2. SUYUN BORULARDAKİ AKIŞI

2.1. Birim Sistemleri

Diğer bilim dallarında olduğu gibi suyun borulardaki akış formüllerinde de çeşitli birim sistemleri kullanılabilir. Bunlar:

a) MKS (Meter-Kilogram-Second),
b) SI (International System of Units),
c) CGS (Centimeter-Gram-Second)'dır.

2.2. Suyun Fiziksel Özellikleri

2.2.1. Kütle ve ağırlık

Kütle, akışkanın madde miktarıyla ilgilidir ve akışkanın ağırlığının yerçekimi ivmesine bölümüne eşittir. Kütle skaler bir büyüklüktür;

$$m = \frac{W}{g}$$

2.2.2. Özgül kütle

Özgül kütle aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$\rho = \frac{m}{\forall} = \frac{W}{g.\forall}$$

2.2.3. Özgül ağırlık

Birim hacimdeki akışkanın ağırlığına özgül ağırlık denir ve γ ile gösterilir. Özgül ağırlık bir başka tanımla bir akışkanın birim hacmine etki eden yerçekimi kuvvetidir. Özgül ağırlık;

$$\gamma = \frac{W}{\forall}$$

ile hesaplanır. Burada:

γ : Özgül ağırlık (kp/m^3),
W : Ağırlık (kp),
$\forall$: Hacim (m^3)'tür.

Özgül ağırlık, özgül kütleyle de ilişkili olup, özgül kütleye bağlı olarak;

$$\gamma = \rho.g$$

ile bulunur. Görüldüğü gibi özgül ağırlık özgül kütleyle, yerçekimi kuvvetinin çarpımıdır. Özgül ağırlık sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 2.2'de suyun sıcaklığa bağlı olarak bazı fiziksel özellikleri verilmiştir.

2.2.4. Yoğunluk

Akışkanın özgül kütlesinin +4 C^o'deki damıtık suyun özgül kütlesine oranına yoğunluk denir. Bir başka tanımlamayla akışkanın birim hacminin ağırlığının aynı hacimdeki ve +4 C^o'deki suyun ağırlığına oranına yoğunluk denmektedir. Görüldüğü gibi özgül kütle veya özgül ağırlığın oranı olması nedeniyle yoğunluk birimsiz olup SG ile gösterilebilmektedir.

$$SG = \frac{\rho_{ak}}{\rho_{su}}$$

Civanın yoğunluğu 13,6 olarak verildiğinde, bu belirli hacimdeki civanın aynı hacimdeki sudan 13,6 kat daha ağır olduğunu gösterir.

2.2.5. Viskozite

Viskozite, akışkanların akışa karşı gösterdikleri dirençtir. Viskozitenin açıklanmasında Şekil 2.1'de görülen biri hareketli biri sabit iki plakadan yararlanılmaktadır. Şekilde hareketli plakanın alanı (A), hareketli plakaya etki eden kuvvet (F), sabit plaka ile hareketli plaka arasındaki akışkanın hız dağılımı (gradyenti) $\left(\frac{dv}{dy}\right)$, iki plaka arasındaki uzaklık (y) olarak alındığında ve hareketli plaka (F) kuvvetiyle çekildiğinde aşağıdaki ilişkinin oluştuğu görülmüştür.

$$\frac{F}{A} = \mu.\frac{dv}{dy}$$

Sabit plakada akışkan hızı sıfır olup, hareketli plakaya gidildikçe hız artmakta ve hareketli plakada hız maksimuma ulaşmaktadır. Eğer iki plaka arasındaki hız dağılımı homojen kabul edilirse yukarıdaki eşitlik,

$$\frac{F}{A} = \mu.\frac{V}{y}$$

biçimine dönüşür. Buradaki μ (mü)'ye dinamik (mutlak) viskozite veya yalnızca viskozite denir ve aşağıdaki şekilde formülize edilebilir;

$$\mu = \frac{F.y}{A.V} \quad \text{veya} \quad \mu = \tau.\frac{y}{V}$$

Sıvıların viskozitesi sıcaklığın artmasıyla azalırken gazların viskozitesi sıcaklığın artmasıyla artmaktadır.

Teknikte, viskozite ölçme yöntemlerinde sıvının akma süresi viskozitesi yanında özgül kütlesine de bağlıdır. Özgül kütlesinin etkisini ortadan kaldırmak için kinematik viskozite adı verilen aşağıdaki tanımlama yapılmıştır.

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho}$$

Burada:

ϑ (nü) : Kinematik viskozite (m^2/s)'dir,

CGS sisteminde kinematik viskozitenin birimi cm^2/s olup stoke (st) olarak adlandırılır. Stok'un yüzde biri centistoke olur ve cst ile gösterilir.

2.3. Bernoulli Denklemi

1738 yılında Daniel BERNOULLI tarafından ortaya konulmuştur. Bernoulli denklemi bir enerji eşitliğidir ve suyun akışının incelenmesini, genellikle akıştan ortaya çıkan sürtünme kayıplarını ve bunlarla ilgili konuları kapsar.

$$P_1 + \frac{1}{2}.\rho.V_1^2 + \gamma.z_1 = \text{sabit}$$

ve A′B′C′D′ kesitindeki enerji toplamı;

$$P_2 + \frac{1}{2}.\rho.V_2^2 + \gamma.z_2 = \text{sabit}$$

olmaktadır. Buna göre borunun her noktasındaki enerji toplamları birbirine eşit alınabilmektedir. Yani;

$$P_1 + \frac{1}{2}.\rho.V_1^2 + \gamma.z_1 = P_2 + \frac{1}{2}.\rho.V_2^2 + \gamma.z_2$$

yazılabilmektedir. Bu bağıntılardaki P terimi basınç enerjisini, $\frac{1}{2}.\rho.V^2$ terimi kinetik enerjiyi ve γz terimi de ağırlık kuvvetlerinin yaptığı işi göstermektedir. Bernoulli denklemi hem akım yönünde ve hem de akıma dik yönde yazılabilmektedir. Yukarıda akım yönündeki Bernoulli denklemi verilmiştir. Bu denklemin elde edilmesinde viskoz kuvvetler ihmal edilmiş, akım kararlı ve sıkıştırılamaz kabul edilmiştir. Sıvılar sıkıştırılamaz kabul edildiğinden bu denklem akım yönünde (akışkanın aktığı yönde) kolaylıkla kullanılabilmektedir.

Yukarıda verilen Bernoulli denkleminde basınç (P) birimleri (kp/m^2), özgül kütle (ρ) birimi (kp.s^2/m^4), hız (v) birimi (m/s), özgül ağırlık (γ) birimi (kp/m^3) ve referans düzlemine olan yükseklik (z) birimi de (m) alınacaktır. Ancak su çıkartma makinelerinde enerji birimi ve basınç birimi (mSS) olarak kullanılacağından Bernoulli denkleminin birimini (m)'ye dönüştürmek kullanım kolaylığı sağlayacaktır. Bu amaçla herbir terim özgül ağırlığa (γ) bölündüğünde Bernoulli denkleminin en çok kullanılan aşağıdaki biçimi elde edilir. Bu denklemde;

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2.g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2.g} + z_2$$

her terimin birimi (m)'dir. Buradaki yükseklik terimi (z) akışkanın potansiyel enerjisiyle ilgilidir. Yani referans eksenine göre akışkanın sahip olduğu potansiyel enerjiyi verir ve "potansiyel yük" adını alır. Basınç terimine (P/γ) "basınç yükü" denir ve (P) basıncının elde edilmesi için gerekli olan akışkan yüksekliğini verir. Hız terimi ($V^2/2.g$) ise "hız yükü"dür ve akışkanın (V) hızına ulaşmak için gerekli olan serbest düşme yüksekliğini verir. Bernoulli denklemi basınç yükü, hızı yükü ve potansiyel yükün toplamının, akışkanın akış yönünde sabit olduğunu göstermektedir.

2.3.1. Enerji ve hidrolik eğim çizgileri

Bir önceki konuda Bernoulli denkleminin bir enerji eşitliği olduğunu, sürtünmesiz, sıkıştırılamaz, kararlı akım koşullarında akım çizgisi (akış yönünde) boyunca kullanılabileceği görülmüştü. Akışkan boru içerisinde bir yerden başka bir yere gittiğinde toplam enerjisi sabit kalmaktadır. Bernoulli eşitliği bir başka biçimde enerji (EÇ) ve hidrolik (HEÇ) eğim çizgisiyle de ifade edilebilir. Sürtünmesiz, sıkıştırılamaz ve kararlı akımda toplam enerji her yerde sabit kalmaktadır. Enerjiyi yük (yükseklik) olarak kabul ettiğimizde Bernoulli denklemi;

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2.g} + z$$

biçiminde yazılabilir. Buradaki H: toplam yük (yükseklik) olup basınç, hız ve potansiyel yükün toplamından oluşmaktadır.

2.4. Süreklilik Denklemi

Süreklilik denklemi hız, verdi ve kesit alanı arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu üç terim birbiri ile ilgilidir ve her biri diğer ikisine bağlıdır. Borulardaki akışta verdi sabit kaldığı zaman boru kesit alanı hız ile ters orantılıdır. Kesit alanı azalırsa hız değerinin artması gerekir. Bu şu şekilde ifade edilebilir.

$Q_1 = Q_2$ veya $A_1.V_1 = A_2.V_2$ = sabit.

bağıntısı elde edilir. (A_1) ve (A_2) herhangi iki kesit alanı olduğundan süreklilik denkleminin genel ifadesi, $Q = A.V$ şeklinde yazılabilir.

2.5. Akım Tipleri ve Özellikleri

Akışkanların borudaki akımı, Laminer ya da türbülans akım olarak incelenebilmektedir.

$$Re = \frac{\rho.V.D}{\mu} = \frac{V.D}{\vartheta}$$

Reynolds sayısının birimi yoktur. Reynolds sayısı yaklaşık olarak 2100'den küçükse Laminer ve 4000'den büyükse türbülans ve bu ikisi arasında ise geçiş akımı olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda geçiş bölgesindeki akım Laminer da kabul edilebilir, türbülans da.

$Re \leq 2100$ → Laminer akım
$2100 < Re < 4000$ → Geçiş akımı.
$Re \geq 4000$ → Türbülans akım

Laminer akımda akışkan tanecikleri birbirine paralel olarak akım çizgisi boyunca hareket ederler. Doğrultu ve yönleri değişmez. Sürtünme (yük) kaybına etkili olan en önemli faktör akışkanın viskozitesidir. Borunun tipi ve iç yüzey pürüzlülüğü etkili değildir. Boru eksenindeki maksimum hız ortalama hızın 2 katıdır ($V_{max}= 2\ V_{ort}$). Borunun iç yüzeyinde akışkan hızı sıfır kabul edilebilir. Laminer akımda sürtünme kaybı daha azdır. Hız değişimi paraboliktir.

2.6. Borulardaki Sürtünme (yük) Kayıpları ve Hesaplanması

Borulardaki yük kayıpları hesaplanırken akımın tipine göre farklı bağıntılar kullanılmaktadır. Konumuzla ilgili problemlerde akım tipi türbülans olduğundan özellikle bu akımdaki sürtünme kayıplarının hesaplanması üzerinde durulacaktır. Boru hatlarında oluşan sürtünme kaybı iki kısımda incelenmektedir.

a) Düz borularda meydana gelen düz boru sürtünme (yük) kayıpları,

b) Akışkanın yönünü ya da hızını değiştiren yardımcı boru parçalarında meydana gelen şekil (yersel) kayıpları.

2.6.1. Düz borularda sürtünme kayıplarının hesaplanması

2.6.1.1. Laminer akımda sürtünme kayıplarının hesaplanması

Laminer akımda, yatay boruda meydana gelen sürtünme kaybını belirleyen faktör borunun iç yüzey pürüzlülüğü ve boru cinsi değil viskozitedir. Sürtünme kaybı; viskozite, boru uzunluğu ve akışkan hızı ile doğru, boru çapı ile ters orantılıdır.

$$h_k = 32.\frac{\vartheta}{g}.\frac{L.V}{D^2}$$

Bu bağıntıda:

h_k : Laminer akımda meydana gelen sürtünme kaybı (m),
ϑ : Akışkanın kinematik viskozitesi (m^2/s),
L : Boru uzunluğu (m),
V : Akışkanın hızı (m/s),
D : Boru çapı (m)'dir.

2.6.1.2. Türbülans akımda sürtünme kayıplarının hesaplanması

Türbülans akımda düz borulardaki sürtünme kayıplarının hesaplanmasında teorik ve deneysel yollardan yararlanarak geliştirilen değişik eşitlikler kullanılmaktadır. Bu eşitlikler içinde en çok kullanılanlar;

a) CHEZY,
b) DARCY-WEISBACH,
c) ÜSLÜ FORMÜLLER'dir.

2.6.1.2.1. Chezy formülü ile sürtünme kayıplarının hesaplanması

Chezy formülü bir hız eşitliği olup akışkan hızı, hidrolik eğim ve hidrolik yarıçap arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$V = C\sqrt{R.\dot{I}}$$

Bu bağıntıda;

V: Akışkanın ortalama hızı (m/s),
C: Chezy katsayısı,
R: Hidrolik yarıçap (m),
İ : Hidrolik eğim (m/m)'dir.

Chezy formülünde (C) katsayısı için değişik eşitlikler vardır. Bunlardan birisi "Ganguillet ve Kutter" tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitliktir.

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{\dot{I}} + \frac{1}{N}}{1 + \frac{N}{R^{0,5}}\left(22 + \frac{0,0155}{\dot{I}}\right)}$$

Burada;

C: Chezy katsayısı,
N: Boru pürüzlülük katsayısı,
İ : Hidrolik eğim (m/m),
R: Hidrolik yarıçap (m)'tır.

2.6.1.2.2. Darcy-Weisbach formülü ile sürtünme kayıplarının hesaplanması

$$\Delta P = \lambda.\frac{L}{D}.\frac{\rho.V^2}{2}$$

Bu formül yatay borular için geçerlidir ve yukarıda da söylediğimiz gibi Laminer akımda sürtünme katsayısı $\lambda = 64/\text{Re}$'ye eşittir. Görüldüğü gibi sürtünme katsayısı Reynolds sayısına (Re) dolayısıyla da (Re) sayısını oluşturan viskozite, hız, boru çapı ve akışkanın özgül kütlesine bağlıdır.

Türbülans akımda sürtünme katsayısı; yalnızca (Re) sayısının değil aynı zamanda bağıl pürüzlülüğün de $\left(\frac{D}{k}\right)$ bir fonksiyonudur. Bağıl pürüzlülük boru çapının boru iç yüzey pürüz yüksekliğine (mutlak pürüzlülük) oranıdır.

$$\lambda = \phi.\left(\text{Re}, \frac{D}{k}\right)$$

Bir borunun iki noktası arasına Bernoulli eşitliğini uyguladığımızda bilindiği gibi aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2.g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2.g} + z_2 + h_k$$

Eğer boru çapının değişmediği yanı (D_1=D_2) ve dolayısıyla da (V_1=V_2) olduğunu, borunun yatay olduğunu (z_1=z_2) kabul ettiğimizde basınç düşümü (ΔP);

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \gamma.h_k$$

olur. Burada bulunan basınç düşümü yukarıda verilen Laminer akımdaki basınç düşümüyle birleştirilirse;

$$\lambda.\frac{L}{D}.\frac{\rho.V^2}{2} = \gamma.h_k \quad \text{elde edilir.}$$

Buradan sürtünme kaybı aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$h_k = \lambda.\frac{L}{D}.\frac{V^2}{2.g}$$

Bu eşitliğe "Darcy-Weisbach" eşitliği denir ve yatay boru ile eğimli borunun her ikisi için de geçerlidir.

Moody diyagramının kullanılmasında bazı özel formüller de bulunmaktadır. Örneğin pürüzsüz borularda $\left(\frac{k}{D}=0\right)$ ve (Re) sayısının 10^5'den küçük olduğu koşullarda ($Re \leq 10^5$) aşağıdaki bağıntı sürtünme katsayısının hesaplanmasında kullanılabilir.

$$\lambda = \frac{0{,}316}{Re^{1/4}}$$

Yine bağıl pürüzlülük $\left(10^{-6} \leq \frac{k}{D} \leq 10^{-2}\right)$ ve Reynolds sayısı $\left(5.10^{+3} \leq Re \leq 10^{+8}\right)$ ise λ katsayısı şu bağıntıyla hesaplanabilir.

$$\lambda = \frac{1{,}325}{\left(\ln\left[\left(\frac{k}{3{,}71.D}\right)+\left(\frac{5{,}74}{Re^{0{,}9}}\right)\right]\right)^2}$$

Şekil 2.8'deki Moody diyagramını incelediğimizde, yatay eksende (Re) sayısı, düşey eksende D/k ve sürtünme katsayısı (λ) vardır. Moody diyagramından yararlanmak için şu sıra izlenebilir.

a) Boru cinsine göre mutlak pürüzlük çizelgeden alınır ve bağıl pürüzlülük (D/k) bulunur.

b) Boru çapı ve verdiye göre hız belirlenir, suyun sıcaklığına göre viskozite seçilir ve (Re) sayısı hesaplanır.

c) Moody diyagramında (Re) sayısı ekseninden dik çıkılıp, D/k eğrisiyle çakıştırılır. Çakışma noktasından yataya çizilen paralel düşey eksende sürtünme katsayısını (λ) verir. Sürtünme katsayısı Darcy-Weisbach formülünde yerine konur ve sürtünme kaybı hesaplanır.

Sürtünme katsayısının hesaplanmasında Moody diyagramı en çok kabul gören bir yöntemdir. Ancak farklı yöntemler de bulunmaktadır. Bu yöntemler, yöntemi bulan kişiye atıfta bulunularak aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Lang'a göre sürtünme katsayısı;

$$\lambda = a + \frac{0{,}0018}{\sqrt{V.D}}$$

ile hesaplanmaktadır. Burada; a: Boru cinsine bağlı bir katsayı olup kayaklı çelik boru için a= 0,0136, beton boru için a= 0,0140, perçinli çelik boru için a= 0,0193 alınabilir. V: Ortalama hız (m/s) ve D: Boru çapı (m)'dır.

Darcy'e göre: D: boru çapı (m) olmak üzere;

$$\lambda = 0{,}02 + \frac{0{,}0005}{D}$$

biçiminde hesaplanmaktadır.

Von Prandtl'a göre;

$\lambda = 0{,}15\ (k/D)^{0,3}$

bağıntısı sürtünme katsayısının belirlenmesinde kullanılabilir. Burada; k: mutlak pürüzlülük olup her boru tipine göre değişmektedir. Örneğin döküm borular için k= 0,0015 alınabilmektedir. D: Boru çapı (m)'dır.

Weisbach tarafından geliştirilen aşağıdaki formül, V: hız (m/s) olmak üzere, sürtünme katsayısının hesabında kullanılabilir.

$$\lambda = 0{,}01444 + \frac{0{,}00947}{V}$$

Son olarak Chezy, sürtünme katsayısını

$$\lambda = \frac{8\,g}{C^2}$$

şeklinde vermiştir. Burada; C: Chezy katsayısıdır.

2.6.1.2.3. Üslü formüllerle sürtünme kayıplarının hesaplanması

Üslü formüller hız formülüdür ve aşağıdaki gibi yazılabilmektedir.

$V= C.R^{a}.İ^{b}$

Burada:

V : Ortalama su hızı (m/s),
C : Katsayı,
R : Hidrolik yarıçap (m),
i : Hidrolik eğim (m/m),
a ve b : Boru cinsine bağlı üs katsayılarıdır.

Blair, formülleri kullanırken boruları 4 sınıfa ayırmıştır. İngiliz araştırmacı J.S. Blair'in 1949 yılında 4 sınıfa ayırdığı borular için C, a ve b katsayıları çizelge 2.7'de verilmiştir. Blair formülleri aşağıdaki gibi yazılabilir (Tezer 1978)

<u>I. Sınıf borularda:</u>

$V= 194{,}4.R^{0,71}.İ^{0,57}$
$h_k= 5{,}428.10^{-4}.L.D^{-1,246}.V^{1,754}$

<u>II. Sınıf borularda:</u>

$V= 154{,}1.R^{0,69}.İ^{0,55}$
$h_k= 6{,}40.10^{-4}.L.D^{-1,243}.V^{1,802}$

III. Sınıf borularda:

$V= 133,4.R^{0,68}.İ^{0,54}$
$h_k= 6,64.10^{-4}.L.D^{-1,259}.V^{1,852}$

IV. Sınıf borularda:

$V= 107,3.R^{0,67}.İ^{0,52}$
$h_k= 7,43.10^{-4}.L.D^{-1,288}.V^{1,923}$

Üslü formüllerden Blair formüllerinde, sadece boru sınıfının seçilerek hesaplama yapılması proje mühendislerine kolaylık sağlamaktadır. Darcy formülü ve Moody diyagramı ile yapılacak hesaplamalarda ise seçilen boru cinsinde mutlak pürüzlülük değerinin saptanması oldukça zordur. Ayrıca Blair formülleri, uygulamada karşılaşılan su iletim boru hatlarındaki problemlerin hemen hemen tümünü kapsamaktadır.

Sürtünme kayıplarının üslü formüllerle hesaplanmasında grafiklerden de yararlanılmaktadır. Grafiklerle yapılan hesaplamalar çabuk ve kolaydır. Şekil 2.9...2.12'de Blair tarafından hazırlanan nomogramlar verilmiştir. Nomogramlarda iki eksen çifti vardır. Düşey eksen çiftinin birinde apsiste hidrolik eğim ($İ= h_k/L$), ordinatta verdi (Q, L/min) değerleri logaritmik skalaya yerleştirilmiştir. İkinci eksen çiftinde apsiste hız (V= m/s) değerleri ve ordinatta çap (D= cm) değerleri verilmiştir. Verdi, hız, boru çapı ve hidrolik eğim değerlerinden ikisi bilindiğinde diğer ikisi kolaylıkla bulunabilir. Nomogramların kullanılmasına bir örnek verilirse, birinci sınıf boruda verdi, Q= 1000 L/min ve boru çapı D= 13 cm ise hidrolik eğim i= 0,01 ve su hızı V= 1,25 m/s bulunur. Nomogramda tüm eksenler logaritmik olduğundan ara değerlerin bulunmasında buna dikkat edilmelidir.

Düz borulardaki yük kayıpları için, el kitaplarında kısa yoldan hesaplamayı sağlayan nomogram veya çizelgeler verilmektedir. Özellikle proje mühendisleri için uygulamada kısa sürede sonuç almak için yararlı olan bu tip nomogramlara bir örnek Şekil 2.13'de verilmiştir. Nomogramda iki eksen çifti kullanılmıştır. Birinci eksen çiftinde apsiste (m^3/h) olarak verdi, ordinatta 100 m boru uzunluğundaki yük kaybı (mSS) olarak verilmiştir. İkinci eksen çiftinde apsiste (m/s) olarak hız, ordinatta ise (mm) olarak boru anma çapları verilmiştir. Bu dört değerden herhangi ikisi bilinirse diğer ikisi kolayca saptanabilir (Nomogram aynı zamanda fPS sisteminde de kullanılabilmektedir).

Nomogram 100 m düz boru (metrik sistemde) için düzenlenmiştir. Verilen değerler yeni durumda gri döküm boruları kapsamaktadır. Boru çapı 15-2000 mm ve verdi 0,5-50000 m^3/h sınırları arasında değişmektedir. Nomogram

2.6.2. Şekil (yersel) kayıplarının hesaplanması

Şekil kayıpları genellikle hız yüksekliği ile ilgilidir ve aşağıdaki genel eşitlikle hesaplanır.

$$h_f = k.\frac{V^2}{2.g}$$

Sürtünme kaybını basınç düşümü biçiminde yazarsak aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$\Delta P = k.\frac{\rho.V^2}{2}$$

2.6.3. Eşdeğer boru boyu ve toplam kayıp

Boru hatlarında şekilli boru parçalarında oluşan yük kayıplarının hesabında eşdeğer boru boyunun kullanılması işlemleri kolaylaştırır. Bu nedenle şekil kayıpları bazen “Eşdeğer boru boyu” cinsinden belirtilebilir. Eşdeğer boru boyu, aynı yük kaybını meydana getirecek düz boru uzunluğuyla tanımlanır. Buna göre eşdeğer boru boyu boru parçası ile aynı ölçü ve malzemede ve belirli bir verdi değeri için oluşturacağı yük kaybına eşit değerde yük kaybı yaratan düz boru uzunluğudur. Eğer boru hattındaki çeşitli boru parçalarının cinsi ve boru boyları bilinirse, bu armatürler için eşdeğer boru boyları hesaplanır ve tesisteki düz boru boylarına eklenerek yük kaybı toplam boru boyundan hesaplanır.

Herhangi bir boru parçasının yük kaybı $\left(h_f = k.\frac{v^2}{2.g} \right)$ yarattığı kabul edilsin. Darcy-Weisbach formülüne göre (h_f) değerine eşit yük kaybı yaratacak düz boru boyu h_k= h_f alınarak;

$$\frac{\lambda.L_{eş}}{D}.\frac{V^2}{2.g} = k.\frac{V^2}{2.g} \quad \text{ve} \quad L_{eş} = \frac{k}{\lambda}.D$$

ile tanımlanır. Eşdeğer boru boyu; şekil katsayısı ve boru çapıyla doğru, sürtünme katsayısı ile ters orantılıdır.