

DÜŞEY MİLLİ POMPA İSTASYONLARI – GENEL BOYUTLANDIRMA VE POMPA SEÇİMLERİ

Onur Konuralp, Ramazan Özcan, Layne Bowler Pompa Sanayi A.Ş.

Prof. Dr. Kahraman Albayrak, ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü

Özet:

Bu bildiride düşey milli pompaların, tasarım kaynaklı olarak; montaj derinliği, emme yüksekliği, yerleşim, işletme kolaylıkları ile esnek uygulama olanakları, kaynak pompa istasyonları ve depolama gerektiren ara terfi istasyonları için uygunlukları hakkında bilgiler verilecektir. Genel seçim yaklaşımları, boyutlandırma, performans değerleri, farklı hız yaklaşımları, işletme sırasındaki kolaylıkları v.b konularda çeşitli uygulamalar örnekleri ile incelenecektir.

1. Pompalar ve Pompa İstasyonları

Tarih boyunca insan yerleşimleri olabildiğince temel gereksinimlere kolayca ulaşabilecekleri yerlerde kurulmuştur. İnsan için "su en temel gereksinimdir". Köyler, ardından gelişen kasabalar, kentler hepsi öncelikle içilebilir su kaynakları açısından yeterli olduğu düşünülen bölgelerde gelişmişlerdir. Gelişmelerine paralel olarak oluşturdıkları nüfusları artmış ve yakın su kaynakları yetersizleşmeye başlamıştır. Bu da farklı biçimlerde, gelişen teknolojiye de bağlı olarak suyun kaynaktan kullanıcıya taşınması için çabaları beraberinde getirmiştir. Çözüm örnekler olarak; su kemerleri, su kanalları, sarnıçlar, su değirmenleri v.b. etkileyici anıtlar bütün gelişmiş tarihi kentlerde hala görülebilir.

Pompalardaki gelişmeler ile kot farkına bağımlılık ortadan kalkmış açık kanalların yanında kapalı boru hatları döşenmeye başlanmıştır. Gerek duyulan yerlere su km'lerce uzaklardan getirilmeye getirildiği kentte de yine pompalar ile dağıtmaya başlanmıştır. Kullanım sonrası oluşan atık su da, yine pompalar ile uzaklaştırılmaktadır.

Kentsel su gereksinimlerinin yanında tarımsal amaçlı sulamada da kaynaktan sulanacak arazilere yine pompalar ile su ulaştırılmaya çalışılmaktadır. Bir diğer önemli kullanım amacı da kontrolsüz suyun uzaklaştırılmasıdır. Yağmur kaynaklı seller, nehir taşkınları; yerleşimleri, tarımsal alanları tehdit etmekte bu beklenmeyen kontrolsüz suların uzaklaştırılması gerekmektedir. Koruma kontrol amaçlı pompa istasyonları plansız şehirleşme ve iklimsel değişimler ile daha da önemli hale gelmektedir. Enerji santrallerinde soğutma çevrim suyu hatları için de pompalı sistemler yaygınlaşmıştır. Deniz suyu ile çalışan soğutma yapılarında ya da yangın pompası uygulamalarında da başarılı alternatif uygulamaları vardır.

Bütün sistemlerde de; su alma yapısı içinde pompa(lar), besleme ve kontrol ünitesi, emme ve basma hattı gibi yapılar birlikte kullanılır.

2. Düşey Milli Dik Türbin Pompalar

Düşey Milli Dik Türbin Pompalar dar ve derin kuyulardan (dinamik su seviyeleri düşük) suyu yüzeye çıkartmak amaçlı, dikey çalışan kademeli, seri pompa uygulaması şeklinde özel olarak tasarlandılar. Başlangıçta uygulamaya yönelik kuyu teçhiz çaplarından gelen sınırlama ile 4"-6"-8"-10" şeklinde nominal çaplarda üretildiler.

İlerleyen yıllarda kuyu dışı uygulamalarda da kendilerine özel modüler yapıları, çap sıkıntısı olmayan montaj alanlarına uygun yüksek debili tasarımlar, suyun içine sarkıtılmaları sebebi ile emmedeki avantajları (düşük NPSH_g), değişken dinamik su seviyelerinden bağımsız çalışma esneklikleri ile kuyu dışı uygulamalarda da kullanılmaya başlandılar. Çapları da 80"lere kadar ulaştı.

Bu pompaların, yerüstü montaj alanlarının küçüklüğü ve işletmedeki vakum pompası gibi ek ve kontrol edilmesi gereken yardımcı ekipmanlara gerek duymamaları işletme konusunda da avantajlar sağladı.

Gittikçe daha uzaklardan daha yükseklere su ulaştırma çabaları da çapları büyürken kademe sayılarındaki artış ile farklı motor hızlarında ve değişken dinamik su seviyelerine çeşitli alternatifler yaratılmasını da sağladı.

Günümüzde düşey milli pompalar; çok kademeli uygulamaları ile farklı basma yüksekliklerine ulaşabilme olanakları, debi için de tasarım anlamında çap sınırlamaları olmaması, farklı devirlerde motorlara bağlanabilmeleri, emiş koşullarına uygunluklarının daldırma mesafeleri ve kolon borusu boyları ile

ayarlanabilmesi gibi özellikleri sayesinde, uygulamacı için mekanik ve inşaat tasarımı aşamasında çok farklı alternatifler yaratılmasına olanak sağlayarak geniş bir kullanım alanına sahiptirler.

3. Pompa İstasyon Yapısı ya da Yerleşkesi

Pompa istasyon yapıları aşağıdaki şematik gösterimle tanımlanabilir.

Pompa İstasyon Yapısı

- **İlintili Gereçler ya da Yapılar**
 - Emme hatları, kanalları
 - Basma hatları
 - Havalandırma dinlendirme tankları
 - Depolar
 - Kanallar
 - v.b.
- **Pompa İstasyonu**
 - İlintili Gereçler ya da Yapılar
 - Yakıt depoları
 - Ayıklayıcılar, süzgeçler, elekler, kalburlar v.b.
 - Vinçler
 - Işıklandırma
 - Su alma yapıları
 - Hava tankları v.b.
 - **Pompa ekipmanları**
 - Pompa asıl ekipmanları
 - Pompalar
 - Vanalar v.b.
 - Borular
 - Pompalar için sürücü ekipmanları
 - Ana sürücüler (motorlar v.b.)
 - Güç iletim ekipmanları
 - Yardımcı ekipmanlar
 - Ön su verme sistemleri
 - Soğutma yapıları
 - Yağlama, salmastra yapıları
 - v.b
 - Güç kaynakları
 - Kontrol Ekipmanları (panolar, sensörler v.b.)
 - **Ana bina**
 - Emme yapısı
 - Pompa hücreleri
 - Rezarvuvarlar (temiz su , atık su, soğutma suyu, ham su v.b.)
 - Yakıt depoları
 - **Bina Yapısı**
 - Pompa odası ya da katı
 - Pompa kontrol odası
 - Elektrik kontrol odası
 - v.b.

Pompa İstasyonlarının basılacak akışkana göre genel özellikleri özetle Tablo 1’de görülebilir.

Bölüm 4

Düşey Milli Pompa İstasyonları

Düşey milli pompa istasyonları genelde mevsimsel olarak değişken su kaynaklarında kullanılırlar. Depo gereksinimi olmayan ve sürekli beslenebilen, pozitif giriş (emme hattı) basıncına sahip ara aktarma istasyonlarında tercih edilmezler.

Genelde çoklu pompa istasyonuna sahip hatlarda ilk istasyonları düşey milli pompa istasyonlarıdır. Günümüzde otomatik dur-kalk yapıları ile işletmedeki yarattıkları kolaylıklarla emme yüksekliği gereken (vakum pompası ya da emiş basıncı gerektiren yatay pompaların yerine) kaynaktan uzak istasyonlarda da tercih edilmektedirler.

Düşey milli pompalarda pompa su içindedir ve güç pompa basma katından ya da kimi zaman ayrı tasarlanan kuru motor katından kolon borusu içinde yataklanmış aramilleri ile pompa miline aktarılır. Tek ya da çok kademeli olan çarklar pompa mili üzerinde döner, akışkan çanaklar içinden geçerek basınçlandırılmış biçimde kolon borusunu doldurarak yükselir ve kullanım alanına ulaşır.

Devreye alınmış pompa istasyonları uygulamalardan örnekler ileride sunulmaktadır.

	Genel Su İşleri	Pis sular		Sulama	Deşarj - Drenaj
		Atık Sular	Yağmur Suları		
Su kalitesi	Temiz su	Atık su	Yağmur suyu	Göl ya da nehir suyu (temiz)	Çamurlu taşkın suyu
Çalışma şartları	Sürekli	Sürekli	Kısa süreli	Sürekli	Kısa süreli
Pompa Tipleri	Yatay salyangoz	Yüksek debili düşey karışık akışlı	Yüksek debili düşey milli karışık akışlı	Yüksek debili düşey milli karışık akışlı	Yüksek debili düşey karışık akışlı
	Düşey salyangoz	Düşey salyangoz	Düşey Eksenel	Yatay salyangoz	
	Düşey Milli	Atık su dalgıçları (küçük orta büyüklükte)			
Basma Yükseklikleri	Genelde yüksek	Genelde yüksek	Genelde düşük	Genelde yüksek	Genelde düşük
Sürücüler	Elektrik motoru	Elektrik motoru	Dizel ya da elektrik motoru	Elektrik motoru	Dizel ya da elektrik motoru

Tablo 1. Pompa istasyonları genel özellikleri

Düşey milli pompa istasyonu için ilk çalışmalar “hangi debiyi hangi basma yüksekliğine basacağız?” temel sorusu ile başlar. Teoride, eğer hiçbir önleyici belirleyici kriter yoksa, diğer pompa tiplerinden farklı olarak düşey milli pompa tasarımcısının istenen performans değerlerine ulaşmak için sonsuz bir yaklaşım özgürlüğü vardır.

Bazı örnekler vermek gerekirse;

- pompa(lar) tek kademeli düşünülebilir
- pompa(lar) çeşitli hızlarda düşünülebilir (eğer dizel motor uygulaması ya da değişken devir uygulaması için bir sınırlama yoksa)
- pompa(lar) çok kademeli olarak düşünülebilir
- pompa sayısını artırarak paralel olarak çalışmalarını bir kollektöre basmaları düşünülebilir., böylece debi sonsuz sayıda pompaya bölünebilir
- yukarıda anılanlar birbiri ile birlikte de düşünülebilir; çok kademeli, farklı devirlerde, şu kadar sayıda gibi
- ya da daha önce tasarlanmış bir pompa bu yeni duruma sayı ya da kademe sayısı olarak uyarlanmaya çalışılabilir

Her yeni performans değeri kendi içinde yeni bir tasarımı getirir Ama pratikte tasarımcı bu kadar serbest değildir. Bunları iki temel ayırım ile düşünmek yerinde olacaktır;

- İnşa edilmiş ya da edilmekte olan bir istasyona pompa(lar) koymak
- Kurulacak bir istasyona, oradaki koşulları da belirleyerek alternatifler yaratmak

4.1 İnşa edilmiş ya da edilmekte olan bir istasyona pompa(lar) tasarlamak ya da seçmek

Bu durumda genellikle daha önceden yapılan ön hazırlıklar sonucunda yapı ve pompa adedi ortaya çıkmıştır. Yapı ile minimum, maksimum ve tasarım su seviyeleri belirtilmiş demektir. Pompa adedi ve yerleşimi de belirlendiği için ve yapısal olarak emme koşulları da değişmeyeceği için, üreticiyi belirli bir hız aralığında seçim ya da tasarıma zorlar. Bu detaylardan ileride söz edilecektir. Çoğunlukla verilen bir maksimum devir (ki bu da istasyon su seviyeleri önceden bir sınır düşünülerek belirtildiği içindir) söz konusu olduğunda, tasarımcı boyutsal sınırlamaları da dikkate alarak devir ve kademe sayısında çeşitlemeye gidebilir.

4.2 Kurulacak bir istasyona, oradaki koşulları da belirleyerek alternatifler yaratmak

Daha önce söz edildiği gibi tasarımcının elinde teorik olarak sonsuz sayıda yaklaşım özgürlüğü vardır. Ama pratikte bunlar azalır ya da sınırlanır. Bu sınırlamalardan söz etmek gerekirse;

- Çoğunlukla sistemlerin sabit hızlı olması istenir. Sistemin süreklilik eğrisi (debi-zaman) sabit hızlı bir motor ile sağlanacak şekilde düşünülür. Eğer çok özel koşullarda kısa süreli farklı performans değerlerine ulaşmak gerekiyorsa istasyondaki pompalar çeşitlendirilir. Böylece sabit hızlı farklı sayı ve performans değerinde pompalardan oluşan bir istasyon planlanır. Bir diğer nokta da standard hızlardan uzaklaştıkça frekans konvertörü benzeri ek ekipmanlar ile onların getirdiği maliyetten uzaklaşmaktır. Kapalı çevrim sistemlerde yani basma yüksekliğinin kot farkından değil de sistem kayıplarından oluştuğu yapılarda farklı devir uygulamaları kimi zaman uygulanabilir.
- Standard hızlara gelindiğinde ise seçenekler daha da sınırlanır. Bu sefer standard hızlarda standard motor güçleri öne çıkar. Genelde hız arttıkça motor güçleri düşer ya da standard hızlarda ama özel güçlerde motorlar söz konusu olur.
- Genel olarak pompalar için debiye bağlı hız sınırları söz konusudur. Hız arttıkça pompa küçülür, küçüldükçe sürtünme kaynaklı kayıplar artar. Bu da hidrolik tasarım kaynaklı bazı sınırlamalar getirir. Hidrolik sınırlamaların yanısıra, sistemin bütünü düşünüldüğünde mekanik olarak da rulmanlar, yataklar miller v.b. kaynaklı başka sınırlamalar ortaya çıkar.
- Bir ya da daha fazla standard hız başlangıç olarak belirlendiğinde yaklaşık pompa büyüklükleri ortaya çıkartılır.
- Pompa büyüklükleri ortaya çıkınca da bina su alma yapısı için olası büyüklükler ortaya çıkar. Su alma yapıları yani su seviyeleri pompa yerleşimine göre inşaat işlerini yönlendirir. Bu da istasyonun fiziksel koşulları ile kurulacağı yerdeki coğrafi koşullar arasındaki ilişkiyi belirler. Hız arttıkça emme hızı da artar bu da daha fazla daldırma seviyesi gerektirir. Bu durumda montaj derinlikleri artar su alma yapı maliyetleri yükselir.
- Bir diğer nokta ise motor hızları arttıkça aynı güçler için motor maliyetlerinin düşmesidir. Bu da alıcı tarafından değerlendirilebilir.
- Hıza göre emiş yapıları çeşitlendirilebilir, montaj ve daldırma derinlikleri hız düştükçe azalır.
- Hız düştükçe pompa maliyeti artar, pompa büyür ve kademe sayısı artar.
- Hızı düşürmeden pompayı büyütmeden kademe sayısını arttırmadan pompa adedi artırılarak yani debi düşürülerek de inşaat boyutları (derinlik olarak) düşürülebilir.

Bütün bunlar alıcı ile tasarımcı arasında maliyetler, üretim kolaylıkları, motor benzeri ekipmanlara ulaşım, teslim süresi gibi çeşitli noktalar açısından değerlendirilmelidir.

Pompa ve daldırma derinliklerindeki boyutsal değişimleri görmek açısından Tablo 2, aşağıdaki yaklaşımlar ile oluşturulmuştur;

- Sabit basma yüksekliğinde değişken standard hızlarda, sabit debide
- Sabit basma yükseklikleri için sabit hızda, farklı debide
- Sabit ama kademeli pompa olarak (1-2-3) sabit hızda, sabit debide
- Sabit ama kademeli pompa olarak (1-2-3) değişken hızlarda, sabit debide
- Pompa sayısı artırılarak (1-2-3) toplamda sabit debide, sabit basma yüksekliğinde, sabit hızda
- Pompa sayısı artırılarak (1-2-3) toplamda sabit debide, sabit basma yüksekliğinde, değişken hızda

Tablo 2'de Toplam Debi = 2250 l/s Hm = 120 m istenen bir istasyon için farklı hız, kademe ve pompa sayısı şeklinde değişikliklerle boyut-adet değişimlerinin ve istasyon taban kotlarının bir özet dökümü yapılmıştır.

Ön kabuller

- Pompa oturma kotu 0 m alınarak emmedeki gereken net pozitif yükler hesaplanmıştır
- Ns değeri $Q = m^3/s$, $H_m = m$, $n = rad/s$ için birimsizdir)

Q	pompa adedi	kademe sayısı	Hm	Hız	Özgül Hız	yak. Çanak Çapı	min. su seviyesi		
							-2 m	-4 m	-8 m
(l/s)			(m)	(D/D)	Ns	(mm)	(m)		
2550	1	1	120	1450	1.21	979	-14.1	-16.1	-20.1
2550	1	1	120	1000	0.83	1319	-5.7	-7.7	-11.7
2550	1	1	120	750	0.62	1685	-6.7	-8.7	-12.7
2550	1	1	120	1450	1.21	979	-14.1	-16.1	-20.1
1275	2	1	120	1450	0.85	914	-6.2	-8.2	-12.2
850	3	1	120	1450	0.70	885	-4.5	-6.5	-10.5
2550	1	1	120	1000	0.83	1319	-5.7	-7.7	-11.7
1275	2	1	120	1000	0.59	1254	-5.5	-7.5	-11.5
850	3	1	120	1000	0.48	1226	-5.4	-7.4	-11.4
2550	1	1	120	750	0.62	1685	-6.7	-8.7	-12.7
1275	2	1	120	750	0.44	1620	-6.5	-8.5	-12.5
850	3	1	120	750	0.36	1592	-6.5	-8.5	-12.5
2550	1	1	120	1450	1.21	979	-14.1	-16.1	-20.1
2550	1	2	60	1450	2.03	799	-14.2	-16.2	-20.2
2550	1	3	40	1450	2.75	729	-14.4	-16.4	-20.4
2550	1	1	120	1000	0.83	1319	-5.7	-7.7	-11.7
2550	1	2	60	1000	1.40	1040	-4.9	-6.9	-10.9
2550	1	3	40	1000	1.90	926	-4.6	-6.6	-10.6
2550	1	1	120	750	0.62	1685	-6.7	-8.7	-12.7
2550	1	2	60	750	1.05	1299	-5.6	-7.6	-11.6
2550	1	3	40	750	1.42	1137	-5.2	-7.2	-11.2
2550	1	1	120	1450	1.21	979	-14.1	-16.1	-20.1
1275	2	2	60	1450	1.43	722	-6.0	-8.0	-12.0
850	3	3	40	1450	1.59	606	-3.7	-5.7	-9.7
2550	1	1	120	1000	0.83	1319	-5.7	-7.7	-11.7
1275	2	2	60	1000	0.99	963	-4.7	-6.7	-10.7
850	3	3	40	1000	1.10	802	-4.2	-6.2	-10.2
2550	1	1	120	750	0.62	1685	-6.7	-8.7	-12.7
1275	2	2	60	750	0.74	1221	-5.4	-7.4	-11.4
850	3	3	40	750	0.82	1013	-4.8	-6.8	-10.8

Tablo 2. Toplam Debi = 2250 l/s Hm = 120 m istenen bir istasyon için alternatifler

Bölüm 5

Layne Bowler Düşey Milli Pompa Uygulamalarından Örnekler

Kuzova Pompa İstasyonu 850 l/s – 118 m performans değerlerine sahip montaj derinliği yak. 22 m olan 1250 kW – 1450 d/d motoru ile pompa-motor katı birbirinden ayrı olan ve bir kardan şaft uygulamasına sahip yak. 20 pompalık bir istasyondur. 2006 yılı içinde 2 pompa montajı yapılmıştır. Su seviyeleri pompa katına göre (-10) ila (-18) m arasında değişmektedir. Pompalar istasyon çıkışında doğrudan yak. 100 m'lik bir tepe üstündeki kanala suyu basmaktadır (Resim 1, 2, 3).



Resim 1. Kuzova Pompa İstasyonu ve Keban Baraj gölü



Resim 2. Kuzova Pompa İstasyonu su alma yapısı



Resim 3. Kuzova Pompa İstasyonu motor katı



Resim 3. Kuzova Pompa İstasyonu pompa katı

İSDEMİR; Deniz Suyu Soğutma Çevrimi;

Layne Bowler'in, İSDEMİR için tasarlayarak ürettiği 7500 metreküp/saat kapasiteli, 1200 kW'lık soğutma suyu pompası, deniz suyunu 42 metre irtifaya basmaktadır. 15 metre montaj uzunluğundaki pompa, karışık akış için tasarlanmış 2 kademesiyle, duplex ve 316 kombinasyonu paslanmaz konstrüksiyonu ile uzun yıllar, ağır çalışma koşullarında hizmet verecektir. Elektrik motoru ile birlikte 26 ton ağırlığında gelen ve kendi sınıfında, ülkemizde üretilmişlerin en büyüğü olan pompa yak. 45" çaplıdır (Resim 4).



Resim 4. 45KH Pompa genel görünüş



Resim 5. Adana Cevdetiye Pompa İstasyonu (500 l/s – 24 m – 1450 d/d pompalar)



Resim 6. Açık alan bir pompa istasyonu örneği, Irak (Q = 220 l/s – 240 m – 630 kW – 1450 d/d)



Resim 7. ASKİ Çamlıdere sal üstü pompa istasyonu

Bölüm 6

Sonuçlar

Tablo 2' den de görüleceği gibi bir çok alternatif yaratılabilir. Bunlar arasında, üretilebilirlik, üretim süresi, motor gücü, N_s - pompa verimi ilişkisi, pompa boyutları, istasyon boyutları ve detayları, yerleşim detayları, besleme ve kontrol panolarının maliyeti gibi noktalar açısından bir optimizasyona gidilmelidir. Alıcı ve en az bir üretici ile, proje ön hazırlık aşamasında temasta olmalı inşaat öncesi değerlendirmeler yapılmalıdır.

Unutulmaması gereken bir diğer nokta da yüksek debili bu tür pompalar çoğunlukla işe göre özel tasarlanırlar, bu yüzden alıcının herhangi bir üreticinin yalnızca katalog bilgileri üzerinden çalışma yapması yanıltıcı ve geri dönülmez hatalara sebep olacak yanlışlıklara sebep olabilir.