

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM DERSİ-DÖNEM SONU PROJELERİ

4. Proje: Hidrolik Türbin Tasarımı (Hydrolic Turbine)

Barajlardan ve çaylardan elektrik üretmek için hidrolik (sıvı) türbinler kullanılır. Bunlar genel olarak üç tipte olurlar. Aşağıda bu türbinler hakkında bilgi verilmiştir. Bu projede bir türbin tasarımı yapıp, bu türbinin rotoruna ne kadar moment gelir, hangi hızda döner, üretilen elektrik miktarı nedir, türbin rotoru ve kanatları uygulanan kuvveti taşır mı, kanatlar ne kadar esner? Bunları hesaplayın. Bu konuda aşağıdaki adımları takip edin.

Yapılacaklar

- Önce elektrik hesabı için aşağıdaki bilgileri öğrenin. Bir suyun içinde enerji üç şekilde bulunur. Bu enerji özgül enerji terimi ile ifade edilir yani bir kg suyun sahip olduğu J (Nm) cinsinden enerjidir. Buna göre suyun özgül enerjisi üç şekilde hesaplanır.
 - Yüksekliği nedeniyle sahip olduğu enerji, buna potansiyel enerji denir. $E = g \cdot h$ (Özgül Enerji= yerçekimi ivmesi * yüksekliktir)
 - Basınç nedeniyle sahip olduğu enerji, buna basınç enerjisi denir. $E = P/\rho$ (Özgül enerji= Basınç / yoğunluk)
 - Hızı nedeniyle sahip olduğu enerji, buna kinetik enerji denir. $E = V^2/2$ (Özgül enerji = Hız² /2)

Bir barajın her noktasında suyun barındırdığı enerji sabittir. İster suyun en yukarısı olsun, ister dibi olsun, isterse borunun çıkış ağzı olsun, suyu özgül enerjisi (bir kg içindeki enerji) hep aynıdır. Su bir yerden başka bir yere akarken enerjinin şekli değişir ama miktarı sabittir. Yukarıda iken potansiyel enerjisi vardır. Boru içinde hareket halinde iken bu kinetik enerjidir. Yada suyun dibinde durgun halde iken bu enerji basınç enerjisidir. Ara geçişlerde ise bunlar birbirine dönüşüm halindedir. Toplamıda şu formüle eşittir.

$$E = g Z + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2}$$

Barajdan elde edilecek saniyedeki elektrik enerjinin miktarı ise şu şekilde hesaplanır. Yani barajın yada türbinin gücü olmuş olur. Birimi Watt dır.

$$[\text{Enerji miktarı}] = [\text{Özgül Enerji}] * [\text{Kütlesel Debi}]$$

Örnek 1: Bir barajın su seviyesi türbinden h= 50 m yüksektir. Barajdan boşalan suyun debisi ise 10 ton/s. Bu durumda üretililecek elektrik miktarı ne olur?

Suyun yüksekliği verildiğine göre Özgül enerji formülündeki P=0 (yüzeyde basınç sıfır), V=0 (yüzeyde suyun hızı sıfır) dır. Sadece yükseklik vardır. Bu durumda özgül enerji $E = g \cdot Z = 9.81 * 50 \text{ m} = 490 \text{ J/kg}$ olur.

Bu su 50 m aşağıda bir türbine bağlanırsa ve borudan akan debiyide biliyorsak, Türbinden elde edilecek güç

$P = \dot{m} E$ Güç = Özgül Enerji * Kütlesel Debi => Güç = $490 \text{ J/kg} * 10000 \text{ kg/s} = 4.900.000 \text{ W} = 4.900 \text{ kW} = 4.9 \text{ MW}$ olur. Yani ortalama bir evdeki cihazlar 1000 W çekerse (bir lamba 20 w, ütü 1200 W gibi) yaklaşık 5000 tane evin elektriğini karşılıyor. Buda 20000 bin nüfuslu bir ilçe büyüklüğü olur.

Kayıplarıda hesaba katarsak bunun %60 ni alabiliriz.

Örnek 2: Bir dağdan boru ile aşağı indirilen su, bir pelton türbinine çarptırılıyor. Su 20 cm çapında bir borudan 40 m/s hızla püskürmektedir. Pelton türbininden ne kadar güç elde edilir.

Önce debisini bulalım.

$\dot{Q} = A \cdot V$ Hacimsel Debi = Boru kesit alanı * Hız = $(\pi \cdot 0,2^2 / 4) \text{ m}^2 \cdot 40 \text{ m/s} = 1,256 \text{ m}^3/\text{s}$ olur. Buda saniye 1256 kg olur. Yani $\dot{m} = \rho \dot{Q}$ Kütleli debi = yoğunluk * Hacimsel debi = $1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,256 \text{ m}^3/\text{s} = 1256 \text{ kg/s}$ olur.

Suyun özgül enerjisi sadece hız ile bulunur. Boru çıkışında basınç sıfırdır. Yükseklik sıfırdır. Dolayısı ile özgül enerji formülünde sadece hız kalır. $E = V^2 / 2 = 40^2 / 2 = 800 \text{ J/kg}$ olur. Dikkat ederseniz bu örnekte, bir kg suyun içinde önceki örnektekinden daha fazla enerji var. Fakat burada debi düşük.

Suyun yada Türbinin gücünü bulalım. Güç = Özgül Enerji * Kütleli Debi = $800 \text{ J/kg} \cdot 1256 \text{ kg/s} = 1004800 \text{ Watt} = 1004,8 \text{ kW} = 1 \text{ MW}$ olur. Verimide hesaba katarsak %60 alabiliriz.

Genel Türbin Güç Formülü: En basit haliyle türbinden elektrik eldesini hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılabilir. Yani türbinden elde edilen güç basitçe şu formülle bulunabilir.

$$P = \rho g H Q \eta$$

P= Türbininin gücü

ρ = Suyun yoğunluğu (kg/m³)

g = Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)

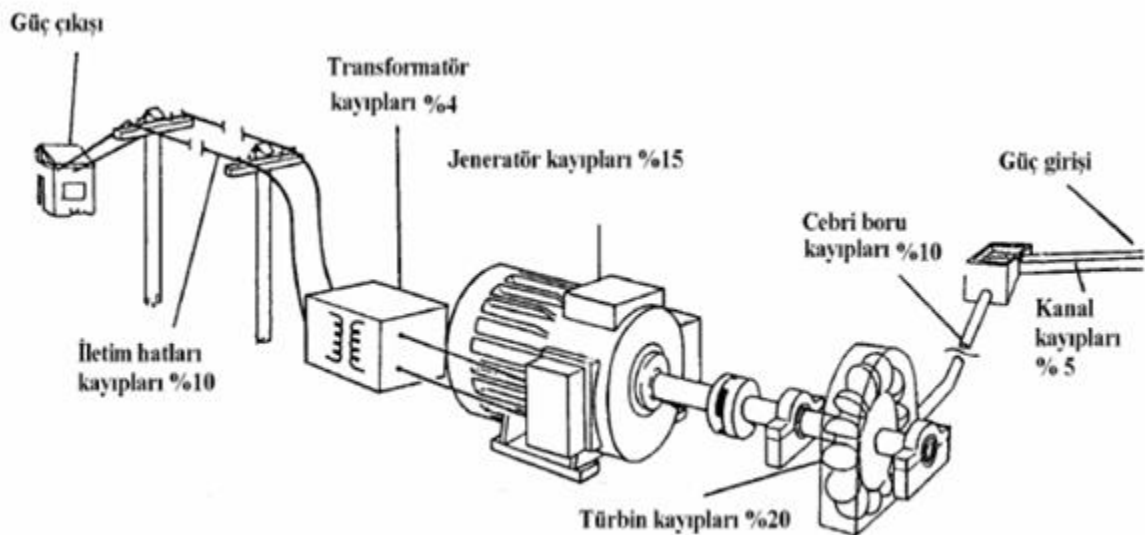
H = Net düşü (su yüzeyi ile türbin arasındaki yükseklik)

Q = Suyun hacimsel debisi (m³/s)

η = Genel verim. Tüm verim yada kayıplar aşağıdaki resimden yaklaşık olarak anlaşılabilir. Verimi hesaplarken her aşamanın verimi birbiriyle çarpılarak bulunur. Üst üste toplanarak bulunmaz. Çünkü bir aşamadan çıkan enerji diğer aşamaya girmektedir. Her aşamada kayba uğramaktadır. Genel verim o zaman şu şekilde bulunabilir.

$$\eta_{\text{türbin}} = \eta_{\text{kanal}} \eta_{\text{cebri boru}} \eta_{\text{türbin}} \eta_{\text{jeneratör}}$$

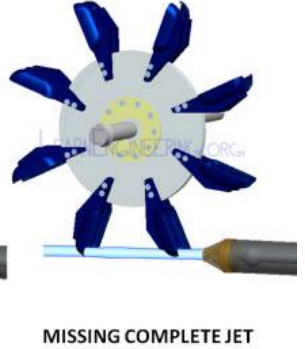
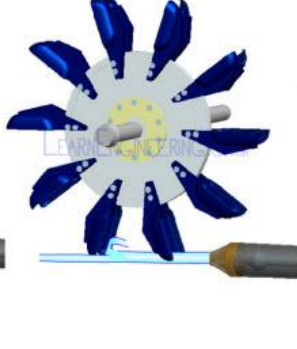
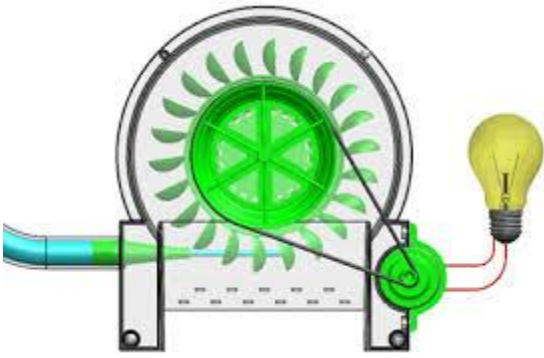
Buna göre resimden sadece türbin çıkışına kadar olan verim $0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,80 \cdot 0,85 = 0,58$ olur. Yani elimizde enerjinin % 58 kalmış olur. Türbin verimi buradan % 58 alınabilir. Türbinden sonra evlere gelene kadar bu enerji daha da azalır elimizde % 35-40 kalmaktadır.



Bir Hidroelektrik Santralde Toplam Güç Çıkışı ve Kayıplar

2. Türbinler hakkında aşağıdaki bilgileri öğrenin: Sudan elektrik üreten hidroelektrik enerji türbinleri genel olarak üç tipte olur. Bunlar
 - a) **Pelton Türbini:** Su jeti şeklinde püskürtülerek suyun çarpma enerjisinden (kinetik enerji) elektrik üretme yöntemidir. Düşük debi ve yüksek hızların olduğu ortamlarda uygundur. Dolayısı ile çok yükseklerden

küçük bir boru ile getirilen sudan elektrik üretmek için uygundur. Su jetini ayarlamak için nozul içinde valf vardır. Çark yatay ve dikey kullanılabilir.

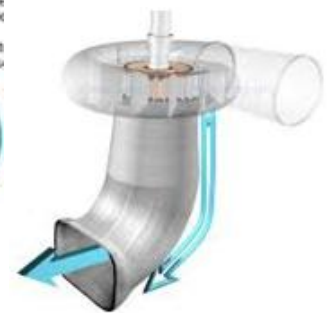
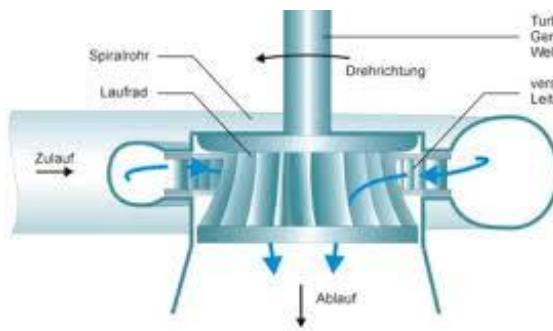
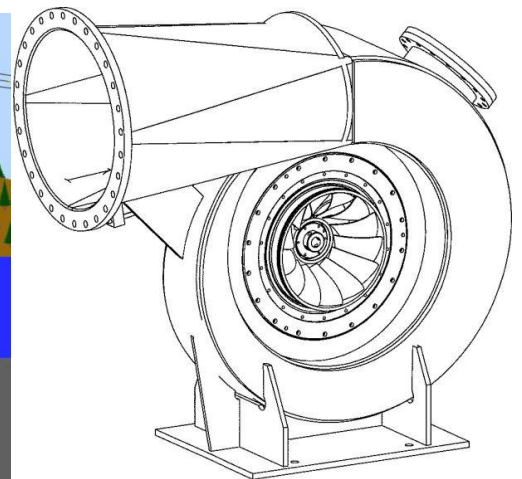
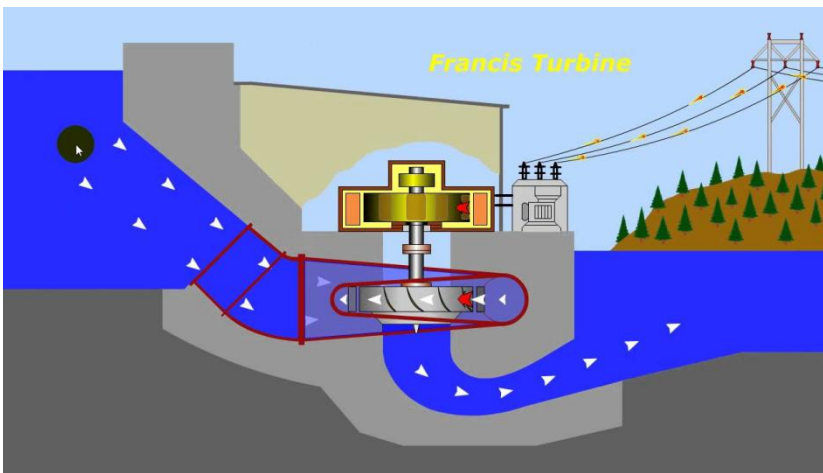
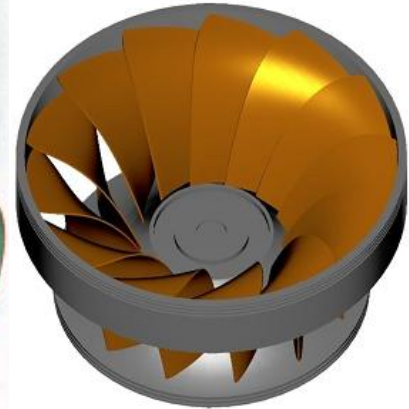
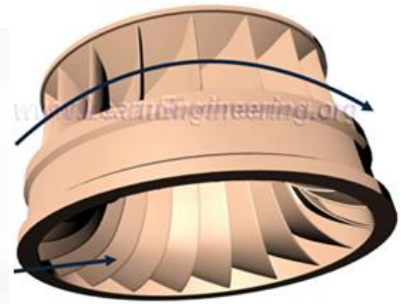
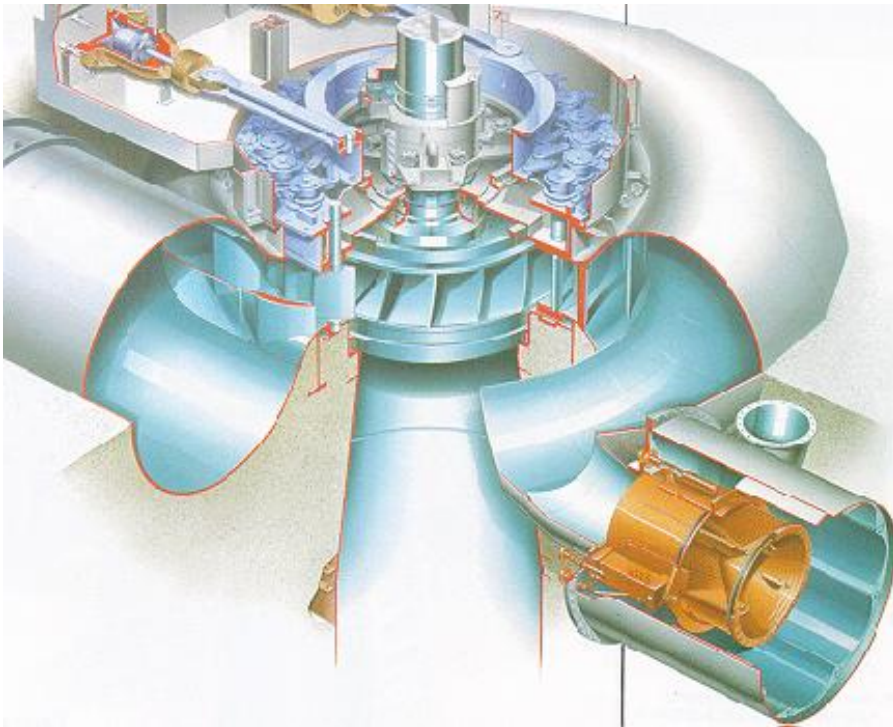


CATCHING COMPLETE JET

MISSING COMPLETE JET

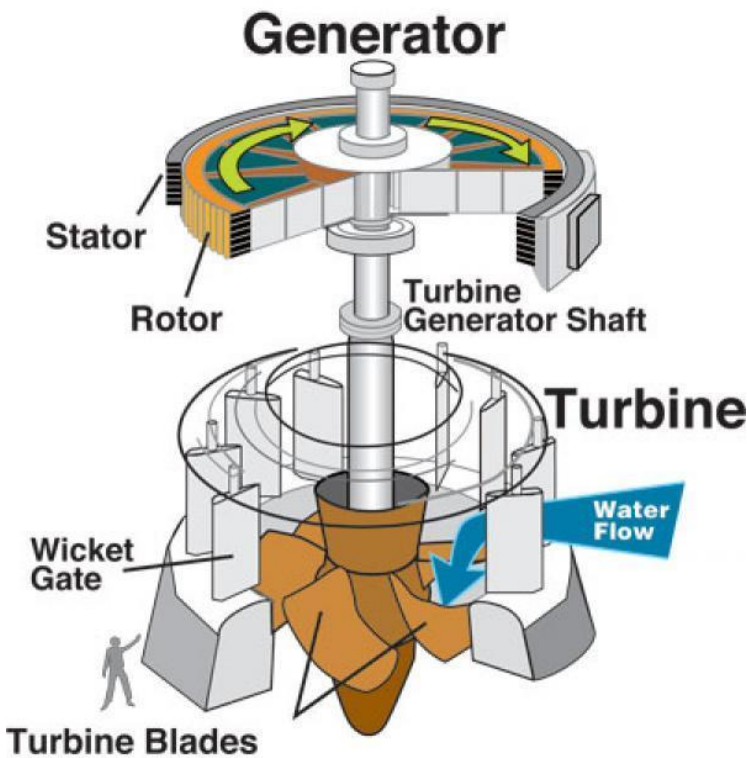


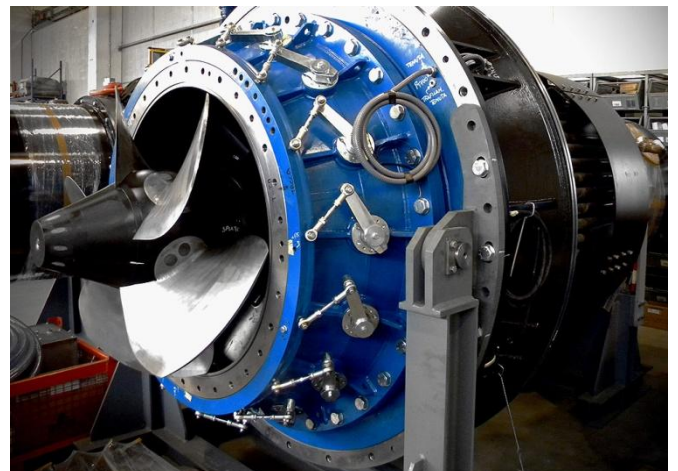
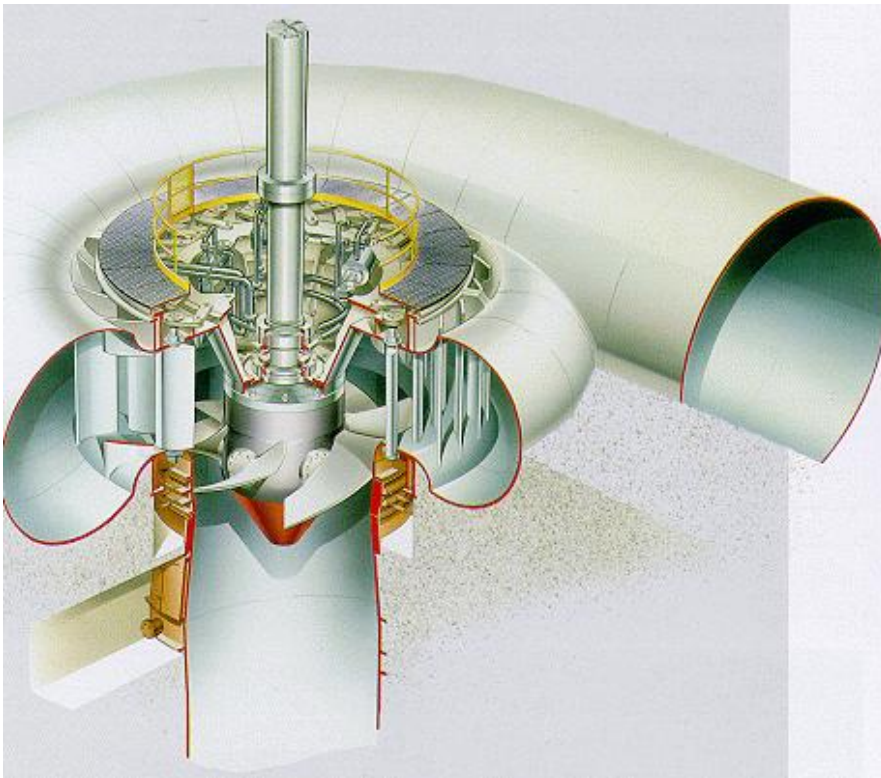
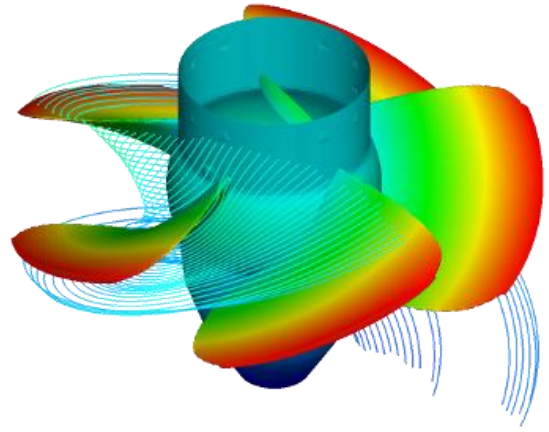
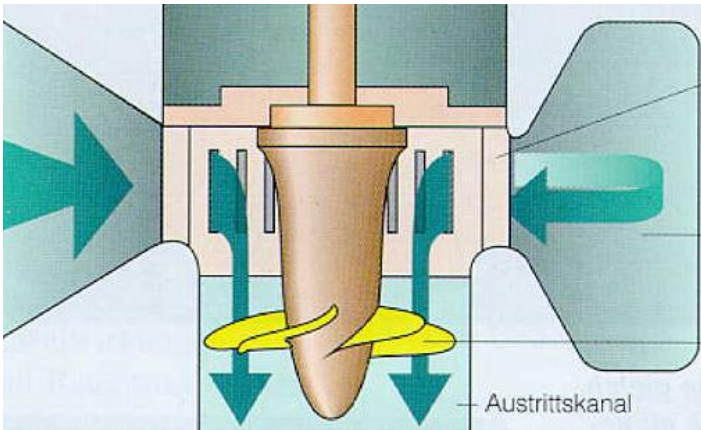
- b) Francis Türbini:** Bu türbin daha çok suyun basıncı ile kanatları itmesi ile elektrik üretir. Dolayısı ile boru içinde ve kanatlarda, su çarkı terkedene kadar basınç halindedir. Türbin boyutları daha küçüktür. Türbinin gövdesi salyangoz şeklinde olup çarkın tüm açılarından su kanatlara su çarpmaktadır. Kanatlara suyu yönlendirmek için gövde içinde perdeler vardır. Çıkış ağzında oluşan ve Kavitasyon denilen negatif basınç nedeniyle oluşan patlamalar sorun oluşturabilir, iyi dizayn edilmesi gerekir.

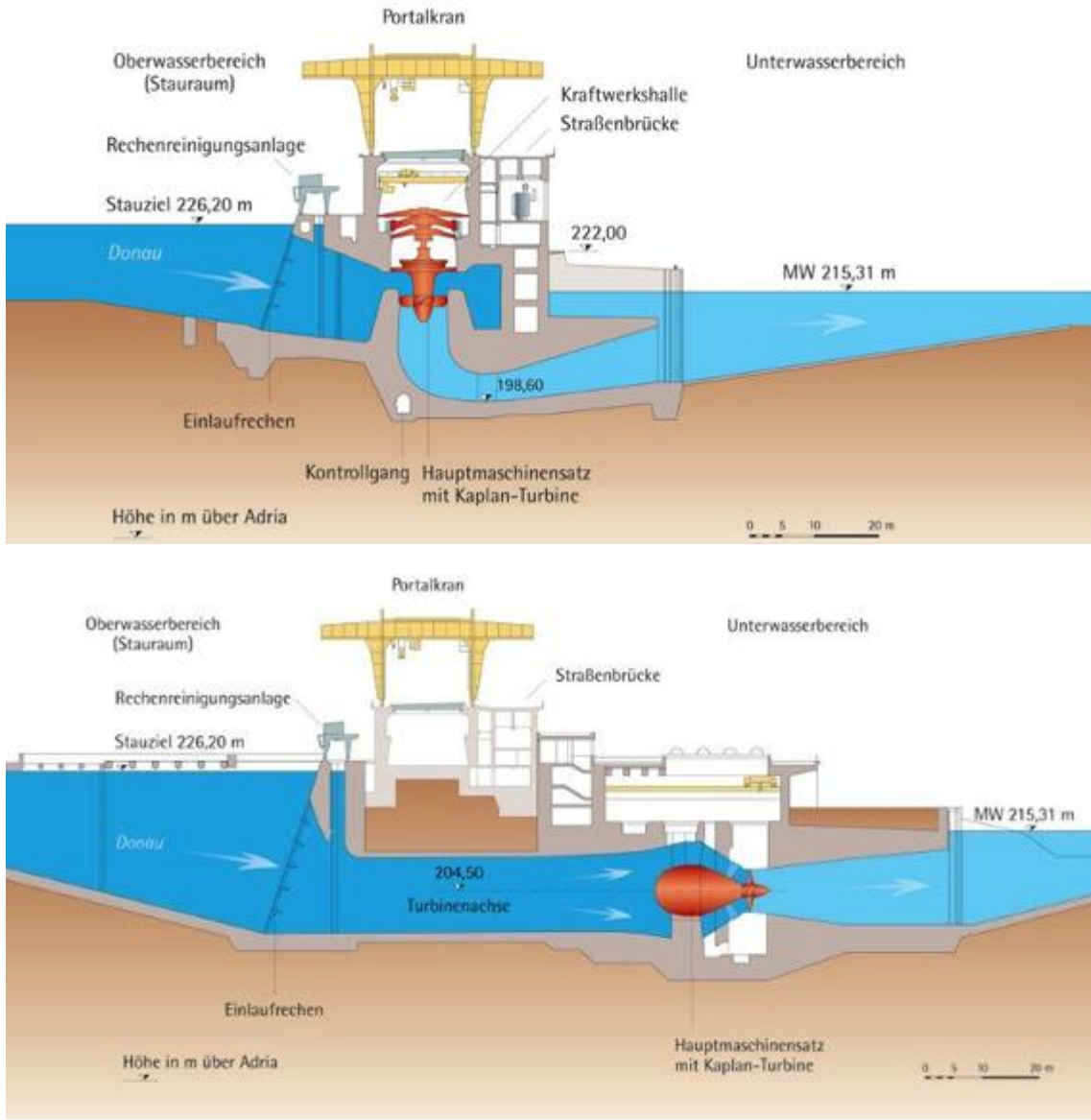




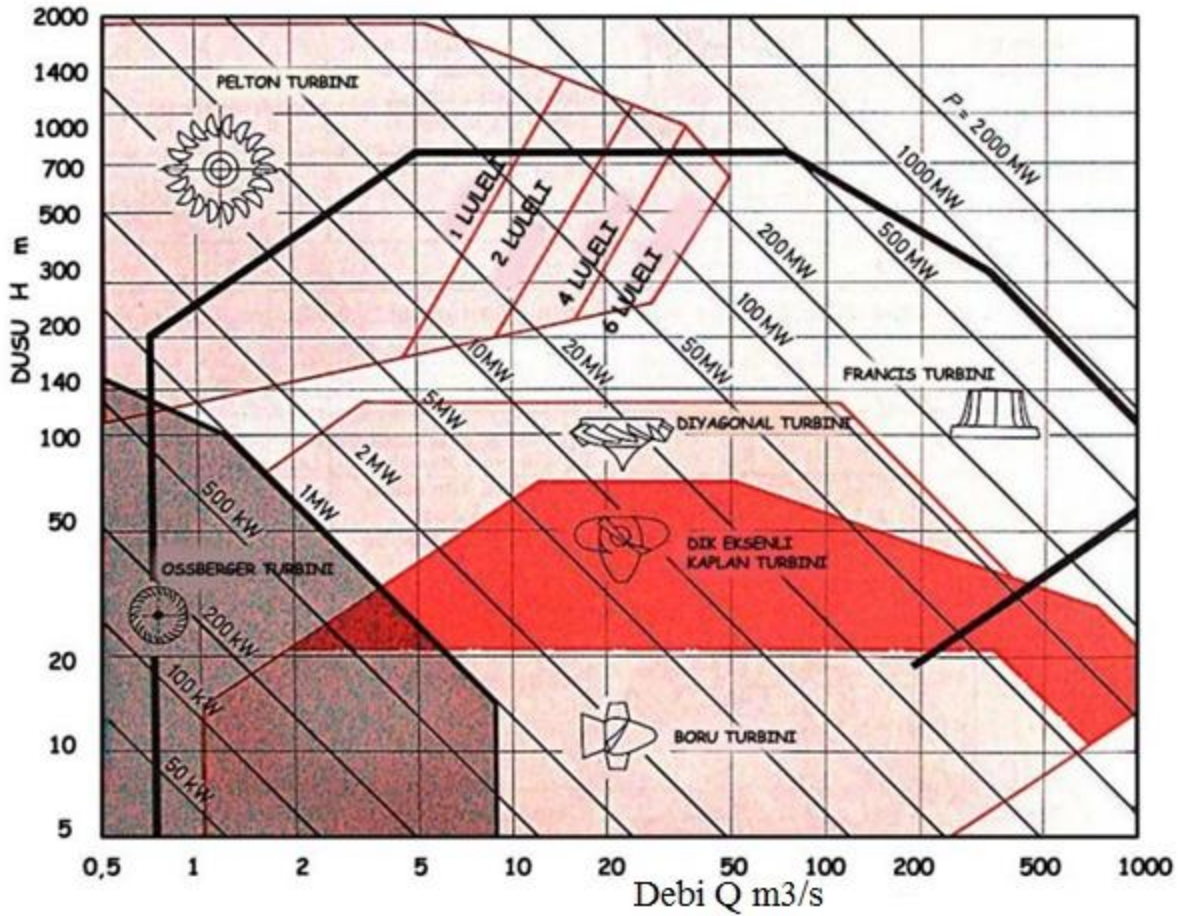
- c) **Kaplan Türbini:** Yüksek debilerde düşük düşelerde kullanmak için uygundur. Kanatların iki tarafında basınç farkı vardır. Basınç etkisi ile kanatları çevirir. Salyangoz yada boru şeklinde gövde içine kanatlar monte edilebilir. Bu türbinler daha çok nehirlerde ve düşük düşüde sıkça kullanılır. Pervanesi gemi pervanesine benzer. Gemide pervane döndürülür su itilir, burada ise su itilir pervane döndürülür. Kanatlara su girişi ve çıkışı aynı eksen üzerindedir. Eğer salyangoz şeklinde bir gövde kullanılırsa kanatların üzerinde yönlendirici perdeler kullanılır. Pervaneleri Francis türbinelerine göre daha yüksek hızlı döner, bu nedenle jeneratöre bağlantıda yüksek devir elde etmek için redüktöre (dişli kutusu) gerek kalmaz.







3. Enerji üreteceğiniz yerde hangi tip türbin kullanacağınıza karar verirken aşağıdaki tabloyu kullanabilirsiniz. Bunun için elinizdeki Düşü ve Su debisini dikkate almalısınız. Bu arada imalat hususlarını da dikkate alarak kullanacağınız Türbine karar verebilirsiniz.



4. Kullanacağınız Analiz yöntemi olarak Fluent, Statik Structural yada Transient Structural analiz tiplerini kullanabilirsiniz. Fluent kullanırsanız akışkan olarak su kullanıp giriş ve çıkış basınçlarını ve hızlarını vermeniz gerekecektir. Bu konuda araştırma yapıp konuyu öğrenmeye çalışmalısınız. Static ve Transient analizler kullanırsanız, suyun kanata çarptığı yüzeye sadece basınç uygulayarak ($P=p.g.h$) çözüme gidebilirsiniz. Bu yöntem daha basit olacaktır ama gerçek değerleri tam vermeyebilir. Bunun için aşağıdaki örnekler çok iyi örnek olmasada işinize yarayabilir.

<http://www.youtube.com/watch?v=CrWDMN8kqWQ>

http://www.youtube.com/watch?v=lWC06z_Hrtc

5. Sizden istenenler şunlardır.

- Suyun düşüşünü kaç metre aldınız. Metin olarak yazın.
- Suyun debisini kaç m^3/s aldınız. Metin olarak yazın.
- Hangi türbin kullanmaya karar verdiniz? İsmen yazın zaten şekil olarak görülecektir.
- Türbinin boyutları nedir? Tasarımınızın ekran görüntülerini koyun.
- Bu türbinden verimden sonra ne kadar elektrik elde edeceksiniz? Hesaplamanızı yazın.
- Türbine rotorundan elde edilen moment (Nm) nedir? Ansys bunu verir, ekran görüntüsünü koyun.
- Güç belliyse, Rotordan elde edilen moment de belliyse Çarkın dönme hızı nedir? Bunun için formüller $Güç (Nm/s) = Moment (Nm) * Açısal Hız (rad/s = 1/s)$ dir. Açısal hızı buradan bulduktan sonra **Devir (devir/dakika) = Açısal hız (1/s) * 60 (saniye) / (2*Pi sayısı)** formülü kullanılarak çarkın dakikada kaç tur attığını bulun.
- Bu yükler altında kanatlarda oluşan gerilmeleri (Von Mises) gösterin. Emniyet gerilmesi 300 Mpa alınsın ve bu değerleri geçmesin. Ekran görüntülerini koyun.
- Bu yükler altında kanatlar kaç mm esner (Total Deformasyon). Ekran görüntülerini koyun.