**Yer Altı Ana Havalandırması ve Fanların Genel Değerlendirmesi**

Umut Yaşa

Maden Mühendisi

Enerji konusu ülkemizin dışa bağımlı olduğu en önemli konulardan biridir. Ülke nüfusun artması ile enerji ihtiyacımız da benzer şekilde artış göstermektedir. Mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılması dolayısıyla enerji verimliliği en çok özen gösterilmesi gereken konudur. Salt verimlilik ve maliyet yönü ile değil günümüz dünyasında karbondioksit salınımının da azaltılması hedefi de enerji verimliliği kavramının önemini arttırmaktadır.

Bu sebeple elektrik tüketimi yüksek olan tüm ekipmanların seçimleri ve uygun kullanımları enerji verimliliği açısından dikkat edilen bir konu olmuştur.

Fanlar çok yaygın kullanılan ve uzun süreli çalışan makinelerdir. Dünya genelinde elektrik motorları, toplam enerjinin yaklaşık %60-70’ini tüketir. Fanlar ise bu enerjinin %18-20’sini tüketir. İngiltere’de sanayide kullanılan enerjinin %40’nı elektrik motorları, bunun %22’sini ise fanlar tüketmektedir. (İngiltere Fan Üreticileri Derneği – FMA)

**Fan Bileşenleri ve Verim**

Bir fan birçok elemandan oluşur. Hız kontrol ünitesi, elektrik motoru, kayış-kasnak, yataklar, fan kanatları, hava kanalları, giriş-çıkış yönlendiricileri vb. bu elemanların her birinde, enerjinin bir kısmı yararlı işe dönüşmeden kaybolur.

Tüm bu kayıplardan dolayı değişik elemanlar için verimler tanımlanır. Motor verimi, tahrik sistemi verimi, fan verimi ve toplam verim.

Uygun seçilmiş bir fan sayesinde işletme giderlerinde çok ciddi ( %3-5 ) tasarruflar sağlanabilir. Bir maden havalandırma fanının ilk satın alma maliyeti tüm kullanım ömrü boyunca olan maliyet içinde %5-10 oranlarında bir paya sahip iken, bakım onarım da %3-5, enerji tüketim maliyetleri ise %85-90 oranlarında bir paya sahiptir. Elbette çok farklı tiplerde, boyutlarda ve kullanım amacında olan fanlarda bu değerlerde farklılıklar gözlemlenebilir. Maden işletmeleri bu değerleri henüz satın alma yapılmadan önce ve sonrasında çalışma başladıktan sonra da belli aralıklar ile hesaplamalı, ölçmeli ve buna göre kararlar almalıdır.

Maden havalandırma fanlarının uygun seçimi ve yüksek verimlerde kullanımı ile sistemdeki basınç kayıplarının optimuma getirilmesi / ocak toplam direncinin düşürülmesi sonrasında fanların tükettiği enerji önemli oranlarda düşecektir.

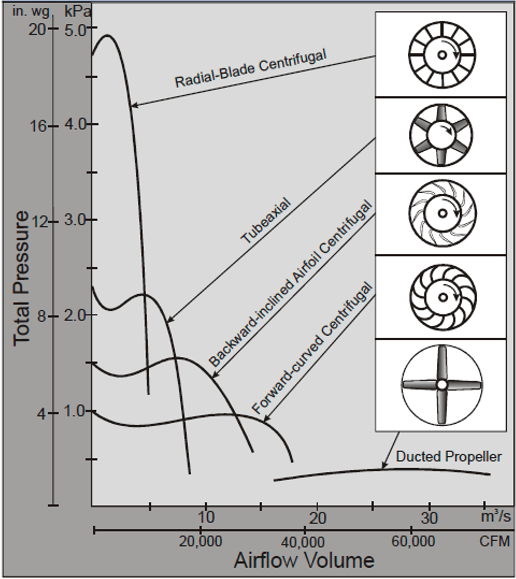
**Fan Seçimi**

Her fanın optimum çalışma koşulları vardır. Fanın yüksek verimlilikle çalıştığı basınç fark ve debi aralıkları sınırlıdır. İhtiyaç duyulan debi ve basınç farkı belirlendikten sonra bu şartları en yüksek verimle sağlayacak fan seçilmelidir. Fanlar uygun debiden düşük bir debide çalıştırıldığına ya da sistem direncinden düşük basınç ürettiğinde stall ( arızalanarak durma, hız kaybetme, akış ayrılması ) durumu gerçekleşir. Bu fanın ciddi zararlar görmesine de neden olabilir. Maden işletmelerinin özellikle ana havalandırma fanları anti-stall sistem düşünülmelidir.

Fan seçiminde birçok faktör birinci dereceden etkendir. Bunlar; basınç, hava akış hızı, gürültü seviyesi, verimlilik, sürücü konfigürasyonu, sıcaklık aralığı, yerleşim yeri kısıtları, çalışma koşullarındaki değişimler, fan içerisinden geçecek olan havanın toz içeriği-nemi-korozyona sebep olması-aşındırıcı olması vb, teslim süresi, bulunabilirlik, maliyet, servis ve yedek parça kolaylığı, fan modeline aşinalık, otomasyona uygunluk gibi özellikler sayılabilir. Ayrıca enerji tüketim maliyetleri, bakım gereksinimleri, güçlendirme ve yükseltme fırsatlarına imkân vermesi gibi nedenler de sıralanabilir.

Tüm bunlar maden işletmesine, şirket profiline, teknik uzmanlara, yöneticilere göre farklılıklar gösterebilir ve birbirinden ayrı seçimler yapılabilir. Fakat hepsinden bağımsız ve mühendislik açısından nasıl bir fan olmasını belirleyen önemli bir parametre daha vardır. Basınç, debi, yoğunluk ve devir sayısına bağlı olarak hesaplanan özgül hızdır. Basit bir tanımlama ile 1 m3/sn debiyi, 1 m yukarı basmak için gereken devir sayısıdır. Fanın imalat kısmının bir detayı olan özgül hız fanın hangi tip olacağının belirlenmesindeki ilk ve en baskın etkendir. Elbette fan seçiminde yukarıda bahsedilen konular da önemli derecede etki ederler.

Aşağıdaki şekilde, eşit güçte çalışacak olan fan tasarımların karşılaştırılması vardır.



Fans & Blowers Energy Efficiency Reference Guide 2008 CEATI International Inc.

Fan eğrilerinden de görüleceği üzere kullanılacak olan fandan elde edilecek debi ve basınç değeri ilişkisi daha işin başında ne tip bir fan olması gerektiğinin ipuçlarını veriyor. Biraz evvel bahsedildiği gibi bu temel veri ile diğer tüm etken başlıkların değerlendirilmesinden sonra fan seçimi en ideal şekilde yapılacaktır.

Ülkemizde 2015 yılında yapılan düzenleme ile Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’nde 2015 yılında yapılan düzenleme ile havalandırma sistemi için bir madde yayınlandı.

10.22.(Ek:RG-10/3/2015-29291) Havalandırma sistemi acil hallerde ve ihtiyaç halinde kullanılabilmesi için hava yönünü ters çevirebilecek özellikte olur.

Bu madde ile ana havalandırma fanları hemen hemen eksenel fan olarak kurulmaya başladı. Eksenel fanlar radyal fanlara karşı birçok noktada üstündür. Aynı şekilde radyal fanların da eksenel fanlara karşı belirgin üstünlükleri vardır.

En temel fark aksiyel fanlar daha düşük basınçlarda yüksek debi sağlarlar. Santrifüj (radyal) fanlar yüksek basınçlarda düşük debi üretirler.

Maden işletmelerinde de genellikle yüksek debi talebi söz konusu olduğundan aksiyel fan tercihlerinin olması çok olağandır.

* Daha küçük daha hafif ve daha kompakttır.
* Motor ve yardımcı elemanlarında daha az arıza yaşanır.
* Daha ekonomik olma eğilimindedirler.
* İşletme gereksinimlerine göre hem kanat açıları hem de dönüş hızları değiştirilerek daha esnek çalışmaya imkân verirler.
* Radyal fana göre daha az atalete sahip olmaları başlamalarını kolaylaştırır.
* Kurulumları daha basit ve kolaydır.
* Tersinirdirler. Ancak tersine çevrildiklerinde daha az hava akışı sağlarlar. İki yöne de aynı debide hava üreten özel yapım eksenel fanlar da mevcuttur. Fakat bunlar çok pahalı ürünlerdir.

Bunların yanında;

* Genellikle enerji verimleri daha düşüktür.
* Aşırı yüklenme olasılığı yüksektir.
* Zorlu ortamlara karşı daha az dayanıklıdır.
* Daha gürültülüdürler.

Radyal fanların avantajları şöyledir,

* Bakım veya değişim için elektrik motoruna kolay ulaşım.
* Değişken akış direncine sahip yerlerde daha verimli ve daha sessiz çalışma olanakları.
* Geniş bir çalışma uygulama aralığı
* Çok yüksek basınçlar üretmeleri.
* Korozif, aşındırıcı ve yüksek sıcaklık ortam uygulamaları
* Yüksek yapısal kararlılık

Havalandırma yer altı madenciliğinde oldukça pahalı bir ön koşuldur. Hem dünyada hem ülkemizde madenler doğal olarak derinleşiyor. Bu derinleşme ve büyüme daha fazla hava olmasını gerektirir. Dolayısıyla havalandırmada daha çok güç tüketiliyor. Maden işletmesi derinleştikçe yer altı maden havasına ısı yüklerinin etkileri de artacaktır. Jeotermal gradyan, havanın ister doğal ister fanlar yardımıyla otomatik sıkıştırılması (Autocompression), elektrikli ve dizel ekipmanlar, patlatmalar, mekanik süreçler, aydınlatma ve yer altı suları maden havasının ısınmasına neden olurlar. Dünyada yaygın olan ve artık ülkemizde de gündeme gelecek olan soğutma çabaları da bu güç tüketimlerini arttırmaktadır. Sera gazı emisyonlarını azaltmak, maliyetleri makul seviyede tutmak ve sürdürülebilir madencilik yapmak için verimlilik en önemli ana başlıklardan birisi olarak karşımıza çıkıyor.

Madenlerimizi havalandırma konusunda dünyada madenciliğin uygulamaya başladığı yenilikleri takip etmek ve hatta ötesinde yaklaşımlar sergilemek gerekiyor. Bu yazı ağırlıklı olarak ana havalandırma fanlarını ele alsa da bir yer altında bulunan yardımcı havalandırma unsuru olan görece daha küçük fanlar da büyük enerji tüketimine sebep olurlar. Bugün bir işletmenin ana havalandırma fanları için kurulu yük ortalama 400-500 kW iken yer altında katları havalandıran fanların toplam kurulu gücü, bu değerin 2-3 katı olabilir. Gerek ana havalandırma gerek ise tali havalandırmada yer altı işletme şartları anlık gözetilerek yapılan talebe göre havalandırma uygulaması, işletmelerin ana gündemleri arasına girmektedir. Bu konu elbette başlı başına ayrı bir yazının ve çalışmanın konusudur. Okuyucun bu konudaki yayınları ve yapılan çalışmaları araştırmasını öneririm.

Yazının temel amaçlarından birisi fan tipinin mühendislik hesaplamalarına göre nasıl olması gerektiği gibi buna bağlı olarak yönetmeliğin 10.22 maddesinde bulunan havanın ters yönlendirilmesi ile de ilgilidir.

Dünya madenciliğinde havanın yönünün ters çevrilmesi hakkında genel kabul görmüş bir düşünce ve uygulama yoktur. Birçok ülke acil durum veya ihtiyaç duyulması halleri için mevzuatlarında bu durumu ele almıştır. ABD, Rusya, Hindistan ve bazı diğer ülkelerde ters çevrilmeye uygunluk olması durumuna atıfta bulunulmuştur. Fakat Avustralya gibi madenciliğin yoğun ve modern yapıldığı bir ülkede buna yönelik bir ibare yoktur.

ILO (Uluslararası Çalışma Ofisi) yayını olan, Yeraltı Kömür Madenlerinde Sağlık ve Güvenlik Uygulama Kılavuzunun 21.5. numaralı maddesi Maden havalandırma fanları ile ilgilidir. İlgili başlığın 21.5.2. alt maddesinde havalandırmanın ters çevrilmesi yönünde önerileri bulunmaktadır. Kılavuz burada (h) bendinde, ‘yetkili merci tarafından onaylanmış olan ve yetkili merciinin belirlediği şekilde düzenli olarak ölçümler yapılarak, ters havalandırma yapabilecek aletler bulunmalıdır’ demektedir. Yine aynı alt maddede yazan şu iki tavsiye de işletmelerimiz için çok önemlidir.

21.5.2. (e) birden fazla fan kullanıldığında, havanın geri çevrilmesini önlemek için fan durursa, otomatik olarak kapanacak olan yanmaz kapılar bulunmalıdır;

21.5.2. (i) fandaki bir bozukluğu, yavaşlamayı veya yanlışlıkla kapatılmayı erken uyarı ile ikaz eden bir izleme sisteminin bulunmalı ve bu uyarı yerüstündeki atmosferik izleme sistemi “AİS” gözlem yerinden her zaman görülebilen ve duyulabilen bir sinyal olmalıdır

Ana havalandırma akış yönünün ters çevrilmesinin uygulamaları iki şekilde olmuştur. Madenciler 20. yüzyılın başlarında çok soğuk iklimlerde madencilik yapar iken özellikle kuyularda buz oluşmasını önlemek amacıyla havanın yönünü zaman zaman ters çevirirlerdi. İkinci ve daha kritik olan ise yer altında bir yangın olduğunda yangını izole etmek ve çalışanlara kaçış yolları sağlamak içindi.

Havanın ters çevrilmesinin kararını almak çok önemli ve büyük bir karar. Özellikle yer altı açıklığı büyük olan bir madende yangının ve çalışanların nerde olduğunu net olarak bilmek gerekir iken, böylesi bir kaotik durumda ters çevrilen havanın nasıl hareket edeceğini hatta çalışanların nasıl hareket edeceğini öngörmek kolay değil. Yer altında oluşan bir yangın, fanlar ters yönde çalışmadan önce dahi havanın akış yönüne tesir edecektir.

Geçmiş yıllarda bazı maden yangınlarında havanın ters çevrilmesi ile kazadan kurtulanlar olmuştur (Reversal of underground mine ventilation, September 2002 Journal of Mines, Metals and Fuels). Fakat havalandırmanın normalin tersine çevrilmesi oldukça tartışmalı bir karardır.

Maden mevzuatımızda bulunan birkaç maddeyi hatırlayacak olursak, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’ndeki birkaç maddeye bakalım.

Yönetmelikte 8 numara ile açıklanan havalandırma maddesinin 8.6 ve 8.7 alt maddeleri şöyledir.

8.6. Terk edilen veya yeterince havalandırılamayan yerler çalışanların girmesini önleyecek biçimde kapatılır ve üzerlerine uyarı işareti konulur. Çalışmanın bittiği yerlerle terk edilmiş katlar, çalışılan yerlerden ve hava yollarından topuk veya gaz sızdırmaz barajlarla ayrılır. Buna imkân olmadığı hallerde buralardan gelecek kirli hava en kısa yoldan nefesliğe verilerek dışarı atılır. Buralar sorumlu kişilerce her vardiyada denetlenir.

8.7. Havalandırma sistemi kapı ve perdelerle havayı yönlendirecek şekilde düzenlenir. Kapı ve perdeler nakliyat esnasında havalandırma sistemini olumsuz etkilemeyecek şekilde ayarlanır. Ana hava giriş ve çıkış yolları arasında bulunan barajlar, hava köprüleri ve kapılar, bir patlama veya yangın halinde kolayca yıkılmayacak sağlamlıkta ve dayanımda yapılır.

Bu iki maddede yer alan durumların analizin hızlı ve doğru yapmak gerekecektir. Yer altında bir plan dâhilinde çalışan tali fanlar ile buna planlara göre konumlandırılmış hava kapıları-perdeler ve barajlar havanın ters çevrilmesi sonrası, amaca destek mi olur ya da olumsuz etki mi yapar bunun tahlili gerçekten çok zor olacaktır. Fanlara ve kapılara yer üstünde bulunan bir kontrol merkezinden müdahale edilmesi işleri olumlu yönde etkileyecektir.

Önemli konulardan birisi de bu havanın ters çevrilmesinin yani acil durumun ne kadar bir süreyi kapsadığıdır. Hemen hemen hiçbir yerde buna yönelik bir bilgi ya da açıklama yoktur. Bu şu açıdan çok kritik öneme sahiptir. Eksenel bir fan sadece pervanesinin ters yönde döndürülmesi hava akımının yönünü ters çevirdiği takdirde tasarım olarak planlanmadığı bir şekilde çalışmış olacaktır. Bu da fan kanatlarını çok zorlayacaktır.

Ters çalışma sırasında oluşan ek hava türbülansları titreşimi artırır, performansın düşmesine yol açar, fan kanatlarının yapısal olarak zarar görmesine neden olur. Kanatların kırılmasına ve fanın devre dışı kalmasına dahi neden olabilir.

Tek yönlü çalışmak üzere tasarlanmış ve imal edilmiş eksenel fanların ters yönde çalıştırılması ile ilgili raporlamalar ne yazık ki yok denecek seviyelerdedir. Amerika Birleşik Devletleri’nde 1983 (Reverse Performance Characteristics of Main Mine Fans) yılında yayınlanan bir raporda eksenel fanların ters çevrilmesi ve performansları ile ilgili bir çalışmada, ileri yönde çalışan performans değerlerine göre ters çalışma değerleri paylaşılmıştır. Buna göre tek kademe çalışan bir fan ters çalıştığında hacimsel debinin %25 ila %67’i kadar hava %10 ila %45’i kadar da basınç üretmiştir. Eğer bu fan seri bağlı çift kademe fan olursa bu değerler daha da düşmektedir.

Bu durumda şu soru akla geliyor. Acil durumda havanın yönünün ters çevrilmesi gerekliliği yanında bu esnada ne kadar bir hava akışı olmalıdır ve bu acil durum süresinin uzunluğu nedir. Temel prensip olarak yangınlara müdahale edildiğinde şartlar uygun ise havanın yangın ile teması engellenmektedir. Madende kurtarılmayı bekleyen insanlar var iken bunu yapmak olası değil. Normalde ocak içinden geçirdiği havayı ters çevrildiğinde yüzde 30 kapasitelere düşüren bir fanın ürettiği bu hava acil durumda ne kadar yeterli olacaktır. Buna ocak içinde tek yönde çalışan tali fanlar, tek yönlü kapılar, yangın bölgesindeki havanın davranış eğilimi, yangın nedeniyle oluşmuş kesit değişiklikleri de eklendiğinde başka bir ocak toplam direnci ile mücadele etme durumu oluşacaktır. Bu durumları dikkate alınca fan yerleşim alanında yardımcı mekanik aksam ile fanın aynı kapasitede çalıştığı ve bu halde iken ürettiği havayı ocağa vermek çok daha faydalı olacaktır.

Madenlerde de birçok yerde olduğu gibi ilk zamanlarda büyük radyal fanlar kullanılmıştır. O yıllarda da havanın ters çevrilmesi durumu düşünülmüş ve buna yönelik çeşitli çözümler üretilmiştir. Bu yaklaşım ile ister eksenel ister radyal olsun madende kullanılan fanların yönlerinin ters çevrilmesi bu basit mekanizmalar ile olduğu takdirde hem ters yönde havalandırmada tüm kapasite kullanılmış olur hem de fanlar tasarım kriterlerine aykırı çalıştırılmadığı için herhangi fiziksel sıkıntılar da olmaz.

Fanların ters çevrilmesi ile ilgili madde Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’nin Grizulu Maden Ocakları başlıklı 10. Maddenin alt maddesi olarak geçmektedir.

Havalandırma başlığında değil de Grizulu Ocaklar başlığında geçmesi ağırlıklı olarak kömür ocakları kapsamında ele alındığını düşündürmektedir. Aynı maddenin 10.8. alt başlıklı maddesinde de grizu birikimi yönünden havalandırmanın yönüne bir atıf vardır.

10.8. Havalandırma esas itibariyle aşağıdan yukarıya doğru yapılır. Eğimi hiçbir kısımda %10’u geçmeyen kesitinin herhangi bir noktasında grizu toplanmasına imkân bulunmayan ve grizu birikimini önleyecek hava akımı sağlanan galeriler havalandırma bakımından düz sayılır.

Bir kömür madeninde havalandırma daima emici olacak şekilde yapılmaktadır. Birçok sebebi olmak ile birlikte en önemli sebeplerden birisi olası bir arıza anında havalandırma sekteye uğradığında yer altında emici etki ile oluşan negatif basıncın durağanlaşması ile artışa geçmesi ve kömür damarlarından sızarak ocak havasına karışacak gazları bir süre engellemesi içindir. Bu yönüyle ele alındığında muhtemelen nefeslik yolu yakınında olan ve ocak havasına hiç karışmayan gazca yoğun hava ocağın en steril bölgelerine dahi ulaştırılmış olacaktır.

İhtiyacın sadece hava akımının tersine çevrilmesi mi, yoksa maden tasarımının ve uygulamasının olası acil durum senaryolarına uygun bir maden olması mı düşünülmesi gereken bir konudur. Acil durum halinin ocağın normal işlerliğini sağlayan bir altyapı üzerinden yürütülmesi kolay değil. Çalışanların, yangın başta olmak üzere kötü bir senaryo yaşandığında olabildiğince izole alanlara ulaşması sağlanmalıdır. Bunun için bazı yeni ulaşım yolları açmak gerekebileceği gibi uzaktan kumanda edilen kapılar ile de dumandan etkilenmeyen kaçış yolları çalışanlara kaçış yolu olabilir. Salt hava akışının ters çevrilmesi ile çalışanların kaçış yollarını rahatlatmak olası görünmüyor. Bunun için yer altında kapsamlı yapısal değişiklikler gerekecektir.

Maden tüm detayları ile iyi bilinmelidir. Yangının konumu müdahale seçeneklerinin belirlenmesinde kilit rol oynar. Bir yer altı işletmesi için bu kadar korkulu rüya olan yangınları erken algılayan ikaz eden ve hatta hemen söndürme faaliyetine başlayan sistemler kullanılmalıdır. Olası yangın anında havanın yer üstüne çıktığı dönüş havası yolunun acil durum çıkışları olarak kullanılması önlenmelidir. Herhangi bir göçük veya yangın dışı durumda iş görebilecek olan bu yollar yangın anlarında en tehlikeli yerler olmaktadır. Madeni planlar iken en az iki temiz hava yolu ve iki kirli hava çıkış yolu olacak şekilde planlamak birçok problemi daha en başında çözebilecektir. Elbette bunun mali yükü çok fazla olabilir fakat işletmelerde üçüncü dördüncü yerüstü bağlantısı yapma imkânı olması durumunda mutlaka değerlendirilmelidir.

Ana havalandırma fanı olarak kullanılan eksenel fanların ters çalışma performanslarına ait bilgi edinilmelidir.

Tüm bu çerçevede kapsamlı araştırma çalışmalarına büyük ihtiyaç vardır.

Bu makalenin yer aldığı 100. sayımıza buradan ulaşabilirsiniz: https://madencilikturkiye.com/wp-content/uploads/2018/09/Madencilik-Turkiye-Dergisi-Sayi-100-nsdus63ha87.pdf