

## BİLYALI SANTRİFÜJ KAVRAMADA İLETİLEN MOMENTİN DENEYSEL İNCELENMESİ

İsmail TÜRK BAY, Nazif DİNÇER  
Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü 23119, ELAZIĞ

### ÖZET

Bu çalışmada, bir bilyalı santrifüj kavrama imalatı yapılarak karakteristikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Kavrama elektrikli dinamometreye bağlanarak bilya çapları, devir sayıları ve boşluk faktörleri değiştirilerek iletilen momentler ölçülmüştür.

Deneylerde kavramanın bilya boşluk faktörü, bilya çapı ve devir sayısının moment iletimine etkileri araştırılmıştır. Bilyalı santrifüj kavramada bilyalara az miktarda dişli yağı ilave edilerek aşınmanın azaltılması amaçlanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Bilyalı santrifüj kavrama, boşluk faktörü, kayma momenti.

### EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TRANSMITTED TORQUE IN THE BALL CENTRIFUGAL CLUTCHES

#### ABSTRACT

In this study the characteristics of a ball centrifugal clutch produced by us was investigated experimentally. After coupling the dynamometer, the torques transmitted were measured by changing the diameter of ball, rotation speed and emptiness factor.

In the experiments, the effects of ball emptiness factor, ball diameter and rotation speed on the transmission of the torque were determined. It was also aimed to decrease the wear in the clutch by filling a small amount of gear oil.

**Key Words:** Ball- centrifugal clutches, emptiness factors, slipping torque.

#### 1. GİRİŞ

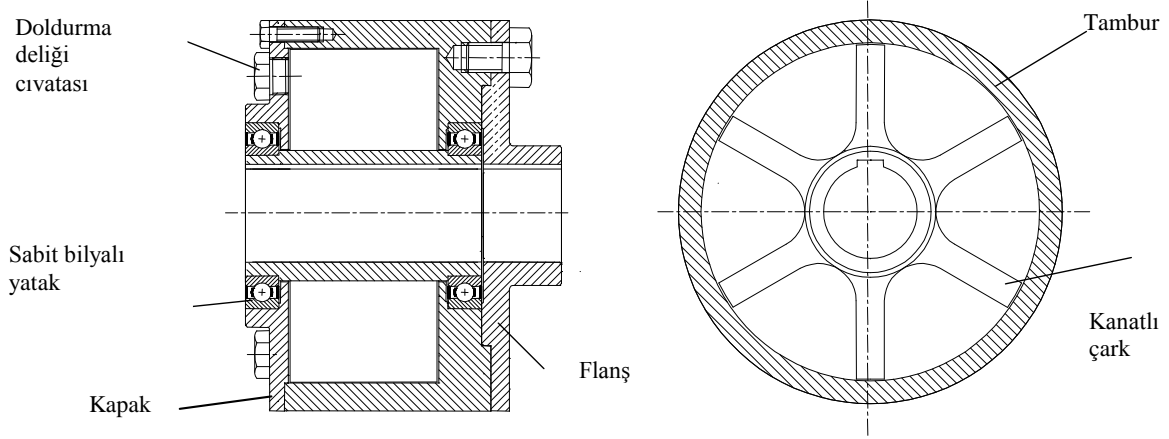
Santrifüj kavramalar, belirli bir devir sayısında kendiliğinden devreye giren ve sürtünme kuvveti ile moment ileten kavramalardır. Santrifüj kavramalar elektrik motoru ile çalıştırılan yük altındaki kavramaları hareket ettirmede, yükten kaynaklanan atalet kuvvetlerini yenmek için kullanılır. Günümüzde değişik çalışma şartları için birçok santrifüj kavrama çeşitleri kullanılmaktadır (1).

Santrifüj kavramalar ilk olarak endüstriye girip kullanıldığı zaman “starterler” olarak adlandırıldı. Santrifüj kavrama etkisini normal zaman içinde geciktirerek, motorun belirli bir devir sayısına çıkıncaya kadar yüksüz olarak devreye girmesine müsaade etmektedir; böylece harekete başlama esnasında gerekli yüksek akım da azaltılmış olur. Motor gücü, harekete başlama yükünden ziyade işletme yükü için hesap edilir.

Devreye girmesi santrifüj kuvvete bağlı olduğundan, kavrama nominal momentinden daha fazlasını iletmez. Eğer döndüren makina çalışmaz veya işleme hale gelirse kavrama kaymaya başlar, böylece makine veya işletme birimlerinin zarara

uğraması önlenir (2). Motor kanatlı çarkı döndürdüğü zaman, çelik bilyalar tambur içinde bir çember şeklini alırlar. Ağır hizmet makinaları ve en ağır kütleleri sarsarak serbest ivmelenmesini sağlarlar. Sınırlanan bir emniyet momenti tarafından aşırı yüklere karşı döndürülen birimi, makine ve motoru korur ve kazaları önlemeye yardım ederler. Aktarılabilen moment, dolgu maddesi miktarına, devir sayısına, tambur yarıçapına ve dolgu maddesinin kütle ağırlık merkezinin bilyalı santrifüj kavrama dönme eksenine mesafesine bağlıdır. Gerektiğinde emniyet kavraması olarak da görev yaparak motoru ve iş makinasını korurlar (3). Yüklerin çok çabuk değişebildiği işletmelerde, donanımı korumak için santrifüj kavramalar kullanılır (4).

Şekil 1’de bir bilyalı santrifüj kavrama görülmektedir. Kavrama tambur, kanatlı çark, kapak, flanş, iki adet örtme kapaklı sızdırmaz sabit bilyalı yatak, bağlama civataları ve bir adet doldurma deliği civatasından ibarettir. Sabit bilyalı yataklar, tambur ve kapak içindeki yuvalarına tutuk geçme alıştırmayla monte edilmiştir. Deneylerde kullanılan bilyalı santrifüj kavramanın tambur iç yarı çapı  $R=90$  mm ve tambur iç genişliği  $b=80$  mm’dir.



Şekil 1. Bilyalı santrifüj kavrama elemanlar

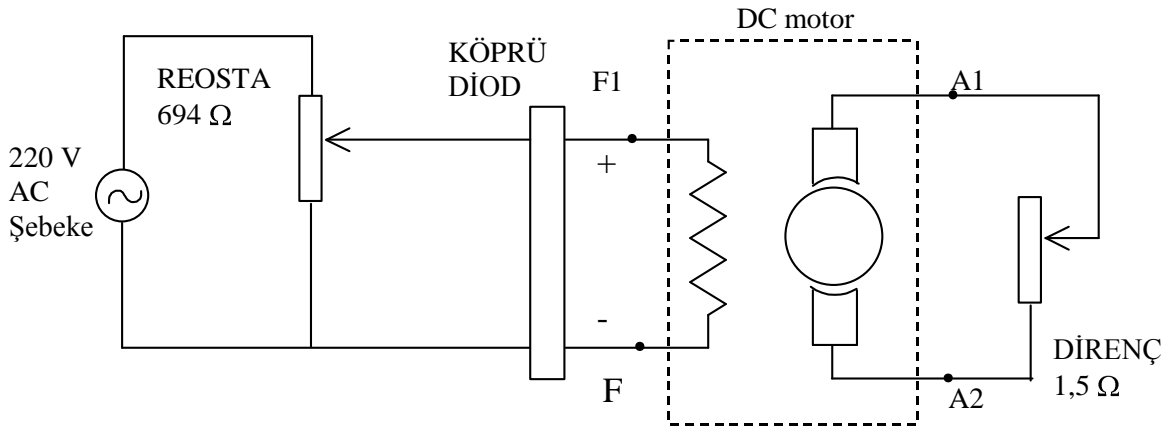
## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan deneylerde maksimum  $P=10$  kW ölçülebilen ve maksimum  $n=4000$  dev/dak çalışabilen elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Bilyalı santrifüj kavrama bir elektrik motoru ve V kayış kasnak mekanizması ile döndürülmekte olup, bilyalı santrifüj kavrama çıkış mili bir esnek kavrama ile elektrik dinamometresi giriş miline bağlanmıştır. Böylece bilyalı santrifüj kavrama elektrikli dinamometre ile yüklenebilecek duruma getirilmiştir. Elektrikli dinamometrenin yüklenmesi, AC akımını DC akımına dönüştüren (köprü diod) bir voltaj dönüştürücüsü ile sağlanmaktadır (Şekil 2).

len yük hücreleri yardımı ile ölçülmektedir. Ölçülen bu kuvvetten yararlanılarak motor momenti  $M = F \times 0,25$  (Nm) formülü ile hesaplanmıştır. Bu moment elektrik dinamometresi giriş milinden alınan moment olup, mil momenti veya fren momenti olarak adlandırılmaktadır.

Bilyalı santrifüj kavrama çıkış mili tarafından döndürülen elektrikli dinamometre elektrik enerjisi üretmektedir. Bu elektrik enerjisi sisteme eklenen bir helisel dirençle ısıya dönüştürülerek harcanmaktadır. Direnç teli olarak 2 mm çapında, 3 metre uzunluğunda ve  $1,5 \Omega$  helisel sarılmış krom-nikel tel kullanılmıştır.

Deneyler sırasında elektrikli dinamometreyi



Şekil 2. Elektrikli dinamometre yükleme bağlantı şeması

Ölçümlerin yapıldığı deney seti Şekil 3'de görülmektedir. Yükleme elektromotor kuvvet değiştirilerek gerçekleştirilmektedir. Bu kuvvet, elektrik dinamometresinin mil merkezinden 0,25 m mesafede çalışan ve istenildiğinde kalibre edilebi-

yükleyerek kavrama çıkış milini frenlemek için  $694 \Omega$  ve 1,4 A akım çeken bir sürgülü reosta kullanılmıştır. Bilyalı santrifüj kavrama çıkış mili yükünü ayarlamak için, sürgülü reosta üzerindeki



faktörü, bilya sayısı ve bilya kütlesi Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3’de gösterilmiştir.

Bilyalı santrifüj kavrama tambur dış yarıçapı R, tambur içine doldurulan bilya dolununun iç yarıçapı r ile gösterilirse: Boşluk faktörü  $\Psi = r/R$  ile ifade edilir. Farklı çaptaki bilyaların silindir

Deneyle, gerçek ölçümler yapılmadan önce bir ön deneyle bilyalı santrifüj kavramanın kaymaya başladığı bölge, sürgülü reosta üzerindeki bölüntülü cetvelden yaklaşık olarak tespit edilmiştir. Sürgülü reosta sıfır konumunda olduğunda yük direnci sıfırdır. Çiziciye milimetrik bölüntülü kağıt yerleştirilmiş çizici kalemi hareket

Tablo 1. 4 mm çaplı bilyada dolun verileri

Boşluk Faktörü $\Psi$	0,9396	0,9199	0,8998	0,8795	0,8588	0,8378
Bilya kütlesi (m) kg	1,137	1,516	1,895	2,274	2,653	3,032
Bilya sayısı	4320	5760	7200	8640	10080	11520

Tablo 2. 6 mm çaplı bilyada dolun verileri

Boşluk Faktörü $\Psi$	0,938	0,9181	0,8976	0,8772	0,8563	0,835
Bilya kütlesi (m) kg	1,137	1,516	1,895	2,274	2,653	3,032
Bilya sayısı	1278	1704	2130	2556	2982	3408

Tablo 3. 8 mm çaplı bilyada dolun verileri

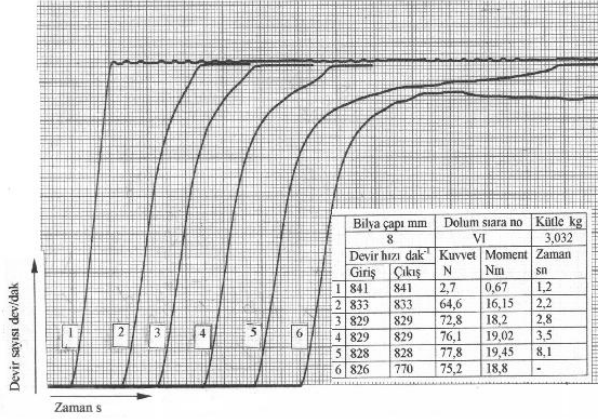
Boşluk Faktörü $\Psi$	0,9361	0,9156	0,895	0,874	0,8526	0,831
Bilya kütlesi (m) kg	1,137	1,516	1,895	2,274	2,653	3,032
Bilya sayısı	540	720	900	1080	1260	1440

halkası dolundaki poroziteleri ölçülmüş, aynı boşluk faktörlerinde porozitenin küçülen bilya çapı ile azaldığı bulunmuştur (6). Aşağıdaki tablolarda, her üç çaptaki bilya için eşit kütle miktarlarında boşluk faktörlerinin farklı olduğu görülmektedir.

Deney sırasında, santrifüj kavramanın devreye girme süresinde oluşan kaymalar, aşırı yüklemelerden dolayı oluşacak kaymalar veya herhangi bir olumsuzluk anında meydana gelebilecek sürtünmelerin neden olacağı aşınmaları minimuma indirmek için doldurma deliğinden kavramaya 50 gr dişli yağı doldurulmuştur.

ettirilmiş ve kalem yatay çizgi çizmeye başlamıştır. Şalter yıldız konumuna getirilerek elektrik motoru çalıştırılmış, daha önce (x) zaman ekseninde hareket eden çizici kalemi (y) ekseninde devir sayısı değişimini de çizmeye başlamıştır. Elektrik motorunun kalkışı sağlandıktan sonra şalter yıldız konumundan üçgen konumuna getirilmiştir. Çizici üzerindeki kalemin y eksenindeki ilerleyişinin, bilyalı santrifüj kavrama devir sayısının yükselmesi ile birlikte arttığı görülmüştür. Bilyalı santrifüj kavrama sabit devir sayısına ulaştığında, çizici kalemi yatay çizgi

çizmeye başlamıştır. Göstergeden F kuvveti değeri ve takometre ile giriş ve çıkış devir sayıları okunarak, ilgili grafik eğrisinde gösterilmiştir.

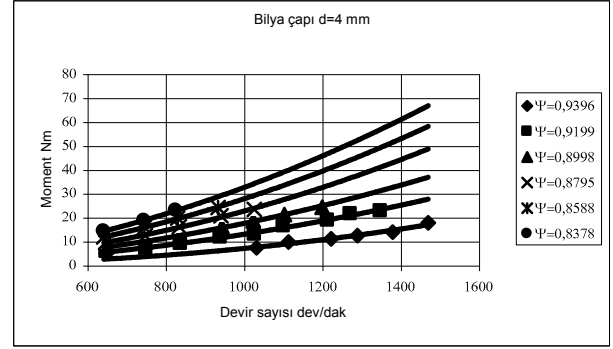


Şekil 4. Kayma momenti eğrileri

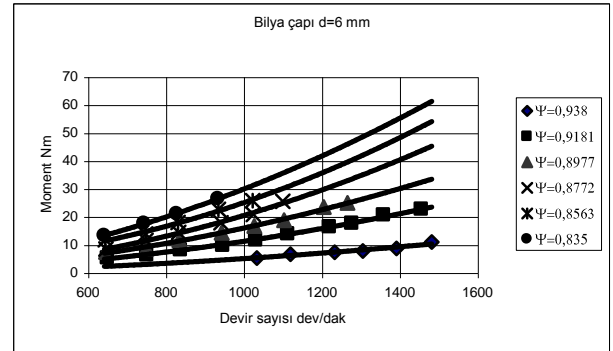
Bilyalı santrifüj kavramayı yüklemek için, sürgülü reostanın sürgüsü hareket ettirilerek devreye giren direnç miktarı artırılmıştır. Yukarıda açıklanan işlem sırası uygulanarak çizici kalemine kayma süresinin devir sayısına göre değişim grafiği çizdirilmiştir. Daha sonra tekrar, bilyalı santrifüj kavrama giriş ve çıkış devir sayıları ölçülerek, F kuvveti değeri ile birlikte ilgili grafikte gösterilmiştir. Bu işlem ön deneyde tespit edilen kayma bölgesine yaklaşıldıkça, çizilen grafiklerden de belli olmaktadır, sürgülü reosta ile yüklenen kavramanın yük değeri aralıkları azaltılarak, gerçeğe yakın kayma noktası elde edilmeye çalışılmıştır. Çizilen grafiklerde görülen Şekil 4, döndüren ve döndürülen kısımların devir sayısı değişim eğrileri ve değerleri esas alınarak bilyalı santrifüj kavramanın belirlenen şartlardaki kayma momenti tespit edilmiştir.

Bilyalı santrifüj kavrama giriş mili devir sayısının, kayma momenti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, elektrik motoru miline bağlı kasnak değiştirilerek farklı giriş devirleri elde edilmiştir. Deneyler tekrarlanarak farklı giriş devirleri için kavramanın kayma momenti ölçülmüştür. Bu deneyler farklı boşluk faktörleri ve farklı bilya çapları için tekrarlanmıştır. Yapılan deneylerde sistemin moment ölçüm kapasitesinin max 30 Nm olduğu görülmüştür. Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de 4, 6 ve 8 mm çaplı bilyalar için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar grafiklerde verilmiştir. Şekillerde sabit boşluk

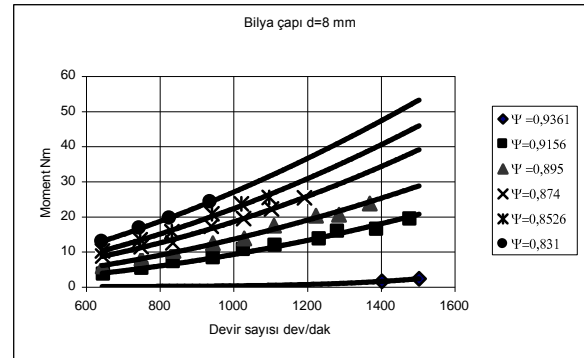
faktörlerindeki devir sayısı ve kayma momenti eğrileri verilmiştir



Şekil 5. Sabit boşluk faktörlerinde devir sayısı-kayma momenti eğrileri



Şekil 6. Sabit boşluk faktörlerinde devir sayısı-kayma momenti eğrileri



Şekil 7. Sabit boşluk faktörlerinde devir sayısı-kayma momenti eğrileri

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Üretimi yapılan bilyalı santrifüj kavramanın moment iletim büyüklüğü ve karakteristik özelliklerini tespit etmek amacıyla deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde devir sayısı, boşluk faktörü ve bilya

çapı gibi işletme şartları değiştirilerek; bunların bilyalı santrifüj kavrama performansına etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

Bilya çapının, üretimi yapılan bilyalı santrifüj kavramanın moment iletim karakteristiği üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 3 farklı çapta (4, 6, 8 mm) bilya kullanılmıştır. Bu bilyalar ile kavrama ayrı ayrı doldurularak deneyler yapılmıştır.

Yukarıda anılan grafiklere bakıldığında farklı çaptaki bilyalar ve aynı kütle doluları için bilya çapı küçüldükçe, aynı devir sayılarında kavramanın ilettiği momentin arttığı görülmektedir. Porozite; gözenek hacminin dolmuş hacmine oranı olup boyutsuz bir büyüklüktür. Aynı kütle miktarlarında bilya çapı küçüldükçe porozite azalmaktadır (7). Buna bağlı olarak kavrama yan yüzeyine basınç yapan bilya kütlesi artmaktadır. Tambur çevresine dizilmiş en dış sıradaki bilyaların kavrama yan yüzeylerine basınç etkileri yoktur, sadece tambur iç yüzeyine bir baskı kuvveti uygularlar. İkinci sıradaki bilyalar vasıtasıyla yan yüzeylerde bir etki meydana gelmektedir. Aynı kütle ( $m=1,137$  kg) dolmuş miktarında tambur çevresinde yaklaşık olarak: 8 mm çaplı bilyalardan bir sıra, 6 mm çaplı bilyalardan iki sıra ve 4 mm çaplı bilyalardan üç sıranın meydana geldiği hesaplanmıştır. Bunun sonucu olarak eşit kütle dolularında yan yüzeye etki eden sürtünme kuvvetleri bilya sıra sayıları ile artmaktadır. Bilya çapı küçüldükçe aynı işletim şartlarında bilyalı santrifüj kavramanın ilettiği momentin artması mantıklı gelmektedir.

$$R_s = \frac{2}{3} \frac{R^2 + Rr + r^2}{R + r} \text{ formülünden hesaplan}$$

maktadır. Yapılan hesaplamalarda bilya çapı küçüldükçe dolumun ağırlık merkezinin dönme eksenine mesafesinin arttığı bulunmuştur. Küçük çaplı bilyaların dolmuş porozitesi daha küçük olduğundan, dolumun iç çapı ( $r$ ) daha büyük ve dolayısıyla kütle ağırlık merkezi ( $R_s$ ) mesafesi daha büyük olmaktadır. Küçük çaplı bilya kullanımlarında  $R_s$ 'nin az da olsa artması, kavramanın moment iletim büyüklüğünü yükselttiği söylenebilir (6).

Bu kısımda tasarımı yapılarak üretimi gerçekleştirilen bilyalı santrifüj kavramanın, moment

iletim karakteristiklerini ortaya çıkarmak için yapılan deney sonuçları tartışılmıştır.

1. Bilyalı santrifüj kavramanın giriş mili devir sayısı artırıldığında, bütün bilya boşluk faktörleri için iletebileceği momentin de arttığı görülmüştür.
2. Bilyalı santrifüj kavrama moment iletim miktarı, devir sayısı ve boşluk faktörüne bağlı olarak incelenmiştir. Buna göre düşük devirlerde çalışılırken boşluk faktörünün daha etkili olduğu, devir sayısı arttıkça boşluk faktörü etkisinin giderek azaldığı, devir sayısı etkisinin hızlı bir şekilde arttığı sonucuna varılmıştır.
3. İşletim esnasında, hareket iletim elemanlarının kapasitelerinin üzerine çıktığında, bilyalı santrifüj kavramanın kayma yaparak sistemi koruması temel amaçlardan birisi olarak bilinmektedir. Boşluk faktörü ve devir sayısına bağlı olarak belirlenmiş olan kavrama moment iletim kapasitesi; alt değerlerinde boşluk faktörü azaltılarak kayma noktasının değiştirilebileceği ve aynı kavramanın farklı moment iletim kapasitelerine sahip tesislerde de kullanılabilirliği tespit edilmiştir.
4. Çalışma süresince bilyalarda aşınma sonucu çap küçülmesi olacağı, ayrıca bilya çapının porozite, boşluk faktörü ve moment iletiminde etkili olduğu anlaşıldığından bilya çapı seçiminde bu faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılmıştır.
5. Yük altında harekete başlayan sistemler için bilyalı santrifüj kavrama kullanmanın önemli avantajlar sağladığı ve rahatlıkla kullanılabilirliği açıkça görülmektedir.
6. Küçük boşluk faktörleri için büyük çaplı bilya kullanıldığında, bilyalı santrifüj kavrama yan yüzeylerinde oluşan sürtünme kuvvetlerinin moment iletimine çok az katkısı olduğu anlaşılmıştır. Bilya çapı küçüldükçe yan yüzey sürtünmesinin moment iletim kapasitesine olumlu katkı sağladığı belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. SHIGLEY, J.E., MISCHKE, C.R., Standart Handbook of Machine Design. McGraw-Hill, Inc. New York 1986.

2. GOODLING, E.C., Fighting High Energy Costs With Centrifugal Clutches. Machine Design. 46, 119-124, 1974.
3. DITTRICH, D., SCHUNMANN, O., Anwendungen der Antriebstechnik Band II: Kupplungen. Graphischer Betrieb. Mainz 1974.
4. JOHN, St., RICHARD, C., Centrifugal Clutch Has Gentle Touch. Power Transmission Design. 17, 40-42, 1975.
5. SCHAILTZ, A., Kupplung Atlas. A. G. T. Verlag Georg Thum. Württ 1968.
6. TÜRKBAY, İ., İki Fazlı Aktarıcılı Kavramaların Karakteristiklerinin Matematiksel ve Deneysel Araştırılması. Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
7. SAYDAM, T., Akışkanların Gözenekli Ortamdaki Akışı. Çağlayan Basımevi. İstanbul 1973.