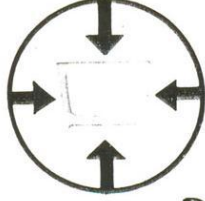


Varol, A.: "Bilgisayar Desteği İle Lscher Pompasının Boyutlandırılması", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C:2, S: 344-355, İzmir



## 2. ULUSAL BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM SEMPOZYUMU

BİLDİRİ KİTABI  
Cilt-2

İzmir, 28-30 Nisan 1986  
ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ

Editör  
Doç. Dr. Beno KURYEL

EGE ÜNİVERSİTESİ  
Mühendislik Fakültesi

#### **4.1. BİLGİSAYAR DESTEĞİ İLE LÖSCHER POMPASININ BOYUTLANDIRILMASI**

Y.Doç. Dr. Asaf Varol  
Fırat Üniversitesi  
Teknik Eğitim Fakültesi  
Makina Eğitimi Bölüm Başkanı

##### **ÖZET**

Suya daldırılan dik bir borunun içerisine hava üflenerek, hava üfleme noktasının üstünde kalan boru içerisindeki suyun yoğunluğu düşürülür. Dıştaki su seviyesinin statik basıncından ötürü alttan boru içerisine bir akış olacaktır. Böylece taşınım olayı gerçekleşecektir. pompa türü bilhassa katı taşınımın da çok iyi sonuçlar vermektedir. Hareketli parçası olmadığından bu pompada tıkanma söz konusu değildir.

Katı taşınımın da sistemin üst borusunda üç fazlı (su+hava+katı) bir akış olayı mevcut olup, havanın sıkışabilir özelliğinden ötürü üst borudaki basınç kaybı hesabı adım adım hesaplanmaktadır. Adım sayıları ne kadar küçük seçilirse, hesaplarda yapılacak hata miktarı o denli azalacaktır. İşte bunu sağlamak için de bilgisayardan yararlanmak zorunlu olmaktadır.

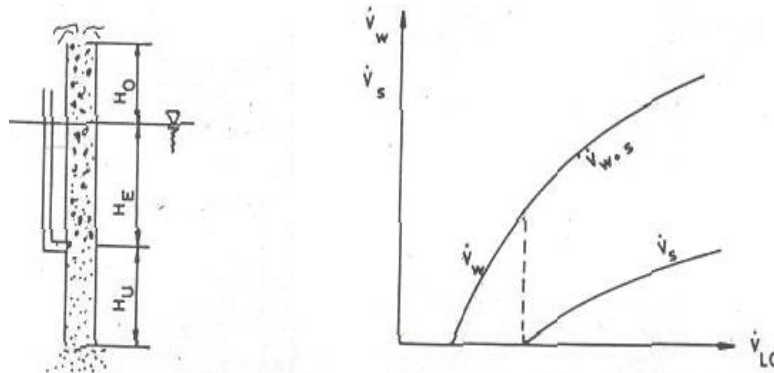
Bu Makalede Löscher Pompası teorisi ve bilgisayar ile bir boyutlandırma örneği üzerinde durulacaktır.

##### **GİRİŞ**

Her iki ağzı açık bir boru, taşınacak malzemeye çok yakın bir mesafe kalıncaya kadar su içerisine daldırılır. Borunun üst ağzı, malzemenin sevk edileceği yere kadar uzatılır. Borunun bu kısmı su seviyesinin üzerinde kalmaktadır. Su seviyesi altında kalan taşıma borusu içerisine hava basılınca, havanın boruya girdiği noktanın üzerinde boru içerisinde suyun yoğunluğu düşecek ve basınç dengesi dıştaki su seviyesi ile dengeleninceye kadar, su-

hava karışımı boru içerisinde yükselecektir. Basılan hava miktarı ve hava basılma derinliğinin uygun seçilmesi neticesi; su-hava karışımı borudan dışarı fişkirir, Bunun yanında dıştaki su seviyesinin statik basıncından Ötürü, borudan taşan su miktarı kadar alttan boru içerisine su akışı olur.

Borunun alt ağzındaki civarda bulunan katı malzeme, boru ağzına hücum eden akış olayından ötürü boru içerisine sürüklenir. Boru içerisine doğru olan akışın katı malzemeyi sürüklemek, ona ivme verebilmek için yeterli hıza sahip olması gerekir. Hava basma noktasının altında kalan boru içerisindeki suyun hızı, katı parçacıkların çökme hızından fazla olursa, katı parçacıkları su ile birlikte taşıma borusunda yükselir (Şekil 1).



Şekil 1: Löscher Pompasının şematik çizimi

Özellikle iri taneli katı malzemelerin taşınımın da Löscher Pompası ile katı taşımacılığı hesaplarını yapmak çok güçleşmektedir. Çünkü havanın boruya üflendiği noktanın üstünde; su, hava ve katı malzemeden oluşan üç fazlı karışımın yukarıya çıkarılması söz konusudur. Basıncılı havanın üst boruda yükselirken genleşmesi, üç fazın boru içerisindeki yüzey oranlarını ve basınç gradiyentini her noktada değiştirir. üst boruya karşın alt boru içerisinde basınç lineer seyredir.

### LÖSCHER POMPALARININ KULLANILDIĞI SAHALAR

Bu pompanın hareketli parçaları olmadığından, katı ile temas neticesi açınma olayı meydana gelmez. Taşıma için gerekli güç su dışında bulunan kompresörden elde edilecek basınçlı hava ile sağlanır. Tamir ve bakımı çok kolaydır. Bu pompalar bugüne kadar kum, çakıl, kömür, çamur, kül, radyoaktif artıklar, mangan yumruları ve benzeri katıları taşımada kullanılmıştır [1].

### **TAŞINACAK KATI MALZEME MİKTARI HESABI**

#### **Basınçlı Hava ile Verilen Gücün Hesabı:**

Taşınacak katı malzeme miktarı için güç bilançosu; tesis geometrisi ( $D, H_0, H_E, H_u$ ), katı malzemenin özellikleri bilinen hava gereksinimindeki taşıma konsantrasyonu ( $C_T$ ) kullanılarak hesaplanır. Taşıma için gerekli güç; havanın izotermik genişlemesinden gidilerek,

$$N_L = P_0 \cdot \dot{V}_{L0} \cdot \ln \frac{P_E}{P_0} \quad (1)$$

eşitliğinden hesaplanır

#### **Alt Boruda Sarf Edilen Gücün Hesabı:**

Alt boruda sarf edilen güç; alt boru içerisindeki toplam basınç düşüşü ile su ve katıdan oluşan/toplam hacimsel debiden ötürü.

$$N_U = \Delta P_U \cdot (\dot{V}_W + \dot{V}_B) \quad (2)$$

eşitliğinden bulunur.

Alt boru içerisindeki toplam basınç düşüşü; iki fazlı akışın alt boruya girişteki basınç kaybı, ivme, sürtünme ve karışım ağırlığının basınç kayıplarından ileri gelmektedir. İki fazlı akışın alt boruya girişteki basınç kaybı küçük olduğundan ihmal edilebilir. Diğer basınç kayıplarım

hesaplayabilmek için, alt borudaki su, katı oranı ve hızların bilinmesi gerekir. Faz oranları aşağıdaki eşitliklerle belirlenir.

$$\epsilon_W = \frac{A_W}{A} \quad \epsilon_S = \frac{A_S}{A} \quad (3)$$

Su ve katı tanecikleri arasındaki relatif hızın hesabı;

$$v_W - c = \sqrt{\frac{4 \cdot d_S \cdot g \cdot (\rho_S - \rho_W) \cdot \epsilon_W}{3 \cdot c_W \cdot \rho_W}} \quad (4)$$

eşitliği ile yapılır [2].

Süreklilik koşullarından,

$$v_W = \dot{V}_W / (\epsilon_W \cdot A) \quad (5)$$

$$c = \dot{V}_S / (\epsilon_S \cdot A) \quad \epsilon_W + \epsilon_S = 1$$

neticeleri yazılabilir.

Boru içerisindeki taşıma konsantrasyonu anlamına gelen  $C_T$  aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$c_T = \dot{V}_S / (\dot{V}_W + \dot{V}_S) \quad (6)$$

(5) ve (6) eşitlikleri, (4) eşitliğindeki  $v_w-c$  relatif hız yerine yazılırsa;

$$\frac{\dot{V}_W}{A} \left[ \frac{1}{\epsilon_W} - \frac{c_T}{(1 - c_T)(1 - \epsilon_W)} \right] = \sqrt{\frac{4 \cdot d_S \cdot g \cdot (\rho_S - \rho_W) \cdot \epsilon_W}{3 \cdot c_W \cdot \rho_W}} \quad (7)$$

neticesi bulunur.

Alt borudaki toplam basınç düşüşü, fazların bilinen hız ve oranları yardımıyla aşağıdaki eşitlikle hesaplanır [3].

$$\Delta P_U = H_U \cdot g \cdot (\epsilon_W \cdot \rho_W + \epsilon_S \cdot \rho_S) + \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{\lambda H_U}{D}\right) (\epsilon_W \cdot \rho_W \cdot v_W^2 + \epsilon_S \cdot \rho_S \cdot c^2) \quad (8)$$

(8) eşitliği (2) eşitliğinde yerine konursa, alt boruda sarf edilen güç bulunur.

#### Üst Boruda Sarf Edilen Gücün Hesabı:

Havanın Üflendiği noktanın üstünde üç fazlı karışımın kararlı akımı bulunmaz. Çünkü havanın genişmesi ile toplam hacimsel debi sürekli artmaktadır. Bu nedenle üst borudaki basınç düşüşü adım adım hesaplanmalıdır. Yani üst boru  $\Delta x$  uzunluklarında kısımlara bölünmelidir. Basınç kaybı ve güç sarfıyatı  $\Delta x$  kısımlarında hesaplanan değerlerin toplanması ile bulunur, üslerdeki basınç düşüşü; ağırlıktan, sürtünmeden ve ivmelenmeden dolayı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\Delta P_{i1} = g \cdot (\epsilon_W \cdot \rho_W + \epsilon_L \cdot \rho_L + \epsilon_S \cdot \rho_S)_{i1} \cdot \Delta x + \frac{\Delta x \cdot \lambda}{2 \cdot D} \cdot (\epsilon_W \cdot \rho_W \cdot v_W^2 + \epsilon_L \cdot \rho_L \cdot v_L^2 + \epsilon_S \cdot \rho_S \cdot c^2)_{i1} + \frac{1}{2} \left[ \epsilon_W \cdot \rho_W \cdot (v_{W_{i1}}^2 - v_{W_{i1-1}}^2) + \epsilon_L \cdot \rho_L \cdot (v_{L_{i1}}^2 - v_{L_{i1-1}}^2) + \epsilon_S \cdot \rho_S \cdot (c_{i1}^2 - c_{i1-1}^2) \right] \quad (9)$$

Basınç düşüşü ve toplam hacimsel debiden oluşan güç sarfıyatı,

$$\Delta N_{i1} = \Delta P_{i1} \cdot \left[ \dot{V}_W + \dot{V}_S + \dot{V}_L(x_{i1}) \right] \quad (10)$$

eşitliği, ile hesaplanır.

Üst borudaki toplam basınç düşüşü ve güç sarfıyatı,  $i$  adım üzerinden adım adım integral ile hesaplanır.

$$\Delta P_0 = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta P_i \quad (11)$$

$$N_0 = \sum_{i=1}^i \Delta P_i \left[ \dot{V}_w + \dot{V}_s + \dot{V}_L(x_i) \right] \quad (12)$$

Buradaki integrasyon adımlarının sayısı,

$$n=H/\Delta x \quad (13)$$

ifadesinden elde edilir.

Başlangıç değeri olarak, havanın üflendiği düzlemdeki değerleri kullanılır. Hava aksenal yöndeki hızı olmaksızın,  $V_L$  hacimsel debi ile boruca girerken su ve katı; alt boruda olduğu gibi aynı hızlara sahiptirler. Bu hacimsel debi;

$$\dot{V}_L = \dot{V}_{LO} \cdot (P_0/P_E) \quad (14)$$

şeklindedir.

Burada da basınç düşüşü ve güç sarfıyatı hesabı için; su-hava karışımı ile su-katı karışımının matematiksel bileşkesinden oluşan üçlü fazın oranları ve üç faza ait hızların bilinmesi gerekir.

Varol, A.: "Bilgisayar Desteği İle Löscher Pompasının Boyutlandırılması", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C:2, S: 344-355, İzmir

Üç fazlı akışta faz oranları; eşitlikleriyle hesaplanır [4].

$$\begin{aligned}\epsilon_L &= \dot{V}_L / (A \cdot v_L) & \epsilon_W &= A_W / A & \epsilon_S &= A_S / A \\ \epsilon_L + \epsilon_W + \epsilon_S &= 1\end{aligned}\quad (15)$$

### GÜÇ BİLANÇOSU

Su ve katıdan oluşan hacimsel debi ( $V_w + V_s$ ) taşıma borusunda yükselirken, taşıma borusunun dışındaki su da aşağıya boru içerisinde aynı miktarda hacimsel debi ile girer ki su seviyesi dengelensin. Dıştaki su seviyesi kadar taşıma borusu içerisinde de su bulunacağından,

$$N_{WG} = \rho_w \cdot g \cdot (H_E + H_U) \cdot (\dot{V}_w + \dot{V}_s) \quad (16)$$

Gücüne tekabül edecek miktarda bir güç, Archimed Kaldırma prensibi ile sağlanmış olur. Dolayısıyla  $N_{WG}$  kazanç güç olarak hesaba girmelidir [5].

Buradan, tüm güç bilanço su,

$$N_L = N_U + N_O - N_{WG} \quad (17)$$

olarak bulunur.

### BİR LÖSCHER POMPASI TESİSİNİN BOYUTLANDIRILMASI

Boyutlandırma için aşağıdaki büyüklükler önceden verilmelidir. Toplam derinlik ( $H_E + H_U$ ) katının özellikleri ( $P_s$ ,  $d_s$ ), havanın özellikleri ( $P_L$ ,  $T_L$ ,  $V_L$ ) suyun özellikleri ( $P_w$ ,  $T_w$ ) ve taşınacak katı miktarı ( $M_s$  veya  $V_s$ ) bilinmelidir.



Basma derinliği ( $H_w$ ), boru çapı ( $D$ ), basılan hava miktarı ( $V_{LO}$ ) ve taşıma konsantrasyonu ( $C_T$ ) değişken büyüklüklerdir.

$H_E + H_U =$  Borunun deniz seviyesinden itibaren deniz dibine kadar olan mesafesidir.

$H_O =$  Su yüzeyi üzerinden, kullanılan taşıma yüksekliğine kadar olan mesafedir.

$d_s, P_s =$  Sırasıyla katının, tane büyüklüğü ve yoğunluğudur.

İlk sıradaki katı ilavesinin şekline bağlı olan taşıma konsantrasyonu  $C_T$  bilinen ve sabit kabul edilmesi şarttır.

Uygun verileri seçmek için, taşıma miktarı  $V_s$  ve ilgili verimi; basılan hava miktarının fonksiyonu olarak göstermek amacıyla, hesaplar farklı boru çapları ve değişik hava basma derinliği için yapılır. Taşınması istenen katının hacimsel debisinden hareketle, suyun hacimsel debisine ait taşıma konsantrasyonu,

$$\bar{V}_w = \bar{V}_s \cdot (1 - c_T) / c_T \quad (18)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Daha sonra alt borudaki basınç düşüşü  $\Delta P_U$  ve güç sarfiyatı  $N_U$  hesaplanır,

Boruda havanın üflendiği düzeydeki statik basınç  $P_E$ :

$$P_E = P_O + \rho_w \cdot g \cdot (H_E + H_U) - \Delta P_U \quad (19)$$

eşitliği ile bulunur.

Basınçlı hava ile verilen güç; bilinen hacimsel hava debisi  $V_{LO}$  için (1) nolu eşitlikten hesaplanır. Bu hacimsel hava debisi esas alınarak üst borudaki basınç düşüşü ve güç sarfiyatı (11) ve (12) nolu eşitliklerden

bulunur. Bulunan güç oranları, güç bilançosunu veren (17) nolu eşitlikte yerlerine konur. Güç bilançosunda eşitlik sağlanamıyorsa, düzeltilmiş yeni bir hacimsel hava debisi değeri ile hesaplar tekrarlanır. Prensip olarak hacimsel hava debisi adım adım değiştirilmek suretiyle de taşınan katı miktarı hesaplanır. Bu işlemler ancak bilgisayar desteği ile yapılabilir. Bilgisayar sayesinde optimum hava basma derinliği» optimum boru çapı ve hacimsel hava debisi bulunabilir.

Faydalanılan güç,

$$N_N = \dot{V}_s \cdot g \cdot (H_E + H_U) \cdot (\rho_s - \rho_w) + H_O \cdot \rho_s \quad (20)$$

olup sistemin verimi  $\eta_s = N_N / N_L$  olarak tarif edilir, Kompresör verimi  $\eta_k$  de göz önünde bulundurulursa genel verim,  $\eta = \eta_s \cdot \eta_k$  olacaktır.

### **BOYUTLANDIRMADA BİLGİSAYARIN ÖNEMİ**

Bilgisayarla hesaplamada aşağıdaki yol izlenmiştir. Tesisin güç gereksinimini n işleme sarf edilen güce oranının 1 değerine yaklaşmağı hedeflenmiştir. Hesaplara başlarken başlangıçta rasgele bir hacimsel hava debisi belirlenmekte bu hacimsel hava debisine uyan taşınacak hacimsel su+katı debisi bulununcaya kadar,  $V_{Lo}$  değeri iterasyon yöntemiyle değiştirilmektedir. Bilgisayarsız bu değişim yapılmamaktadır. Bilgisayar programının akış seması ekte sunulmuştur.

### **KARADENİZ DİP ÇAMURUNDAKİ ÜRANYUMUN LÖSCHER POMPASI İÇİN BOYUTLANDIRMA ÖRNEĞİ**

Burada Karadeniz dip çamuru içerisinde bulunan uranyumun çıkarılması için boyutlandırılan bir Löscher Pompasının neticeleri açıklanacaktır [2].

İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesine bağlı Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü'ün emrindeki ARAR gemisi ile 28 Temmuz – 7 Ağustos 1978 tarihleri arasında Karadeniz dip çamurundan alınan numuneler esas alınarak

Varol, A.: "Bilgisayar Desteği İle Lscher Pompasının Boyutlandırılması", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C:2, S: 344-355, İzmir

---

bilgisayarla boyutlandırma yapılmıştır. Bu amurun ağırlıkça % 93\*25 si 37μ dan daha düşüktür. Konsantrasyon  $C_T=0,15$ ; amur yoğunluğu  $P_s = 1250 \text{ kg/m}^3$ , deniz suyu yoğunluğu  $P_w = 1020 \text{ kg/m}^3$ , derinlik  $H = 2000 \text{ m}$  ve taşıma borusunun deniz seviyesinden yüksekliği  $H_0=20 \text{ m}$ , kompresör verimi  $\eta_k= 0,6$  kabul edilerek aşağıdaki neticeler bulunmuştur.

- Boru apı  $D = 1.00 \text{ m}$
- Havanın boruya flenme derinliği  $H_E = 750 \text{ m}$
- Boruya gönderilen hava miktarı (760 mmHg, izoterm)  
 $V_{LO}=4,25 \text{ Nm}^3/\text{s}$
- Taşınan uranyumlu çamur miktarı  $V_s = 900 \text{ ton/h}$
- ngrlmesi gerekli güç  $N_L = 2,99 \text{ MW}$
- Diğer sistemlerle karşılaştırılabilir verim  $\eta = 0,395$
- Ton basma harcanan enerji = 3,32 kwh/ton
- Hava fleme borusunun i çapı = 0,15 m

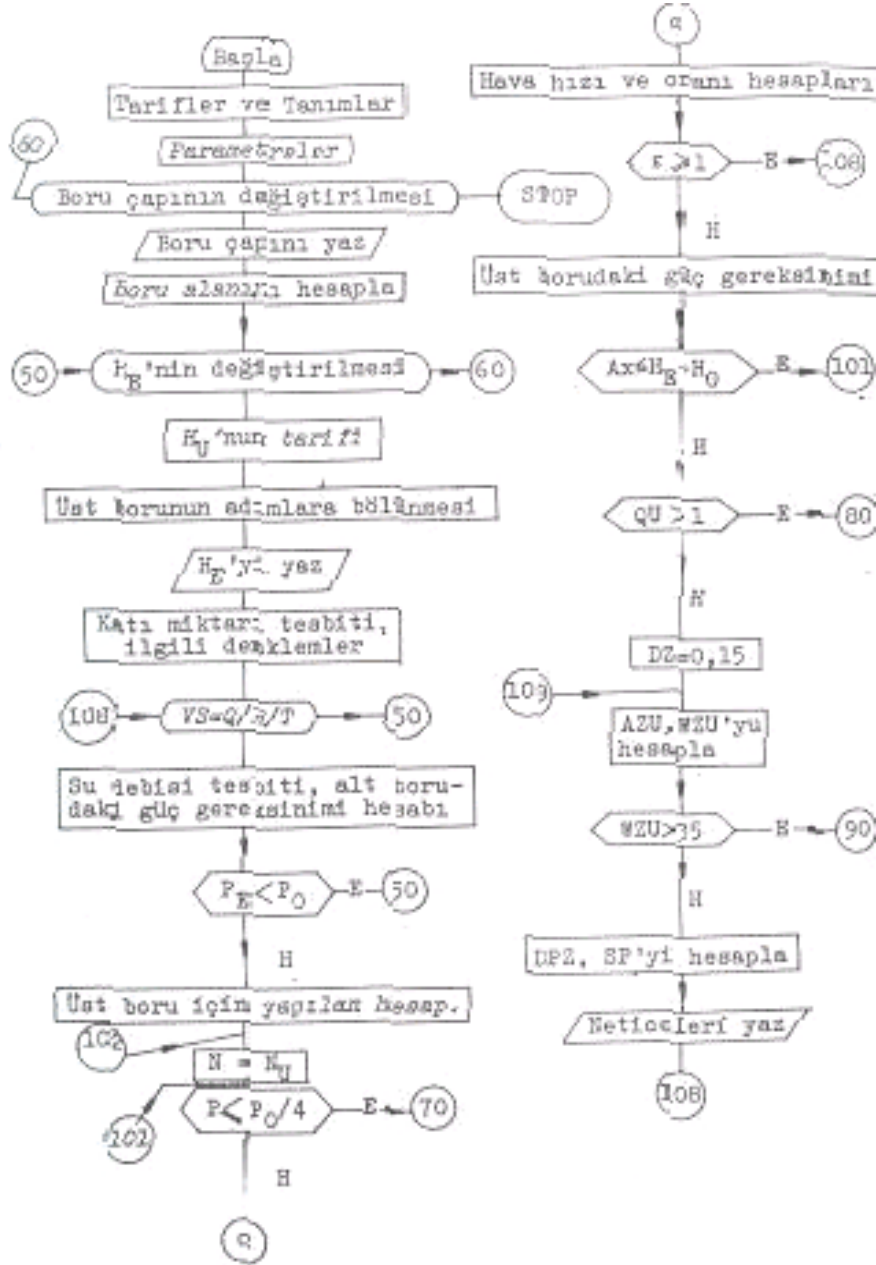
#### **SEMBOLLER**

A	Borunun kesit alanı	( $\text{m}^2$ )
C	Katı malzemenin hızı	( $\text{m/s}$ )
$C_T$	Taşıma konsantrasyonu	(-)
$c_w$	Katı tanesinin direnç katsayısı	(-)

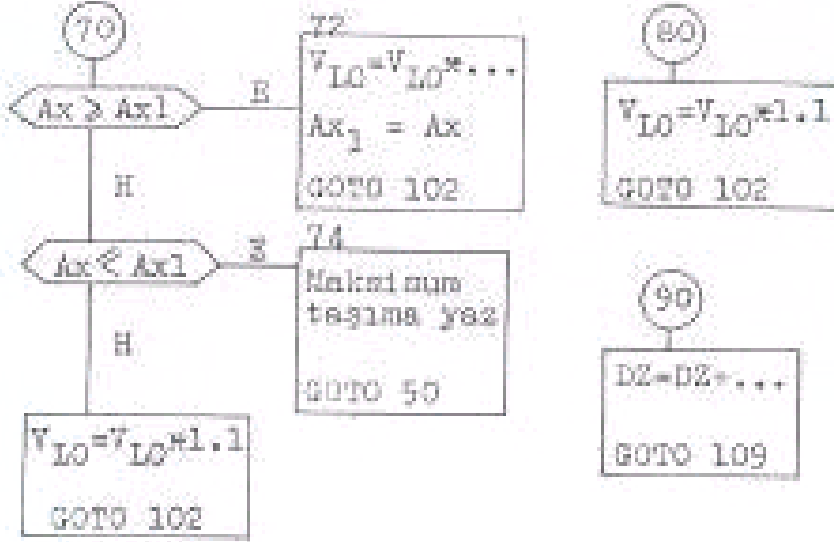
D	Boru çapı	(m)
$d_s$	Katının tane büyüklüğü	(m)
g	Yerçekimi ivmesi	(m/s <sup>2</sup> )
H	Karışım sütununun yüksekliği = $H_E + H_0$	(m)
$H_E$	Hava üfleme noktası ile dış su seviyesi arasındaki mesafe	(m)
$H_0$	Borunun su yüzeyi üzerindeki uzunluğu	(m)
$H_U$	Alt boru uzunluğu	(m)
n	İntegrasyon adımlarının sayısı	(-)
$\dot{M}_s$	Taşınan katının kütleli debisi	(kg/s)
$N_N$	Faydalanılan güç	(W)
$N_L$	Basıncılı hava ile sisteme verilen güç	(W)
$N_O$	Üst boruda harcanan güç	(W)
$N_U$	Alt boruda harcanan güç	(W)
$N_{WG}$	Geri kazanılan güç	(W)
$P_0$	Atmosfer basıncı	(Pa)
$P_E$	Boruya hava gönderilme düzlemindeki basınç	(Pa)
$\Delta P$	Basınç kaybı	(Pa)
$\dot{V}_{L0}$	N.Ş. Altında basılan hava miktarı	(Nm <sup>3</sup> /s)
$\dot{V}_w$	Taşınan suyun hacimsel debisi	(m <sup>3</sup> /s)
$\dot{V}_s$	Taşınan katının hacimsel debisi	(m <sup>3</sup> /s)
$v_L$	Taşınan havanın hızı	(m/s)
$v_w$	Suyun hızı	(m/s)
$\Delta x$	Yol elementi	(m)
$\epsilon_L$	Taşınan karışımdaki hava oranı	(-)
$\epsilon_s$	Taşınan karışımdaki katı oranı	(-)
$\epsilon_w$	Taşınan karışımdaki su oranı	(-)
$\eta$	Katı taşımacılığında toplam verim	(-)
$\eta_k$	Kompresör verimi	(-)
$\eta_s$	Katı taşımadaki verim	(-)
$\lambda$	Boru sürtünme katsayısı	(-)
$\rho$	Yoğunluk	(kg/m <sup>3</sup> )

## İNDİSLER

E= üfleme derinliği; G=Ağırlık; L =Hava; O = Üst boru; S=Kati malzeme; U=Alt boru; w=su



Varol, A.: "Bilgisayar Desteği İle Löscher Pompasının Boyutlandırılması", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C:2, S: 344-355, İzmir



Varol, A.: “Bilgisayar Desteği İle Lscher Pompasının Boyutlandırılması”, 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C:2, S: 344-355, İzmir

---

## LİTERATÜR

1. VAROL, A.: Die Kombination von Strahl- und lufthebepumpe, Deutsche Hebe- und Fördertechnik, West Deutschland, 1986

2. VAROL, A.: Karadeniz ve Van Glü'ndeki Uranyumu ıkartma Yntemleri, Master Tezi, İTÜ.NEE., İstanbul, 1979

3. DEDEGİL, M., Y.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Förderung von Schüttgütern nach dem Lufthebe-verfahren, Dissertation, Karlsruhe, 1974

4. WEBER, M.: Das Airlift-Verfahren und seine Einsetzbarkeit zur Förderung von Mineralien aus der Tiefsee, Maschinenmarkt, 7(1976), Nr.6, Dezember

5.YILMAZ, T.: Basınçlı Gaz İle Dşey Doğrultuda Sıvı ve Katı Taşınımı, Isı Bilimi ve Tekniği 2. Ulusal Kongresi, s.491/516, 1979

Varol, A.: "Bilgisayar Desteği İle Löscher Pompasının Boyutlandırılması", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C:2, S: 344-355, İzmir

---