



Bu bir MMO yayınıdır

# YENİLENEBİLİR: AKINTI ve DALGA ENERJİ ÜRETİMİNDE HİDROLİK ÇÖZÜMLER

Bülent BOSTAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bosch Rexroth San. ve Tic. A.Ş.



# YENİLENEBİLİR: AKINTI ve DALGA ENERJİ ÜRETİMİNDE HİDROLİK ÇÖZÜMLER

Bülent BOSTAN

Bosch Rexroth San. ve Tic. A.Ş.

TOSB 1. Cad. 14. Sk. No:10 Çayırova/Kocaeli, 0262 676 00 13, bulent.bostan@boschrexroth.com.tr

## ÖZET

Dünyada enerji kaynaklarının gittikçe azalması ve buna bağlı olarak enerji maliyetlerinin artmasından dolayı enerjinin verimli bir şekilde kullanılması daha fazla önemli hale gelmiş ve artan bu talebi karşılamak içinde alternatif enerji kaynaklarında biri olan yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmek için çalışmalar devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde bulunan rüzgar türbinleri dışında; okyanus enerjisi dediğimiz akıntı ve dalga jeneratörleri de dünya genelinde elektrik üretimindeki payını arttırarak başarısını devam ettirmektedir. Bu makalede, dalga ve akıntı donanımları için seçilen aktarımların tasarımına ve verimine odaklanılmaktadır. Gelecek vaat eden teknolojilerin kısa bir değerlendirmesi, hidrolik ve mekanik aktarımların potansiyelini göstermektedir. Mekanik ve hidrolik güç çıkışları arasında yapılan bir karşılaştırma ile bunların sunduğu verimler ve faydalar vurgulanmaktadır. Dalga ve akıntı enerjisi konvertörleri için hidrostatik aktarma organı örnekleri ve bunların özellikleri açıklanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, verim, hidrolik, hidrostatik aktarma organı, akıntı türbinleri, dalga generatörleri

## ABSTRACT

Reduction of energy resources in the world, and consequently more and more efficient use of energy due to the increase in energy costs has become more important and the studies are looking for the renewable energy resources to cover the increased energy demands. Besides wind turbines which are important in the renewable energy, there are other sources like ocean energy with wave and current energy convertors. This paper focuses on the design and efficiency of selected transmissions for

wave and tidal devices. A brief assesment of promising Technologies shows the potential of hydraulic and mechanic transmissions. A comparison between mechanic and hydraulic power take-offs highlights their efficiencies and individual benefits.

**Key Words:** Renewable energy, efficiency, hydraulic, hydrostatic drive train, current turbines, wave generators

## 1. GİRİŞ

Dalga veya doğal deniz akıntısı ile; rüzgar enerjisinde olduğu gibi enerji elde etmek mümkündür. Ancak su havadan 1000 kat daha yoğundur ve düşük akış hızlarında bile son derece yüksek kuvvetler üretir. Bu da üzerinde özellikle düşünülmüş tahrik ve kontrol sistemleri gerektirir.

Dalga Enerjisi üretiminde dalgaların sürekli yukarı ve aşağı hareketi denizde var olan muazzam gücün en belirgin işaretidir. Dalga enerjisi konvertörleri, son derece geniş bir uygulama penceresini kapsayabilmelidir: İlık havalardaki hafif dalgalar kadar kış fırtınaları, kasırgalar, tayfunlar ve siklonlar gibi.

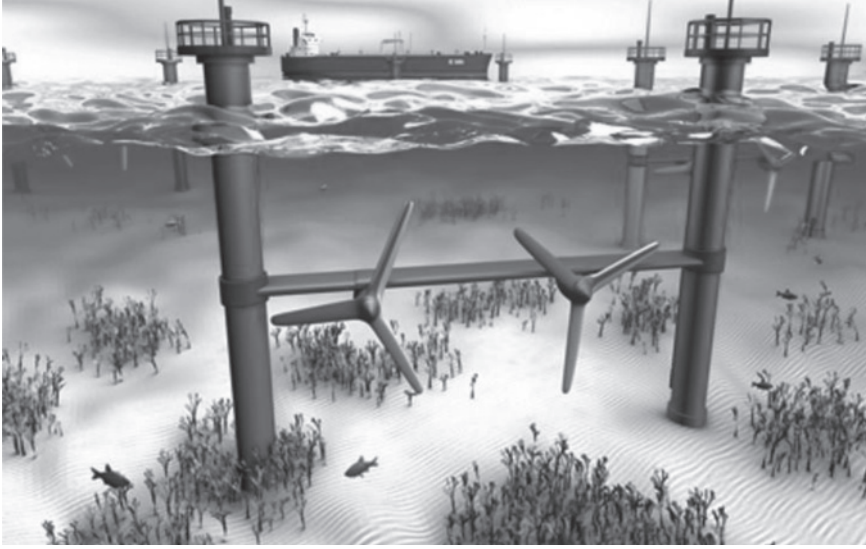


Şekil 1. Dalga Enerjisi Üreteçleri

Akışkan teknolojisi, elektrik üretimi için dalga enerjisinden yararlanmaya bilhassa uygundur. Doğrusal hareketi yüksek derecede verimlilik ve minimum mekanikle kapalı döngü kontrollü bir dönüş hareketine dönüştürebilir. İşte ana güçlük buradadır: Maksimum kuvvetler ve dalga hareket hızları bir dalga döngüsü içinde ilişkilendirilir. 1 – 2 m/sn'lik yüksek hareket hızları daha küçük dalgaların tipik özelliği olup, bu dalgalar hızla birbirini izler. Diğer taraftan, büyük dalgalar daha uzun bir periyotta 500 kN – 1 MN arasında maksimum güç üretir. İster hız, isterse kuvvet olsun: Her dalganın güç çıkışı için giriş hızı, 10 saniyelik tipik bir süre boyunca sıfır ile maksimum değer arasında iki kat dalgalanma gösterecektir. Ayrıca, dalganın kuvveti, dalganın yüksekliğine göre güç faktöründe artacaktır. Bu da

bize bir güç penceresi verir ve bu pencere minimum ile maksimum değerler arasında 1000 faktörüne ulaşır. Hidrolik sistemler böyle geniş bir spektrumu, makul bir maliyetle kapsayabilmektedir.

**Su altı türbinlerinde** ise, enerjiyi rüzgar türbinlerine kıyasla önemli ölçüde daha küçük bir çapla etkili bir şekilde toplar. Düşük hızlarda bile, yüksek kuvvetler tüm sistemi etkiler. Hali hazırda rüzgar enerjisinden bilinen jeneratör dişli teknolojisi, geliştirmenin bir yönü olup yaygın olarak kullanılmaktadır. Geliştirmenin yapıldığı bir diğer yön, hidrolik konvertörlerin kullanımında ortaya konmaktadır. Bu basit ve son derece sağlam tahrik konsepti dönüş hareketini hidrolik akışa dönüştürür ve böylece yüksek verimli bir jeneratöre bağlanmış kapalı devre hidrolik sistemle çalışan hidrolik motoru tahrik eder.



**Şekil 2.** Akıntı Enerjisi Türbinleri Genel Görünümü

Bu kısaca şu şekilde olmaktadır. Pompa tarafında, yavaş çalışan bir hidrolik pompa türbin hızını toplar ve bu da hacimsel bir akış yaratır. Bu enerji, jeneratörü şebeke frekansında çalıştırabilen, değişken deplasmanlı eksenel pistonlu bir motoru tahrik eder. Böylece hidrolik tahrik sistemi çok masraflı kapalı döngü kontrol elektroniklerine ve frekans konvertörlerine olan ihtiyacı ortadan kaldıracaktır. Özel avantajlardan biri şu şekildedir: Eksenel pistonlu motorun sunduğu değişken hacim seçenekleri sayesinde, iletim oranının düzgün ayarlanması, sadece pik talebinin etkisini azaltmaz, aynı zamanda türbin ayarı gerektirmeden de farklı akım hızlarına adapte edilebilir. Bu nedenle hidrolik konvertör tam bir dalga döngüsünde ideal verimlilik seviyesine ulaşabilir. Hepsinden öte, değişken hacimli motorlar dalga çekilmesinde farklı dönüş yönlerini doğrudan topladığı ve güvenle sabitlenmiş sistemler ile aktığı için bu çözüm genel tasarımı basitleştirir. Hidrolik sistemlerin kullanımı su altındaki bileşen sayısını azaltır: Sadece akış oluşması için son derece dayanıklı hidrolik pompa doğrudan türbine bağlanabilir. Sistem operatörü hidrolik motor-jeneratör grubu suyun üzerinde bir yere yerleştirilebilir: Böylece bakım ihtiyacı azalırken, aynı zamanda kullanılabilirlik de önemli ölçüde artar.

## 2. TAHRİK TEKNOLOJİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 2.1 Tahrik Teknolojileri ve En Son Teknoloji

Güç çıkışları için çözümler aranırken aşağıdaki gibi çeşitli seçeneklerle karşılaşılabılır.

- 1) hidrolik sistemler (çevre dostu akışkanlar dahil),
- 2) mekanik aktarım (dişli kutusu),
- 3) su hidrolik sistemleri (katkılı veya katkısız),
- 4) deniz suyu hidrolik sistemleri (açık döngü),
- 5) doğrudan tahrikli senkronize jeneratörler (döner),
- 6) doğrusal jeneratörler veya
- 7) elektroaktif polimer (EAP) aktuatörleri.

Hidrolik sistemler, her türlü açık deniz ve kıyı aktarma organlarında kullanılan yerleşmiş bir teknolojidir. Dalga enerjisi kullanım araştırmalarının geçmişi 1974'e ve hatta daha da eskiye uzanır. Rüzgar türbinleri için hidrostatik tahrik teknolojileri (HDT), RWTH Aachen Üniversitesi Sıvı Yol Verme ve Regülasyon Enstitüsü'nde (IFAS) ve ayrıca umut vaat eden sonuçlara ulaşan Skaare tarafından ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. HTO'nin simülasyonu son teknoloji ürünü olup bu tür sistemlerde önemli bir gelişmeye yol açar. Ayrıca, bakım maliyetlerinin azaltılmasıyla ilgili önemli bir husus olan servis koşul izlemesi uygulanabilir.

Mekanik aktarımlar, rüzgar türbinlerinde kanıtlanmış ve toplu olarak üretilen bir teknolojidir. Yüksek bir verim sunduğundan, uygun güç elektronikleri ile devir sayısı kontrollü bir aktarıma ulaşılabilir. Böylece okyanus akıntısındaki ve gelgit cihazlarındaki bir uygulama gelecek vaat eder.

Su hidrolik sistemleri günümüzün hidrolik sistemlerinin kaynağı olsa da (Salter da 1974 yılında bir su hidrolik sistemi sunmuştur), su tabanlı sürücüler günümüzde çoğunlukla gıda işleme ve temizliğe ve çevre dostu olmaya ya da doğallığa büyük önem vermeyi gerektiren uygulamalarda (örneğin eczacılık) kullanılır.

Deniz suyu hidrolik bileşenleri ve sistemleri, genellikle endüstriyel uygulamalardaki aktarımlar için değil, tuzdan arındırma ve soğutma için kullanılır.

Rüzgar türbinlerindeki kanıtlanmış uygulamalardan türetilen döner doğrudan sürücülü jeneratörler, aktarım teknolojilerini demode hale getiren avantajlı bir teknoloji olabilir. Yüksek bir verimlilik sunan kalıcı mıknatıs senkronlu jeneratörler, nadir bulunan toprak malzemeleri için yüksek maliyetlerle kolayca temin edilebilir görünmektedir. Örneğin kalıcı mıknatısların 2010 yılında kilogram başına 60€ olan maliyeti, 2011 yılında kilogram başına 150 €'ya çıkmıştır).

Döner doğrudan sürücülere benzer bir şekilde doğrusal jeneratörler de mekanik enerjiyi, ara dönüştürme adımları olmadan elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılabilir.

Halen konsept evresinde olan EAP aktuatörleri, emme mekanizmasını elektrik enerjisine doğrudan enerji dönüşümü ile birleştirme imkanı sunar. Gelecek vaat eden bu teknolojiye örnek olarak SBM verilebilir.

## 2.2 Teknolojilerin Karşılaştırılması:

Yeni teknolojinin (RP-A203) yeterliliği için DNV tarafından önerilen uygulama baz alınarak belirsizlikler veya zorluklar gibi teknik karakteristiklerle ilgili bir kategorizasyon yapılabilir. Geçerli olan kriterler, teknolojinin ve uygulama alanının yenilik derecesidir. Bunlar ilave olarak “bilinir/kanıtlanmış”, “kısıtlı bilgi/kısıtlı saha geçmişi” ve “yeni/kanıtlanmamış” olarak bölünmüştür. Tablo 1’de kriterler ve ortaya çıkan sonuçlar listelenmiştir.

**Tablo 1:** Teknoloji kategorizasyonu [15]

Uygulama alanı	Teknolojinin yenilik derecesi		
	Kanıtlanmış	Sınırlı saha geçmişi	Yeni veya
Bilinir	1	2	3
Kısıtlı bilgi	2	3	4
Yeni	3	4	4

Dalga ve hidrokinetik enerji durumunda yazarlar, uygulama alanının “kısıtlı bilgi” grubunda olduğunu varsayar. “Kanıtlanmış”, kayda değer bir süredir ticari kullanımın olduğunu, “yeni” ise prototip evresinde ilk adımların gerçekleştirildiği aşamayı belirtir. Tablo 2, teknoloji derecesini gösterimle ilişkilendirir.

**Tablo 2:** Kategorilerin Gösterimi [15]

Kat.	Gösterim
1	Yeni teknik belirsizlikler yok
2	Yeni teknik belirsizlikler
3	Yeni teknik zorluklar
4	Talepkar yeni teknik zorluklar

Hidrolik sistemler, dişli kutuları (planet dişli ve düz dişli aşamaları) ve döner doğrudan tahrikli jeneratörler söz konusu olduğunda, yenilik derecesi “kanıtlanmış” olarak değerlendirilir. Dolayısıyla gösterim “yeni teknik belirsizlikler”i belirtir. Belirsizliklere örnek olarak silindir mührü ömrünün bir yıllık sürekli kullanım süresinden ya da yorulma süresinden ciddi anlamda daha uzun olması ve mekanik ve elektrikli bileşenlerin korozyonu verilebilir.

Su hidrolik sistemi ve doğrusal jeneratör teknolojileri, “yeni veya kanıtlanmamış” kategorisinden ziyade “kısıtlı saha geçmişi” kategorisine daha yakın olarak derecelendirilebilir. Bu teknolojiler yeni veya kanıtlanmamış olarak görülemez, çünkü prototiplerle edinilmiş bir takım tecrübeler söz konusudur. Ancak okyanus enerjisi için güvenilir bileşenler veya sistemlerle ilgili yeteri kadar güvenilir saha geçmişi mevcut değildir. Dolayısıyla “(talepkar) yeni teknik zorluklar” öngörülebilir. Bu zorluklara örnek olarak doğrusal jeneratörlerin dayanıklı mil yatağı tasarımı veya yüksek verimli ve düşük yağlamaya dayanabilen dayanıklı silindir mühürleri verilebilir. Deniz suyu hidrolik sistemlerine veya EAP aktua-

törlerine bakıldığında, yenilik derecesi “yeni veya kanıtlanmamış” sayılır. Buradaki zorluklara örnek olarak deniz suyunun kendisi ile güç aktarımı, iç kirlenmenin filtrelenmesi ve önlenmesi, güvenilir EAP aktuatörlerinin verimli üretiminin yanı sıra EAP aktuatörleri kullanılarak kuvvet kontrolü ve aşırı yükleme önlenmesi verilebilir.

Bunun sonucu olarak hidrolik sistemler, dişli kutuları ve döner doğrudan sürücüler kısa vadeli olarak en fazla hidrokinetik uygulamalar için uygun görünmektedir. Genellikle doğrusal salınımlar kullanan dalga enerjisi dönüştürücüleriyle ilgili olarak, sadece “yeni teknik” veya “talepkar yeni teknik zorluklar” kategorilerinden kaçınmak için uygun olan hidrostatik aktarma organları vardır. Cihaz geliştiricileri, örneğin sistemlerinin düşük maliyetli olmasını ve geliştirme sürelerinin daha kısa olmasını hesaba katarken bunu dikkate almalıdır. Tedarikçiler ayrıca yeni teknolojiler geliştirmek için yatırım yapmalı ve risk almaya istekli olmalıdır. Bu, kanıtlanmış teknolojiler için daha kolay olacaktır. Tablo 3’te sonuçlar özetlenmiştir.

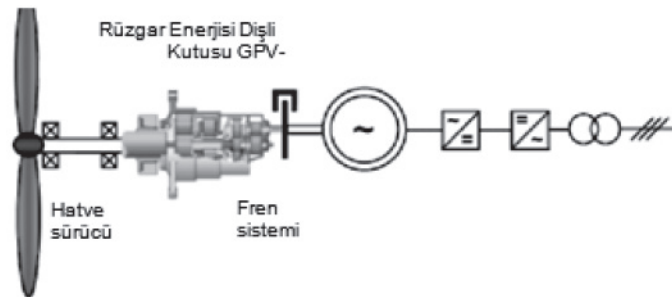
**Tablo 3:** Ortaya çıkan teknolojinin kategorizasyonu

Kat.	Teknoloji
1	-
2	Hidrolik sistemler, mekanik dişli kutusu, doğrudan sürürlü jeneratör (döner)
3	Su hidrolik sistemleri, doğrusal jeneratör
4	Deniz suyu hidrolik sistemleri (EAP aktuatörleri)

### 3. HİDROKİNETİK DONANIMLAR İÇİN TAHRİK SİSTEMLERİ

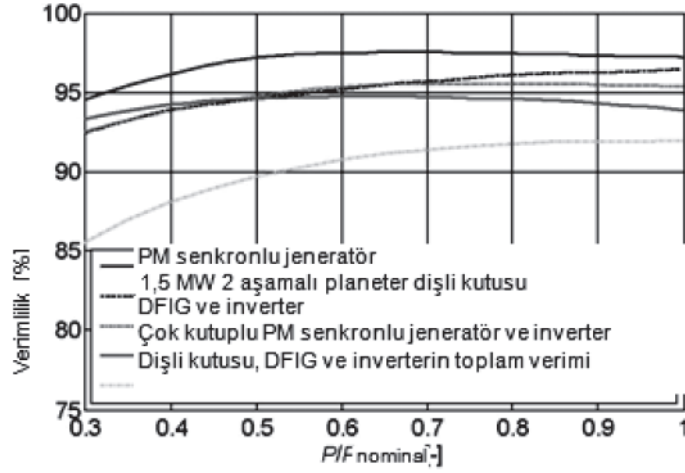
#### 3.1 Dişli Kutusu Çözümü

Rüzgar gücündeki enerji dönüşümündeki benzerliğe bağlı olarak, hidrokinetik güç çıkışları için dişli kutuları talep görür. Şekil 1’de bir hidrokinetik dişli kutusu çözümünün olası bir topolojisi gösterilmiştir. Değişken bir rotor hızı gerekli olduğundan, şebeke bağlantısı için bir inverter gerekir. Dolayısıyla güvenilir güç elektronikleri düşünülmelidir.



**Şekil 3:** Olası dişli kutusu çözümü

Şekil 2, bir 1,5 MW iki aşamalı planet dişli kutusunun, hızlı çalışan bir kalıcı mıknatıs (PM) senkronlu jeneratörün, doğrudan sürürlü bir PM senkronlu jeneratörün, invertörlü iki kat beslemeli bir endüksiyon jeneratörünün (DFIG) ve bunların Hau'ya göre [7] kombinasyonunun yaklaşık verimliliklerini gösterir.

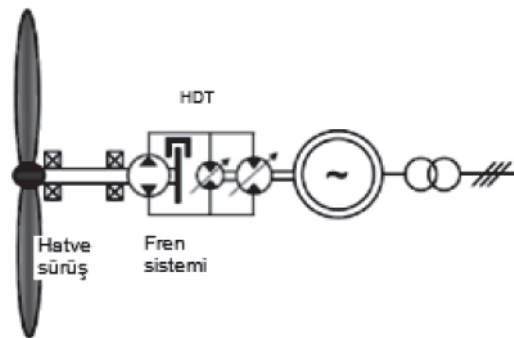


Şekil 4: Hau'ya göre verimliliklere bir genel bakış

Türbülansların veya dalgaların neden olduğu tepe yükler, ön uç mil yataklarının boyutunu etkilediğinden önemlidir. Ayrıca dalgalı tork seviyeleriyle çalışırken, servis faktörlerinin aşırı boyutlandırmaya yol açacağı dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla verimlilik bir miktar düşebilir.

### 3.2 Hidrostatik Tahrik Teknolojisi (HDT)

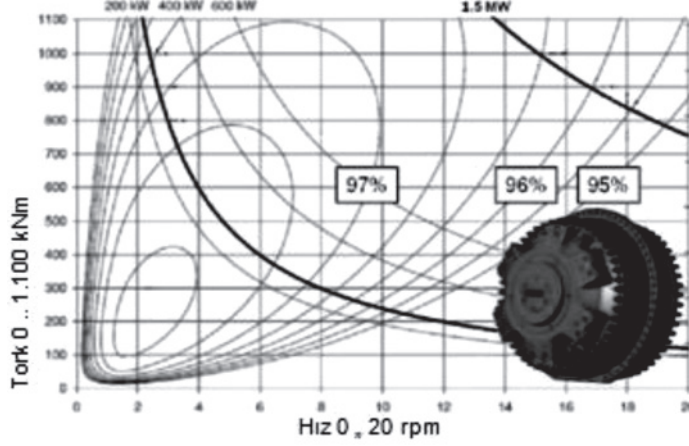
HDT'ler, büyük bir kontrol edilebilirlikle birlikte gerekli dayanıklılığı da sunduklarından çok sayıda deniz ve kara uygulamasından bilinmektedir. HDT'lerin yüksek güç yoğunluğu, sert koşullar altında çalışan pek çok sektörde (örneğin mobil uygulamalar, çelik işleri ve denizcilik) yıllardır kullanılmaktadır. Şekil 4'te, örnek bir sistem topolojisi (kapalı devre hidrolik sistem) gösterilmiştir.



Şekil 5: Olası HDT çözümü



Hidrolik sistemlerinin veriminin düşük olması, sadece yaygın bir yanlış anlamadan ibarettir. Bunun ana sebebi HTD'nin sunduğu büyük bir faydanın, yani esnekliğin, yetersiz derecede kullanılmasıdır. Bu, ilerleyen bölümlerde tartışılacaktır. Her şeyden önce, aşağıdaki Şekil 5'te de görüldüğü gibi pompa tarafının veriminin bir sorun olmadığından bahsedilmelidir.

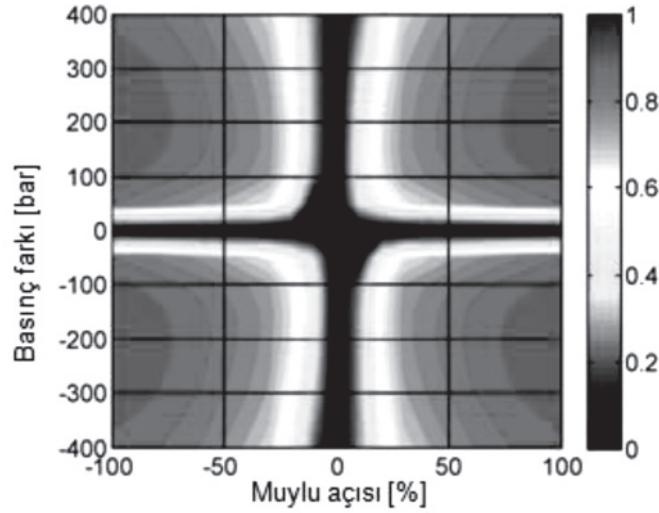


**Şekil 6.** Tübin mili üzerine doğrudan monte edilmiş bir CBM 3000'in yaklaşık verimlilik haritası

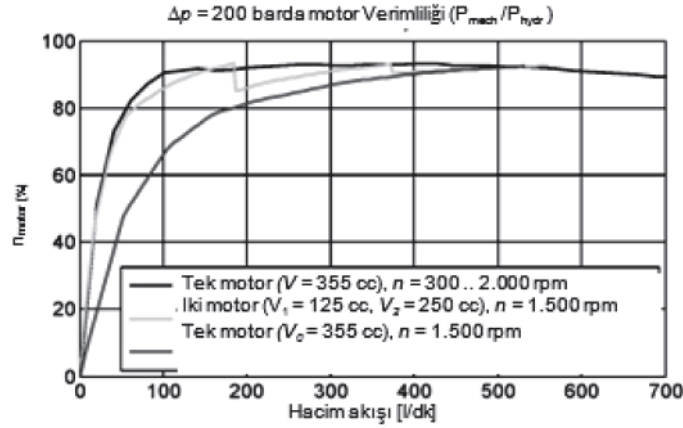
Büyük işletme alanlarında %97'nin üzerindeki bir verimliliği kanıtlayan radyal pistonlu motorlar, sistemleri için yavaş dönüşlü pompaları düşünen geliştiricilerin seçimidir. Yeni CBM'nin 2012 yılının sonunda sunulmasıyla bu, tek bir mil üzerinde MW serisini hedefleyen seri üretimdeki ilk HDT niteliğindedir. CBM, anahtar bileşenlerin 10 yıldan fazla ağır koşullarda çalışma deneyimine sahip olduğu modülerize edilmiş bir programın uzantısıdır. Pompanın kendisi, sadece 6 kg/kW ağırlık/güç oranına sahip tübin mili üzerine doğrudan monte edilebilir (örneğin 1 MW'de ve 10 rpm'de çalışan bir CBM 4000 kullanılarak). 400 kgm altındaki düşük atalet momenti ile (bir dişli kutusu ile karşılaştırıldığında bin kata kadar daha düşük), tork varyasyonlarının işlenmesi için mükemmel bir özelliğe sahiptir ve aktarma organına giren beklenmedik tepe tork değerlerini önler.

İş zorlaştıran özellik aslında hızlı çalışan jeneratör tarafıdır. Eksenel pistonlu sistemin verimliliği, büyük ölçüde muylu açısına bağlıdır ve bu da dönme hızı ile birlikte hacim akışını belirler. Şekil 6, sabit hızdaki muylu açısı ve basınç farkının işlevi olarak örnek bir verimlilik haritasını göstermektedir (hacim akışına eşittir). Maksimum muylu açısının %50 ila %60 bölgelerindeki verimlilik düşüşü fark edilebilir. Hidrolik bileşenlerdeki kayıp mekanizmalar hakkında genel bir bakış [16]'da gösterilmiştir.

Eksenel pistonlu sistemlerin en etkili noktalarına sahip olduğu yerde, önceden bahsi geçen esneklik yönü ön plana çıkar. Güç bir akışkan tarafından aktarıldığından, hızlı çalışan makinelere giden toplam hacim akışı neredeyse her şekilde bölünebilir. Çeşitli boyutlardaki birden fazla hidrolik ve elektrikli bileşenin paralel bir şekilde düzenlenmesi, işletme noktalarının bağımlılığında geçişlere olanak tanır. Bunun verimliliği olumlu olarak nasıl etkileyebileceği aşağıdaki Şekil 7'de örnek olarak açıklanmıştır.



Şekil 7. Bir eksenel piston ünitesinin örnek verimlilik haritası

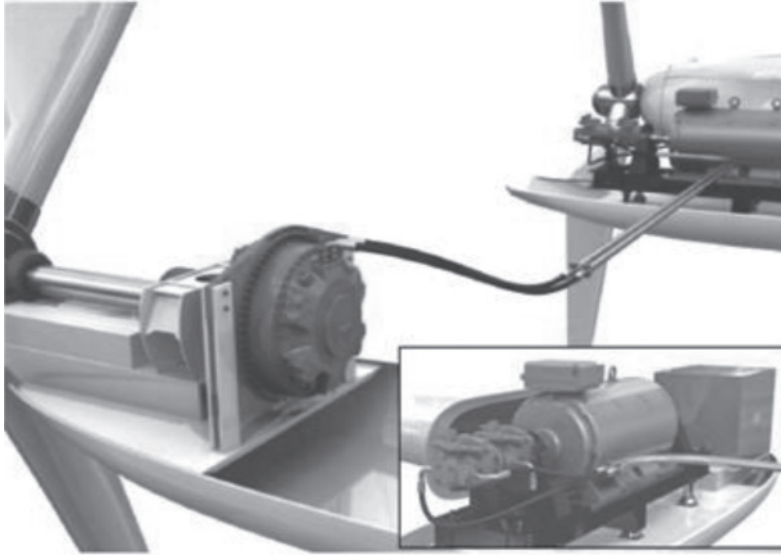


Şekil 8: Hidrolik ünitelerin düzenlemesine ve işletimine bağlı örnek verimlilik eğrileri

Sabit hızda çalışan bir tek motor (kırmızı çizgi), en düşük verimliliği verir. Farklı boyutlardaki paralel daha küçük iki ünite ile değiştirildiğinde, verimlilik özellikle parça yükünde artar. Bir devir sayısı kontrollü jeneratör kullanıldığında, biraz daha iyi bir performans gösterir. Ancak jeneratör kayıplarının (ve değişken hızlı sürücüler durumunda inverter kayıplarının da) dahil edilmesi gerekir.

İşletim noktalarına adapte edilmiş bir HDT, zaten geniş bir güç aralığı için %85'lik bir minimum genel verimliliğe sahiptir. Bu, bir 1 MW test tezgahında kanıtlanmıştır [2]. Özellikle yavaş dönen milin ataletinin düşük momenti, hızlı pompa çalışması ile birleştiğinde keskin tork dalgalanmasını sağlar. HDT, düzgün bir çıkış gücü sağlayan muazzam kısma özellikleri sayesinde bu tepe değerleri işleyebilir. Bir HDT, kısa gecikme sürelerine sahip satışa hazır bileşenlerden oluşur.

Bu alt bölümü sonlandırırken, Şekil 8, bir Bosch Rexroth Hagglands radyal piston pompasına, iki adet hızlı çalışan hidrolik üniteye ve bir adet sabit hızlı senkronize jeneratöre sahip bir 500 kW HDT'nin etkisini gösterir.

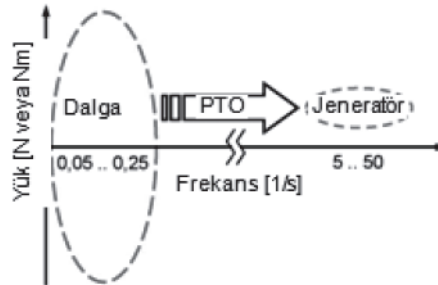


Şekil 9: Hidrokinetik cihazlar için HDT

#### 4. DALGA ENERJİSİ KONVERTÖRLERİ İÇİN TAHRİK TEKNOLOJİLERİ

##### 4.1 Tahrik Teknoloji Görevleri

Dalga enerjisi konvertörleri için güç çıkışlarının iki ana görevi, aşağıdaki Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 9, düşük frekanslarla dalgalanan büyük yüklerin, daha yüksek frekanslardaki çok daha küçük yüklerle aktarımını ve kontrolünü gösterir (hızlı çalışan jeneratörler için adaptasyon).

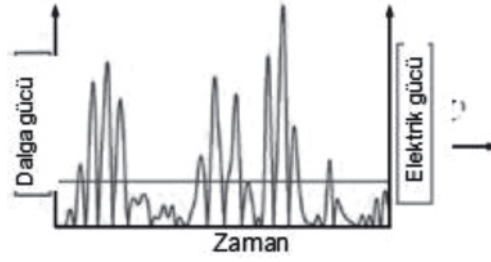


Şekil 10: Yükün ve frekansın aktarımı

Şekil 10, çıkış gücünün gerekli düzleştirmesini gösterir (mavi çizgi). Kırmızı çizgi ise dalgalardan emilen gücü ifade eder.

Sonuç olarak ortaya çıkan ana gereklilikler, çoğu işlem noktasında her iki görevin de yüksek güvenilirlik ve verimlilikle yerine getirilmesini gerektirir. Genel olarak görevler kontrol, kısıtlama, adaptasyon, düzleştirme ve saklama olarak özetlenebilir. Bu süreç aktarım kapsamında ne kadar erken uygulanırsa, o kadar fazla bileşen tepe güç değerinden ziyade ortalama güç değerine göre boyutlandırılabilir.

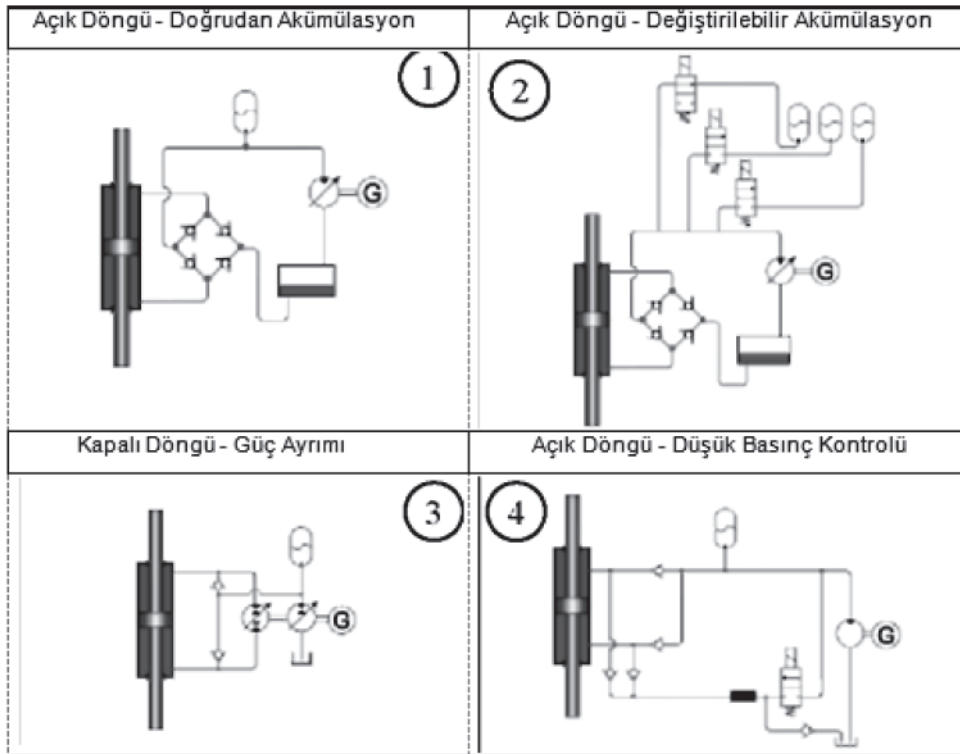
Daha küçük, daha hafif ve daha ucuz bileşenlerin sunduğu faydalar, hem enerjinin maliyetini hem de güç çıkış kalitesini olumlu olarak etkiler.



Şekil 11: Güç düzleme özellikleri

#### 4.2 Hidrostatik Aktarma Organı Çözümleri

Bir gereklilik analizi uygulayarak, fonksiyonel yapılar ve morfolojik kutular kullanılarak, HDT'ler cihaz geliştiricilerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilerek sunulabilir. Cihazın tipine ve boyutuna ve de istenen kontrol stratejisine bağlı olarak, farklı sistem topolojileri mevcuttur. Bunların bazıları Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 12: Örnek PTO çözümlerinin taslakları

Tablo 4'te karakteristiklerin kısa bir açıklaması sunulmuştur. Hidrolik sistemlerin standart özellikleri olarak kısıtlama, adaptasyon ve saklamanın tamamı aynı yüksek seviyededir. Tüm elektrik (ve eğer

istenirse güç elektronikleri), ortalama güce daha yakın olarak tasarlanabilir. Doğrudan bağlanan akümülatörlerin olması durumunda (sistem 1), cihazın kontrolü akümülatörlerin parametrelerine bağlı olarak yetersiz olabilir. Ancak bu sistem, basit bir topoloji olduğundan, tam güç kontrolünün bir ana gereklilik olmadığı donanımlar için uygun olabilir.

**Tablo 4:** PTO topolojilerinin karakteristikleri

PTO	Kontrol	Limit	Adaptasyon	Düzlem	Saklama
1	→	↑	↑	↑	↑
2	↗	↑	↑	↗	↑
3	↑	↑	↑	↑	↑
4	↗	↑	↑	↑	↑

Değiştirilebilir akümüstasyon olması durumunda (sistem 2), kapasiteler açılıp kapatılabildiğinden kontrol kalitesi artar. Ancak, bu anahtarlama işleminin güç çıkış yanıtını ve kalitesini etkileyen basınç adımlarına neden olabileceğinden de bahsedilmesi gerekir. Sistem 3, akümülatörlerin içinde saklanan reaktif kontrol ile çalışabilir. Böylece reaktif kontrol elektrik şebekesini etkilemeyebilir. Daha büyük yüklerin olduğu durumlarda, akümülatörler şarj edilir ve güç kontrolü ile birlikte jeneratör milindeki tork düzleştirilebilir. Sistem 3 buna ek olarak, sistem 1'e eşit bir işletim moduna geçiş için kolayca yapılandırılabilir. Sistem 4, bir hidrolik dönüştürücü kullanan bir HDT'yi gösterir. Düşük basınç tarafını kontrol ederken, motor sabit basınçta çalıştırılabilir. Daha yüksek bir verimlilik sunan sabit deplasman motorlarının kullanımı bir özelliktir. Bu tür sistemin simülasyon sonuçları, bir sonraki bölümde tartışılacaktır.

## SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan dalga ve akıntı enerjisi tahrik sistemlerinin yapılarından ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Suyun yoğunluğu sebebi ile düşük hızlarda bile son derece büyük kuvvetler oluşmaktadır ve bunların kontrol edilebilmesi için hidrolik tahrik sistemleri çok önem kazanmaktadır. Bu da üzerinde özellikle düşünülmüş tahrik ve kontrol sistemleri gerektirir.

## KAYNAKLAR

- [1] BOSCH REXROTH, "Okyanus Enerji Dönüştürmesi için Verimli Güç Çıkışları, Lohr am Main, Almanya,
- [2] H. Eidsmoen. (1996): Simulation of a tight-moored amplitude-limited heaving-buoy wave-energy converter with phase control. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveç.
- [3] J. Schmitz, N. Vatheuer, H. Murrenhoff. (2011): Hydrostatic Drive Train in Wind Energy Plants, EWEA 2011, Brüksel, Belçika.



- [4] B. Skaare, B. Hornsten, F.G.Nielsen. (2011): Energy Considerations for Wind Turbines with Hydraulic Transmission Systems. EWEA OFFSHORE 2011, Amsterdam, Hollanda
- [5] N.N. (2012): FLUIDON GmbH Ana Sayfası, <<http://www.fluidon.com>>, Almanya
- [6] R. Rahmfeld. (2002): Development and Control of Energy Saving Hydraulic Servo Drives for Mobile Systems, VDI-Fortschritt-Berichte Reihe 12 Nr. 527, VDI-Verlag, Düsseldorf, Almanya
- [7] T. Torikka. (2011): Bewertung von Analyseverfahren zur Zustandsüberwachung einer Axialkolbenpumpe, Shaker-Verlag, Aachen, Almanya
- [8] E. Hau. (2008): Windkraftanlagen: Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit, Springer Verlag, Almanya
- [9] S. Salter. (1974): Wave power, Nature Vol. 249, Nature Publishing Group
- [10] S. Miyakawa. (2010): Aqua-Drive-System - Technologische Entwicklung von Wasserantriebssystemen und ihre Marktcharakteristiken, O+P Ölhydraulik und Pneumatik 11-12, Almanya
- [11] A. Vath. (2012): Antriebskonzepte für Offshore-Wind-energieanlagen, Konstruktion, special Antriebstechnik, S 1/2012, Springer-VDI-Verlag, Almanya
- [12] U. Fass. (2011): Simulation einer selbstreferenzierenden Point Absorber Boje mit innovativem Antriebskonzept, dissertation, Technische Universität Darmstadt, Almanya
- [13] S. Caraher. (2010): Bearing Options, including Design and Testing, for Direct Drive Linear Generators in Wave Energy Converters, dissertation, Edinburgh Üniversitesi, İngiltere
- [14] P. Jean, A. Watez, G. Ardoise vd. (2012): Standing wave tube electro active polymer wave energy converter, Proc. SPIE 8340, ABD
- [15] N.N. (2011): Qualification of New Technology, DNV-RP-A203, Recommended practice, Det Norske Veritas AS, Norveç
- [16] H. Murrenhoff (2007): Grundlagen der Fluidtechnik, Teil 1: Hydraulik, Shaker-Verlag, Aachen, Almanya
- [17] G. de Backer. (2009): Hydrodynamic Design Optimization of Wave Energy Converters Consisting of Heaving Point Absorbers, dissertation, Ghent University, Belçika
- [18] M. Lopes. (2011): Experimental Development of Offshore Wave Energy Converters, dissertation, Universidade Tecnica de Lisboa, Instituto Superior Tecnico, Lizbon, Portekiz
- [19] M. Bhinder, A. Bararit, L. Gentaz vd. (2011): Assessment of Viscous Damping via 3D-CFD Modelling of a Floating Wave Energy Device, Proc. of the 9 EWTEC, Southampton, İngiltere

## ÖZGEÇMİŞ

### Bülent BOSTAN

1978 yılı İstanbul doğumludur. 2001 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2004 yılında Makina Mühendisliği Mekatronik Programında Yüksek Lisansını tamamlayarak Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2002 – 2005 yılları arasında Marge Mühendislik San. Tic ve Ltd. Şti de mekanik sistem dizaynı ve otomasyonu konusunda, 2005 - 2010 yılları arasında Bosch Rexroth A.Ş de servis mühendisi olarak, 2010 -2012 yılları arasında Bosch Rexroth A.Ş de proje ve satış mühendisi olarak çalışmış ve 2012 yılından beri de Bosch Rexroth A.Ş de makine uygulamaları ve mühendislik bölüm müdürü olarak çalışmaktadır.