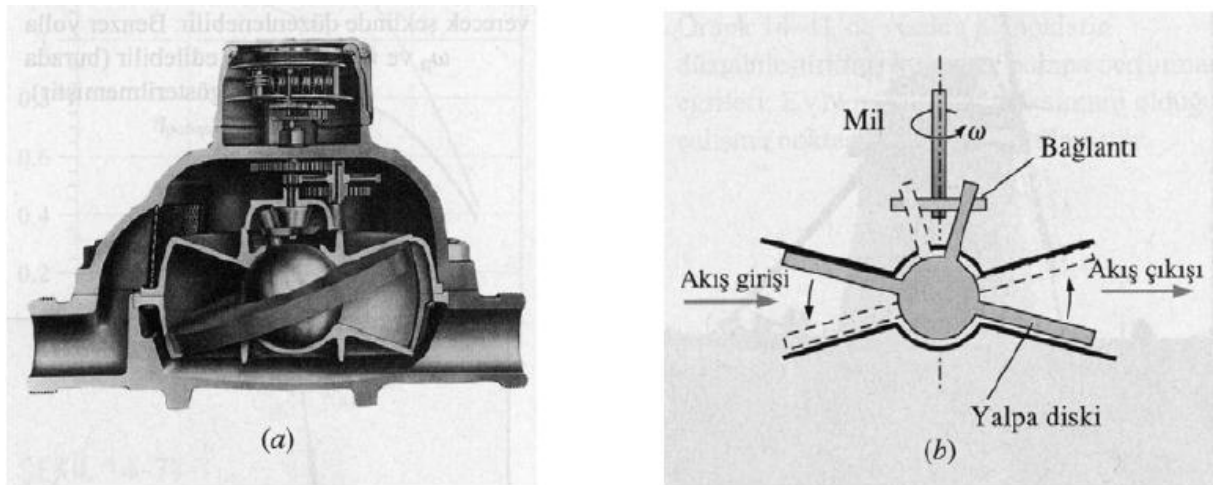


4. TÜRBİN TİPLERİ VE YAPISAL AYRINTILARI

Türbinler hacimsel ve dinamik türbinler olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. Hacimsel türbinler çoğunlukla debi ölçümünde kullanılan küçük makinalardır. Dinamik türbinler ise minyatür yapılardan devasal yapılara kadar farklı boyutlarda olup hem akış ölçümünde hem de güç üretiminde kullanılırlar.

4.1. Hacimsel Türbinler

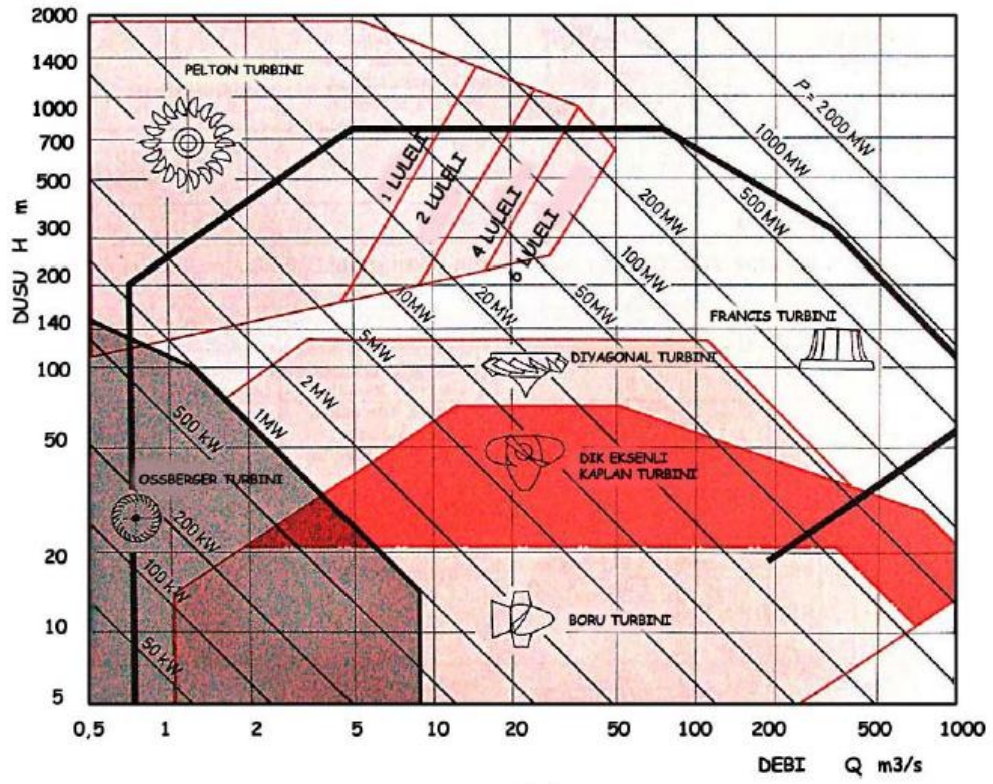
Hacimsel türbin, geriye doğru çalışan bir hacimsel pompa olarak düşünülebilir. Akışkan kapalı bir hacim içinde itildikçe mili döndürür veya ileri-geriye hareket eden bir biyel ile yer değiştirir. Ardından, kapalı akışkan hacmi, düzeneğe daha fazla akışkan girdikçe dışarıya doğru itilir. Bu sistemlerde net yük kaybı oluşmaz. Diğer bir ifadeyle enerji akan akışkandan çekilir ve mekanik enerjiye dönüştürülür. Hacimsel türbinler genellikle güç üretiminde değil daha çok hacimsel debi ve akış ölçümünde kullanılır. En yaygın örnekleri su sayaçlarıdır (Şekil 4.1).



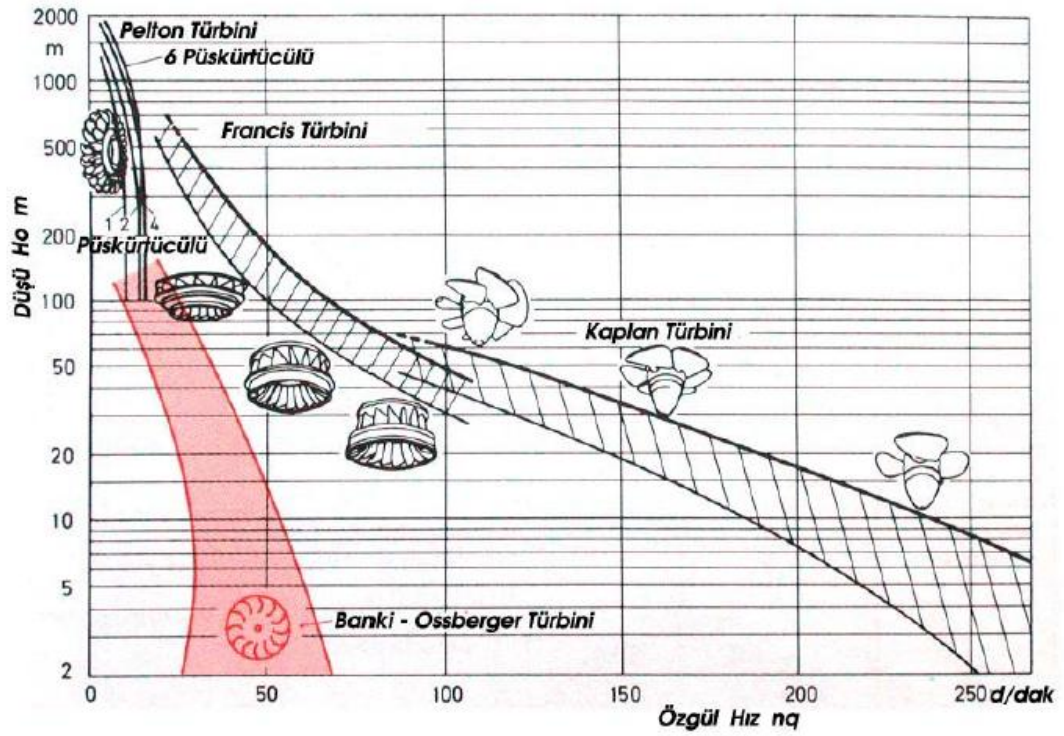
Şekil 4.1. Yalpa diskli akışkan debi ölçeri (hacimsel türbin)

4.2. Dinamik Türbinler

Dinamik türbinler hem akış ölçüm düzenekleri hem de güç üreticileri olarak kullanılır. Ders kapsamında güç üretimi için tasarlanan büyük dinamik türbinler üzerinde durulacaktır. Dinamik türbinler etki ve tepki türbini olmak üzere iki grupta sınıflandırılır. Etki türbinleri yüksek düşü ve küçük hacimsel debi, tepki türbinleri ise düşük düşü ve yüksek hacimsel debi değerleri gerektirir (Şekil 4.2).



(a)



(b)

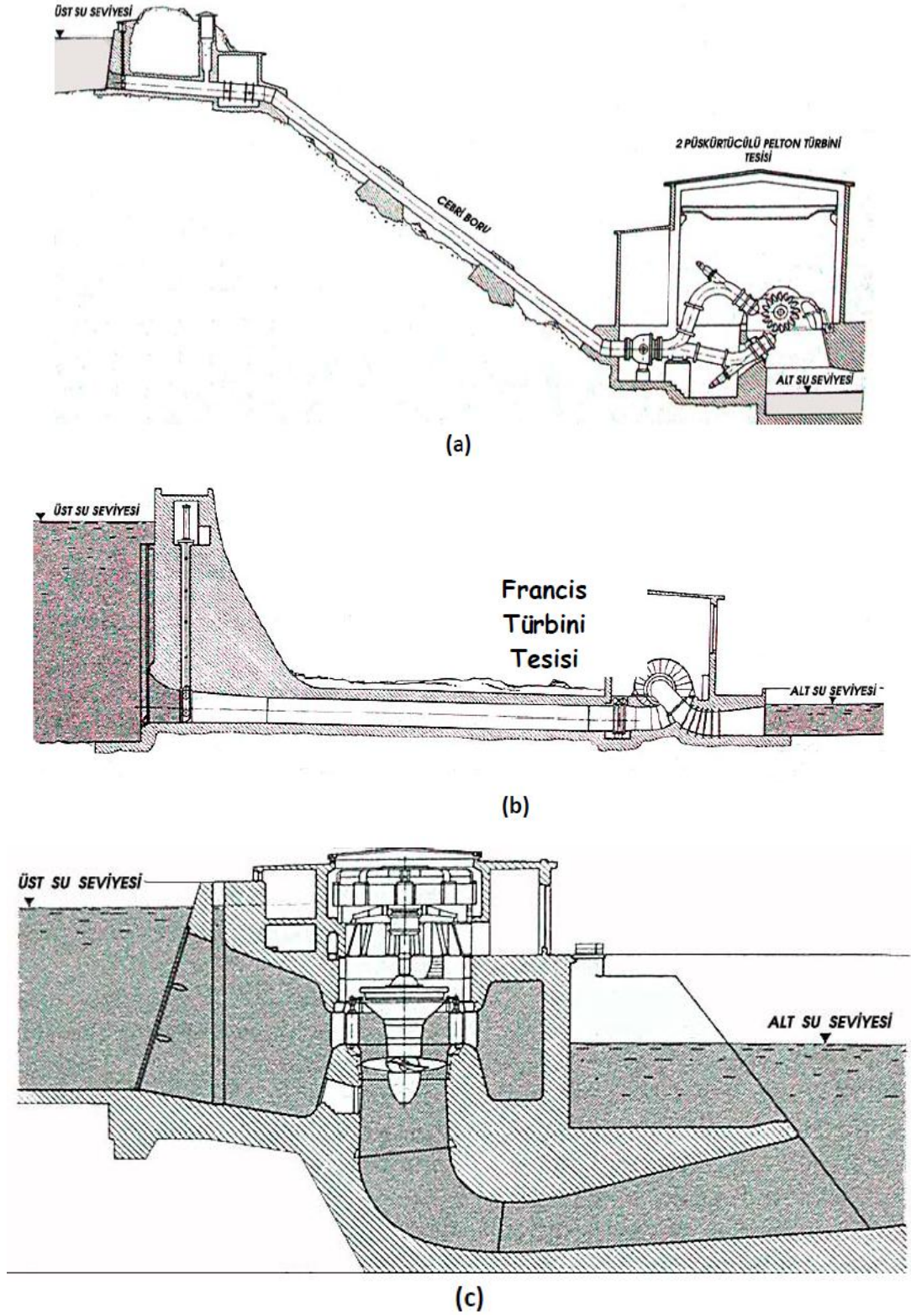
Şekil 4.2 (a) Çeşitli türbin tiplerinin düşü ve özgül hıza göre çalışma bölgeleri
(b) Çeşitli türbin tiplerinin düşü ve debiye göre çalışma bölgeleri

Düşüye göre su türbinlerinin sınıflandırması Şekil 4.3'de verilmektedir;

$H_0 > 300$ m - Yüksek basınçlı su türbini tesisi

$400 \text{ m} < H_0 > 20$ m - Orta basınçlı su türbini tesisi

$H_0 < 50$ m - Düşük basınçlı su türbini tesisi



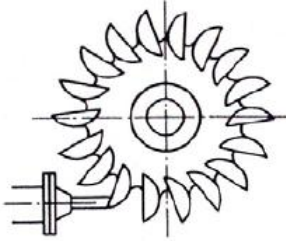
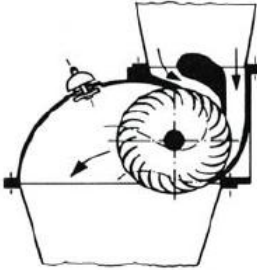
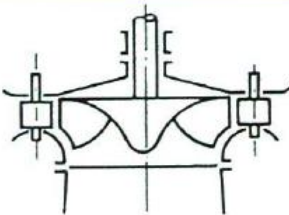
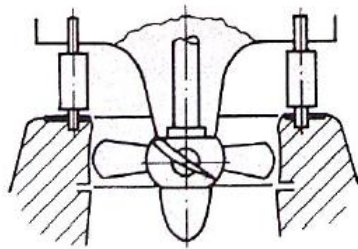
Şekil 4.3. Düşüye göre su türbini tesislerinin sınıflandırması

(a) Yüksek basınçlı su türbini tesisi,

(b) Orta basınçlı su türbini tesisi ve (c) Düşük basınçlı su türbini tesisi

Türbinler çalışma tarzlarına göre Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi sınıflandırılmaktadır.

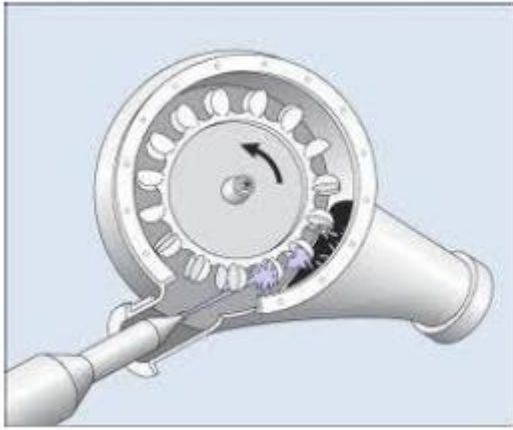
Çizelge 4.1. Türbinlerin çalışma tarzlarına göre sınıflandırılması

ETKİ TİPİ TÜRBİNLER			
Ortak özellikleri çark atmosfer basıncında ve kısmi giriş var			
Adı	Resmi	Dönel Çark	Yöneltici çark
Serbest hüzmeli türbin (Pelton Türbini)		Çok sayıda çift taraflı kepçe biçimli parçalardan oluşmuş, teğetsel girişli ve ayarlanamaz çarklı	Güce göre 1 ila 6 ayarlanabilir püskürtücüden oluşur ve hüzmeye çelici.
Teğetsel giriş çıkışlı tambur çarklı (Banki-Michell Ossberger Su Türbini)		Tambur tipi basit radyal çark tipli. Su çarktan iki kez geçer.	Tek veya birden fazla yönelticili
REAKSİYON TİPİ TÜRBİNLER			
Ortak özellikleri, çarkın girişindeki basınç çıkışından daha büyük. Çalışma anında çark kanatları tamamen su ile dolu			
Adı	Resmi	Dönel Çark	Yöneltici çark
Francis Tipi Türbin		Tek veya çift eğrilikli radyal çark kanatlı. Dıştan içe doğru akış söz konusu ve kanatlar ayarsız.	Ayarlanabilir radyal yöneltici çark kanatları
Kaplan Türbini		Taşıyıcı kanat teorisine göre çizilmiş kanatlar, eksenel akışlı ve ayarlanabilir dönel çarklı	Ayarlanabilir radyal veya eksenel yöneltici çark kanatları

Şekil 4.4. Tek püskürtüclü Pelton türbini ana elemanları

Şekilde görüldüğü gibi kepçeler genellikle 2 bölümlü yapılıdır. Su jeti keskin kenar tarafından ikiye bölünür ve yön değiştirir. Oluşan momentum değişikliğinin etkisiyle kepçeye çevresel bir kuvvet etki eder ve bu etkileşim sonucunda çark üzerine $M_d = F \cdot R$ 'lik bir döndürme momenti aktarılır.

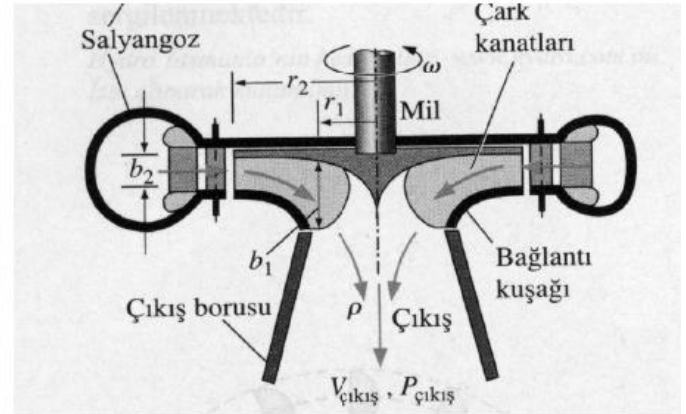
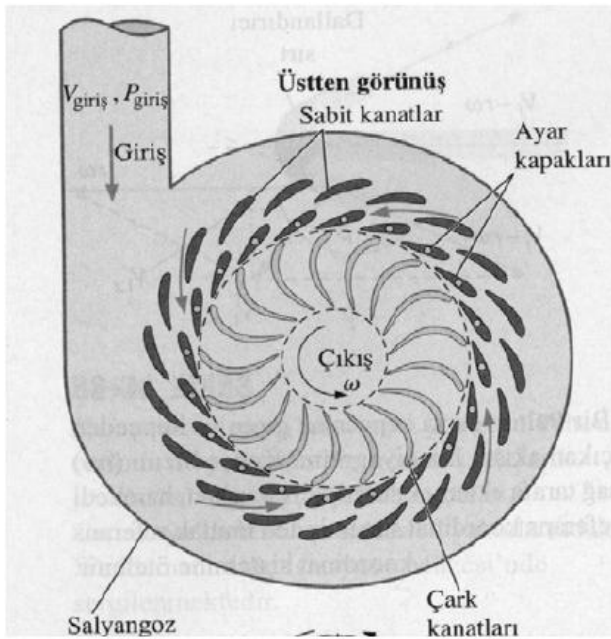
Lüleden fışkıran huzmenin çapı, iğnenin ileri - geri hareketi ile büyültüp küçültülmek suretiyle debi ve türbin gücü ayarlanır. Ani yük değişimlerinde sistem üzerinde yer alan deflektör, henüz iğne durumunu almadan, harekete geçerek huzmeyi saptırır ve huzmenin çarka çarpmasını engeller. Şekilde görüldüğü gibi çark tamamen suyun dışında bulunur. Pelton çarkları $H \geq 400\text{m}$ gibi çok yüksek düşülerde kullanılır. Verimleri % 90 düzeyindedir. Genel olarak türbinler gücüne göre 1'den 6'ya kadar püskürtücü ve 12'den 40'a kadar kepçe bulundurur.



Pelton çarkı (Yüksek düşü ve düşük debiler için)

4.2.2. Tepki Türbinleri

Enerji üreten bir başka temel hidrotürbin tipi, sabit kanatlar adı verilen sabit kılavuz kanatlar, ayar kapakları denilen ayarlanabilir kılavuz kanatlar ve çark kanatları denen dönen kanatlardan oluşan tepki türbinidir (Şekil 4.5). Akış türbine teğetsel olarak yüksek basınçta girer, spiral gövde veya salyangoz boyunca hareket ederken sabit kanatlar tarafından çarka yönlendirilir ve ardından yüksek bir teğetsel hız bileşenine sahip olarak ayar kapaklarından geçer ve çark kanatlarına ulaşır.



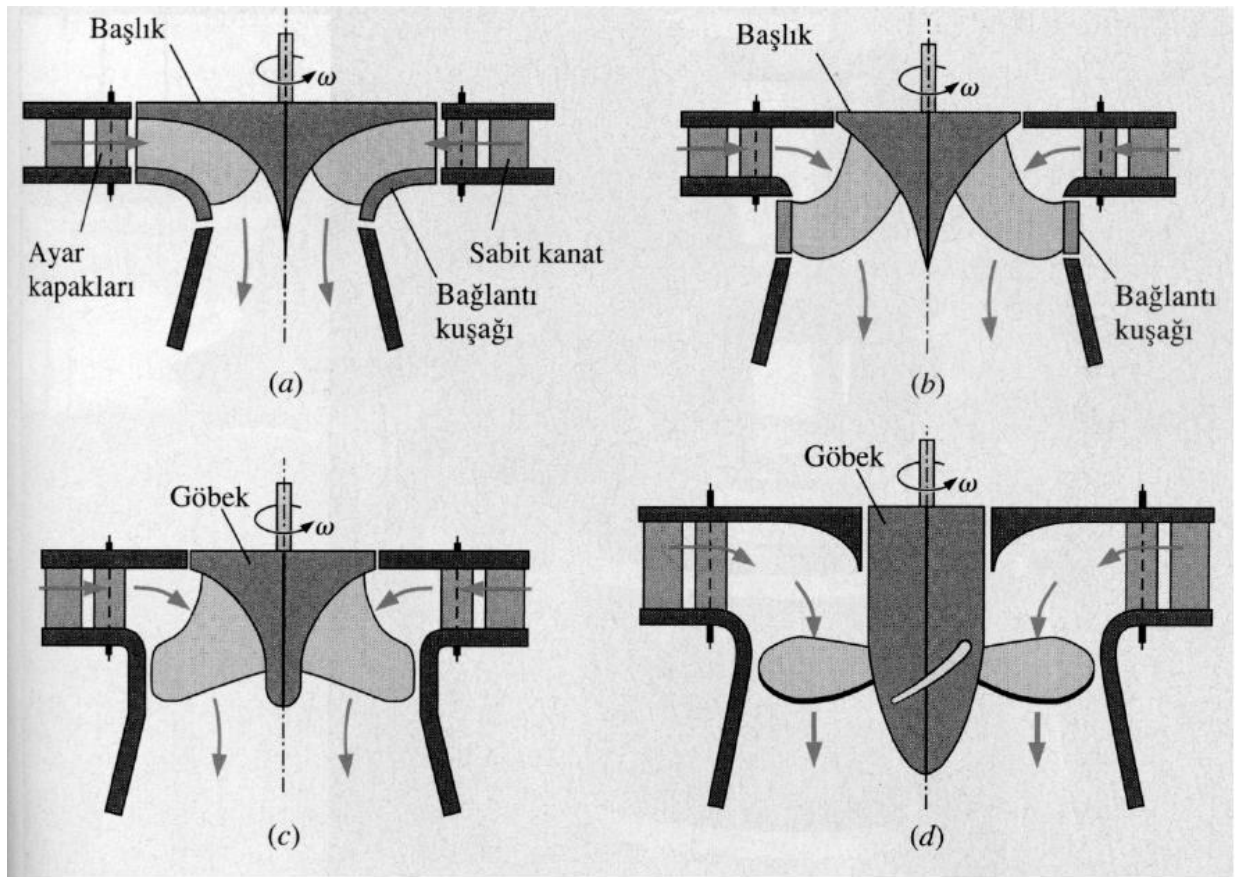
Şekil 4.5. Bir tepki türbinin şematik resmi

Akışkan ile çark kanatları arasındaki momentum alış-verişi sonucunda çark miline döndürme momenti aktarılmış olur. Etki türbinlerinin tersine tepki türbinleri tamamen su ile doludur. Bu nedenle bir tepki türbini; aynı çapa, net düşüye ve hacimsel debiye sahip etki türbininden daha fazla güç üretir. Ayar kapaklarının açıları çarktan gelen hacimsel debiyi kontrol altına almak için ayarlı yapıda yapılmıştır. Ayar kapaklarından çıkan akış, şok (çarpma) kayıplarından kaçınmak amacıyla çark kanadının giriş kenarına paralel olarak yönlendirilir.

Francis ve Kaplan türbini olmak üzere iki ana tip tepki türbini vardır. Francis türbini genel yapısı itibariyle ters akışlı bir merkezkaç pompa yapısına Kaplan türbini ise ters akışlı bir eksenel fan yapısına benzer.

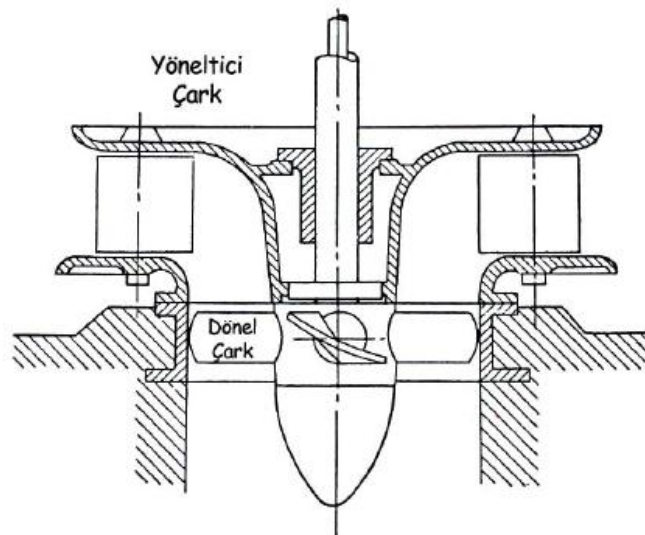
Akışın çarka girdiği açıya göre, tepki türbinleri;

- (a) Radyal akışlı Francis türbini: Akış çarka radyal olarak girmektedir (Şekil 4.6a).
- (b) Karma akışlı Francis türbini: Akış çarka radyal ile eksenel arası girmektedir Şekil (4.6b)
- (c) Pervaneli karma akışlı türbin: Çark üzerinde bir kuşak yoktur ve akış çarka kısmen dönmüş olarak girmektedir (Şekil 4.6c).
- (d) Eksenel akışlı türbin (Kaplan): Akışkan çarka girmeden önce tümüyle eksenel olarak dönmektedir (Şekil 4.6d).

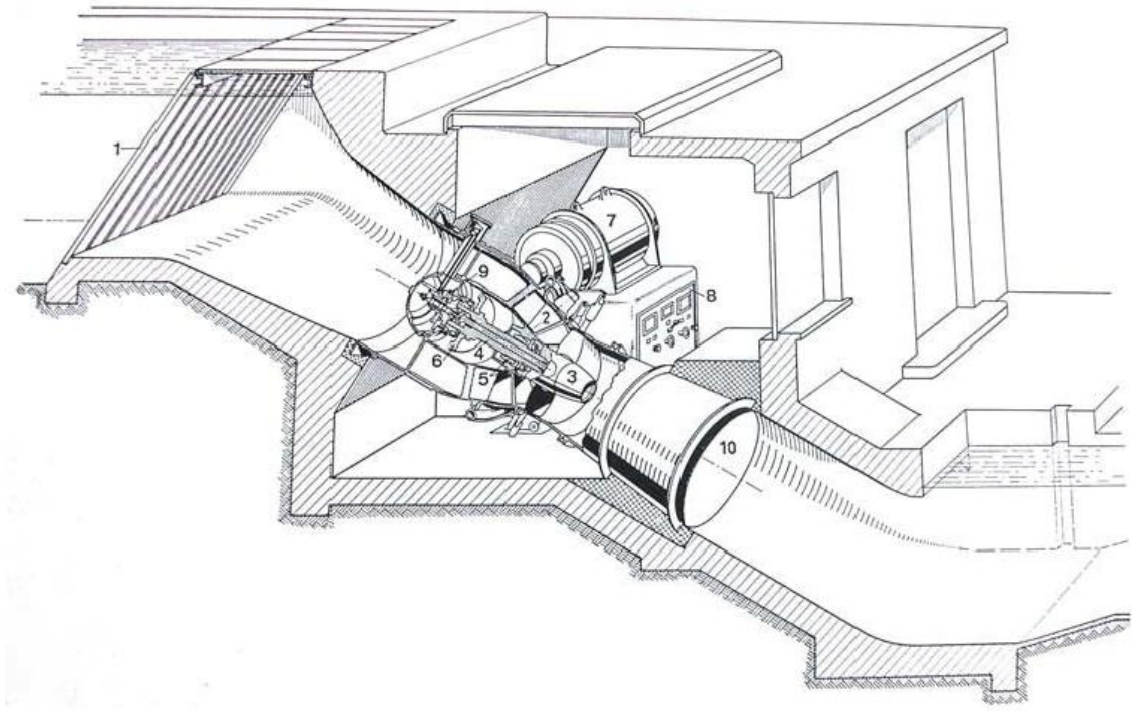


Şekil 4.6. (a) Radyal akışlı Francis türbini, (b) Karma akışlı Francis türbini, (c) Pervaneli karma akışlı türbin, (d) Eksenel akışlı türbin (Kaplan)

Eksenel akışlı türbinler (Kaplan tipi) yüksek debi ve düşük düşülerde (80m) kullanılan pervane tipi türbinlerdir. Klasik nehir türbinleri olarak da isimlendirilirler. 3-8m dönel çark çapına kadar kanatlar ayarlanabilir olarak imal edilirler. Ayar işlemi hidrolik servomotorlar ile sağlanır. Özel durumlarda kanatların ayarlı olmasından vazgeçilebilir (Uskur tipi). 20 metre düşüye kadar beton salyangoz veya boru gövdeli olarak imal edilirler (Şekil 4.7 ve 4.8). Daha büyük düşülerde ise salyangoz gövde sacdan imal edilmelidir.

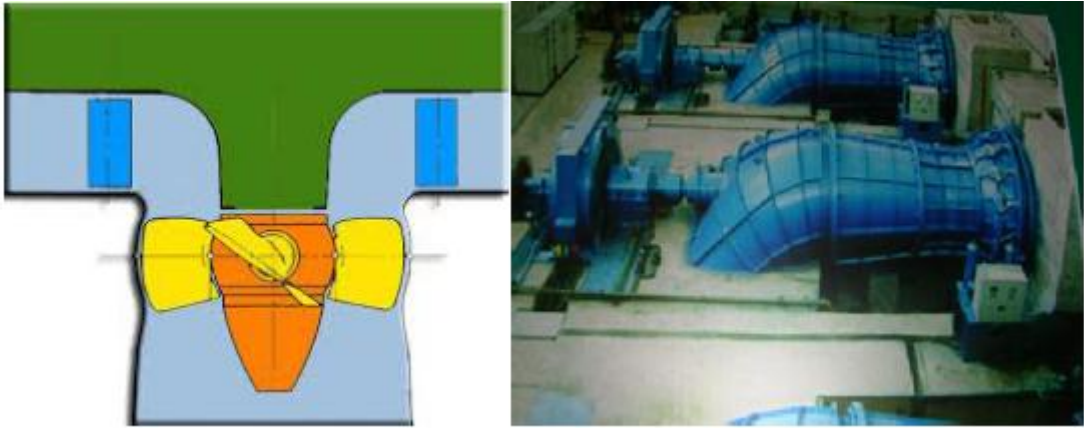


Şekil 4.7. Eksenel akışlı (Kaplan tipi) tepki türbini



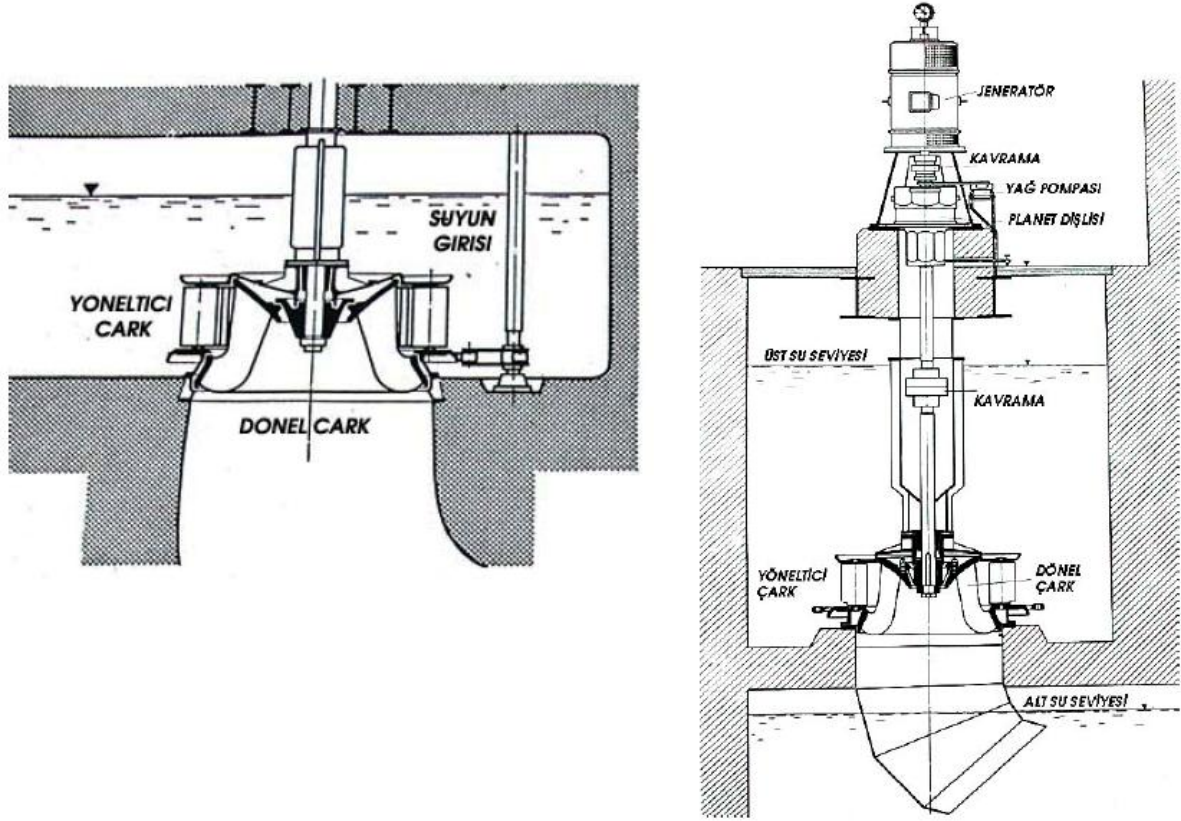
Şekil 4.8. Nehirlerde uygulanan Boru tipi Kaplan su türbini tesisi

- (1) Giriş Izgarası, (2) Yöneltilici çark, (3) Dönel çark, (4) Dönel çarkı ayarlı türbin mili, (5) Salmastralar, (6) Konik dişli redüktör, (7) Jeneratör, (8) Kumanda panosu, (9) Kademesiz ayarlanabilen ayar pompası, (10) Emme borusu



Kaplan tipi türbin (düşük düşü ve yüksek debiler için)

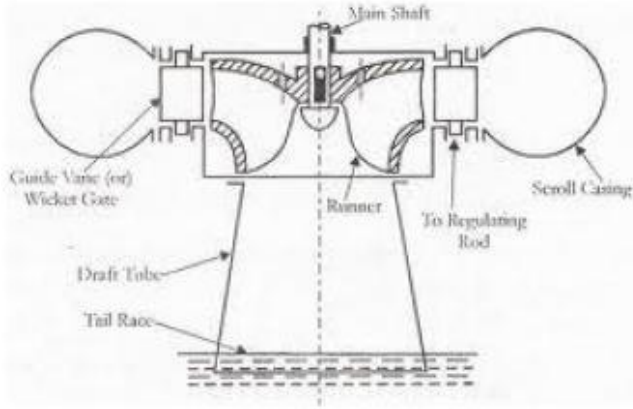
Radyal akışlı türbinler (Francis tipi) Pelton çarklarının yüksek düşüleri ile Kaplan türbinlerinin düşük düşüleri arasında kalan düşüler (40 - 600m) için en uygun türbin tipidir. Bünyesinde 16 veya daha fazla kanat barındırır. Verimleri % 90-95 düzeyinde olup 500 MW'a kadar güç üretebilirler (Şekil 4.9, Şekil 4.10).



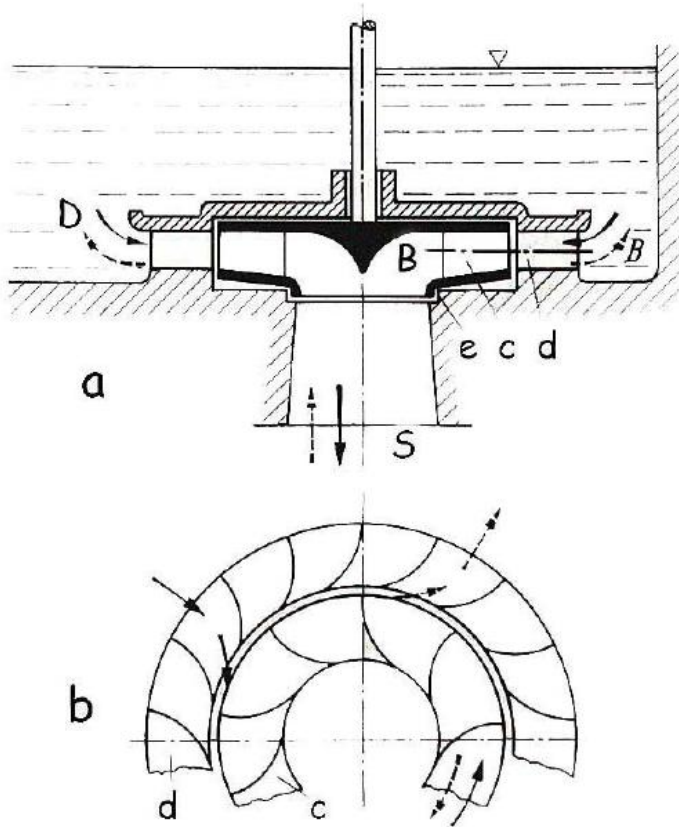
Şekil 4.9. Düşey eksenli kamara tipi Francis türbini



Şekil 4.10. Francis tipi dönel çark



Francis tipi türbin (orta düşü ve debiler için)



- a Eksenel (meridyen) Kesit,
- b B-B düzlemine göre alınan kesit,
- c Dönel Çark,
- d Yöneltili Çark,
- e Çark ve gövde arasındaki sızdırmazlık halkası,
- D Basma tarafı,
- S Emme tarafı,
- Dolu çizgi TÜRİN,
- Kesik çizgi POMPA

Radyal çıkışlı hidrolik akım makinasının şematik görüntüsü