmelerde oldukça yaygındır. Deliklerin tavan kotları farklı olacağı için, deliklerin tabamda farklı derinlikte olacaktır. Bu durum düzensiz bir yüzey ortaya çıkmasına sebep olur. Düzensiz yüzeyler de yükleyici ekipmanın verimini düşürdüğü gibi, diğer ekipmanları bu yüzeyde hareketi sonucu oluşacak titreşimler, ekipmanlarda tamir ve bakım maliyetlerinin artmasına sebep olacaktır. Buna bağlı olarak genel maliyet artacaktır. Tüm bu hususlar gözönüne alındığı zaman, patlatma deliklerinin yerlerinin (X,Y ve Z koordinatlarının) planlandığı gibi ve boylarında dikkate alınarak hazırlanması gerekliliği açıkça ortaya çıkmaktadır (Peck ve Hendricks, 1997; Richards, 1997; Smith, 1995).

GPS teknolojisinden yararlanarak patlatma deliklerinin planlanan noktalara delinmesini sağlayacak sistemleri geliştirmek için ilk çalışmalar 1993'de başlamış olup, 1994'de ilk uygulaması yapılmıştır. GPS'e dayalı olarak geliştirilen yer belirleme ve rehberlik sistemi, delici makinenin

operatörüne yardımcı olarak patlatma deliklerinin planlanan noktalarda delinmesini sağlamaktadır. Bu sistemde delici üzerine 2 adet GPS algılayıcısı ve operatör kabinesinde bir görüntü ünitesi yerleştirilmiştir. Görüntü ünitesi, önceden planlanmış deliklerin yerini delik delinecek basamak haritasında göstermektedir. Ayrıca delici makinenin deliklere göre konumu yine bu görüntü ünitesinden görülmektedir. Delici makina hareket ettikçe, GPS algılayıcıları makinenin yerini belirlemekte ve yeni konumu anında operatörün görebileceği şekilde görüntü ünitesine aktarmaktadır. Operatör görüntü ünitesine bakarak delici makineyi patlatma deliği delinecek yere çok hassas bir şekilde hareket ettirebilmektedir. Makina delik delinecek yere geldikten sonra, deliğin tavan koordinatı yine GPS algılayıcıları tarafından anında hesaplanmakta ve delinmesi gereken delik boyunu otomatik olarak belirlenebilmektedir. Delici makinelerde GPS teknolojisine dayalı yer belirleme ve rehberlik etme sistemlerinin kullanımı sonucu elde edilen/edilebilecek faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Chadwick, 1998,1998;Sheremeta 1996);

- Deliklerin yerini tespit için topografik ölçümlere gerek olmamaktadır,
- Delik boyu otomatik belirlendiği için, basamak tabanları daha düz olarak elde edilmekte,
- Deliklerin yeri planlandığı gibi olmakta, bu daha iyi delme düzeni tasarlanmasına imkan vermektedir.

Tüm bu faydaların ortak sonucu olarak delici makinelerin verimi artmakta, istenen boyutta yığın elde edilmekte ve üretim maliyetlerinde azalma olmaktadır. Ayrıca çalışmalar, delicilerin tam otomasyonunu sağlama doğrultusunda yoğun bir şekilde devam etmektedir.

#### 3.5. Yükleyicilerde GPS Kullanımı

Açık işletmelerde kullanılan yükleyicilerin (ekskavatörlerin) GPS teknolojisine dayalı sistemlerden yararlanmasının iki amacı vardır. Birinci amacı, yükleyicinin konumunu sürekli olarak takip ederek istenildiği gibi bir basamak yüzeyi elde etmektir. Bu düz bir yüzey olabileceği gibi, belirli bir eğim vererek drenaj işlemini kolaylaştıracak şekilde olabilir. İkinci amaç ise, yükleme yapılan yeri ve yüklenen malzeme cinsini (yankayaç, düşük tenörlü, yüksek tenörlü, vs.) hem kontrol etmek, hem de bu bilgiyi anında planlama birimine yollayarak, planlama ile ilgili kararlara yardımcı olmaktır (Phelps, 1998).

Yükleyiciler için geliştirilen sistem GPS algılayıcıları ve operatör kabinesine yerleştirilen bir

görüntü ünitesinden meydana gelir(Richards 1997). Yükleyicinin çalıştığı bölgenin haritası ve bu harita üzerinde yükleyicinin konumu sürekli olarak görüntü ünitesinden izlenir. Yükleyici hareket ettikçe meydana gelen değişiklik anında görüntü ünitesine aktarıldığı için operatör sürekli olarak yükleyicinin çalıştığı bölgenin neresinde olduğunu takip edebilir ve gereken düzenlemeleri yapabilir. Bu sistem sayesinde operatör sürekli olarak hangi tip malzemeyi yüklediğini bilir ve yükleme yaparken malzemelerin birbirine karışarak seyreleme oluşmasını engeller(ChadwicWH 998a,b).

### 3.6. GPS Tabanlı Kamyon Atama ve İzleme Sistemi

Açık işletmelerde GPS teknolojisinden en fazla yararlanılacak alanlardan biriside kamyon atama ve izleme sistemleridir. Açık işletmelerde kullanılan kamyon atama sistemlerinin başarısı, kamyonların konumlarının sürekli olarak bilinmesine bağlıdır. Günümüzde en gelişmiş kamyon atama sistemlerinde, açık işletme sahasının belirli yerlerine (döküm sahası, kavşak,vs.) algılayıcılar ve yansıtıcılar yerleştirilmekte ve kamyon bu algılayıcıların yanından geçerken üzerinde bulunan verici bir sinyal yollamaktadır. Kamyondan gelen sinyali alan algılayıcı kamyonun numarasını ve geçiş zamanını tespit ederek merkeze bildirir. Merkezde bulunan bilgisayar programı arazideki algılayıcılardan gelen bilgileri derleyerek hangi kamyonun hangi yükleyiciye gitmesi gerektiğini belirler. Bu sistemin en önemli dezavantajlarından birisi güzergah değişikçe, algılayıcıların yerlerinin değiştirilmesi zorunluluğudur. Bu iş hem zaman alıcı bir işlem, hem de çok kolay değildir. Ayrıca bu sistem kamyon seyahat süresini belirleyememekte, bundan dolayı kamyon hızlarını istatistiki olarak hesaplamakta, işlemleri hesapla bulunan hızlara göre yapmaktadır. Mevcut sistemdeki tüm bu olumsuzlukları gidermek için GPS teknolojisi büyük bir fırsattır. Ayrıca mevcut koşullarda, açık işletmelerde çalışan kamyonların performansları ve üretimleri sürekli olarak değerlendirilememekte ve bu işlem ancak vardiya sonlarında veya daha uzun zaman dilimlerinde yapılabilmektedir. Bu durum gerekli önlemlerin zamanından daha geç bir sürede alınmasına sebep olmaktadır.

Açık işletmelerde GPS tabanlı kamyon atama ve izleme sisteminin uygulanabilmesi için her kamyonunda bir GPS algılayıcısı olmalıdır. Kamyonlara yerleştirilecek olan GPS algılayıcıları bulunduğu konumu hesapladıktan sonra bu bilgiyi merkezi bilgisayara gönderecektir. Sabit bir noktada bulunan GPS algılayıcı ise ölçümlerdeki hata miktarını merkezi bilgisayara ileticektir. Bu şekilde, gerçek zamanlı olarak kamyonların yerini tespit etmek mümkün olur. Kamyonların sürekli olarak

yerleri bilindiği için hızları hesaplanabilir. Yeri ve hızı bilinen kamyonun atamasını geliştirilmiş olan bir bilgisayar programı ile yapmak çok daha kolay ve güvenilir olacaktır. Uygun atamalar yapıldığı zaman hem kamyonların verimi artırılabilecek hemde hedeflenen üretim için daha az kamyon gerekecektir. Orta büyüklükteki bir kamyonun fiyatı 350000\$ civarında olduğuna göre, sistemin sağlayacağı tek bir kamyonluk tasarruf sistemin kendisini amorti etmesine fazlasıyla yetecektir.

Aynı sistem içinde kamyondan merkeze yeri ile ilgili olarak yollanan sinyallere ilave olarak taşıdığı malzeme ile ilgili bir bilgide eklenirse, kamyonun üretimi de gerçek-zamanlı olarak takip edilebilecektir. Merkeze ulaşan bilgiler derlenerek kamyonun belirli bölgelerdeki hızı ve ivmesi, belirli zaman dilimindeki üretim miktarı, vs. bilgisayara kayıt edilir. Tüm bu bilgiler sürekli olarak incelenip, değerlendirilerek kamyonların performansları belirlenir ve kamyonlarla ilgili gerekli düzenlemeler anında yapılabılır (Richards 1997, Phelps 1998).

### 4. OTOMASYON VE GPS

GPS'in açık işletme madencilğinde kullanım alanı, günümüzde daha çok izleme ve rehberlik etme şeklindedir. Önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi sistem mevcut durumu ile kamyon dışındaki ekipmanlarda operatöre rehberlik etmektedir. Bundan\* sonraki aşama ise sistemin operatöre yardımcı olması değil operatörü tamamen ortadan kaldırmasıdır, başka bir ifade ile tam otomasyona geçiştir. Otomasyon için temel şart ekipmanların bulunduğu yeri kabul edilebilir bir hassaslıkla belirleyebilmektir. GPS teknolojisine dayalı olarak geliştirilecek olan sistemler açık işletmede çalışan ekipmanların yerlerinin tam olarak tespit edilmesine imkan sağlamaktadır. Bundan sonraki aşama, GPS teknolojisini, hidrolik kontrol sistemleri, engel tanıma sistemleri ve görüntü-algılama sistemleri ile birleştirerek tam otomasyona imkan tanımadır. Bu konudaki çalışmalar, özellikle delici makinaların otomasyonu ve operatörsüz kamyonların geliştirilmesi hususunda yoğun bir şekilde devam etmektedir(Chadwick, 1998b).

### 5. SONUÇLAR

GPS teknolojisi nispeten yeni sayılmasına rağmen, Kuzey Amerika'daki açık maden işletmelerinin tamamına yakını, bir şekilde GPS teknolojisinden yararlanmakta veya yararlanmayı planlamaktadır (Muirthead, 1996). Bu teknoloji yaygın olarak delici, yükleyici ve kamyon gibi ekipmanların kontrolünde kullanılmakta olup, ortak hedef verimlerini artırarak

genel maliyeti düşürmektir. GPS'in delicilerde kullanılması verimi artırırken delme ve patlatma maliyetini azaltmaktadır. Buna bağlı olarak patlatma sonucu oluşan parçaların boyutu optimum yükleme verimi elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Yükleme ekipmanlarında GPS tabanlı sistemlerin kullanımı, kazı derinliğinin kontrol edilip, seçimli yüklemenin yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu hem düz bir basamak yüzeyi elde edilmesine sebep olmakta hemde tenor kontrolünün kolaylıkla ve etkin bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Kamyonlarda GPS teknolojisinden yararlanmak dinamik atama yapılmasına imkan tanımakta olup, bu genel verimi artırıp istenen üretim için daha az kamyon kullanımına sebep olmaktadır. Ayrıca üretimle ilgili bilgiler gerçek zamanlı olarak merkeze ulaştığından, mevcut durumun değerlendirilip, değişen şartlara uygun kararlar gecikmeden vermek mümkün olmaktadır. GPS'in mevcut uygulamaları sonucu açık işletmelerdeki ekipmanların genel verimi artmakta ve üretim maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır.

GPS teknoloji 2000'li yıllarda açık maden işletmelerinde tam otomasyona geçilmesine alt yapı sağlayacak çok önemli bir teknolojik gelişmedir. Dünya madencilik piyasasında rekabet edebilmek ve ülkeye daha düşük maliyetli hammadde temini sağlayabilmek için bu teknolojiye dayalı sistemleri geliştirmek artık kaçınılmaz bir durumdur.

#### KAYNAKLAR

1. Carter, A.R.,1998, *Surveying by Satellite, January*, Coal Age: 24-26
2. Chadwick, J., 1998a, *Satellite positioning*, Mining Magazine, May:312-321.
3. Chadwick, J., 1998b, *Computerised earthmoving*, Mining Magazine, November :MNA12-MNA21.
4. Johnson, L.,1998, *GPS in Mining*, Mining Magazine, June:387-389.
5. Muirhead, I.R, 1996, *Surface mining collaborative research initiatives:A progress report*, CIM bulletin, July/August:53-65
6. Peck, J. and Hendricks, C.,1997, *Applications of GPS-based navigation systems on mobile mining equipment in open pit mines*, CIM Bulletin,June 114-119.
7. Peck, J. and Hendricks, C.,1995, *We Total Mining System TMS-The Future of Open Pit Mining*, Proceeding594s of Canadian Conference on Computer Applications in the Mineral Industry, October:586-597
8. Phelps, W.R.,1998, *GPS Now for Excavation*, E&MJ, July:34-36.
9. Richards, D.M., 1997, *New computer technologies and the future of mining at Highland Valley Copper*, CIM Bulletin, March :151-158.
10. Sheremeta, R., 1996, *A year of GPS at Fording Coal Limited, Greenhills operations*, CIM bulletin, July/August:66-73
11. Singhal, R. ve Kostas, F.,1999,Developments in Canadian open-pit mining, Mining Engineering, February:26-30.
12. Smith, S, \995,*Machine Guidance Systems in open pit mines*, Trimble Users Conference Proceedings,USA: 119-127
13. Trimble Special Report,1998, *How GPS Works?*, [//www.trimble.com](http://www.trimble.com),

