

DSİ DALGIÇ POMPA İHALELERİNİN ÖMÜR BOYU MALİYET VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

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

Prof. Kahraman Albayrak, ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü

Özet

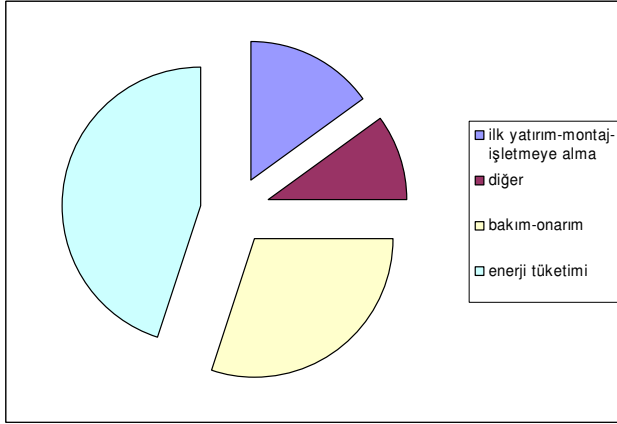
Bu bildiride her yıl yinelenen ve ülkenin pompa sektöründe bir kalemden hem sayısal hem de çoğu zaman toplam güç anlamında en yüksek alımlarından son 4 büyük DSİ dalgıç pompa ihaleleri incelenecektir. İncelemede sayısal değerler verilerek dalgıç pompa ihalelerindeki performans değerleri, güç marjları, sistem verimi ve bileşenleri, bu bileşenlerin toplam enerji maliyetine etkileri şeklinde değerlendirilerek, ilk yatırım ömür boyu maliyet verim güç tüketimi kayıplar ve işletme şeklinde somut veriler üzerinden yaklaşımlarda bulunulacaktır. Pompa verimleri, motor verimleri kablo ve pano kayıpları gibi detay değerlendirmeler ardından son 4 yılın eldeki verilerine göre değerlendirmeler yapılacaktır. Formülasyon, yeni ekipman kullanımı gibi öneriler üzerinde durulacaktır.

Bölüm-1

Kavram Olarak ÖBM

Ömür boyu maliyet kavramı herhangi bir pompalı sistemin planlama aşamasından yatırıma dönüşümü, işletmeye alınması işletilmesi, bakımı, onarımı, sökülmesi o süreçteki imalat ya da sistemdeki olası kayıpları ve en sonunda da imha aşamalarının hepsini; yani tüm ömründeki maliyet bileşenlerini içeren toplam maliyeti tanımlar.

Bu bileşenler arasındaki genel dağılım Şekil-1'de gösterilmektedir. Bu bileşenler arasındaki dağılım farklı yapıdaki sistemlere, uygulama alanlarına, kullanım süresine göre değişebilir.



Şekil -1 Genel ÖBM dağılımı

Genel örnekler vermek gerekirse;

- Sadece bir yangın anında acil durumda devreye girerek deniz suyu basacak olan bir pompanın özel malzemeleri ve yüksek kalite sınıfında özel standartları karşılayacak şekilde üretimi ile ilk yatırım maliyeti işletme maliyetine göre çok yüksek olabilecektir (ilk yatırım maliyeti).
- İçme ya da arıtma suyu kullanımına yönelik 24 saat çalışacak bir sistem için ise ilk yatırım maliyeti işletme maliyetinin yanında çok daha düşük olacaktır (işletme maliyeti).
- Mevsimsel olarak ama istenen zamanda sürekli çalışması gereken tarımsal amaçlı sulamadaki pompalarda ise ilk yatırım maliyeti ileride de göreceğimiz gibi ömür boyu maliyet içerisinde çok sınırlı kalmaktadır (işletme maliyeti).
- Özel malzeme ya da standard dışı parçalarla özel amaçlara yönelik üretilmiş ve kimi zaman da yurt dışı kaynaklı ürünlerde ise bakım onarım maliyetleri bütün maliyetlerin önüne geçebilir. Yüksek yedek parça ve bakım-eleman maliyetleri yanında işletme koşullarına bağlı olarak yedeksiz çalışan sistemlerde sistemin durması kaynaklı üretim kayıpları da çok baskın olabilir (bakım onarım).

Bu çalışmada ÖBM kavramına göre, doğru seçilmiş projelendirilmiş ve yatırıma karar verilmiş olduğu varsayılan DSİ "dalgıç tip dik türbin pompa" alımları incelenecektir. Bu ihaleler üzerinden geriye dönük son 4

büyük ihaleyi kapsayacak gerçek veriler üzerinden enerji maliyetleri (işletme maliyetleri) ve bunların kaynakları açısından değerlendirilecektir. Daha doğru bir çözüm olarak aynı ihaleler için “düşey milli dik türbin pompa”lar enerji maliyetleri yönünden karşılaştırılacaktır. Son olarak şu anki ihalelerde kullanılan ve bir bakıma ÖBM’i sistem verimi üzerinden teklif değerlendirmesinde indirim yönünde kullanarak teklif verene avantaj sağlayan formülasyon için yaklaşımlarda bulunulacaktır.

Bölüm-2

2.1 Ülkemizde Devlet Kaynaklı Düşey Milli ve Dalgıç Pompa Alımları

Burada tarım amaçlı yerel sulamaya yönelik dik türbin pompa alımlarından söz edilecektir. Büyük pompa istasyonlarına yönelik yüksek debili dik türbin pompa alımları konumuz dışında tutulmuştur.

Dalgıç pompalar olarak, DSİ yıl boyunca *bir ya da daha fazla ihale ile tek kalemde en fazla pompa alımı* yapan ve bunları dağıtarak hızla kullanıma alan en önemli kuruluştur. Köy Hizmetleri’nin kapatılması, İller Bankası’nın ise projelendirdiği ya da desteklediği tesislerde uzun zamandır pompa alımlarını tüm sistemin bütünü içine katması (inşaat, elektrik kimi zaman altyapı boru hattı işleri ile birlikte) ile doğrudan pompa alımları devlet tarafından nerede ise sadece DSİ tarafından yapılmaktadır. Ayrıca TİGEM’in (ki o da dağıtılma sürecindedir) az sayıda da olsa bazı alımları vardır.

DSİ bu alımların bir kısmını bölge müdürlükleri aracılığı ile, sayısal olarak görece daha büyük alımları ise doğrudan genel müdürlük olarak yapmaktadır.

DSİ kuruluşundan beri; planlama, yatırım, üretim, kontrol ve işletme şeklinde bir bütün olarak, ülkemizde su denilince her alanda emeği geçen en önemli cumhuriyet kuruluşlarından biridir. Su ile ilgili konularda aynı zamanda bir okul, bir ekol görevi de yapmış ve ayrıca yetiştirdiği uzmanları ile ülkemize çok değerli dolaylı katkılarda bulunmuştur. DSİ’nin bu durumu, bir çok yatırımın örneklemesinin DSİ’den alınmasını, oraya bakılmasını, oradan bir uzman görüşünün (yapılan çalışmalarda, seçimlerde, uygulamalarda) yeni yatırımlar için bir referans olarak alınmasını getirmiştir. Bütün bunlar da DSİ kaynaklı yapılacak olan değerlendirme ve yönlendirmeler ile yaklaşım değişikliklerinin bütün bir ülke pompa-vana sanayiye, baraj, bent sulama tesisi yaklaşımlarına yön verebilecek bir gücü beraberinde getirmektedir. DSİ’nin bütüncül yapısının dağıtılması ile yeni bir yapıya dönüşme yönünde etkinliği azalan bir yönde değişime uğradığı gözlenirse de su yatırımı konusunda hala en önemli kurumdur.

Tablo-1’de son dört büyük ihale için yıllara göre dik türbin dalgıç pompa alımlarındaki sayısal dağılımlar görülebilir.

YIL	KURUM	ADET
2005	GENEL MÜDÜRLÜK	205
2005	KONYA BÖLGE MD.	379
2006	GENEL MÜDÜRLÜK	723
2007	GENEL MÜDÜRLÜK	355
	TOPLAM	1662

Tablo-1 Yıllara göre dalgıç pompa alımları

2.2 Dik Türbin Pompalar

İlk olarak dar ve derin kuyulardan (düşük ve değişken dinamik su seviyeleri) yer altı sularını yer üstüne çıkartmak amacı ile özel bir uygulama olarak tasarlanmış olan dik türbin pompalar 1800’lü yılların sonları ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. İlerleyen yıllarla birlikte standartları belirlenerek; tasarım,malzeme,uygulama alanları çeşitlenmiş ve gittikçe yaygınlaşmışlardır.

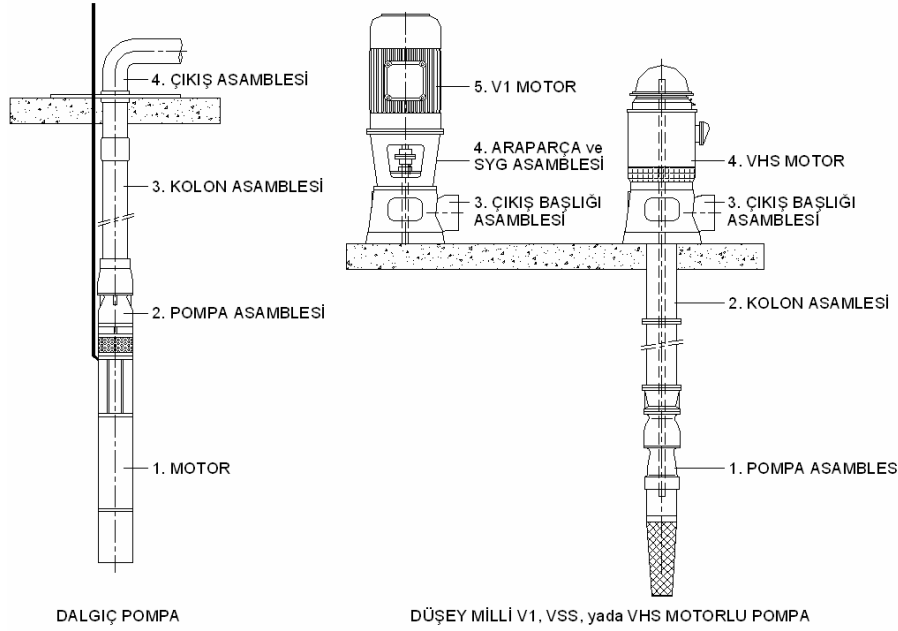
Yapı açısından özel bir seri pompa uygulaması olan bu pompalar, ardışık olarak sıralanmış ve çoğunlukla dik olarak çalışan kademeli pompalardır. Temel çalışma prensibi; akışkanın belirli bir çap sınırına uyarak (kuyu uygulaması) gereken sabit bir debinin yer altından yüzeye çıkartılması için uygun sayıda pompa kademesi ile (çark-çanak çifti) basınçlandırılmasına dayanır. Dış çap sınırlaması teçhiz borusu dediğimiz kuyu çapı ile sınırlıdır. İlk yıllardaki uygulamalardan kalan bir isimlendirme yaklaşımı ile anma çapları o anma çapında bir teçhiz borulu kuyu içinde çalışabilir anlamındadır. Farklı ve çap sınırı olmayan uygulamalarda da kullanım yaygınlaştığı halde, bu adlandırma yaklaşımı bütün önemli üreticiler tarafından hala kullanılmaktadır.

Radyal, karışık ya da eksenel olarak farklı çark yapılarına sahip olabilirler. Kuyu uygulamalarında (düşük çap-düşük debi) genelde amaç yüksek basınç olduğundan eksenel uygulamalarına pek rastlanmaz.

Bir çark çıkışı yeni bir çanak girişini besler ardından yeni çark ile basınçlandırma devam eder. Kademe sayısı ile aritmetik bir artış şeklinde pompa basma yüksekliği artar. Modüler yapıları ile uygulamaya göre pompa tipi değişmeden kademe sayısında değişikliğe gidilerek istenen basma yüksekliğine ulaşılabilir. Anma çapları büyüdükçe debileri artar. Ülkemizde 1965 yılında Layne Bowler ile başlayan üretim, farklı firmalarca da sürdürülmektedir.

Tahrik sisteminin yerine göre;

- yer üstünden ve pompadan uzak kuru alanda olarak : düşey milli
- su içinde ve pompaya direk bağlanmış olarak : dalgıç şeklinde iki temel yapısal çeşidi vardır.



Şekil 1. Dik türbin düşey milli ve dalgıç pompalar

2.3 Dik Türbin Düşey Milli ve Dalgıç Pompalar

Her iki türde ortak olan temel asambleler ;

1. pompa asamblesi
2. kolon asamblesi
3. çıkış asamblesi
4. tahrik (motor ya da benzeri) asamblesi

biçiminde sıralanabilir.

2.3.1 Düşey Milli Pompalar

Düşey milli pompalarda pompa miline dolayısı ile rotora güç aktarımı yer üstündeki bir kaynaktan aramilleri aracılığı ile pompa miline ulaştırılır. Kolon borusu içinde farklı hızlara göre belirli aralıklar ile yataklanmış aramilleri, yüzeydeki tahrik ünitesinden aldıkları gücü pompaya ulaştırır ve akışkan kolon borusu içinden yükselir ve çıkış asamblesinden yüzeye çıkar.

Tahrik sistemi, değişken ya da sabit devirli çalışan bir elektrik motoru olabilir. Dizel motordan alınan, yataydaki dönüş hareketi dişli başlıklar ile farklı devrilere ve düşey eksene taşınarak da aramillerine dolayısı ile pompa miline aktarılabilir. Tahrik sisteminin yer üstünde olması ile kuyu çapı gibi bir sınırlama olmaması önemli bir esnekliktir. Standard motorlar ile uygulama çeşitliği açısından farklı devir ya da güç sınırlaması olmaksızın değişik performans değerlerine ulaşılabilir.

2.3.2 Dalgıç Pompalar

Dalgıç pompalarda pompa miline güç aktarımı pompa miline doğrudan bağlanmış pompa ile birlikte tek parça halinde kuyuya indirilmiş, su içinde çalışan dalgıç motorlar aracılığı ile yapılır. Dalgıç motorlara enerji yüzeyden kablolar aracılığı ile ulaştırılır. Motor mili ile birlikte dönen pompa mili üzerindeki çarklar akışkanı basınçlandırır ve pompa çıkışından kolon borusu içinde yükselerek çıkış asamblesinden yüzeye çıkarılır.

Elektrik motorlarının yaygınlaşması ve özel bir motor tipi olarak dalgıç motorların bu pompalara yönelik tasarımları ile dalgıç pompa uygulamaları da yaygınlaşmaya başlamıştır. Tıpkı pompalar gibi dalgıç motorlar da kuyulara uygun şekilde belirli anma çaplarında dar ve derin kuyular için uzun ve ince biçimlerde özel olarak üretilmeye başlanmıştır.

Ardından gelen süreçte artan bir ivme ile düşey milli pompalar yerlerini dalgıç pompalara bırakmaya başlamıştır. Fakat ilerleyen yıllarda özellikle 80'li yıllardan sonra ömür boyu maliyet kavramı ile dünyada bu pompaların birbirine alternatif olduğu fikri terk edilmeye başlanmıştır.

Ömür boyu maliyet yaklaşımı ile uygulamaya göre tercih yaklaşımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde ise tam tersi bir durum söz konusudur. Özellikle ve ne yazık ki, devlet eli ile dalgıç pompaların tek alternatif olarak düşünülmesi ve tercih edilmesi gibi bir yanılgıya düşülmüştür.

Dalgıç pompaların ülkemizde hızla yaygınlaşması yönünde ilk olarak ekonomik gerekçelerden söz edilebilir.

- Elektrik enerjisinin yaygınlaşması ile dizel motor uygulamaları çoğunlukla yerini elektrik motorlarına bırakmıştır. Buna paralel olarak dalgıç elektrik motorları ucuz ve pazarda kolay ulaşılabilir hale gelmiştir.
- Montaj kolaylıkları da işletmeciye çekici gelmiştir.
- İlk yatırım maliyetinin düşüklüğü ile işletme maliyetlerine yönelik örtülü ya da açık (özellikle tarım alanındaki) destekler, kullanıcının işletme maliyetlerine yönelik değerlendirme yapmaya gerek duymamasına sebep olmuştur.
- Devlet alımlarında da çeşitli sebeplerle bu yönde bir tercih olmuştur.

Tercih için ülkemizde bir başka noktadan daha söz edilebilir. Dik türbin düşey milli pompalar gelişmiş yapıdaki asambleleri ile hassas bir mekanik tasarımın, uygun malzeme ve işleme teknikleri ile üretilmesi ardından yetkin bir montaj ile işletmeye alınması gereken, sonrasında da on yıllarca sorunsuz bir işletme konforu getiren pompalardır.

Layne Bowler'in kuruluşundan sonra ülkemizde bir çok yerel ve ulusal pompa üreticisinin pazara çıkması ve bunların yukarıda anılan bir ya da birden fazla noktada yetersizlikleri kullanıcıları mağdur etmiş bu pompalardan uzaklaşmasına ya da bu pompaları yanlış tanımlarına sebep olmuştur. Kalitesiz malzemeler, hassasiyetten uzak mil doğrultmaları, işleme hataları, özensiz montajlar ile bazı bölgelerde bazı üreticiler tarafından pompaların aslında olmaması gereken arızalarının ya da davranışların normalleştirilmesi yoluna gidilmiştir. Dalgıç pompaların yaygınlaşması yönünde bu kötü ürün örnekleri de ülkemiz için bir talihsizlik olmuştur. Anılan ekonomik nedenler ise ileride söz edeceğimiz ömür boyu maliyet kavramı yaklaşımı ile tamamen temelsizleşmiş ve hatta dezavantaj haline dönmüştür.

Yapısal tercihlerin en önemli sebeplerinden olan belirli bir derinlikten sonra düşey milli pompa kullanılamaz şeklindeki genel kanılar da gelişen malzeme ve tasarım yaklaşımları ile geçerliliğini yitirmiştir.

Su içinde çalışan ve mekanik olarak sınırlı çapları ile aksel yük kapasiteleri zayıf olan dalgıç motorların ortaya çıkardıkları bakım-onarım maliyetlerindeki artışlar kullanıcılar açısından fark edilmeye başlanmıştır. Ek olarak bu motorların akışkan içindeki kum benzeri kaynaklı bir sıkışma anındaki ani yüklenmelerde yanma yönünde zayıflıkları da sürekli bir sorun olarak gözlenmektedir.

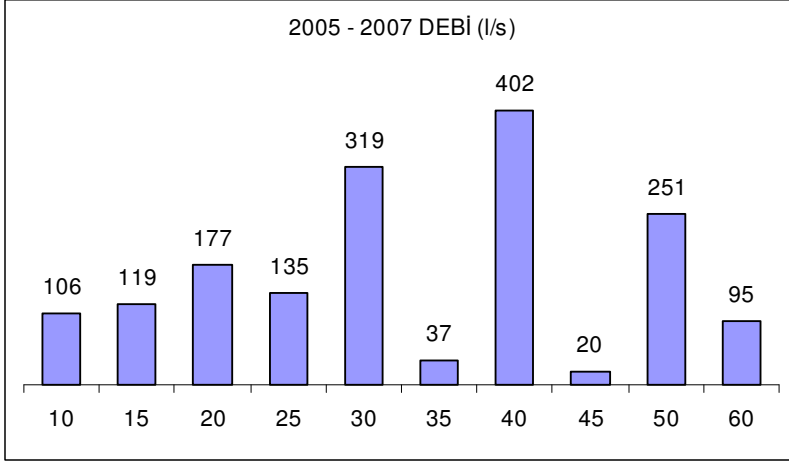
Bölüm 3

3.1 DSİ Dik Türbin Dalgıç Pompa İhaleleri – Rakamsal Değerlendirmeler

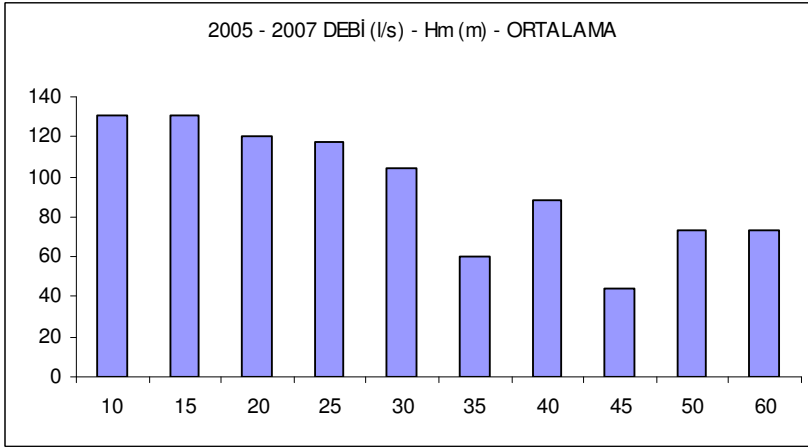
DSİ düşük debili 10-60 l/s pompa alımları için son 4 yılın rakamları ilerideki tablolarda çeşitlendirilmiştir. Bu rakamlara küçük sayıdaki bölgesel alımlar dahil edilmemiştir. Tablolar yorumsuz olarak öncelikle bilgi kaynakları olarak incelenecektir. Sonrasında detay değerlendirmeler ÖBM kavramı içinde değerlendirilecektir.

Bu grafikleri sayısal olarak değerlendirdiğimizde;

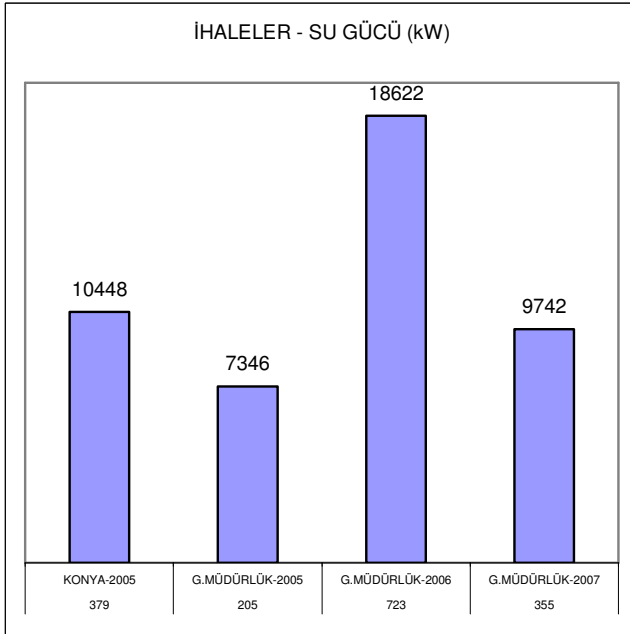
Son 4 büyük ihale için toplam 46.200 kW su gücü elde etmek için ortalama % 62 sistem verimi ile 73.350 kW şebeke gücüne gerek duyulduğu görülebilir. Bu rakam dik türbin dalgıç pompalar için sadece devlet eli ile yapılan alımların karşılığını göstermektedir. Çok kaba ve en iyimser yaklaşımla; ulusal üreticilerin bunun ortalama 3 katı kadar üretimi olduğu öngörüsü ve yerel üreticilerin de bir o kadar çok daha düşük verimli ürünü yıllık olarak piyasaya sürdükleri söylenebilir. Bu kabullenme ile birlikte; son dört yıl için toplamda en az 250.000 kW'lık bir su gücü için en az 450.000 kW şebeke gücü gereksinimi ile sulama sektörüne bir enerji girdisi düşünülebilir.



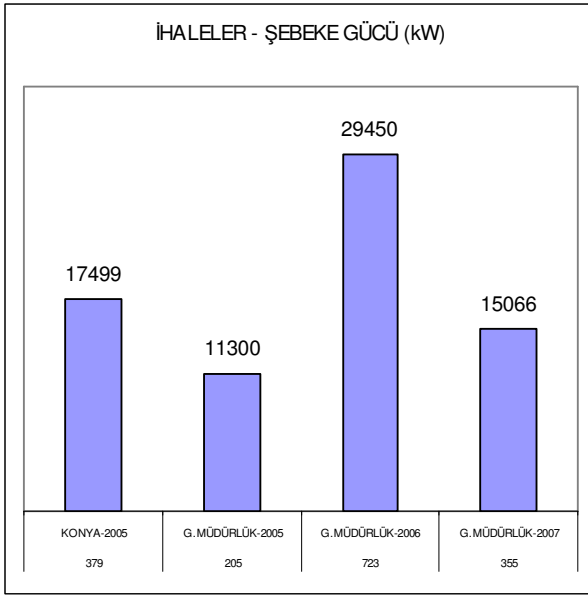
Grafik 1. Debiye göre pompa alımları (Q-l/s ve adet olarak)



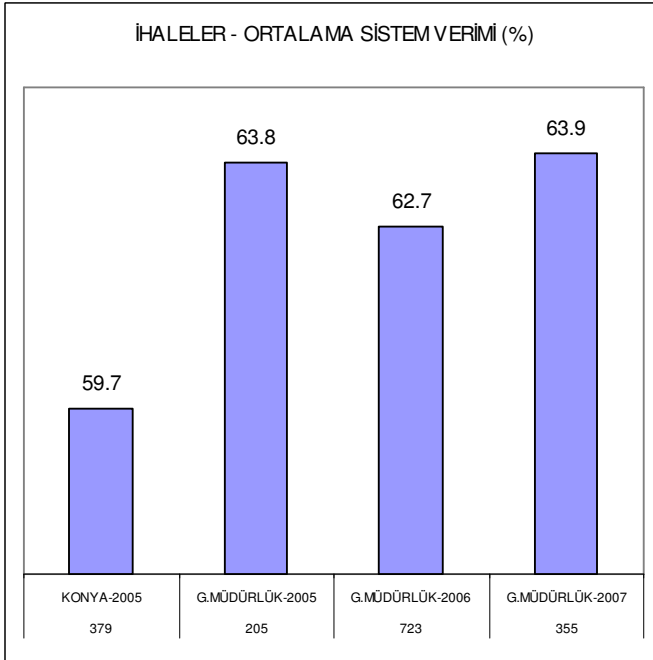
Grafik 2. Debiye göre ortalama basma yükseklikleri (Q-l/s Hm-m)



Grafik 3. Adede göre ihalelerdeki toplam su gücü (kW)



Grafik 4. Adede göre ihalelerdeki yak. sistem verimi (%)



Grafik 5. Adede göre ihalelerdeki toplam yak. şebeke gücü (kW)

Yine en az iki ürün için ortalama 4 aylık bir sürekli sulama düşünülürse ki bu son 3 yıldaki kuraklık etkisi ile daha da artmış durumdadır; yılda ortalama en iyimser tahminle 3000 saatlik bir tüketim zamanı kabullenmesi ile yıllık bazda DSİ alımları için 220 GWsa tüketim demektir. Ülkedeki tahmini rakamlar söz konusu edildiğinde; 1350 GWsa'ti bulunduğu düşünülebilir.

Bu rakam neyi ifade etmektedir? Keban için yıllık üretim değeri DSİ verilerine göre 6.000 GWsa olarak verilmektedir. Sadece DSİ alımları açısından düşünüldüğünde Keban'ın % 3,6'sı bu tüketime harcıyor gözükmektedir. Doğal ki Keban için bu rakam santral çıktı değerlerdir. Kayıp-kaçak oranları düşünüldüğünde % 10-20'lerine kadar yükseldiğini öngörmek bir hata olmayacaktır. Rakam tüm ülke düşünüldüğünde (ki yerel üreticilerin sistem verimlerinin de daha düşük olduğu unutulmamalıdır) %22'lere ulaşan büyük bir rakamdan söz edilebilir. Bu büyük rakamlar düşünüldüğünde seçici yönlendirici ve kaynak yatırımcı olan DSİ'nin ne kadar büyük bir sorumluluk altında olduğu kolayca anlaşılabilir.

3.2 Teklif değerlendirme ve DSİ avantaj formülasyonu

DSİ ömür boyu maliyet yaklaşımı içerisinde sistem veriminin etkisini düşünerek bir değerlendirme yapmaya çalışmaktadır. Öncelikle belirlediği en düşük sistem verimleri (DSİ referans verimleri) ile ihale sürecini başlatmakta ardından da teklifler değerlendirilirken bu referans değerler ile tekliflerde önerilen sistem verimleri arasında aşağıdaki formülasyona göre bir avantaj maliyeti çıkartmakta, bu değeri teklif değerinden düşerek bir rakama ulaşmaktadır. Alımlarını bu son rakamların en düşüğüne göre yapmaktadır.

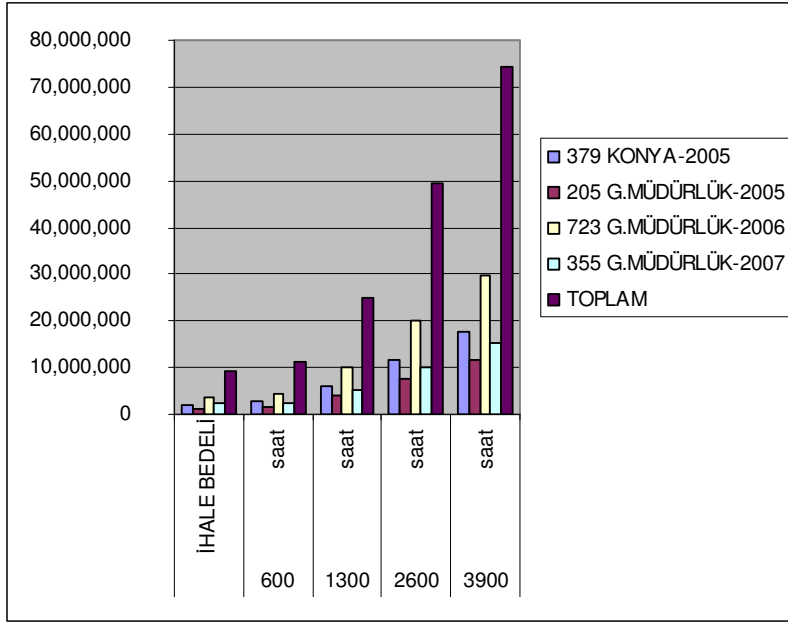
Her debi grubundan sayısal bir orana göre seçilen pompalar kabul testlerine alınmaktadır. Kabul testlerinde de önerilen sistem verimlerine göre değerlendirme yaparak, teklif değerinden düşük ama referans değerlerden yüksek değerler bulması durumunda, benzer ama daha yüksek bir katsayıya sahip formülasyon ile ceza kesmektedir. Bu cezalardaki farkın tüm gruba uygulanması şeklinde olmaktadır. Referans değerlerden düşük bulgularında topluca red yoluna gitmektedir. Ceza sistemi debi grupları bazında alınan örneklemeler üzerinden yapılmaktadır. Burada aynı debi grubunda farklı sistem verimlerine sahip pompaların olması durumunda red ya da cezanın şu anki şartnameye göre bütün debi grubuna uygulanması konusunda da bir karışıklık vardır. Bu konunun da değerlendirilmesi faydalıdır. Aslında en kolay çözüm her debi grubundan değil her farklı sistem verim değerine sahip pompanın test edilmesidir. Test sonucunun da o verim-debi grubuna ceza ya da red olarak uygulanmasıdır Çünkü seçilen pompa ya da pompalar eğer tüm gruptaki en yüksek verimli pompalar ise grubun bütünündeki çok sayıda daha düşük verimli pompa da cezaya girmektedir. Formülasyon Tablo 2’de görülebilir.

$A_k = \frac{Q_k \cdot H_{m_k}}{102} \cdot C \cdot R_A \cdot T \cdot \left(\frac{1}{\eta_{Rk}} - \frac{1}{\eta_{Gk}} \right) \cdot n_k$	
$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_k$	
$C = D \times K$	
Yukarıdaki formüllerde;	
$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_k$: Cetvel-II’de belirtilen 1,2,3,...,k sıra no.lu dalgıç pompaların dizayn debileri(lt/s)
$H_{m1}, H_{m2}, H_{m3}, \dots, H_{mk}$: Cetvel-II’de belirtilen 1,2,3,...,k sıra no.lu dalgıç pompaların dizayn toplam manometrik basma yükseklikleri(HmSS)
$\eta_{R1}, \eta_{R2}, \eta_{R3}, \dots, \eta_{Rk}$: Cetvel-II’de belirtilen 1,2,3,...,k sıra no.lu dalgıç pompaların referans verim değerleri(%)
$\eta_{G1}, \eta_{G2}, \eta_{G3}, \dots, \eta_{Gk}$: Cetvel-III’de belirtilen 1,2,3,...,k sıra no.lu dalgıç pompaların komple sistem verim değerleri(%)
$n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$: 1,2,3,...,k sıra no.lu dalgıç pompa adedi
$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_k$: Cetvel-II’de belirtilen 1,2,3,...,k sıra no.lu dalgıç pompa için isteklinin teklif fiyatından çıkarılacak bedel(YTL)
A	: İsteklinin teklif fiyatından çıkarılacak toplam bedel(YTL)
R_A	: İhalenin yapıldığı tarihteki T.C.M.B. resmi Amerikan Doları efektif satış kur'u.
T	: Dalgıç pompanın yıllık ortalama çalışma süresi(1300 saat)
D	: 1 kWh elektriğin USD cinsinden bedeli.(D=0.05 USD)
K	: Dalgıç pompanın harcayacağı elektrik bedelinin bugünkü değerine indirgeme katsayısı.(K=4 alınacaktır)

Tablo 2. DSİ indirim formülasyonu

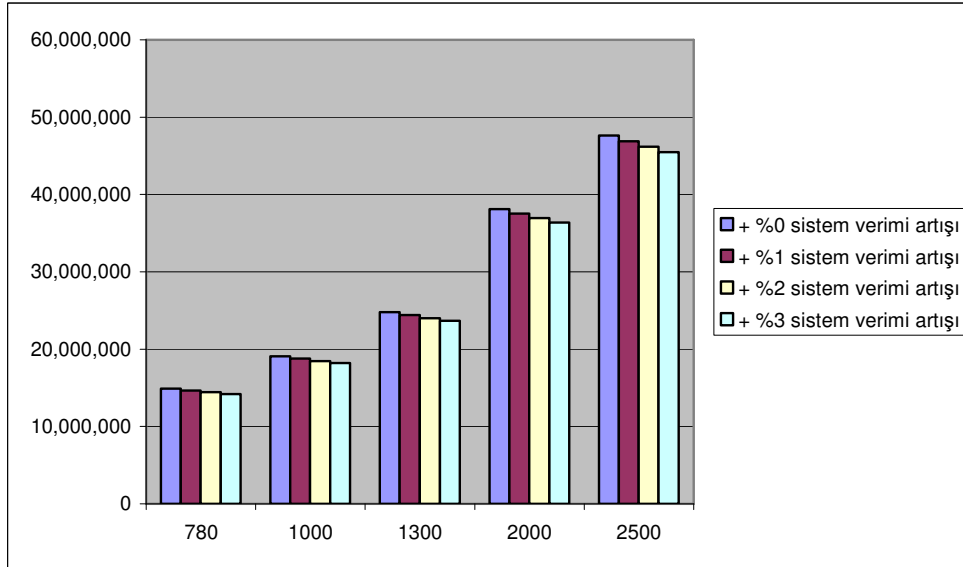
Enerji maliyeti değerlendirmesi açısından formülasyondaki en önemli sorun neden 1300 sa'lik bir çalışma süresinin alındığıdır. Çünkü 1300 saat, yak. 9000 saatlik yıllık toplam saatin %14'ü gibi bir süreye karşılık gelmektedir. Bu sürenin şartnamede istenen en azından iki yıllık garanti süresi kapsamına kadar uzatılması gerekmektedir. Çünkü enerji verimliliği zamana bağlı olan bir değişimdir. Malzeme konusunda ayrıca teknik detaylar olduğu göz önünde bulundurulduğunda karşılaştırma sadece sistem verimi değerleri üzerinden ve daha uzun süre dikkate alınarak yapılabilir. Bu durumda sadece 1300 saat için teklif rakamından düşülerek yapılan bir karşılaştırma ile 2600 saat üzerinden yapılan bir karşılaştırma arasında büyük farklar olduğu ve zamanın uzaması ile ilk yatırım maliyetinin düşüklüğünün avantajının ortadan kalktığı aşağıdaki tablodan da görülebilir. Dolayısı ile düşük maliyetli ve düşük verimli bir alımın yüksek verimli ve yüksek maliyetli bir alım ile 1300 saat üzerinden karşılaştırılması hatalıdır. Aradaki farkın işletme maliyetleri açısından ne kadar sürede kapandığı biçiminde bir yaklaşım daha önemlidir. Referans verimlere ve teklif rakamlarına göre yüzdesel karşılaştırmalar ile belirli bir zamana göre değil belirli bir sürece ve bu süreci baz alarak yeni bir zamana göre karşılaştırmaların yapılması önerilmektedir. Doğaldır ki bütün bunlar hala dalgıç pompa alımlarına devam edilecekse söz konusudur.

Grafik 6 incelendiğinde ilk yatırım maliyeti olarak öngörülen ihale bedellerinin aşılıarak yak. 600 saat sonra enerji maliyetlerinin yani işletme maliyetlerinin etkin duruma geçtiğini göstermesi açısından çok çarpıcıdır. Yani aslında ilk yatırım nerede ise hiç önemli değildir. Sadece bir sezondaki tek bir ürün için sulama ile bile bu ilk yatırım maliyeti aşılmaktadır. Enerji verimliliğinde esas amaç daha uzun sürede daha verimli pompalarla işletme maliyetlerini düşürmektir.



Grafik 6. Teklif rakamları (YTL) ve saate göre çalışma karşılığı enerji maliyetleri (0.26 YTL/kWsa)

Sistem verimindeki yüzdesel artışlar enerji tüketimine doğrudan etki edeceğinden sadece bilgi amaçlı olarak 1300 saat için anılan ihalelerdeki toplam enerji kazanımları YTL bazında Grafik 7'de görülebilir. Bu grafiğin kWsa olarak karşılığı ise sistem verimi artışı oranında enerji kWsa tüketiminin azalmasıdır.



Grafik 7. Sistem verimindeki artışın işletme maliyetlerine etkisi saat bazında enerji maliyetleri YTL olarak (0.26 YTL/kWsa).

Bölüm 4

4.1 Dalgıç Pompalar için Sistem Verimi Bileşenleri

Doğru ve kabul edilebilir bir yaklaşımla DSİ sistem verimleri üzerinden satınalmalar yapmaktadır. Daha önce söz edildiği gibi yüksek sistem verimli tekliflere avantaj sağlanmaya çalışılmaktadır.

Bu alımlar için tanımlanan sistem : Pompa, motor, kablo ve panodan oluşmaktadır.

Pompa : Pompa çok kademeli bir dalgıç pompadır, çeşitli debilere göre farklı basma yüksekliklerinde dolayısı ile farklı kademe sayılarında olabilmektedir. Pompalar DSİ tarafından belirlenen maksimum çaplara göre (kuyu çapı) belirlenir ve talep edilen performans değerlerine göre farklı ya da aynı çark çaplarına göre en verimli noktalarına yakın değerlerde verilmeye çalışılır. Belirlenmiş malzemelere göre alımlar yapılmaktadır. Her üreticinin farklı pompa verimleri vardır.

Motor : Dalgıç motorlar 6"-8"-10"-12" benzeri anma çaplarından belirli güçlerde üretilirler. Farklı çaplar için anma güçleri ve performansları Tablo 3'de görülebilir. DSİ'nin Şartnamede DSİ'nin getirdiği iki temel sınırlama vardır; maksimum çap ve yüklenme için %10 güç marjı.

Kablo : Çoğunlukla yıldız-üçgen yolvermeli olan motorlar için şartnamede belirtilen montaj derinliğine bağlı olarak motor gücü ve en fazla % 3 voltaj kaybını kabul edecek bir yaklaşımla seçilirler.

Pano : Motora uygun ve belirli koruma kontrol elemanlarını içeren bir tanımlama içindedir. Ama asıl sınırlama motor yüklenmesi sırasında işletme koşullarında %99 kompanzasyon sağlanmasıdır. Bu da motor cosØ değeri ile ilintilidir. Motor gücüne üreticisine ve yüklenmesine göre değişen bu değere göre yeterli kompanzasyon için farklı kVA'larda kondansatörler eklenir.

Pompa sistemlerinde, sistem bileşenlerinin kendi özelliklerine, tasarımlarına ve seçimlerine, çalışma koşullarına, sistemin diğer elemanları ile olan ilişkilerine bağlı olarak verimleri vardır. Çeşitli sebeplerle (tasarım kaynaklı, malzeme kaynaklı, üretim teknolojisi v.b. kaynaklı) sistem bileşeni içinde kaybedilen enerji, bileşenin verimliliğini belirler.

VSS MOTOR			VHS MOTOR			DALGIÇ MOTOR				
kW	verim %	cosφ	kW	verim %	cosφ	çap	kW	verim %	cosφ	
15	88	0.91	15	83	0.78	6"	15	82.0	0.87	
18.5	89	0.93	18.5	83	0.75		18.5	82.5	0.86	
22	90	0.91	22	84	0.8		22	83.5	0.87	
22	89	0.92	30	87	0.78		26	83.5	0.87	
30	91	0.92	37	86	0.78		30	85.0	0.85	
37	89	0.93	45	85	0.79		34	83.1	0.80	
45	91	0.91	55	86	0.8		37	86.1	0.86	
55	93	0.92	75	89	0.78		45	83.0	0.86	
75	92	0.9	90	87	0.77		8"	18.5	82.2	0.88
90	91	0.92	110	90	0.91			30	83.5	0.89
110	91	0.92	132	90	0.89	37		84.0	0.89	
132	92	0.93				45		85.0	0.89	
160	93	0.93				110		88.0	0.87	
185	94	0.93				130		88.0	0.88	
200	94	0.93				150	88.0	0.89		
250	94	0.93				10"	90	87.3	0.88	
							110	88.3	0.89	
							185	88.0	0.90	
						12"	185	89.7	0.88	
							220	91.0	0.89	
							260	92.0	0.90	
							300	91.0	0.89	

Tablo 3. Motorlar için örnek performans değerleri

Verim, sistem bileşeninden çıkan güç ile giren güç oranı olarak tanımlanır ve her biri sistem bileşeninin kendi adı ile anılır.

Pompa Verimi : Pompa miline aktarılan güç ile belirli bir basma yüksekliğinde debi elde edilir. Giren güç pompa miline aktarılan güçtür. Pompadan çıkan güç akışkan gücüdür. Pompa içindeki mekanik, hacimsel ve hidrolik kayıplar nedeni ile verilen güç ile alınan güç birbirinden farklıdır. Alınan akışkan gücü ile verilen mil gücü oranı pompa verimi olarak adlandırılır.

Motor Verimi : Motorlar verilen elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürürler. Elektriksel ya da manyetik alan kayıpları, hava ya da su içinde rotor sürtünme kayıpları, bakır kayıpları, mekanik yatak kayıpları gibi iç kayıp sonrası motor milinden mekanik güç elde edilir. Alınan bu gücün elektriksel olarak verilen güce oranı da motor verimi olarak adlandırılır.

Pano Verimleri : Panolar sistemin kontrol ve koruma ünitesidir Kablo aracılığı ile aldıkları gücü yine kablo aracılığı ile motora aktarırlar. Direk, yıldız-üçgen, yumuşak yolvermeli v.b. çeşitli türleri anılabilir. Panolar içindeki kontrol koruma ekipmanlarının da (röleler, bağlantı kabloları, şalterler, kondansatörler .v.b) görevlerini yaparken güç kaybı oluşur bu kayıp da çoğunlukla ısı olarak ortama yayılır. Pano tasarımı ve elemanların doğru seçimi bağlantıların kalitesi hem yaptıkları işlev hem de kayıplar açısından önemlidir.

Kablo verimleri : Kablolar elektriksel gücü aktarmakla görevli suyu akıtan borulara benzerler. Güç ve uzunluk ilişkisine bağlı olarak kabul edilmiş %3 voltaj düşümüne göre kesit alanları belirlenerek seçilirler. Kablo kesit alanı boru çapı, akım debi voltaj ise sürtünme kaybı olarak benzeştirilebilir. Eş uzunlukta bir kablo için aynı akımda, kesit alanı arttıkça sürtünme kayıpları düşer. Aynı voltajda yüksek akım için kesit alanı eş uzunluk kablo için artırılmalıdır. Yapılan testlerde %3 voltaj düşümü öngörüldüğünde ortalama olarak yaklaşık %1 - %2 puan civarında ısı olarak açığa çıkan bir kayıp gözlenmektedir.

Bütün elemanların da en verimli noktalarına yakın bir kombinasyonla bir araya getirilmesi ile toplam sistem verimi ya da pompalı sistemler için söylendiğinde telden suya olan verim birbiri ile çarpımlar halinde elde edilir.

4.2. Düşey Milli Pompalar için Sistem Verim Bileşenleri

Her iki pompa için bir benzeşim kurulduğunda iki sistem gibi görülebilir ;

Pompa – Pompa

Dalgıç Motor – VHS (vertical hallow shaft) motor ya da VSS (vertical solid shaft) motor

Dalgıç Pompa Panosu – Düşey Milli Pompa Panosu

Kablo – Aramili

4.3 Dalgıç ve Düşey Milli Pompalar için Karşılaştırmalar

4.3.1. Pompalar

Yapısal olarak düşey milli ve dalgıç pompalar, emiş hazneleri ve klapeleri dışında nerede ise birbirinin aynısıdır. Emiş haznesi ve klape tasarımları kaynaklı verim farkları göz ardı edilebilecek kadar düşüktür. Pompa verimleri eşit kabul edilebilir. Aynı kabul mekanik malzeme özellikleri açısından, şartname talepleri temelinde, eş kabul edileceğinden Ö.B.M. kavramı içindeki bakım onarım maliyetleri ve pompa açısından ömür her iki durumda da eşit kabul edilecektir.

4.3.2. Motorlar

Düşey milli pompalar için kullanılan VHS (vertical hallow shaft) ve VSS (vertical solid shaft) motorlar için yerli üreticilerden alınan örnek performans tabloları Tablo 3'te görülebilir.

Düşey milli pompalarda hem VHS hem de VSS motorlar kullanılabilceğinden her iki grup için de değerler verilmektedir. Dikkat edilmesi gereken verim değerleri ve $\cos\phi$ değerleridir. Verim değerleri ilerideki incelemelerimizde işletme maliyetleri için ömür boyu maliyet kavramı içerisinde dikkate alınacak olan değerlerdir.

4.3.3. Kablolar ve Aramilleri

Dalgıç pompa kabloları istenen montaj derinliğine ve %3 voltaj düşümüne göre kesiti ile tanımlanır. Bu kayıp çeşitli denklemlerden hesaplanabileceği gibi standard kablo kesitleri temel alınarak %3 Voltaj Düşümü – Kablo kesiti – Akım şeklinde hazırlanmış seçim tabloları da kullanılabilir.

Düşey milli pompalar için aramilleri ise benzer şekilde aktarılacak güce göre belirlenir bazı kritik olan durumlarda taşıyabileceği aksel yükün de kontrol edilmesi gerekir. Aramilleri montaj derinliğine ve mil çapına göre Standardlarda belirtilen yaklaşık kayıplara sahiptir. Yüzey kaliteleri ve yataklama malzemeleri ile bu değerlerin 1/3'ne kadar düşülebilir. Toplam güç dağılımlarına bakıldığında ortalama montaj derinlikleri de düşünülerek maksimum % 1 - 2'ler civarında bir kayıp düşünülebilir. Bu da % 3 voltaj kaybına karşılık gelen kablo kayıplarına karşılık olduğu öngörülebilir. Kablo ve aramili kayıplarının birbirini karşıladığı düşünülebilir.

4.3.4. Panolar ve kompanzasyon için kondansatör kayıpları

Panolarda ise istenen kompanzasyon değeri için motor $\cos\phi$ değerleri en etkin maliyet ve kayıp kaynağıdır. Panodaki diğer koruma ve kontrol elemanları ortak olarak düşünülebilir.

Pano kayıpların tasarıma bağlı olarak ve temel bir hata yok ise dikkate alınmayacak kadar düşük olduğu gözlenmiştir.

Aynı güç için her 1 puanlık düşük $\cos\phi$ değeri için yak. %10 daha fazla kVAR'lık kondensatör gerektirdiği bir ilk yatırım maliyeti olarak dikkate alınabilir. İlk yatırım maliyetleri açısından liste fiyatları üstünden karşılaştırma yapıldığında bu ihmal edilebilir.

Bölüm 5

Benzer çalışma koşullarına göre ilk yatırım maliyetleri ve ÖBM karşılaştırmaları

Tablo 4 genel bilgi için verilmiştir. Farklı debi ve basma yükseklikleri için basma yükseklikleri aynı zamanda montaj derinlikleri olarak alındığında ilk yatırım maliyetleri belirlenebilir. Buradaki temel fark montaj derinlikleri dolayısı ile kolon asamblesi maliyetinden gelmektedir. Fakat unutulmamalıdır ki montaj derinlikleri çoğunlukla basma yüksekliği değerinin en az üçte biri kadar daha düşüktür. Çünkü tarımsal kullanımda su kuyu ağzına değil belirli bir kot'a ya da fiskiyelere yönlendirildiğinden montaj derinlikler aslında daha düşüktür. Bu maliyetin düşeceği öngörülebilir.

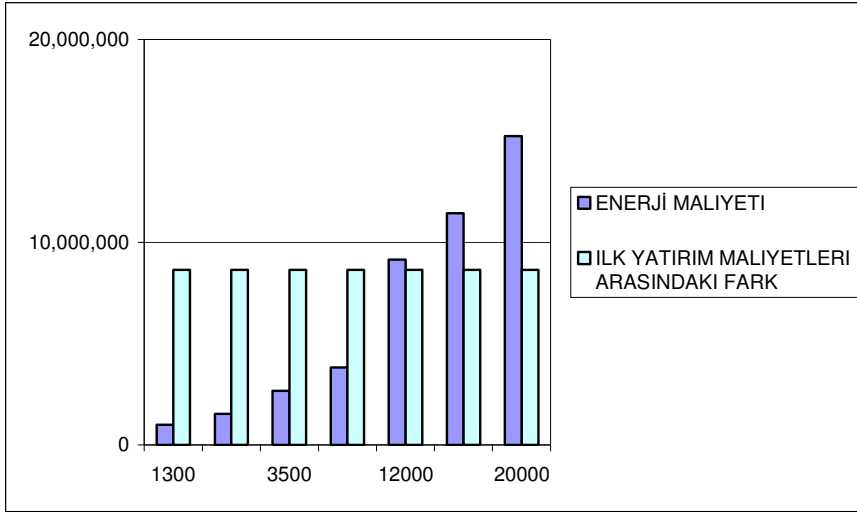
Bu örneklere bakıldığında pompalar eşit kabul edildiğinde ve kablo-aramili ve motorlar arasındaki karşılaştırmalar Tablo 4'te verilmektedir. Toplamda ortalama %4'lük bir sistem verimi farkı düşünülebilir. İlk yatırım maliyeti olarak da bu örnek düşey milli pompanın %40 civarında daha pahalı olduğu gözlenebilir.

Yeniden söz edilen 4 ihalenin toplam ihale bedelleri ortalama %40 artırıldığında ve sistem verim değerleri de %4 oranında arttırıldığında ilk yatırım maliyet farkının enflasyon da katılarak ortalama 0,26 YTL alınan kWsa enerji maliyeti ile 11000 saatlik bir çalışma süresi sonunda ilk yatırım farkının ortadan kalktığı Grafik 8'de gözlenebilir.

DALGIÇ POMPALAR									
Q (l/s)	Hm (m)	Su Gücü (kW)	YAK. POMPA VERİMİ %	YAK. MOTOR VERİMİ %	YAK. KABLO KAYBI %	YAK. PANO KAYBI %	YAK. SİSTEM VERİMİ %	YAK. ŞEBEKE GÜCÜ (kW)	YAK. TEKLİF BEDELİ (YTL)
10	40	3.9	73	79.8	98	99.5	56.8	6.9	3256
10	100	9.8	73	82	98	99.5	58.4	16.8	6986
25	40	9.8	75	82	98	99.5	60.0	16.3	4673
25	100	24.5	75	85	98	99.5	62.2	39.4	11491
30	40	11.8	75	82.5	98	99.5	60.3	19.5	4814
30	100	29.4	75	84.5	98	99.5	61.8	47.6	12362
50	100	49.0	76	87	98	99.5	64.5	76.0	16343
DÜŞEY MİLLİ POMPALAR									
Q (l/s)	Hm (m)	Su Gücü (kW)	YAK. POMPA VERİMİ %	YAK. MOTOR VERİMİ %	YAK. ARAMİLİ KAYBI %	YAK. PANO KAYBI %	YAK. SİSTEM VERİMİ %	YAK. ŞEBEKE GÜCÜ (kW)	YAK. TEKLİF BEDELİ (YTL)
10	40	3.9	73	84	98	99.5	59.8	6.6	5510
10	100	9.8	73	88	98	99.5	62.6	15.7	14032
25	40	9.8	75	88	98	99.5	64.4	15.2	8214
25	100	24.5	75	91	98	99.5	66.6	36.8	22131
30	40	11.8	75	89	98	99.5	65.1	18.1	8091
30	100	29.4	75	93	98	99.5	68.0	43.2	22562
50	100	49.0	76	92	98	99.5	68.2	71.9	31339

Tablo 4 Genel olarak düşey milli ve dalgıç yak. pompa maliyetleri ve performans değerleri

Bu sürenin 11000 saat olması uzun olarak düşünülebilir. Unutulmamalıdır ki seri üretimler ile ilk yatırım maliyetleri düşürülebilir. Bunun yanında bölgelere göre 3-4 sezonluk bir süre düşey milli pompaların ömrü düşünüldüğünde çok da uzun bir süre değildir. Aksine dalgıç pompaların (çoğunlukla motor kaynaklı) göreceli olarak çok daha kısa olan ortalama ömürleri (bakım onarım maliyetleri , motor sarım giderleri ya da sıfırdan yeni bir yatırım olasılığının yüksekliği) düşünüldüğünde ömür boyu maliyet yaklaşımı içinde düşey milli pompalar tercih edilebilirler. Dalgıç pompaların işletme ömürleri ve bakım onarım maliyetleri için DSI'nin elindeki kaynaklar değerlendirilmelidir. Amaç daha verimli uzun ömürlü pompalı sistemler olduğuna göre sayısal değerler üzerinden değerlendirmeler gereklidir.



Grafik 8. Yatay eksen çalışma süresini saat olarak göstermektedir. Düşey eksen ise YTL'dir.

Bölüm 9

Sonuç ve değerlendirmeler

Bu kapsamlı çalışmadan çıkan sonuçları özetlersek:

- Düşey milli pompalar dalgıç pompalara göre sistem verimleri açısından özellikle motor kaynaklı olarak işletme sırasındaki ömür boyu maliyetleri açısından büyük avantajlara sahiptir. Bu avantajlar ilk yatırım maliyetlerindeki fark göz önüne alındığında, en kötü olasılıkla yıllık 10000 sa civarında çalışma öngörüldüğünde kendini enerji verimliliği ile ortadan kaldırmaktadır. Bu da ulusal enerji verimliliğine, anılan rakamlar bazında önemli tasarruf katkısı sağlayabilir. Bu çok önemli konunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Ortalama olarak 4-5 puanlık bir motor verim farkı özellikle düşük güçlü motorlarda daha da artmaktadır. Bu da düşük montaj derinlikleri demektir. Tamamında olmasa da hiç olmazsa düşük montaj ve düşük güç alımlarında ilk yatırım maliyetlerinin de düştüğü göz önünde bulundurularak yatırımlar yeniden planlanmalıdır.
- Eğer dalgıç pompa alımları sürdürülecekse %1 puan civarında bir sistem verim artışı kablo seçimlerinin % 1,5 kayıp ile yapılması halinde (bir üst kablo seçimi uygun gözükmektedir) %2 civarında bir ilk yatırım maliyeti artışının 50-60 saatlik bir enerji maliyeti ile karşılanması sağlanabilir. Bu %1 artış ise doğrudan tüm enerji tüketiminde %1 düşüğe karşılık gelebilecektir.
- Alımlarda kullanılan verim avantaj formülasyonu değiştirilmelidir. İlk aşamada garanti süresi göz önüne alınacak şekilde revize edilmeli, ardından da araziden gelen bilgilere göre pompa ömürleri üzerinde yapılacak bir çalışma ile süre daha da uzatılmalı işletmedeki enerji maliyetleri daha etkin bir şekilde alımlarda belirleyici olmalıdır. Verilen bilgilerden anlaşılacağı gibi ilk yatırım maliyetleri çok kaba bir hesapla bir sezonluk, yaklaşık 600-700 saatlik bir çalışma sonrası yerini işletme maliyetlerine bırakmaktadır. İlk alımlarda da değerlendirme bu dikkate alınarak yapılmalıdır.

Enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkemizde enerjinin verimli kullanımı hepimiz için önemlidir. Bizim gibi ülkelerde enerji verimliliği açısından ilk yapılması gereken doğru seçimler ile yatırımları yönlendirmektir. Sadece bir kurumun o da düşük güçlerde yaptığı gözle görülen kayıt altındaki yatırımlarının incelendiği bu çalışmada rakamsal olarak ne kadar büyük tüketimlerin ve çok küçük yaklaşım değişiklikleri ile elde edilebilecek kazançlarla bunların azaltılabileceği gösterilmeye çalışılmıştır. Ezberlerden uzaklaşmamız ve zorlayıcı, yönlendirici, teşvik edici biçimde, devlet eliyle bazı çalışmalarını yapmamız önemli bir zorunluluk olarak gözükmektedir.

Summary

LCC for a pump system is an important tool for investigating the investments. According to the system, the cost parameters of the pump system is changeable. First investment especially the pumps used in agriculture applications is low when it compared the operating costs. So the investments have to be done according to this future cost.

In this study, life cycle cost (LCC) of (submersible) pumps is investigated on last four years' DSI tenders, which are the most important submersible pump sales in Turkish pump industry for this kind of pumps regarding the quantity in phase. Total power is also huge.

Firstly, the differences and similarities are worked on vertical turbine submersible and lineshaft pumps. System parameters and application areas of these pumps are clarified.

For the submersibles, statistical data in submersible pump tenders are given such as performance parameters, power margins, system efficiency and its components. Also it is shown that how this components affect the total energy cost. Furthermore, by evaluating all the pump performance parameters and illustrating on real cases, approaches are made to estimate the life cycle cost, first investment, (system) efficiency, power consumption, (hydraulic) losses and operating (or operations). In detail, pump efficiencies, motor efficiencies, and electrical losses are mentioned, then evaluations are made by using submersible pump tenders in last four years.

Comparisons are shown for the usage of these two similar pumps on the LCC base by given examples.

DSI uses a discount formula for the tender's comparison. Finally, the comments are done on efficiency discount formulation according to the life cycle cost. The revision of this formulation is also proposed.