

Güvenirlilik Merkezli Bakım (GMB) Reliability Centered Maintenance (RCM)

Aykut Avcı

Tüpraş İzmit Rafinerisi

aykut.avci@tupras.com.tr

Özet

Günümüz endüstrisi değişken şartların etkisiyle, rekabeti sürdürebilmek ve yeni yatırımlara kaynak sağlayabilmek için operasyonel emre amadeliğini maksimum seviyede tutarak karlılığını arttırmak zorundadır. Bu sebeple endüstriyel işletmelerde güvenirlilik ve bakım departmanlarından, ekipmanların arıza bakım sayılarını asgari seviyeye düşürmesi ve ekipmanların öngörülen süreler içerisinde çalışmasını sağlaması beklenmektedir.

Mühendislik bakış açısıyla, herhangi bir fiziksel varlığın yönetimi için iki yol vardır. Varlıklara bakım yapılmak zorundadır veya zaman içerisinde değiştirme ihtiyacı doğabilir. Bakım kelimesinin sözlük anlamı “mevcut durumu korumak veya devam ettirmektir”. Bakım ayrıca, bir fiziksel varlığın kullanıcı tarafından istenilen fonksiyonları sürdürmesi olarak da tanımlanabilir. Güvenirlilik Merkezli Bakım ise “herhangi bir ekipmandan, güncel işletim şartlarında bekleneni verebilmesi için yapılması gerekenleri belirlemeye yarayan bir proses” olarak tanımlanabilir.

Güvenirlilik Merkezli Bakım (GMB), bütün ekipman türleri için gerekli güvenlik ve kullanılabilirlik hususları ve ekipmanın işleyişini verimli ve etkili biçimde sağlamak amacıyla arızaları yönetmek için uygulanması gereken ilkeleri tanımlamaya yönelik bir yöntemdir. Özetle, GMB bir bakım stratejisi olup hangi bakım metodunun tercih edileceğine karar verilmesi sürecini ve bu süreçte izlenecek metodolojiyi tanımlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Bakım, Güvenirlilik, Risk, Kestirimci Bakım

Abstract

Today's industry with the effect of changing conditions has to maximize their operational availability and profitability to remain competitive and to provide resources for new investments. For this reason, industrial enterprises are expecting from their reliability and maintenance departments to reduce the reactive maintenance and ensure to run the equipments between the prescribed period.

From the engineering viewpoint, there are two elements to the management of any physical asset. It must be maintained and from time to time it may also need to be modified. Dictionaries define maintain as “cause to continue or keep in an existing state”. On the other hand, Maintenance can be defined as “Ensuring that physical assets continue to do what their users want them to do”. Then, Reliability centered maintenance is “A process used to determine what must be

done to ensure that any physical asset continues to do what its users want it to do in its present operating context.

In brief, RCM is a maintenance strategy to specify technically appropriate, feasible and economically justified actions to maintain equipment.

Keywords: Maintenance, Reliability, Risk, Predictive Maintenance

1. Giriş

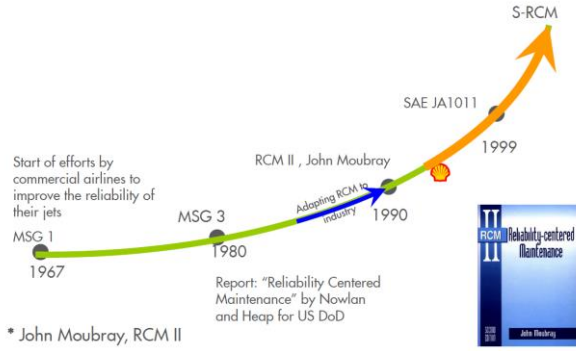
GMB metodolojisi; mevcut varlıkların istenildiğinde minimum maliyetle emniyet/çevre gerekliliklerini yerine getirerek; devreye alınabilmesi için, maliyeti ve riski optimize etme amacı taşır. GMB, fonksiyonel arıza analizi yaklaşımı uygulayarak; ekipman fonksiyonelliğini ya da performansını etkileyecek arızaları belirler. Bu tip bir analiz, ekonomik ve işletme tecrübesine dayalı proaktif bakım görevleri üretir.

Güvenirlilik merkezli bakımın genel hedefi; işletme güvenirliliği ve karlılığını, proaktif bakım aktivitelerinin miktarıyla optimum noktada kesiştirmektir. GMB, söz konusu ekipmanla ilgili optimize edilmiş bir bakım planı üretir. Güvenirlilik Merkezli Bakım;

- Koruyucu bakım planları rejimini belirler
- Şirket politikalarına ve standartlarına uyumun göstergesidir,
- Bakım seviyelerini ve gerekli kaynakları ayarlar.

Güvenirlilik merkezli bakımın odaklandığı ana nokta, güvenirliliktir. Güvenirlilik ise; istenildiğinde gerekli fonksiyonu yerine getirebilmek olarak tanımlanır.

GMB anlayışı ilk olarak havacılık sektöründe yerde geçen zamanı etkili ve verimli kullanabilmek, ayrıca yapılan bakımın kalitesini arttırmaya yönelik gündeme gelmiştir. Maliyet ve zaman açısından verimli olmayan “Zamana Bağlı (Time Based)” yaklaşımdan “Duruma Bağlı (Condition Based)” bakım yaklaşımına geçişin gerekliliği görülmüştür. Tüpraş tarafından kullanılan GMB analiz yaklaşımı, Shell tarafından geliştirilen ve endüstriye uyarlanan GMB yaklaşımıdır. Bu nedenle klasik RCM’den farklı, S-RCM olarak ara yüzde ve dokümanlarda belirtilmiştir.



Şekil 1: GMB gelişim süreci.

Geliştirilen yaklaşımın klasik yaklaşımdan farkı, klasik yaklaşım bir ekipman için tüm fonksiyonlar ve fonksiyonel arızalar üzerinde analiz gerçekleştirirken; Shell tarafından uygulanan yaklaşımda sadece fonksiyonel açıdan baskın arıza (dominant failure) niteliğinde olan durumlar analiz edilmektedir.

GMB yaklaşımında ana hatlarıyla uygulanan 7 soru vardır;

- Bir fiziksel varlık mevcut işletme şartlarında hangi fonksiyonları ve performans standartlarını yerine getirmelidir ?
- Bu fonksiyonları yerine getirmesine neler engel olur?
- Fonksiyonel arızaların nedenleri neler olabilir?
- Her bir arıza gerçekleştiğinde sonuçları ne olur?
- Arıza nasıl meydana gelir?
- Arızaları önceden kestirmek ve önlemek için ne yapılabilir?
- Eğer proaktif bir bakım yöntemi bulunmaz ise ne yapılmalıdır?

Rafinerimizde uygulanan GMB yaklaşımının klasik yaklaşımdan farkı, daha hızlı sonuçlar alabilmek için fonksiyonel baskın arızaları incelemesidir. Klasik yaklaşımda olduğu gibi ekipmanın tüm fonksiyonel arızaları incelenmemektedir. Baskın arızalar, incelenen ekipman için en olası arıza modlarıdır. Bu nedenle GMB analizleri kapsamında yanlış bakım uygulamaları, dizayn yetersizlikleri ve yanlış operasyon koşulları gibi klasik yaklaşımda incelenebilecek faktörler incelenmez.

GMB analizleri geçmiş kayıtlara ve tecrübeler dayalıdır. Özellikle fonksiyonel arızalara yol açan bozunma mekanizmalarının gelişiminin irdelenmesi büyük önem taşımaktadır. Ekibin genişliğinden ziyade, ilgili kişilerin analizlere katılması doğru ve çabuk sonuçlara ulaşabilmek adına tercih edilmektedir.

2. GMB Analizi

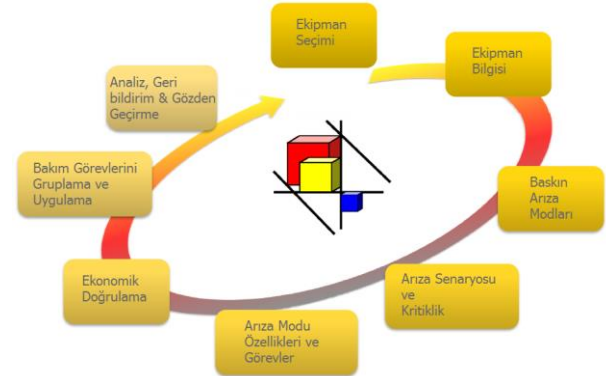
GMB analizleri güvenli operasyon için, ekipman hakkında tahmin edilebilir performansı analiz etmeye çalışmaktadır. Ekipmanın güncel operasyon şartlarındaki durumunu anlamının ve analizi bu şartlara göre gerçekleştirmenin önemi büyüktür.

Çoklu disiplinler ile çalışma ve gelen bilgiyi bu doğrultuda organize ederek kullanma önem taşımaktadır. Her bir ekip üyesinin aşağıdaki şekilde düşünerek yaklaşımı gerekmektedir;

- GMB çalışmasında benim rolüm nedir?
- Analiz için benden ne gibi girdiler talep edilebilir ve bunları nasıl aktarırım?

GMB analizindeki temel yaklaşım, ekipmanın dizayn koşullarında işletilerek sorunsuz operasyonun sağlandığı yönündedir. Bu doğrultuda dizayn koşullarının ve varsa sapmalarının doğru şekilde irdelenmesi gerekmektedir.

GMB yaklaşımı sonucunda katılımcılar aracılığı ile yayılan bir kültürel değişim söz konusudur. Özellikle bakımın tüm herkes tarafından sahiplenilmesi gereken bir süreç olduğu, güvenilirlik açısından herkes tarafından gerçekleştirilmesi gereken görevler olduğu ve tek bir birimin değil takım çalışmasının gerekliliği önem taşımaktadır.



Şekil 2: GMB analiz adımları.

2.1. Ekipman Seçimi

GMB analizleri için ekipman seçimi, kritikliğin ön görülerek atanması sonucunda gerçekleşmektedir. Buradaki kritiklik, ekipmanın hiç bakım yapılmadığı veya arıza halinde bakım yapıldığı durumundaki senaryo için taşıdığı risktir. Risk analizi, arızanın sonuçları ve olasılığı değerlendirilerek yapılır;

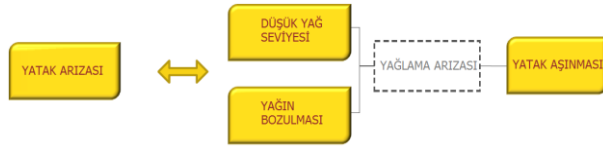
- Sağlık ve İş Emniyeti (Yangınlar, toksik atıklar ve gazlar)
- Ekonomik kayıplar (Üretim kaybı, bakım maliyeti)
- Çevresel (Kaçaklar, kontrolsüz olarak salınan emisyonlar)

Bu kritiklik değerlendirmesiyle GMB analizi için belirlenmiş ekipman listesi oluşacaktır. Zaten GMB süreci, kritiklik seviyesini daha detaylı belirleyeceğinden, ilk baştaki süreç daha kısa zaman alacaktır. Analiz için seçilmeyen ekipmanların Arıza Halinde Bakım (Run to Fail-RtF) kritiklik seviyesinde olması gerekmektedir. Arızanın sonuçları önem taşıyorsa veya bu konuda şüphe varsa analiz kapsamına alınıp değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.2. Ekipman Bilgisi

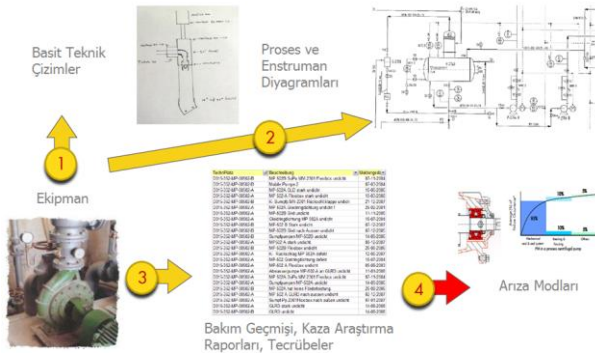
Ekipman karakteristiğini anlamak, ekipmanın çalışma koşullarında karşılaştığı bozunma mekanizmalarını irdelemek bu kapsamda önem taşımaktadır. İlk başlanması gereken nokta, ekipman hakkında detaylı teknik bilgi toplanması ve mevcut dizaynın anlaşılmasıdır.

Bozunma mekanizmalarının tespit edilmesi ve anlaşılması için ekipman bilgisi gerekmektedir. Bu bozunma mekanizmaları arıza modları olarak ifade edilir. Arıza modu, ekipmana ait bir parçanın hangi şekilde arızalanacağına dair bir model oluşturmaktadır. Bir arıza modu şu şekilde açıklanır; Nesne + Arıza Açıklaması, genel olarak iki kelimedir.



Şekil 3: Arıza modu tanımı.

Arıza modunun olduğu yer genellikle ekipmanın bakım yapılabilir parçasıdır. Bu nedenle arıza açıklama kısmı bozunma mekanizmasını içermelidir. Açıklama kısmına arıza yazmak yerine bozunma mekanizmasını açıklayan korozyon, aşınma, bloke olma, bozunma vb. terimlerin kullanılmasında yarar vardır. Arıza modları farklı bozunmaların birlikte etki etmesi ile de oluşabilir. Örnek olarak yatak arızası aslında, yatağın temel olarak yağlama problemi kaynaklı zamanla aşınması sonucu oluşmaktadır. Bu da düşük yağ seviyesinin ve yağın yapısının bozulmasının birlikte etki etmesi sonucu görülebilir. Dolayısı ile yatak arızasını önlemeye yönelik belirlenecek görevler, düşük yağ seviyesi ve yağın yapısının bozulmasını birlikte önlemeye yönelik olmalıdır.



Şekil 4: Arıza modu belirlenmesi.

Analiz edilen ekipman için, GMB analiz ekibinin ekipman bilgisi anlamında eş düzeye getirilmesi ve bu yönde detayların açıklanması önem taşımaktadır.

- Ekipman çizimlerinin ve “data sheet” bilgisinin anlaşılması, oluşabilecek bozunma mekanizmaları ve gelişimlerinin irdelenmesi (bakım, proje veya teknik kontrol temsilcileri)
- Ekipmanın işletmedeki fonksiyonu, kritikliği ve arızası durumunda oluşan alarmlar ve trip durumlarının açıklanması (işletme temsilcileri)
- Bakım geçmişinin irdelenmesi, ekipman için yapılan kestirimci ve koruyucu bakım faaliyetlerinin açıklanması (bakım temsilcileri)
- Ekipman kaynaklı veya ekipmanın içine karıştığı işletmesel olaylar ve upset durumlarının aktarılması (işletme temsilcileri)

Dolayısıyla analiz edilecek ekipman ile ilgili tahminlere dayalı tartışmalardan ziyade, GMB ekibinde bulunana temsilcilerin sunduğu data bilgisi üzerinden çalışmayı sürdürmek önem taşımaktadır.

2.3. Baskın Arıza Modu

Baskın arıza modları;

- Benzer dizayn veya işletme şartlarına sahip ekipmanlarda ortak olarak gözlemlenen,
- Rafineride hiç karşılaşılmamış, ancak sektörde benzer ekipmanlar için benzer işletme şartlarında ortaya çıkmış,
- Uygulanan bakım programı nedeniyle karşılaşılmamış, ancak bakım programının uygulanmaması durumunda karşılaşılabilecek arızalardır.

Baskın arıza modları sistematik bir yolla gelişebilecek bütün arızaları kapsamalıdır. Bu arızaların oluşma sıklığı 20 yıl veya daha sık olmalıdır. Baskın arıza modlarının listelenmesinde bilgi ve tecrübenin yanında, ekipmanın işletme şartlarının irdelenmesi ve yerel koşulların değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

GMB analiz sürecinde, listelenen baskın arıza modları arasından en sık oluşma durumu görüldüğünden başlamak önerilmektedir. Bunun nedeni sık oluşan arızanın ekipmanı kısa süre aralıkları ile devre dışı bırakmasının yanında, bu arıza modu için belirlenen bakım görevlerinin, daha uzun zamanda oluşan baskın arızaların oluşma sıklıklarına veya oluştuklarındaki sonuçlarına etki edebilmesidir.

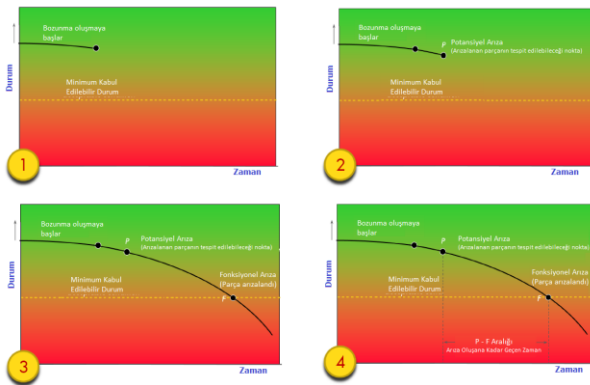
2.4. Arıza Senaryosu ve Kritiklik

2.4.1. Arıza Gelişimi

Baskın arıza modları ile beraber her arıza için bozunma senaryosu ve kritiklik belirlenmiştir. Arıza senaryosunun oluşturulabilmesi için, arızanın gelişimi ve etkileri açıklanmalıdır.

GMB analiz süreci açısından, arıza moduna yol açan bozunma mekanizmasının anlaşılması, etkin bakım görevleri belirleyebilmek adına gerekmektedir. Bozunmanın başlaması, gelişimi ve fonksiyonel arızaya yol açma süreci arıza senaryosunda yer almalıdır.

Ekipman için minimum kabul edilebilir operasyon durumunun belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu seviye arıza noktası (F-Fonksiyonel Arıza) ile gösterilmekte ve ekipmanın fonksiyonunu tam olarak yerine getirememesi nedeniyle ekonomik, sağlık-emniyet ve çevre açısından etkilere yol açmaya başladığı seviye olarak nitelendirilmektedir. Bu seviyenin altında ekipman her an kötü bir şekilde arızalanabileceği için “Fonksiyonel Arıza” bölgesi olarak da adlandırılmaktadır.



Şekil 5: P - F Eğrisi.

P-F eğrisinde diğer önemli nokta ise, fonksiyonel arızaya yol açacak bozunmanın tespit edilmeye başlanabileceği P noktasıdır. Bu nedenle potansiyel arıza noktası olarak gösterilmektedir.

P noktası doğrudan bozunma süreci ile ilgili olmakla beraber, bozunma mekanizmasını tespit etmeye yönelik metodlar ile belirlenebilir. Yatak arıza seviyesini saptamaya yönelik gerçekleştirilen vibrasyon ölçümleri bu kapsamda değerlendirilebilir.

P-F eğrisi üzerinde geçen zaman aralığını bilmek, bakım görevlerinin atanması ve periyotlarının belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. P-F aralığı 1 ay olan bir arıza için, 2 ayda bir yapılan vibrasyon ölçümlerinin arıza gelişimini yakalama olasılığı son derece azdır. Bu örnek için 2 haftada bir ya da haftalık ölçümler daha iyi bir yaklaşım olacaktır.

2.4.2. Arıza Senaryosu

Arıza senaryosu, ilgili ekipman için belirlenen arıza modunun gelişimini detaylı olarak içermektedir. Amaç olarak, gelecekte benzer şekilde yaşanabilecek arızaları ön görmek ve sonuçları hakkında tahminlerde bulunmaktır. Arıza senaryosunda minimum olması gerekenler;

- Ekipman fonksiyonu, ekipmana ait incelenen parçanın fonksiyonu ve yedeklik durumu,
- Ekipmanın ilgili arıza için fiziksel davranışı,

- Arızanın gelişimi ve oluşması halinde ekipmana verebileceği zararlar,
- Arıza oluştuğunda fark edilme durumu (alarm, saha gözlemi vb.)
- Arıza halinde işletmenin üretimi devam ettirmesi için alacağı aksiyon, işletme tarafından oluşturulacak bakım talebinin tipi (acil veya planlı bakım),
- Arızanın sonuçları; ekonomik kayıplar (üretim+bakım kaybı), çevresel etkiler (gaz salınımı, yangın, flaring, mahsül dökülmesi vb.), sağlık ve iş emniyetine etkisi, itibara etkisi,
- Bakım süresi boyunca yaşanabilecek üretim kayıpları ve diğer etmenler.

Senaryoda arıza gelişimi açıklanarak, arızanın yaşanma zamanına kadar geçen süreç belirtilmektedir. Her arıza modu için ayrı arıza senaryosu oluşturulmalıdır. Arıza modları, ekipman parçalarına ait olduklarından (rulman gibi), arıza senaryosunda ekipmana ait o parçanın ve ekipmanın ünite açısından görevi açıklanmalıdır.

Senaryo kapsamında arıza sonucu karşılaşılabilecek potansiyel riskler değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar hem ekipmanın kendisinde hasar, hem de bağlı olduğu diğer ekipmanlarda hasar şeklinde gerçekleşebilir. Arızanın yaşanması durumunda fark edilme şekli mutlaka belirtilmelidir. Özellikle DCS alarmları veya trip durumları, arıza sonuçlarının irdelenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Arıza durumunda işletme operatörleri ve işletmenin alacağı aksiyonlar, hem arıza sonuçlarının belirlenmesi hem de bakım sürecinin planlanması açısından önemlidir.

Senaryonun gerçekçi ve yaşanabilir olayları içermesi doğru analiz için gerekmektedir. Arıza senaryosu GMB analiz sürecinin ilk adımı ve sonraki süreci şekillendirme durumu olduğundan, üzerinde dikkatle çalışılmalı ve gerçekçi yazılmalıdır.

2.4.3. Risk Değerlendirme Matrisi ve Kritiklik

Risk Değerlendirme Matrisi (Risk Assessment Matrix), analizi gerçekleştirilen arıza moduna kritiklik atamak için kullanılır. Matris içerisinde 6 risk seviyesi bulunur; İhmal edilebilir (N-Negligible), Düşük (L-Low), Orta (M-Medium), Orta Yüksek (MH-Medium High), Yüksek (H-High), Aşırı (E-Extreme).

RCM ETBF		Criticality				
PROBABILITY	H	0.0 - 0.5 y	L	MH	H	E
	M	0.5 - 4.0 y	L	M	MH	E
	L	4.0 - 20 y	N	L	M	MH
	N	> 20 y	N	N	L	M
CONSEQUENCE CATEGORY	ECONOMICS (US\$)	no/slight damage (<10k)	minor damage (10-100k)	local damage (0.1-1m)	major damage (1-10m)	extensive damage (>10m)
	HEALTH & SAFETY	no/slight injury	minor injury	major injury	single fatality	multiple fatalities
	ENVIRONMENT	no/slight effect	minor effect	local effect	major effect	massive effect
CONSEQUENCE CLASS		NEGUGIBLE	LOW	MEDIUM	HIGH	EXTREME

Şekil 6: Risk Değerlendirme Matrisi.

Arızanın kritikliği, sıfır bakım senaryosuna göre atanır, bu nedenle mevcut/ana risk (base risk) olarak adlandırılır. Kritiklik, arızanın olasılığı (probability) ile sonuçlarının (consequences) kesişmesi ile atanır. Arıza sonuçları; Ekonomik, Çevre, Sağlık ve Emniyet olarak gruplanır. Arıza olasılığı ise arızalar arası ön görülen ortalama süre (ETBF- Estimated Time Between Failures) değeridir (6 ay, 1 sene, 5 sene vb.).

Ekonomik analizin yapılabilmesi için üretim kayıplarının ve bakım maliyetlerinin bilinmesi gerekmektedir. Üretim açısından ekonomik kayıp değerinin hesaplanması, 1 saatlik üretim kaybının maddi değeri olan üretim kayıp denklemi (PLE- Product Lost Equation) üzerinden hesaplanır.

2.5. Arıza Modu Özellikleri ve Görevler

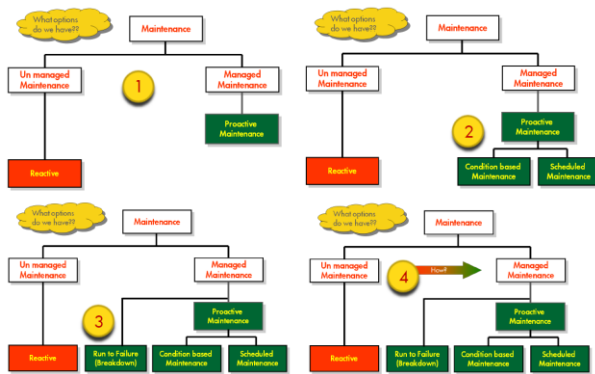
GMB analiz süreci sonucunda belirlenecek görevler, arıza modları için maliyet açısından verimli (cost effective) olacak şekilde optimize edilmektedir. Öncelikli olarak belirlenmesi gereken, görevlerin sayısından ve maliyetinden ziyade; ilgili arıza modu için yapılacak bakım görevlerinin gerçekten arızanın gelişim süreci için kestirimci, koruyucu ve arızanın yaşanması durumunda etkilerini hafifletici nitelikte olmasıdır.

Bakım görevleri, arıza modunun karakteristiğine bağlıdır. Arıza modları için iki ana karakteristik özellikten bahsedilebilir;

- Arızanın yaşa bağımlılığı (age related)
- Arızanın gizli (unrevealed) veya açık (revealed) arıza olma durumu

Arızaya ait bu karakteristikler sonucunda bakım stratejisi;

- Zamana veya belirli bir periyoda bağlı (Time Based or Scheduled Maintenance),
- Durum Bazlı (Condition Based) olarak belirlenecektir.



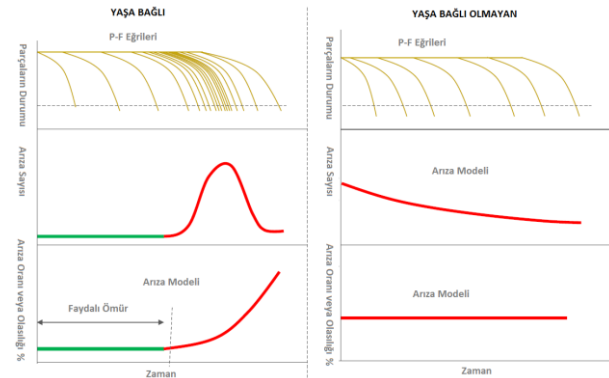
Şekil 7: Bakım Stratejileri.

Plansız bakım (unmanaged maintenance) yaklaşımından incelenmeye başlandığında, planlı bakım (managed maintenance) yaklaşımının koruyucu bakım organizasyonu açısından ikiye ayrıldığı görülmektedir.

Durum Bazlı (Condition Based) yaklaşımında ekipmana ait parametrelerin takibi ile bakım faaliyetleri organize edilmektedir (vibrasyon ölçümleri, yağ numune analizleri, sıcaklık takibi vb.) Zamana veya periyoda bağlı (Time Based) yaklaşımda ise, ekipmanın çalışma durumundan bağımsız olarak belirli zaman aralıklarında bakım faaliyetleri gerçekleştirilmektedir (periyodik yağ değişimleri, planlı duruşlarda gerçekleştirilen kompresör ve türbin genel bakımları, elektriksel testler vb.) Seçilecek bakım stratejisinde arıza modunun karakteristiği ve ekipmanın işletme şartları belirleyici olmaktadır. Bakım görevlerinin ekonomik maliyeti ve arıza sonuçlarının etkileri doğrultusunda koruyucu bakım yaklaşımı yerine arıza halinde bakım yaklaşımı da aslında bir bakım stratejisidir.

2.5.1. Arıza Modu Karakteristikleri -Yaşa Bağlılık

Ekonomik olarak onaylanacak bir bakım paketinde, görevlerin arıza modunun karakteristiğine göre belirlenmesi gerekmektedir. Bir arıza modu için, bozunma temel olarak zamana bağlı yaşıyorsa, bu arıza modunun yaşa bağlı geliştiğini (age related) gösterir. Yaşa bağlı gelişen bir arıza modu için, durum izleme yaklaşımından çok periyodik bakım yaklaşımı tercih edilmektedir. Ancak, arıza moduna yol açan bozunma birkaç faktöre bağlıysa bu arıza yapı olarak zamandan/yaştan/periyottan bağımsız (non-age related) bir arızadır. Bu faktörlere örnek olarak yük, hız, sıcaklık, basınç ve vibrasyon verilebilir.



Şekil 8: Arıza Modelleri.

Yaşa bağlı (age related) gelişen arıza modları için belirleyici unsur zamandır. Dolayısı ile bu tür arıza modlarında bozunma zamana bağlı gerçekleştiğinden, periyodik olarak yapılan bakım görevleri bu tip arızalar için verimli olmaktadır. Yaşa bağlı gelişmeyen (non-age related) arıza modları için çoklu faktörler (basınç, sıcaklık, yük, devir vb.) söz konusu olduğundan, bu tür arızalar için durum bazlı seçilen bakım görevleri verimli olmaktadır. Yaşa bağlı gelişmeyen ve P-F eğrisi açık olmayan arıza modları tamamen rastgele oluşan arızalardır (random failures). Elektronik devrelerin arızalanması örnek olarak verilebilir. Bir arıza modunun yaşa bağıllık durumu için;

- Benzer dizayna sahip ekipmanlarda arıza modları için P-F eğrileri,

- Arızaların zaman içindeki dağılımları (benzer zaman aralıklarında tekrar etme durumu),
- Arızaların belirli durumlar altında gözlemlenmesi

2.5.2. Arıza Modu Karakteristikleri –Gizli Arıza

Ekipmanlara ait bazı fonksiyonlar gizli durumda olabilir. Normal şartlar altında ekipman bu fonksiyonda çalışmadığından, fonksiyonu ortaya çıkaracak olayların yaşanma durumu gerekmektedir. Örnek olarak;

- Yedek durumda olan pompa,
- Emniyet vanaları,
- H₂S detektörlerine ait fonksiyonel arızalar,

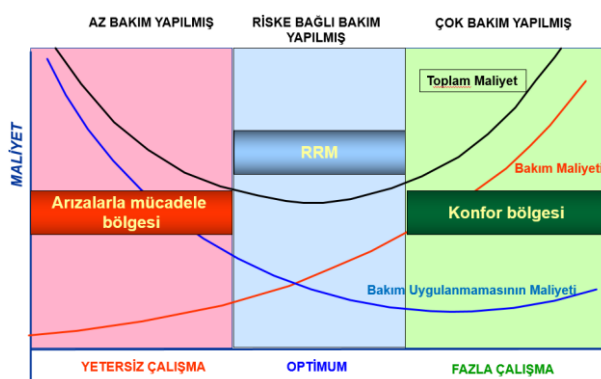
ancak ekipman fonksiyonuna ihtiyaç duyulduğunda ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda örnekleri verilen ekipmanlar için, fonksiyonel arızalarının ortaya çıkması ancak bu fonksiyonun yerine getirilmesini gerektirecek bir olay ile gerçekleşebilmektedir. Bu tarz arızalar, gizli arıza (hidden or unrevealed failure) olarak adlandırılmaktadır. Gizli arızaları tespit edebilmek için bu fonksiyonu test edecek bakım görevleri gerekmektedir. Bu görevlere belirli periyotlarda gerçekleştirilen test ve kontroller örnek olarak verilebilir.

2.6. Ekonomik Doğrulama

Süreç açısından diğer kritik bir nokta, uygulanması ön görülen bakım görevlerinin riski azaltacağı ve ekonomik olarak verimli olma durumunun teyit edilmesidir. GMB analizinin temel hedefi, reaktif yaklaşımın yani yetersiz bakımın olduğu bölgeden kaçınılarak optimum bölgede yer almaktır.

Rafineri gibi ekipman sayısının çok ve çeşitli, ayrıca bakım masraflarının üst düzeyde olduğu işletmeler açısından aşırı bakım uygulanan bölgeden de kaçınılması, GMB süreci açısından ikincil olarak tercih edilmelidir.



Şekil 8: Bakım maliyet verimliliği.

Ekipman arızasına yönelik belirlenmiş bakım görevleri grafik göz önüne alınarak incelendiğinde 3 bölgede yer alma durumu ile karşılaşılmaktadır;

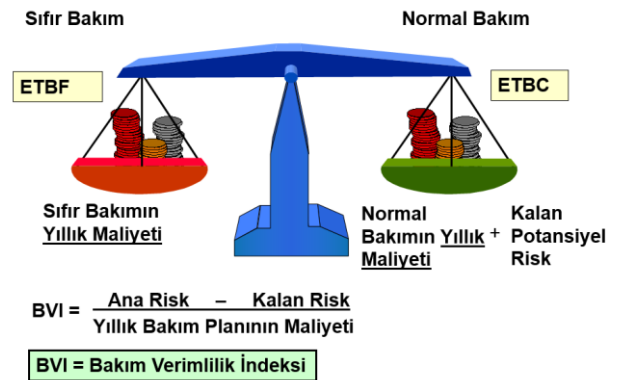
- Az bakım yapılan bölge-Reaktif

- Çok bakım yapılan bölge-Aşırı
- Dengelenmiş bölge-Optimum

Grafik incelendiğinde, optimum bakımın sadece tek bir nokta için geçerli olmadığı, bir bölgenin söz konusu olduğu görülmektedir. Dolayısı ile optimum bakım bölgesinde yer alabilmek, arızaya yol açan sürecin irdelenmesi ve risklerin analiz edilmesi ile mümkün olacaktır. Riskleri azaltan ve arızayı öteleyen bakım görevlerinin seçilmesi bu kapsamda önem taşımaktadır. Seçilecek bakım görevlerinin erken arızalara yol açmaması, ekipman fonksiyonunu koruması, arıza oluşumunu ötelemesi ve de arıza oluştuğunda etkilerini hafifletmesi amaçlanmaktadır.

Bir arıza modu için koruyucu bakım görevleri belirlense de, bu görevlerin gerçekleştirilmesinde yapılacak hata veya çeşitli durumlarda yapılamama durumları kaynaklı, Rtf (Run to Failure) senaryosu ile karşılaşılma olasılığı bulunmaktadır. GMB metodolojisinde, karşılaşılma olasılığı bulunan bu durumun taşıdığı risk “kalan risk (residual risk)” olarak adlandırılmaktadır. Rtf senaryosu doğrultusunda bakım görevleri uygulanmasına rağmen karşılaşılma durumu bulunan bu risklerin olasılığı, sonuçlar arası ön görülen ortalama süre (ETBC-Estimated Time Between Consequences) olarak adlandırılmıştır. Bakım görevlerinin uygulandığı senaryo ile bakımsız senaryo karşılaştırıldığında, ETBC ile gelen ek maliyetin de hesaba katılması gerekmektedir.

Belirlenen ETBC süresi kalan risk (residual) seviyesine karşılık geleceğinden, uygulanan bakım stratejisinin sağladığı risk azaltımı da (risk reduction) görülecektir. ETBC süresinin aslında, bakım görevlerinin arıza gelişimine yönelik etkisini derecelendirmeye yarayan bir güven seviyesi olduğunu söyleyebiliriz. Etkin olarak belirlenmemiş bakım süreleri daha küçük ETBC değerleri ile sonuçlanacaktır.



Şekil 9: Bakım verimlilik indeksi.

Bakım uygulanmayan ve bakım görevlerinin uygulandığı iki durum maliyet açısından karşılaştırılabilir de, ekonomik açıdan en uygun seçeneğin belirlenebilmesi anlamında tam olarak verimli olamamaktadır. Bu noktada BVI tanımlanarak, bakım görevlerinin risk indirmedeki etkinliği ekonomik açıdan derecelendirilmiş olmaktadır.

Risk azaltımı veya indirgenmesi, ana risk ile kalan risk arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Dolayısı ile

hesaplanan BVI değeri, risk azaltımı ekonomik değerinin bu amaç doğrultusunda harcanan bakım maliyetine oranını göstermektedir. Yüksek BVI değerine sahip bakım paketleri, etkinlik ve ekonomik verimlilik açısından tercih edilmelidir.

BVI değerinin 1 olduğu durumlarda, bakım paketinin uygulanması ile elde edilen risk azaltımının mali değerinin, uygulanan bakım paketinin yıllık maliyetine eşit olduğu görülmektedir. Yani bakım görevlerinin uygulanmasıyla ekonomik açıdan bir kazanç elde edilmemiş anlamındadır. BVI değerinin 1'den küçük olduğu durumlarda, uygulanması ön görülen bakım paketi ekonomik açıdan onaylanmadığından, arıza halinde bakım stratejisi (RtF) incelenen arıza modu için seçilmelidir. Aksi takdirde bakım paketi ve bakımsız senaryo tekrar değerlendirilmelidir. BVI değerinin 1 ve 2 arası olduğu durumlar genellikle, az bir faydanın sağlandığı ve seçilen bakım paketinin arıza modunun gelişim sebeplerini engellemeye yönelik olmaktan ziyade sonuçları üzerinde odaklandığının bir göstergesidir. BVI yaklaşımı ile görüldüğü üzere, uygulanan her bakım paketi maliyet açısından verimli değildir. Dolayısı ile bu doğrultuda değerlendirilmelidir.

Maliyet açısından verimli bakım görevlerinin belirlenmesinde, bakım görevlerinin aşağıdaki noktalara yönelik olması tercih edilmelidir;

- Ekipman fonksiyonunu korumalı ve devam ettirmeli
- Erken arıza gelişimini engellemeli
- Sonuçlarının büyümesini ve kritik boyutlara ulaşacak şekilde ilerlemesini engellemelidir.

2.7. Bakım Görevlerini Gruplama ve Uygulama

GMB analiz süreci sonucunda, arıza modları ve bu arıza modları için belirlenen bakım görevleri ortaya çıkmaktadır. Belirlenen bu görevlerin uygulanabilmesi için, durum bazlı (CM) ve periyodik/zamana bağlı (TB) görevlerin gruplanma gerekliliği bulunmaktadır. Bu gruplama günlük bakım görevleri veya duruş (Turnaround) görevleri olarak iki ana başlık altında yapılabilir.

Belirlenen bakım görevlerinin sahada verimli bir şekilde uygulanabilmesi için, iş paketleri halinde ekip bazlı gruplanarak SAP üzerinden otomatik olarak doğru zamanda üretilmeleri gerekmektedir.

GMB analizi sonucunda gruplanan görevleri programa alacak planlamacının aşağıdaki hususları düşünmesi gerekmektedir;

- Görevlerin mevcut iş tanımlarının yeterli olma veya daha fazla açıklayıcı bilgiye ihtiyaç duyulma durumları,
- Görevlerde iskele, izole veya transport gibi alt adımların plana dahil edilmeleri,
- Gruplanmış bakım görevlerinin tek sipariş veya çoklu siparişler altında değerlendirilmeleri,

- Görevlerin uygulanma periyotları, gruplanan görevlerden eş zamanlı uygulanabilecek olanların aynı zamana planlanmaları
- Üretilen görevlerin zamanlaması ve uygulanmasının takip edilmesi

Bakım görevlerinin gruplanması işlerin etkin bir şekilde uygulanabilmesi amacıyla yapılır. İşin hazırlık aşaması, mobilizasyon ve işi sonlandırma aşamalarındaki zaman kayıplarını önlemek amaçlanır. Görevlerin zamanlama ve iş anlamında gruplanmasında içerdikleri ortak noktalara göre seçimler yapılabilir, örnek olarak;

- Aynı talimatı kullanan ve benzer iş akışına sahip olanlar,
- Vinç veya herhangi bir transport gereksinimleri ortak olanlar,
- Yapılacak tamir işlerinin benzer veya ortak yedek parça kullanımı olanlar,
- İki veya daha fazla iş için aynı müteahhit hizmetini kullanacaklar,
- Ünite veya ünite içerisinde ilgili bölgenin duruşu ile eş zamanlı planlanacaklar verilebilir.

Örneğin, bir yedek pompa için, fonksiyonel durumunu kontrol etmeye yarayacak test run ile eş zamanlı olarak vibrasyon ölçümleri, ekipmanın durdurulmasından sonra yatak yağ değişimi, elektriksel ve enstrüman kontrolleri ortak plan çerçevesinde gerçekleştirilebilir.

2.8. Analiz, Geri Bildirim & Gözden Geçirme

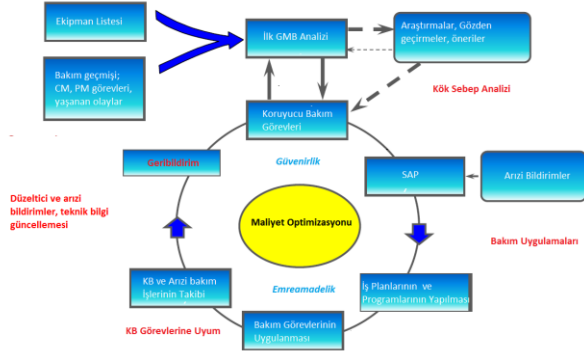
Bakım görevlerinin uygulanma aşamasında, GMB sürecinin geliştirilmesi açısından toplanması gereken önemli bilgi oluşmaktadır. GMB analizleri sonucunda belirlenen Koruyucu Bakım görevleri ile birlikte, ekipmanlar üzerinde gerçekleştirilen arıza bakım veya diğer teknik çalışmaların değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Saha bakım uygulamaları kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar, GMB süreci açısından aşağıdaki şekilde ilişkilendirilebilir;

- Arızaya yol açan bulgular (hasarlı parçalar vb.)
- MTBF süreleri (beklenenden erken olma durumu)
- Arıza sonuçları (farklı etkilerin ortaya çıkma ve öncelikleri değişme durumu)
- Bakım maliyetleri ve süre (ön görülen daha az veya çok olma durumu)

Yukarıda örnek olabilecek tarzda geri dönüşler, GMB analiz sürecini iyileştirme anlamında önem taşımaktadır.

Proje ve plan değişiklikleri mutlak suretle GMB database üzerinde değiştirilmelidir. İptal edilen ekipmanlar için oluşturulan görevlerin silinmesi ve bu yönde güncellemeler önem taşımaktadır.



Şekil 10: Geribildirim ve değerlendirme.

3. Kaynaklar

- [1] Moubray, J., "Reliability Centered Maintenance", Industrial Press Inc., 1997
- [2] "Güvenirlilik Merkezli Bakım", İş Süreci Kılavuzu, Tüpraş, 2009