

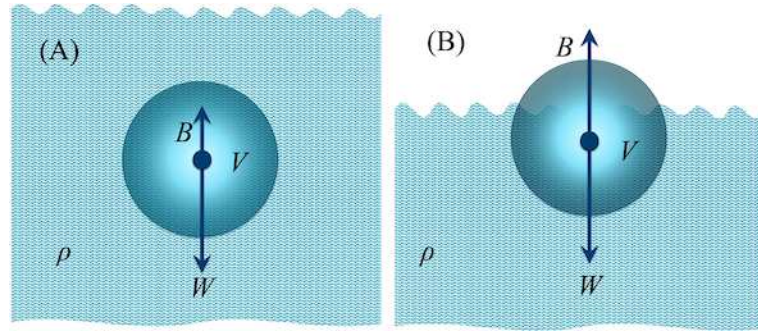
0.1 Kaldırma Kuvveti

Akışkanlar, gerek sıkıştırılabilir ve gerekse sıkıştırılamaz olsun, içlerinde kısmen veya bütünüyle batmış başka cisimleri dışarı atmaya çalışır. Bu olay akışkanın kaldırma kuvvetidir. Bir geminin suda yüzmesi, sıcak hava balonunun atmosferde yukarı çıkması bu kuvvet nedeniyledir ve tabiatın temel kuvvetlerinden birisidir.

Kaldırma kuvveti aski çağlardan bu yana bilinmesine ve kullanılmasına rağmen Syracuse'li Archimedes tarafından dönemin Roma Kralı İkinci Hiero'nun bir talebi üzerine kanun haline getirildiği söylenmektedir. Akışkanın kaldırma kuvveti, bir akışkan içinde başka bir cisimin işgal ettiği hacmi kadar akışkanın, ya da yer değiştiren akışkanın ağırlığına eşit kuvvet olarak tanımlanır. Eğer akışkan içinde tamamen veya kısmen batan cisimin ağırlığı yer değiştiren akışkanın ağırlığından fazla ise cisim batar, aksi halde cisim yukarı kaldırılır. Şekil ??'de bir akışkanın içindeki cisime uygulanan kuvvet temsil edilmiştir. W batan cisimin ağırlığı, ρ akışkanın yoğunluğu ve V cisimin batan kısmının hacmi olmak üzere kaldırma kuvveti

$$B = \rho g V - W \quad (1)$$

ifadesiyle verilir.



Şekil 1: Bir akışkan içine (A) kısmen ve (B) tamamen batan cisime uygulanan kaldırma kuvvetinin gösterimi.

Örnek 0.1 Buzdağının görünmeyen kısmı: Klasik bir örnek olan buzdağının okyanusta batan ve su yüzeyinde görünen kısımlarının toplam buzdağı kütesine ya da hacmine oranlarını bulunuz.

ÇÖZÜM: Okyanus suyunun yoğunluğu $\rho_s = 1.02 \text{ g/cm}^3$ ve buzun yoğunluğu $\rho_b = 0.925 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmış olsun. Buz dağının toplam hacmi V , batan kısmının hacmi V' alınırsa kaldırma kuvveti

$$B = \rho_s g V' - \rho_b g V$$

olacaktır. Buzdağının ağırlığı $W = \rho_b g V$ 'dir. Buzdağı bu durumda dengededir ve $B = 0$ olmalıdır. Böylece ifade $\rho_s g V' - \rho_b g V = 0$ olur ve buradan

$$\frac{V'}{V} = \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

olacaktır. Bu ifadeye göre buzdağının batan hacminin toplam hacmine oranı buzun yoğunluğunun okyanus suyun yoğunluğuna oranı olarak bulunur. Bu değer verilen yoğunluklardan

$$\frac{V'}{V} = \frac{0.925}{1.02} \simeq 0.9069$$

bulunur. Buna göre buzdağının batan kısmının oranı %90.69 ve su üstünde kalan kısmı %9.31 olacaktır.

Örnek 0.2 Sıcak hava balonu: Sıcak hava balonu, Şekil ??'de görüldüğü gibi alt ucu açık, çoğunlukla yaklaşık küre biçiminde ya da başka şekillerde üretilir ve uçmak için kullanılan araçtır. İçindeki hava ısıtılarak genleştirilir ve bu yolla yoğunluğu dışındaki havaya göre azalır. Bu yoğunluk farkı balonu ve altına bağlı yükü kaldırır.

Durgun ve açık havanın yoğunluğu $\rho_h = 1.2 \text{ kg/m}^3$ olmasına rağmen balon içindeki ısıtılan havanın yoğunluğu da $\rho_b = 0.98 \text{ kg/m}^3$ değere düşürülmüş olsun. Balonun kendi kütlesi $m_b = 160 \text{ kg}$, sepeti, yolcular ve diğer ağıtların kütleleri de $m_y = 680 \text{ kg}$ ise, bu balonun uçuşu için minimum hacmini bulunuz.



Şekil 2: Örnek ?? şekli.

ÇÖZÜM: Balonun ve yükün toplam kütlesi $m = 160 + 680 = 840 \text{ kg}$ ve balonun bu yükü kaldırması için

$$B = \rho_b g V_b - mg \geq 0$$

şartı sağlanmalıdır. Minimum durumda $\rho_b g V_b - mg = 0$ eşitliği alınarak balonun minimum hacmi

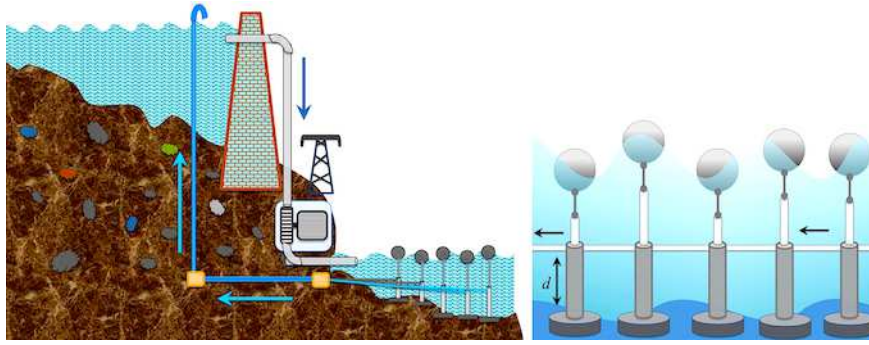
$$V_b = \frac{m}{\rho_b} = \frac{840}{0.98} = 857.14 \text{ m}^3$$

ve balonun yarıçapı da $R_b = (857.14)^{1/3} = 9.5 \text{ m}$ bulunacaktır. Balonun yarıçapı, bu kritik değerden bir miktar daha büyük olmalıdır.

Örnek 0.3 Deniz dalgasından enerji: Temiz ve yenilenebilir olması nedeniyle deniz dalgasından enerji elde edilmesi yaygın ve bir düşüncedir. Burada esas üzerinde

durulması gereken bu enerjiyi elde etmek için kullanılacak teknoloji değil verimdir. Bunun için de önce bir verim hesaplaması yapma gereği vardır.

Deniz dalgalarından elde edilecek enerjinin verimi kullanılan teknolojilere fazlaca bağımlı değildir. Uygulanabilecek farklı teknolojiler birbirlerine yakın sonuçlar verecektir. Bu varsayıma dayanarak Şekil ??’de gösterilen sistemde kıydan açıklarda dalgaların daha düzenli olduğu deniz üzerinde yeteri büyüklükte şamandıralara bağlı pompalar dalgalarla inip çıkarken denizin suyunu yukarıdaki baraj göletine doldurur. Göletteki su, diğer HES’lerde olduğu gibi türbin yoluyla jeneratörü çevirerek elektrik üretecektir.



Şekil 3: Örnek ?? şekli.

Sistemde ve kurguda sorun yoktur. Deniz dalgası doğal olaylardan birisidir ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi temiz enerji için kullanılabilir. Ancak sorun dalgaların yeterli suyu baraja çıkarmak için yapılacak yatırımın üretilen enerjiyi karşılayıp karşılamamasıdır. Bu durum basit bir hesaplamayla açıklanabilir.

Deniz dalgalarının ortalama dakikada 10 sıklıkta, vadi ve tepe değerleri arası yükseklik $h = 1$ m kabul edilen bir yerde $N = 1000$ tane şamandıradan oluşan bir sistem her bir dalgada ortalama $V_0 = 1$ lt suyu $H = 100$ m yukarıdaki gölete pompalıyor ve şamandıranın her birisinin kütlesini $m_s = 50$ kg olsun.

- $H = 100$ metre yukarıya $V_0 = 1$ lt suyu pompalamak için $h = 1$ metre yükselip alçalan şamandıranın (dubanın) hacmi nedir?
- Bu sistem bir günde baraja ne kadar su pompalar?
- Baraj tam dolduktan sonra birim zamanda pompalanan su kadar su ile bir türbin ve ona bağlı jeneratörün üreteceği güç nedir?

Bu sistemin veriminin %90 olduğunu ve havanın yoğunluğunu $\rho_h = 1.2$ kg/m³ varsayınız.

ÇÖZÜM: Eldeki veriler ve kabullerle örnek çözüm aşağıda yapılmıştır.

- $V_0 = 1$ lt su yaklaşık $m_0 = 1$ kg kütle demektir. Bir tek dalganın kaldırma kuvveti

$$B = \rho_h g V_s - m_s g$$

olur. Bu kuvvet her bir dalga hareketinde $W = B d$ kadar iş yapar ve bu iş $H = 100$ m yüksekliğe bir boru ile suyu çıkarmak için yapılan işe eşit olmalıdır;

$$B d = m_0 g H \quad \text{ya da} \quad m_0 g H = \rho_h g V_s - m_s g$$

Değerler yerine konur ve işlemler yapılırsa şamandıranın (dubanın) hacmi V_s bulunur;

$$V_s = \frac{m_0 H + m_s h}{\rho_h} = \frac{1 \times 100 + 50 \times 1}{1.2} = 125 \text{ m}^3$$

bulunur. Bu şamandıra yaklaşık 5 adet akaryakıt tanker deposu kadardır ve oldukça büyüktür.

- b) Her bir pompa dakikada oluşan dalga sayısı kadar birim hacimdeki suyu baraja pompalar. Her bir pompa 1 lt su pompalıyorsa dakikada 10 lt su pompalar ve 1000 tane pompa 10000 lt ya da 10 m^3 su pompalar. Bir günde pompalanan su miktarı buna göre $V = 14400 \text{ m}^3$ olacaktır.
- c) Baraj su ile dolduktan sonra jeneratör üretime başlayacak ve barajdaki suyun eksilmemesi için ancak denizden pompalanan su kadarı türbini çevirecektir. Buna göre, dakikada 10 m^3 su demek saniyede $V = 0.1667 \text{ m}^3$ ve $M = 1000Vg$ kg su akıtılması gerekir ve eğer %90 verimle çalışıyorsa üretilen güç,

$$P = 0.90 \times MgH = 0.90 \times 1000 \times 0.1667 \times 9.81 \times 100 = 147150 \text{ W}$$

ya da yaklaşık 150 kW olacaktır.

Eğer üretilen bu küçük güç pompa, şamandıra, baraj, türbin ve jeneratör maliyetine değecekse bu sistem uygulanabilir. Sistem enerji üretir fakat yatırım maliyetini karşılayıp karşılamayacağı ayrıca düşünülmesi gereken konudur. Tek bir rüzgar türbininin 1 MW güç üretmesi dikkate alınırsa bu ölçüde yatırım oldukça yüksek görünmektedir.

Ülkemiz, her ne kadar üç yanında denizlerle çevrili ise de bunlar iç deniz olduklarından dalga büyüklükleri ve sürekliliği dalgalardan enerji üretimine uygun görünmemektedir. Okyanusa kıyısı olan ülkeler eğer dalga yükseklikleri ortalama 5 m civarında ve sürekli ise bu sistemi düşünebilirler. Deniz dalgalarından enerji üretimi bazı okyanusa kıyısı olan ülkelerde deneme amaçlı uygulanmakta ise de verim düşüklüğü nedeniyle ticari üretim yoktur.