

**Ahmet İNAN**  
**Ali KOÇ**

### Abstract:

In this study, the limits of Batman Dörtüyl Crude oil Pipeline - which had took attention of the press because of the drain off of crude oil into the Atatürk Dam in 2005 because of overlooking the pressure values- is going to be analyzed. Firstly the reasons of the pressure drops in the pipelines and the methods of calculation are going to be explained and fluid flow in the pipeline is going to be studied and then, in the light of this information the pressure drop in the pipeline for different types of crude oil will be found and the actual capacity is going to be calculated. The found capacity and the actual operating capacity will be compared.

Starting from here, capacity is going to be calculated for to use Batman Dörtüyl crude oil pipeline for to transport Northern Iraq oil via Turkey lands which is so much discussing nowadays.

### Key Words:

Botaş, Crude Oil, Pipeline, Pressure Drop, Northern Iraq Oil.

# Batman-Dörtüyl Petrol Boru Hattı İşletmesinin İncelenmesi ve Kuzey Irak Petrolü İçin Kapasitesinin Hesaplanması

## ÖZET

*Bu çalışmada daha önce basınç değerlerinin dikkatten kaçması sebebiyle, 2005 yılında Atatürk Barajı'na akıtılan on binlerce ham petrol ile basının da gündemine gelen Batman-Dörtüyl Ham petrol boru hattının limitleri incelenecektir. Öncelikle boru hatlarında basınç kayıplarının sebepleri ve hesaplanma yöntemleri verilecek, akışkanın boru içerisindeki davranışı incelenecek ve bu bilgiler ışığında operasyondaki ham petrolün cinsine göre boru hattı boyunca olan basınç kayıplarına bakılarak boru hattının mevcut kapasitesinin hesaplanması yapılacaktır. Bilinen kapasite değeri ile karşılaştırılarak uygulamada kapasitenin ne kadar kullanıldığı irdelenecektir.*

*Buradan yola çıkarak son günlerde sıkça konuşulan Kuzey Irak Petrolünün Türkiye üzerinden taşınması durumunda Batman Dörtüyl Boru hattının kullanılması durumunda kapasitesinin ne olacağı konusu irdelenecektir.*

**Anahtar Kelimeler:** Botaş, Ham Petrol, Boru Hattı, Basınç Kaybı, Kuzey Irak Petrolü.

## 1. GİRİŞ

Sıvı taşımacılığında en çok kullanılan yöntem Boru hattı ile taşımadır. Özellikle ham petrol ve akaryakıt gibi enerji üretilen sıvıların taşınması için oldukça yaygın olarak boru hatları ile taşıma yapılmaktadır. Boru hatları ile yapılan taşımalarda ise en önemli parametre basınç değerleridir. Tüm sistem basınçlandırma ile iletim mantığı üzerine kuruludur. Bu sebeple her sistemin kritik basınç değerleri ile alt ve üst limit değerleri kullanıcı tarafından çok iyi analiz edilmelidir.

BORU HATTI TEKNİK ÖZELLİKLERİ [ 1 ]	
Batman – Dört Yol Boru Hattı Uzunluğu	511.119 metre, (495.683 varil)
Batman – Diyarbakır İst. Arası	104.580 metre, (101.422 varil)
Diyarbakır İst. – Sarıl İst. Arası	253.296. metre, (245.646 varil)
Sarıl İst. – Dört Yol Terminali Arası	153.243 metre, (148.615 varil)
Boru dış çapı	18 inç (45.72 cm)
Boru et kalınlığı (Normal Güzergâhlar)	0.281 inç (0.713 cm)
Taşınan Gravite	21 API - 33 API
Spesifik Gravite(ton/m <sup>3</sup> )	0,9280 - 0,8450
İşletme basıncı max.	65 bar
Akış Hızı(V)	0,53 m/sn – 0,80 m/sn
İşletme sıcaklığı	Min: 25°F, max: 150°F
Mevcut Kapasite	70.000 varil/gün,1992 Yılı: 86.400 varil/gün

Türkiye'nin ilk ham petrol boru hattı olma özelliğine sahip Batman Dört Yol Ham Petrol Boru Hattı, Batman ve çevresinden çıkarılan ham petrolü taşımak üzere 4 Ocak 1967 tarihinde Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı tarafından işletmeye açılmış ve mülkiyeti, 10 Şubat 1984 tarihinde BOTAS'a devredilmiştir. Batman-Dört Yol Boru Hattı Batman Terminalinden başlamakta Sırasıyla Bismil, Diyarbakır Merkez, Pirinçlik Pompa İstasyonu, Siverek, Hilvan, Bozova, Araban, Sarıl Pompa istasyonu, Pazarcık, İslâhiye, Bahçe ve Osmaniye il ve ilçe sınırlarından geçerek Hatay Dört Yol'un 7 km kuzey batısına kurulmuş bulunan Dört Yol terminalinde sona ermektedir.

65 bar işletme basıncı bulunan ham petrol boru hattında yıllık kapasite 31.536.000 olup, güncel durumda yıllık taşıma miktarı yaklaşık 11.000.000 varildir. % 35 kapasite ile çalışan boru hattı son günlerde Irak petrolünün taşınması için kullanılması düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı Batman Dört Yol boru hattının

çalışma prensiplerini açıklamak ve Irak petrolü taşınması halinde, boru hattının yeterliliği ve kullanılabilirliğini hesaplamaktır.

## 2. BORU HATTI HİDROLİĞİ

Hidrolik, genel anlamda durgun veya hareket halinde bulunan sıvıların hareketlerini ve bunların ilgili tesislerle olan karşılıklı ilişkilerini inceleyen bilim dalıdır. Kural olarak bir boru içerisinde iki farklı akış şekli görülebilir. Tüm basınç ve debi gibi hesaplar bu iki akış şekline göre seçilir. Bu iki akış şekli ise kararlı akış (steady state) ve Kararsız akıştır (transient). [2]

### 2.1. Kararlı Akış

Eğer boru içerisinde özkütle, hız, basınç, sıcaklık gibi sıvının özellikleri zamana göre değişmiyor ise bu akış için kararlı akış diyebiliriz. Bu durumda akış hızı, ürün miktarı ve boru boyunca tüm kesitlerdeki basınç sürekli aynı kalır. [3] Dizayn yapılırken kararlı akımda sadece birkaç parametreye bakılır. Bunlar; hidrolik eğim (basınç çizgilerinin eğimi), gözlemlenen boru hattı kesitindeki basınç kayıpları ve tüm boru hattı boyunca en yüksek ve en düşük basınç değerleridir. Boru hattının çapı, malzemesi, pompa istasyonları sayısı ve ne tür pompa seçileceği bu bilgiler göz önüne alınarak tasarlanır.

**Kural:** Pompa çalışmaya başladıktan sonra her boru hattı sistemi zamanla pompanın basma kuvveti ile oluşacak güç girişi, sürtünmelerden dolayı oluşacak direnç kuvveti, özel hallerdeki kayıplar ve rakım farkında dolayı oluşan direnç kuvvetleri yenerek sabit basınç çizgileri, sabit akış hızı ve sabit ürün miktarı eşitlik sağlayıp kararlı hale gelmeye çalışacaktır.

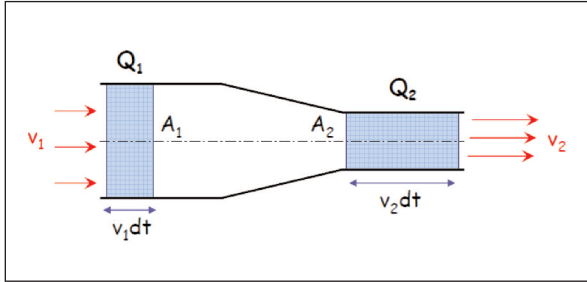
Bazı durumlarda pompalara ihtiyaç yoktur. Örnek olarak; eğer boru hattının başlangıç noktası bitiş noktasından daha yüksekte ise burada akışı sağlamak için pompaya ihtiyaç yoktur. Burada boru hattına akışı sağlayacak güç yerçekimi tarafından sağlanır. Bu durumda bile bir süre sonra boru hattının içinde etki eden kuvvetler stabil hale gelerek kararlı bir tutum göstereceklerdir. Kararlı akışlar için sıvının sıkıştırılabilirliğini ve boru hattı malzemesinin elastikliğini gözardı etmemiz mümkündür.

## Makale

## 2.2. Sürtünme Kayıpları Hesabı

Kararlı akışlar için en temel kullanılacak olan formül süreklilik denkleminde türetilen maddenin korunumu prensibidir. Bu kanun, kapalı bir boru hattı sisteminde eğer özkütlenin basınç ve sıcaklıkla değişmediği varsayılırsa ürün miktarının tüm boru hattı boyunca eşit olduğunu söylemektedir. [4]

### Süreklilik denklemi:



Şekil-1 : Süreklilik Denklemi [3]

$$Q_1 = Q_2 = A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2 = \text{sabit} \quad (1)$$

Bu durumda eğer;  $A_1 > A_2$  ise  $v_2 > v_1$  olur.

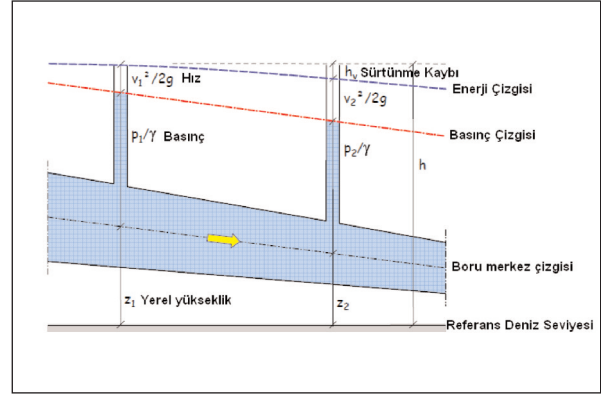
Burada;

Q: Debi

A: Kesit Alanı

v: Akış Hızı

Boru hattındaki akış koşullarını incelemek için ikinci temel kural ise BERNOULLI denklemdir. Buna göre sabit bir akımda, bir yolda hareket eden akışkanın sahip olduğu tüm mekanik enerjilerin toplamı yine bu yol üzerindeki her noktada eşittir. [4] Bu ifade kinetik ve potansiyel enerji toplamalarının sabit olduğunu ifade eder. Bu yüzden akışkanın hızındaki herhangi bir artış, akışkanın dinamik basıncını ve kinetik enerjisini orantılı olarak artırırken statik basıncını ve potansiyel enerjisini düşürür.



Şekil-2 : Bernoulli Denklemi [3]

Kinematik viskozite

$$\gamma = \rho \times g \quad (2)$$

Denklemden yerine koyulursa, Bernoulli denklemi:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + h_v = h = \text{sbt} \quad (3)$$

olarak yazılır.

Burada;

$\gamma$  : kinematik viskozite

$\rho$  : akışkanın yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$

$g$  : yerçekimi ivmesi,  $\text{m/s}^2$

$z$  : akışkanın referans yatay bir düzleme göre konumu, m

$P$  : akışkan taneciğine uygulanan basınç, pascal ( $\text{Newton/m}^2$ )

$v$  : akışkan taneciğinin hızı,  $\text{m/sn}$

## 2.3. Laminer Akış

Akışkanın her taneciği sabit hızda, boru eksenine paralel hareket ederek boru içerisinde düzgün bir akımın oluşmasını sağlar. ( $Re < 2300$ ).

## 2.4. Türbülanslı Akış

Akışkanın her taneciği farklı hız ve yönde gelişigüzel hareket eder ve girdap oluşur. Bu nedenle boru kesitinde düzgün olmayan bir akımın oluşmasına sebebiyet verirler.

Akım şartlarının belirlenmesinde Reynolds ( $Re$ ) sayısının büyüklüğü önemli bir parametredir

( $Re > 2300$ ).  $Re$ , 2300'e çok yakınsa sistem kararsız olup, Laminer ve türbülanslı akış arasında salınır. [5]

$$Re = \frac{v D}{\gamma} \quad (4)$$

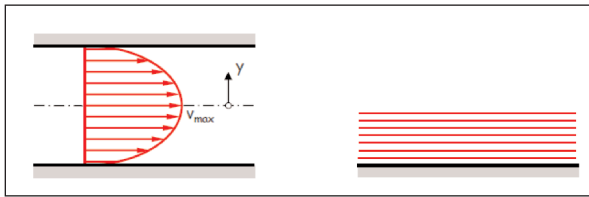
Burada;

$Re$ : Reynolds sayısı

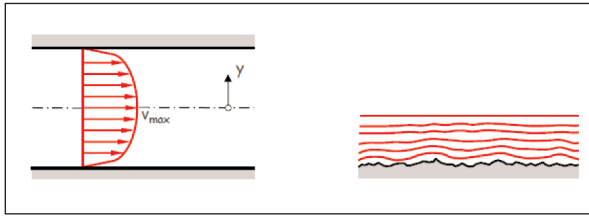
$v$ : akışkanın boru içindeki ortalama hızı, m/sn

$D$ : borunun iç çapı, m

$\gamma$ : akışkanın kinematik viskozitesi,  $m^2/sn$



Laminer akış



Türbülanslı akış

Şekil-3: Laminer ve Türbülanslı Akış [3]

## 2.5. Basınç Kayıpları Nerelerden Gelir

- $h_{geo}$  = Pompalanan yer daha yüksekse coğrafi kayıp; pompa her halükarda bu yüksekliği yenmelidir.
- $h_v$  = Boru sürtünme kaybı; borunun malzemesine (çelik-pvc), iç çapına, pürüzlülüğüne, petrolün düzgün veya türbülanslı akışına, hızına, akışkanın viskozitesine bağlı olarak değişir. Boru hatlarında hidroliğin temeli bu parametrede yatar.

- $h_s$  = Lokal kayıplar; güzergâhta borunun keskin dönüşler yapması, hat üzerinde boru çapında olmayan vanalar vb.

Bu durumda Pompanın yenmesi gereken kayıp:

$$H = h_{geo} + h_v + h_s \quad (5)$$

olarak tanımlanır. [6]

**Sürtünme kayıpları:** Petrolün özelliklerine (özellikle viskozite, graviteye), akışkan durumuna (düzgün-türbülanslı), debi, hız, borunun özelliklerine (çap, malzeme olarak çelik, plastik, pürüzlülük katsayısı v.s) gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterir. Boru ve petrol aynı olsa dahi çalışma şartlarına göre, yani akış debisine göre sürtünme kayıpları farklıdır. Yani her debide sürtünme kayıpları aynı değildir.

Sürtünme kaybı hesabı için yukarıda belirtilen parametrelere bağlı formüller vardır.

Toplam kayıplar için formülümüz

$$h = h_{geo} + h_v + h_s$$

$$h = h_{geo} + \sum \lambda x(l/d)x(v^2/2g) + \sum h_s \quad (6)$$

$$h = h_{geo} + \sum (\lambda * l * v^2) / (d * 2 * g) + \sum h_s \quad (7)$$

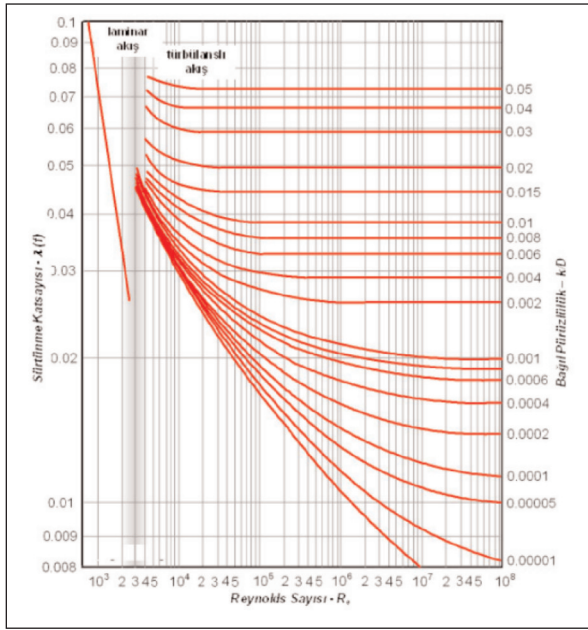
Şeklinde borudaki toplam kayıp hesabı yapılır.

Burda ( $\lambda$ ) lamda'ya boru sürtünme katsayısı denir. Boru ve akışkanla ilgilidir. Grafik yardımıyla hesaplanır. [6]

### Lamdanın ( $\lambda$ ) bulunması:

Lamdayı hesaplamak önce daha önce formülü verilen Reynolds sayısı bulunur ve aşağıda verilen moody diyagramında kırmızıçizgi ile kesleştirilerek lamda bulunur.

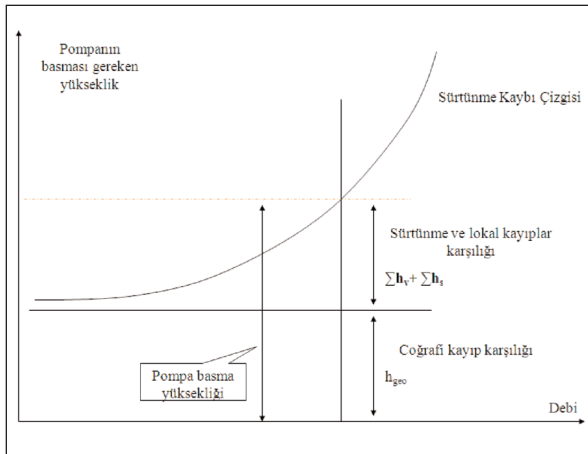
## Makale



Şekil-4 : Moody Diyagramı [7]

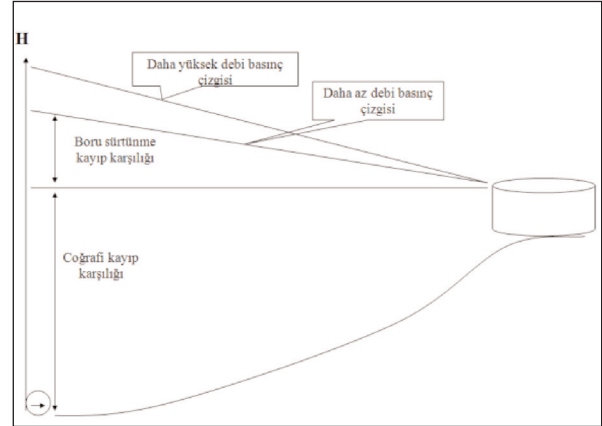
## 2.6. Borunun Akışkana Karşı Direnci

Boru hattındaki akışkanın direnci Debi ile direkt olarak ilgilidir ve seçilecek pompa tipi ve gücünü en çok etkileyen değerdir. En temel olarak debi arttıkça sürtünme kaybı artar denilebilir. Aşağıda verilen şekilde debi ile pompanın basması istenilen yükseklik arasındaki ilişki incelenmiştir. Debi arttıkça coğrafi kayıp sabit kalır ancak sürtünme kayıpları arttığı için istenilen çalışma şartlarını sağlayabilmek için daha yüksek basınçlı pompa seçilmeli veya pompa basıncı artmalıdır.



Şekil-5: Borunun Akışkana Karşı Direnci [6]

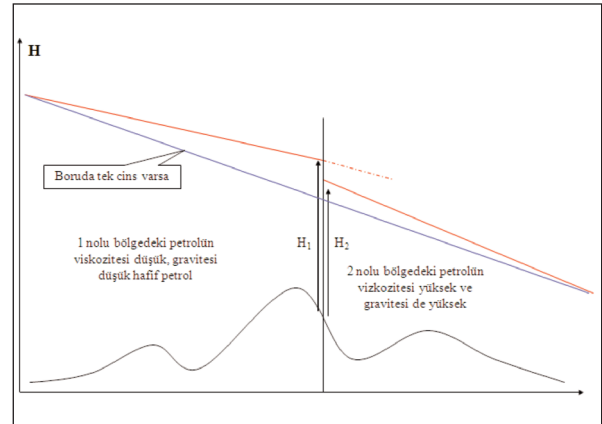
Aşağıdaki şekilde de pompanın debi değiştiğinde ne kadar daha akışkanı ne kadar yükseğe çıkarması gerektiği görülüyor şekilde görüldüğü gibi coğrafi kayıp karşılığı sabit olmasına karşın debi arttıkça pompanın akışkanı daha yükseğe çıkarması gerekmektedir.



Şekil-6: Pompanın Debinin Değişmesiyle Çalışması [6]

## 2.7. Farklı Türde İki Petrolün Borudaki İlerleyişi

Boruda çap değişmiyor, akış debisi de değişmiyor ancak farklı petrol varsa basınç eğrileri farklı olur. Bunun sebebi her farklı özellikteki akışkanın viskozitesinin farklı olmasıdır.



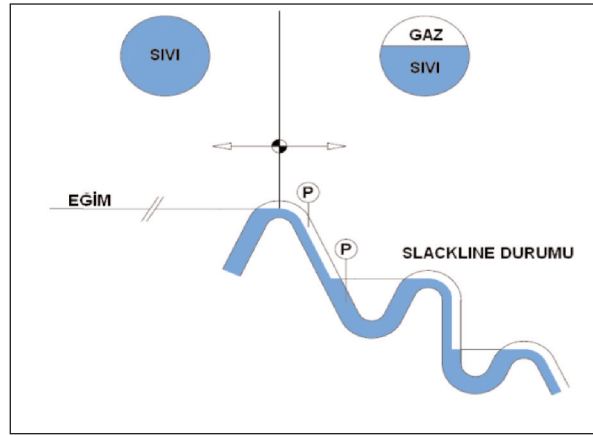
Şekil-7: Boruda İki Farklı Akışkan Varsa Basınç Çizgisinin Değişimi [6]

## 2.8. Tighline ve Slackline Çalışma

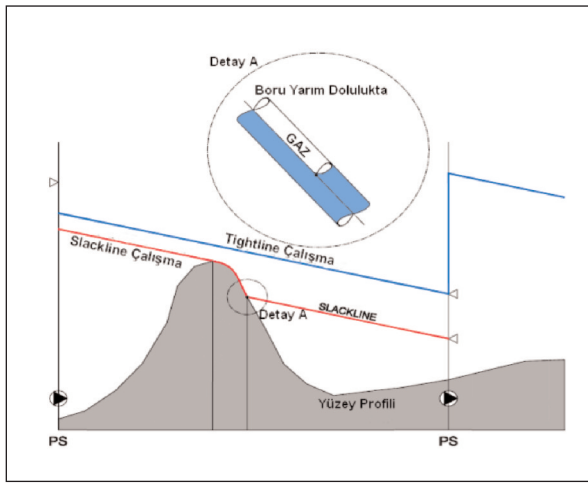
Tighline çalışma, akışkanın borunun içerisinde hiç boşluk bırakmayacak şekilde ilerlemesidir. Bu aslında istenilen çalışma durumudur. Bu durumda verim-

lilik yüksektir ve boru hattı içerisinde hiç boşluk olmayacağından daha güvenli bir çalışma ortamı oluşacaktır.

Slackline çalışma şartı ise borunun tamamının akışkan ile dolu olmaması durumunda gerçekleşir. Yani boruda hava boşlukları vardır. Bu çalışma türü Boru hattı tasarımında önemli hususlardan biridir. Slackline çalışmada boru içerisinde petrol; gaz ve sıvı fazlarında bulunur. Bu bölgede vuruntu olur. İç korozyon olur. İstenmeyen bir işletme ortamıdır. [8]



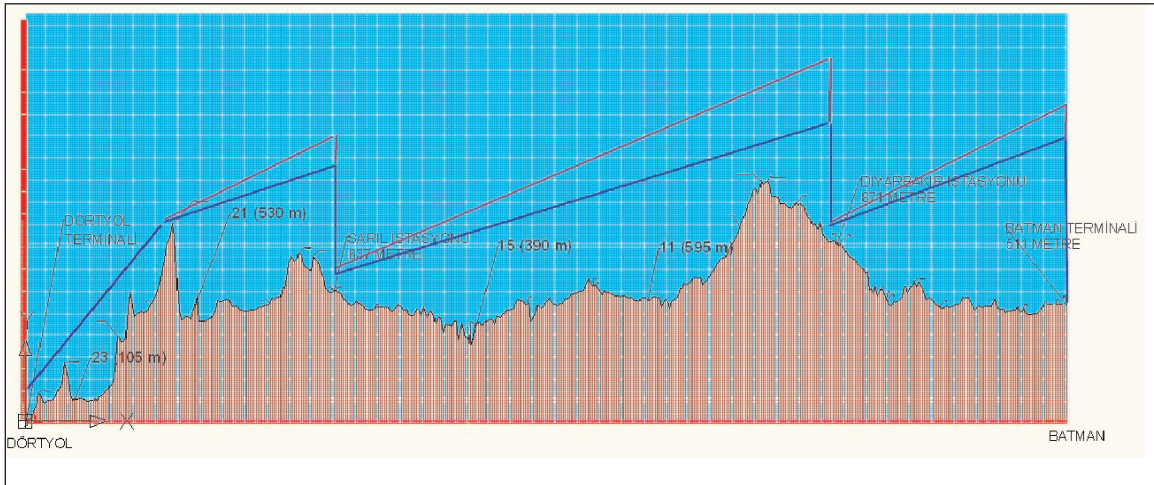
Şekil-9: Boru İçerisinde Slackline Çalışma Durumu[3]



Şekil-8: Tightline Ve Slackline Çalışma Şartlarında Basınç Eğrisi [3]

Slackline çalışma durumunda oluşacak güçlükler:

- Akış anında gaz-sıvı birleşim anında boruda vuruntu olur ve ses gelir.
- Gaz fazlı yerlerde petrolün içindeki gazlar özellikle H<sub>2</sub>S boruyu içinden korozyona uğrattır.
- Leak dedection yakalama programını yapamaz, program çalışmaz.
- Hidrolik kayıp, sürtünme hesaplarını karıştırır.
- Bazen boru tepe noktasında fazla gaz ve hava toplanmasından boruda air-block hadisesi yaşanır.



Şekil-10: Boru Hattı Boyunca Basınç Eğrileri

**Makale****3. Hidrolik Profili Üzerinde Hesaplamalar**

Boru hattı boyunca istasyonların konumlarına bakıldığı zaman kuruldukları yerde bulunma amaçları çok daha net bir biçimde görülmektedir. Batman istasyonundaki pompaların çalışma amaçları Petrolü Diyarbakır Pirinçlik istasyonuna kadar basınçlandırmak iken, Diyarbakır istasyonunun amacı ise petrolü öncelikle Karacadağ'ı aşdırtmak ve sürtünme kuvvetini yenerek 250 km boyunca Sarıl istasyonuna ulaştırmaktır. Sarıl istasyonunun amacı ise petrolü Nur Dağından aşdırtmaktır, şekilde de görüldüğü gibi Nur Dağından sonraki kısımda petrol yerçekimi etkisiyle herhangi bir basınçlandırma olmasa bile Dörtöl'a ulaşacaktır.

Bu bölümde bazı teknik hesaplamalar yaparak hat boyunca istasyonlar arasındaki basınç kayıplarını ve hangi debi için petrolü ne kadar basınçlandırmak gerektiğini incelenerek istasyonların konumları ile ilgili ve hattın kritik noktaları ile ilgili yorumlar yapılacaktır.

**3.1. Petrolün Hızı**

Bir diğer önemli husus da petrolün hızıdır. Aşağıdaki basit formül ile hesaplanabilir.

$$V=Q/A \quad (7)$$

Burada;

V : Hız

Q :Debi

A :Kesit Alanı'dır.

Bir örnek verirsek eğer, akış debisini 3000 varil /saat alalım (bu normal çalışma şartıdır) bu durumda Batman'dan hatta giren bir petrol ne zaman Dörtöl'a ulaşacağını şu şekilde hesaplarız:

$$A = \pi \times r^2 \quad (8)$$

$$= 3,14159 \times (44,292 \text{ cm})^2 = 0,154 \text{ m}^2$$

$$Q = (3000 \text{ varil/saat}) / (6,289 \text{ m}^3/\text{varil}) = 477,02 \text{ m}^3/\text{saat}$$

$$V = (477,02 \text{ m}^3/\text{saat}) / (0,154 \text{ m}^2) = 3095,99 \text{ m/saat}$$

Yukarıda bulunan hıza göre 511.119 metre olan Batmandan Dörtöl'a olan mesafeyi petrolün kat etmesi için geçen süre:

$$T = d/V \quad (9)$$

$$= (511.119 \text{ metre}) / (3095,99 \text{ metre/saat})$$

$$= 165 \text{ saat} \approx 6,9 \text{ gün}$$

olarak bulunur.

Öncelikle debiye göre hız analizi yapacak olursak:

**Tablo-1 Her Bir Debi (Varil/Saat) İçin Boru Hattının İçinde Petrolün Akış Hızı**

18" lik Boru için Petrol Hızı					
Debi varil/saat	Debi m3/saat	Debi m3/sn	Boru Kesit Alanı m2	Hız m/saat	Hız m/sn
2000	318,016	0,088	0,154	2063,994	0,573
2200	349,817	0,097	0,154	2270,393	0,631
2400	381,619	0,106	0,154	2476,792	0,688
2600	413,420	0,115	0,154	2683,192	0,745
2800	445,222	0,124	0,154	2889,591	0,803
3000	477,023	0,133	0,154	3095,990	0,860

**3.2. Basınç Kayıpları****3.2.1. Sürtünmeden Kaynaklı Kayıplar**

Boru hattı boyunca sürtünmeden kaynaklı basınç kayıplarını hesaplamak için öncelikle sürtünme faktörünü bulmamız gerekir. Bunun için:

$$f = 64 / Re \quad (10)$$

Formülü kullanılır. Burada;

f = boyutsuz sürtünme faktörü

Re = Reynold sayısıdır ve;

$$Re = V \cdot ID / \nu \quad (11)$$

Formülü ile hesaplanır. Burada;

V = ortalama akış hızı (m/s)

$\nu$  = kinematik viskozite

ID = boru iç çapıdır

İç çapı hesaplamak için kullanılacak formül:

$$ID : OD - 2w_t \text{ (mm)} \quad (12)$$

OD : anma çapı

$w_t$  : et kalınlığıdır.

Reynolds sayısını bulmak için öncelikle kinematik viskoziteyi bilmemiz gerekir. Batman - Dörtüyl boru hattında pompaj yapılan petrolerin viskozitesi 200 – 280 cSt (Sentistrops) arasında değişmektedir. Genel olarak API Gravite yükseldikçe viskozite düşer ve API Gravite düştükçe viskozite yükselir ancak yine de viskozite graviteye bağlı bir değer olmayıp deneysel olarak bulunur. Her gravitede düşük ve yüksek viskoziteler bulunabilir. Türkiye petroleri için deneysel bulunan değerlere bakarsak Batman'da üretilen ham petrol için ortalama 260-280 cSt, Diyarbakır'da üretilen petroler için ortalama 200-225 cSt, Sarıl'da üretilen petroler için ise yaklaşık 225-250 cSt arasında bulunmaktadır. [9]

Basınç Kaybı ise Darcy eşitliğinden:

$$H_L = \frac{f \times V^2 \times L}{2g \times ID} \quad (13)$$

Hesaplanır. Burada;

$g$  : yerçekimi ivmesi

$L$  : Boru uzunluğu'dur

Bu bulduğumuz viskozite değerlerine göre 18" lik boru için Reynolds sayısına, buna bağlı olarak da sürtünme katsayısına ve basınç kaybına bakalım. Sadece sürtünmeye bağlı olarak oluşacak basınç kayıpları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Aşağıda tüm Reynolds sayılarına bakıldığında akışın Laminer olduğu görülmektedir.

**Tablo-2: Farklı Debi Değerleri (Varil/Saat) İçin Sürtünmeden Kaynaklı Basınç Kayıpları (m Su Sütunu)**

Debi 3000 varil/saat için					
cSt	Reynolds	f	HL (m) (Batman- Diyarbakır arası 104.580 m)	HL (m) (Diyarbakır- Sarıl Arası 253.296 m)	HL(m) (Sarıl-Dörtüyl Arası 153.243 m)
200,0	1789,32	0,0358	281,01	680,62	201,53
240,0	1491,10	0,0429	337,21	816,74	241,83
280,0	1278,09	0,0501	393,41	952,86	282,14

Debi 3200 varil/saat için					
cSt	Reynolds	f	HL (m) (Batman- Diyarbakır arası 104.580 m)	HL (m) (Diyarbakır- Sarıl Arası 253.296 m)	HL(m) (Sarıl-Dörtüyl Arası 153.243 m)
200,0	1908,61	0,0335	299,74	725,99	214,96
240,0	1590,51	0,0402	359,69	871,19	257,96
280,0	1363,29	0,0469	419,64	1016,39	300,95

Debi 3400 varil/saat için					
cSt	Reynolds	f	HL (m) (Batman- Diyarbakır arası 104.580 m)	HL (m) (Diyarbakır- Sarıl Arası 253.296 m)	HL(m) (Sarıl-Dörtüyl Arası 153.243 m)
200,0	2027,90	0,0316	318,48	771,36	228,40
240,0	1689,92	0,0379	382,17	925,64	274,08
280,0	1448,50	0,0442	445,87	1079,91	319,76

Debi 3600 varil/saat için					
cSt	Reynolds	f	HL (m) (Batman- Diyarbakır arası 104.580 m)	HL (m) (Diyarbakır- Sarıl Arası 253.296 m)	HL(m) (Sarıl-Dörtüyl Arası 153.243 m)
200,0	2147,19	0,0298	337,21	816,74	241,83
240,0	1789,32	0,0358	404,65	980,09	290,20
280,0	1533,70	0,0417	472,10	1143,43	338,57

Debi 3800 varil/saat için					
cSt	Reynolds	f	HL (m) (Batman- Diyarbakır arası 104.580 m)	HL (m) (Diyarbakır- Sarıl Arası 253.296 m)	HL(m) (Sarıl-Dörtüyl Arası 153.243 m)
200,0	2266,48	0,0282	355,95	862,11	255,27
240,0	1888,73	0,0339	427,14	1034,54	306,32
280,0	1618,91	0,0395	498,32	1206,96	357,38



**Makale****3.2.2. Kot Farkından Dolayı Oluşan Basınç Kaybı**

Şekil-10'da hidrolik grafiğe bakıldığında Batman'ın kotu 511 metre, Diyarbakırın kotu 871 metre, Sarıl'ın kotu 637 metredir. Sarıldan sonra aşılması gereken kot olan Nurdağı ise 968 metredir. Buna göre Batmandan Diyarbakıra 360 metre, Sarıldan Nur Dağına ise 331 metre kayıp oluşmaktadır. Diyarbakırdan Sarıl'a ise 234 metrelik bir basınç kazanımı oluşmaktadır.

**4. KUZEY IRAK PETROLÜ İÇİN KAPASİTE HESAPLANMASI**

Kuzey Irak petrolünün Batman Dörtüyl Boru hattı ile Türkiye'ye taşınması için ilk etaplarda düşünülen kara tankerleri ile Batman'a kadar petrolün getirilmesi oradan boru hattı ile Dörtüyl terminaline ve oradan da deniz yolu ile rafinerilere sevk yapılması planlanmaktadır. Daha önce körfez savaşından önce bu sistem bir süre devam etmiş ancak savaş dolayısıyla iptal edilmişti. Şu anda tekrardan gündeme gelen konu ile ilgili ilk etapta Batman Dörtüyl Boru hattı ile taşınması ancak daha sonra yeni boru hattı ile kapasitenin arttırılması planları yapılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde Kuzey Irak petrolü taşınması durumunda kapasitenin ne olacağı üzerinde durulacaktır.

Yukarıdaki basınç kayıplarını göz önüne alarak her bir istasyondan pompaj yapılması durumunda ne kadar basınç gerektiğine bakalım.

Örnek olarak, Batman'dan 2600 varil/saat debi Kuzey Irak petrol pompaj yapıldığında (cSt:200);

Batman'dan Diyarbakır'a kot farkı 360 metredir. Yani yaklaşık 360 metrelik su sütunu;

Diyarbakır'dan pompaların emiş yapabilmesi için en az 5 bar basınç gerekiyor, yani yaklaşık 50 m su sütunu daha basınç yüksek olması gerekir.

1 bar su basıncı 10,1972 metre su sütunudur.

1 bar basınçlı yaklaşık 0,8600 spesifik graviteli petrol basıncı  $10,1972 / 0,8600 = 11,857$  metre su sütunu yapar.

Öyleyse gereken basıncı bulmak için:

$$\text{Pompa Basıncı} = \text{Basınç Kaybı/Su Sütunu} \quad (14)$$

Formülünü kullanırsak 2600 varil / saat için:

Sürtünme kaybı Tablo-2'den yaklaşık 219 metre su sütunu;

$$\text{Pompa Basıncı} = (219 + 360 + 50) / 11,857 = 53,04 \text{ bar basınç gerekir.}$$

Yukarıdaki örnek üzerinden giderek Kuzey Irak petrolü için işletme durumunda her bir debi için basınç değerlerin Tablo-3'de hesaplanmıştır. Bu tabloda Batman sütunu ile kast edilen Batmandan Diyarbakır'a kadar olan kısımda gereken pompaj basıncını; Diyarbakır sütununda ise Diyarbakır'dan Sarıl istasyonuna kadar olan kısımda gereken basınç miktarını; Sarıl sütununda ise Sarıl istasyonundan Nur dağına kadar gereken basınç miktarıdır. Sarıl tarafından Dörtüyl'a pompaj yapılırken şekil 10'da görüldüğü gibi Nur dağından sonraki kısımda kot farkı sürtünmeden kaynaklı basıncı yeneceği için Nur dağının en üst yerine kadar olan kısım hesap edilmiştir.

**Tablo-3 Kuzey Irak Petrolü İçin Farklı Debilerde (Varil/Saat) Gereken Pompa Basınçları (Bar)**

KUZEY IRAK PETROLÜ İÇİN GEREKEN BASINÇLAR cSt=200			
DEBİ varil/saat	BATMAN Bar	DİYARBAKIR Bar	SARIL Bar
3000	58,28	41,83	45,04
3200	59,80	45,63	46,13
3400	61,40	49,51	47,31
3600	63,00	53,30	48,41
3800	64,52	57,18	49,59

Tabloyu incelediğimizde mevcut işletme şartlarında Irak petrolünün 3.800 varil/saat debi ile pompaj yapılabileceği gözükmektedir. Mevcut koşullarda sadece Irak petrolü taşındığı halde 33.288.000 varil yıllık taşıma kapasitesi görülecektir.

Ancak boru hattının kapasitesini hesaplarken Batman pompaj aynı anda hem Diyarbakır hem de Sarıl istasyonlarından enjekte olarak pompaj yapabilmekte olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sebeple boru hattının taşıma kapasitesi Batman tek başına giriş yaptığında 33.288.000 varil yıllık kapasiteye ulaşılabilmesine rağmen, enjekteli pompaj göz önünde bulundurulduğunda 4000 varil/saat taşıma kapasitesine ulaşabilmek mümkün olacaktır.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

- Tabloyu oluşturmak için alınan viskozite ve Gravite değerleri ortalama değer olup, her bir Gravite ve her viskozite değeri için değişiklik göstermektedir.
- Beklenildiği gibi düşük graviteli petrolü sevk etmek yüksek graviteli petrolü sevk etmekten daha zordur.
- Debi arttıkça sürtünme katsayısı da arttığı için gereken basınç da artmıştır.
- Boru hattı için güvenli çalışma basıncı 65 bar ile sınırlandırıldığı göz önünde bulundurularak, eğer kalın graviteli petrol sevk ediliyorsa saatlik en fazla yaklaşık 2500 varil sevk edileceği görülmektedir.
- Yukarıda hesaplanan basınç değerleri 50 F değerine göre hesaplanmıştır, sıcaklık arttıkça bu basınç değerleri düşecek, sıcaklık düştükçe yani kış şartları oluştuğunda bu basınç değerleri yükselecektir. Dolayısıyla sevk edilen saatlik varil miktarı azalacaktır.
- Irak petrolünün taşınması halinde günlük 91200 varil ve yıllık 33 milyon varil taşıma kapasitesi değerlerine ulaşılabilceği görülmüştür.
- Iraktan Batman'a kadar kara yolu ile tanker taşı-

macılığı yapılacak olursa bir tanker yaklaşık 180 varil ham petrol aldığı göz önüne alırsak günde 500 tanker ham petrol taşınması gerekmektedir. Bu da saatte 20 tanker ve 3 dakikada 1 tanker boşaltım yapması gerekmekte olduğunu gösterir. Bir tankerin boşaltım süresi yaklaşık 20 dakika olduğunu varsayarsak, bu kapasitede çalışmak için aynı anda en az 6 tankerin boşaltım yapabileceği bir istasyon kurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Botaş Boru Hatları İle Petrol Taşıma Uygulama Kitabı, Erdem Kunt.
2. <http://www.dersindir.net/hidrolikhidrologun-temelleri>
3. Baku-Tbilisi-Ceyhan Crude Oil Pipeline Project, Operator Training Hydraulic Hand-Out Document 2005
4. Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla, Yunus A. Çengel, Micheal A.Boles, Çeviren: Ali Pınarbaşı
5. Atıksu Arıtımının Esasları Eysel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı Ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, Prof. Dr. İzzet Öztürk, Dr. Hacer Timur, Dr. Ufuk Koşkan, 2005, T.C Çevre Ve Orman Bakanlığı
6. Petrol Boru Hattı Hidrolik Eğitimi, Cemil Uşak, 2011
7. Su Debisi Ve Boru Çapı Hesabı, İzobor, [Http://Www.İzobor.Com/Tr/Dokumanlar\\_Files/Su%20debisi%20ve%20boru%20capi%20hesabi.Pdf](Http://Www.İzobor.Com/Tr/Dokumanlar_Files/Su%20debisi%20ve%20boru%20capi%20hesabi.Pdf)
8. Beggs, H. D. And Brill, J. P. (1973) A Study Of Two-Phase Flow In Inclined Pipes, Journal Of Petroleum Technology, Transactions, 255, 607-617.
9. Botaş Batman Laboratuvar ölçüm sonuçları kayıtları, 2008, Botaş Batman Arşivi