

Buhar Kazanları, Brülörler ve Pompalar için MTBF Tabanlı Yedek Parça Stratejisi

Giriş

MTBF (Mean Time Between Failures – Arızalar Arası Ortalama Süre), bir ekipmanın arızaları arasında geçen ortalama çalışma süresini ifade eden önemli bir güvenilirlik ölçütüdür[1]. Bakım ve yedek parça planlamasında MTBF verilerinden yararlanmak, kritik ekipmanların beklenmedik duruşlarını en aza indirmeye yardımcı olur. Bu doküman, buhar kazanları, endüstriyel brülörler (özellikle Weishaupt, Dreizler, Elco, Saacke gibi markalar) ve pompalar (Wilo, Grundfos gibi) için MTBF verilerine dayalı bir yedek parça stratejisi sunar. İçerikte kritik yedek parçaların listesi ve sınıflandırılması, her bir parça için önerilen asgari stok seviyeleri, parçaların MTBF değerleriyle önerilen kontrol/değişim periyotları, parçaların temin süreleri ve tedarik riskleri ile örnek bir **Excel uyumlu yedek parça takip tablosu şablonu** yer almaktadır.

Belirtilen strateji, bakım teknisyenleri ve bakım yöneticilerinin sahada pratik biçimde kullanabileceği ayrıntıda hazırlanmıştır. Yedek parça tavsiyeleri oluşturulurken üretici teknik kılavuzları, bakım el kitapları ve sektör uygulama standartları öncelikli kaynak olarak alınmıştır. Bu sayede öneriler, **teknik el kitabı** seviyesinde doğruluk ve güvenilirliğe sahiptir. Üreticilerin **yalnızca orijinal yedek parçaların kullanılmasını önerdiğini** unutmamak gerekir[2]; bu stratejide listelenen parçalar da mümkün olduğunda orijinal veya üretici onaylı muadilleri olarak düşünülmelidir.

Kritik Yedek Parçalar ve Sınıflandırılması

Kritik yedek parçalar, arıza yaptıklarında işletmenin durmasına yol açabilecek veya güvenlik açısından önemli bileşenlerdir. Bu parçalar, temin süreleri ve arıza olasılıklarına göre sınıflandırılır:

- **Acil (Yüksek Kritiklik):** Arızası durumunda ekipmanın hemen durmasına neden olan ve kısa sürede değiştirilmesi gereken parçalar. Genelde sık arızalanabilen veya sarf niteliğinde bileşenler bu gruptadır.
- **Standart (Orta Kritiklik):** Arızası kısa vadede yönetilebilen (yedek sistemler veya geçici çözümlerle idare edilebilen) ancak hızlı onarım gerektiren parçalar. Temin süreleri genellikle kısa veya orta düzeydedir.
- **Uzun Tedarik Süreli (Düşük Arıza Sıklığı ancak Kritik):** Arıza olasılığı düşük ancak temin süresi çok uzun veya özel sipariş gerektiren parçalar. Bu parçalar nadiren arızalansa bile, arıza durumunda uzun süreli duruşa yol açabileceği için önceden stoklanmaları “sigorta” niteliğinde önerilir.

Aşağıda, buhar kazanı sistemleri, brülörler ve pompalar için kritik yedek parçaların listesi, söz konusu sınıflandırmalar ile birlikte sunulmuştur. Parçaların önem derecesi, arıza sıklığı ve tedarik koşulları göz önüne alınarak yapılan bu sınıflandırma, bakım ekiplerinin stok planlamasına yardımcı olacaktır.

Buhar Kazanı Ekipmanları için Kritik Yedek Parçalar

- **Seviye Gösterge Camı ve Contaları (Su Seviye Camı):**

Kritiklik: Acil. Kazandaki su seviyesini göstermek için hayati önemdedir; camın kirlenmesi veya çatlaması güvenli işletmeyi riske sokar. Bu cam ve conta setleri yıllık bakımlarda yenilenmelidir[3].

Önerilen Stok: Her kazan için en az **1 set** yedek bulundurulmalı. **Not:** Görüş camı **yılda en az bir kez** temizlenmeli ve gerektiğinde değiştirilmelidir (özellikle okunamaz hale gelmişse)[3].

- **Düşük Su Seviyesi Kesici (LWCO – Low Water Cut-off):**

Kritiklik: Acil. Kazandaki su seviyesinin tehlikeli şekilde düşmesini algılayan birincil emniyet cihazıdır[4][5]. Arıza yaparsa kazanı kuru çalışmaya karşı koruma kalkar, bu nedenle her zaman çalışır durumda olmalıdır.

Önerilen Stok: **1 adet** yedek LWCO şalteri veya probu bulundurulması önerilir. **MTBF/Ömür:** Yıllık temizliği yapıldığında **~10 yıl** ömür beklenir[5]. Bakımı ihmal edilirse daha erken arızalanabilir.

Temin Süresi: Orta – genellikle stokta bulunur ancak özel tipler sipariş gerekebilir.

- **Su Seviyesi Kontrol Cihazı (Seviye Elektrodu veya Şamandıra Mekanizması):**

Kritiklik: Standart/Acil. Kazana besli suyu girişini kontrol ederek su seviyesini otomatik tutar. Arızası durumda manuel müdahale gerekir ki bu sürekli personel gerektirir[6].

Önerilen Stok: Tipine göre **yedek seviye sensörü veya kontrolör** bulundurulmalı (özellikle elektronik seviye kontrol cihazlarının yedeği önerilir).

Not: Farklı kazanlarda farklı tipte seviye kontrol cihazları olabilir; kendi sisteminize uygun yedeği belirleyin[6].

- **Emniyet Ventili (Emniyet Tahliye Valfi):**

Kritiklik: Acil (Uzun Tedarik Süreli). Kazan basıncını emniyetli seviyede tutan bu supaplar, aşırı basınç durumunda açılarak patlamayı önler. Kodlar gereği **her yıl test edilmeleri** gerekir ve bir arıza durumunda kazan durdurulmalıdır[7].

Önerilen Stok: Her kazan için **en az 1 adet** uygun kapasite ve basınçta yedek emniyet ventili bulundurulması önerilir. Birçok işletme, yıllık bakım sırasında işletmedeki supapları

çıkarıp test/kalibrasyon için gönderirken, önceden temin edilmiş yedek supapları geçici olarak takarak kesintisiz işletimi sağlar[7].

Temin Süresi: Uzun – doğru basınç ve boyutta yeni bir supabın temini birkaç gün ile birkaç hafta sürebilir (acil sipariş edilse bile günler alabilir)[7]. Bu nedenle yedeğinin önceden elde bulunması tavsiye edilir.

- **Yanma Hava Akış Şalteri (Hava Presostatı):**

Kritiklik: Acil. Brülör fanının hava akışını algılayan bu şalter, yeterli hava akışı olmazsa yakıt beslemesini engeller[8]. Arızalanır veya kontak vermezse brülör hiç ateşleme yapmaz.

Önerilen Stok: 1 adet yedek hava akış switch'i bulundurulmalı.

Temin Süresi: Kısa – çoğu üretici veya tedarikçi stoklarında bulunur. *Not:* Bazı modern sistemlerde ayrı hava akış şalteri yoksa, benzer görevi yapan sensörler olabilir; onların da yedeği düşünülmelidir[8].

- **Yüksek ve Düşük Gaz Basınç Şalterleri:**

Kritiklik: Acil. Brülöre gelen yakıt gazının basıncını güvenli aralıkta tutmak için yüksek ve alçak basınç switch'leri kullanılır[9]. Aşırı düşük basınçta sistem durur, aşırı yüksek basınçta yakıt akışı kesilir – her iki durumda da kazan emniyet için devre dışı kalır.

Önerilen Stok: Her **tip basınç şalterinden 1 adet** yedek bulundurulmalı (her bir kazan için birer takım).

Not: Yedek basınç şalterlerinin doğru set değerlerine ayarlanması gerekir; ideal olarak bunlar önceden işletme basıncına kalibre edilip rafta hazır tutulmalıdır[10]. Ayar değerleri kazan spesifik olduğundan, her kazan için ayrı yedekler planlanmalıdır[10].

- **Yüksek Basıncılı/ Sıcaklık Kesici (Emniyet Presostatı/Termostatı):**

Kritiklik: Acil. Kazan basıncı (buhar kazanında) veya sıcaklığı (sıcak su kazanında) aşırı yükselirse brülörü durduran basınç veya sıcaklık kesici emniyet elemanıdır[11]. Oldukça basit ve ucuz bir parça olmasına karşın, arızası tüm sistemi durdurabilir.

Önerilen Stok: 1 adet yedek presostat/termostat bulundurulmalı.

Temin Süresi: Kısa – genelde kolay temin edilir.

Not: Bu parçanın arızası durumunda hızlı değişim için yedeği hazır olmalıdır, zira yenisini beklemek üretimi aksatabilir[11].

- **Güvenlik Yakıt Kesme Vanaları (Ana Yakıt Vanası, İkincil (Emniyet) Vanası, Havalandırma (Vent) Vanası, Pilot Gaz Vanası):**

Kritiklik: Acil (Uzun Tedarik Süreli). Brülörde yakıtın güvenli şekilde kesilmesini sağlayan elektromanyetik vanalardır[12]. Genelde bir brülör hattında seri bağlı iki adet ana kapama vanası ve arada bir havalandırma vent vanası bulunur; ayrıca pilot brülör varsa onun vanası mevcuttur. Bu vanaların anormal sızdırmazlık testleri yıllık yapılmalı, gerektiğinde iç takımları yenilenmelidir[13]. Tamamen arızalanıp açılmaz hale gelirlerse ilgili brülör devre dışı kalır.

Önerilen Stok: Tam set vana bulundurmak bütçe ve stok maliyeti açısından zorlu olabilir; bunun yerine her tip vana için **yedek bobinler** ve **conta/yay tamir kitleri** bulundurulması önerilir[14]. Bu sayede vana gövdesi değiştirilmeden, sahada hızlı onarım yapılabilir[14].

Temin Süresi: Bu vanaların komple yeni olarak temini **çok uzun süre alabilir**, bazı özel büyük vana siparişleri **aylarca termin süresine** sahip olabiliyor[13]. Ancak bobin (solenoid) veya tamir takımı gibi parçalar genelde daha kısa sürede (birkaç gün/hafta) temin edilebilir.

Not: Vana gövdesinin mekanik arızası nadir görülür; çoğunlukla bobin yanması veya iç conta kaçakları meydana gelir. Yine de, **özellikle yakıt vanalarının** üretici tarafından “uzun teslim süreli” kritik yedekler listesinde olduğu unutulmamalıdır[13].

- **Gasket ve Conta Takımları:**

Kritiklik: Standart. Kazan ve brülör bağlantı noktalarındaki contalar (ör. el menhol kapak contaları, brülör kafa contası, düşük su seviye kontrol cihazı contaları, vb.) zamanla ısı ve basınç döngülerinden dolayı sızdırmazlığını kaybedebilir[15]. Her bakım veya açma işleminde yenilenmeleri gerekir.

Önerilen Stok: Çok sayıda yedek conta takımı bulundurulmalı (elde tutmanın maliyeti düşüktür). Örneğin, **tüm bakım noktaları için tam conta kitlerinden birkaç set** el altında olmalıdır[16].

Değişim Periyodu: Contalar genellikle **her 12 ayda bir, yıllık bakımda yenilenir**[17].

Not: Contaların ucuz ve sık değişen malzemeler olması sebebiyle, sızıntı anında soğutma, boşaltma ve yeniden su/ısıtma gibi işlemlerde kaybedilecek zaman, önceden stoklu conta bulundurmanın maliyetini fazlasıyla çıkarır[18].

- **Gözlem (Vizör) Camı ve Contası:**

Kritiklik: Standart. Brülör alevini izlemek için kullanılan gözlem penceresi camı, zamanla isle kaplanabilir veya ısıdan zarar görebilir. Camın çatlaması veya sızdırması durumunda sıcak gaz kaçıışı ve net görüş kaybı olur.

Önerilen Stok: 1 set yedek gözlem camı ve contası bulundurulmalı.

Not: Ucuz ve kolay değişen bir parça olduğundan, kirlenme veya hasar gördüğünde anında değiştirerek alev görünürlüğünü ve güvenliği sağlamak mantıklıdır[19][20].

- **Basınç Kontrol Cihazı (Basınç Sensörü veya Presostat Kontrolörü):**

Kritiklik: Standart. Kazan çıkış basıncını algılayıp brülör kapasitesini ayarlayan cihazdır[21]. Küçük kazanlarda mekanik presostat, büyük sistemlerde PLC tabanlı kontrolör veya elektronik transmitter olabilir. Arızası durumunda kazan basıncını elle ayarlamak gerekebilir ki bu hem zahmetli hem güvensizdir[21].

Önerilen Stok: 1 adet yedek basınç sensörü ve/veya kontrol modülü bulundurulmalı (özellikle PLC/kontrol kartı kullanılıyorsa, yazılımı yüklenmiş yedek birimin hazır olması büyük avantaj sağlar)[22].

Tedarik Riski: PLC tabanlı veya özel elektronik kontrol cihazlarının temini haftalar sürebilir; bu nedenle kritik tesisler (ör. kesintisiz üretim hatları, hastaneler) bu tür kritik kontrol birimlerinin yedeğini önceden yatırım olarak edinirler[22].

INDUSTRIAL SOLUTIONS

Brülörler için Kritik Yedek Parçalar (Weishaupt, Dreizler, Elco, Saacke vb.)

- **Ateşleme Elektrodu (Kıvılcım Elektrodu):**

Kritiklik: Acil. Brülörün yakıtını tutuşturmak için gereken kıvılcımı üreten bu elektrotlar olmadan brülör çalışmaz. Zamanla yüksek sıcaklık ve voltaj etkisiyle aşınır veya çatlayabilirler[23][24].

MTBF/Ömür: Genellikle **3-5 yıl** ömürleri vardır; yoğun kullanımda daha sık arıza verebilirler[25].

Önerilen Stok: Her brülör için **en az 1 adet** yedek ateşleme elektrodu seti hazır bulundurulmalı.

Önerilen Değişim: Elektrotlar her yıllık bakımda temizlenmeli, **en geç 3-5 yılda bir** proaktif olarak yenilenmesi tavsiye edilir[25].

Temin Süresi: Kısa – çoğu brülör üreticisinin elektrotları stoktan bulunur veya hızlı temin edilir.

- **Alev Dedektörü (Flame Scanner / UV veya İyonizasyon Sensörü):**

Kritiklik: Acil. Brülörde alevin varlığını izleyen bu dedektör, alev sönmesi halinde yakıt beslemesini keserek patlama riskini önler[26][27]. UV sensörler veya iyonizasyon çubukları olarak bulunabilirler ve arızalanmaları halinde brülör güvenlik kilidine geçer.

Önerilen Stok: 1 adet yedek alev sensörü (mevcut tip ile uyumlu) elde bulundurulmalı.

Arıza Eğilimi: Bu cihazlar pratikte en sık problem çıkaran ve **elde yedeği tutulması en yaygın olan** parçalardandır[27].

Ömür: Tipik kullanımda birkaç yıl sorunsuz çalışsalar da, kirlenme (UV sensörde mercek kirlenmesi) veya elektronik yıpranma olabilir – bu nedenle belirli bir yılda arıza gelmese bile ~5 yılda bir yenisiyle değiştirmek riski azaltır (bu değer işletme tecrübesine göre ayarlanabilir).

Temin Süresi: Orta – yaygın modeller genelde stokta olsa da özel sensörler birkaç hafta sürebilir.

- **Brülör Ateşleme/Kontrol Ünitesi (Kumanda Modülü veya “Combustion Manager”):**

Kritiklik: Acil (Uzun Tedarik Süreli). Brülörün ateşleme sıralamasını ve güvenlik fonksiyonlarını yöneten elektronik kontrol ünitesidir (örn. Weishaupt W-FM serisi, Siemens LFL/LMO serisi kontrol kutuları vb.). Bu ünite arızalandığında brülör çalışmaz veya emniyet kilidine gider.

MTBF/Ömür: Weishaupt gibi üreticiler elektronik kumanda cihazlarının **yaklaşık 250.000 brülör başlatma döngüsü veya 10 yıl** tasarım ömrü olduğunu belirtir[28][29]. Bu süre sonunda arızalanmasa bile proaktif değiştirme önerilir.

Önerilen Stok: Kritik uygulamalarda (özellikle tek brülörlü sistemlerde) **1 adet yedek kontrol modülü** bulundurmak tavsiye edilir[28]. Yedeğin güncel yazılım/ayarlarla uyumlu olması önemlidir (mümkünse mevcut ayarlar yüklenmiş olarak hazır tutulmalı)[22].

Temin Süresi: Uzun – bu tür özel elektronik kartların tedariki haftalar sürebilir, yurt dışından gelmesi gerekebilir. Üretici önerisi, düzenli bakım kapsamında bu ünitelerin 10 yıl sonunda yenilenmesidir[28].

- **Ateşleme Transformatörü / Yüksek Gerilim Ateşleyici:**

Kritiklik: Standart/Acil. Kıvılcım elektroduna yüksek gerilim sağlayan bu parça arızalanırsa ateşleme gerçekleşmez. Kimi modern brülörlerde bu, kontrol modülüne entegre olabildiği için parça bazlı değişim mümkün olmayabilir (kontrol modülünü komple değiştirmek gerekebilir). Ayrı ateşleme trafosu olan modellerde ise

Önerilen Stok: 1 adet yedeği tutulmalıdır.

Temin Süresi: Orta – yaygın trafolar bulunabilir ancak özel modeller sipariş gerektirebilir.

- **Yakıt Pompası (Sadece Sıvı Yakıtlı Brülörler):**

Kritiklik: Standart (Uzun Tedarik Süreli). Fuel-oil brülörlerinde kullanılan dişli pompa, yakıtı atomize edecek basınca çıkarır. Bu pompalar dayanıklı olmakla birlikte, uzun yıllar içinde aşınabilir veya sızdırmazlık kaybı olabilir. MTBF değeri kullanım şartlarına bağlı olarak 5-10 yıl veya daha fazla olabilir; örneğin Weishaupt servis planında 10 yıl/250.000 start ömrü referans alınır[29][30].

Önerilen Stok: Bu kritik parça genelde çok sık arıza yapmasa da, arıza durumunda tedariki zaman alabileceğinden **1 adet** yedek yakıt pompası (veya uygun onarım takımı) elde bulundurulması özellikle tek brülörlü tesislerde önerilir.

Temin Süresi: Uzun – özellikle brülör üreticisine özgü pompaların (örneğin özel flanş bağlantılı modeller) temini birkaç hafta sürebilir.

Not: Alternatif olarak, aşınan parçalar (contalar, valf takımı) için **pompa tamir kitleri** tedarik edilebilir.

- **Yakıt Nozulu (Enjektör) [Sıvı Yakıtlı Brülör]:**

Kritiklik: Standart. Yağ brülörlerinde yakıt memesi, yakıtı püskürten ve alev kalitesini belirleyen parçadır. Zamanla kurumlanma ve aşınmaya maruz kalır. **Önerilen Değişim:** Üretici önerisi **en geç 2 yılda bir** nozulun yenilenmesi yönündedir[31]. Hatta yakıt kalitesine göre yılda bir değişim de uygulanabilir.

Önerilen Stok: Her brülör için **en az 2 adet** uygun kapasitede yedek nozul bulundurulmalı (biri hemen kullanım, diğeri sonraki ihtiyaç için).

Temin Süresi: Kısa – standart boyutlu nozul tipleri genelde yerel tedarikçilerde bulunur.

- **Yakıt Filtresi (Brülör Pompası Filtresi):**

Kritiklik: Standart. Yakıtın temizliğini sağlayan bu filtre, tıkanırsa brülör yakıt akışı düşer ve arızaya geçebilir.

Bakım: Servis talimatlarına göre düzenli temizlenmeli veya yenilenmelidir (çoğu yağ brülörü her bakımda filtre elemanını değiştirmeyi önerir)[32].

Önerilen Stok: Yedek filtre elemanları bol miktarda bulundurulmalı (ucuz ve küçük parçalardır).

Temin Süresi: Kısa.

- **Brülör Fanı ve Motoru:**

Kritiklik: Standart/Acil. Brülörün yanma havasını sağlayan fan ve tahrik motoru genelde uzun ömürlüdür, ancak fan pervanesinde kırılma veya motor rulmanlarında sıkışma meydana gelebilir.

MTBF: Motor rulman ömürleri genelde birkaç yıl (ör. ANSI/API standartlarına göre minimum 25.000 saat çalışmaya dayanacak şekilde) tasarlanır[33].

Önerilen Stok: Büyük brülör motorlarının yedeğini tutmak pratik olmayabilir; bunun yerine **kritik tesislerde** aynı kapasitede yedek bir brülör ünitesi veya fan-motor grubu bulundurmak düşünülür. Küçük brülörler için en az **yedek fan kayışı** (kayışlı tahrik varsa) veya **fan çarkı** bulundurmak faydalıdır.

Temin Süresi: Motor ve fanın komple tedariki uzun (haftalar) sürebilir, ancak fan kanadı gibi parçalar üretici stoklarında bulunabilir.

- **Servo Motorlar ve Aktüatörler:**

Kritiklik: Standart (Uzun Tedarik). Büyük brülörlerde hava damperini ve yakıt vana kademelerini ayarlayan servo motorlar bulunur. Bu aktüatörlerin arızası durumunda brülör yakıt/hava oranını tutturamaz ve devre dışı kalır.

Önerilen Stok: Kritik uygulamalarda **bir adet uygun tork ve modelde yedek servo** bulundurmak önerilir.

Temin Süresi: Orta/Uzun – marka/model spesifik olduğundan, siparişi birkaç hafta sürebilir.

Not: Periyodik bakımlarda servo motor bağlantıları ve kalibrasyonu kontrol edilerek arızaya meyilli olup olmadığı anlaşılabilir.

Pompalar için Kritik Yedek Parçalar (Wilo, Grundfos vb.)

- **Mekanik Salmastra (Mechanical Seal):**

Kritiklik: Acil. Santrifüj pompaların shaft sızdırmazlığını sağlayan mekanik salmastralar, pompa arızalarının en yaygın nedenlerindendir. Kaçak yapmaya başladığında pompa durdurulup salmastra değiştirilmezse ciddi hasar oluşabilir.

MTBF/Ömür: Üreticiler, uygun koşullar altında mekanik salmastraların **en az 2-3 yıl** sorunsuz çalışmasını bekler; örneğin API 682 standardına uygun kaliteli salmastralar minimum ~3 yıl ömür hedefiyle tasarlanır[34]. İyi koşullarda **3-5 yıl veya daha fazla** çalışabilirler[35].

Önerilen Stok: Her pompa için en az 1 adet salmastra tamir kiti stokta olmalıdır[36]. Grundfos gibi üreticilerin önerisine göre, 2 yıllık işletme için bir salmastra kiti, 5 yıllık dönem için ise **en az 2 kit** öngörülür[36].

Önerilen Değişim: Salmastralar, arıza belirtisi (kaçak) görülür görülmez değiştirilmelidir. Proaktif bakım olarak, kritik pompaların salmastraları **3-4 yılda bir** yenilenerek beklenmedik duruş riski azaltılabilir.

Temin Süresi: Orta – yaygın pompa modellerinin salmastraları genelde bölge depolarında bulunur (birkaç gün içinde temin). Ancak özel malzeme (viton, SiC vs.) gerektiren büyük salmastralar 4-6 hafta sürebilir.

- **Pompa Rulmanları:**

Kritiklik: Standart. Hem pompa mil yatakları hem de sürücü motorunun rulmanları zamanla yorulur. API 610 gibi standartlar, pompa rulmanlarının en az **25.000 saat (~2.8 yıl)** sürekli çalışmaya dayanacak şekilde seçilmesini şart koşar[33]. Çoğu uygulamada rulmanlar **5+ yıl** hizmet verebilir.

Önerilen Stok: Kritik pompalar için **1 takım rulman** (pompa ve motor için ayrı ayrı) elde bulundurulmalı.

Önerilen Değişim: Duruma bağlı; titreşim veya sıcaklık artışı gözlemlendiğinde vakit kaybetmeden değiştirilir. Planlı bakım kapsamında **5-7 yılda bir** rulman değişimi düşünülmelidir (özellikle 7/24 çalışan yüksek yükteki pompalar için).

Temin Süresi: Kısa/Orta – standart rulmanlar piyasada mevcut olsa da, özel yüksek sıcaklık veya özel boyut rulmanlar sipariş gerektirebilir.

- **Pompa Pervanesi (İmpeller):**

Kritiklik: Uzun Tedarik Süreli (Standart). İmpeller, pompanın ana hidrolik bileşeni olarak korozyon, erozyon veya kaviteasyona maruz kalabilir. Genelde aniden arızalanmaz, performansı zamanla düşer veya nadiren kırılma yaşanır. Ancak kırılma veya aşırı aşınma durumunda pompa devre dışı kalır.

Önerilen Stok: 1 adet yedek impeller kritik pompalar için elde bulundurulması tavsiye edilir (özellikle tek pompa ile çalışan kritik proseslerde)[37][38]. Üreticiler 5 yıllık işletme ömrü için yedek impeller planlanmasını önermektedir[37].

Temin Süresi: Uzun – impeller gibi döküm parçaların temini üretici stoklarına bağlıdır; bulunamazsa döküm/işleme ile özel üretim gerekebilir, bu da **haftalar/aylar** alabilir.

Not: Yedek impeller bulundurmak maliyetli olabilir; alternatif olarak önceden aşınmış impellerleri bakımda yenileyip acil durumda kullanılmak üzere saklama stratejisi izlenebilir.

- **Kaplin ve Lastikleri:**

Kritiklik: Acil. Motor ile pompa arasında güç aktarımını sağlayan kaplin elemanları (özellikle esnek kaplinlerdeki kauçuk lastikler) zamanla yorularak kopabilir. Kaplin koparsa pompa aniden durur.

Önerilen Stok: Her pompa seti için 1 yedek kaplin elemanı (örümcek lastik vb.) bulundurulmalı. Ayrıca büyük pompalar için **komple yedek kaplin** seti de düşünülür (flanşlar dahil), çünkü yanlış hizalama veya aşırı yük kaplini deforme edebilir.

Temin Süresi: Kısa – standart boy kaplin elemanları genellikle stokta bulunur, temini kolaydır.

Not: Kaplin lastikleri düşük maliyetli olduğu için, düzenli aralıklarla (ör. yılda bir) yenisiyle değiştirmek arızasız çalışma süresini artırır.

- **Pompa Contaları ve O-ring Takımları:**

Kritiklik: Standart. Pompanın kasa contaları, o-ringleri bakım sırasında değiştirilmesi gereken ucuz parçalardır. Özellikle yüksek sıcaklık pompalarında O-ring'ler sık sık yenilenmelidir.

Önerilen Stok: Her bakım için 1 kit olmak üzere birkaç **conta/O-ring kiti** stokta tutulmalı.

Temin Süresi: Kısa.

- **Pompa Motoru:**

Kritiklik: Uzun Tedarik Süreli. Pompa sürücü motoru yanar veya arızalanırsa pompa durur. Eğer sistemde yedekli (duplex) pompa yoksa, motorun tamiri veya yenisinin gelmesi beklenirken uzun bir duruş yaşanabilir.

Önerilen Strateji: Orta ve büyük boyutlu kritik pompalar için **yedek bir motor** bulundurmak düşünülebilir ancak bu yüksek maliyetlidir. Alternatif olarak, kritik pompalar mutlaka yedekli kurulmalıdır (ikiz pompa sistemi) ve arızalı motor çıkarılıp tamir edilirken operasyon diğer pompayla sürdürülmelidir.

Temin Süresi: Genellikle **haftalar** düzeyinde (standart bir motor olsa bile güç ve çerçeve boyutuna göre tedarik zaman alır).

- **Entegre Sürücüler ve Elektronik Aksam:** Modern pompaların bazılarında (örn. Wilo-Stratos, Grundfos MAGNA serisi vb.) üzerinde frekans konvertörü, elektronik kontrol modülü gibi parçalar bulunur. Bu tip **entegre inverter modülleri veya sensörler** arızalandığında pompa çalışmaz.

Kritiklik: Acil (Uzun Tedarik Süreli). **Önerilen Stok:** Kritik bir akıllı pompa varsa **yedek kontrol modülü veya en kötü ihtimalle acil durum için yedek bir pompa** bulundurulmalı[39].

Temin Süresi: Uzun – bu parçalar genelde sadece üreticiden temin edilir ve haftalar sürebilir.

Not: Eğer entegre sürücü arızalanırsa, bazı modeller harici sürücü ile by-pass edilip çalıştırılabilir; bu mümkünse planlamada göz önünde bulundurun.

Yukarıdaki listede belirtilen tüm parçalar, ilgili ekipmanların güvenli ve kesintisiz çalışması için kritik kabul edilir. Hangi parçaların gerçekten stoklanacağı, tesisin yedeklilik durumu ve üretim kesintisine toleransına bağlı olarak değerlendirilmeli[40][41]. Örneğin, tam yedekli (duplex) pompalarınız varsa, pompa motoru veya salmastra stoklamak yerine yedek pompayı devreye alarak zamanı satın alabilirsiniz. Ancak hiç yedeği olmayan tekil bir kazan veya pompa için burada sayılan **tüm acil parçaların en az birer adet stokta olması** kuvvetle önerilir.

Her Parça İçin Önerilen Minimum Stok Seviyeleri

Yukarıda listelenen kritik yedek parçalar için uygun **minimum stok adetleri**, hem MTBF verileri hem de parça tedarik süreleri göz önüne alınarak belirlenmelidir. Genel bir prensip olarak:

- **Acil sınıftaki parçalar:** Her bir **kritik ekipman başına en az 1 adet** yedek olacak şekilde stoklanmalıdır. Örneğin, tesiste 3 adet brülör varsa, ateşleme elektrodu için minimum 3 adet (her brülör için bir) yedek tutulması önerilir. Aynı şekilde, 2 adet besli suyu pompası varsa, her biri için birer mekanik salmastra kiti olmak üzere en az

2 kit stokta bulunmalıdır. Bu yaklaşım, bir arıza anında derhal bire bir değişim yapabilmeye imkan tanır.

- **Standart sınıftaki parçalar:** Bu parçalarda arıza sıklığı daha düşük veya temin süresi daha kısa olduğu için, **her tipten en az 1 adet** yedek bulundurmak genellikle yeterlidir. Örneğin, düşük su seviyesi kesici şalter nadiren değiştirilir; ancak kritik olduğundan tip başına 1 yedek olması yeterli görülür. Benzer şekilde gaz basınç şalterleri için her tip (yüksek/alçak) birer adet yedek uygun kabul edilir. Eğer aynı tip parça birden fazla ekipmanda kullanılıyorsa (örneğin aynı model basınç şalteri 3 kazanda da varsa), stok adedi buna göre artırılmalıdır (toplam 2 adet gibi, tüm ekipmanları aynı anda etkileyecek yaygın bir arıza olmayacağı varsayımıyla).
- **Uzun tedarik süreli parçalar:** Bu kategoride, parça bulunabilirliği zayıf olduğundan **en az 1 adet** stok genellikle bir sigorta görevi görür. Örneğin, bir brülörün elektronik kontrol kartı 10 yılda bir arızalansa bile, yedeği yoksa arıza anında haftalarca üretim yapılamayabilir. Dolayısıyla böyle parçalar için minimum stok adedi 1'dir (mümkünse hemen kullanılmaya hazır şekilde). Eğer aynı kritik karttan birden fazla aynı tip ekipmanda varsa (örneğin 3 brülör de aynı kontrol kartını kullanıyorsa), birden fazla yedek tutulması düşünülmelidir. Genel uygulamada nadir arızalanan ama uzun sürede gelen pahalı parçalar için **1 yedek** makul bir dengedir; daha fazlası, elde beklerken bozulma veya eskime (teknolojik eskime) riskine de maruz kalabilir.
- **Sarf malzemesi niteliğindeki parçalar:** Conta, filtre, nozul gibi düzenli değişen veya düşük maliyetli öğelerde stok seviyesi daha yüksekte tutulmalıdır. Örneğin tüm kazan için yılda 1 tam conta seti kullanılıyorsa, **en az 2 yıllık ihtiyacı** karşılayacak (ör. 2 set) conta stoklanması önerilir. Filtre elemanları için 5-10 adet bulundurmak (kullanım sıklığına göre) iyi bir pratiktir, zira ucuz olup, kullanım sıklığı yüksektir.

Üreticilerin yedek parça planlama önerileri, stok seviyeleri konusunda yol göstericidir. Örneğin Grundfos, bir pompa için **2 yıllık işletme** süresinde değiştirilmesi muhtemel parçaları (primer salmastra, O-ringler vb.) **1'er kit, 5 yıllık işletme** için ise aynı parçalardan **2'şer kit** stoklanmasını tavsiye etmektedir[36]. Aynı tabloda 5 yıl için bir adet yedek impeller, bir set yedek rulman ve kaplin takımı da önerilmiştir[42]. Bu yaklaşım, kritik pompalar için 5 yıllık bakım periyodunda gerekebilecek her parçanın en az bir yedeğinin bulunmasını sağlamaktadır.

Benzer şekilde, **Powerhouse Combustion** firması bir kazan dairesinde tutulması tavsiye edilen 23 kritik parça ve **önerilen miktarlarını** listelemiştir[43][44]. Örneğin bu listede alev sensörü, emniyet ventil takımı, contalar, gaz valf tamir kitleri gibi öğelerin her birinden en az bir adet elde bulunması önerilir. Ayrıca contalar için "birkaç tam set", elektrod ve ateşleyici için "1-2 adet" gibi miktarlar vurgulanmıştır[17][16]. Bu doğrultuda, Tablo 1'de örnek bazı parçalar için tavsiye edilen minimum stok seviyeleri özetlenmiştir:

Tablo 1. Örnek Kritik Parçalar ve Önerilen Minimum Stok Adetleri

Parça Adı	Kritiklik	Önerilen Stok	Min.	Not
Ateşleme (Brülör)	Elektrodu Acil	Her brülör için 1 adet	1	(3–5 yıl ömür, sık arıza)[25]
Alev Dedektörü (UV Sensör)	Acil	Her tip için 1 adet	1	(Her brülör için 1 toplam, yaygın arıza)[27]
Mekanik (Pompa)	Salmastra Acil	Her pompa için 1 kit	1	(2 yıl için 1, 5 yıl için 2 kit önerilir)[36]
Emniyet Ventili (Kazan)	Uzun Tedarik	Her kazan için 1 adet	1	(Yıllık test için yedek)[7]
Gaz Kesme Bobini	Vanası Acil	Her tip için 1-2 adet	1-2	(Ana/pilot vanalar için ayrı ayrı)
Contalar (Kazan/Brülör)	Standart (Sarf)	2 tam set (min.)		(Yıllık bakım + ani ihtiyaç)[16]
Kaplin Lastiği (Pompa)	Acil	Her pompa için 1 adet	1	(Küçük maliyetli, sık değişim)
PLC/Kontrol (Brülör)	Kartı Uzun Tedarik	Tesis geneli 1 adet	1	(Tüm brülörler aynı ise 1 yedek)
...	(Diğer parçalar)	(Benzer şekilde)		

Yukarıdaki tablo özelleştirilebilir; her tesisin envanterinde bulunan ekipman sayısı ve kritik parçalarına göre minimum stok adetleri revize edilmelidir. **Genel kural, kritik ve acil parçaların her bir ekipman için bire bir yedeğinin, standart parçaların her tip için en az bir yedeğinin, uzun tedarik süreli pahalı parçaların ise tesis genelinde bir adet yedeğinin** bulundurulmasıdır. Ayrıca, **çoklu ekipman kullanılan durumlarda** (örneğin 4 aynı pompa) ortak yedekler planlanabilir; fakat aynı anda birden fazla arıza olasılığı düşünülerek stok adedi belirlenmelidir[45].

Stok seviyesi belirlerken **maliyet-fayda analizi** de yapılmalıdır[46]. Taşıma maliyeti yüksek, çok nadir arızalanan ve yedekli sistemlerde bulunan parçalar için stok tutmak yerine tedarik planları yapılabilir. Örneğin, iki kazanlı bir tesiste, bir kazan durduğunda diğeri kapasiteyi karşılayabiliyorsa bazı yedekler daha düşük öncelikli tutulabilir[40]. Ancak tek kazanlı veya tek pompada çalışan süreçlerde, **yedek parça stoğu en kritik sigortadır**. Her durumda, **tedarik sürelerinin uzadığı günümüz koşullarında** (salgın, tedarik zinciri problemleri vb.) stok seviyelerini bir miktar yüksek tutmak eskiye göre daha önemli hale gelmiştir[47][48].

MTBF ve Önerilen Kontrol/Değişim Periyotları

Her bir kritik parça için **MTBF (ortalama arıza aralığı)** ve **önerilen bakım-değişim periyotları**, proaktif bakım stratejisinin temelini oluşturur. Aşağıda, seçilmiş önemli parçalar için tipik MTBF değerleri veya ömür beklentileri ve buna bağlı olarak önerilen kontrol/değişim sıklıkları verilmiştir:

- **Ateşleme Elektrodu (Brülör):** Ortalama ömürleri **3 ila 5 yıl** civarındadır[25]. Bu süre zarfında elektrot malzemesi yıpranır ve ateşleme performansı düşer.

Önerilen Periyot: **Yıllık kontrollerde** elektrodun durumu gözlemlenmeli, temizlenmeli; **3-4. yıl civarında** ise yenisiyle değiştirilmelidir (en geç 5 yıl)[25]. Çok sık devreye giren brülörlerde bu süre kısaltılabilir.

- **Alev Sensörü (UV/IR veya İyonizasyon):** MTBF değeri kullanım şartlarına göre değişir; elektronik UV sensörlerinde **3-5 yıl** civarı güvenilir çalışma beklenir. İyonizasyon çubukları daha basit olduklarından benzer şekilde birkaç yıl dayanır ancak sık bakım (temizlik) ister.

Önerilen Periyot: **Her yıl** temizlenmeli (cam mercekli ise mercek temizliği, iyonizasyon çubuğu ise zımparalama), **5 yılda bir** proaktif değiştirme düşünülmelidir. Özellikle UV detektörlerin lamba/elektronik modülleri yıllar içinde zayıflayabilir.

- **Yağ Yakıt Nozulu:** Küçük orifisli bu parçalar yakıt kalitesine duyarlıdır. Weishaupt, nozulun **en az 2 yılda bir** değiştirilmesini önermektedir[31]. Kirli yakıtta yılda bir değişim de uygulanabilir.

Önerilen Periyot: **Her bakımda** nozzle temizlenmeli, alev yapısı bozulduğunda veya 2 yılı dolduğunda yenilenmelidir[31].

- **Yakıt Hortumu (Esnek Bağlantı):** Özellikle mazot brülörlerinde pompa ile enjektör arasındaki esnek hortumlar ısı ve yakıt etkisiyle zamanla sertleşip çatlayabilir. Weishaupt, **her 5 yılda bir** yağ hortumlarının yenilenmesini tavsiye eder[49].

Önerilen Periyot: 5 yıl kullanım veya herhangi bir sızıntı emaresinde derhal değiştirilmelidir.

- **Brülör Kontrol Kartı (Kumanda Cihazı):** Elektronik parçaların arıza ihtimali kullanım süresiyle artar. Weishaupt servis planı, kontrol ünitesi için **10 yıl veya 250.000 başlatma** ömrü öngörür ve bu eşiğe ulaşıldığında değiştirilmesini önerir[28].

Önerilen Periyot: **10. yılında** (veya aşırı devreye giren sistemlerde daha erken) arıza olmasa dahi yenisiyle değiştirip eskisini yedek olarak saklamak iyi bir pratiktir.

- **Emniyet Ventili:** Mekanik olarak çok dayanıklı olsalar da, yay ve disk mekanizması yıllar içinde yorulabilir veya kireçlenme gibi sebeplerle tutukluk yapabilir.

Test Periyodu: **Her yıl** bu ventiller kalibre ve fonksiyon testine tabi tutulmalıdır[7].

Önerilen Değişim: Genellikle 3-5 yılda bir yay ve contaları yenilenir veya sertifikalı bakım görürler. MTBF değeri tam verilmese de, güvenli tarafta kalmak için 5 yılı aşan sürekli kullanımlarda bir yenileme planı yapılmalıdır. Bazı tesisler her yıl yedek supaplarla değiştirip eskiyi servise göndererek bu periyodu uygular[7].

- **Düşük Su Seviye Kesici (Şamandıra veya Prob Tip):** Bu cihazların mekanik tipleri (şamandıra) için yaklaşık **10 yıl** hizmet ömrü beklenir (yıllık temizleme yapıldığı varsayılarak)[5]. Elektronik prob tiplerinin ise yarı iletken ömrü yine 8-10 yıl civarındadır.

Önerilen Periyot: **Her yıl** cihaz temizlenip fonksiyonu test edilmeli; mekanik tipse içinde biriken tortu temizlenmelidir. **10 yıla yaklaşıldığında** ise yenisiyle değiştirilmesi planlanmalıdır[5]. Bakımsız kalmışsa çok daha erken (3-5 yılda) arıza verebileceği unutulmamalıdır.

- **Pompa Mekanik Salmastrası:** Yukarıda belirtildiği gibi **en az 2 yıl**, genelde **3-5 yıl** ömür hedefi vardır[34][35]. Eğer pompa 7/24 çalışıyorsa 2-3 yıl içinde sızdırmazlık problemi başlayabilir, aralıklı çalışıyorsa 5 yıl geçse de sağlam kalabilir.

Önerilen Periyot: Salmastra, **her bakımda** gözle kontrol edilmeli (kaçak, damlama var mı diye). İlk sızıntı emaresi görüldüğünde vakit kaybetmeden değiştirilmeli – tipik olarak 3-4 yıl sonra. Proaktif bakım programında **4-5 yılda bir** salmastra yenilenmesi ekipmanı korur, ancak bakım aralığı operasyon koşullarına göre optimize edilmelidir.

- **Pompa Rulmanları:** Standart endüstriyel motor ve pompa rulmanları L10 ömür hesabıyla **en az 25.000 saat** (~2.8 yıl) sürekli çalışmaya dayanacak şekilde seçilir[33]. Bu, nüfusun %90'ının bu ömrü göreceği anlamına gelir; rulmanların %50'sinin ömrü ise bunun yaklaşık 5 katı olabilir (L50 ömrü)[33]. Normal koşullarda 5-7 yıl arıza yapmamaları beklenir.

Önerilen Periyot: **Her yıl** titreşim/kızak ölçümleriyle rulman durumu izlenmeli. Yağlama gerektiren tiplerse üretici talimatına göre (ör. 2000 çalışma saatinde bir yağlama[50]) gresaj yapılmalı. Genellikle **5 yıldan sonra** rulmanda belirti olmasa da önleyici değişim düşünen tesisler vardır. Özellikle yüksek devirli veya değişken yüklü pompalarda **5 yılda bir** rulman değişimi işletme güvenliğini artırır.

- **Kaplin Elemanları:** Lastik kaplin malzemeleri genelde **2-3 yıl** sürekli kullanımda özelliklerini kaybeder (ısı ve mekanik yorgunluk).

Önerilen Periyot: **Her yıl** kaplin kontrol edilmeli; çatlak, deformasyon varsa hemen yenilenmeli. Çoğu işletme **2 yılda bir** kaplin lastiklerini yenilemeyi tercih eder – maliyeti düşüktür ve beklenmedik kopmaları engeller. Kaplin flanşları ise hizalama düzgünse çok uzun ömürlüdür (10+ yıl). Yine de her bakımda vidalar ve sıkılık kontrol edilmelidir.

- **Entegre Elektronik Sürücü/Modül:** Elektronik invertör ve sensörlerin ömrü ortam sıcaklığı, elektrik dalgalanmaları gibi faktörlere bağlıdır. Genellikle 10 yıl civarı sorunsuz çalışmaları beklenir.

Önerilen Periyot: **Her yıl** fanlarının temizliği ve yazılım güncellemeleri yapılmalı. Belirti göstermeden arızalanmaları zor öngörülebildiğinden, MTBF değeri yaklaşırken (ör. 8-10 yıl sonra) yedek temini düşünülmelidir.

Yukarıdaki periyotlar **genel kılavuz** niteliğindedir. Her üretici, kullanıcı kılavuzlarında kendi ekipmanına özel bakım/ömür önerileri sunar. Örneğin Weishaupt bakım planında hangi koşulda hangi parçaların temizlenip hangilerinin değişeceği açıkça tablo halinde verilmiştir[51][28]. Bu tabloya göre: fan pervanesi, hava klapesi gibi parçalar kirlenince temizlenir; **ateşleme kablosu hasar görürse değişir; ateşleme elektrodu kirliyse temizlenir, aşınmışsa değiştirilir; kombustiyon yönetici (kontrolör) 250 bin start veya 10 yıl sonunda değiştirilir; alev sensörü 10 yıl veya 250 bin startta değiştirilir; yağ nozulu en geç 2 yılda bir değiştirilir; yağ pompası filtresi kirlendikçe yenilenir; yağ hortumu 5 yılda bir değiştirilir; yağ solenoid valfi ve pompası 250 bin start/10 yıl sonunda değiştirilir** vb.[52][53]. Bu veriler, bakım planının MTBF yaklaşımıyla nasıl belirlendiğini göstermektedir.

Özetle, ekipmanda **tasarım ömrü dolan parçayı** arıza vermese bile değiştirmek, beklenmedik duruş riskini ciddi oranda azaltacaktır.

Bakım periyotları planlanırken, **düzenleyici gereklilikler ve emniyet standartları** da göz önüne alınmalıdır. Örneğin emniyet ventilleri ve yanma emniyet elemanları için yıllık test/kalibrasyon yasal zorunluluk olabilir; bu da pratikte bu parçaların yedekli olarak bulundurulmasını gerektirir (test için sökülenin yerine takmak üzere)[7]. Benzer şekilde, yakıt hatlarındaki tüm emniyet elemanlarının (vanalar, presostatlar) periyodik testleri, yedek parça bulundurma ihtiyacını doğurur.

Parça Bazlı Temin Süreleri ve Tedarik Riski Notları

Yedek parçaların tedarik süreleri, stok stratejisinin şekillenmesinde kritik bir faktördür. Her parça için olası temin süresi ve tedarik riski aşağıdaki gibidir:

- **Yerel ve Yaygın Parçalar (Kısa Temin Süresi):** Ateşleme elektrodu, iyonizasyon çubuğu, standart basınç şalterleri, contalar, filtreler, kaplin lastikleri gibi yaygın bileşenler genelde **stoktan hemen** veya birkaç gün içinde temin edilebilir. Bu parçaların bir kısmı HVAC endüstrisinde standarttır ve birden fazla marka ile uyumludur. **Tedarik Riski:** Bu kalemlerde risk düşüktür; piyasada birden çok tedarikçi bulunur. Ancak yine de kritik uygulamalarda “nasıl olsa bulunur” mantığıyla sıfır stok tutmak sakıncalı olabilir. Özellikle **ateşleme elektrodu, alev sensörü** gibi parçalar, bulunamadığında tüm tesisin durmasına yol açacağından en az birer adet yedek stokta tutulmalıdır (tedarik zinciri sıkıntıları döneminde en basit parçalar bile beklenmedik şekilde temin edilemeyebilir).
- **Özel Marka/Model Parçalar (Orta Temin Süresi):** Mekanik salmastralar, pompa impellerleri, brülör nozulları, yakıt pompaları, servo motorlar, gaz valfi bobinleri gibi öğeler genelde marka/model spesifik parçalardır. Bunların çoğu için **tedarik süresi 1-4 hafta** arasında değişebilir. Örneğin sıradan bir Grundfos pompa salmastrası bölgesel depodan 1 haftada gelirken, özel alaşımlı büyük bir salmastra 4-6 haftayı bulabilir. **Tedarik Riski:** Bu parçalar için risk orta düzeydedir; genelde üretici stoğunda bir miktar bulunur ancak stokta yoksa imalat süresi devreye girer. **Öneri:** Bu kategori parçalarda, arıza olasılığına göre stok planlaması yapmak önemlidir. Örneğin mekanik salmastra stokta yoksa ve pompa sızdırmaya başlarsa, 3-4 hafta pompasız kalınabilir. Yedekli sistem yoksa bu kabul edilemez bir durumdur. Bu nedenle, **imalat/sipariş gerektiren tüm parçalarda en az bir yedek bulundurarak tedarik riskini yönetin.**
- **Pahalı ve Uzun Terminli Parçalar (Uzun Temin Süresi):** Brülör kontrol kartları, PLC modülleri, büyük yakıt vanaları, özel imalat emniyet supapları, entegre frekans konvertörleri gibi kalemlerin tedarik süresi **haftalar ile aylar** arasında olabilir. Powerhouse Combustion’un belirttiği gibi bazı büyük güvenlik vanalarında “**son derece uzun teslim süreleri**” söz konusu olabilmektedir[13]. Özellikle Avrupa’dan veya yurtdışından gelen cihazlarda gümrük, nakliye süreçleri süreyi uzatır. **Tedarik Riski:** Bu parçalar genellikle **tek tedarikçiye bağımlıdır (OEM parça)**, dolayısıyla alternatif kaynak bulmak güçtür. Arıza olasılıkları düşük olsa bile, gerçekleştiğinde **çok yüksek kesinti maliyeti** yaratırlar. Örneğin bir brülör kontrol modülünün yanması durumunda, yedeği yoksa kazan haftalarca devre dışı kalabilir. **Öneri:** Bu riskli parçalar için mümkünse önceden yedek yatırımı yapın. Maliyeti yüksek olduğu için karar verirken **downtime (duruş) maliyeti** ile karşılaştırın[46]. Örneğin, bir PLC kartının stokta tutulması \$5000 ise ve olası 2 haftalık duruşun maliyeti çok daha yüksekse, yedeğe yatırım mantıklıdır. Ayrıca, üretici ile bakım anlaşmaları yapılarak kritik parçalarda öncelikli tedarik sağlanabilir.

- **Sarf Malzemeleri:** Contalar, filtreler vb. hızlı tüketilen parçalar genelde yerel distribütörlerde bolca bulunur. Ancak yine de **toplu alım** yaparak stoklamak, tedarik riskini sıfırlar ve indirimli fiyat avantajı sağlar. Bu parçalar küçük ve ucuz olduğundan, **tedarik riski pratikte stok tutan için yoktur.**
- **Teknolojik Eskime Riski:** Uzun yıllar yedek parça stoklamak da kendi içinde bir risktir. Elektronik parçalar özellikle, yıllar içinde piyasadan kalkabilir veya raf ömrü dolabilir. Örneğin 15 yıl önceki bir brülör kontrol kartı artık üretilmiyor olabilir. Bu nedenle, uzun terminli parçalarda **üreticinin yenileme programlarını takip etmek** önemlidir. Eskiyen bir ekipman için kritik bir parça “son kullanıcı stoğu” haline gelebilir. Böyle durumlarda, üretici önerisi doğrultusunda **retrofit (yenileştirme) planları** yapılmalı, kritik yedek parça stoğu da bu plana göre ayarlanmalıdır.

Sonuç olarak, her parça için tedarik süresi değerlendirilerek stoklama kararı verilmelidir. **Tablo 2**, örnek bazı parçalar için tipik temin sürelerini ve tedarik risk seviyelerini özetlemektedir:

Tablo 2. Bazı Yedek Parçalarda Tipik Temin Süreleri ve Tedarik Riski

Parça	Tahmini Süresi	Temin Tedarik Riski
Ateşleme Elektrodu	1-3 gün (stokta)	Düşük (yaygın parça)
Alev Sensörü (UV)	1-2 hafta	Orta (marka/model spesifik)
Mekanik Salmastra (Pompa)	1-4 hafta	Orta (ölçü/alaşıma bağlı)
Yakıt Kesme Vanası (komple)	6-12 hafta	Yüksek (özel sipariş, uzun üretim)[13]
Gaz Valfi Bobini	1 hafta	Düşük-Orta (stoklu ancak model uyumu önemli)
Brülör Kontrol Kartı	4-8 hafta	Yüksek (yalnız OEM'den temin)
Emniyet Ventili (büyük boy)	2-4 hafta (standart)	Orta (bazı değerler stok, özelse imalat)
Emniyet Ventili (özgün tip)	8+ hafta	Yüksek (özel set değeri, sertifikalı parça)
Pervane (İmpeller)	4-12 hafta	Yüksek (imalat gerekebilir)
Kaplin Lastiği	1-3 gün	Düşük (çok yaygın)
PLC/CPU Modülü	4-6 hafta	Yüksek (pahalı ve tek kaynak)

Yukarıdaki süreler ve riskler genel tecrübeye dayalıdır; tedarik koşulları ülkeye, tedarikçiye ve döneme göre değişebilir. **En iyi uygulama**, kritik parçalar için tedarikçi(ler) ile önceden görüşüp **ortalama teslim sürelerini öğrenmek**, hatta mümkünse **raf rezervi anlaşmaları** yapmaktır. Örneğin bazı üreticiler, müşterinin stokunda tutmak istemediği pahalı parçaları

kendi deposunda “**consignment**” şeklinde bulundurup arıza anında hemen göndermeyi teklif edebilir.

Ayrıca, **yedek parça lojistiği** için alternatif planlar da olmalıdır. Aynı parçaya sahip başka bir tesisle geçici parça ödünç anlaşması, 7/24 acil parça hizmeti sunan firmalarla iletişim, kritik parçaların ikinci el piyasası gibi konular araştırılmalıdır. Ancak en garanti yöntem, özellikle **tedariği belirsiz parçalarda** kendi stoğunuza güvenmektir.

Son olarak, tedarik riskini azaltmak için stok yönetimi düzenli yapılmalı; elinizdeki yedek parçaların uygun koşullarda depolandığından ve gerektiğinde kullanılabilir durumda olduğundan emin olunmalıdır. **Yedek parça envanter takibi**, bu açıdan kritik önem taşır.

Excel Uyumlu Yedek Parça Takip Tablosu Şablonu

Yedek parçaların etkin takibi için, bakım ekiplerinin kullanabileceği **Excel uyumlu bir tablo** oluşturulması tavsiye edilir. Bu tablo, her bir yedek parçanın envanter durumunu, kritiklik derecesini, stok hedeflerini ve hatta bakım periyotlarını bir arada izlemeye olanak sağlar. Aşağıda örnek bir takip tablosu şablonu verilmiştir. Bu şablon, ihtiyaçlara göre özelleştirilebilir:

Parça Adı	Ekipman	Kritiklik	Min. Stok	Mevcut Stok	Temin Süresi	Önerilen Değ. Aralığı	Notlar
Ateşleme Elektrodu	Brülör (Weishaup t)	Acil	1 adet/Brülör	1 adet	~2 gün (stokta)	3 yıl (maks 5 yıl)[25]	Yılda 1 temizle; orijinal parça kullan[2]
Alev Sensörü (UV)	Brülör (Saacke)	Acil	1 adet	2 adet	~1 hafta	5 yıl (veya arızada)	Yedek ön kalibrasyonlu
Mekanik Salmastıra Kiti	Pompa (Grundfos)	Acil	1 kit/Pompa	1 kit	2-3 hafta	4 yıl (sızıntıda hemen)	Orijinal kit, 25.000 saat tasarım[33]
Emniyet Ventili 10 bar	Kazan (YY Marka)	Uzun Süre	1 adet	1 adet	~6 hafta	3 yıl (yıllık test)	Yıllık sertifikasyon gerekli
Kaplin Lastiği (Type X)	Pompa (Wilo)	Acil	1 adet/Pompa	3 adet	1 gün (yerel)	2 yıl (maks)	Her bakımda kontrol ediliyor
...	...	...	...	...	...	...	...

Tablo Açıklamaları: Yukarıdaki örnek tablo sütunları şu amaçla kullanılır:

- **Parça Adı:** Yedek parçanın tam adı ve gerekiyorsa modeli. (Örn: “Alev Sensörü UV - Honeywell C7027A” gibi)
- **Ekipman:** Parçanın ait olduğu cihaz/ünite ve markası. Bu, aynı parçanın farklı ekipmanlarda kullanımını izlemek için faydalıdır.
- **Kritiklik:** Parçanın kritiklik sınıfı (Acil, Standart, Uzun Süre) olarak işaretlenir. Bu sayede filtreleme yapılarak en kritik parçalar kolayca görülebilir.
- **Min. Stok:** Belirlenen asgari stok seviyesini gösterir. Bu seviyenin altına düşülirse yeni sipariş tetiklenmelidir (işletmenin stok politikası gereği).
- **Mevcut Stok:** O anda depoda bulunan miktar. Bu kolon düzenli olarak güncellenmelidir (parça kullanıldığında düşürülür, yeni gelen stokla artırılır).
- **Temin Süresi:** İlgili parçanın yaklaşık tedarik süresi. Bu bilgi, sipariş zamanı planlamak için önem taşır. Örneğin temin süresi uzun olan bir parça, stokta tek kalmışsa hemen sipariş verilmelidir.
- **Önerilen Değ. Aralığı (Önerilen Değişim Aralığı):** Parçanın MTBF veya bakım periyoduna göre ne sıklıkla değiştirilmesinin önerildiği. Bu, bakım planlarıyla entegre edilebilir. Örneğin burada “3 yıl” yazan bir elektrot için, tabloya bakarak 3 yılda bir yenisi takılıp eskisi stoğa alınabilir (eğer hala çalışır durumdaysa yedek haline gelir).
- **Notlar:** Her türlü ilave bilgi veya hatırlatma. Örneğin “orijinal parça kullan” uyarısı, “yedek parça kodu: 12345” gibi kod bilgileri, “bu parça şu kişiler tarafından onaylı değiştirilmeli” gibi notlar yazılabilir. Ayrıca, parça son kullanma tarihi (raf ömrü) varsa bu alanda belirtilmelidir (özellikle kimyasal, conta vs. için).

Bu tablo, Excel’de filtreleme, renklendirme (koşullu biçimlendirme) gibi özelliklerle daha da kullanışlı hale getirilebilir. Örneğin, mevcut stok min. stokun altına düştüğünde otomatik kırmızı renkle işaretleme yapılabilir. Böylece bakım yöneticisi kritik bir yedek eksikliğini hemen fark eder. Benzer şekilde, önerilen değişim tarihi yaklaşan parçalar (MTBF ömrünü dolduracak olanlar) farklı bir renkle vurgulanabilir.

Takip tablosunun güncelliği çok önemlidir. Bakım teknisyenleri, herhangi bir yedek parça kullandığında veya envantere yeni parça girişi olduğunda tabloyu hemen güncellemelidir. Bu sayede “sanal stok” ile gerçek stok her zaman uyumlu olur. Ayrıca periyodik olarak (örneğin ayda bir) fiziki sayım yapılarak tabloda görünen değerler doğrulanmalıdır.

Tablo şablonuna gerektiğinde **ek sütunlar** eklenebilir. Örneğin “Parça Kodu”, “Tedarikçi”, “Son Sipariş Tarihi”, “Fiyat” gibi kolonlar, ileri seviye envanter yönetimi için yararlı olabilir. Eğer mevcut bir bakım yönetim yazılımı yoksa, Excel tabanlı bu tip bir tablo manuel takip için pratik bir çözümdür. Örnek şablon, her tesisin kendi envanterine ve risk profiline göre doldurulmalı ve sürekli iyileştirilmelidir.

Sonuç ve Özet

MTBF tabanlı yedek parça stratejisi, **proaktif bakım yaklaşımının** bir parçasıdır ve arıza olmadan önce hazırlıklı olmayı hedefler. Buhar kazanları, brülörler ve pompalar gibi kritik ekipmanlarda, **doğru parçaları doğru sayıda stoklamak** bakım maliyeti ile duruş maliyeti arasındaki dengeyi kurmayı sağlar. Bu dokümanda:

- **Kritik yedek parçalar** belirlenmiş, aciliyet ve tedarik durumlarına göre sınıflandırılmıştır. Özellikle güvenlik ve işletme sürekliliği için hayati parçaların (alev sensörü, LWCO, emniyet ventili, yakıt vanaları, mekanik salmastra vb.) yedeğinin mutlaka bulunması gerektiği vurgulanmıştır.
- Her parça için **önerilen asgari stok adetleri** verilmiş, birden fazla ekipman varlığında ve 5 yıla kadar işletme periyodunda hangi parçadan kaç adet bulundurulması gerektiği örneklerle açıklanmıştır[36][37].
- Önemli parçaların **MTBF (beklenen ömür) değerleri** ve **önerilen bakım/değişim periyotları** sunulmuştur. Bu sayede bakım planları oluşturulurken hangi parçanın ne zaman yenilenmesi gerekeceği konusunda veriye dayalı kararlar alınabilir (örn. ateşleme elektrodu ~4 yılda bir, yağ nozulu 2 yılda bir, kontrol kartı 10 yılda bir, salmastra 3-4 yılda bir vb.).
- Parçaların **tedarik süreleri ve tedarik riskleri** değerlendirilerek, uzun sürede temin edilebilen ekipmanlara özel dikkat çekilmiştir[13]. Bu bilgiler, stok kararlarında önceliklendirme yapmayı kolaylaştırır (örn. 8 hafta bekleme riski olan bir parça kesinlikle stokta olmalı).
- Son olarak, bir **yedek parça takip tablosu şablonu** ile, bakım ekiplerinin stok ve bakım takibini bütünsel yapabileceği bir araç örneği sağlanmıştır. Bu tablo formatı, Excel gibi araçlarla kolayca kullanılabilir ve tesisin ihtiyacına göre genişletilebilir.

Bu stratejinin başarılı olması için, yönetimin yedek parça stokuna yapacağı yatırım ile kazanılacak **iş sürekliliği** iyi analiz edilmelidir[46][45]. Bir parça yıllarca kullanılmadan rafta bekleyebilir; ancak o parçanın yokluğunda tek bir gün bile üretimin durması büyük maliyet getirebilir. Dolayısıyla, özellikle **MTBF değeri düşük (arıza ihtimali yüksek)** ve **tedariği zor** parçalar için stok tutmak sigorta gibidir. MTBF verileri de hangi parçaların daha sık arızalandığını göstererek, stok yatırımlarının nereye odaklanması gerektiğini ortaya koyar.

Unutulmaması gereken bir diğer nokta da, **insan güvenliği ve yasal uyumluluk** açısından kritik parçaların (ör. emniyet ventili, LWCO, alev detektörü) asla ihmal edilmemesidir. Bu parçaların yedeği olmadan işletmenin çalıştırılması, büyük risk oluşturur. Üreticilerin bakım kılavuzlarındaki tavsiyelere uymak, orijinal yedek parçaları kullanmak[2] ve kayıt tutmak bakım yönetiminin ayrılmaz parçaları olmalıdır.

Sonuç olarak, burada sunulan MTBF'ye dayalı yedek parça stratejisi, **kesintisiz ve güvenli operasyon** için bir yol haritasıdır. Bakım ekipleri bu rehberi kullanarak kendi tesislerinin özel ihtiyaçlarına göre ayrıntılı planlarını hazırlayabilirler. Düzenli gözden geçirme ve

iyileştirme ile, yedek parça stratejisi yaşayan bir süreç olarak işletmeye değer katmaya devam edecektir.

Kaynaklar:

1. Weishaupt WL10/3-D Brülör Kullanım ve Bakım Kılavuzu – **Servis Planı Tablosu** (Örnek bakım aralıkları ve parça ömürleri)[28][53].
2. Powerhouse-Combustion, “23 Spare Boiler Parts To Keep on Hand” – **Kazan Dairesi Yedek Parça Listesi ve Önerileri** (Kritik parçalar ve miktar tavsiyeleri)[54][26].
3. Wilo, “Critical Spare Parts – User Guide” – **Pompa Kritik Yedek Parça Önerileri** (Mekanik salmastra, çark, sensör kitleri)[39].
4. Grundfos Teknik Dokümanı – “Recommended Spare Parts Kits” – **2 Yıl ve 5 Yıl İçin Yedek Parça Planı** (Salmastra, O-ring, impeller, rulman adetleri)[36][42].
5. **Pumps & Systems Magazine**, “How Long Will a Mechanical Seal Last?” – **Mekanik Salmastra Ömür Bilgisi** (Minimum 2-3 yıl, iyi koşullarda >3 yıl)[34][35].
6. **Eng-Tips Forum**, API 610 Standardı Alıntısı – **Pompa Rulman Ömür Gereksinimi** (L10 = 25.000 saat min.)[33].
7. Serviceteam, “How Often Do Boiler Electrodes Need Replacing?” – **Brülör Elektrodu Ömrü** (3-5 yıl tipik)[25].
8. Saacke Combustion, *Spare Parts & Service Kits Brochure* – **Uzun Dönem Bakım Kitleri** (5 yıllık bakım kitleri ve içeriği)[55].
9. Üretici Bakım Kılavuzları (Weishaupt, Saacke, Grundfos vb.) ve Sektör Uygulama Standartları (TS EN 12953, API 682, vb.) – **Genel bakım tavsiyeleri ve emniyet gereklilikleri**.

[1] Mean time between failures - Wikipedia

https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_time_between_failures

[2] [28] [29] [30] [31] [32] [49] [51] [52] [53] WL10_3D_2926

https://www.weishaupt-corp.com/uploads/tx_weishaupt_documents/documents/83292602.pdf

[3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [26] [27] [40] [41] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [54] Spare Boiler Parts To Keep on Hand < Powerhouse-Combustion

<https://powerhouse-combustion.com/spare-boiler-parts-to-keep-on-hand/>

[23] [24] [25] How often should boiler electrodes be replaced

<https://serviceteam.co.uk/how-often-do-boiler-electrodes-need-replacing/>

[33] Min motor L-10 bearing life for different types of pump applications | Eng-Tips

<https://www.eng-tips.com/threads/min-motor-l-10-bearing-life-for-different-types-of-pump-applications.493912/>

[34] [35] How Long Will a Mechanical Seal Last? | Pumps & Systems

<https://www.pumpsandsystems.com/how-long-will-mechanical-seal-last>

[36] [37] [38] [42] api.grundfos.com

<https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-3929747.pdf>

[39] cms.media.wilo.com

<https://cms.media.wilo.com/cdndoc/wilo448622/5238703/wilo448622.pdf>

[50] [PDF] Service instructions - Grundfos

<https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-6151323.pdf>

[55] SAACKE SPARES KEEPS YOU OPERATIONAL.

https://downloadcenter.saacke.com/wp-content/uploads/2024/09/SAACKE_Flyer_Spare-Parts_DINA4_ENG_WEB-2-1.pdf

