



HASTANELERİN AKCİĞERLERİ

Taha Beşer¹

1. GİRİŞ

Hastaneleri yapısal olarak bir otelden ayıran en temel fark olan medikal gaz sistemleri, yüksek teknoloji gerektirmesine rağmen, birebir insan sağlığı ile ilgili olması sebebiyle son derece önemlidir ve ciddi bir mühendislik çalışması gerektirmektedir. Ürünlerin medikal standartlara uygun üretilmesi ve kurulumunun yapılması hayati önem taşımaktadır. Hastanelerin akciğerleri olarak görev yapan medikal gaz sistemleri, bakır boru hatları ile farklı departmanlar için gerekli çeşitli tip gazları doğru basınç ve akışta taşımaktadır. Bu gazlar, farklı mahallerde bulunan medikal gaz prizleri ve basınç düzenleyiciler yardımıyla hastaya aktarılmaktadır. Solunum cihazına bağlanacak olan Oksijen ve medikal hava gazı, hastaların solunum faaliyetleri için yüksek saflık ve Avrupa solunabilir hava standartlarına uygun olmalıdır. N₂O gazı ise anestezi uygulamalarında kullanılırken, Anestezi gazı tahliye sistemleri ile N₂O gaz kullanıldıktan sonra hastane ortamından tahliye edilmektedir. Vakum hatları ile atık sıvı tahliye işlemleri yapılmaktadır. Cerrahi hava ise cerrahi aletlerin kullanımı ve sterilizasyon için gereklidir. Peki, bu gazların insan hayatını riske etmeyecek şekilde üretimi ve tedariki nasıl olmalıdır?

2. MEDİKAL GAZ SİSTEMLERİ STANDARLARI

Bu kadar kritik olan medikal gaz sistemleri için dünyada kabul görmüş, HTM, NFPA, ISO olmak üzere üç ana standart bulunmaktadır. HTM ilk olarak HTM22 versiyonu ile 1972'de yayımlanmıştır [1]. HTM, o zamana kadar medikal gaz sistemleri hakkında yayımlanmış ilk standarttır. 1997'ye geldiğinde HT2022 olarak daha detaylandırılmış ve bilinirliği artmış, son güncel sürümü ise 2006 yılında, HTM02-01 olarak teknolojik gelişmeler de göz önüne bulundurulmuş ve değişikliğe uğramıştır. HTM 02-01 Bölüm A'da medikal gaz sistemlerinin nasıl tasarlanacağı, montajı, kurulumu, testi ve devriye almasının nasıl yapılacağı hakkında bilgi verilirken [2]; Bölüm B'de ise sistemin nasıl kullanılacağı ve hastane tarafından nasıl yönetilmesi gerektiği hakkında detaylı bilgi verilmektedir [3]. Bu konu ile ilgili olan NFPA99, "National Fire Protection Association" tarafından ilk olarak 1980'de yayımlanmıştır [4]. Bu standart özellikle kuzey Amerika'da kabul görmüş olmasına rağmen, Güney Amerika'da da etkileri olmuştur. Avrupa ülkeleri ise ISO standartlarına tabi olmaktadır [5]. Türkiye'de üretilen ürünler, ISO 7396 standardına göre üretilirken uygulama dizayn ve hesaplamalar HTM 02-01 standardına göre yapılmaktadır.

¹ Makina Mühendisi - taha.beser@inspital.com



Resim 1: Hasta Kesiti Üzerinde Medikal Gaz Sistemi

3. GAZ SİSTEMLERİNİN TASARIMI

Medikal gaz sistemleri, projelendirme ve sistemin tasarlanması ile başlamaktadır. İnşaat aşamasında mimari, mekanik proje üzerinden uzman makine mühendisleri tarafından medikal gaz projelendirmesi yapılır. Gaz prizleri, hasta yatak başı ve pendant yerleri HTM 02-01 Tablo 11'e göre belirlendikten sonra, uygun şekilde bakır buralama hatları çizime eklenir. Gaz akışları kapasiteye ve departmana göre gerekli akışı sağlayacak şekilde artırılarak ilerlenmelidir. Her gaz ve mahalde farklı akışlar talep edilmektedir. Oksijen gazı için ameliyathanelerde 100 l/dk akış talep edilirken, hasta odalarında 10 l/dk akış talep edilmektedir. Bakır boru çap artışları, bu akışlar ve akış kayıp hesaplamalarına göre besleme istasyonlarına doğru ilerledikçe artmaktadır. Akış kayıpları toplamda %5'i geçmemelidir. Farklı departmanlar alarmlı vana kutuları ile ayrılmalı ve gerektiğinde buralarda acil besleme yapılabilir.

Medikal gaz sistemine gazlar, hastanenin belli bir noktasında bulunan gaz istasyonları tarafından sağlanır. Her gaz için uygun kapasite, besleme sisteminin kapasitesi ve depolaması, kullanma ve dağıtım sıklığına göre planlanır. HTM'de kapasite hesabı gazın kullanıldığı bölge tipine

göre, bu standartta yer alan Tablo13'te bir takım eşitliklerle açıklanmıştır. Bu eşitlikler kullanılarak her gaz için ayrı ayrı toplam kapasiteye ulaşılır. Bu kapasitelere göre doğru gaz besleme ünitesi seçimi yapılır.

4. OKSİJEN SİSTEMLERİ

HTM'ye göre tüm gazların birincil, ikincil ve yedek besleme noktaları bulunmalıdır. Oksijen, N_2O ve C_2O gazları, düşük kapasitelerde tüplü manifold sistemi ile sağlanabilir. HTM'ye göre ana besleme sistemi, hastane tüm kapasite ile çalışması durumunda iki gün boyunca hastaneye gaz sağlayabilmelidir. Yedek ise 2+2 saat olacak şekilde gaz sağlayabilmelidir. Ana sistemden yedek beslemeye geçiş otomatik olurken, yedeğin iki tarafı arasındaki geçiş ise manuel olmalıdır. Hastane tasarlanırken medikal gaz odası, tüp tedarikinin kolayca sağlanabileceği, HTM 'de belirtilen çevredeki insan birimlerine olan uzaklar dikkate alınarak seçilmelidir. Gaz besleme odaları tüplü beslemeler ve pompalı beslemeler ayrı odalarda olacak şekilde planlanmalıdır.

Manifold sistemi haricinde, daha yüksek kapasiteler için oksijen gaz kaynağı olarak, sıvı oksijen tankları ve oksijen jeneratörleri kullanılmaktadır. Sıvı oksijen sistemlerinde



Resim 2. Oksijen Jeneratörü Yapısı

sıvı olarak depolanan oksijenin gaza çevrilmesi için buharlaştırıcılar kullanılır. Metal borulardan geçirilen sıvı oksijen ortam sıcaklığından yararlanılarak gaz formuna çevrilir. Sıcak iklimin hâkim olduğu ülkelerde, doğrudan oksijen tankından da oksijen alınabilir. Tank basıncının dengelenmesi için tankın içinde hem sıvı hem de gaz formunda oksijen bulunur. Her iki şekilde de besleme sağlanabilir.

Oksijen jeneratörü ise kompresör sistemi yardımıyla, basınçlı havayı içindeki oksijeni zeolit maddesi yardımıyla diğer gazlardan ayırarak, %93-96 saflık derecesinde oksijen sağlayabilmektedir. Tüplü sistemde bu oran %99,9 seviyesindedir. Oksijen jeneratörleri ile bu saflık seviyesine ulaşmak mümkün olmazken, gaz tedarikinin zor olduğu bölgelerde talep görmektedir. %93 saflık derecesi de medikal standartlara uygun kabul edilmektedir. Oksijen jeneratörden gelen oksijen ile tüp dolumu tehlikeli olduğu için, HTM'ye göre uygun değildir. Gelişmiş ülkelerde bu işlemin hastaneler tarafından yapılması yasaklanmıştır. Oksijen jeneratörü ya da sıvı tank kullanılması durumunda, ikincil besleme ya da yedek olarak, tüplü manifold sistemi de bulunmalıdır.

5. VAKUM SİSTEMLERİ

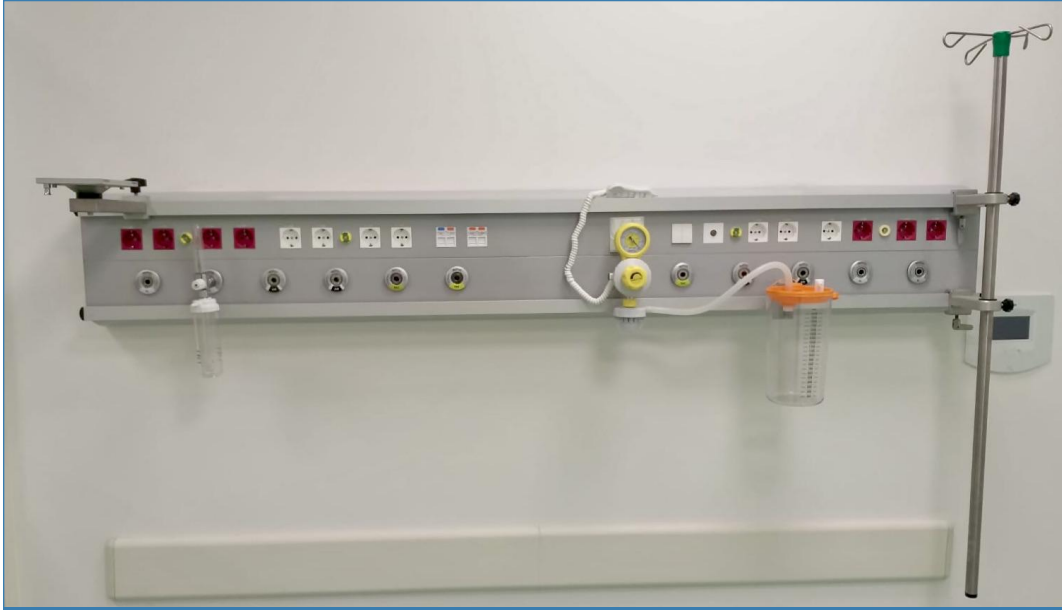
Vakum sistemi, vakum pompaları ile merkezi vakum sağlamaktadır. Vakum pompaları medikal derecelendirilmiş olurken, sistem filtreler ile desteklenmelidir. Hastalıklı bir kişiden emilen sıvılar dolayısıyla sistemde hijyeni sağlayacak bakteri filtresi, tıkanmaları önleyecek partikül filtresi ve diğer bileşenler yüksek standartlarda olmalıdır. Sistem, vakum pompası, vakum tankı, PLC kontrol ünitesi, bakteri filtresi ve su ile partikül tutucudan oluşmaktadır. Sistemin kendini yedeklemesi için, HTM'de de belirtildiği

gibi en az 3 adet vakum pompası kullanılmalı ve pompalar PLC ile koordineli şekilde çalışmalıdır. Vakum hatlarında hastaya giden bir gaz olmadığı için borulama bakır yerine PVC materyalden yapılabilir. Vakum sistemlerinde oluşan atık sıvılar, vakum prizi öncesindeki vakum kavanozlarına toplanarak, tahliye edilmektedir.

6. MEDİKAL HAVA SİSTEMLERİ

Medikal gaz sisteminde basınçlı hava, cerrahi hava (7 bar) ve medikal hava (4 bar) olacak şekilde kullanılmaktadır. Hava, hastaneye kompresör sistemleri yardımıyla verilmektedir. Sistem; kompresör sistemi, hava tankı, bakteri filtresi, kimyasal hava kurutucuları, aktif karbon, yağ, su filtresi ve regülatör grubundan oluşur. HTM02-01'de yer alan Resim 25'de tüm bileşenler ayrıntılı şekilde gösterilmiştir. Vakum ve kompresör sisteminin bulunduğu oda, tüplü sistemin bulunduğu odadan ayrılmalıdır. Olası bir kompresör ısınma problemine karşı oda, klima sistemi ile soğutulmalıdır. Havanın, "European Pharmacopoeia" olarak tanımlanmış olan solunabilir hava değerlerine ulaşması için özel filtreler kullanılmaktadır. Özellikle -46 °C çillenme noktası olan kimyasal kurutucuların seçilmesi ve yine kurutucu boyunda büyük aktif karbon filtresi kullanılması bu konuda kritik öneme sahiptir.

Medikal gaz istasyonlarından hastanedeki farklı noktalara gaz, bakır borular tesisatı ile taşınır. Bakır borulama yapılırken kullanılacak borular, özel kimyasal banyolardan geçirilerek yağdan tamamen arındırılmış, çapakları temizlenmiş, uçları tapalanmış sert-çekim medikal dereceli, EN13348 sertifikalı, bakır borulardır. Sadece vakum hattı için PVC kullanılabilir. Bakır borulama özel bir kaynak tekniği ile ve uzmanı tarafından yapılmalıdır. Medikal gaz hattı boru kaynağı yapılırken, boru içine mutlaka asal



Resim 3. Hasta Yatak Başı Uygulaması

gaz verilerek borunun korozyona uğraması engellenmelidir. Bu borular, hastanelerdeki diğer elektrik havalandırma gibi hatlardan uzak olmalıdır. Hat üzerine etiketleme yapılarak gaz tipi ve yönü de gösterilmelidir. HTM'de borular arasındaki mesafeler, tavan bağlantı ve destekler arasındaki mesafeler gibi detaylar yer almaktadır. Uygulayıcının bu mesafelere uyması, sistemin güvenli şekilde çalışmasını sağlayacaktır.

Medikal gaz akışının kontrolü için belli noktalarda gaz kontrol kutuları ("AVSU") bulunmalıdır. Bu kontrol kutularının nerelerde bulunması gerektiği HTM'de belirtilmiştir. Kontrol kutularında, gerektiğinde akışın izlenebileceği manometreler, akışın kesilmesi için vanalar, doğrudan beslemenin yapılması Nist bağlantıları ve alarm sistemi bulunmalıdır. Günümüzde hastanelerde, alarm panellerinden alınan veriler birleştirilerek, merkezi medikal gaz takip sistemleri kurulmaktadır. Bu şekilde, yönetici ve teknisyenler medikal gaz sistemini anlık olarak takip edebilmekte ve herhangi bir durumda hızlı olarak aksiyon alabilmektedir.

7. SONUÇ

Tüm dünyada hastanelerde kullanılmakta olan medikal gaz sistemleri HTM 02-01 standartları göz önüne alınarak üretilmeli, montajı yapılmalı, test edilmeli ve kullanılmalıdır. Son nokta testlerin standartlara uygun yapılması ve devreye almadan sonra hastane personelinin eğitilmesi ile, bilinçli medikal gaz sistemi kullanıcıları oluşturulacaktır.

ve insan hata faktörü azalacaktır. Gaz sistemlerine mekanik tesisat içinde yer alması nedeniyle gereken önem verilmemektedir. Gaz sistemlerin insan hayatı ile doğrudan ilgili olması nedeniyle bu sistemlere yüksek önem verilmelidir. Covid-19 pandemisi nedeni ile solunumun ve medikal gazın önemi bir kere daha anlaşılmıştır. Yapılan eksik hesaplamalar ve kalitesiz ürün kullanımının bedelleri, bu dönemde ağır bir şekilde tüm dünya tarafından ödenmiştir.

Inspital Medikal Teknolojileri, medikal gaz sistemleri üretimini HTM 02-01 standartlarına uygun yapmakta ve Türkiye'de sektörün önde gelen üreticilerinden biri olarak, yerli ve yabancı birçok firmaya bu konuda eğitim vermektedir. 100'den fazla ülkeye ulaşılmış olan Inspital Medikal Teknolojileri, medikal gaz konusunda 50 sene den fazla olan deneyimi ile standartları belirlemekte ve teknolojik gelişmelere ayak uydurarak, bilgisayar destekli medikal gaz sistemleri ile ülkemizi temsil etmeye devam etmektedir.

KAYNAKÇA

1. Health Technical Memorandum 22 Old version
2. Health Technical Memorandum 02-01: Medical gas pipeline systems Part A: Design, installation validation and verification
3. Health Technical Memorandum 02-01: Medical gas pipeline systems Part B: Operational management
4. NFPA 99 Standard for Health Care Facilities 2005 Edition
5. ISO 7396-1, ISO 7396-2 Medical gas pipeline systems - Part 1: Pipeline systems for compressed medical gases and vacuum