

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
BİTİRME TEZİ YAZIM KILAVUZU

Bu kılavuzun amacı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinin lisans öğrenimlerinde aldıkları bitirme tezlerini hazırlamalarında bir standart oluşturmaktır. Son sınıf son dönemde bitirme çalışması hazırlayacak öğrencilerin bu kılavuza göre hareket etmeleri gerekir. Bu tez metninin genel düzeni problemin ortaya konması, bu konu ile ilgili daha önceki yapılmış çalışmalar, yöntemin tanıtılması, sonuçların tartışılması ve geliştirilmesi şeklinde olmalıdır. Cümleler üçüncü şahıs dili ile yazılmalı ve hem cümlelerin hem de paragrafların çok uzun olmamasına dikkat edilmelidir.

1. Bitirme tezinin bölümleri;

Kapak
İç kapak
Onay sayfası
Özet
Teşekkür
İçindekiler
Giriş
Yapılmış çalışmalar
Yöntem
Bulgular
Tartışma ve sonuç
Kaynaklar
Ekler

2. Sayfa Yapısı; A4 (210x297 mm), tek yönlü, 1,5 satır aralıklı (metin için), 1 satır aralıklı (özet, teşekkür, içindekiler, kaynaklar, ekler, dipnotlar için)

3. Kenar boşlukları; Üst: 25 mm
Alt: 25 mm
Sol: 40 mm
Sağ: 25 mm

4. Yazı Karakteri ve boyutu; Times New Roman, 12 punto

5. Paragraf; Paragraf Hizalama: iki yandan, 1cm paragraf başı yapılır.

6. Ana Başlıklar; Başlıklar, tüm ilk sayfalarda (içindekiler, özet, teşekkür, bölümler, kaynaklar, ekler v.b gibi), sayfa üst kenarından 5 cm aşağıdan, sol kenardan başlayarak, koyu (bold), büyük harflerle, 12 punto Times New Roman yazı karakteri ile yazılır. Ana başlıklar rakamdan sonra nokta koyularak yazılır. **(1. GİRİŞ)**

Metin için başlıktan sonra 1,5 satır boşluk, İçindekiler, özet, teşekkür, kaynak, ekler için başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılır.

7. Alt Başlıklar; Alt başlıklar, numara verilerek **'3.1. Ani Genişleme Kaybı'** şeklinde, kelimelerinin ilk harfleri büyük, diğer harfleri küçük, sol kenardan başlayarak, koyu (bold), 12 punto yazı karakteri ile yazılır.

Alt başlıklardan önce ve sonra 1,5 satır boşluk bırakılır. Alt başlık, sayfanın sonuna geliyor ve kendisinden sonra en az iki satır yazılamıyorsa, bu alt başlık bir sonraki sayfaya yazılmalıdır.

8. **Sayfa Numaraları;** Dış ve iç kapak dışında ödevin tüm sayfaları numaralanır. Özetten itibaren, sayfanın alt-ortasına yazılan küçük romen (i, ii,...) rakamları ile, giriş bölümü ile başlayan kısım sayfanın alt-ortasına yazılan rakamlarla (1, 2, ...) numaralandırılır.
9. **Tablolar, Şekiller, Grafikler ve Fotoğraflar;** Tablolar, şekiller, grafikler ve fotoğraflar, sayfa düzenine uymak koşuluyla metinde ilk söz edildikleri yere mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmelidir. Tablolara ve şekillere, ilgili bölüm içinde sıra ile numara verilir. ‘**Şekil 1.1.**’ ‘**Tablo 1.1.**’
Her şeklin numarası ve açıklaması şeklin altına arada boşluk bırakmadan, her tablonun numarası ve açıklaması tablonun üstüne yine arada boşluk bırakmadan yazılır. Tablolar ve şekiller ortalanmalıdır.
Şekilden önce ve şekil açıklamasından sonra 1,5 satır, tablo açıklamasından önce ve tablodan sonra 1,5 satır boşluk bırakılır.
10. **Denklemler, Formüller;** Denklemlerden önce ve sonra 1,5 satır boşluk bırakılarak ortalı olacak şekilde yazılır. Denklemlere, ilgili bölüm içinde sıra ile numara verilir. Numaralar, denklemin yanındaki boşluğa, sağ kenara yanaşık, parantez içinde ((1.1), (1.2), ...gibi) yazılır. Word denklem düzenleyicide yazılmalıdır.
11. **Dipnotlar;** Dipnotlar, yazı alanı sınırları içinde kalmak üzere ilgili sayfanın altına, metinden 2 punto küçük yazı karakteri ile yazılmalıdır. Dipnotlar metinden ince bir çizgi ile ayrılmalıdır. Birden fazla dipnot kullanılması durumunda, dipnotlar arasında 1 aralık boşluk bırakılmalıdır.
12. **Genel Yazım Kuralları Yazım (İmlâ) ve Noktalama;** Türk Dil Kurumu’nun İmlâ Kılavuzu’na ve Türkçe Sözlüklerine uyulmalıdır. Noktalama işaretlerinden (virgülden, noktadan, ...) sonra bir karakter boşluk bırakılmalıdır. Ödev metninde kesme (tireleme) yapmaktan kaçınılmalıdır. Her sembol, metinde ilk geçtiği yerde tanımlanmalıdır.
13. **İçindekiler;** Ana başlıklar ve alt başlıklar ödev içinde geçtikleri yazım şekilleriyle, sıra ile sayfa numaraları belirtilerek yazılır.
14. **Metin Kısımı;** Metin kısmı giriş, ana bölümler, sonuçlar bölümlerini içerir ve sayfa sınırlaması olmadan yazılır.
15. **Kaynaklar;** Metin içinde kaynak gösterimi;

Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur (Wilhite, 2000).

McKee ve diğ. (1993) bölgesel kuraklıkları tanımlamak ve izlemek amacıyla standartlaştırılmış yağış indisini (SYİ) geliştirmişlerdir.

Kaynakların yazımında; Kaynaklar arasında 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Kaynak yazım örnekleri:

Wilhite, D.A., (2000), “Drought: A Global Assessment”, Volume I. Routledge Press, London and New York.

McKee, T.B., Doesken, N.J. ve Kleist, J. (1993), “The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales”, *Proceedings of the 8th. Conference on Applied Climatology*. Anaheim, pp 179-184.

*Bitirme Ödevi, 4 adet karton kapak ciltli olarak, Bölüm Sekreterliği'ne teslim edilir.

**BORU ENERJİ KAYIPLARI VE BU KAYIPLARIN
TECQUİPMENT H34 DENEY ALETİYLE BULUNMASI**

Mustafa ULU

Bitirme Tezi

İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



**BORU ENERJİ KAYIPLARI
VE
BU KAYIPLARIN TECQUİPMENT (H34) DENEY ALETİYLE
BULUNMASI**

Mustafa ULU

**Bitirme Tezi
İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ash ÜLKE**

Samsun 2015

Bu Çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Bölümünde Bitirme Ödevi olarak kabul edilmiştir.

.../.../2015

Danışman :

Üye :

Üye :

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduğunu onaylarım.

.../.../2015

İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı

ÖZET

Boru akış problemlerinin çözümünde göz önünde bulundurulması gereken unsurlardan en önemlisi enerji kayıplarıdır. Enerji kayıplarını etkileyen temel unsurlar; borudaki akışın niteliği, borunun malzemesi, geometrik boyutları ve borudaki akışın yön değiştirmesine neden olan geometrik faktörlerdir.

Düz borularda oluşan bu kayıplar; sürekli yük kayıpları olarak bilinir. Boru akışlarındaki borulardaki kesit değişimlerinde, hazne giriş ve çıkışlarında, boru bağlantılarında, borulardaki akışın yön değiştirdiği dirseklerde, akışın kollara ayrılması gibi durumlarda ve vanalarda olduğu gibi akışı kısıtlayıcı elemanların bulunduğu yerlerde meydana gelen kayıplar da yerel kayıplar olarak adlandırılır.

Bu çalışmada, bazı belirlenmiş geometrik kesitler arasındaki geçişlerle ilgili yapılan deneysel çalışmalara yer verilmiş ve ayrıca yukarıda belirtilen kayıplarla ilgili genel bir literatür incelemesi yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Tez Danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Aslı ÜLKE' ye sonsuz Őükranlarımı sunarım. Ayrıca kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Arő. Gör. Ayőenur USLU' ya da teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
TABLolar LİSTESİ	v
1. GİRİŞ	1
2. BORULAR VE BORU BAĞLANTI ELEMANLARINDAKİ ENERJİ KAYIPLARI	2
2.1. Darcy-Weisbach Formülü Kullanılarak Yük Kayıplarının Hesaplanması	2
2.2. Laminer Akış İçin Yük Kayıplarının Hesabı.....	3
3. YERSEL KAYIPLARI	4
3.1. Ani Genişleme Kaybı	4
4. H34 BORU ENERJİ KAYIPLARI CİHAZIN TANITIMI	6
4.1. Genel.....	7
4.2. Bir Boru Sistemindeki Toplam Yük Kaybının Ölçülmesi	8
4.3. Dirseklerde Ve En Kesit Değişikliklerinde Akış Özellikleri	8
6. YÖNTEM: DENEYİN YAPILIŞI	11
7. BULGULAR	12
7.1. Boru Ve Ek Parçaları Boyutları.....	12
7.2. Diferansiyel Piyezometre Ölçümleri Ve Toplam Yük Kaybı	12
8. TARTIŞMA VE SONUÇ	13
9. KAYNAKLAR	14

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Boru Kesiti.....	4
Şekil 4.1. H34 Boru Enerji Kayıpları.....	6
Şekil 4.2. Tertibatın genel gösterimi.....	7
Şekil 4.3. Bir boru bağlantısı kayıplarının şematik gösterimi.....	8
Şekil 5.1. H1D Volumetrik Hidrolik Bench.....	10
Şekil 6.1.....	11
Şekil 6.2.....	11

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1. 90 ° dirsek türleri için tipik kayıp katsayıları	9
Tablo 7.1. Çeşitli akım oranlarında piyezometrik yük kayıpları.....	12

1. GİRİŞ

Borulardaki akışlarda, enerji kayıplarını etkileyen temel unsurlar; borudaki akışın niteliği, borunun malzemesi, borunun geometrik boyutları (boru çapı, uzunluğu ve boru kesit şekli) ve borudaki akışın yn değiştirmesine neden olan geometrik faktörlerdir. Bu kayıplar, düz borularda akışın Reynolds sayısına bağlı olarak laminer, geçiş ve tam türbülanslı akış durumuna göre borudaki hız dağılımına bağlı olarak değişebilir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan Darcy-Weisbach formülündeki sürtünme faktörü, laminer akışlar için teorik olarak hız dağılımı yardımıyla belirlenebildiğinden, uygulamada enerji kayıplarının hesabında bir zorluk söz konusu değildir. Öte yandan, türbülanslı akışlara ait hız dağılımları deneysel çalışmalarla belirlendiğinden, bu konuda yapılan çalışmaların değerlendirilmesi, amprik formüllerle yapılır. Düz borularda oluşan bu kayıplar; sürekli yük kayıpları olarak bilinir.

Boru akışlarındaki diğer en önemli enerji kayıpları ise; borulardaki kesit değişimlerinde, hazne giriş ve çıkışlarında, boru bağlantılarında, borulardaki akışın yön değiştirdiği dirseklerde, akışın kollara ayrılması gibi durumlarda ve vanalarda olduğu gibi akışı kısıtlayıcı elemanların bulunduğu yerlerde meydana gelir. Bu tür kayıplar yerel kayıplar olarak adlandırılır ve buradaki kayıp katsayıları deneysel çalışmalarla belirlenmiştir.

Geçiş boruları, özellikle su getirme yapılarında pratikte sıklıkla kullanılmaktadır. Bu borular, farklı alan ve farklı şekillerdeki kanalları (dikdörtgen, kare, elips, daire, çokgen kesitli) birleştirmenin zorunlu olduğu yerlerde kullanılırlar. Geçiş borularındaki enerji kayıplarından dolayı, bu borulardaki akışların incelenmesi çok önem kazanmaktadır (Sümer ve diğer., 2013).

2. BORULAR VE BORU BAĞLANTI ELEMANLARINDAKİ ENERJİ KAYIPLARI

Borulardaki enerji (yük) kayıpları; borudaki akışın şekline yani laminer veya türbülanslı olmasına, boru malzemesi ve işlenmesine, boru cidarı pürüzlülüğüne, borunun geometrik boyutlarına ve kesit şekline ve ayrıca borunun yapılış biçimine bağlı olarak akışın yön değiştirmesi gibi faktörlerin etkisinde değişir. Diğer taraftan türbülanslı boru akışları çok karmaşık olduğundan hız dağılımlarının teorik olarak ifade edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle türbülanslı akışlardaki hız dağılımları deneysel çalışmalarla veya yarı ampirik formüllerle ancak ifade edilebilmektedir.

Mühendislik uygulamalarında düz borulardaki sürekli yük kayıplarının hesaplanmasında sıklıkla kullanılan ifade Darcy-Weisbach tarafından verilmiştir. Burada yük kayıplarını etkileyen faktörler boru çapı ve uzunluğu, akışın hızı ve sürtünme faktörüdür. Boru çapı, uzunluğu ve akış hızı kolaylıkla ölçülebilir büyüklükler olduğu halde, sürtünme faktörü akış rejimine ve borunun kalite ve malzemesine bağlı olarak değişebilir. Laminer akışlarda sürtünme faktörü sadece Reynolds sayısının bir fonksiyonu olarak değiştiği halde, geçiş bölgesinde hem Reynolds sayısına ve hem de izafi pürüzlülüğe göre değişim gösterir, fakat tam türbülanslı akış bölgesinde Reynolds sayısının etkinliği ortadan kalkar.

Borulardaki yük kayıplarına neden olan faktörlerden bir diğeri de kuşkusuz yerel yük kayıplarıdır ve vanalar, dirsekler, T bağlantıları, daralan ve genişleyen borular gibi boru bağlantı elemanlarında meydana gelir. Bunlara ait kayıplar deneysel veya yarı ampirik formüllerle verilmiştir (Moffatt, 1988).

2.1. Darcy-Weisbach Formülü Kullanılarak Yük Kayıplarının Hesaplanması

Bu formül aşağıdaki şekilde ifade edilmiş olup hem laminer hem de türbülanslı akış için borudaki ortalama hız değerlerini kullanarak yük kayıplarının hesaplanmasında kullanılabilir.

$$h_k = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.1)$$

Burada λ sürtünme faktörü, D boru çapı, L boru uzunluğu, V borudaki akışın ortalama hızı ve g yerçekimi ivmesidir.

2.2. Laminer Akış İçin Yük Kayıplarının Hesabı

Yukarıda belirtildiği gibi laminer akışlarda akışın hız profili teorik olarak belirlendiğinden, akışa ait yük kayıp katsayısı; Reynolds sayısının bir fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (2.2)$$

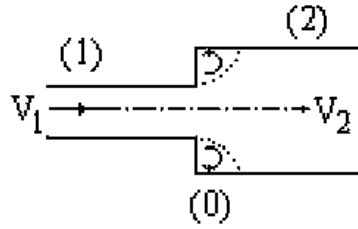
Buradan da görüldüğü gibi Reynolds sayısı arttıkça sürtünme katsayısı azalır (White, 1999).

3. YERSEL KAYIPLARI

- 3.1 Ani Genişleme Kaybı
- 3.2 Ani Daralma Kaybı
- 3.3 Depoya Giriş, Depodan Çıkış Kaybı
- 3.4 Dirsek Kayıpları
- 3.5 Çeşitli Tesisat Elemanlarının Oluşturduğu Kayıplar
- 3.6 Arka Arkaya Bağlanan Elemanların Kayıpları

Borularda sürtünmeden ileri gelen sürekli yük kayıpları yanında, akım yönünün ve kesit değişmesinin neden olduğu yerel yük kayıpları da vardır. Yerel yük kayıpları boru boyuna bağlı değildir ve çok kısa aralıkta enerji çizgisinin düşmesine neden olurlar.

3.1. Ani Genişleme Kaybı



Şekil 3.1. Boru Kesiti

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi A_1 kesitli borudan akmakta olan akışkan ani olarak daha büyük kesitli (A_2) borudan akmak durumunda kalırsa şekilde görüldüğü gibi 0 kesitinde ölü bir akışkan bölgesi meydana gelir. Bu bölgede bir p_0 basıncı oluşur. (1) ve (2) kesitleri arasında meydana gelen momentum değişimi, p_0 , p_1 ve p_2 basınçlarının sebep olduğu kuvvetlerin toplamına eşit olmalıdır (White, 1999).

$Q=A_1.V_1=A_2.V_2$ den,

$$\frac{P_2-P_1}{\gamma} = \rightarrow \frac{P_2-P_1}{\gamma} = \frac{2(V_1V_2-V_2^2)}{2g} \quad (3.1)$$

(1) ve (2) noktaları arasında Bernoulli denklemi yazılırsa,

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta h_{1,2} \quad (3.2)$$

$\Delta h_{1,2}$: 1-2 kesitleri arasında ani genişlemeden dolayı meydana gelen enerji kaybı,

$$\Delta h_{1,2} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} - \frac{P_2-P_1}{\gamma} \quad (3.3)$$

(3.1) yerine yazarsak sonuçta,

$$\Delta h_{1,2} = \frac{(V_1-V_2)^2}{2g}$$

olur. Süreklilikten ($A_1.V_1 = A_2.V_2$) $V_2 = (A_1/A_2).V_1$ değerini yerine yazarsak,

$$\Delta h_{1,2} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$$

olur. Burada $k_1 = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$ dersek,

$$\Delta h_{1,2} = k_1 \frac{V_1^2}{2g} \quad (3.4)$$

bulunur.

4. H34 BORU ENERJİ KAYIPLARI CİHAZIN TANITIMI



Şekil 4.1. H34 Boru Enerji Kayıpları

Boru hattı bütün çalışır ve şu parçaları içerir:

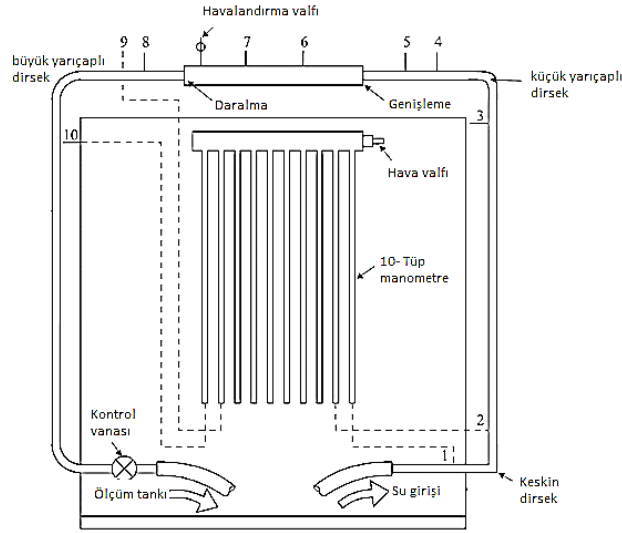
- Dirsekler
- Kesit değişimleri
- Birleşimler
- Vanalar

Kayıplar parçaların daralması ve akış yönünde değişikliklerden kaynaklanır. Bu kayıplar da, boru duvarındaki sürtünme nedeniyle ilave kayıplar oluşur. Boru bağlantılarındaki kayıplar genellikle, toplam kayba önemli ölçüde katkı sağlar, bu yüzden onlar hakkında güvenilir bilgi sahibi olmak önemlidir. Bu cihaz, akış oranlarının (farklı debilerin), bir dizi içinde çeşitli parçaların tipik kayıplarını inceler (TecQuipment, 2015).

4.1. Genel

Şekil 4.2.'de gösterilen cihaz, arka dikey paneli ile bir taban bölmesi arasındaki dikey düzlemde desteklenen sert bir plastik malzemeden üretilen bileşenlerden oluşur, borular bütün bir şekilde çalışır. Su, H1 hidrolik Benchden gelen boru girişine verilir ve çıkışında tezgâh ölçme deposuna boşaltılır. Deney sisteminde, boru boyunca aşağıdaki elemanlar bulunmaktadır:

- Keskin dirsek
- Küçük yarıçaplı dirsek
- Büyük yarıçaplı dirsek
- Boru çapında ani genişleme
- Boru çapında ani daralma

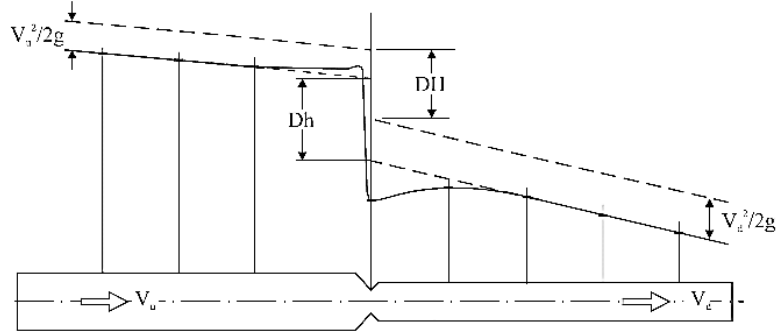


Şekil 4.2. Tertibatın genel gösterimi

Sisteme çok sayıda manometre bağlıdır. Piyezometre üst ve alt okumaları farkı bağlantı parçalarının kayıplarını veren hesaplamalarda kullanılır. Sistem manometre sayesinde atmosfere açılarak, havası boşaltılmış olunabilir. Ekipman içinden boru çıkışındaki vana ile akış hızı değiştirilebilir.

El pompası gerekirse manometrenin basınç aralığı arttırmak için, hava vanası ile kullanımı sağlanmaktadır. Bu cihaz karşılaştırmalı veya diferansiyel su seviye değerleri için kullanılır ve düzeneğin arka kısmındaki su mutlak basınç ölçümü (mm) için kalibre edilir.

4.2. Bir Boru Sistemindeki Toplam Yük Kaybının Ölçülmesi



Şekil 4.3. Bir boru bağlantısı kayıplarının şematik gösterimi

Şekil 4.3.'de dirsek veya vana gibi elemanlara sahip D_u çapında bir boru boyunca, V_u hızında akan akışkan görülmektedir. Ancak burada kolay anlaşılması açısından akışın bir kesiti gösterilmiştir. Kesitte, mansapta V_d hızına sahip D_d çaplı diğer bir boru boyunca su akmaktadır. Şekil, boru cidarına yerleştirilmiş olan basınç tüpleri yardımıyla boru boyunca akış olması durumunda basınç yükünün değişimini göstermektedir. Su, herhangi bir elemandan geçerken (vana, dirsek, daralma, vb.) suyun hızındaki ve yönündeki ani değişimler nedeniyle, elemanda yersel kayıplar oluşur. Mansap bölgesinde bu kayıplar azalmaya başlar ve bununla birlikte piyezometre yükü hafif lineer bir eğime sahip olur. Lineer sürtünme eğim menba ve mansap hatları, eleman boyunca çizildiğinde, bu elemandan kaynaklanan piyezometrik yük kaybı (Δh) bulunur. Buna karşılık gelen toplam yük kaybını (ΔH) elde etmek için boru boyunca menba ve mansap hız yüklerini de bulmak gerekir. Şekil 4.3.'ten:

$$\Delta H = \Delta h + \frac{V_u^2}{2g} - \frac{V_d^2}{2g} \quad (4.1)$$

4.3. Dirseklerde Ve En Kesit Değişikliklerinde Akış Özellikleri

Şekil 4 (a) , D çapına sahip bir sabit dairesel bir enine kesitte 90° dirsekten akış göstermektedir. Dirseğin yarıçapı merkez çizgisinden ölçülür ve R 'dir. Piyezometrik yük borunun dış yüzeyinde daha düşük iç yüzeyinde daha yüksek olduğunu, bu nedenle dirseklerden geçerken piyezometrik akış eğriliğinin, merkezden yayılı

biçimde eğimli şekilde olur. Akış dirseği terk ederken, bu piyezometrik akım eğriliklerini kaybederek başlangıçtaki gibi eşitlemek için, piyezometrik iç yüzey boyunca yükselmeye başlar. Bu akış artışını ayırt edebilmek için, sonraki çalkantının yatıştığı durumdaki kayıplar önceki durumla karşılaştırılarak gözlenebilir. Buna ek olarak, piyezometrik kotun merkezden yayılan biçimde eğimli bir şekilde olmasının yanında, ikinci bir çift şeklinde çapraz akış girdapları oluşur. Genel akış üst üste geldiğinde, sonuç olarak bir çift sarmal hareket oluşur, bu akışında önemli bir mesafe boyunca devam eder ve hangi dirsekte gerçekleşiyorsa oradaki kayıpları oluşturur. Kayıp katsayısı K değeri geometrik olarak R/D'nin bir fonksiyonudur. Bu orandan yola çıkarsak dirsekteki keskinlik daha az olduğunda, K değerinin düşmesi beklenebilir. R/D değeri 0,5 küçük olması için, dirseğin keskin bir iç köşesi olmalıdır. Bu durum için K değeri, genellikle yaklaşık olarak 1,4 olarak alınır. R/D arttıkça, K değeri düşer, 0,2 kadar düşük olabilecek değerlere azaltıldığında R/D oranı, 2 ya da 3'e kadar çıkmaktadır. Bir açılı köşe için unutmayın, R/D oranı sıfırdır, ancak K değerleri, yaklaşık olarak 1,4-1,6 olmaktadır.

Tablo 4.1.' de üç farklı dirsek türleri için tipik kayıp katsayıları göstermektedir. Reynolds sayısına (Re) bağlıdır, ama çoğu amaç için bu ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Tablo 4.1. 90 ° dirsek türleri için tipik kayıp katsayıları

Dirsek tipi (Hepsi 90 °)	Kayıp Katsayısı Aralığı
Keskin dirsek	1,4 - 1,6
Küçük yarıçaplı dirsek	1,1 - 1,4
Büyük yarıçaplı	0,2 - 0,8

5. H1D HİDROLİK BENCH

5.1. Genel



Şekil 5.1. H1D Volumetrik Hidrolik Bench

Volumetrik Hidrolik Bench kendine yeten bir mobil su kaynağı ve ölçüm sistemi olarak çalışır. Bench' in gövdesin de su deposu olarak bulunuyor. İçerisinde sirkülasyon akışını oluşturmak için elektrikli bir su basabilir pompa ve bir elle çalıştırılan su kontrol vanası vardır. Kullanıcıların doğru su akışını ölçmek için basit birim ölçüm sistemi vardır. Hidrolik Bench küçük bir 'ağız' ile düz bir kapağa sahiptir.

Bunların Akışkanlar Mekaniği aralığı seçilen deneyler ile kullanım için TecQuipment' in tavsiyesi hidrolik Bench, ancak yararlı bir su kaynağı olarak herhangi bir başka uygun deneyler ile çalışma ve ölçüm sistemi vardır. Ayrıca daha büyük bir miktar suya ihtiyaç olduğu durumda ya da sadece kendi akış hızını ölçmek için gerektiğinde diğer su kaynaklarına bağlanabilir (TecQuipment, 2015).

6. YÖNTEM: DENEYİN YAPILIŞI

1. Hava vanası açılır
2. Aletin vanası tamamen kapatılır



Şekil 6.1.



Şekil 6.2.

3. Pompa çalıştırılır...

7. BULGULAR

7.1. Boru Ve Ek Parçaları Boyutları

Küçük çaplı boru; $D_1 = 22.5$ mm; $A_1 = 3.97 \times 10^{-4}$ m²

Küçük yarıçaplı dirseğin merkez çizgisine yarıçap; $R_e = 14$ mm.

7.2. Diferansiyel Piyezometre Ölçümleri Ve Toplam Yük Kaybı

Ölçülen akış debisi Q (lt/s) ise A_1 m² ve A_2 m² alanlı borular boyunca oluşan akım hızları (V_1 ve V_2) şöyledir.

$$V_1 = \frac{10^{-3}Q}{A_1} \text{ m/s} \quad \text{ve} \quad V_2 = \frac{10^{-3}Q}{A_2} \text{ m/s} \quad (7.1)$$

Deneyler sırasında yapılan ölçümlerden elde edilen piyezometrik kotlar Tablo 7.1.' deki gibi kaydedildi (genişlemede ölçümler negatif okunmuştur).

Tablo 7.1. Çeşitli akım oranlarında piyezometrik yük kayıpları

			Diferansiyel piyezometre okumaları (mm)				
Q_{ty}	Zaman	Q	Keskin dirsek	Küçük yarıçaplı dirsek	Genişleme	Daralma	Büyük yarıçaplı dirsek
(l)	(s)	(l/s)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
15	30,2	0,497	91	80	-23	65	50
15	32	0,469	82	77	-20	60	45
15	40,3	0,372	53	50	-15	35	30

8. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada; borularda, boru bağlantı elemanlarında ve geçiş borularında enerji kayıplarının genel tanıtımları yapılmıştır. Her biri geniş bir araştırma malzemesi olan bu konuların önemli ve deney aletiyle ilgili olan kısımları ele alınmıştır.

Bu çalışmada ortaya konulmak istenen esas amaç; deneysel çalışma sonuçlarının gerçek hayata uyarlanıp boru bağlantı elemanlarının ve boyutlarının seçiminde yersel kayıpların öneminin ne derecede olduğunun verilerle değerlendirilmesidir.

Tablo-2' de ve grafiklerde gösterilen çeşitli geçiş borularıyla elde edilen deneysel sonuçların; incelenerek dirseklerde r yarıçapı büyüdüğünde kayıp değerinin azaldığı, bu kayıplardan en fazla olanının 90°lik dirsekte meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Grafik yardımıyla daha doğru k değerleri elde edebilmek için, deney sayısı artırılıp doğrunun denklemi daha net bir şekilde oluşturulabilir.

9. KAYNAKLAR

Moffatt, R.J., (1988), “Describing the Uncertainties in Experimental Results”, *Experimental Thermal and Fluid Science* , vol. 1, pp.3-17

Sümer, B.M., Ünşal, İ. ve Bayazıt M. (2013), “Hidrolik”, Birsen Yayınevi, 316 sayfa, İstanbul.

White, F.M., (1999), “Fluid Mechanics”, McGraw-Hill, 825 sayfa, USA.

Tecquipment, www.tecquipment.com, son ziyaret tarihi; Şubat 2015.