

POMPAJ SULAMA SİSTEMLERİNDE ALUMİNYUM BORULAR İÇİN HAVA GİRİŞ VANALARI

Mehmet APAN (1)

ÖZET

Pömpaj sulama tesislerinde suyun boş borulara hızla doldurulması ya da boru içerisinde akmakta olan suyun aniden kesilmesi durumlarında boru içerisinde büyük basınç değişimleri oluşabilir. Boru şebekesinin bu basınç değişimlerinden zarar görmemesi için bazı önlemlerin alınması zorunludur. Bu makalede boru içerisinde oluşması muhtemel su darbesinden ve negatif basınç değerinin zararlı etkilerinden boru elemanlarını koruma yolları açıklanmıştır.

1. Su Darbesi

Bir boru içerisinde akan su aniden kesildiği zaman dinamik enerji elastik enerjiye dönüşür. Bunun sonucu boru içerisinde bir seri pozitif ve negatif basınç dalgası oluşur. Bu olay su darbesi olarak bilinir. su, sıkıştırılmaz bir sıvı olarak kabul edildiğinden, oluşan tüm sarsıntı su tarafından yutulamaz ve sarsıntı boru materyaline nakledilir. Su darbesinin şiddeti boru materyalinin elastikiyet modülü ve suyun kesilmesinden hemen önce boru içerisindeki akış hızına bağlıdır. Su darbesi, meyil yukarı pompalanan suyun ani olarak kesilmesi sonucu suyun meyil aşağı yönde geriye akması ve kontrol vanasının aniden kapanması sonucu oluşabilir. Ayrıca yağmurlama sistemlerinde ana ve lateral boru hatlarının hızlı bir şekilde su ile doldurulmaları durumunda, su büyük bir hızla boru hattının sonuna vardığı zaman da su darbesi oluşabilir.

Su darbesi nedeniyle oluşan fazla basınç aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$P = 5,65 \times 10^7 \frac{V}{g} \sqrt{\frac{E}{E + 10,6 d/t}}$$

Burada:

$$p = \text{Fazla basınç (kg/m}^2\text{)}$$

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü Öğretim Üyesi.

V= Akım hızındaki ani değişim (m/s)

E= Borunun elastikiyet modülü (kg/m²)

(Aluminyum borular için 7×10^9 ; PVC borular için 3×10^9 Çelik borular için $2,5 \times 10^{10}$ ve font borular için 22×10^{10} kg/m²)

d= Boru çapı (cm)

t= Boru cidarının kalınlığı (cm)

g= Yerçekimi ivmesi (m/s²)

Aluminyum borular için fazla basınç, boru içerisindeki her m/s hız için $6,8 \times 10^4 - 9,2 \times 10^4$ kg/m² arasında değişir. Belirtilen bu basınç değeri normal pompaj basıncına ek bir basınçtır.

Sulama sistemi planlayıcıları su darbesinin oluşmasına engel olmak veya oluşacak su darbesinden sulama sisteminin elemanlarını korumak için gerekli önlemleri almak zorundadır. Su darbesi aşağıdaki önlemlerden birisi ile zarsız duruma getirilebilir.

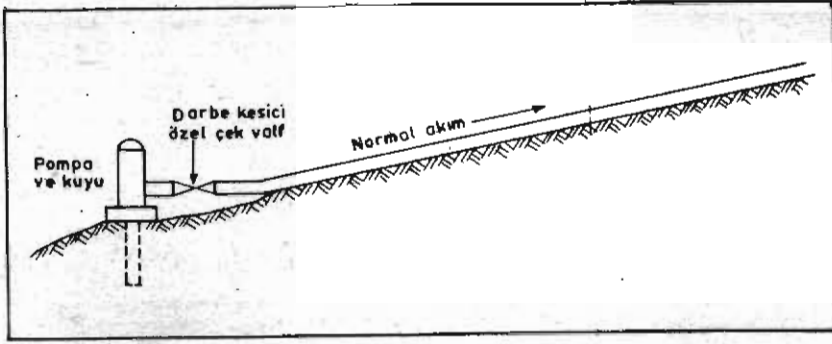
a) Meyil yukarı yönde ve uzun ana boru hattında pompaj durumu:

Bu durumda su darbesini yok etmek için ya özel darbe kesici kontrol vanaları kullanılır veya adi kontrol vanasının hemen ilerisinde bir hava odacığı monte edilir. (Şekil 1a ve 1b). Özel darbe kesici vananın kullanılması durumunda akış hızı sifıra eriştiğinde ve kontrol vanasına gelen salınım ters yönde hareket etmeden önce kontrol vanası kapatılarak darbe etkisi engellenir. Adi kontrol vanasının hemen ilerisinde bir hava odacığının kullanılması durumunda, odacıktaki hava, su darbesini yutarak etkisiz duruma getirir. Hava odacığındaki havanın yerine suyun dolması durumunda bu suyun arada bir boşaltılması gerekir.

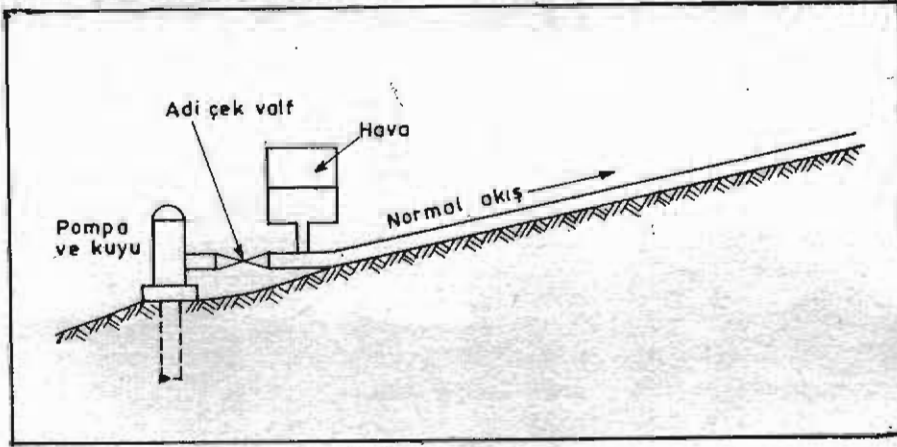
b) Büyük bir borulu sistemin pompajla doldurulması:

Boş olan borulu bir sistem pompajla su ile doldurulurken, hızlı doldurulması yerine normal işletme kapasitesinin $3/4 - 1/2$ 'si oranında su pompalanarak yavaş yavaş doldurulmalıdır. Boş borunun yavaş doldurulabilmesi için bir akış kontrol vanasının kullanılması gereklidir. Gömülü ana boru hatlarının sonuna bir hava odacığının monte edilmesi de yararlı olur. (Şekil 2).

Taşınabilir ana boru hatlarının sonuna özel darbe kesici tıplar yerleştirilerek su darbesi önenebilir. Bir lateral boru hattının hızlı bir şekilde su ile doldurulması durumunda darbe etkisini önlemek amacıyla, hava odacığının görevini yerine getirmek üzere en son yağmurlayıcıdan sonra borunun 3-6 m kadar uzatılması yararlı olur (Şekil 3).

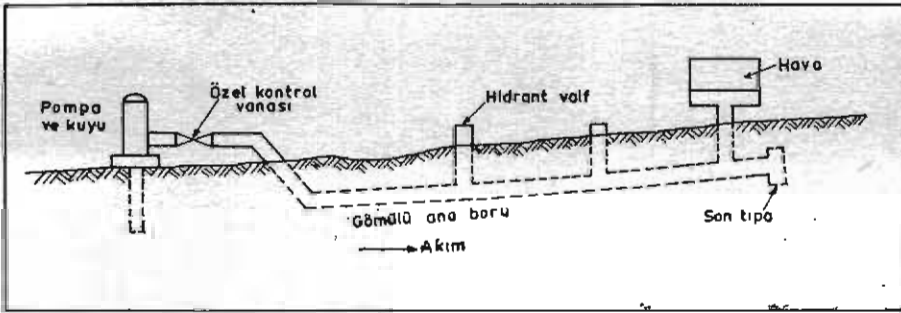


(a)

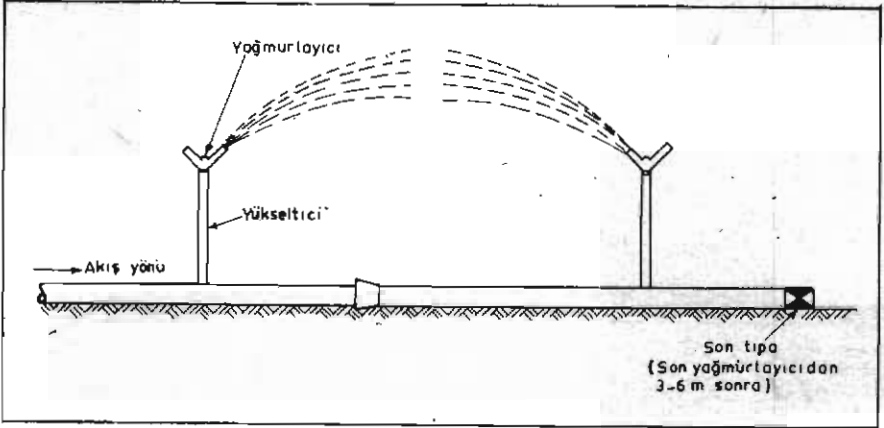


(b)

Şekil 1, Ana boru hattının meyil yukarı uzanması durumunda su darbesinin a) özel darbe kesici vana kullanılarak b) hava odacığı kullanılarak önlenmesi.



Şekil 2. Gömülü ana boru hattında su darbesinin önlenmesi.



Şekil 3. Lateral boru hatlarında suyun doldurulması sırasında oluşan su darbesinin önlenmesi.

2. Hava Giriş Vanaları

Su, verilen bir noktadan kaynak hızından daha büyük bir hızla geriye doğru aktığı zaman boru boşalır ve içerideki basınç atmosfer basıncının altına düşebilir. Oluşan düşük basınç sebebiyle alüminyum boruların içeriye doğru çökmesini önlemek amacıyla hava giriş vanaları gereklidir. Hava giriş vanalarından içeriye giren hava, boru içerisini tekrar atmosfer basıncı değerine çıkaracağından borunun çökmesi önlenmiş olur.

Bir boru tam dolu olarak aktığı zaman, boru içerisindeki suyun basıncı atmosfer basıncından daha fazla olması nedeniyle boru iç yüzeyi bir gerilim altındadır (Şekil 4a). Su kaynaktan kesildiğinde akımın sürekliliği önlenir. Bu durumda A - A kesitinden itibaren su akmaya devam eder ve borunun boşalması durumunda borunun iç basıncı atmosfer basıncının altına düşer. Dış atmosferik basınca uygun olarak boru şekil 4b'de görüldüğü gibi yassılaşır ve çöker.

Hava giriş vanası çapının hesaplanması için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$P_2 > 0,53 P_1 \text{ için}$$

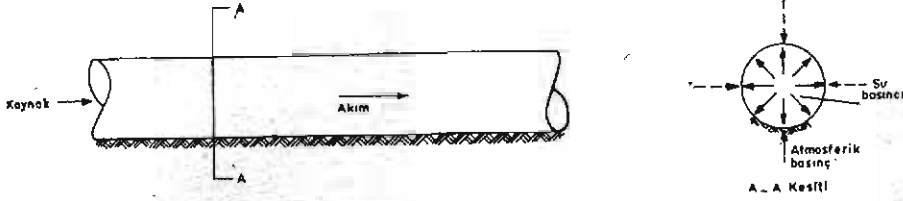
$$\frac{d}{D} = 0,36 \sqrt{\frac{\Delta V}{C}} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,288} \right]^{-1/4} \quad (1)$$

$$\text{ve } P_2 \leq 0,53 P_1 \text{ için}$$

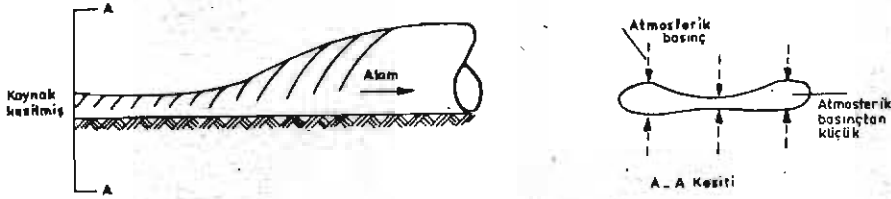
$$\frac{d}{D} = 0,708 \sqrt{\frac{\Delta V}{C}} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,356} \quad (2)$$

Burada:

$$d = \text{Boşaltıcı vananın etkili çapı (mm)}$$



Şekil 4 - p. Normal akım koşullarındaki boru kesiti



Şekil 4-b. Aniden kaynak kesildiği zaman akım devam eder ve kesit A-A'da basınç azalarak boruda çökme durumu meydana gelir.

D = Borunun etkili çapı (mm)

V = Vakum durumu yaratan suyun kombine hızı (m/s)

C = Etkili hava giriş vanası katsayısı

P_2 = Boru materyalinin mukavemetine ve arazi koşullarında borunun dış merkezliliği için müsaade edilen emniyet faktörüne göre müsaade edilen çökme basıncı (kg/cm^2)

P_1 = Boru dışındaki atmosferik basınç (kg/cm^2)

Müsaade edilen P_2 çökme basıncı aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$P_2 = P_1 \frac{P'}{N} \dots \dots \dots (3)$$

Burada;

P' = Hesaplanan çökme basıncı

N = Dış merkezlilik için emniyet faktörü

Silindirik borularda $P' = C \times 10^6 \left(\frac{t}{D} \right)$ formülünden hesaplanır.

Burada:

C = Katsayı (çelik boru için $3,56 \text{ kg/cm}^2$ alüminyum boru için $1,174 \text{ kg/cm}^2$)

t= Boru cidarı kalınlığı (mm)

D= Boru çapı (mm)

Çeşitli eğimler için $\sqrt{\Delta V/C}$ değerinin belirtilmesi:

Hava giriş vanası çapının boru çapına oranının belirtilmesinde en önemli adım, muhtemel ΔV değerinin belirtilmesidir. Akımın yüksek noktadan aksi yöne doğru akma eğiliminde olduğu yerlerde ΔV değeri her yöndeki hızların toplamıdır. Meyil derecesi biliniyorsa her bir boru çapı için akımın maksimum kapasitesi belirlenebilir. Çizelge 1'de çeşitli eğimler için debi ve akım hızı verilmiştir.

Pompaj sistemlerinde aşağıda açıklanan 3 durum için etkili hız değeri ayrı ayrı hesaplanır.

Durum 1- Boru hattı düz bir arazi üzerinde uzanmaktadır. Pompanın aniden durması nedeniyle akan suyun momenti boru hattının çökmesine neden olabilir (Şekil 5a). Bu durumda ΔV 'nin çalışma koşulları altında boru hattındaki normal hıza eşit olduğu farzedilir ($V_0 = \frac{Q_0}{A}$)

Durum 2- Boru hattı meyil aşağı doğru uzanmaktadır. Kapasite ve hız ortalama eğimden hesaplanır. Normal pompa debisinin eğim yoluyla belirtilen ΔV 'den fazla olması durumunda durum 1 kabul edilerek hesaplama yapılır.

Durum 3- Boru hattı meyil yukarı doğru uzandıktan sonra meyil aşağı doğru uzanmaktadır. Tepenin her iki tarafındaki meyile göre V_1 ve V_2 hızları çizelge 1 yardımıyla bulunur. Bu durumda ΔV değeri V_1 ve V_2 hızlarının toplamına eşit olur.

Örnek: Bir pompaj sulama sistemi, rakımı 1380 m olan bir bölgede kurulmuştur. Sistemin normal kapasitesi 63 L/s olup çapı 20 cm ve cidar kalınlığı 1,3 mm olan alüminyum boru kullanılmaktadır. Yukarıda açıklanan 3 durum için hesaplama yapalım.

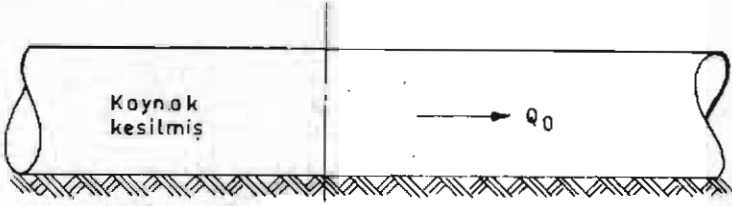
Durum 1- Boru yatay durumdadır ve pompa kapatıldığında borunun çökmesini önlemek için pompa çıkışına bir kontrol vanası yerleştirilir ve vananın akıntı yönünde hemen önüne bir hava giriş vanası yerleştirilir. Hava giriş vanası için gerekli değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Bölgedeki atmosfer basıncı } P_1 = 0,879 \text{ kg/cm}^2$$

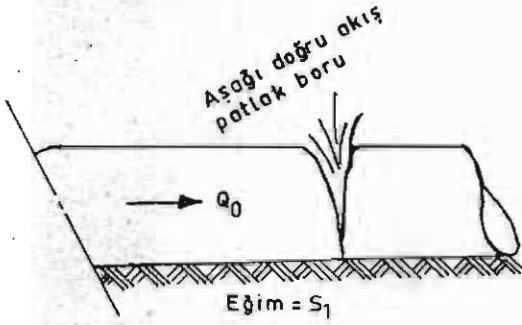
$$P' = 0,285 \text{ kg/cm} \text{ (D= 20 cm ve d= 1,3 mm için)}$$

$$P_2 = 0,879 - \frac{0,285}{2} = 0,7365 \text{ kg/cm}^2 \text{ (emniyet katsayı 2 alındığında)}$$

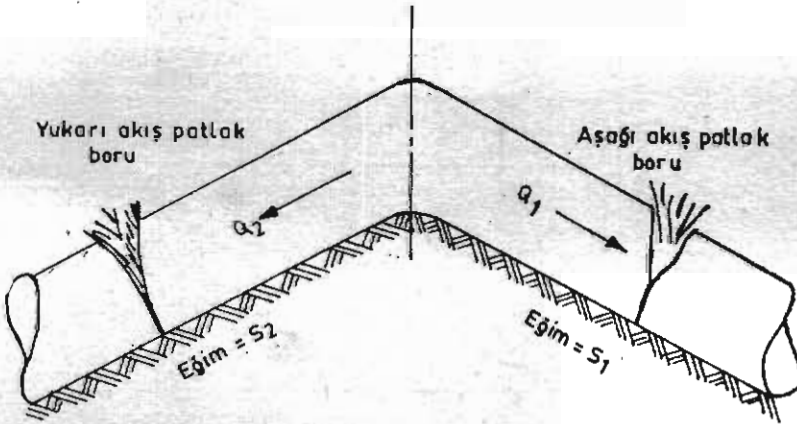
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0,7365}{0,879} = 0,84$$



Şekil 5-a. Durum 1- Kaynak aniden kesiliyor.



Şekil 5-b. Durum 2- Akım aniden kesiliyor ve boru patlıyor.



Şekil 5-c. Durum 3- Yukarı ve aşağı doğru akışta boruların patlaması.

Çizelge 1. Çeşitli Meyillerde boru kapasitesi ve akım hızları

Meyil %	D=15		D=17,5		D=20		D=22,5		D=25		D=30	
	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)
1	22	1,2	32	1,3	44	1,4	60	1,5	76	1,6	120	1,7
2	32	1,8	46	1,9	65	2,1	94	2,4	120	2,4	189	2,7
3	38	2,2	57	2,4	82	2,6	116	2,9	158	3,2	239	3,4
4	45	2,5	66	2,7	96	3,0	139	3,5	189	3,8	284	4,0
5	40	2,8	74	3,1	110	3,5	164	4,1	214	4,4	328	4,6
6	55	3,1	82	3,4	121	3,8	183	4,6	239	4,9	378	5,3
7	60	3,4	89	3,7	129	4,1	195	4,9	258	5,2	428	6,0
8	64	3,6	96	4,0	142	4,5	214	5,4	277	5,6	466	6,6
9	68	3,8	102	4,2	154	4,9	233	5,9	299	6,1	504	7,1
10	72	4,1	108	4,5	162	5,2	249	6,3	315	6,4	542	7,7
15	90	5,1	135	5,6	205	6,5	299	7,5	397	8,1	680	9,6
20	106	6,0	178	7,4	239	7,6	353	8,9	457	9,3	794	11,2
25	118	6,7	222	9,2	277	8,8	406	10,2	517	10,5	895	12,7

$$V_o = \frac{Q_o}{A} = \frac{0,063}{A} = 2 \text{ m/s}$$

$$\sqrt{\frac{\Delta V}{C}} = \sqrt{\frac{2}{0,5}} = 2 \text{ (hava giriş vanası katsayısı 0,5 alınmıştır)}$$

$$\frac{d}{D} = 0,153 \text{ (eşiklik 1'den)}$$

Boru çapı 20 cm olduğuna göre hava giriş vanasının etkili çapı 3 cm değerine eşit veya bundan büyük olmalıdır.

Durum 2- Boru hattı % 5 meyil aşağı doğru döşenmiştir. Durum 1'de olduğu gibi hesaplama yapılır. Ancak bu durumda $V_1 = 3,5 \text{ m/s}$ değeri kullanılır. Yapılan hesaplama sonucunda hava giriş vanasının etkili çapının 4 cm veya daha fazla olması gerektiği bulunur.

Durum 3- Boru hattı % 5 eğimle yükseldikten sonra % 10 eğimle meyil aşağı doğru uzanmaktadır.

Çizelge 1'den 20 cm çapındaki boru için

$$Q_1 = 162 \text{ L/s} \quad V_1 = 5,1 \text{ m/s (} \% 10 \text{ eğim için)}$$

$$Q_2 = 110 \text{ L/s} \quad V_2 = 3,5 \text{ m/s (} \% 5 \text{ eğim için)}$$

$$\text{Böylece } V = 5,2 + 3,5 = 8,7 \text{ m/s}$$

Eşitlik 1 yardımıyla yapılan hesaplama sonucu 6,9 cm veya daha geniş çapa sahip olan bir hava giriş vanasının gerekli olduğu bulunur.

Yararlanılan Kaynaklar

Babbitt, H. E., j. j. Doland ve j. L. Celasby., 1967. Water supply Engineering. Sixth edition. Mc. Graw Hill Book Company

Keller, j., ve G. R. Jackson, 1967. Ames Irrigation Handbook. Third edition, W.R. Ames Company.

Rouse, H., 1964. Engineering Hydraulics Fourth Printing. John Wiley and Sons. Inc. New York.

Sözer, Y., 1972. Yağmurlama Metodu ile Sulama, Pimaş Plastik İnşaat Malzemeleri A.Ş. Yayınları: 6