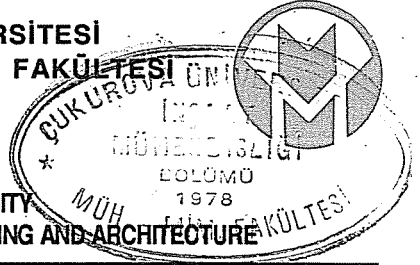


ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ

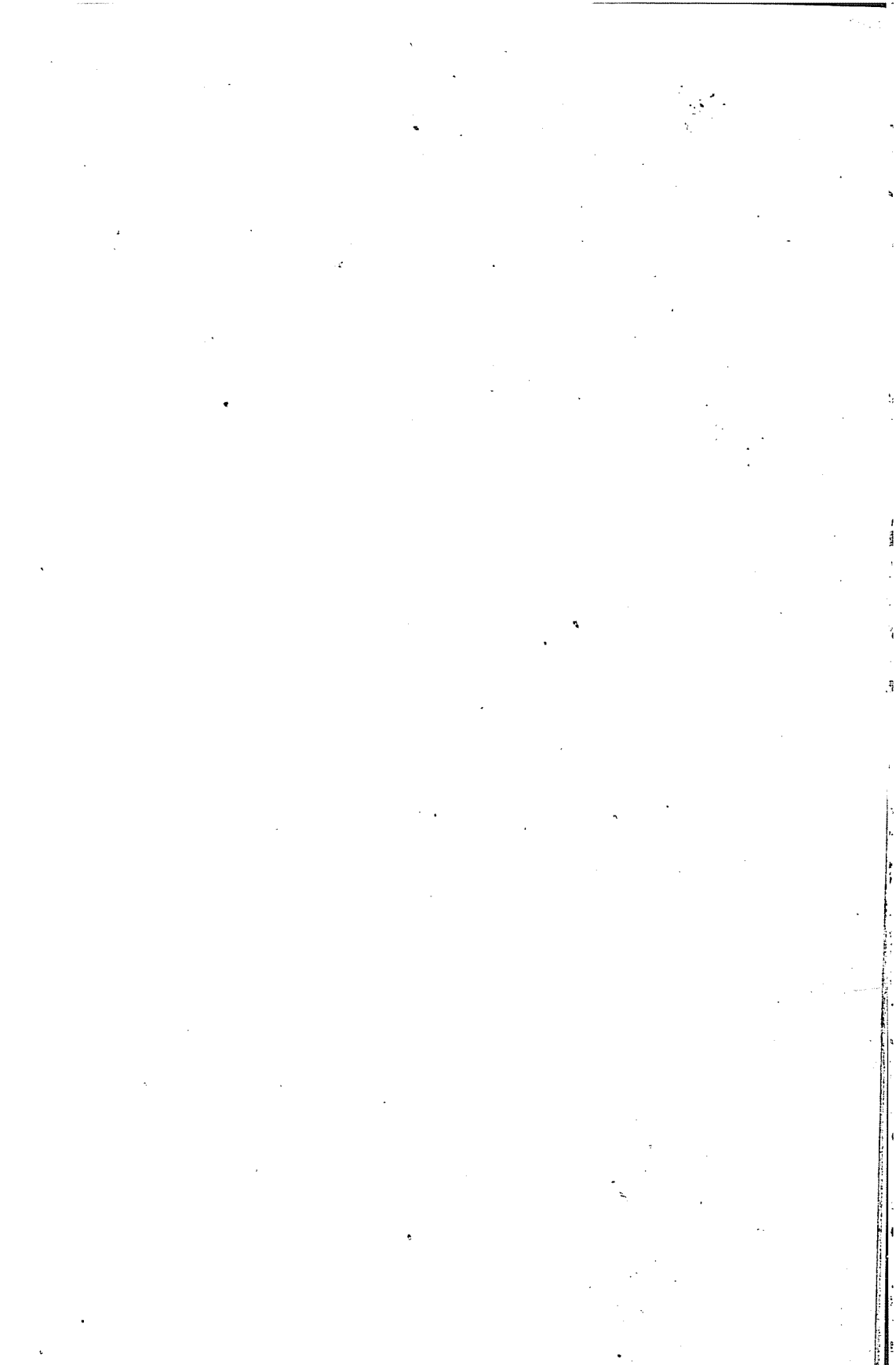


ÇUKUROVA UNIVERSITY
JOURNAL OF THE FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT 5 SAYI 1 ARALIK 1990
VOL 5 NO 1 DECEMBER 1990

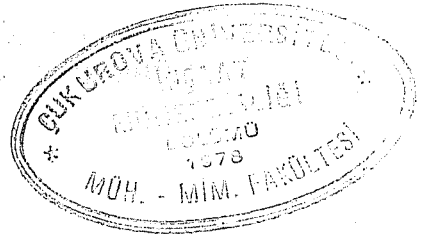
İÇİNDEKİLER
(CONTENTS)

Helisel yaylarda başlangıç şartları verilen serbest titreşim halinin normal mod yöntemi ile incelenmesi Determination of free vibration of helical springs under prescribed initial conditions by the mod-superposition technique.....	5
.....Vebil HAKTANIR, Erhan KIRAL	
Eksenel tekil yüke maruz helisel yaylarda kritik burkulma yükünün hesabı Determination of critical buckling load of helical springs subjected to axial loading.....	21
.....Vebil HAKTANIR, Erhan KIRAL	
Doymamış poroz ortamın düşey infiltrasyonu Vertical infiltration of unsaturated porous media.....	33
.....M. Arslan TEKİNSOY	
Toprak dolgu barajlarda sızmanın sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi Seepage analysis in earth-fill dams by finite element method.....	47
.....M.Salih KIRKGÖZ, Mehmet ARDIÇLIOĞLU	
Kompozit öngerilmeli beton kirişlerin magnel diyagramları yardımı ile bilgisayar destekli tasarımı Computer aided design of composite prestressed concrete beams by using magnel diagrams.....	63
.....Cengiz DÜNDAR, İsmail H. ÇAĞATAY	
Atıksu gökeme oranlarının hesaplanması üzerine bir çalışma A study on the determination of solid removal efficiency in sewage settlement.....	79
.....Ahmet YÜCEER	
Lamas (Limonlu-Erdemli-İçel) karst havzası yeraltısuyu olanakları Groundwater potentials of the karstic drainage basin in the Lamas region (Limonlu-Erdemli-İçel).....	91
.....Cavit DEMİRKOL, Galip YÜCE	
Antakya-Arsuz (Hatay) arasında görülen kromit cevherleşmelerinin metalojenezi ve jeokimyası The metallogeny and geochemistry of chromite mining seen between Antakya and Arsuz.....	117
.....Mesut ANIL, Ergül YAŞAR	
Malatya kuzeybatısının (Medik Ebreme yöresi) Üst Lütetiyen ostrakod faunası Upper Lutetian ostracoda fauna of the NW Malatya (Medik-Ebreme).....	135
.....Ümit ŞAFAK	



Botan.

UNIVERSITY OF
SOUTH AFRICA
Pretoria



UNIVERSITY OF
SOUTH AFRICA

PRETORIA

UNIVERSITY OF
SOUTH AFRICA

UNIVERSITY OF
SOUTH AFRICA
PRETORIA

UNIVERSITY OF

SOUTH AFRICA
PRETORIA

UNIVERSITY OF

UNIVERSITY OF

PRETORIA

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ**

- Sahibi** : Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dekanı
- Editör** : Prof. Dr. Erhan KIRAL
- Yrd. Editör** : Doç. Dr. Fikret İŞLER
- Yayın Kurulu** : Prof. Dr. Erhan KIRAL
Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ
Doç. Dr. Servet YAMAN
Doç. Dr. Fikret İŞLER
Yrd. Doç. Dr. Beşir ŞAHİN

Yazışma Adresi:
Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı

P.K. 198 Balcalı/ADANA

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ BASIMEVİ
ADANA**



CİLT	SAYI	ARALIK	
5	1	1990	
VOL	NO	DECEMBER	

İÇİNDEKİLER
(CONTENTS)

Helisel yaylarda başlangıç şartları verilen serbest titreşim halinin normal mod yöntemi ile incelenmesi Determination of free vibration of helical springs under prescribed initial conditions by the mod-superposition technique.....	5
.....Vebil HAKTANIR, Erhan KIRAL	
Eksenel tekil yüke maruz helisel yaylarda kritik burkulma yükünün hesabı Determination of critical buckling load of helical springs subjected to axial loading.....	21
.....Vebil HAKTANIR, Erhan KIRAL	
Doymamış poroz ortamın düşey infiltrasyonu Vertical infiltration of unsaturated porous media.....	33
.....M. Arslan TEKİNSOY	
Toprak dolgu barajlarda sızmanın sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi Seepage analysis in earth-fill dams by finite element method.....	47
.....M.Salih KIRKGÖZ, Mehmet ARDIÇLIOĞLU	
Kompozit öngerilmeli beton kirişlerin magnel diyagramları yardımı ile bilgisayar destekli tasarımı Computer aided design of composite prestressed concrete beams by using magnel diagrams.....	63
.....Cengiz DÜNDAR, İsmail H. ÇAĞATAY	
Atıksu çökeltme oranlarının hesaplanması üzerine bir çalışma A study on the determination of solid removal efficiency in sewage settlement.....	79
.....Ahmet YÜCEER	
Lamas (Limonlu-Erdemli-İçel) karst havzası yeraltısuyu olanakları Groundwater potentials of the karstic drainage basin in the Lamas region (Limonlu-Erdemli-İçel).....	91
.....Cavit DEMİRKOL, Galip YÜCE	
Antakya-Arsuz (Hatay) arasında görülen kromit cevherleşmelerinin metalojenezi ve jeokimyası The metallogeny and geochemistry of chromite mining seen between Antakya and Arsuz.....	117
.....Mesut ANIL, Ergül YAŞAR	
Malatya kuzeybatısının (Medik Ebreme yöresi) Üst Lütetiyen ostrakod faunası Upper Lutetian ostracoda fauna of the NW Malatya (Medik-Ebreme).....	135
.....Ümit ŞAFAK	



HELİSEL YAYLARDA
BAŞLANGIÇ ŞARTLARI VERİLEN SERBEST TİTRESİM HALİNİN
NORMAL MOD YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Vebil HAKTANIR (*)

Erhan KIRAL (**)

ÖZET

Bu çalışmada, ön deplasman verilip bırakılmış dairesel silindirik helisel bir yayın sönümlü serbest titreşim hareketi, normal mod yöntemi ile ele alınmaktadır. Helis elemanın rijitlik matrisi, taşıma matrisi yöntemi ile kesin olarak elde edilmektedir. Yayın sönümsüz serbest titreşim frekansları toplanmış kütle kabulü ve Jacobi sayısal özel değer bulma yöntemi ile hesaplanmakta, dönme ataleti ihmal edilmektedir.

DETERMINATION OF FREE VIBRATION OF HELICAL SPRINGS
UNDER PRESCRIBED INITIAL CONDITIONS
BY THE MOD-SUPERPOSITION TECHNIQUE

ABSTRACT

In this study, free viskous vibration of a circular cylindrical helical spring under prescribed initial conditions is investigate using the mod-superposition technique. The stiffness matrix of the helix element is obtained exactly by means of the transfer matrix method. Free undamped vibration frequencies of the helical spring are computed by the Jacobi method under the assumptions of lumping the distributed mass and ignoring the rotatory inertia effect. A computer program coded in Fortran-77 language is prepared.

(*) Ç. Ü. Müh.- Mim. Fak. Makina Mühendisliği Bölümü / ADANA

(**) Ç. Ü. Müh.- Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü / ADANA

1. GİRİŞ

Gerek motor sübop yayları, gerekse araç süspansiyon sistemlerinde kullanılan ve dinamik ortamlarda çalışan yayların serbest titreşim frekanslarının elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yayların serbest titreşim davranışlarında diğer ilgi çekici bir husus; herhangi bir ön deplasman verilip serbest titreşime maruz bırakılan bir yayın, bu hareketinin incelenmesidir. Bu frekansların hesaplanmasında, normal mod yönteminin kullanılması uygun olmaktadır.

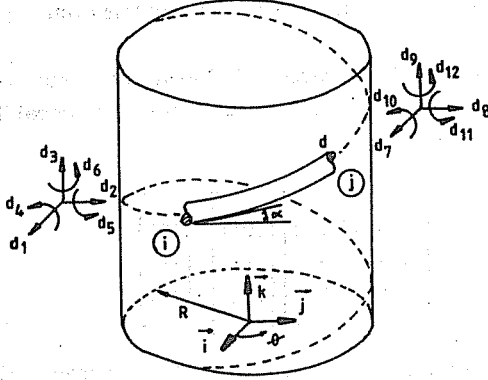
Normal mod yönteminde, sistemin yere göre ayrıklaştırılmış denklemleri temel alınır. Sistemin doğal frekansları ve bu frekanslara karşılık gelen modları ile, titreşim öncesi başlangıç şartları dikkate alınarak; incelenmesi istenilen deplasmanın hareket denklemi normal koordinatlarda elde edilir. Seçilen deplasmanın normal koordinatlardaki hareket denklemi çözülür.

2. HELİSEL BİR ELEMANDA SERBESTLİK DERECELERİ VE ELEMAN RİJİTLİK MATRİSİNİN ELDE EDİLMESİNDEKİ KABULLER

Helisel bir eleman uçlarında, öteleme ve dönme cinsinden toplam on iki serbestlik derecesi tanımlanmaktadır. Şekil 1 de, $(\vec{t}, \vec{n}, \vec{b})$ hareketli dik takımı eleman koordinatlarını, $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ dik takımı da sistem koordinatlarını göstermektedir. α helis yükselme açısı, R silindir yarıçapı, d tel çapı, θ ise x - ekseninden itibaren ölçülen açıdır.

Taşıma matrisi metodu; sistemin yere birinci dereceden bağlı olan diferansiyel denklem takımının kesin çözümünden geliştirilmiş sistematik bir yöntemdir. Bu çalışmada; eleman rijitlik matrisinin bulunmasında taşıma matrisi metodu kullanılmış [1]; kesit kayma ve geometrik merkezlerinin çakıştığı; çubuk malzemesinin homojen ve izotrop olduğu; ele alınan elemanda kesitin sabit olduğu, birinci mertebe teorisinin geçerli olduğu, kesit asal eksenleri ile \vec{n} ve \vec{b} eksenlerinin çakıştığı, çubuk

malzemesinin Hooke kanununa uyduğu kabulleri yapılmış; aksel ve kayma deformasyon etkileri ihmal edilmiştir.



$d_1, d_2, d_3, d_7, d_8, d_9$ —————> Ötelenmeler
 $d_4, d_5, d_6, d_{10}, d_{11}, d_{12}$ —————> Dörmeler

Sekil:1. Helisel bir elemanda serbestlik dereceleri

3. TOPLANMIŞ KÜTLE HALİNDE SONUMSUZ SERBEST TİTREŞİM FREKANS VE MODLARIN ELDE EDİLMESİ

$$[M]\{\ddot{D}\} + [K]\{D\} = \{0\} \quad (1)$$

Bu sönümsüz serbest titreşim denkleminde: $[M]$ sistem kütle, $[K]$ sistem rijitlik matrisi, $\{D\}$ ise sistem düğüm deplasmanlarını içeren kolon matristir. $\{D\}$ nin üzerindeki nokta sayısı, zamana göre türev mertebesini göstermektedir.

(1) de tekil kütlelerle ilgili sistem kütle matrisinin kullanılması halinde serbestlik dereceleri, titreşime atalet gösterenler ve göstermeyenler diye ikiye ayrılabilir [2]. Bu durumda öteleme türü deplasmanlar, "aktif deplasmanlar" olarak

adlandırılır. Sadece aktif deplasman doğrultularında toplanmış kütlelerin titreşime katkısı olacağı kabulü ile (1) de sistem kütle matrisi tekil olmaktadır. Bu durumda, denklem çözümü için [M] in tekil olmadığı (1) denkleminin indirgenmiş formuna gereksinim vardır. İndirgeme işlemi ile ayrıca, bilinmeyen sayısı azaltılmaktadır.

Toplam n adet serbestlik derecesi bulunan bir sistemde; sistem düğümlerindeki m adet aktif deplasmanlar öncelikle kodlanmak üzere (1) denklemi,

$$\begin{bmatrix} [M1] & [M2] \\ \dots & \dots \\ [M3] & [M4] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \langle D1 \rangle \\ \dots \\ \langle D2 \rangle \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [K1] & [K2] \\ \dots & \dots \\ [K3] & [K4] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \langle D1 \rangle \\ \dots \\ \langle D2 \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle 0 \rangle \\ \dots \\ \langle 0 \rangle \end{bmatrix} \quad (2)$$

şeklinde açık yazılabilir. Burada öteleme yapan $\langle D1 \rangle$ deplasmanlarının atalet kuvveti doğuracağı kabulü ile sadece $(m \times m)$ mertebesindeki [M1] alt matrisinin ana diyagonalı üzerindeki terimleri sıfırdan farklıdır. Sistem kütle matrisine ait diğer alt matrisler ise,

$$[M2]_{(n-m) \times m} = [M3]_{m \times (n-m)} = [M4]_{(n-m) \times (n-m)} = [0] \quad (3)$$

sıfır değerini almaktadır. (2) de sistem rijitlik matrisi,

$$[K3] = [K2]^T \quad (4)$$

simetri özelliğine sahiptir. (3) göz önüne alınarak (2) den,

$$[M1] \langle D1 \rangle + [K1] \langle D1 \rangle + [K2] \langle D2 \rangle = \langle 0 \rangle \quad (5-a)$$

$$[K3] \langle D1 \rangle + [K4] \langle D2 \rangle = \langle 0 \rangle \quad (5-b)$$

yazılır. (5-b) de, aktif olmayan deplasmanları içeren $(n-m \times 1)$ mertebesindeki $\langle D2 \rangle$ vektörü yalnız bırakılırsa,

$$\langle D2 \rangle = - [K4]^{-1} [K3] \langle D1 \rangle \quad (6)$$

bulunur. (6), (5-a) da yerine konursa,

$$[M1] \{D1\} + ([K1] - [K2] [K4]^{-1} [K3]) \{D1\} = \{0\} \quad (7)$$

aktif olmayan deplasmanların elendiği, sadece aktif deplasmanları içeren indirgenmiş serbest titreşim denklemi elde edilir. Eşitlik (7), $[K^*]$ indirgenmiş sistem rijitlik matrisi olmak üzere,

$$[M1] \{D1\} + [K^*] \{D1\} = \{0\} \quad (8)$$

şeklinde yazılabilir. (8) indirgenmiş denkleminde, kütle matrisi diyagonal formdadır ve artık determinanı sıfırdan farklıdır. w serbest titreşim frekansı olmak üzere (8) için,

$$\{D1\} = \{a\} \sin(wt) \quad (9)$$

çözümü kabul edilebilir. (9) ve zamana bağlı ikinci türevinin (8) de yerine konulması ile,

$$([K^*] - w^2 [M1]) \{a\} = \{0\} \quad (10)$$

bulunur. Burada $\{a\}$, aktif deplasman doğrultularında düğümlerin ötelenme genlikleridir. (10) dan frekans determinanı için,

$$\text{Det} ([K^*] - w^2 [M1]) = \{0\} \quad (11)$$

yazılır. Genel öz değer denklemi olan (11) in çözümünden bulunacak frekanslar sistemin serbest titreşim frekanslarını, bu frekanslara karşılık gelen öz vektörler de sistemin aktif deplasman modlarını vermektedir.

(11), özel öz değer problemine de indirgenebilir. Bunun için, indirgenmiş sistem rijitlik matrisinin simetrik olduğu göz önüne alındığında (10), aktif deplasmanlara ait $[M1]$ kütle matrisinin karekökünün tersi ile soldan çarpılır.

$$[M1]^{-1/2} [K^*] \{a\} - w^2 [M1]^{-1/2} [M1] \{a\} = \{0\} \quad (12)$$

(12), aşağıda olduğu gibi de yazılabilir:

$$[M1]^{-1/2} [K^*] [M1]^{-1/2} [M1]^{1/2} \{a\} - w^2 [M1]^{1/2} \{a\} = \{0\} \quad (13)$$

Bu denklem,

$$\{X\} = [M1]^{1/2} \{a\} \quad (14)$$

tarifi ve,

$$[B] = [M1]^{-1/2} [K^*] [M1]^{-1/2} \quad (15)$$

ile,

$$([B] - w^2 [I]) \{X\} = \{0\} \quad (16)$$

haline gelir. Buradan frekans determinantı için,

$$\text{Det} ([B] - w^2 [I]) = \{0\} \quad (17)$$

yazılır. (17), özel özdeğer problemidir. Burada indirgenmiş $[K^*]$ sistem rijitlik matrisinin simetrik olmasından yararlanılarak elde edilen $[B]$ matrisi, yine simetrik olmaktadır. (17) nin çözümünden elde edilen $\{X\}$ vektörü ve (14) ile,

$$\{a\} = [M1]^{-1/2} \{X\} \quad (18)$$

sekinde, öteleme doğrultularındaki genlikler elde edilir. Bu çalışmada (17) özel özdeğer probleminin çözümü için, Jacobi sayısal yöntemi kullanılmıştır [3,4]. Bu metotta bütün öz değer ve öz vektörler elde edilebilmektedir.

4. NORMAL KOORDİNATLARDA HAREKET DENKLEMİ

Normal mod yöntemi ile normal koordinatlardaki hareket denkleminin elde edilmesinde öncelikle, sistemin sönümsüz serbest titreşim frekansları w lar ve bu frekanslara karşılık gelen $\{a\}$ özel vektörlerine gereksinim vardır [5,6]. İndirgeme sonunda sistemin serbest titreşiminde; r inci frekans ve bu frekansa ait titreşim modları,

$$([K^*] - w_r^2[M1])\{a_r\} = \{0\} \quad (19)$$

özdeğer probleminin çözümünden elde edilir. Sistemin modal vektörlerini sütun sütun içine alan [A] kare matrisi,

$$[A] = \left[\{a_1\}, \{a_1\}, \{a_3\}, \dots, \{a_m\} \right] \quad (20)$$

"modal matris" adını alır. Herhangi bir r ve s modu için, (19) denklemi yeniden yazılırsa,

$$[K^*]\{a_r\} = w_r^2[M1]\{a_r\} \quad (21-a)$$

$$[K^*]\{a_s\} = w_s^2[M1]\{a_s\} \quad (21-b)$$

elde edilir. (21-a) denklemi $\{a_s\}^T$, (21-b) denklemi $\{a_r\}^T$ ile soldan çarpılırsa,

$$\{a_s\}^T[K^*]\{a_r\} = w_r^2\{a_s\}^T[M1]\{a_r\} \quad (22-a)$$

$$\{a_r\}^T[K^*]\{a_s\} = w_s^2\{a_r\}^T[M1]\{a_s\} \quad (22-b)$$

bulunur. Şimdi bu denklemlerden (22-b) nin her iki tarafında çarpım halinde bulunan terimlerin transpozu alınacaktır. İndirgenmiş sistem rijitlik ve aktif deplasman kütle matrislerinin,

$$[K] = [K^*]^T \quad (23)$$

$$[M1] = [M1]^T$$

simetri özellikleri dikkate alınarak,

$$\{a_s\}^T[K^*]\{a_r\} = w_r^2\{a_s\}^T[M1]\{a_r\} \quad (24-a)$$

$$\{a_s\}^T[K^*]\{a_r\} = w_s^2\{a_s\}^T[M1]\{a_r\} \quad (24-b)$$

esitlikleri elde edilir. Burada her iki denklemin sol tarafları aynıdır. Böylece (24) denklemlerinin farkından,

$$(w_r^2 - w_s^2) \{a_s\}^T [M] \{a_r\} = 0 \quad (25)$$

ve iki farklı moddaki açısız frekansların birbirine eşit olmadığı kabulünden hareketle,

$$\{a_s\}^T [M] \{a_r\} = 0 \quad (26)$$

bulunur. (26) nın (22-a) da yerine konulması ile,

$$\{a_s\}^T [K^*] \{a_r\} = 0 \quad (27)$$

elde edilir. (27) ve (28) ifadeleri, "modal vektörlerin ortogonalite şartları" dır. Normal mod yönteminde, (19) dan elde edilen özel vektörlerin bu şartları sağladığı kabul edilmektedir.

Şimdi de, sönümlü serbest titreşim denklemini, $[C^*]$ indirgenmiş sistem sönüm matrisi, $[M^*]$ sistem aktif kütle matrisi ve $\{D\}$ sistem aktif deplasman vektörü olmak üzere,

$$[M^*] \{D\} + [C^*] \{D\} + [K^*] \{D\} = \{0\} \quad (28)$$

yeniden yazalım. Visköz sönüm kabulü halinde $[C^*]$, α ve β sönüm katsayıları ile,

$$[C^*] = \alpha [M^*] + \beta [K^*] \quad (29)$$

şeklinde tarif edilir [5]. Bu tanımdaki sönüm katsayıları, sistemin yapıldığı malzemeye göre tayin edilmektedir.

Normal mod metodunda aşağıda yapılacak tanımlara gerek vardır. Bunlardan M_r modal kütle,

$$M_r = \{a_r\}^T [M^*] \{a_r\} \quad (30)$$

ve modal rijitlik K_r ,

$$K_R = \{a_R\}^T [K^*] \{a_R\} \quad (31)$$

olarak tarif edilir. Modal rijitlik için (19) dan aynı zamanda,

$$K_R = \omega_R^2 M_R \quad (32)$$

yazılabileceği görülmektedir. r modu için boyutlu sönüm sabiti,

$$C_R = \{a_R\}^T [C^*] \{a_R\} \quad (33)$$

ile ifade edilir. Düşüm noktalarındaki aktif deplasmanları içeren $\{D(t)\}$ vektörü için başlangıç şartlarının,

$$\begin{aligned} \{D(0)\} &= \{D_0\} \\ \dot{\{D(0)\}} &= \dot{\{D_0\}} \end{aligned} \quad (34)$$

olduğunu kabulü ile, (28) denkleminin normal mod yöntemi ile çözümünde sistem aktif deplasman vektöründe,

$$\{D(t)\} = [A] \{Y(t)\} = \sum_{r=1}^m \{a_R\} Y_R(t) \quad (35)$$

şeklinde koordinat dönüşümü yapılır. Burada $Y_R(t)$ bileşenlerine "normal koordinat" adı verilir. (35) dönüşümü yardımı ile, $\{D(t)\}$ vektörüne ait (34) başlangıç şartlarının normal koordinatlardaki ifadesi için,

$$\begin{aligned} \{D(0)\} &= [A] \{Y(0)\} = \sum_{r=1}^m \{a_R\} Y_R(0) \\ \dot{\{D(0)\}} &= [A] \dot{\{Y(0)\}} = \sum_{r=1}^m \{a_R\} \dot{Y}_R(0) \end{aligned} \quad (36)$$

yazılır. Yöntemde birbirinden farklı olan r ve s modları ile, sistem sönüm matrisinin de (26) ve (27) ye benzer olarak,

$$\{a_s\}^T [C^*] \{a_r\} = 0 \quad (37)$$

ortogonalite şartlarını sağladığı kabul edilmektedir. Sistem koordinatlarından, normal koordinatlara dönüştürülen aktif deplasman vektörünün (35) ifadesinin ve bu ifadeden bulunacak zamanla bağlı türevlerinin (28) denkleminde yerine konulup denklemin her iki yanının $\{a_r\}^T$ ile çarpılması sonucu,

$$\{a_r\}^T [M^*] \{a_r\} \ddot{Y}_r(t) + \{a_r\}^T [C^*] \{a_r\} \dot{Y}_r(t) + \{a_r\}^T [K^*] \{a_r\} Y_r(t) = 0 \quad (38)$$

bulunur. Burada (30), (32), (33) modal büyüklüklerin yardımı ve,

$$z_r = \frac{C_r}{2M_r w_r} \quad (39)$$

tarifi ile aşağıdaki ayrıştırılmış hareket denklemini elde edilir.

$$\ddot{Y}_r + 2z_r w_r \dot{Y}_r + w_r^2 Y_r = 0 \quad (40)$$

(40) hareket denkleminin başlangıç şartlarını sağlayacak şekilde çözümü ile, normal koordinatlardaki modlar bulunacaktır. Hareket başlangıcındaki normal koordinatın kendisi ve zamana bağlı birinci türevi, (36) denklemini soldan

$$\{a_r\}^T [M]$$

ile çarpılarak,

$$Y_r(0) = \frac{\{a_r\}^T [M] \{D(0)\}}{M_r} \quad (41-a)$$

$$\dot{Y}_r(0) = \frac{\{a_r\}^T [M] \{\dot{D}(0)\}}{M_r} \quad (41-b)$$

şeklinde elde edilir. (40) denkleminin (41) sınır şartlarını sağlayan çözümü, r modu için sönümlü serbest titreşim frekansının,

$$w_{dr} = w_r (1 - z_r^2)^{1/2} \quad (42)$$

tarifiyle birlikte aşağıda olduğu gibi,

$$Y_r(t) = \frac{1}{w_{dr}} [Y_r(0) + z_r w_r Y_r(0)] e^{-z_r w_r t} \sin(w_{dr} t) + Y_r(0) e^{-z_r w_r t} \cos(w_{dr} t) \quad (43)$$

elde edilir [5, Sayfa 354]. Normal koordinatlara ait (43) ün çözümünden,

$$\{D(t)\} = \sum_{r=1}^m \{a_r\} Y_r(t) \quad (44)$$

ile sistem koordinatlarındaki düğüm deplasmanlarına geçilmektedir. Çubuk uç kuvvetleri,

$$\{p\} = [k]\{d\} \quad (45)$$

eleman denkleminde bulunur. Burada $\{p\}$ eleman uç kuvvetlerini, $\{d\}$ (44) sistem deplasmanından ayıklanan eleman uç deplasmanlarını içeren kolon matrislerdir. $[k]$ eleman rijitlik matrisidir.

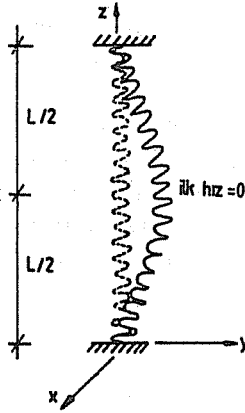
5. SAYISAL ÖRNEKLER VE SONUÇLAR

Bu örnekte uçları ankastre, ortasından y - eksenine doğrultusunda çekilmiş ve sıfır hızla serbest bırakılmış olan bir yayın (Sekil 2), titreşim hareketi incelenecektir. Bu amaçla $\theta = 7.6\pi$ de $P_y = 100$ Newton şiddetinde statik tekil bir kuvvet uygulanmış ve düğüm noktalarındaki deplasmanlar yay ağırlığı ihmal edilerek hesaplanmıştır. Çizelge 1 de verilen bu deplasmanlar, programa başlangıç şartları olarak verilmektedir.

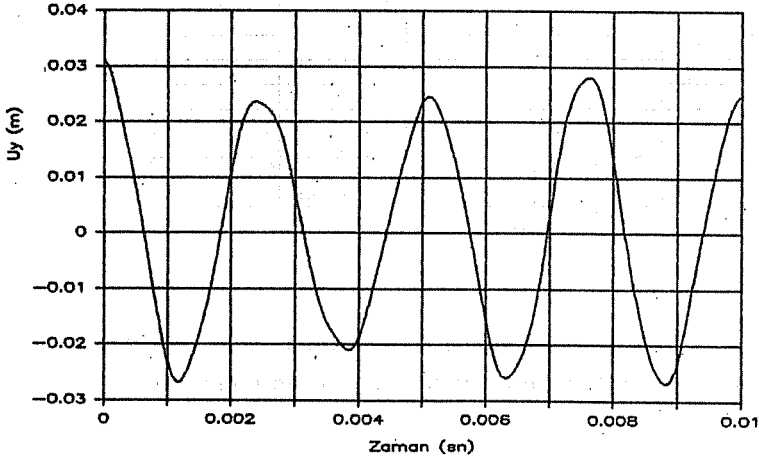
Çözüm için helis 20 eşit eleman bölünmüştür, eleman kütleleri eleman ortasında toplamıştır. Bu şekilde elde edilen 21 eleman ve 22 düğüm de, 12 inci düğüme ait U_y aktif deplasmanın zamanla değişimi incelenmiştir (Sekil 3).

Cizelge:1. $\phi=7.6 \pi$ de $P_y=100$ N'luk statik yük etkimesi sonucu düğüm aktif deplasmanları

E=2.06 10 ¹¹ N/m ² ; $\nu=0.3$; $\rho=7900$ kg/m ³ ; $\alpha=8.5744^\circ$; R=5mm				
Aktif sarım sayısı=7.6; d=1mm; Sınır şartı=Ankastre-Ankastre				
Düğüm no	Düğüm açısı ϕ	Düğüm aktif deplasmanları (m)		
		U_x	U_y	U_z
1	0.	0.	0.	0.
2	0.38 π	0.1757 10 ⁻³	0.2828 10 ⁻³	-0.5076 10 ⁻³
3	1.14 π	0.8740 10 ⁻³	0.1454 10 ⁻²	0.3959 10 ⁻²
4	1.9 π	0.6321 10 ⁻³	0.5981 10 ⁻²	0.2216 10 ⁻²
5	2.66 π	-0.6577 10 ⁻³	0.6911 10 ⁻²	-0.4918 10 ⁻²
6	3.42 π	0.2951 10 ⁻²	0.1072 10 ⁻¹	0.8492 10 ⁻²
7	4.18 π	-0.8727 10 ⁻³	0.1661 10 ⁻¹	-0.3303 10 ⁻²
8	4.94 π	0.2340 10 ⁻³	0.1508 10 ⁻¹	-0.9525 10 ⁻³
9	5.7 π	0.3570 10 ⁻²	0.2351 10 ⁻¹	0.5751 10 ⁻²
10	6.46 π	-0.3056 10 ⁻²	0.2395 10 ⁻¹	-0.3476 10 ⁻²
11	7.22 π	0.3676 10 ⁻²	0.2197 10 ⁻¹	0.4564 10 ⁻³
12	7.98 π	0.5182 10 ⁻³	0.3093 10 ⁻¹	0.1579 10 ⁻²
13	8.74 π	-0.4128 10 ⁻²	0.2023 10 ⁻¹	0.2482 10 ⁻²
14	9.5 π	0.4035 10 ⁻²	0.2094 10 ⁻¹	-0.5694 10 ⁻²
15	10.26 π	-0.3017 10 ⁻²	0.2118 10 ⁻¹	0.5308 10 ⁻²
16	11.02 π	-0.1664 10 ⁻³	0.1142 10 ⁻¹	-0.7932 10 ⁻³
17	11.78 π	0.1747 10 ⁻²	0.1318 10 ⁻¹	-0.5389 10 ⁻²
18	12.54 π	-0.2670 10 ⁻²	0.7868 10 ⁻²	0.6460 10 ⁻²
19	13.3 π	0.1012 10 ⁻²	0.3865 10 ⁻²	-0.4949 10 ⁻²
20	14.06 π	0.3285 10 ⁻⁴	0.3680 10 ⁻²	-0.1095 10 ⁻²
21	14.82 π	-0.5490 10 ⁻³	0.2207 10 ⁻³	0.7823 10 ⁻³
22	15.2 π	0.	0.	0.



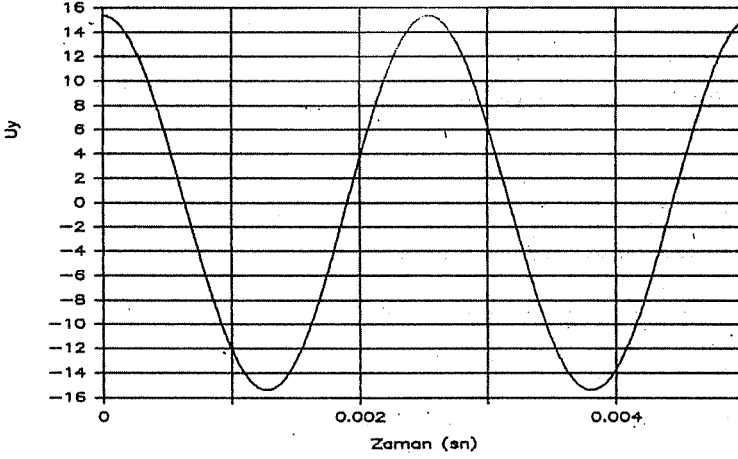
Sekil:2. Yayın titreşim öncesi konumu



Sekil:3. Başlangıç şartları Sekil (2) ve Çizelge (1) deki gibi olan yayda, $\theta=7,98\pi$ deki U_y deplasmanının zamana bağlı değişim grafiği.

Sekil (3) den, periyodu ortalama olarak ($T=0.00236$ sn) ölçülen titreşimin frekansı, ($\omega=423$ Hz) olarak bulunur.

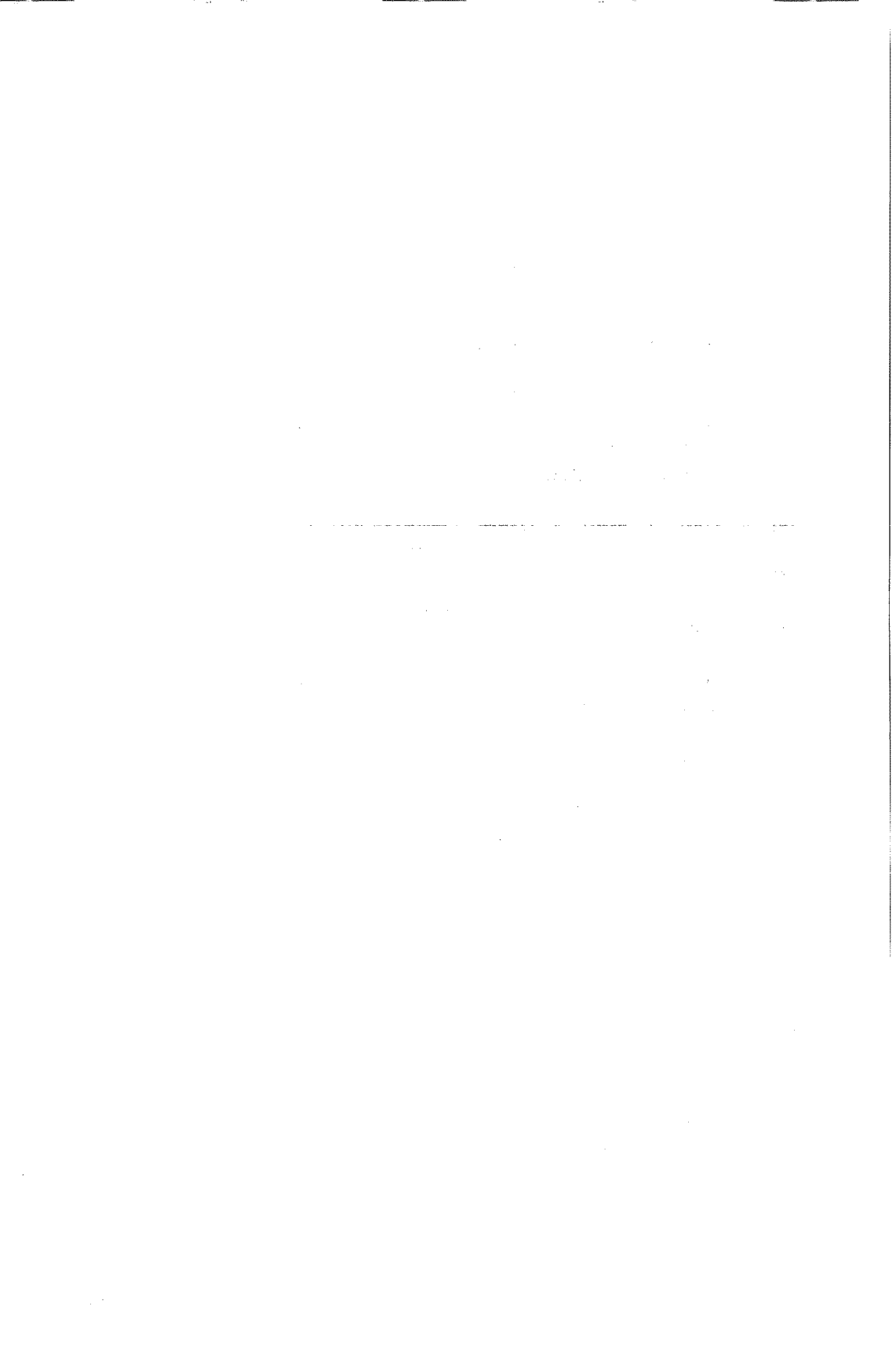
Aynı yayda bu kere, en küçük serbest titreşim düğüm modları başlangıç şartları olarak alınmıştır. Burada yine aynı yer ve doğrultudaki deplasmanın zamanla değişimi incelenmiştir. Sekil (4) den periyodu yaklaşık 0.0025 saniye olan bu hareketin frekansı 400 Hz olarak hesaplanmıştır. Bu ise beklendiği gibi, sistemin temel frekansına (394 Hz) yaklaşık olarak eşittir [7].



Sekil:4. Başlangıç şartları, temel frekans modları olan yayda, 12 nolu düğümde U_y nin zamana bağlı değişim grafiği.

KAYNAKLAR

- [1] V. HAKTANIR, E. KIRAL, Helisel Çubukların Statik Davranışının Rijitlik Matrisi Metodu ile İncelenmesi. C.U. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 4/1 (1989). 57-71.
- [2] S. TEZCAN, Çubuk Sistemlerinin Elektronik Hesap Makinaları ile Çözümü. Arı Kitapevi, İSTANBUL, 1970, 406 s.
- [3] K.J. BATHE, E.L. WILSON, Numerical Methods in Finite Element Analysis. Prentice Hall Inc., U.S.A., 1976, 528 s.
- [4] E. KIRAL, Y. MENGI, A. GURKCK, Computing Methods in Engineering, Volume 1. O.D.T.Ü., ANKARA, 1981.
- [5] R.R. CRAIG, Structural Dynamics- An Introduction to Computer Methods. John Wiley & Sons, U.S.A., 1981.
- [6] E. KIRAL, Y. MENGI, Titreşim Problemlerinde Kişisel Bilgisayar Kullanımı. II. Ulusal Makina Teorisi Simpozyumu. O.D.T.Ü. GAZİANTEP. Mühendislik Araştırma Grubu (1986) 220-231.
- [7] V. HAKTANIR, E. KIRAL, Helisel Yaylarda Rijitlik Matrisi Metodu ile Serbest Titreşim Frekanslarının Elde Edilmesi. 4. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu, İSTANBUL (1990). 489-498.



**EKSENEL TEKİL YÜKE MARUZ HELİSEL YAYLARDA
KRİTİK BURKULMA YÜKÜNÜN HESABI**

Vebil HAKTANIR (*)

Erhan KIRAL (**)

ÖZET

Bu çalışmada, eksenel yüke maruz dairesel silindirik helisel bir yayın kritik burkulma yükü yaklaşık olarak hesaplanmaktadır. Helis eğrisi doğru eksenli kirişlerle birleştirilerek elde edilmektedir. Eksenel yükün etkisi, geometrik rijitlik matrisi ile dikkate alınmaktadır. Özel değer probleminin çözümünde alt uzay iteratif sayısal yöntemi kullanılmaktadır. Eksenel statik yük altında, kritik burkulma yükünün bulunması amacı ile FORTRAN-77 dilinde bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Helisin sarıldığı silindir (uzunluk/çap) oranlarının burkulma yüküne etkileri incelenmiştir.

**DETERMINATION OF CRITICAL BUCKLING LOAD OF
HELICAL SPRINGS SUBJECTED TO AXIAL LOADING**

ABSTRACT

In this study, critical buckling load of a circular cylindrical helical spring subjected to axial loading is investigated. A helical element is substituted by a straight beam element whose geometric and stiffness matrices are already available in literature. The presence of the axial loading is taken into account by the geometric stiffness matrix of the beam element. In the solution of the general eigenvalue problem, subspace iteration method together with Sturm sequence check is employed. For the determination of the critical load, a computer program coded in FORTRAN-77 language is prepared.

(*) Ç. Ü. Müh.- Mim. Fak. Makina Mühendisliği Bölümü / ADANA

(**) Ç. Ü. Müh.- Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü / ADANA

1. GİRİŞ

Helisel metalik yaylar, genellikle silindirik ekseni doğrultusunda tekil kuvvetler ile yüklenmektedir. Bu yük altında yay kesitindeki gerilmeler kabul edilebilir sınırlar içinde olsa bile, bazı durumlarda yay stabilitesini kaybedebilir. Elemanter formüller ile yay tasarımında öncelikle gerilme analizi yapılmakta, daha sonra yayın burkulma ve titreşim davranışı incelenmektedir.

Ankastre-ankastre uç için elemanter burkulma yükü formülü aşağıda olduğu gibidir [1]:

$$\frac{P_{kr}}{Y_0} = 0.8125 \left(1 - \sqrt{1 - 109.84 \left(\frac{D}{2L} \right)^2} \right) = \frac{L - L_s}{L_s} = \xi \quad (1)$$

Burada L_s yayın sıkışmış konumundaki, L serbest haldeki silindirik yüksekliğini; ξ bağıl sıkışma oranını ve D silindirik çapını göstermektedir. Y_0 aksel rijitliği (2) ile tarif edilmektedir.

$$Y_0 = \frac{4LJ_p G}{\pi D^3 n} = \frac{GJ_p L}{2\pi R^3 n} = kL \quad (2)$$

(2) de R silindirik yarıçapı, J_p burulma atalet momenti, n aktif sarım sayısı, k yay sabiti, G yay malzemesinin kayma modülüdür.

Yayın bilinen ilk aksel uzunluğu ve silindirik çapından, (1) ile bağıl sıkışma oranı hesaplanır. Buradan aksel rijitlik ve burkulma yüküne geçilir. Yayın son konumundaki L_s aksel uzunluğu ve α_s helis açısı,

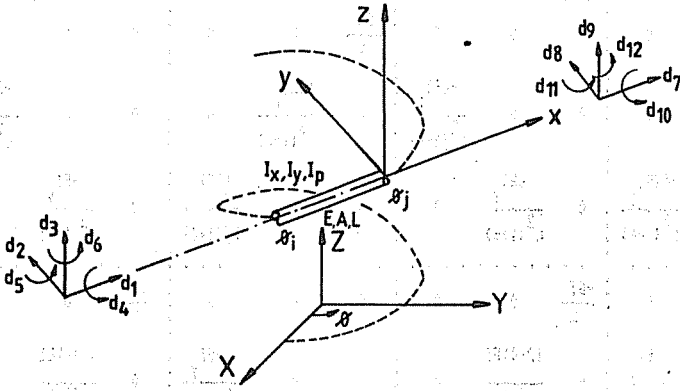
$$1 - \xi = L_s / L = \tan \alpha_s / \tan \alpha \quad (3)$$

ifadesi ile elde edilir. (1) eşitliğine göre, (L/D) oranı 5.24 ve daha küçük olan yaylar için burkulma tehlikesi yoktur.

Bu çalışmada, aksenal yük etkisi altında helisel yaya ait yaklaşık kritik burkulma yükünün elde edilmesi amaçlanmıştır. Helis eksenini, doğru eksenli kirişlerle birleştirilerek meydana getirilmiştir. Aksenal yük etkisi ile yay kesitinde meydana gelen ve helis eksenini boyunca sabit bir değerde olan kesit tesirlerinden sadece normal kuvvet bileşeni dikkate alınmıştır. Aksenal ön yükün etkileri, geometrik rijitlik matrisi ile temsil edilmiş, çubuğun ağırlığı ihmal edilmiştir. Bu şekilde teşkil edilen ve genel özdeğer problemine dönüşen sistem, matris formülasyonu kullanılarak; alt uzay iteratif indirgeme ve Jacobi özel değer bulma sayısal yöntemleri ile çözülmüştür.

2. KRITİK BURKULMA YÜKÜNÜN TAYINI

2.1. Eleman ve Sistem Koordinatları



- $d_1, d_2, d_3, d_7, d_8, d_9$ —> Ötelenmeler
 $d_4, d_5, d_6, d_{10}, d_{11}, d_{12}$ —> Dönmeler

Sekil:1. Uzaysal doğru eksenli bir elemanda serbestlik dereceleri

$$[k]_{xyz} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}z & 0 & \frac{-12EI}{L^3(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}z \\ 0 & 0 & \frac{12EI}{L^3(1+\theta)}y & 0 & \frac{-6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 & 0 & 0 & \frac{-12EI}{L^3(1+\theta)}y & 0 & \frac{-6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & \frac{6J}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-6J}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 & \frac{(4+\theta)EI}{L(1+\theta)}y & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 & \frac{(2-\theta)EI}{L(1+\theta)}y & 0 \\ 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{(4+\theta)EI}{L(1+\theta)}z & 0 & \frac{-6EI}{L^2(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{(2-\theta)EI}{L(1+\theta)}z \\ \hline -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-12EI}{L^3(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{-6EI}{L^2(1+\theta)}z & 0 & \frac{12EI}{L^3(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{-6EI}{L^2(1+\theta)}z \\ 0 & 0 & \frac{-12EI}{L^3(1+\theta)}y & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI}{L^3(1+\theta)}y & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & \frac{-6J}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{6J}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 & \frac{(2-\theta)EI}{L(1+\theta)}y & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}y & 0 & \frac{(4+\theta)EI}{L(1+\theta)}y & 0 \\ 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{(2-\theta)EI}{L(1+\theta)}z & 0 & \frac{6EI}{L^2(1+\theta)}z & 0 & 0 & 0 & \frac{(4+\theta)EI}{L(1+\theta)}z \end{bmatrix} \quad (4)$$

Uzaysal doğru eksenli bir eleman uçlarında, toplam on iki serbestlik derecesi tanımlanır (Şekil 1). Şekilden görüldüğü gibi x- eksenini, çubuk eksenini doğrultusunda alınmıştır. Burada xyz eleman koordinatlarını, XYZ sistem koordinatlarını göstermektedir. θ , eleman uçlarının helisel eksen üzerindeki yerini tanımlamada kullanılan, X- ekseninden itibaren saat ibrelerinin tersi yönünde radyan olarak ölçülen açıyı göstermektedir.

2.2. Eleman Rijitlik Matrisi

Şekil (1) de görülen uzaysal doğru eksenli bir elemana ait, kayma deformasyonlarını içeren eleman rijitlik matrisi (4) de eleman koordinatlarında verilmiştir [2]. Doğru eksenli elemanın sabit kesitli olduğu, elastik ve homojen malzemeden yapıldığı, şekil değiştirmelerin çok küçük olduğu, kesitin asal eksenleri ile, I_y ve I_z asal atalet moment eksenlerinin çakıştığı kabul edilmektedir.

(4) de θ , kayma deformasyonlarıyla ilgili bir büyüklük olup daire kesit için,

$$\theta = \frac{12EI_y}{GAL^2} \quad (5)$$

ile verilir [2]. Burada E malzemenin elastisite modülünü, A kesit alanını göstermektedir. Bu çalışmada, doğru eksenli eleman boyu L, eleman uçları arasında kalan gerçek helisin boyu olarak alınmış ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$L = \frac{R}{\cos\alpha} (\theta_j - \theta_i) \quad (6)$$

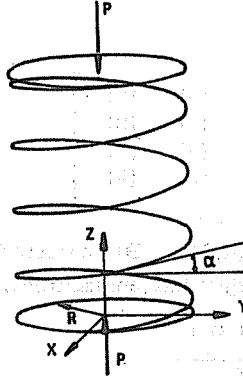
2.3. Eleman Geometrik Rijitlik Matrisi

Elemanları içinde sabit N normal kuvvetini içeren doğru eksenli çubukta, eleman koordinatlarında geometrik rijitlik matrisi (7) de olduğu gibidir [3]:

$$[k_{6 \times 6}]_{xyz} = N \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{6}{5L} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{10} & 0 & \frac{-6}{5L} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{10} \\ 0 & 0 & \frac{6}{5L} & 0 & \frac{-1}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6}{5L} & 0 & \frac{-1}{10} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{10} & 0 & \frac{2L}{15} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{10} & 0 & \frac{-1}{30} & 0 \\ 0 & \frac{1}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{2L}{15} & 0 & \frac{-1}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{-L}{30} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-6}{5L} & 0 & 0 & 0 & \frac{-1}{10} & 0 & \frac{6}{5L} & 0 & 0 & 0 & \frac{-1}{10} \\ 0 & 0 & \frac{-6}{5L} & 0 & \frac{1}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{6}{5L} & 0 & \frac{1}{10} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{10} & 0 & \frac{-L}{30} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{10} & 0 & \frac{2L}{15} & 0 \\ 0 & \frac{1}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{-L}{30} & 0 & \frac{-1}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{2L}{15} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Siddeti P olan sabit aksenal statik yük altında, helisel çubuk kesitinde meydana gelen ve basınç etkisi yaratan normal kuvvetin büyüklüğü için (8) ifadesi geçerlidir (Şekil 2). Burada α helis yükselme açısını temsil etmektedir. Kesite etki eden diğer gerilme bileşenleri (eğilme ve burulma momentleri ile kesme kuvveti) bu çalışmada ihmal edilmektedir.

$$N = P \sin \alpha \quad (8)$$



Sekil:2. Eksenel tekil ön yük altındaki helis.

2.4. Eleman Matrislerinin Transformasyonu

Bilindiği gibi eleman denklemlerinden teşkil edilecek sistem denklemleri, XYZ sistem koordinatlarında yazılmalıdır. Bu nedenle sistem rijitlik matrisine katkısının belirlenmesinden önce, (4) de verilen eleman rijitlik matrisi ve (7) de verilen eleman geometrik rijitlik matrisinin aşağıda olduğu gibi XYZ koordinatlarındaki dönüşmüş ifadelerine gerek vardır.

$$[k]_{XYZ} = [T]^T [k]_{xyz} [T] \quad (9)$$

$$[k_G]_{XYZ} = [T]^T [k_G]_{xyz} [T] \quad (10)$$

Yukarıdaki dönüşüm ifadelerinde kullanılacak olan [T] dönüşüm matrisinin elemanları,

$$[A] = \begin{bmatrix} -\cos\alpha \sin\theta & \cos\alpha \cos\theta & \sin\alpha \\ -\cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\alpha \sin\theta & -\sin\alpha \cos\theta & \cos\alpha \end{bmatrix} \quad (11)$$

alt matrisinden,

$$[T] = \begin{bmatrix} [A] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [A] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [A] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [A] \end{bmatrix} \quad (12)$$

şeklinde meydana gelmektedir [4,5]. Bu çalışmada (11) deki \emptyset açısı için, aşağıdaki ortalama değer kullanılmaktadır.

$$\emptyset = \frac{(\emptyset_i + \emptyset_j)}{2} \quad (13)$$

2.5. Sistem Stabilite Denklemi ve Çözümü

Yayılı yükler ihmal edildiğinde, basınc şeklindeki sabit ön yük etkisi altındaki lineer bir sistemin statik davranışını idare eden denklem,

$$([K] - [K_G])\{D\} = \{0\} \quad (14)$$

dir [3]. Bu denklemde $[K]$, (4) ve (9) da verilen eleman rijitlik matrisi ifadelerinden teşkil edilecek sistem rijitlik; $[K_G]$ ise (7) ve (10) ile elde edilecek sistem geometrik rijitlik matrisleridir. $\{D\}$ sistem deplasman kolon matrisidir.

Eksenel ön yük P etkisi sonucunda, yay kesitinde meydana gelen normal kuvvetin eleman boyunca sabitliğinden, (7) de doğru eksenli çubuk için verilen ifade kullanıldığında, ön yük ile ilgili terimler,

$$[K]\{D\} = N [K_G^*]\{D\} \quad (15)$$

şeklinde yalnız bırakılır. Helis kesitinde meydana gelen normal kuvvet bileşeni için (8) ile verilen ifade göz önüne alınarak, (15) için aşağıdaki ifade yazılır.

$$[K]\{D\} = P \sin \alpha [K_G^*]\{D\} \quad (16)$$

(16) bir genel öz değer denklemidir. Bu denklemin sıfırdan farklı bir çözümünün olabilmesi için,

$$\text{Det } |[K] - P \sin \alpha [K_G^*]| = 0 \quad (17)$$

olmalıdır. (17) denkleminin çözümünden elde edilecek öz vektörler, yayın burkulma modlarıdır. En küçük burkulma yüküne karşılık gelen ilk öz değerden sonrasının, pratikte bir önemi bulunmamaktadır.

Helis eğrisinin doğru eksenli çubuklarla meydana getirilmesi yaklaşımı sonucu, (17) denkleminin çok sayıda eleman alınarak çözülmesi gerekmektedir. Bu ise, bir düğümde tanımlanan altı serbestlik derecesinden dolayı çok fazla bilinmeyen demektir. Mevcut PC hafızaları, bu şekilde bir çözüm için yeterli değildir. Yanısıra bilinen sayısal yöntemler de, büyük boyutlu problemlerin çözümünde aynı hassasiyeti verememektedir. Bu nedenle bu çalışmada, (17) de kare halde olan sistem matrislerinin literatürde mevcut en etkin bir biçimde indirgenmesi yoluna gidilmiştir [6]. Bu amaçla (17) nin çözümünde, sistem rijitlik matrisleri "Ufuk Çizgisi (Sky-Line)" depolama tekniği ile kolon matris haline getirilmekte; daha sonra bu matrislerinin alt uzaydaki izdüşümleri "alt uzay iteratif yöntemi" ile alınarak, bu uzayda Jacobi sayısal yöntemiyle özel değerler bulunmaktadır. Ayrıca, elde edilen öz değerler için, "Sturm Dizisi" kontrolü yapılmıştır [6].

3. SAYISAL ÖRNEKLER VE SONUÇLAR

Eksenel tekil yük altında, daire kesitli helisel bir yayın burkulma davranışının incelenmesi amacı ile bu çalışmada, DOGRU5 adında bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Yer darlığından dolayı, program listesi burada verilememektedir. Programda, helis eğrisi eşit uzunluktaki doğru eksenli kirislerle birleştirilerek

elde edilmekte, doğru eksenli çubukun eleman matrisleri için (4) ve (7) ifadeleri kullanılmaktadır. Programda kayma deformasyonu etkileri hesaplanmaktadır. Malzeme ve kesit, çubuk boyunca sabit alınmaktadır.

Veri ve çıktı dosyası adları değişken olan programda, en fazla alınabilecek toplam eleman sayısı 120 dir. Programa toplam düğüm sayısı, silindir yarıçapı, helis açısı, daire kesit çapı, helis sarım sayısı ve yay malzemesinin elastisite modülü ile poisson oranı serbest formatla verilmektedir. Bunun yanında, çubuk uçlarının serbestlik dereceleri de veri dosyasında yer almaktadır. Düğümlerdeki serbestlik dereceleri sadece "0" veya "1" olarak tanımlanmaktadır. Tutulan serbestlik derecesi "1" değerini alır. Veri dosyasında, birinci ve son düğümdeki serbestlik derecelerinin mutlaka tarif edilmesi gereklidir. Ara yerlerde, aynı serbestliğe sahip olan düğümlerin serbestlik dereceleri otomatik olarak üretilmektedir.

ÖRNEK 1: İlk örnek olarak, $D/d=10$ olan çelik bir yay ele alınmıştır. Çizelge 1 de yer alan bu yayla ait literatürde mevcut kritik burkulma yükü, dinamik yoldan ve taşıma matrisi yöntemi ile elde edilmiştir. Bu sonuç ve DOGRU5 ile elde edilen kritik burkulma yükünün birbirine yakın olduğu görülmektedir. Aradaki fark, DOGRU5 te dikkate alınmayan, eksenel yükün kesit içinde meydana getirdiği diğer gerilme bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Buradan, burkulma yükünün tayini için bu çalışmadaki yöntemin emniyetle kullanılacağı söylenebilir.

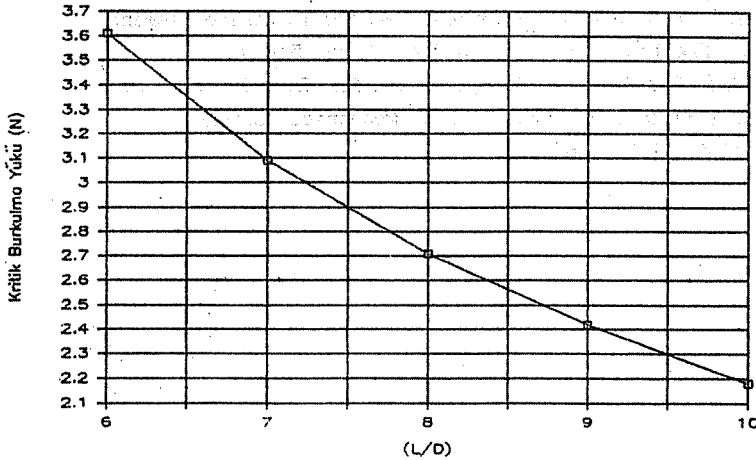
Çizelge:1. Örnek 1 yayı için literatür ve DOGRU5 sonuçları.

$\rho=7850 \text{ kg/m}^3$ $\alpha=2.864788976^\circ$ $E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ $\nu=0.3$ $n=10$ $d=1 \text{ mm}$ $R=5 \text{ mm}$ Ankastre-Ankastre		
$P_{kr} (N)$	PEARSON [7]	DOGRU5
	22.72	20.64

ÖRNEK 2: Bu örnekte ise yine $D/d=10$ olan, fakat aktif sarım sayısı ve helis açısı birinci örnekten farklı çelik yaylar ele alınmıştır. Silindir çapı, tel çapı, tel aktif sarım sayısı ve tel malzemesi aynı, helis açıları farklı olan bu yaylarda; DOGRU5 ile silindir (yükseklik/çap) oranlarının burkulma yüküne etkisi incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 2 de verilmiştir. Bu sonuçlar ayrıca Şekil 3 de grafik olarak gösterilmektedir.

Çizelge:2. (L/D) oranının kritik burkulma yüküne etkisi.

d=1mm R=5mm $\nu=0.3$ n=15 E=2.1 10^{11} N/m ² Uçlar Ankastre		
L/D	$\alpha(^{\circ})$	P_{kr} (N)
6	7.25365	3.61
7	8.481127	3.09
8	9.63715	2.71
9	10.8117	2.42
10	11.9805	2.18



Şekil:3. Burkulma Yüklerinin (L/D) oranı ile değişimi

Cizelge 2 ve Şekil 3 ten görüldüğü gibi; yay narinliği arttıkça, yay çok daha küçük yüklerde burkulmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile, (1) elemanter formülünden elde edilen sonuçlar arasında bir uyum olmadığı görülmüştür. Elemanter formül, çok daha büyük değerler vermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] S.P. TIMOSHENKO, J.M., GERE, Theory of Elastic Stability. Second Edition. McGraw-Hill Book Company Inc., NEWYORK, 1961.
- [2] R.R. CRAIG, Structural Dynamics- An Introduction to Computer Methods. John Wiley & Sons, U.S.A., 1981.
- [3] R.W. CLOUGH, J. PENZIEN, Dynamics of Structures. McGraw-Hill, Kagahuska Ltd., TOKYO, 1975.
- [4] V. YALCIN, Finite Element Mobility Analysis of Helical Coil Springs. M.S. Thesis. ODTU The Graduate School of Natural and Applied Sciences. ANKARA. 1984.
- [5] M. İNAN, Elastik Çubukların Genel Teorisi. I.T.Ü., Sayı 642. Berksoy Matbaası, İSTANBUL, 1966, 179 s.
- [6] K.J. BATHE, E.L. WILSON, Numerical Methods in Finite Element Analysis. Prentice Hall Inc., U.S.A., 1976, 528 s.
- [7] D. PEARSON, The Transfer Matrix Method For The Vibration of Compressed Helical Springs. Journal Mechanical Science, Volume 24/4 (1982), 163-171.

DOYMAMIŞ POROZ ORTAMIN DÜŞEY İNFİLTASYONU

M. Arslan TEKİNSOY*

ÖZET

Bu çalışmada, doymamış poroz ortamda akan bir sıkıştırılmaz akışkan için, genel fenomenolojik ilişki kurulmuş ve bu ilişkiden bilinen infiltrasyon ifadeleri elde edilmiştir. Daha sonra düşey infiltrasyonla ilgili bir analitik çözüm verilmiştir. Bu çözümle; ortamın akışkan miktarındaki değişmeyi belirlemek mümkün olmaktadır. Çalışma sonunda, kurulan teorinin nümerik uygulaması yapılmıştır.

VERTICAL INFILTRATION OF UNSATURATED POROUS MEDIA

ABSTRACT

In this investigation, general phenomenological relationship of an incompressible fluid flows through an saturated porous medium is found. The well known expressions of infiltration theory may be obtained by using the relationship found in this study. An analytical solution to the vertical infiltration problem obtained from the main relationship is given. Distribution of fluid content in a porous medium may be derived by the aid of the proposed equations. A numerical application of this theory is also given at the end of the study.

*: Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. İnşaat Müh. Böl., Balcalı - ADANA

1. Giriş

İnfiltrasyon problemi, bugün de zemin mekaniğinin çözüm bekleyen problemlerinden biridir. Zemin poroz ortam olarak varsayılabilirse; konunun bu çerçevede ele alınarak incelenmesi, genel ifadelerin elde edilmesi bakımından önemli olacaktır. Çünkü infiltrasyon problemi sulama ve drenaj gibi mühendislik dallarında güncel olduğu kadar, temellere su sızması probleminde de karşılaşılan bir sorundur.

Öte yandan permeabilite ve konsolidasyon deneyleri doymuş koşullarda yapılmasına rağmen, ülkemiz gibi dört mevsimin yaşandığı yerlerde, zemin genellikle doymamış koşullarda bulunur. Bu nedenle infiltrasyon problemi kurak ve yarı kurak bölgeler için, oldukça önem arzeden güncel bir konudur.

İnfiltrasyon problemi; zemin yüzeyinden, zemin içine bir akışkanın girmesi veya sızması olarak tanımlanmıştır. Bu olay aynı zamanda doymamış geçiş akımı olarakta varsayılmaktadır. İnfiltrasyon hızı ise başlangıçta çok yüksek, fakat zaman ilerledikçe asimtotik bir değere yaklaşır mahiyettedir. (Batu, 1979; Capper ve Cassie, 1984). İnfiltrasyon hızının yüksek bir değerden, sabit bir değere düşmesi emme basıncına bağlı olarak ifade edilmeye çalışılmaktadır (Capper ve Cassie, 1984). Zeminin emme basıncı, aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$S = \sigma - u = \sigma' \dots\dots\dots(1)$$

Burada S emme basıncını, σ' toplam basıncı, u boşluk basıncını ve σ da efektif gerilmeyi ifade etmektedir. Zemin doymamış ise, u boşluk basıncı negatif değere eşittir.

Öte yandan; doymamış poroz ortam için süreklilik denklemi, Darcy yasası ve kütlelenin korunması prensibi yardımı ile aşağıda gösterildiği gibi verilmiştir. (Batu, 1979; Raats, 1975).

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \nabla \cdot \vec{J} \dots\dots\dots(2)$$

Bu ifade de θ hacimsel su içeriğini, t zamanı, \vec{J} akıyı ve ∇ 'da del operatörünü gösterir.

Darcy yasası 2 No'lu ifadede yerine konularak, Doymamış poroz ortamdaki düşey akıma ait denklem elde edilmektedir (Batu, 1979; Hanks ve Ashcroft, 1980; Raats, 1975).

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial H}{\partial z} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Burada K, ortamın hidrolik geçirgenliğini; H toplam yükünü ve z de yüzeyden olan derinliği ifade eder. Toplam H yükü ise basınç (h) ve geometrik (z) yüklerinin toplamıdır ($H = h + z$).

Verilen 3 numaralı ifade, $K=K(\theta)$ şeklinde θ su içeriğinin bir fonksiyonu olması nedeniyle, lineer olmıyan bir denklemdir. Henüz bu güne kadar bu denklemin genel çözümü verilebilmiş değildir (Batu, 1979; Hanks ve Ashcroft, 1980; Radhakrishna ve Ark, 1984).

Infiltrasyon hızları için, değişik ifadeler verilmiş bulunmaktadır. Bunlar arasında Philip'in çözümü, seri yaklaşımını içeren yarı amirik bir çözümdür. Bu çalışmasında Philip, toplam infiltrasyon için aşağıdaki ifadeyi elde etmiştir (Hanks ve Ashcroft, 1980; Laryea ve Abenny - Mickson, 1985).

$$i = s'_p t^{1/2} + A'_p t \dots \dots \dots (4)$$

Burada s'_p ve A'_p değerleri, infiltrasyon deneyi ile bulunan amirik sabitlerdir. i toplam infiltrasyon ve t de zamanı ifade eder.

Bu konuda yapılan diğer çalışmalar, istatistik yaklaşım mahiyetindedirler. Bunlar içinde Kostiaikov'un verdiği istatistik model oldukça fazla kullanım kolaylığı sağlar ve yaygın olarak yararlanılmaktadır (Hanks ve Ashcroft, 1980).

$$i = c t^\alpha \dots \dots \dots (5)$$

Burada da c ve α yine infiltrasyon deneyinden bulunan, amirik parametrelerdir. Diğer terimler, Philip'in modelindeki anlamları taşımaktadırlar. Yapılan deneyler, c ve α 'nın başlangıç su içeriğine göre, θ_i , değişik değerler aldığını vermiştir.

Öte yandan süreklilik denklemine göre, toplam infiltrasyon miktarı aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$i = \int_{\theta_i}^{\theta} z \, d\theta = \int_0^t J \, dt \dots\dots\dots(6)$$

Bu çalışmada temel olarak düşey infiltrasyon problemi ele alınmış ve olayı idare eden genel ifade, deney sonuçlarına göre, elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçların, zeminler için uygulaması yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Poroz malzeme olarak deneylerde, doymamış koşulda bulunan beton bloklar kullanılmıştır. Bu bloklar Şekil 1'de gösterilen düzeneğe yerleştirilmiş ve kenarları su sızdırmayacak şekilde tecrit edilmiştir.

Doymun durumda iken beton, permeabilitesi 10^{-7} cm/s mertebesinde olan poroz bir malzemedir. Deneyde kullanılan beton blokların, elden geldiğince kuru olmasına özen gösterilmiştir. Bu bloklar düzeneğe yerleştirildikten sonra, üzerlerine su doldurulmuş ve suyun sızması gözlenmiştir.

Şekil 1'de görülen 1 yüzeyinde, deney başlarında ıslaklık görülmemesine rağmen, su yüksekliğindeki değişmeler ölçülebilmştir. Belli bir süre sonra, beton blok doymunluğa ulaşmış ve 1 yüzeyinden su drene olmaya başlamıştır. Bu yüzeyden drene olan su akısı, zamanla J_0 sabit akısına erişmiştir. Deney başlarında, beton blok'un üst yüzeyinden giren J akısı, 1 yüzeyinden çıkan J_0 akısından büyüktür. Belli bir süre sonra giren ve çıkan akıların birbirine eşit olduğu gözlenmiştir ($J = J_0$). Sonuç olarak doymamış koşullarda, ortamın herhangi bir kesiti için, $J > J_0$ eşitsizliğinin geçerli olduğu söylenebilir ve aşağıdaki önermeler yapılabilir.

Doymamış koşullarda malzemeye ait emme basınçları ve kapilar kuvvetler, infiltrasyonda dominant role sahiptirler. Poroz ortama giren akışkanın bir kısmı, kapilar kuvvetler tarafından tutulmakta ve kapilar kuvvetler dengelendikten sonra, akışa geçebilmektedir.

Ortamda tutulan akışkan miktarı arttıkça, yüzeyden giren akışkan miktarı azalmaktadır. Bu olguya göre; ΔQ_m ortamdaki akışkan miktarındaki değişimin, ortama giren ΔQ_i akışkan miktarındaki değişimle orantılı olduğu söylenebilir. Ancak ΔQ_m artarken, ΔQ_i 'nin azalması negatif işaret taşıdığı anlamına gelir. Bu durumda aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\Delta Q_i = - \alpha \Delta Q_m \dots\dots\dots(7)$$

Ortam yüzeyinden ortama giriş akısı J, zamanla değiştiğine göre; bu değişim ΔJ ile gösterilerek, δt zaman aralığında ΔQ_i değişimi için

$$\Delta Q_i = A \Delta J \delta t \dots\dots\dots(8)$$

Eşitliği yazılabilir. Burada A ortamın, akışa dik olan kesit alanıdır.

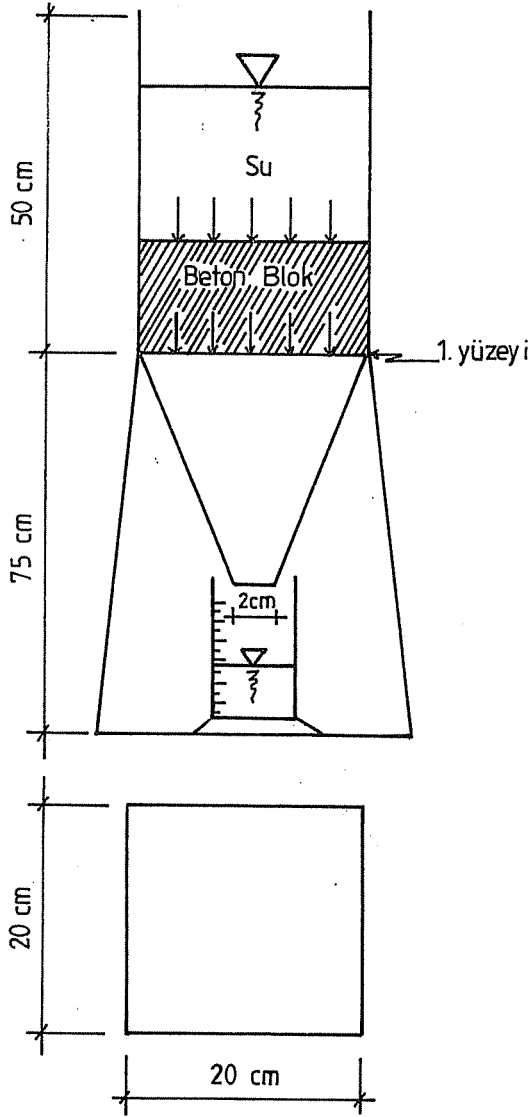
Öte yandan ortamda bir miktar akışkan kapılar kuvvetler tarafından tutulduğu için, herhangi bir t anındaki ortamda oluşan δJ akı değişikliğine göre, ΔQ_m deki değişim, aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\Delta Q_m = A t \delta J \dots\dots\dots(9)$$

Ayrıca; poroz bir ortamdan olan akım çok yavaş ve potansiyel bir akım niteliğine sahiptir. Bu nedenle ortam üzerindeki su yükündeki değişim oldukça yavaştır. Hatta sabit olarak varsayılabilir. Ayrıca bir poroz ortamdan drene olan akışkanın doğrudan doğruya yükle ilişkili olduğu da hatırlanırsa, doygunluk durumdaki akı J_0 olmak üzere ΔJ değişimi için $\Delta J = J - J_0$ değeri yazılabilir. Çünkü Darcy yasasına göre K permeabilitesi, ortamın fiziksel bir karakteri olup, birim yük altında geçen akışkan miktarını ifade eder ve her malzeme için sabittir. Sonuç olarak $\Delta J = J - J_0$ değeri ile 8 ve 9 no'lu eşitlikte yerine konular ve düzenlenirse, aşağıdaki ilişki bulunmuş olur.

$$J - J_0 = - \alpha t \frac{\delta J}{\delta t} \dots\dots\dots(10)$$

Bu eşitlik sürekli değişkenler cinsinden ifade edilecek olursa.



Şekil 1 - Araştırmada kullanılan düzenek

$$J - J_0 = -\alpha t \frac{\partial J}{\partial t} \dots\dots\dots(11)$$

diferensiyel denklemi bulunmuş olur. Burada da 6 numaralı eşitlikteki tanım kullanılırsa, toplam infiltrasyon için aşağıdaki diferensiyel denklem elde edilir.

$$t \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} + \frac{1}{\alpha} \frac{\partial i}{\partial t} = \frac{J_0}{\alpha} \dots\dots\dots(12)$$

Bulunan ifadelerde dikkat edilirse α parametresi, ortamın su tutması ve drenaj özelliğine bağlı bir parametredir. Bu nedenle α ya drenaj veya depolama katsayısı adı verilebilir ve boyutsuz bir parametre olduğu görülebilir.

3. TEORİK ÇALIŞMA

İnfiltrasyon problemlerinde, bulunan 11 numaralı ifadenin temel denklem olduğu ve bilinen diğer ifadelerin bundan elde edilebileceği aşağıda gösterilecektir.

Verilen 11 ve 12 numaralı dif. denklemlerinin kısmi türevli olarak verilmesinin nedeni, 2 numaralı süreklilik dekleminde kolayca görülebilir. Ayrıca J akısı, θ su içeriği cinsinden $J = \theta v_z$ olarak da verilebilmektedir (Raats,1975). Burada v_z akışkanın, z koordinatı doğrultusundaki hızıdır. Bu değer 11 numaralı ifadede yerine konulur, $z = v_z t$; $\partial v_z / \partial t = a$ ivmesi ve $v_z = at$ olduğu hatırla tutulursa, θ su içeriği cinsinden denklem aşağıdaki gibi elde edilir.

$$z \frac{\partial \theta}{\partial t} + \left(\frac{1 + \alpha}{\alpha} \right) v_z \theta = \frac{J_0}{\alpha} \dots\dots\dots(13)$$

Burada $\theta = F(\lambda)$; $\lambda = z/\sqrt{t}$; $\lambda = \mu + Z/\sqrt{\tau}$; $\tau = t$ ve $Z = z$ dönüşümleri yapılarak, $J = \theta v_z$ 'nin 2 numaralı süreklilik denkleminde yerine konulması ve sıvıların sıkıştırılmaz akışkan olarak alınması sonucu, hız diverjansının sıfır olması nedeniyle $v_z = \lambda/2\sqrt{t}$ bulunur. Buna göre (13) numaralı dif denklemin çözümü aşağıdaki gibi çıkar.

$$\theta = C \lambda^{-\left(\frac{1+\alpha}{\alpha}\right)} - \frac{J_0}{\alpha} \dots\dots\dots(14.a)$$

$$\theta = \frac{C}{\left[\mu + \frac{z}{Jt}\right]^{\frac{1+\alpha}{\alpha}}} - \frac{J_0}{\alpha} \dots\dots\dots(14.b)$$

Burada da, infiltrasyon teorisine göre aşağıdaki sınır koşulları kullanılabilir.

$$\theta(z,t) = \theta(0,t) = \theta_0 \dots\dots\dots(15.a)$$

$$\theta(z,t) = \theta(0,t) = \theta_i \dots\dots\dots(15.b)$$

Bu sınır koşullarına göre; θ su içeriğindeki değişim, C ve α tayin edilerek aşağıda olduğu gibi bulunur.

$$\theta = \left[\frac{\mu}{\mu + \frac{z}{Jt}} \right]^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} \cdot (\theta_0 - \theta_i) + \theta_i \dots\dots\dots(16)$$

Burada θ_i başlangıç su içeriği, θ_0 da doymuluk su içeriğidir.

Öte yandan yeniden 11 numaralı ifadeye dönülürse, aşağıdaki integral ve çözüm yazılabilir. Çünkü her yan t değişkenine bağlı olup, dif. denklem adi dif. denkleme dönüşür.

$$\int \frac{dJ}{J - J_0} = - \int \frac{dt}{\alpha t} \dots\dots\dots(17.a)$$

$$J = C t^{-1/\alpha} + J_0 \dots\dots\dots(17.b)$$

Burada C integrasyon sabiti olup, bunun 6 no'lu ifadede olduğu gibi integrali, toplam infiltrasyonu verir.

$$i = s_p t^{1/\beta} + J_0 t \dots\dots\dots(18)$$

Burada $s_p = \alpha C / \alpha - 1$ ve $1/\beta = \alpha - 1/\alpha$ dir. Eğer malzeme tümüyle kuru ise, s_p malzemenin kapilarite katsayısını verir.

Eğer ortam tümüyle kuru ise, doymun duruma gelinceye kadar J_0 kısmı bulunmayacaktır. Başka ifadeyle, beton bloğun altından su sızmayacaktır. Bu durumda $J_0=0$ konularak, 11 no'lu ifadenin integrasyonu aşağıdaki gibi bir ifade verir.

$$\int \frac{dJ}{J} = - \frac{1}{\alpha} \int \frac{dt}{t} \dots\dots\dots(19.a)$$

$$J = C t^{-1/\alpha} \dots\dots\dots(19.b)$$

Bunun da 6 no'lu ifade gereğince, yeniden integrali alınırsa, aşağıdaki eşitlikler çıkar.

$$i = \int_0^t J dt = C \int_0^t t^{-1/\alpha} dt \dots\dots\dots(20.a)$$

$$i = C \left(\frac{\alpha}{\alpha - 1} \right) t^{(\alpha-1)/\alpha} \dots\dots\dots(20.b)$$

$$i = s_p t^{1/\beta} \quad (\beta > 1 \text{ daima}) \dots\dots\dots(20.c)$$

Yeniden 11 no'lu eşitliğe gidilir ve birim zamanda infiltre olan su akısı aranırsa, denklemden $t=1$ konularak tam kuru ortam için ($j_0=0$)

$$\alpha \frac{dJ}{dt} + J = 0 \dots\dots\dots(21.a)$$

$$J = A \exp[(-1/\alpha) t] \dots\dots\dots(21.b)$$

ifadeleri elde edilir.

Bulunan 18, 20.c ve 21.b ifadelerine dikkat edilirse, 18 ifadesi Philip'in, 20.c ifadesi Kostakov ve 21.b de Horton ifadelerinden başka bir şey değildir. Sonuç olarak 11 numaralı diferansiyel denklem, infiltrasyonun temel denklemdir (Davis and De Wiest, 1966).

Bu kez de yine 3 no'lu infiltrasyon dekleminin çözümü sonucu bulunan ve bilinen su dağılım ifadesini elde etmek için, 6 ve 20.c numaralı ifadeler kullanılarak, aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$d_i = z d\theta = \frac{S_p}{\beta} t^{1/\beta - 1} dt \dots\dots\dots(22.a)$$

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{S_p}{\beta z} t^{1/\beta - 1} \dots\dots\dots(22.b)$$

Bu kısmi türevli denklem integrali alınarak, aşağıdaki su içeriği dağılımı elde edilir.

$$\theta = \frac{S_p}{z} t^{1/\beta} + \theta_i \dots\dots\dots(23)$$

Burada problemin başlangıç koşulu $\theta(z,0)=\theta_i$ dir. ve $\lambda = z/t^{1/\beta}$ ile tanımlanacak olursa, literatürde amirik olarak bulunduğu ifade edilen aşağıdaki ilişkiler elde edilmiş olur (Elrick ve Robin, 1981).

$$\lambda = \frac{S_p}{\theta - \theta_i} \dots\dots\dots(24.a)$$

$$i = z(\theta - \theta_i) \dots\dots\dots(24.b)$$

4. UYGULAMA

Geliştirilen teoriyi açıklamak ve uygulamasını göstermek amacıyla, çift silindri infiltrometre deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları çizelge 1'de verilmiş bulunmaktadır.

Çiz. 1. Çift silindri infiltrometre deneyi sonuçları

Infilt. süresi t (dak)	Infilt. miktarı i (cm)	Infilt. hızı J (cm/h)	Küaül Inf. zam. Et (dak)	Küaül Inf. mik. I ₀ = Σi ₀ (cm)	Teorik Küaül Inf. Mik. I _t = Σi _t (cm)	Teorik Infiltr. i _t (cm)
10	1.5	8.82	10	1.5	1.42	1.41
10	1.2	7.06	20	2.7	2.59	2.69
15	1.5	6.00	35	4.2	4.23	4.56
15	1.2	4.80	50	5.4	5.78	6.38
30	2.8	5.60	80	8.2	8.23	9.76
30	2.8	5.60	110	11.0	11.53	-
60	5.5	5.50	170	16.5	16.88	-
120	11.4	5.70	290	27.9	26.93	-
120	11.4	5.70	410	39.3	36.46	-

Bu deneyde kümülatif infiltrasyon miktarı ölçülmüş ve 20.c ifadesindeki s_p ve $1/\beta$ parametreleri, en küçük kareler yöntemiyle belirlenmiştir. Bu deney sonuçlarına göre $s_p = 6.785$ ve $1/\beta = 0.875$ olarak bulunmuştur. Çizelge 1'deki son kolonda bulunan değerler, 18 no'lu ifade kullanılarak hesaplanmıştır. Bu ifadede görülen J_0 sabit akısı, Çiz.1'in üçüncü kolonundaki son bes rakamın ortalaması alınarak $J_0 = 5.62$ cm/s olarak bulunmuştur.

Su içeriğindeki değişmeyi bulmak için, t_0 doyma süresi grafik olarak J-t diyagramından elde edilmiştir (Şek.2). Bu grafikten t_0 doyma süresi 60 dak. alınmış ve buna karşı gelen infiltrasyon miktarı i_0 olarak 20.c ifadesinden bulunmuştur.

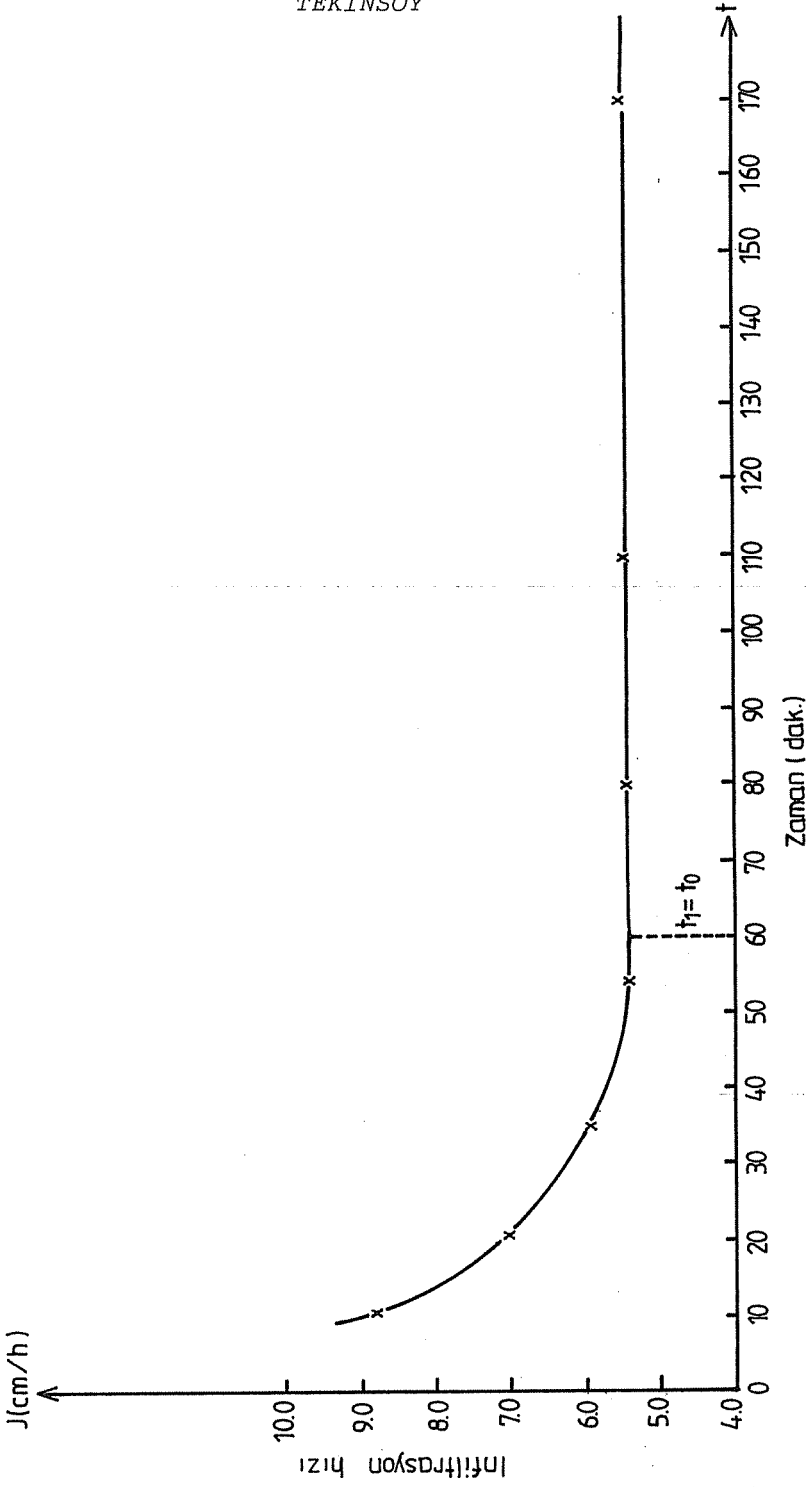
Infiltrometre deneyinin yapıldığı zemine ait başlangıç su içeriği, $\theta_i = 0.175$ cm³/cm³ ve doymuluk su içeriği ise $\theta_0 = 0.322$ cm³/cm³ dür. Zemin i_0 yüksekliğinde su aldığı doymuluk durumuna geleceğinden, bu su yüksekliğinin ıslatabileceği derinlik, 23 ve 24.b no'lu eşitlikler gereğince $Z_0 = 6.785/(0.322-0.175) = 46.17$ cm değerindedir.

Bunlara ek olarak yapılan infiltrometre deneyine göre $\beta=1.143$ dür. Temel derinliği 90 cm olan bir yapıda, bu derinliğin tümüyle suya doyması için 23 no'lu ifadede $\theta = \theta_0 = 0.322$ alınarak, doymuluğa erişmek için geçen süre $t=2.1453$ saat veya 129 dak. değeri bulunur. Bu süre zarfında zemine sızacak su yüksekliği ise 20.c denkleme göre $i=13.23$ cm'dir. Bunun anlamı; her hangi bir nedenle zemine 132.3 m³/dekar'lık bir su miktarı kesintisiz şekilde girerse, temel zemini doymuluk durumuna erişecektir.

5. SONUÇLAR

Bugüne kadar zemine su sızmasını tanımlayan infiltrasyon ifadeleri, amirik ve yarı amirik eşitliklerdir. oysa bu çalışmada, bilinen ifadelerin elde edilebildiği, genel bir eşitlik verilmiş bulunmaktadır.

Yukarıda verilen 11 ve 12 numaralı ifadeler, doymamış poroz ortamların infiltrasyonu için genel fenomenolojik ilişkilerdir. Zira bilinen konuyla ilgili ifadeler, koşullara göre bu denklemlerden elde edilebilmektedir. Örneğin 18 no'lu ifadede $\beta=2$ alınırsa, Philip'in; 20.c'de $1/\beta=n$ alınmakla Kostiaikov'un ifadeleri elde edilir. Ayrıca 11 no'lu ifadede $J_0=0$ ve $t=1$ konularak bulunan



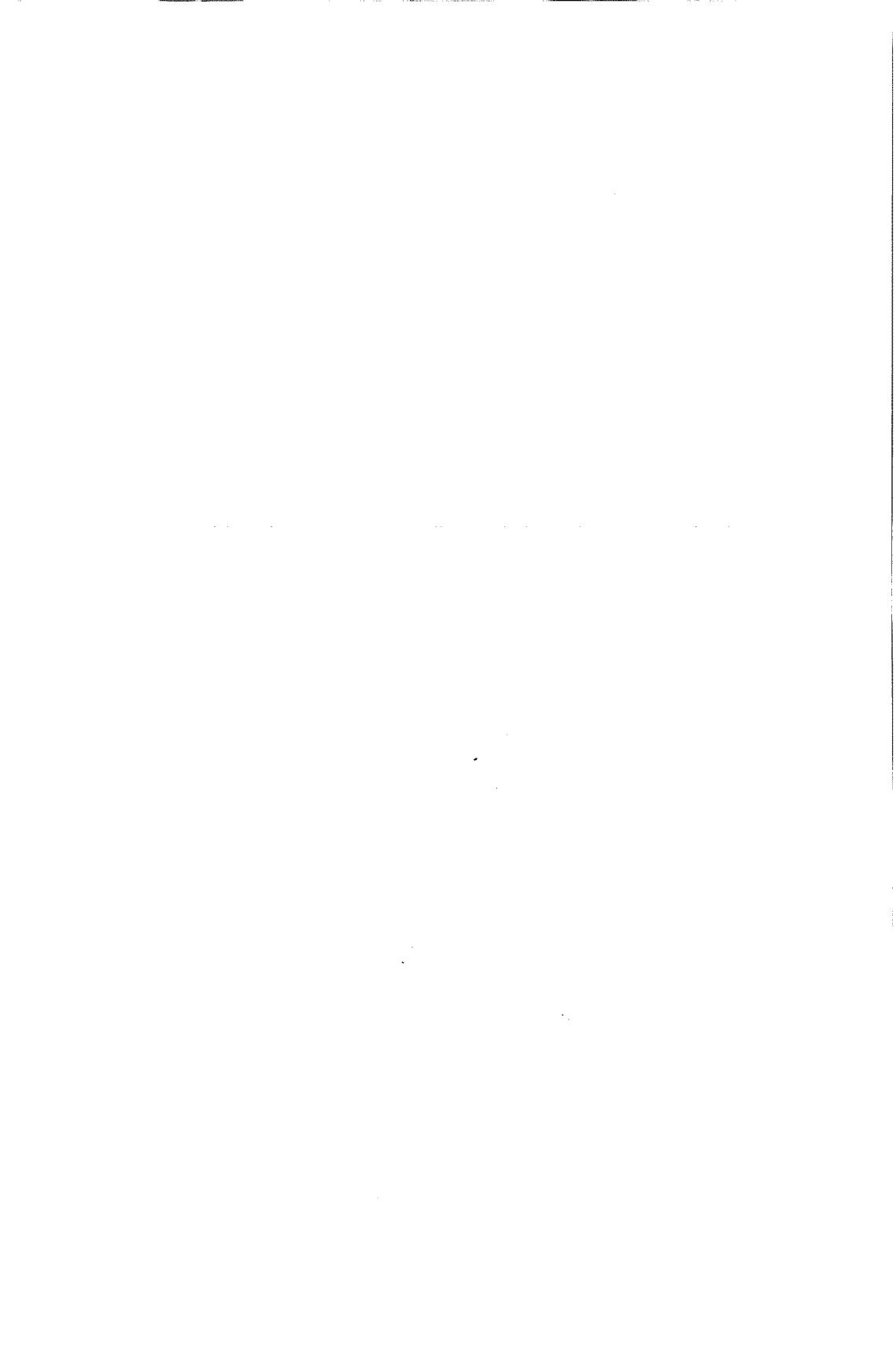
Şekil 2 -Infiltrasyon hızının zamana göre değişimi

dif. denklem cözölmekle, Horton'un infiltrasyon ifadesi elde edilir.

Bu çalışma ile yapılan yaklaşımın bir avantajı da, infiltrometre deneyi ile zemin profilindeki su içeriği değişimlerinin hesaplanabilmesidir. Bununla zemin su içeriğindeki değişimleri, tahmin olanağı doğmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Batu, V., Flow-net for unsaturated infiltration from strip source, Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol.105, No.IR.3 (1979), 233-245.
2. Capper, P.L. and Cassie, P.L., Soil mechanics in civil engineering Turkish translation from English by Kumbasar, V. and Kip, F., Çağlayan Kitabevi, Istanbul(1984), 350.
3. Raats, P.A.C., Steady infiltration from line source and furrows, Soil Sci. Soc Amer. Proc., Vol. 34, Wisconsin(1975), 709-714.
4. Hanks, R.J. and Ashcroft G.L., Applied soil physics, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York(1980), 159.
5. Radhakrishma, H.S.; Lau.K.C.; Crawford, A.M., Coupled heat and moisture flow through soils, Jou. of Geo. Eng. Vol.110, No.12, U.S.A(1984), 1766-1784.
6. Laryea, K.B. and Abenny-Mickson, S., Sealing the exponential soil-water Diffusivity for soils from Ghana, Jour. of Hydrology, 79, Amsterdam(1985), 95-106.
7. Davis, S.N. and De Wiest, R.J.M., Hydrogeology, John Wiley and Sons, New York(1966), 46.
8. Elrick, D.E. and Robin, M.J., Estimating the sorptivity of soils, soil science, Vol.132, No.2, U.S.A(1981)., 127-133.



**TOPRAK DOLGU BARAJLARDA SIZMANIN SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

M.Salih KIRKGÖZ (*)
Mehmet ARDIÇLIOĞLU (*)

ÖZET

Toprak dolgu baraj gövdelerinde su sızmasının kontrol edilmesi şev stabilitesi ve dolgudaki borulanma açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, toprak dolgu baraj gövdelerindeki düzenli iki boyutlu sızma akımının analizi ve sızma debisinin hesabı sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Bu yöntem ile zonlu toprak dolgu baraj olan Aslantaş baraj gövdesindeki sızma akımının analizi yapılarak, elde edilen teorik bulgular D.S.I. tarafından baraj gövdesinde ölçülen piyezometre değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, yüksek su seviyelerinde hesap ve ölçüm sonuçlarının birbirine oldukça yaklaştığı görülmüştür.

**SEEPAGE ANALYSIS IN EARTH-FILL DAMS BY
FINITE ELEMENT METHOD****ABSTRACT**

The control of the seepage flow through earth-fill dams is very important from the viewpoint of embankment slope stability and piping. In this study, two dimensional steady seepage flow through earth-fill dam, is analysed using finite element method. The method of finite element is used to analyse the seepage flow of the Aslantaş earth-fill dam and the theoretical results are compared with the measured pressures which are collected by D.S.I. . The theoretical results for the higher elevations in the reservoir, are quite close to the measured prototype results.

(*) C.Ü. Müh-Mim. Fak., İnsaat Müh. Böl., ADANA

1. GİRİŞ

Barajlar su kaynaklarından etkin bir şekilde faydalanmaya yönelik önemli su yapılarıdır. Bunların işletme sırasındaki güvenlikleri için gövde ve temeldeki su hareketinin bilinmesi gerekmektedir. Bir baraj ve temelinden sızan suyun miktarı ve sızmadan doğan basınçların dağılımı gözenekli ortamlardaki akım teorisi ile açıklanabilir. Sızma analizi sonunda bulunacak sızma debileri harneden sızma yolu ile kaybolacak su miktarının tahminine, hesaplamalar sonucu elde edilen basınç dağılımı ise stabilite analizi için gerekli boşluk suyu basınçlarının ve sızmanın borulanma etkisinin belirlenmesinde yardımcı olur.

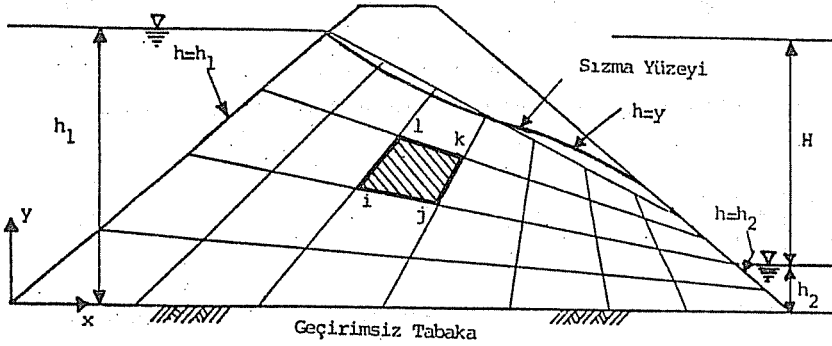
Bu çalışmada, dolgu baraj gövdesindeki düzenli, iki boyutlu sızma akımının analizi için sonlu elemanlar yöntemi ele alınmıştır. Bu yöntem ile geliştirilen paket program kullanılarak Aslantaş Barajı gövdesi için sızma analizi yapılmış ve basınç yükseklikleri için hesaplanan değerler, gövde dolgusunun çeşitli yerlerine yerleştirilmiş hidrolik piyezometrelerden elde edilen ölçümler ile karşılaştırılmıştır.

2. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE SIZMA PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

Şekil-1 de bir baraj dolgusuna ait iki boyutlu sınırlandırılmamış bir sızma akımı ve bu akıma ait menba ve mansap sınır şartları görülmektedir. h değeri, basınç ve yersel yükseklikler toplamı olarak toplam enerji yüksekliğini ifade etmektedir:

$$h = \frac{P}{\gamma} + y \quad (1)$$

Dolgudan sızan akımın düzenli, çvrintisiz ve Darcy kanunu ile tanımlandığı kabul edilmektedir.



Şekil 1 Baraj Dolgusundaki Sızma Akımına Ait Sınır Şartları ve Sonlu Elemanlar Ağı

Sonlu elemanlar yönteminin sınırlandırılmış sızma akımına uygulanması ilk kez Zienkiewicz, Meyer ve Cheung [1] tarafından yapılmış ve zonlu izotropik olmayan akım bölgeleri için çözümler toplam enerji, $h(x,y)$, nin dağılımı şeklinde elde edilmiştir. Aynı problemin sınırlandırılmamış akıma uygulanması Finn [2], King ve Chowdhury [3] tarafından ele alınmış ve ilave olarak akımın debisi de hesaplanmıştır.

Baraj dolgusundaki iki boyutlu (x,y) sızma akımı için Lagrangian fonksiyonu

$$\dot{E} = \frac{\gamma}{2} \iint \left[i_x u + i_y v \right] dx dy - \gamma H q \quad (2)$$

şeklindedir. Denklem (2) de i_x ve i_y ler hidrolik eğimleri, u ve v akım hız bileşenlerini, γ suyun özgül ağırlığını, q birim genislikten geçen sızma debisini ve H potansiyel farkını göstermektedir.

Bölgeyi lineer dörtgen elemanlara bölerek, elemanlara karşılık gelen bir çözüm fonksiyonu h olarak seçilirse, eleman düğümlerinde fonksiyonun değerleri, verilen sınır şartları altında \dot{E} nin minimize edilmesi ile bulunabilir. İzoparametrik dörtgen elemanda çözüm fonksiyonu aşağıdaki gibi seçilebilir:

$$h = \alpha_1 + \alpha_2 \xi + \alpha_3 \eta + \alpha_4 \xi \eta \quad (3)$$

Burada ξ ve η lineer enterpolasyon parametreleridir.

Darcy kanununa göre, izotrop olmayan akım bölgelerinde x ve y yönündeki hız bileşenleri

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_x & 0 \\ 0 & k_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_x \\ i_y \end{bmatrix} \quad (4)$$

şekindedir. Burada $i_x = -\partial h / \partial x$ ve $i_y = -\partial h / \partial y$ dir. Bu değerlerin (2) denkleminde yerine yazılmasıyla

$$\dot{E}_h = \frac{\gamma}{2} \iint \left[k_x \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 \right] dx dy - \gamma H q \quad (5)$$

ifadesi elde edilir.

(3) denkleminde her eleman üzerindeki enerji dağılımı h, enterpolasyon parametrelerine bağlı olarak ifade edilmektedir. Aynı ifade eleman düğüm noktalarındaki enerji değerleri ve şekil fonksiyonları cinsinden

$$h = N^T h_e \quad (6)$$

şeklinde yazılabilir. Burada N şekil fonksiyonu vektörü, h_e ise eleman düğümlerindeki enerji yüksekliklerini içeren vektörü göstermekte olup izoparametrik dörtgen elemanlara ait şekil fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned} N_1 &= (1 - \xi - \eta + \xi \eta) / 4 \\ N_2 &= (1 + \xi - \eta - \xi \eta) / 4 \\ N_3 &= (1 + \xi + \eta + \xi \eta) / 4 \\ N_4 &= (1 - \xi + \eta - \xi \eta) / 4 \end{aligned} \quad (7)$$

(6) ifadesi ile verilen enterpolasyon fonksiyonu açık olarak

$$h(\xi, \eta) = N_1 h_1 + N_2 h_2 + N_3 h_3 + N_4 h_4 \quad (8)$$

ve matris notasyonu ile de

$$h(\xi, \eta) = \langle N(\xi, \eta) \rangle \langle h_n \rangle \quad (9)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada ξ ve η referans uzayındaki koordinatları göstermektedir. Gerçek uzayda x' ve y' elemanın merkez koordinatlarını, $2a$ ve $2b$ x ve y yönlerindeki eleman boyutlarını göstermek üzere, $\xi = x'/a$ ve $\eta = y'/b$ dönüşümlerinin yapılmasıyla elemana ait herhangi bir noktadaki enerji yüksekliğini ifade eden (8) denklemi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$h = \frac{1}{4ab} \begin{bmatrix} (ab - bx' - ay' + x'y'), (ab + bx' - ay' - x'y') \\ (ab + bx' + ay' + x'y'), (ab - bx' + ay' - x'y') \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_i \\ h_j \\ h_k \\ h_l \end{bmatrix} \quad (10)$$

(10) denkleminin diferansiyeli alınırsa

$$\begin{bmatrix} \partial h / \partial x \\ \partial h / \partial y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (-b + y'), (b - y'), (b + y'), (-b - y') \\ (-a + x'), (-a - x'), (a + x'), (a - x') \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_i \\ h_j \\ h_k \\ h_l \end{bmatrix} \quad (11)$$

elde edilir. (11) denkleminin (5) de yerine konulmasıyla eleman için enerji denklemi

$$E_e = h_e^T \left[\int (B^T D B) dA \right] h_e - \gamma H q \quad (12)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bir noktadaki enerji yüksekliğinin minimum olması için o noktadaki enerji türevinin sıfıra eşit olması gerekmektedir. Bir düğümdeki enerji türevinin ifadesine herhangi bir elemandan gelen katkı matris notasyonunda

$$\left[\begin{array}{c} \frac{\partial E_h}{\partial h_e} \end{array} \right] = [S] \left[\begin{array}{c} h_e \end{array} \right] \quad (13)$$

şeklindedir. Burada $[h_e]$ elemana ait toplam yükseklik vektörü $[h_1, h_j, h_k, h_l]^T$, $[S]$ ise eleman matrisi olup 4×4 boyutunda bir kare matristir:

$$[S] = \begin{bmatrix} P+Q & -P+Q/2 & -P/2-Q/2 & P/2-Q \\ & P+Q & P/2-Q & -P/2-Q/2 \\ & & P+Q & -P+Q/2 \\ & & & P+Q \end{bmatrix} \quad (14)$$

SIMETRİK

Burada $P = bk_x/3a$ ve $Q = ak_y/3b$ olup sayısal olarak hesaplanabilir. Bir düğüme komşu elemanlardan gelen tüm diferansiyel katkıların toplamı sıfırdır. Bir r düğüme m adet elemanın bağlı olduğu düşünülürse

$$\sum_{e=1}^m \left(\frac{\partial E_h}{\partial h_r} \right)_e = 0 \quad (15)$$

olur. (15) ifadesi akım bölgesindeki tüm düğüm noktaları için yazıldığında aşağıdaki lineer denklem takımı elde edilir.

$$\left[\begin{array}{c} \frac{\partial E_h}{\partial h} \end{array} \right] = \sum_{e=1}^m \left[\begin{array}{c} \frac{\partial E_h}{\partial h} \end{array} \right]_e = 0 \quad (16)$$

Burada m bölge içindeki eleman sayısıdır. (16) denklemini kısa olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$[SM] \left[\begin{array}{c} h \end{array} \right] = 0 \quad (17)$$

(17) ifadesinde $[SM]$ akım bölgesi için sızma matrisi ve $[h]$ tüm düğümler için toplam yükseklik vektörüdür. Bu denklemin verilen sınır şartları altında sayısal çözümü yapıldığında düğüm noktalarının toplam enerji yükseklikleri elde edilir.

Toprak Dolgu Barajlarda Sızmanın İncelenmesi

Bir eleman için sızma debisi, elemanın bir kenarındaki iki düğümünde (11) denkleminin ayrı ayrı yazılıp toplanmasıyla bulunabilir. Eleman kenarına bağlı i ve l düğümlerinde (Şekil 1)

$$\frac{\partial E_h}{\partial h_i} = P(h_i - h_j - h_k / 2 - h_l / 2) + Q(h_i + h_j / 2 + h_k / 2 + h_l)$$

$$\frac{\partial E_h}{\partial h_l} = P(h_i / 2 - h_j / 2 - h_k + h_l) + Q(-h_i - h_j / 2 + h_k / 2 + h_l)$$

olup eleman debisi

$$q = \frac{\partial E_h}{\partial h_i} + \frac{\partial E_h}{\partial h_l} = 2bk \times \frac{\frac{h_i + h_l}{2} + \frac{h_j + h_k}{2}}{2a} \quad (18)$$

ifadesi ile bulunur.

Gövdenin birim genişliğinden geçen toplam sızma debisi, akımın sınırlarından birindeki (örneğin menba yüzü) tüm düğüm noktalarına ait debilerin toplanması ile elde edilir. n adet düğüm noktasının bulunduğu akım menba yüzünden giren toplam debi

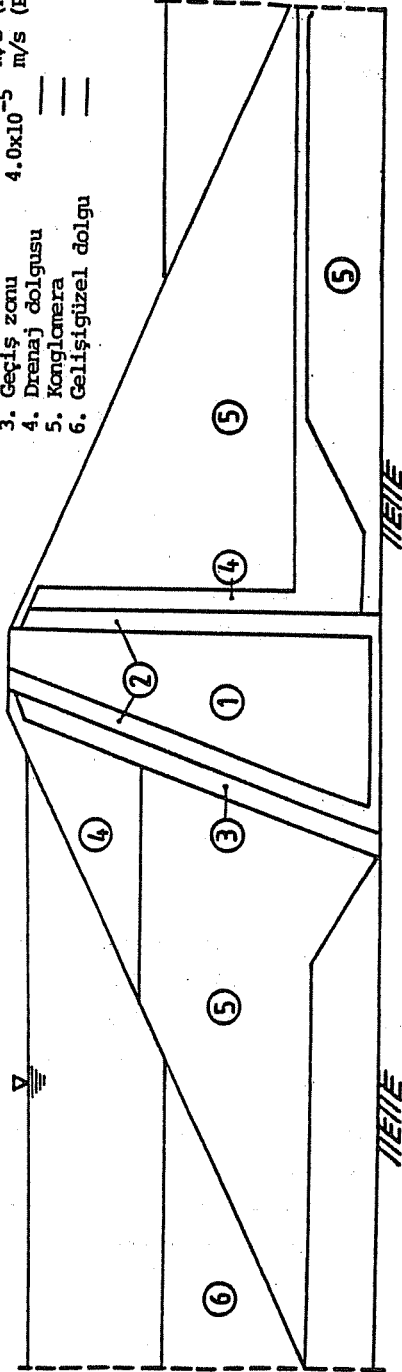
$$q = \sum_{r=1}^n \frac{\partial E_h}{\partial h_r} \quad (19)$$

ifadesi ile hesaplanabilir.

3. ASLANTAS BARAJI HAKKINDA KISA BİLGİ

Aslantas barajı Ceyhan nehri üzerinde, 1984 yılında işletmeye açılmış zonlu toprak dolgu türü bir barajdır. Baraj gövdesinin talvegdeki enkesiti Şekil 2 de görülmektedir. Kesitteki çeşitli zonlara ait malzeme türleri ve bu çalışmada kullanılan permeabilite katsayıları şekil üzerinde verilmiştir. Kil dolgu ve geçiş zonuna ait permeabilite katsayıları barajın inşası sırasında yapılmış olan zemin mekaniği deneyleri ile bulunan değerler olup 2 nolu filtre zonuna ait permeabilite katsayısı dolgu türüne uygun olarak tahminen secilmiş ve bu katsayılar yatay ve düşey doğrultularda esit kabul edilmiştir (izotrop).

Dolgu Zonları	Permeabilite Kat.
1. Kil çekirdek	2.3x10 ⁻¹⁰ m/s (Proje)
2. Filtre	1.5x10 ⁻⁹ m/s (Kabul)
3. Geçiş zonu	4.0x10 ⁻⁵ m/s (Proje)
4. Drenaj dolgusu	---
5. Konglomera	---
6. Çeliştirilmiş dolgu	---



Şekil 2 Aslantaş Baraj Gövdesi Talveg En Kesiti ve Zon Özellikleri

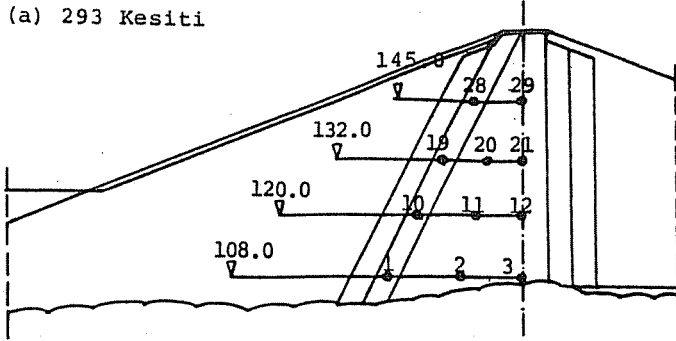
Aslantaş baraj gövdesi, güvenliğinin zamana bağlı olarak gözlenmesine imkan verecek çeşitli ölçüm cihazlarıyla donatılmıştır. Bu konu ile ilgili geniş bilgiler Devlet Su İşleri yayınlarında bulunmaktadır [4,5,6,7]. Diğer ölçümlerle birlikte dolgu içinde yer alan ve boşluk suyu basıncını ölçen Hidrolik Piyezometrelere ait ölçüm sonuçları D.S.İ. tarafından ayda iki kez alınarak gerekli takipler yapılmaktadır. Özellikle geçirimsiz bölgede yer alan bu piyezometrelerin ölçüm sonuçları bu çalışmada kullanılmış olup söz konusu piyezometrelerin gövdenin farklı üç kesitindeki yerleri Şekil 3 de gösterilmiştir.

4. BULGULAR

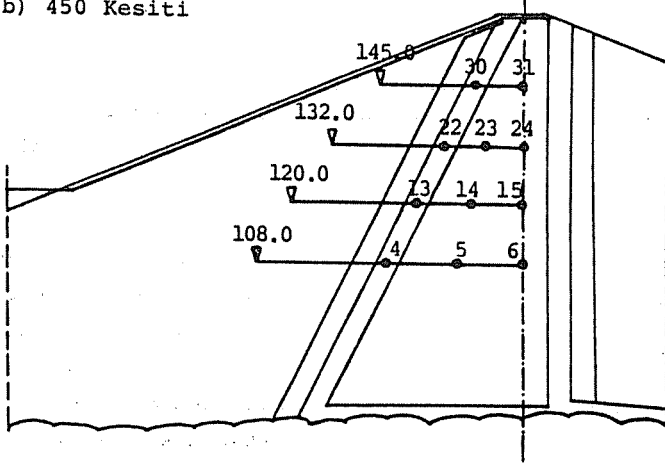
Bu çalışmada, ikinci kısımda açıklanmış olan sonlu elemanlar yöntemine dayalı sızma analizi ile Aslantaş Barajı için hesaplanan teorik bulgular, D.S.İ. 6. Bölge Müdürlüğü tarafından aynı baraj dolgusundan alınan Hidrolik Piyezometre ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Baraj dolgusundaki iki boyutlu sızma akımında hidrolik iletkenliğin izotrop olduğu varsayılarak yatay ve dikey doğrultulardaki k_x ve k_y permeabilite katsayıları eşit alınmıştır. Şekil 2 de görülen 4 nolu drenaj ve 5 nolu kabuk zonları malzeme özelliğine uygun olarak geçirimli kabul edilmiş ve analize dahil edilmemiştir. Diğer taraftan menba batardosu ile bağlantılı 6 nolu zon gelişigüzel dolgu olup hesaplarda göz önüne alınmamıştır. Buna göre, 3 nolu geçiş zonundan giren sızma suyu 4 nolu drenaj zonunda toplanmakta ve 5 nolu zondan geçerek baraj mansabına tahliye olmaktadır.

Sonlu elemanlar yöntemi ile sızma analizi kil çekirdek, filtre ve geçiş zonlarında yapılmış olup talveg kesitine ait sonlu elemanlar ağı Şekil 4 de gösterilmiştir. Elemanların teskilinde mümkün olduğunca hidrolik piyezometreler ile düğüm noktalarının karşılaştırılmasına çalışılmıştır. Hesaplar, haznede yüksek ve alçak su seviyelerine karşılık gelmek üzere 155.08 m ile 134.40 m kotlarında iki farklı su seviyesi için yapılmış ve bu seviyelere ait piyezometre okumaları 31.5.1988 ve 29.1.1988 tarihli D.S.İ. kayıtlarından alınmıştır.

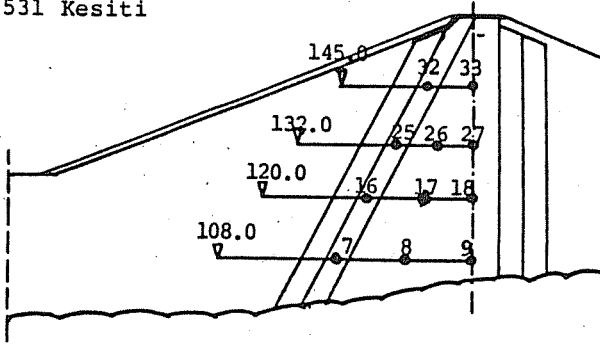
(a) 293 Kesiti



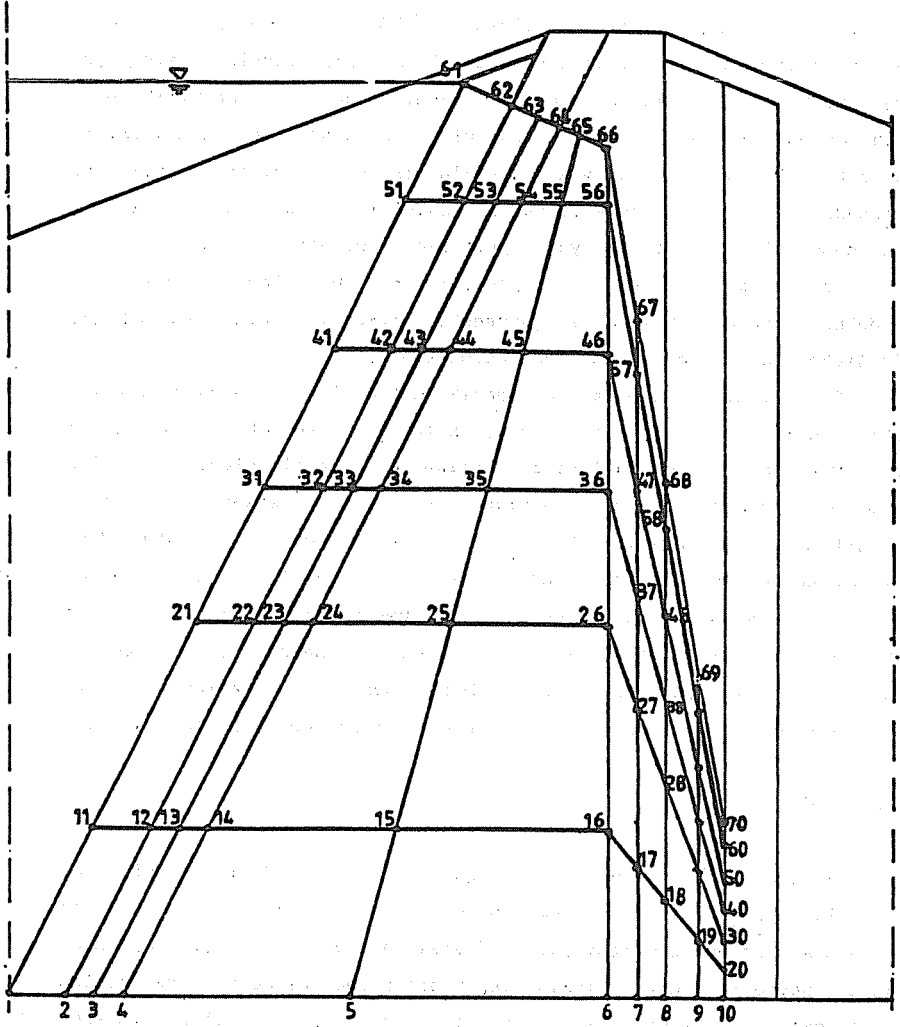
(b) 450 Kesiti



(c) 531 Kesiti



Şekil 3 Baraj Gövdesinde Hidrolik Piyezometrelerin Yerleri



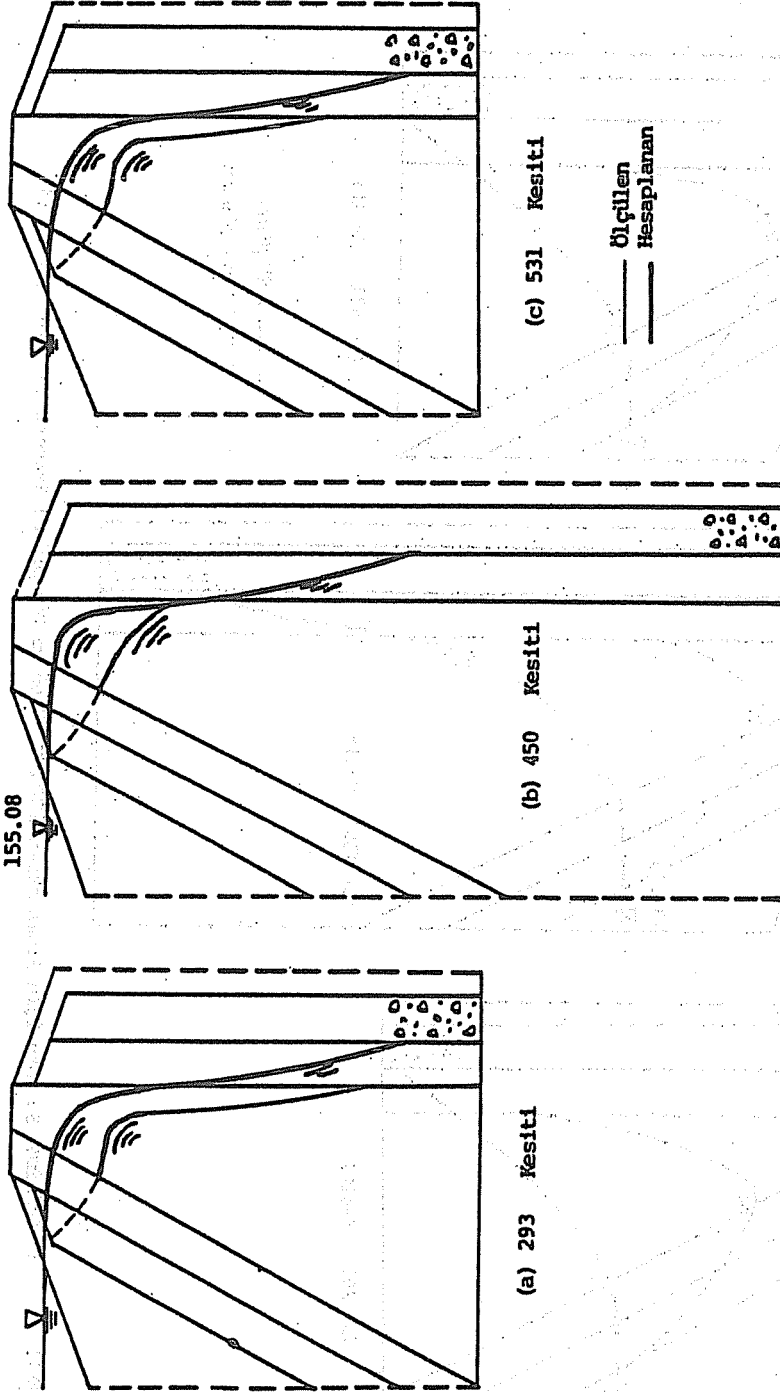
Şekil 4 450 Kesitinde Akım Bölgesinin Sonlu Elemanlara Bölünmüş Hali

Şekil 5 de hazne yüksek su seviyesinde (155.08 m) gövdenin farklı üç kesitindeki sızma akımına ait hesaplanan ve ölçülen serbest su yüzü profilleri verilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi her üç kesitte de hesap ve ölçüm değerleri arasında belirli miktarda farklar mevcuttur. Bu farkların dolgunun çeşitli zonlarındaki permeabilitelerin kabulünden, dolgunun izotrop olarak ele alınmasından ve sızma akımının gerçekte düzenli olmamasından kaynaklandığı söylenebilir. Şekil 6 da haznede ölçülen alçak su seviyesine (134.40 m) ait üç kesitteki teorik ve deneysel serbest su yüzü profilleri görülmektedir. Alçak su seviyesinde ölçülen su yüzü profillerinin hesaplanan değerlerin oldukça üzerinde bulunması gövdedeki sızma akımının zamana bağlı (değişken) akım olmasından ileri gelmektedir.

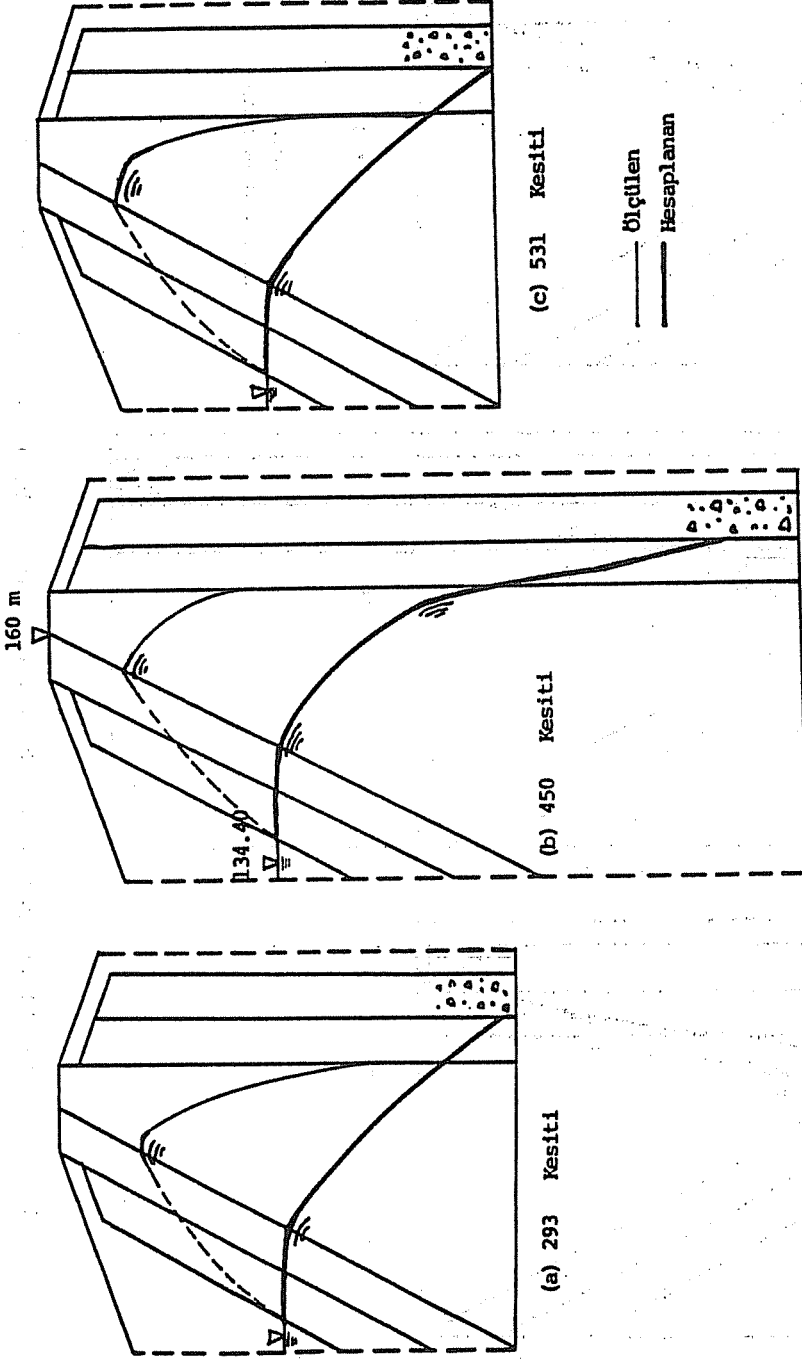
Bu çalışmada ele alınan teorik yöntem ile sadece düzenli sızma akımının analizi yapılabilmektedir. Dolayısıyla yüksek su seviyesinin altındaki hazne su kotlarında yapılan hesaplar ile ölçülen değerler arasında oldukça büyük farklar meydana gelmektedir. Akımın değişkenliği aslında yüksek su seviyelerinde de mevcuttur. Barajdaki yüksek su seviyesinin uzun süre kalacağı varsayılırsa Şekil 5 de görülen deneysel serbest su yüzünün hesaplanan profile daha yakın değerler alması beklenebilir. Bu nedenle, hazne su seviyesinin maksimum civarında uzun süre kalması durumunda hesaplanan su yüzü profilinin gerçeğe oldukça yakın olabileceği sonucuna varılmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, zonlu toprak dolgu baraj gövdesindeki düzenli iki boyutlu sızma akımı probleminin teorik olarak çözümü için bir sonuç elemanlar yöntemi açıklanmıştır. Sayısal hesaplamalar için Aslantas baraj gövdesi örnek alınmış ve hesap bulguları bu barajda yapılan piyezometre ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda 1988 yılında baraj haznesinde piyezometre okumaları için ölçülen maksimum ve minimum iki su seviyesi esas alınmıştır. Maksimum su seviyesinde yapılan hesaplarda sızma suyuna ait serbest su yüzü çizgisi ölçülen değerlerin bir miktar üzerinde kalmaktadır. Aradaki farkın dolgunun çeşitli zonları için kabul edilen permeabilite katsayılarından ve ayrıca akımın düzenli kabul edilmesinden



Şekil 5 155.08 Hazne Su Kotu İçin Sızma Akımuna Ait Üçümlen ve Hesaplanan Serbest Su Yüzlü Profilleri



Şekil 6 134.40 Hazne Su Kotu için Sızma Akımına Ait Ölçülen ve Hesaplanan Serbest Su Yüzü Profilleri

Toprak Dolgu Barajlarda Sızmanın İncelenmesi

kaynaklandığı söylenebilir. Düzenli akım problemini ele alan mevcut teorik yöntemin minimum su seviyesindeki bulguları ile ölçülen su yüzü profilleri arasında zamana bağlı (değişken) sızma akımının özelliklerinden kaynaklanan önemli farklar mevcuttur. Bununla birlikte baraj dolgusundaki akımın gövdeye en fazla zarar verebileceği ve daha fazla su kaybının görüldüğü hazne yüksek su seviyelerinde, baraj gövdesinde oluşan sızma akımının serbest su yüzü çizgisi ve boşluk suyu basınçları gibi barajın güvenlik tahkikinde gerekli olabilecek bilgilerin mevcut yöntem ile gerçeğe oldukça yakın bir şekilde elde edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Zienkiewicz, O.C. ,P. Meyer, and Y.K.Cheung. " Solutions of anisotropic seepage by finite elements"., J.Eng. Mech. Div. A.S.C.E. , 92 (EM1),(1966),111-20.
- [2] Finn, W.D.L., "Finite element analysis of seepage through dams ". J. Soil Mech. and Found. Div., A.S.C.E., 93 (SM6), (1967), 41-53.
- [3] King, G. J. W. and R. N. Chowdhury. " Finite element solution for quantity of steady seepage ", Civ. Eng. and P. W. Rew.,66 (1971), 1317-21-1.
- [4] D.S.I. " Aslantaş barajı ve hidroelektrik santrali inşaat işleri teknik şartnamesi " , Acres - Syndıbel - Su Yapı Müşavir Mühendisler, (1965) D.S.I. Genel Müd., Ankara.
- [5] D.S.I. " Ceyhan Aslantaş projesi ", International Engineering Company Inc. , 74 New Montgomery St., Sanfrancisco California 94105., (1966), D.S.I. Genel Müd., Ankara.
- [6] Solakoğlu Önder . " Dolgu barajlarda ölçüm sistemleri kılavuzu" (1983), D.S.I. Genel Müd., Ankara.
- [7] D.S.I. "Aslantaş Barajı ve hidroelektrik santrali as built proje resimleri.", Energoproject - Gemas Consulting Engineers Beogard,(1989), D.S.I. Genel Müd., Ankara.

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for the success of any business or organization. The text outlines various methods for recording transactions, including the use of journals, ledgers, and spreadsheets. It also highlights the need for regular audits and reconciliations to ensure the accuracy of the financial statements.

The second part of the document focuses on the role of management in financial planning. It discusses how management can use financial data to make informed decisions about the future of the organization. The text covers topics such as budgeting, forecasting, and capital budgeting. It also provides examples of how management can use financial analysis to identify areas for improvement and to allocate resources effectively.

The final part of the document discusses the importance of financial reporting. It explains how financial statements provide a clear and concise summary of the organization's financial performance. The text covers the different types of financial statements, including the balance sheet, income statement, and cash flow statement. It also discusses the requirements for financial reporting and the role of auditors in ensuring the accuracy and reliability of the financial statements.

**KOMPOZİT ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERİN MAGNEL
DİYAGRAMLARI YARDIMI İLE BİLGİSAYAR
DESTEKLİ TASARIMI**

Cengiz DÜNDAR (*)

İsmail H. ÇAGATAY (*)

ÖZET

Öngerilmeli beton hesabında aynı taleplere yanıt verebilen pek çok değişik kesit tasarlamak mümkündür. Bu nedenle tasarım için gerekli olan öngerilme kuvveti ve eksantrisiteyi belirleyecek bir bilgisayar programı en iyi çözümü vermesi açısından gerekli olmaktadır.

Bu çalışmada kompozit öngerilmeli beton kirişlerin Magnel diyagramları yardımı ile tasarımını yapan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Program kesit tayini, kesit tasarımı, öngerilmeli beton kayıpları, donatı hesapları ve taşıma gücü hesabını içeren altı programdan oluşmaktadır.

**COMPUTER AIDED DESIGN OF COMPOSITE PRESTRESSED CONCRETE
BEAMS BY USING MAGNEL DIAGRAMS**

ABSTRACT

There are unlimited number of solution for the design of prestressed concrete beam sections under given load conditions. For this reason a computer program is needed for determining the eccentricity and the prestressing force in order to achieve the best solutions among the many solutions tested.

In this study, a computer program has been developed for designing the composite prestressed concrete beams under flexure by using Magnel's diagrams.

The program covers the following computations:

(*) Ç.Ü. Müh.-Mim. Fak. İnşaat Müh. Böl., Adana

minimum required section dimensions; designing of sections; calculations of loss of prestress; determining the number, type and spacing of tendons; computing ultimate moment of resistance of section.

1. GİRİŞ

Öngerilmeli beton, beton ve çeliğin etkin bir biçimde kullanılması ile yapılmış bir yapı türüdür. Çeliğin etkin bir biçimde kullanılmasıyla betonarmeye göre daha ekonomik kesit elde edilebilmektedir. Özellikle geniş açıklıklar ekonomik olarak kolaylıkla geçilebilmektedir. Öngerilme çeliğinin normal donatı çeliğinden farklı olarak kullanılması, verilen bir problem için değişik boyut ve tipte kesitleri tasarlama olanağını vermektedir. Böyle olunca, en uygun sonuçta hızlı bir biçimde gitmek ancak bilgisayar yardımı ile mümkün olmaktadır. Öngerilmeli betonun diğer bir özelliği ise çekme gerilmesine izin verilebilmesidir. Ancak, kesitte meydana gelen gerilmeler müsaade edilen gerilmeleri geçmemelidir.

Tasarımda öngerilme kuvveti p ve eksantrisite e 'nin seçimi önemlidir. Magnel metodu öngerilme kuvveti ve eksantrisite seçiminde kullanılan en uygun grafik metodlardan birisidir [1]. Bu metodta p ve e 'nin seçimi için diyagramlar çizilmektedir. Magnel tarafından önerilen bu metod daha sonra pek çok araştırmacı tarafından bazı değişiklikler yapılarak geliştirilmiş ve günümüze dek kullanılmıştır [2,3,4,5]. Ayrıca iki aşamalı kompozit öngerilmeli beton kiriş tasarımı da Magnel diyagramları kullanılmıştır [6]. Magnel metodunun en önemli özelliği, seçilecek her p ve e çifti ile kesitte meydana gelen gerilmelerin istenilen sınırlar içerisinde kalmasının sağlanabilmesidir. Ancak, seçim yapılabilen p ve e çifti genellikle sınırsız sayıda olabilmektedir. Dolayısı ile en uygun p ve e çiftinin seçiminde işlemleri hızlı yapabilen bir bilgisayar programı

kullanımına gereksinme vardır.

2. KOMPOZİT KESİTLER

Öngerilmeli beton yapılarda kompozit kesitli elemanların uygulama alanı olarak oldukça önemli bir yeri vardır. Kompozit kesitler öngerilmeli beton kirişler ile öngerilmemiş beton kesitlerin birlikte çalışmasını sağlayacak şekilde birleştirilmesi ile meydana gelmektedir. Böylece kesit tasarımında müsaade edilebilen limit gerilmelere ulaşınca kadar transfer ve servis durumlarında kesitte meydana gelen gerilmeler elastik teori ile hesaplanabilmektedir. Transfer ve servis durumlarında kesitte meydana gelen gerilmeler müsaade edilen gerilmeleri geçmemelidir. Çeşitli yük durumları için müsaade edilen gerilmeler TS 3233' te verilmiştir [7].

Tasarımda kesitte meydana gelen gerilmeler iki durumda incelenir.

a. Transfer Durumu

Transfer öngerilmenin kirişe tatbik edilmesidir. Transferde kirişe öngerilme kuvveti ve kirişin kendi ağırlığı etkimektedir. Bu durumda öngerilme kayıpları meydana gelmemiştir. Hesaplarda kesit değerleri homojen kesitten alınmaktadır.

b. Servis Durumu

Bu durumda öngerilme kayıpları meydana gelmiş ve kesite kayıplardan sonra efektif öngerilme kuvveti etki etmektedir. Yerinde dökülen beton eleman ile homojen kiriş eleman kompozit olarak çalışmaktadır. Böylece tüm yükler kompozit kesit tarafından taşınmaktadır. Hesaplarda kullanılan kesit değerleri kompozit kesitten alınmaktadır.

3. İKİ AŞAMALI ÖNGERİLME UYGULANARAK YAPILAN KOMPOZİT KESİTLER

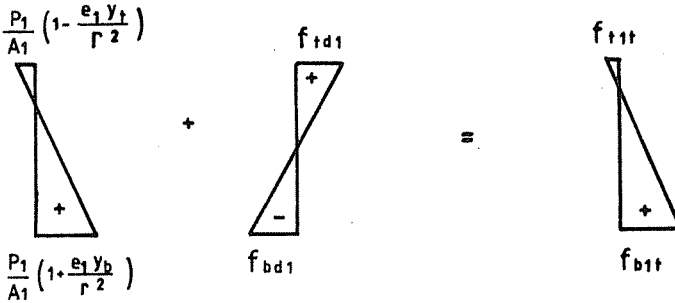
Kompozit kesiti oluşturan elemanlar farklı mekanik özelliklerde olduklarından elemanların birbirleriyle birleşen yüzlerinde meydana gelen gerilmeler dikkate alınarak hesap yapılabilir.

Kompozit kesite uygulanacak öngerilme kuvveti transfer durumunda kesite tam olarak uygulanamayabilir. Çünkü, transfer durumunda henüz kesite servis yükleri etkimemektedir. Eger uygulanırsa, kesitte müsaade edilen gerilmeler aşılabılır. Bu durumda kesite uygulanacak öngerilme kuvveti iki aşamalı olarak verilebilmektedir. Her aşamada kesite uygulanacak öngerilme kuvveti transfer ve servis durumları dikkate alınarak uygulanmaktadır.

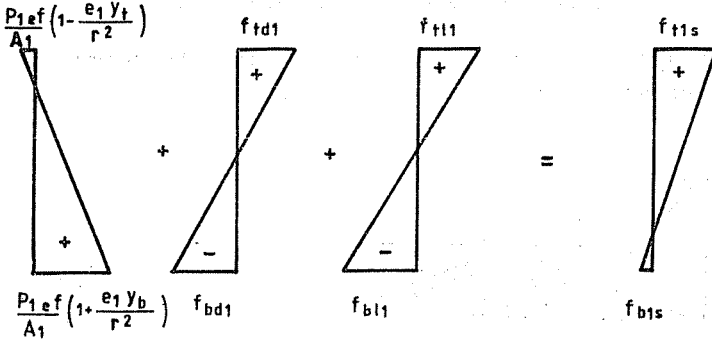
İki aşamalı öngerilme uygulanarak elde edilen kompozit kesitlerde her aşama aşağıda açıklanmıştır.

1. Adım : Bu adımda, öngerilme kuvveti homojen beton kirişe uygulanır. Kiriş, öngerilme kuvveti tatbik edildiğinde, transfer durumunda kendi ağırlığını, servis durumunda ise kendi ağırlığıyla birlikte yerinde dökülen beton ağırlığını ve diğer yapım yüklerini taşır.

Transfer durumu için bu adımda meydana gelen gerilmeler Şekil 1' de, servis durumu için ise Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Transferde Meydana Gelen Gerilmeler



Şekil 2. Serviste Meydana Gelen Gerilmeler.

Transferde meydana gelen gerilmeler e' ye göre müsaade edilen gerilmeleri de kapsayacak şekilde düzenlenirse,

$$e_1 \leq Z_{t1} \left[\frac{1}{P_1} (f_{tt1} + f_{td1}) + \frac{1}{A_1} \right] \quad (1)$$

$$e_1 \leq Z_{b1} \left[\frac{1}{P_1} (f_{ct1} + f_{bd1}) - \frac{1}{A_1} \right] \quad (2)$$

$$e_1 \geq Z_{t1} \left[\frac{1}{P_{1ef}} (-f_{cs1} + f_{td1} + f_{t11}) + \frac{1}{A_1} \right] \quad (3)$$

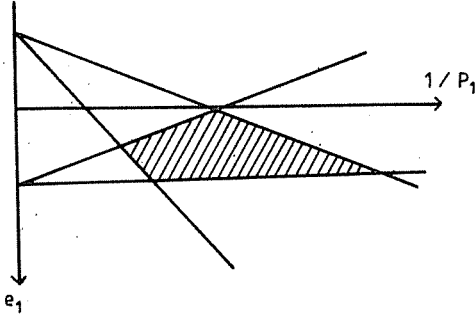
$$e_1 \geq Z_{b1} \left[\frac{1}{P_{1ef}} (-f_{ts1} + f_{bd1} + f_{b11}) - \frac{1}{A_1} \right] \quad (4)$$

denklemleri elde edilir. Burada,

- P_1 : Öngerilme kuvveti
- P_{1ef} : Efektif öngerilme kuvveti, ($\alpha_1 * P_1$)
- α_1 : Kayıp faktörü
- e_1 : Eksantrisite
- A_1 : Homojen kesit alanı
- Z_{t1}, Z_{b1} : Mukavemet momenti
- f_{td1}, f_{bd1} : Öngerilmeli beton kirişin ağırlığından dolayı üst ve alt liflerde meydana gelen gerilmeler
- f_{t11}, f_{b11} : Hareketli yükten dolayı dolayı üst ve alt liflerde meydana gelen gerilmeler
- f_{tt1}, f_{ct1} : Transfer durumunda müsaade edilen çekme ve basınç gerilmesi

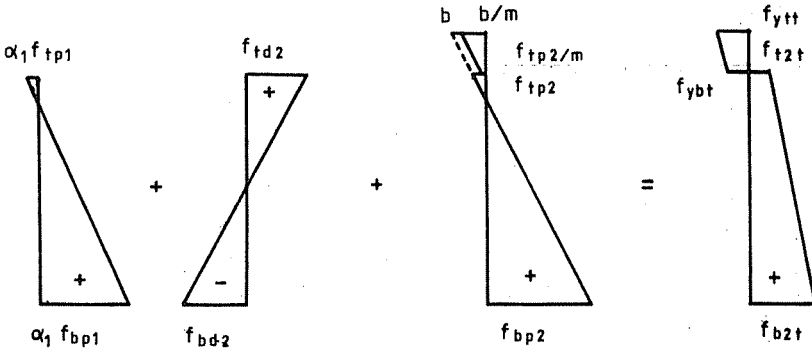
f_{ts1} : Servis durumunda müsaade edilen çekme gerilmesi
 f_{cs1} : Servis durumunda müsaade edilen basınç gerilmesi

dir. 1 indisi 1. aşamayı simgelemektedir. Bu adımda Magnel diyagramı Şekil 3' te görülmektedir.

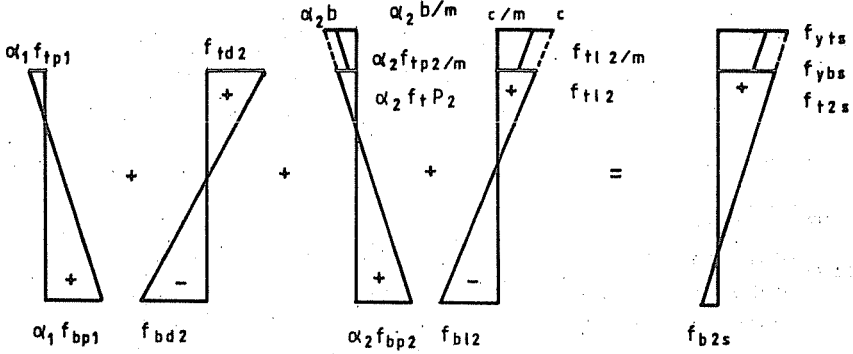


Şekil 3. 1. Adım Magnel Diyagramı

2. Adım : Bu adımda, ikinci öngerilme kuvveti tüm kompozit kesite uygulanır. Transfer durumunda kesite 1. ve 2. öngerilme kuvvetinden dolayı meydana gelen gerilmeler, kirişin kendi ağırlığı ve yerinde dökülen betonun ağırlığından dolayı meydana gelen gerilmeler etkir. Servis durumunda ise bu gerilmeler ve hareketli yükler etkir. Transferde kesit derinliği boyunca meydana gelen gerilmeler Şekil 4' te , servis durumunda meydana gelen gerilmeler ise Şekil 5' te gösterilmiştir.



Şekil 4. Transferde Meydana Gelen Gerilmeler



Sekil 5. Serviste Meydana Gelen Gerilmeler

Kesitte meydana gelen gerilmeler e' ye göre yazılırsa,

$$e_2 \geq Z_{t2} \left[\frac{1}{P_2} (-f_{ct2} + \alpha_1 f_{tp1} + f_{td2}) + \frac{1}{A_2} \right] \quad (5)$$

$$e_2 \leq Z_{b2} \left[\frac{1}{P_2} (f_{ct2} - \alpha_1 f_{bp1} + f_{bd2}) - \frac{1}{A_2} \right] \quad (6)$$

$$e_2 \leq Z_{tins} \left[m \frac{1}{P_2} (f_{tt2}) + \frac{1}{A_2} \right] \quad (7)$$

$$e_2 \leq Z_{t2} \left[m \frac{1}{P_2} (f_{tt2}) + \frac{1}{A_2} \right] \quad (8)$$

$$e_2 \geq Z_{t2} \left[\frac{1}{\alpha_2 P_2} (-f_{cs2} + \alpha_1 f_{tp1} + f_{td2} + f_{t12}) + \frac{1}{A_2} \right] \quad (9)$$

$$e_2 \geq Z_{b2} \left[\frac{1}{\alpha_2 P_2} (-f_{ts2} - \alpha_1 f_{bp1} + f_{bd2} + f_{b12}) - \frac{1}{A_2} \right] \quad (10)$$

$$e_2 \geq Z_{tins} \left[\frac{1}{\alpha_2 P_2} (-m f_{cs2} + C) + \frac{1}{A_2} \right] \quad (11)$$

$$e_2 \geq Z_{t2} \left[\frac{1}{\alpha_2 P_2} (-m f_{cs2} + f_{t12}) + \frac{1}{A_2} \right] \quad (12)$$

denklemleri elde edilir. Burada,

f_{tt2} : Transfer durumunda müsaade edilen çekme gerilmesi

f_{ct2} : Transfer durumunda müsaade edilen basınç gerilmesi

f_{ts2} : Servis durumunda müsaade edilen çekme gerilmesi

f_{cs2} : Servis durumunda müsaade edilen basınç gerilmesi

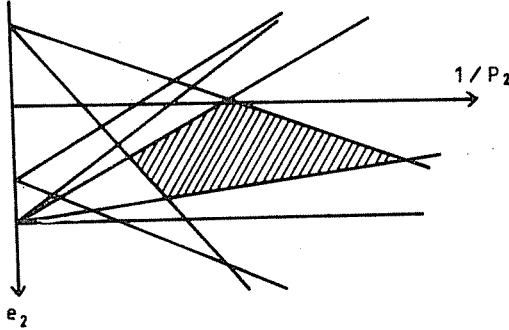
A_2 : Kompozit kesit alanı

$$Z_{tins} = \frac{I}{y_{tins}}$$

y_{tins} : Kompozit kesit ağırlık merkezinden yerinde dökülen beton dış lifine mesafe

m : Öngerilmeli homojen beton ile yerinde dökülen beton elastisite modülleri oranıdır.

İkinci adımda diyagramda çizilen doğru sayısı sekizdir. Ancak uygun bölgeyi belirleyen doğru sayısı sekizden daha az olabilir. İkinci adımda Magnel diyagramı Şekil 6' da gösterilmiştir.



Şekil 6. 2. Adımda Magnel Diyagramı

4. TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Öngerilmeli beton elemanların taşıma gücü hesabı betonarmede yapılan taşıma gücü hesabına benzemektedir. Ancak öngerilme kuvvetinden dolayı öngerilmeli betonun taşıma gücü hesabı biraz daha farklı olmaktadır. Öngerilmeli beton elemanlarda öngerilme kuvvetinden dolayı meydana gelen şekil değiştirmelerin de hesaplanması gerekmektedir. Bu şekil değiştirmeler efektif öngerilme kuvvetinden dolayı beton ve donatı celiğinde meydana gelen şekil değiştirmelerdir.

Kırılma anındaki gerilme dağılımı için TS 500' de [8] önerilen gerilme dağılımı alınabilir. Tarafsız eksenini belirledikten sonra kesit ağırlık merkezi etrafında kuvvetlerin momenti alınarak taşıma gücü momenti hesaplanır.

5. DONATILARIN YERLEŞTİRİLMESİ

Öngerilmeli beton hesabı yapılırken öngerilme kuvveti bileşke kuvvet olarak bulunur ve eksantrisite bileşke kuvvetin yeri olarak hesaplanır. Ancak bu bileşke kuvvetin tamamını tek bir yerden uygulamak her zaman mümkün değildir. Bu durumda donatılar bileşke kuvveti ve eksantrisiteyi verecek şekilde kirişe yerleştirilir. Donatı hesabı hem öncekme hemde sonçekme sistemine göre ayrı ayrı yapılmaktadır. Songerme sistemde kablolar, öngerme sistemde ise strandlar kullanılmaktadır.

6. KOMPOZİT ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERİN MAGNEL DİYAGRAMLARI YARDIMI İLE TASARIMI İÇİN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI

Bu çalışmada, daha önceki bölümlerde tartışılan temel formülasyon ve yöntemler kullanılarak, kompozit öngerilmeli beton kirişlerin Magnel diyagramları yardımı ile tasarımını yapan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Hazırlanan bilgisayar programı altı ayrı programdan oluşmaktadır.

Birinci program ile, seçilen bir kesit tipi için minimum kiriş yüksekliği veya kiriş genişliği hesaplanmaktadır.

İkinci program zamana bağlı öngerilme kayıplarını Amerikan Öngerilmeli Beton Enstitüsü, nün (PCI) önerdiği genel yöntemle göre hesaplamaktadır.

Üçüncü program ile verilen bir kesitin öngerilme kuvveti ve eksantrisite değerleri müsaade edilen gerilmeler aşılmadan hesaplanmaktadır.

Dördüncü programda öngerilme kuvveti iki aşamada

uygulanmaktadır. Yine üçüncü programda olduğu gibi diyagramlar çizilmekte ve öngerilme kuvveti ile eksantrisite değerleri belirlenebilmektedir.

Beşinci program ile öngerme veya songerme sistemlerine göre donatı hesabı yapılmaktadır.

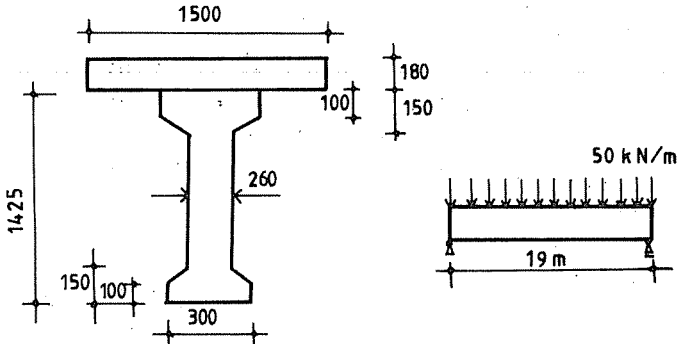
Altıncı program ile taşıma gücü hesabı yapılmaktadır.

Program genel olarak kompozit kesitler için yapılmışsa da homojen kesit tasarımı da yapabilmektedir. Tüm programların genel akış diyagramları Şekil 7' de verilmiştir.

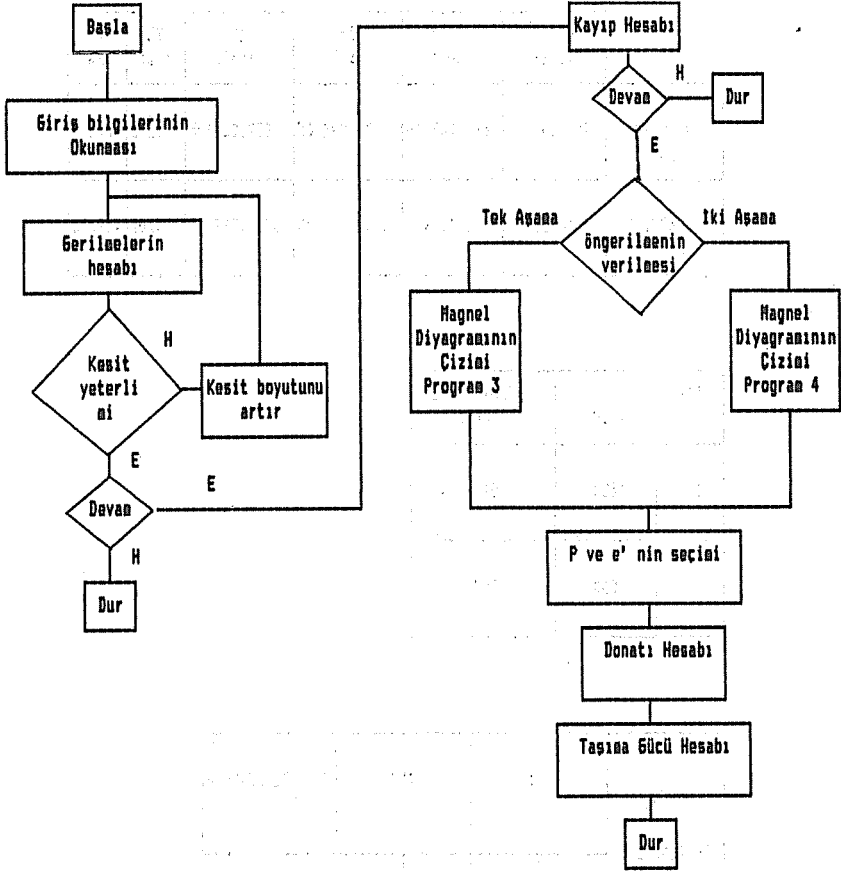
örnek

Bu örnekte boyutları Şekil 8' de verilen kompozit kesit tasarımı yapılmıştır. Kesit boyutları mm cinsinden verilmiştir. Kirişe etki eden hareketli yük 50 kN/m, kiriş boyu ise 19 m dir. İki aşamalı öngerilme uygulanmıştır.

Birinci aşamada müsaade edilen gerilmeler: transfer durumunda basınç için 16.7 N/mm², çekme için -2 N/mm², servis durumunda basınç için 20 N/mm², çekme için -3 N/mm², ikinci aşamada transfer durumunda müsaade edilen basınç gerilmesi 16.7 N/mm², çekme gerilmesi -2 N/mm², servis durumunda ise, basınç için 20 N/mm², çekme için -1 N/mm² olarak verilmektedir. Kayıp faktörü 0.8 olarak, μ değeri ise 1.3 olarak verilmektedir.



Şekil 8. Örnek Kompozit Kesit



Şekil 7. Bilgisayar Programı Genel Akış Diyagramı

ORNEK . OUT

	ALAN (m ²)	I (m ⁴)	Zb (m ³)	Zt (m ³)	Yb (m)	Yt (m)
HOMOJEN KESİT	380300.00	669.24E+08	939.28E+05	939.28E+05	712.5	712.5
KOMPOZİT KESİT	585045.45	1531.49E+08	1542.17E+05	3545.71E+05	993.07	431.93

ADIM	P (kN)	EKSANTRİSİTE (m)
1	1420	512
2	2860	508

TOPLAM BERİLMELER (N/m ²)	1. ADIM		2. ADIM		YERİNDE DOKULEN BETON	
	ÜST LİF	ALT LİF	ÜST LİF	ALT LİF	ÜST LİF	ALT LİF
TRANSFER	0.306	7.158	4.960	16.112	-	-
SERVIS	4.169	1.803	11.165	-1.380	6.371	5.382

SONGERME SİSTEM

KIRISE YERLESTIRILEBİLECEK KABLO GURUFLARI

KABLO NO	TEL/STRAND SAYISI	KABLO/STRAND SAYISI	NOMINAL STRAND CAPI (mm)
1	7	4	12.50
2	7	4	15.20
3	19	4	18.00
4	7	7	12.50
5	7	7	15.20
6	19	7	18.00
7	7	12	12.50
8	7	12	15.20

UYGUN KABLOLAR

1. ADIM

KABLO NO.	ONGERILME KUVVETI (kN)	% GEREKLI KABLO ORAN SAYISI	CELİK SERVIS GERILMESİ	MAKS. KABLO ALT	MAKS. KABLO GOVDE	KABLO KUVVETİ (kN)	ALAN (mm ²)
1	1606.83	14	4	1066	2	401.71	376.8
2	1657.91	17	3	996	2	552.64	554.8
3	1801.63	27	2	1072	1	900.82	840.0
4	2108.96	49	3	1066	2	702.99	659.4
5	1934.23	37	2	996	1	967.11	970.9
6	1576.43	12	1	1072	1	1576.43	1470.0
7	2410.24	70	2	1066	1	1205.12	1130.4
8	1657.91	17	1	996	1	1657.91	1664.4

2. ADIM

KABLO NO.	ONGERILME KUVVETI (kN)	% GEREKLI KABLO ORAN SAYISI	CELİK SERVIS GERILMESİ	MAKS. KABLO ALT	MAKS. KABLO GOVDE	KABLO KUVVETİ (kN)	ALAN (mm ²)
1	3213.65	13	8	1066	2	401.71	376.8
2	3315.82	16	6	996	2	552.64	554.8
3	3603.26	26	4	1072	1	900.82	840.0
4	3514.93	23	5	1066	2	702.99	659.4
5	2901.34	2	3	996	1	967.11	970.9
6	3152.86	11	2	1072	1	1576.43	1470.0
7	3615.36	27	3	1066	1	1205.12	1130.4
8	3315.82	16	2	996	1	1657.91	1664.4

1. ADIM

SECİLEN KABLO TIPI= 1

İLK KABLONUN ALT LIFE MESAFESİ=100.00 mm

KABLO SİRALARI ARASINDAKİ MESAFE=201.00 mm

2. ADIM

SECİLEN KABLO TIPI= 5

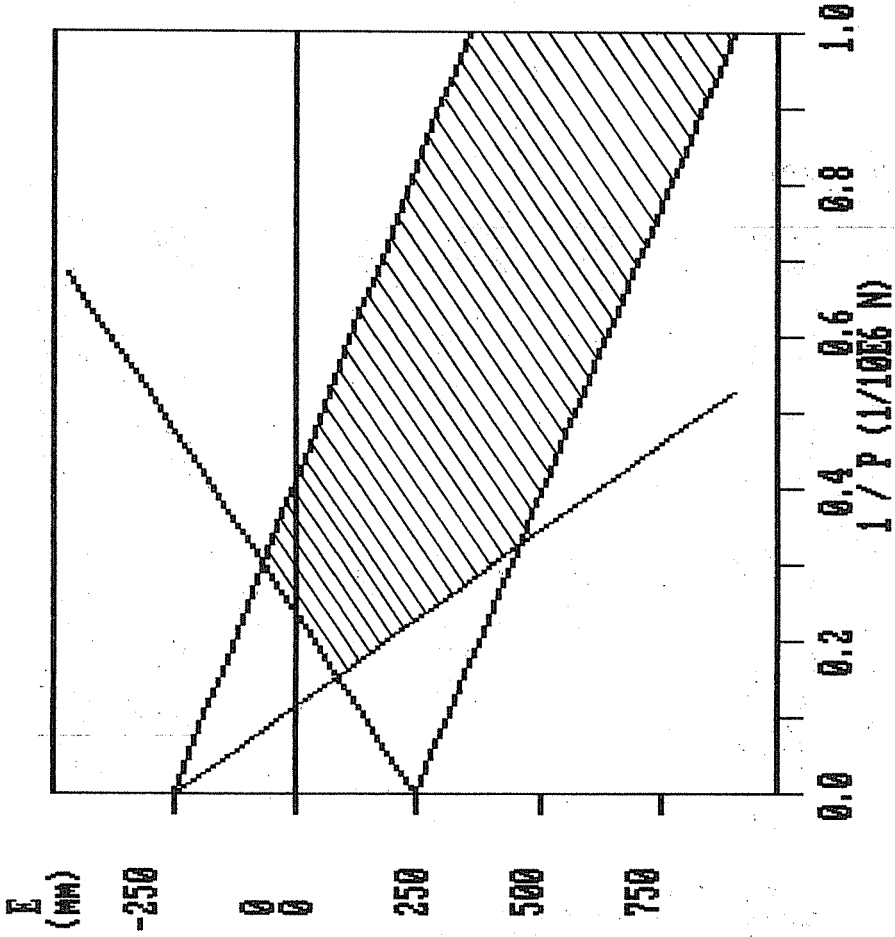
İLK KABLONUN ALT LIFE MESAFESİ=300.00 mm

KABLO SİRALARI ARASINDAKİ MESAFE=185.07 mm

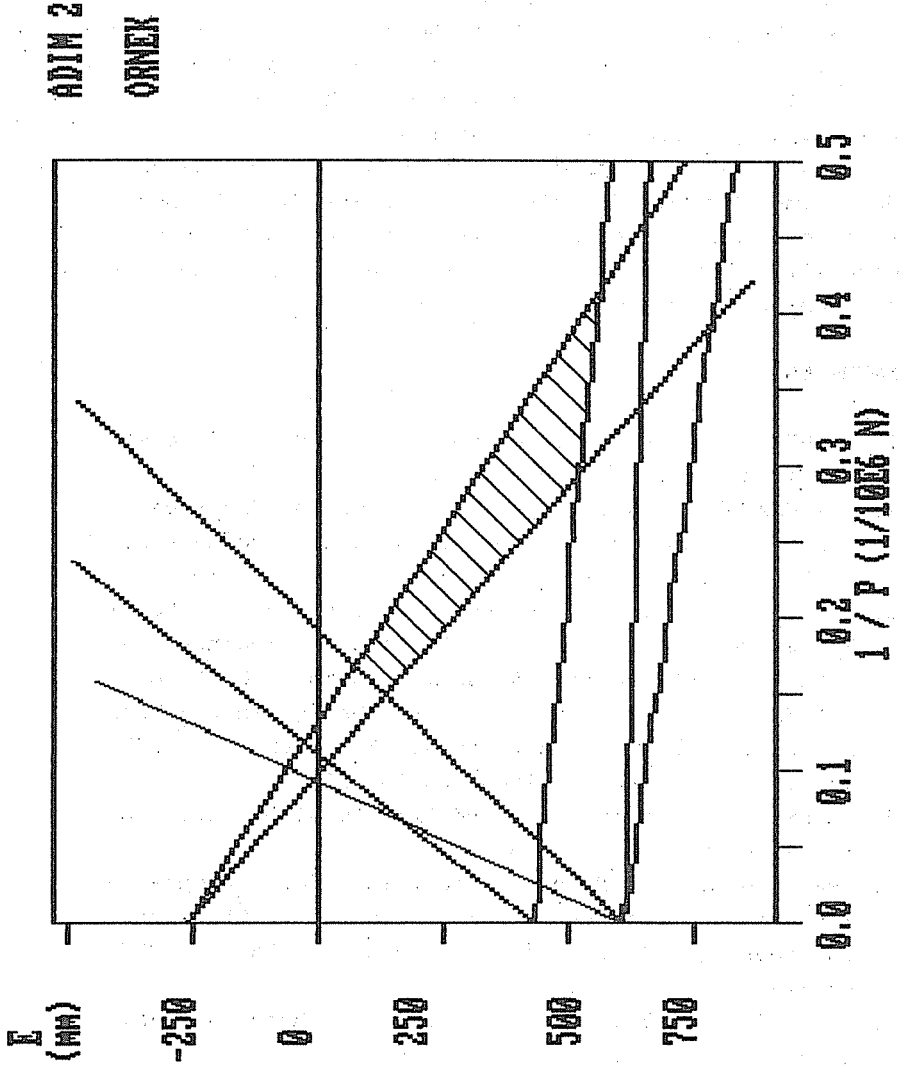
MINİMUM UC BLOK GENİSLİĞİ=430.00 mm

TASIMA GUCU MOMENTİ : M=3767.4 kN m C=93.3 mm

ADIM 1
ÖRNEK



Sekil 9. 1. Adım Magnel Diyagramı



Sekil 10. 2. Adım Magnet Diyagramı

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada mikrobilgisayarların grafik olanaklarından yararlanılarak karar tasarımına yönelik değişik kompozit kesitli öngerilmeli beton kirişlerin analiz ve tasarımını yapan etkileşimli veya istendiğinde verileri dosyadan okuyabilen bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Hazırlanan program ile tek aşamalı ve iki aşamalı öngerilme kuvveti uygulanarak tasarlanan kompozit kesitlerin incelenmesinden görülmüştür ki; iki aşamalı öngerilme kuvveti uygulanması durumunda daha ekonomik bir kompozit kesit elde edilmektedir.

KAYNAKLAR

1. MAGNEL, G., Prestressed Concrete, 1948, Concrete Publications Ltd., London, U.K.
2. KRISHNAMURTY, N., Magnel Diagrams For Prestressed Concrete Beams, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.109, No.12, December, 1983, pp.2761-2769
3. SOMAYAJI, S., Prestressed Concrete Flexural Member:Design, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.108, No.St8, August, 1982, pp.1781-1798
4. SOMAYAJI, S., Composite Beam Using Interaction Diagram, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.111, No.4, April, 1985, pp.933-938
5. CLARKE, D., Computer Aided Structural Design, John Wiley and Sons Ltd., 1980
6. ORR, D.M.F., Magnel Diagrams For Composite Prestressed Concrete Beams, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.81, Part 2, Mar., 1986, pp.71-80
7. TS 3233, Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. 1979. 44 S.
8. TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. 1985, 75 S.

ATIKSU ÇÖKELME ORANLARININ HESAPLANMASI
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Ahmet YÜCEER*

ÖZET

Atıksuların çökeltme verimleri üzerinde 1 litrelik cam silindirlerde sakin çökeltme deneyleri yapılmıştır. Zaman ve konsantrasyon parametrelerine bağlı olan deney sonuçları Clements eşitliğinde yerine konduğunda hesaplanan değerlerin, deney sonuçları ile çok iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür. Çökeltme verim hesaplarının yapıldığı pilot tesis veya kolon deneyleri yerine, bu deneyler çok pratik ve ucuz olan 1 litrelik cam silindirlerde (mezur) yapılabilir.

Clements eşitliği, deneylerde kullanılan ham atıksularda çok yaklaşık, aktif çamur karışımı atıksularda ise düşük değerler vermiştir.

A STUDY ON THE DETERMINATION OF SOLID REMOVAL
EFFICIENCY IN SEWAGE SETTLEMENT.

ABSTRACT

Suspended solid removal efficiencies of wastewaters were determined in the experiments, by using 1 lt. graduated glass cylinders. Experimental values, related to time and concentration, were put into Clements equation to calculate suspended solid removal efficiency. However, when the experimental results and the calculated values compared, the results were found to be very similar. As a result of this, 1 lt.

* Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. İnşaat Müh. Bl. Balcalı ADANA

graduated glass cylinders may safely be used to determine suspended solid removal efficiencies instead of using pilot plants or static columns which are expensive and difficult processes in sedimentation.

1.GİRİŞ

Atıksu arıtma tesisi maliyetlerinin yüksek olması, gelişmiş ülkelerde en verimli sistem dizaynına, gelişmekte olan ülkelerde ise en uygun ve en ucuz sistemin ve işletme şeklinin seçimine neden olmaktadır.Bundan dolayı arıtma tesislerinin planlamasında çevre faktörleri ile birlikte atıksu hareketlerinin ve özelliklerinin iyi tanınıp ,prototip sistemde nasıl davranacağını tahmin edebilmek için araştırmalar devam etmektedir.

Arıtmada ilk amaç, suyun içinde bulunan askıdaki katı maddelerin ayrıştırılmasıdır.Eriyik halde bulunan katı maddelerin ayrıştırılması özel haller için yapılmaktadır.Askıdaki katı maddelerin ayrıştırılmasında ilk yapılan işlem yoğunluğu sudan daha fazla olan katı maddelerin tabii olarak çökeltilmesidir.Kolayca çökelmeyen kolloidal partiküller ise biyolojik işlemler neticesinde sudan ayrıştırılır.

Biyolojik ve ikinci çökeltim havuzunun dizaynında en önemli faktör birinci çökeltme havuzundan gelen atıksudaki katı madde oranıdır.O halde birinci çökeltme havuzundaki katı madde çökeltme oranının planlama safhasında bilinmesi veya tahmin edilmesi gerekir. Bunun için araştırmacılar bir pilot tesisin kurulmasını veya statik kolon deneylerinin yapılmasını öngörmüşlerdir.

2 . EVSEL ATIKSULAR VE ÇÖKELME ÖZELLİKLERİ

Evsel atıksuların kompozisyonu ve çökeltme özellikleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır.Genel olarak toplam katı maddenin çoğunluğu inorganik ve askıdaki katı maddeninde %80'i organik kökenlidir.Askıdaki katı maddelerin %30-40'ı çökeltmesi zor olan kolloidal maddelerden oluşur.

Evsel atıksuların çökeltmesi üzerine yapılan çalışmalarda genel olarak şu özellikler görülmüştür;

a-) Atıksu özellikleri saatlik , günlük ve mevsimlik değişiklikler gösterir.

b-) Askıda katı madde konsantrasyonu arttıkça çökeltme oranı da artar.

c-) Atıksular içerisinde belirli oranda çökeltmeyen katı madde ihtiva eder.

d-) Aynı konsantrasyonda olan farklı atıksular , farklı çökeltme oranları verebilir.

e-) Çökeltme havuzu derinliği arttıkça tabii yumaklaşmadan dolayı hızlı çökelebilen madde oranı artar ve dolayısıyla çökeltme oranı derinlikle artar.

f-) Hafif ve kontrollü karıştırma suda hız gradyanını artırarak yumaklaşmaya yardımcı olur.

g-) Yüzey yüküne (Hidrolik yük) bağlı olarak çökeltme verimleri değişir ve genelde düşük yük çökeltme oranını artırır.

3 . ÇÖKELTME VERİMLERİ VE İLİSKİLERİ

Çökeltme teorisi münferit partiküllerin ve süspansiyonların çökeltme hızlarını ve diğer özelliklerini iyice tanımlamaktadır. Bunun yanısıra evsel atıksuların çökeltme özellikleri (hızları, oranı vs.) bir eşitlikle universal olarak belirlenememiştir. Çok kompleks bir yapıya sahip olan atıksuların özellikleri kendi kullanım şeklimize , yaşayış biçimimize ve günün teknolojik özelliklerine göre değişmektedir. Bütün bunlara rağmen deney sonuçlarına dayalı olarak çökeltme oranı üzerinde bazı eşitlikler verilmiştir.

Çökeltme oranı R, basit olarak ,

$$R = \frac{S_i - S_e}{S_i} \quad (1)$$

veya

$$R = 1 - \frac{S_e}{S_i}$$

şekliyle yazılabilir. Burada S_i =atıksu katı madde konsantrasyonu (mg/l), S_e =çökeltme sonucu katı madde konsantrasyonu(mg/l). Bu ifade esas alınarak Tebbutt ve

Christoulas [1] yaptığı çalışmalarda (pilot tesis) çökeltme oranını atıksu konsantrasyonu S_i , ve yüzey yüküne q , bağlı olarak ,

$$R = 1.138 * e^{-[(358/S_i)+0.0014q]} \quad (2)$$

şeklinde vermiştir. Eşitlikte görüleceği üzere çökeltme oranı en fazla atıksu katı madde konsantrasyonu tarafından etkilenmektedir.

Ayrıca çökeltme oranı CIRIA(1.1) tarafından

$$R = (0.00043*S_i+0.51)*[1-e^{(-0.7*t)}] \quad (3)$$

t =çökeltme süresi, saat

şeklinde verilmiştir. Clements [2] bu eşitliği tekrar düzenleyerek;

$$R = (0.00059*S_i+0.38)*[1-e^{(-3.2*t)}] \quad (4)$$

şeklinde vermiş ve yaptığı çalışmalarda bu eşitliğin deney neticelerine çok yakın değerler verdiğini de bildirmiştir. Clements, deneylerinde 3-5 m. derinliğinde ve 0.15 m. çapında statik çökeltme kolonları kullanmıştır.

Pilot tesis ve statik kolonla yapılan çalışmaların yanısıra 1 litrelik cam silindirler de (mezur) çökeltme deneylerinin pratikliği açısından kullanılmaktadır [3]. Yapılan bütün çalışmalarda çökeltme oranına etkileyen bütün faktörleri (yüzey yükü, konsantrasyon, şekil ve orijin, katı madde büyüklüğü ve dağılım oranı, yumaklaşma, derinlik, ısı v.s) kapsayan bir ifade geliştirilememiştir [4,5].

4 . DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Laboratuvarda yapılan deneylerde kullanılan atıksu numuneleri çalışan bir arıtma tesisinin birinci çökeltme havuzunun girişinden alınmıştır. Atıksu numuneleri 1 litrelik cam silindirlerde (mezur) 30,60,90 ve 120 dakika dinlenmeye bırakılmıştır. Her çökeltme süresi

Atıksu Çökeltme Oranlarının Hesaplanması

sonunda yüzeyde kalan 300 ml.lik kısımda kalan katı madde oranı GF/C filtre kağıdı kullanarak ölçülmüştür.Çökeltme oranı

$$R = \frac{S_i - S_e}{S_i} \text{ şeklinde hesaplanmıştır.}$$

Benzer deneyler, ham atıksuya %1 , 2.5 , 5 ve 10 aktif camur ilavesi ile 1 litreye tamamlanarak yapılmıştır.

Deneyler çift olarak yapılmış ve ortalamaları esas olarak alınmıştır.Ölçümlerde standart sapma $\sigma = 4$ civarında hesaplanmıştır.

Deney sonucunda çökeltme oranları zamana ve konsantrasyona bağlı olarak gösterilmiş ve aynı verileri kullanarak CIRIA(1.1) ve Clements eşitliklerinde çökeltme oranları hesaplanmıştır.

Sonuçlar karşılaştırmalı olarak Tablo 1 ve 2 , ayrıca Şekil 1,2 ve 3 'de gösterilmiştir.

5. DENEY SONUÇLARININ VE HESAPLARIN TARTIŞILMASI

Atıksu özelliklerinin gün içinde , günlük ve mevsimlik değişimlerinden dolayı farklı özellikler gösterebilir.Her ne kadar atıksular farklı özellikler gösterebilir, bilhassa benzer bölgelerde veya sanayi atıksularının pek fazla karışmadığı yerlerde benzer özellik gösterirler.Atıksu özelliklerinin zamanla değişimi, atıksuyun kompleks fiziko-kimyasal yapısı, bölge farklılıkları vb.gibi nedenlerden dolayı çökeltme verimini etkileyen bütün parametrelerle birlikte veren tam bir matematik ifade geliştirilememiştir. Bununla birlikte çökeltme verimlerinin, belirli parametrelere göre değişimini veren ifadeler vardır. Literatürdeki çalışmalarda metod farklılıkları ve ele alınan etki parametrelerinin farklı olması, buradaki deney sonuçlarının doğrudan karşılaştırılmasında zorluklar göstermektedir.Yapılan deneylerde çökeltme oranı konsantrasyona ve zamana bağlı olarak bulunduğu için literatürde yalnız Clements [2] tarafından geliştirilen eşitliğe rastlanmıştır.

Tablo 1. Çökeltme deney ve hesap sonuçları

Deney no	Kons. S _i (mg/L)	Çökeltme süre., t (saat)	Çökeltme oranı R, %	Clements R, % (*)	CIRIA (1.1) R, % (**)
1	137	0.5	33	37	17
		1	40	44	28
		1.5	42	45	37
		2	42	46	43
2	160	0.5	37	38	17
		1	43	45	29
		1.5	46	46	38
		2	48	47	44
3	234	0.5	44	41	18
		1	51	50	30
		1.5	55	51	40
		2	57	52	46
4	272	0.5	53	43	18
		1	57	52	31
		1.5	60	53	41
		2	61	54	47
5	451	0.5	49	51	21
		1	60	61	35
		1.5	65	63	46
		2	68	64	53
6	272	0.5	39	43	18
		1	48	52	31
		1.5	51	53	41
		2	52	54	47
7	306	0.5	40	45	19
		1	47	53	32
		1.5	49	55	42
		2	52	56	48
8	275	0.5	49	44	19
		1	53	52	31
		1.5	57	53	41
		2	58	54	47
9	245	0.5	48	42	18
		1	57	50	31
		1.5	58	51	40
		2	59	52	46
10	243	0.5	44	42	18
		1	48	50	31
		1.5	50	51	40
		2	52	52	46

(*) Clements ; $R = (0.00059 * S_i + 0.38) * [1 - e^{(-3.2 * t)}]$

(**) CIRIA (1.1) ; $R = (0.00043 * S_i + 0.51) * [1 - e^{(-0.7 * t)}]$

Tablo 2. Atıksu ve atıksu-aktif çamur karışımının çökmesi

Deney no	Kons. (mg/L)	Çökelme oranı	Clements	CIRIA (1.1)
		R, %	R, %	R, %
Aktif çamur ilavesi % 1				
1	Si=170	45	48	44
	ML=195	57	49	45
2	Si=452	68	65	53
	ML=476	70	66	54
3	Si=272	52	54	47
	ML=307	58	56	48
4	Si=275	59	54	47
	ML=312	65	57	48
5	Si=151	50	47	43
	ML=194	66	50	44
Aktif çamur ilavesi % 2.5				
1	Si=192	55	49	45
	ML=215	62	51	46
2	Si=234	57	52	46
	ML=292	67	56	48
3	Si=254	54	53	47
	ML=320	66	57	49
4	Si=306	52	56	48
	ML=371	62	60	51
5	Si=272	62	54	47
	ML=363	73	60	50

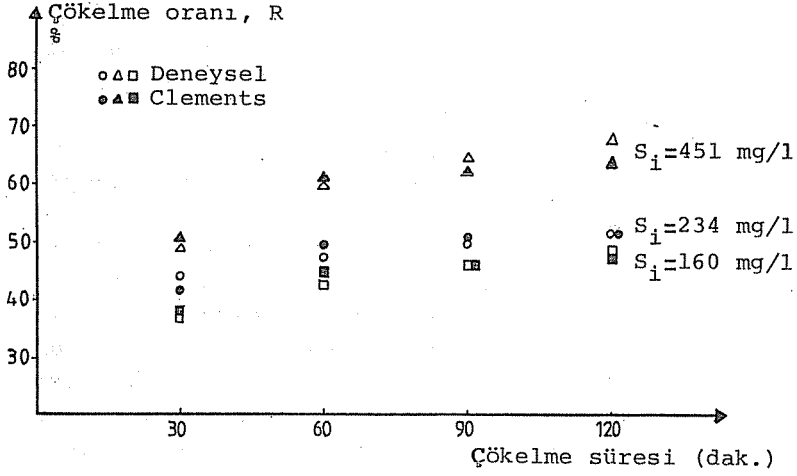
Tablo 2. (Devam)

Deney no	Kons. (mg/L)	Cökeltme oranı R, %	Clements R, %	CIRIA (1.1) R, %
Aktif çamur ilavesi % 5				
1	Si=245	57	52	46
	ML=362	71	59	50
2	Si=170	45	48	44
	ML=294	73	55	48
3	Si=160	48	47	43
	ML=286	71	55	47
4	Si=235	57	52	46
	ML=360	76	59	50
5	Si=137	42	46	43
	ML=279	75	54	47
6	Si=241	55	52	46
	ML=429	78	63	52
Aktif çamur ilavesi % 10				
1	Si=200	50	50	45
	ML=346	77	58	50
2	Si=272	61	54	47
	ML=490	82	57	54
3	Si=304	50	56	48
	ML=550	75	70	56
4	Si=243	52	52	46
	ML=553	77	70	56
5	Si=272	52	54	47
	ML=307	60	56	48

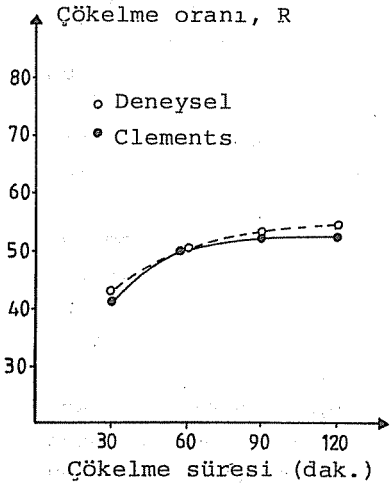
ML = Atıksu-aktif çamur karışım konsantrasyonu.

t = Cökeltme süresi 2 saat.

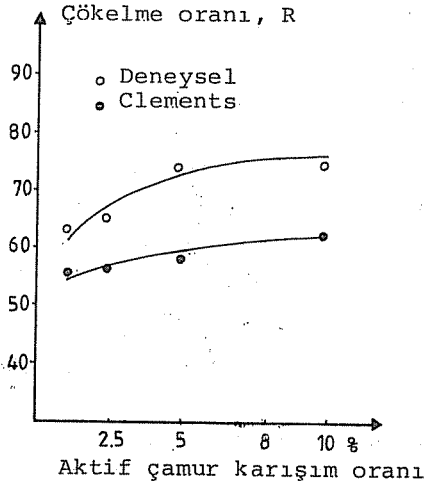
Atıksu Çökeltme Oranlarının hesaplanması



Şekil 1. Atıksu çökeltmesi, deneysel ve hesap sonuçları karşılaştırılması.



Şekil 2. Atıksu çökeltmesi (Ort.Değer, Tablo 1)



Şekil 3. Çeşitli oranlarda Aktif çamur karışımı Atıksuyun çökeltmesi (Ort.Değer, Tablo 1)

Clements deneylerini 3 m. yüksekliğinde ve 0.15 m. çapında çökeltme kolonunda yapmış ve sonuçta çökeltme oranını R₄ 4 nolu eşitlikte görüldüğü gibi vermiştir.

Burada yapılan deneylerde ise, 0.5 m. yüksekliğinde ve 0.07 m. çapında 1 litrelik cam silindirlere gerçekleştirilmiştir. 300 ml.lik yüzeyde kalan kısımda kalan konsantrasyon ölçülmüş ve çökeltme oranında $R = (S_i - S_e)/S_i$ şeklinde hesaplanmıştır. Deney sonuçları Clements eşitliğinde (4) yerine konarak hesaplamalar yapıldığında hesaplanan sonuçların deney sonuçları ile çok iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür. Şekil 1.2. Clements eşitliğinden elde edilen sonuçlarla deney sonuçları verimleri oranları arasındaki fark -0.08 ila +0.04 arasında değişmektedir (2 saat çökeltme süresi için) Tablo 1 ve 2.

Belirli oranlarda aktif çamur ilavesi ile yapılan deneyler de çökeltme oranlarının Clements eşitliği ile hesaplanan değerlerden daha fazla olduğu görülmüştür, Şekil 3. Bu beklenen bir sonuç olup, sebebi de aktif çamur floklarının çökeltme oranını yükseltmesinden ileri gelmektedir. [6]

Yine ham atıksu ile deney sonuçlarına bakılacak olunursa (Tablo 1.) 0.5 , 1 , 1.5 ve 2 saat sonundaki çökeltme oranlarının Clements eşitliği ile iyi bir uyum içerisinde olduğu açıkça görülmektedir.

Aritma sistemlerinin planlanmasında verim tahminleri yapabilmek için pilot tesisler veya kolon deneyleri yapılmaktadır. Bu tesisler pahalı ve işlemleri güçtür. Bütün bunların yanısıra, elde edilen deney ve hesap sonuçlarının gösterdiğine göre, basit 1 litrelik cam silindirlere yapılan deneylerin pratik ve ucuz oluşundan dolayı çökeltme verimlerinin tahminlerinde kullanılabileceği açıkça görülmektedir.

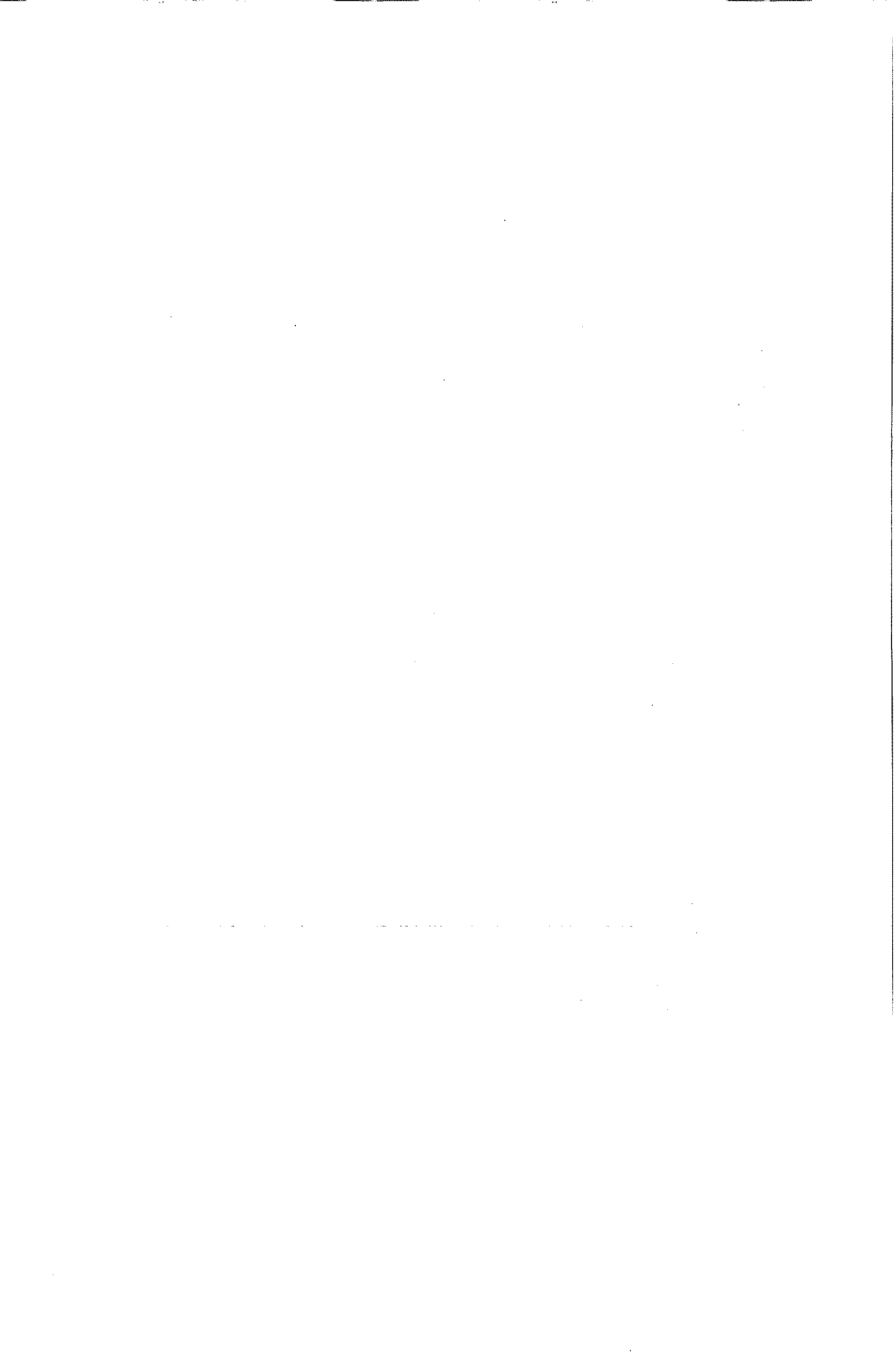
Ayrıca CIRIA(1.1) eşitliği çökeltme oranı hesaplamalarında kullanıldığında deney sonuçlarından daha düşük değerler verdiği görülmektedir, Tablo 1.2. Bu eşitliğin düşük değerler verdiği Clements [2] ve Tebbutt ve Christoulas [1] tarafından daha önce bildirilmiştir.

6. SONUÇ

Atıksuların çökelme oranlarının belirlenmesi için yapılan deneylerde 1 litrelik cam silindirler kullanılmış ve 300 ml.lik kısımda katı madde oranı tespit edilmiştir. Deney sonuçları Clements eşitliği ile karşılaştırıldığında hesaplanan sonuçların deney sonuçları ile çok iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür. O halde atıksu çökelme oranlarının tespitinde pilot tesisler ve kolon deneylerinin yerine daha pratik ve ucuz olan 1 litrelik cam silindir deneyleri uygun görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] T.H.Y. Tebbutt and D.G. Christoulas, Performance relationships for primary sedimentation, Water Res. 9 (1975), 347-355.
- [2] M.S.Clements, The application of static column tests to sedimentation tank design, Water Pol. Cont., 75 (1976), No:3, 360-376.
- [3] T. Stones, Experimental work on the settlement of sewage J.Eff. and Wat. Treat., 15 (1975), No:10, 529-542.
- [4] H.A.San, Yumaklaşan tanelerin sakin çökelme kolonu deney sonuçlarının derinlik ve zaman fonksiyonu olarak ifadesi ve müh. uygulamaları. Çevre 84. İzmir, 1984, 47-51.
- [5] M.R.Palermo and E.L. Thackson, Flocculent settling above zone settling interface. J. En. Eng., 114 (1988), 770-783.
- [6] A.Yüceer, Çökelme ve aktif çamurun atıksu çökmesine etkisi, S.Ü.Müh.Mim.Fak.Derg., 2 (1988), 11-21.



LAMAS (LIMONLU-ERDEMLİ-İÇEL) KARST HAVZASI

YERALTISUYU OLANAKLARI (*)

Cavit DEMİRKOL(**)

Galip YUCE(***)

ÖZET

Lamas (Limonlu-Erdemli-İçel) karst havzasındaki yeraltısuyu olanaklarını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada 200 km²'lik bir alanın jeoloji-hidrojeolojisi incelenmiştir. İncelemeler sonucu Paleozoyik yaşlı birimi kuvarsit, Mesozoyik yaşlı birimleri; Jura-Kretase yaşlı dolomitik kireçtaşı ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı ofiyolitli melanj, Senozoyik yaşlı birimleri; Alt-Orta Miyosen yaşlı konglomera, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve Kuvaterner yaşlı birimleri; alüvyon ve yamaç molozu oluşturur.

**GROUNDWATER POTENTIALS OF THE KARSTIC DRAINAGE BASIN
IN THE LAMAS REGION (LIMONLU-ERDEMLİ-İÇEL)**

ABSTRACT

In this study the geology and hydrogeology of the karstic drainage basin in the Lamas region (Limonlu-Erdemli-İçel) covering a surface area of 200 square kilometers was investigated with the aim of the groundwater potentials. The results showed that the Paleozoic quartzite, Mesozoic limestone (Mainly Upper Cretaceous-Paleocene), Cenozoic clayey - limestone (Mainly Lower and Middle Miocene) and Quaternary alluvial and creep talus found here.

(*) Bu çalışma D.S.İ. ve Ç.Ü. tarafından desteklenmiştir.

(**) Ç.Ü.Müh.-Mim.Fak. Jeoloji Müh.Böl., Adana.

(***) D.S.İ. 6. Bölge Müdürlüğü, Adana.

1. GİRİŞ

Çalışma alanı Akdeniz Bölgesinin doğu kısmında, Bolkar Dağlarının Akdeniz'e bakan güney yamacında, İçel il merkezinin 50 km güneybatısında, Mersin merkez ve Erdemli ilçeleri sınırları içerisinde (Şekil 1). Yaklaşık 200 km²'lik bir alanı içeren çalışma alanı 1/25000 ölçekli Silifke-032-d₃.d₄ ve c₄ paftaları sınırları içerisinde yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı; inceleme alanındaki yeraltısuyu olanaklarını saptamak, önemli karstik boşalım alanlarını belirlemek, Lamas nehri ile yeraltısuyu ilişkisini araştırmak, kıyıda gözlenen karstik boşalımların su kalitesini ortaya koymak, kireçtaşı üzerinde gelişmiş karstik şekil ve zonları araştırmak, yeraltısuyunun hangi derinliklerinde ve ne kalitede olduğunu ortaya koymaktır.

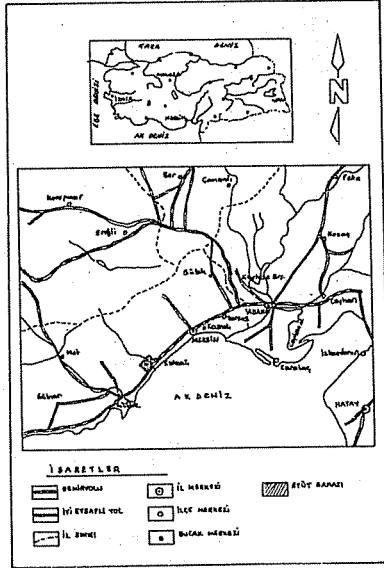
2. STRATİGRAFİ

Çalışma alanında, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler ayırtlanmıştır (Şekil 2, 3).

2.1. Paleozoyik Kuvarsitler (Pk)

Çalışma alanında Karadağ (740 m)'in doğu ve güneydoğu kesiminde gözlenebilen kuvarsitler yaklaşık 1 km²'lik bir alanda yüzeylenmektedir. Kayaç sert, tıkmaz, kiremit kırmızısı, turuncu renkte, demir oksitli görünümü ile belirgindir. Orta tabakalı, K 4° B doğrultulu, 22° GB'ya eğimlidir. Aşınma sonucu ortaya çıkan birim eski topografyaya bağlı olarak yüksek kotlarda gözükmektedir.

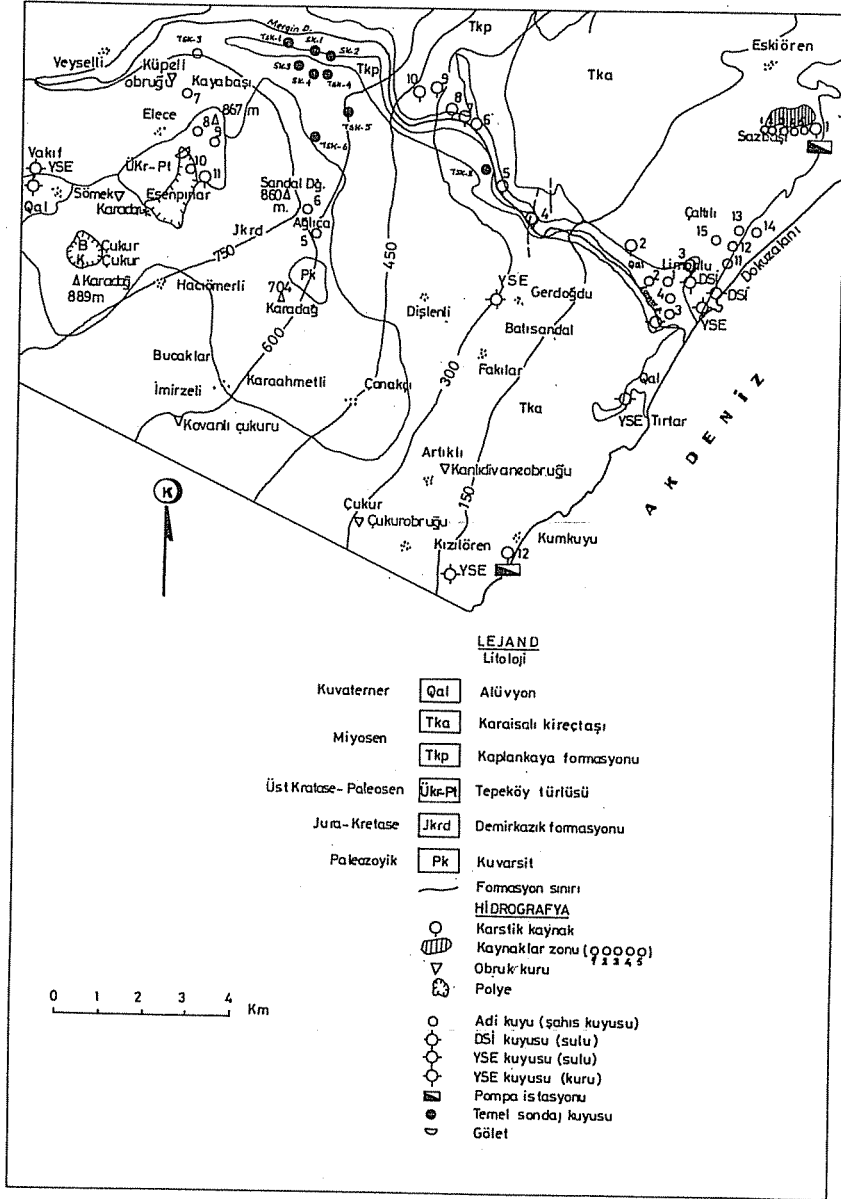
İnceleme alanındaki kuvarsitler yakın ve uzak havzalarda yapılan çalışmalarla denestirilmiştir. Yetiş ve Demirkol (1), "Adana Baseni batı kesiminin detay jeoloji etüdü" adlı çalışmalarında Devoniyen yaşlı Yerköprü formasyonu ve Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı formasyonu içerisinde kuvarsitlerin varlığından söz etmiştir. Gökten (2), "Silifke



Şekil.1. Yer bulduru haritası

Üst Sistem	Senezyoik Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Simgesi	LİTOLOJİ
	EVA TUNA			ALTYON	Qtz	Alt. Kum, çakıl
	Tersiyer	Miyosen		SARISALI KÇE.	Jka	Kireçtaşı: Kireçli kireçtaşı ve kireçsiz kireçtaşı. Çakıllı, çakıllı kumtaşı. Taşınmış kumtaşı. Çakıllı kumtaşı. Çakıllı kumtaşı.
	Üst Kretase			Demir-kazak Formasyonu	Jkrd	Kireçsiz kireçtaşı. Çakıllı kumtaşı. Çakıllı kumtaşı. Çakıllı kumtaşı. Çakıllı kumtaşı.
					Ükr - Pt	T. DOKANLIK
					Pt	Kuvvarsitli kumtaşı. Çakıllı kumtaşı. Çakıllı kumtaşı. Çakıllı kumtaşı.

Şekil. 2. Lamas havzası dolay stratigrafi kesiti



Şekil 3 : Çalışma alanı hidrojeoloji haritası

yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi adlı çalışmasında da Devoniyen yaşlı Karakitük formasyonu içerisinde kuvarsitlerden söz etmektedir.

Çalışma alanında gözüken kuvarsitlerin yaşı ise bu çalışmada stratigrafik konum itibariyle Paleozoyik olarak belirtilmesinin daha uygun olacağı kanısına varılmıştır.

2.2. Mesozoyik

2.2.1. Demirkazık Formasyonu (JKrd)

Paleozoyik yaşlı kuvarsitin üzerine acısal diskordansla gelen dolomitik kireçtaşı Yetiş (3) tarafından adlandırılmıştır.

Çalışma alanında Sandal Dağı (860 m) ve Karadağ (704 m) dolayında gözlenen Demirkazık formasyonu içerisinde yer alan dolomitik kireçtaşı; koyu gri, siyahımsı mavimsi renkte, sert, pis kokulu (H_2S ten dolayı), kırıldığı zaman keskin köşeler sunan, genellikle masif veya orta-kalın tabakalı, deformasyona uğramış kesimlerinde kiltası aratabakalı ve bu kesimlerde küçük ölçekli kıvrımlanmalı olarak göze çarpar. Çatlak ve kırık sistemleri gelişmiş olup, çatlaklarında kalsit ve aragonit kristallenmesi gözlenir. Karstlaşma, Karaisalı kireçtasındaki kadar yoğun olmamakla birlikte iyi gelişmiştir. Kit fosillidir.

Sahadaki dolomitik kireçtasını; Pampal (4), "Arslanköy-Tepeköy (Mersin) yöresinin jeolojisi" adlı çalışmasında "Çağlıoluktepe kireçtaşı" olarak adlandırılmış ve Jura-Kretase yaşını veren fosiller bulmuştur.

Yapılan saha çalışmaları sonucunda Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonunun bölgede otokton olduğu kanısına varılmıştır.

2.2.2. Tepeköy Türüsi (Ukr-Pt)

Pampal (4) tarafından adlandırılan bu birim çalışma alanında Esenpınar kasabasının kuzeyinde ve batısında gözlenen ve önceki çalışanlar tarafından Kızıldağ melanjı olarak adlandırılan ofiyolitli melanj; radyolarit, serpantin, kireçtaşı blokları (değişik yaşta) ve fliš özellikli çökeller (kumtaşı, silttaşı, kiltası) ile belirgindir. Demirkazık formasyonu üzerine bindirmelidir. Birimde makaslama ve parçalanma etkileri gözlenebilmektedir.

Serpantin; koyu yeşil renkli, özellikle hava ile temas eden kesimleri dağınık ve kırılkan yapıdadır. Radyolarit; kırmızı-mor-kahverenkli çok kırıklı ve serttir. Kil ara katkılıdır. Kireçtaşı blokları; melanj içerisinde değişik yaşta bulunmaktadır. Pampal (4), Arslanköy-Tepeköy dolayındaki çalışmasında melanj içerisindeki kireçtaşı bloklarının Permian, Triyas ve Jura-Kretase yaşında olduklarını belirtmiştir.

Sahadan alınan - örneklerin ince kesitlerinde fosile rastlanılmamıştır. Ancak Pampal (4)'ün yaptığı çalışmada Üst Kretase-Paleosen yaşını veren fosiller bulunmuştur.

2.3. Senozoyik

2.3.1. Kaplankaya Formasyonu (Tkp)

Bu birim çalışma alanında Lamas Vadisi boyunca izlenmektedir. Yetiş ve Demirkol (1), tarafından adlandırılan birim; sarımsı gri renkli, bol fosilli, alt seviyeleri daha killi olan ve üst seviyelere doğru kil oranının giderek yerini karbonata terkettiği bir görünüm sunar. Kaplankaya formasyonu; konglomera, marn, killi-kumlu kireçtaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı (küresel şekilde), silttaşından oluşmaktadır. Alt seviyeleri konglomera ile başlar. Kumtaşı arakatmanlı düzeylerinde ve killi-karbonatlı düzeylerinde lamellibrans, gastropod ve ekinidler bulunur. Kaplankaya formasyonu içerisindeki çakıl oranıyla karbonat oranı yersel ortam koşullarına bağlı olarak değişim gösterir.

Kaplankaya formasyonu, Miyosen denizi transgresyonunun tabanındaki sığ denizel özellikte bir birimdir. Üzerinde yer alan resifal özellikteki Karaisalı kireçtaşı ile yanal ve düşey geçişli olan Kaplankaya formasyonunda erime boşlukları özellikle üst seviyelerde göze çarpmaktadır.

Birim içerisinden alınan yıkama örneklerinde Alt Miyosen'in üst düzeyi (Burdigaliyen), resif gerisi, çok sığ hareketli bir ortamı karakterize eden fosiller bulunmuştur (Şafak, Ü., Çukurova Üniversitesi, 1989).

2.3.2. Karaisalı Kireçtaşı (Tka)

Çalışma alanında gözlenen en yaygın birimdir. Yetiş ve Demirkol (1) tarafından adlandırılan birim resifal özellikteki karbonatlardan oluşmaktadır. Beyaz, açık gri-bej renkli, bazen belirgin orta-kalın katmanlı, bazen masif, sert, keskin köşeli, karstik erime boşluklu, kırıklı, yer yer bol algli, mercanlı, gastropod, lamellibrans ve ekinidli, yer yer killi, çatlaklı kireçtaşından oluşmaktadır.

Karstlaşma en çok bu birimde gelişmiştir. Keskin vadiler ve tepeler sunar. Karstik oluşukların hemen tümünün gözlenebildiği birim yatay-yataya yakın tabakalı, 5-10° GD'ya eğimlidir. Yataya yakın tabakalaşmanın sağlamış olduğu avantajla karstik çöküntü ve dik şevlerin oluşması ile karakteristiktir. Çok tipik karst topografyası ve üst, kesimlerdeki masif, yığışmalar halindeki görünümü ile kolaylıkla ayırtlanabilmektedir. Eklem, çatlak ve kırık sistemleri iyi gelişmiştir.

Bu çalışmada Karaisalı kireçtaşının yaşı önceki araştırmacılar tarafından verilen Alt-Orta Miyosen olarak kabul edilmiştir.

2.3.3. Alüvyon ve Yamaç Molozu (Çal)

Alüvyon; sahada Limonlu kasabasının ve Erdemli kaynaklarının güneyinde gözlenir. Karstik ovalarda çöküntü sonucu oluşmuş derin olmayan alüvyon bir örtü vardır (Esenpınar Polyesinde olduğu gibi). Kum, çakıl, kil ve silt ile karakterize olan alüvyon sahada 5-10 m kalınlıktadır.

Yamaç molozu; sahada yer yer 15-20 m kalınlığına ulaşan yamaç molozu yerel oluşuktur.

3. Yapısal Jeoloji

Sahada kırık ve faylar iyi gelişmiştir. Ana kırık ve fay hatları kuzeydoğu-güneybatı ile bunu kesen kuzeybatı-güneydoğu doğrultuludur. Tabaka eğimleri Miyosen yaşlı formasyonlarda 5-10° GD'yu geçmezken, daha yaşlı birimlerde bu değer artmaktadır.

Üst Kretase-Paleosen yapılı Tepeköy türüsü sahada Jura-Kretase yaşlı Demirkazık formasyonu üzerinde bindirmelidir.

Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı kireçtaşında gelişen eklem sistemleri ve bunlar arasında özellikle dik-dike yakın gelişenleri karstik çöküntüleri kolaylaştırıcı etken olmuşlardır.

4. Hidroloji

Lamas Havzasının drenaj alanı 1500 km² dolayındadır. Havzayı karakterize eden yağışların değerleri, çalışma alanını da karakterize edecektir.

Lamas Havzası ve dolayısıyla çalışma alanını karakterize eden Güzeloluk (1400 m), Kirobası (1400 m), Alata-Erdemli (9 m) yağış gözlem istasyonlarının (1965-1980 yılları arasındaki 16 yıllık) ortalama yıllık yağış miktarı 730 mm'dir. Lamas Nehri üzerinde Sarıaydın (1962-1971) ve Kızılgeçit'te (1967 yılından beri

işletilmekte) olmak üzere iki adet akım gözlem istasyonu vardır. Ayrıca D.S.I. tarafından yürütülen "İçel-Gilindire arası karst hidrojeolojisi etüdü" içeriğinde Lamas Nehri üzerinde belirlenen aylık akım ölçümleri yaptırılmaktadır (Şekil 4). Kızılgöçit AGİ'na ait değerlere göre Lamas Nehrinin ortalama yıllık debisi $6.86 \text{ m}^3/\text{s}$, Sarıaydın AGİ'nunda ise $5.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir.

4.1. Kaynaklar

Çalışma alanında debisi 0.2 lt/s ile 2000 lt/s arasında değişen büyük ve küçük 12 adet kaynak bulunmaktadır.

1- Erdemli Kaynakları:

Zon şeklinde 5 farklı gözden çıkmaktadır (Şekil 3). Çalışma alanının en doğu kesiminde yer alan ve sahadaki en büyük kaynağı oluşturan Erdemli kaynaklarının beslenme alanı kuzeyinde yer alan Miyosen yaşlı Karaisalı kireçtaşıdır. Kaynaklar kireçtaşı-alüvyon kontakından çıkmakta olup belirli kırık sistemlerini izleyerek boşalmaktadır. Söz konusu yerde D.S.I. tarafından kurulan 3 adet pompa istasyonu vardır. Her bir pompanın terfi yüksekliği 50 m olup, 150 m kotuna kadar 800 lt/s kapasitede suyu basacak elektromotopomplara sahiptir.

Erdemli kaynakları geliştirilmeye uygun bir kaynaklar zonu oluşturmaktadır. Kaynakların akım yönü güneydoğuya (Akdeniz'e) doğrudur. İyi kalitede içme, sulama ve kullanma suyu özelliğine sahiptir.

2- Karasu Kaynağı:

Limonlu kasabasının hemen kuzeybatısında, Miyosen yaşlı Karaisalı kireçtaşında oluşan düşey bir kıraktan çıkan kaynağın (Nisan-Eylül 1989 dönemine ait) yedi aylık ortalama debisi 42 lt/s 'dir. Kaynak kotu 30 m 'dir.

3- Sülüklügöz Kaynağı:

Limonlu kasabasının 600-700 m doğusunda kalan Sülüklügöz bataklığı içerisinde yer almaktadır. Kireçtaşlarının alüvyona boşalımıyla oluşmaktadır. Debisi 15 lt/s dolayındadır.

4- Sarıpınar Kaynağı:

Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonuna ait killi kireçtaşı ve Karaisalı kireçtaşı dokanağından çıkmaktadır. Kotu 130 m'dir. Yerel bir kaynak olup, dinamitle patlatma yapılmak suretiyle birkaç lt/s olan önceki debisi 5-6 lt/s'ye çıkarılmıştır.

5- Ilıcakpınar Kaynağı:

Kaplankaya formasyonuna ait killi kireçtaşından çıkmaktadır. 0.2-0.3 lt/s, kotu 150 m'dir.

6- Dışpınar Kaynağı:

Kaynağın çıktığı litoloji killi kireçtaşı-kumtaşı-silttaşı olup, debisi 6 lt/s dolayındadır. Kotu 110 m'dir.

7- İçpınar Kaynağı:

Dışpınar kaynağının çıktığı litolojiye sahip kaynak, aynı sisteme bağlı diğer bir boşalım noktasını oluşturmaktadır. Kotu 110 m olup, debisi yaklaşık 7 lt/s dir.

8- Karapınar Kaynağı:

Killi kireçtaşından çıkan ve tahmini debisi 2 lt/s olan kaynak 190 m kotundadır.

9- Buladanlı Kaynağı:

Killi kireçtaşından çıkmaktadır. Kotu 290 m, debisi 1-2 lt/s dir.

10-Murtpınar Kaynağı:

Killi kireçtaşından çıkan, 0.1-0.2 lt/s debili, 350 m kotundaki kaynak, yerel bir kaynak özelliğindedir.

11-Esenpınar Kaynağı:

Üst Kretase-Paleosen yaşlı melanjdan çıkan kaynak 800 m kotunda olup, debisi yaklaşık 8-10 lt/s dir.

12-Kumkuyu Kaynağı:

Karaisalı kireçtaşının denize olan karstik boşalımının en güzel örneğini oluşturur. Yaklaşık kuzey-güney doğrultulu bir kırık hattını izleyerek deniz seviyesinin 0.50 m altından çıkan kaynaktan çekilen ortalama 200 lt/s su elektromotopomplar aracılığıyla 50-100 m kotlarındaki sulama kanallarına basılarak sulamada kullanılmaktadır.

4.2. Sondaj Kuyuları

Çalışma alanında 8 adet su sondaj kuyusu ve 10 adet temel sondaj kuyusu bulunmaktadır (Şekil 3). Temel sondaj kuyularının derinlikleri 25-278 m arasında değişmektedir. Temel sondaj kuyularının karot yüzdeleri karstlaşma nedeniyle düşük çıkmaktadır.

Su sondaj kuyularının derinlikleri 21-226 m arasında olup, aşağı (150 m) kotlarda açılan kuyular suludur. Ancak deniz suyu girişiminin söz konusu olduğu yerlerde tuzlanma mevcuttur. Ayrıca çalışma alanında şahıslar tarafından açılmış, derinlikleri 2.5-18 m arasında değişen 15 adet adi (kesen) sığ kuyu bulunmaktadır.

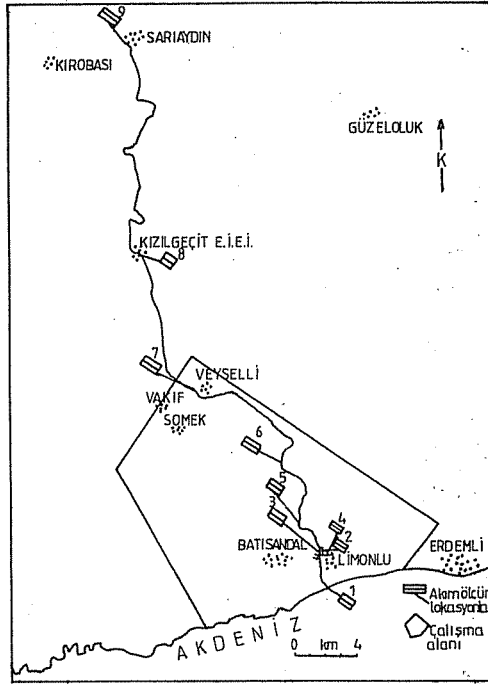
4.3. Denestirmeler ve Değerlendirmeler

a) Yağış-Akış İlişkisi

Çalışma alanını karakterize eden Güzeloluk, Kirobası ve Alata-Erdemli yağış gözlem istasyonlarının 1965-1980 yılları arasındaki yağış değerleri dikkate alınarak, Thiessen poligon yöntemiyle 1500 km² lik Lamas havzasını temsil etme yüzdeleri hesaplanmıştır. Buna göre Alata-Erdemli YGI % 13, Kirobası YGI % 21 ve Güzeloluk YGI % 66 oranında havzaya düşen yağışı temsil etmektedir. Çalışma alanı, bölge drenaj alanının bir parçasını oluşturduğuna göre söz konusu oranlar değişmeyecektir. Bulunan temsil yüzdelerine göre, alan ağırlıklı ortalama yağış (1965-1980 yılları arasında) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler ile Lamas nehri üzerinde yer alan Sarıaydın ve Kızılgeçit akım gözlem istasyonlarına ait akım değerleri (aylık toplam yağış ve aylık ortalama akım olarak) grafiksel olarak denestirilmiş ve sonuçta yağışın 4-5 aylık bir gecikme periyodu ile akışa geçtiği saptanmıştır. Ayrıca hesaplanan ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri grafiklendirilerek havzanın kurak ve yağışlı dönemleri belirlenmiştir (Şekil 5, 6).

Sarıaydın ve Kızılgeçit akım gözlem istasyonları arasında yapılan denestirme sonucu R (korelasyon katsayısı) 0.975 olarak bulunmuştur. Sarıaydın (1962-1971 arası) değerlere sahip olduğundan ve korelasyon katsayısının yüksek olması nedeniyle Sarıaydın AGİ değerlerini ileriye uzatmaya yarayacak $Q_{k,a} = 1.58 + 1.16 Q_{b,a}$ denklemi bulunmuştur. Anılan denklem yardımıyla bulunan Sarıaydın AGİ'nuna ait uzatılmış değerler ile Kızılgeçit AGİ'nuna ait akım değerleri (Şekil 7), kurak periyotta karşılaştırılmış ve iki istasyon arasındaki Lamas nehrine olan karstik boşalimleri (ki bu değer iki AGİ arasındaki baz akımların farkıdır) 1.7 m³/s olarak bulunmuştur.

D.S.I. tarafından yürütülen proje içeriğinde Nisan 1988 tarihinden itibaren Lamas nehri üzerinde belirlenen 7 noktada aylık akım ölçümleri mevcuttur. Ölçülen aylık akım değerleri

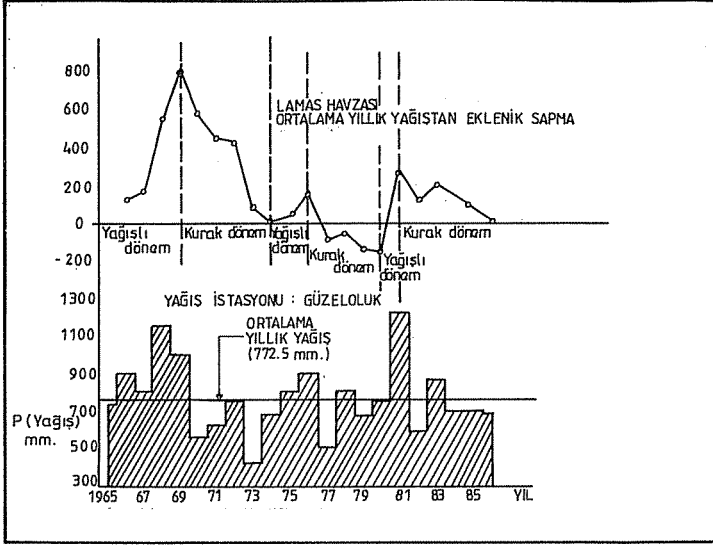


Sekil- 4 : Akım gözlem istasyonları yer bulduru haritası

Yağış İstasyonu : Güzeloluk

Rasat Yılları	Yıllık Yağış Değerleri	Ort.Yıllık Yağış	Ort. Yağıştan Sapma	Eklenik Sapma
1965	760.5	772.9	- 12.40	-12.40
1966	913.6		+ 140.70	+128.3
1967	816.8		+ 43.90	+172.2
1968	1155.8		+ 382.9	+ 555.30
1969	1006.4		+ 233.5	+ 788.6
1970	570.2		- 202.70	+ 585.9
1971	635.2		- 137.70	+ 448.2
1972	760.9		- 12.0	+ 436.2
1973	424.6		-348.3	+ 87.9
1974	690.3		- 82.6	+ 5.3
1975	806.8		+ 33.9	+ 39.2
1976	904.8		+131.9	+ 171.1
1977	514.9		-258.0	- 86.9
1978	813.6		+40.7	- 46.2
1979	679		-93.9	-140.1
1980	757.1		-15.8	-155.9
1981	1223		+ 450.1	+ 294.2
1982	593.7		-179.2	+ 115.0
1983	869.1		+ 96.2	+ 211.2
1984	706.1		- 66.8	+144.4
1985	701.1		- 65.8	+ 78.6
1986	693.9		- 79.0	-0.40

Sekil- 5 : Güzeloluk yağış istasyonuna ait ort. yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri.



Sekil-6:Güzeloluk yağış istasyonu yağış verilerinin ort.yıllık yağıştan eklenik sapma grafiği

AYLAR 1989 İstasyon	UZAKLIK km.	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
5-1	4+000	+0,792	+0,658	+0,492	+0,053	-0,078	-0,035		+0,035	+0,073
6-1	7+625	+1,123	+0,716	+0,235	+0,359	+0,169	+0,134		+0,143	+0,090
7-1	15+125	+2,504	+3,775	+2,237	+1,261	+2,000	+1,821		+1,687	+2,138
8-1	31+000	+2,385	+2,548	+1,324	+0,248	+1,291	+0,864			+0,723
9-1	53+750	+4,378	+4,563	+2,884	+1,655	+2,196	+2,054		+2,104	+2,465
6-5	3+625	+0,331	+0,058		+0,306	+0,247	+0,169	ÖLÇÜM YOK	+0,077	+0,017
7-5	11+125	+1,712	+3,117	+1,745	+1,208	+2,078	+1,856		+1,621	+2,065
8-5	27+250	+1,593	+1,890	+0,832	+0,195	+1,369	+0,899			+0,650
9-5	49+750	+3,586	+3,905	+2,392	+1,602	+2,274	+2,089		+2,038	+2,392
7-6	7+500	+1,381	+3,059	+2,002	+0,902	+1,831	+1,687		+1,544	+2,392
8-6	23+625	+1,262	+1,832	+1,089		+1,122	+0,730			+0,633
9-6	46+125	+3,255	+3,847	+2,649	+1,296	+2,027	+1,920		+1,961	+2,375
8-7	16+125	-0,119	-1,227	-0,913	-1,013	-0,709	-0,957			-1,415
9-7	38+625	+1,874	+0,788	+0,647	+0,394	+0,196	+0,233		+0,417	+0,327
9-8	22+500	+1,993	+2,015	+1,56	+1,407	+0,905	+1,190			+1,742

Sekil-7 :Lamas nehri üzerindeki AGİ'lerine ait aylık akımlar ve istasyonlar arasındaki farklara dayanılarak bulunan yeraltı suyu-nehir besleme / kayıp ilişkisi

karşılaştırılarak nehir-yeraltısuyu ve beslenme-kayıp ilişkileri araştırılmıştır (Şekil 8). Yedi aylık akım ölçüm değerlerine göre genellikle yeraltısuyunun Lamas nehrini beslediği, fakat 7 ve 8 nolu istasyonlar arasında ise durumun tersine olarak Lamas nehrinin yeraltısuyunu beslediği sonucuna varılmıştır (Şekil 4). Kızılgeçit AGI'nunun drenaj alanı $A=1055 \text{ km}^2$ dir. Havzaya düşen ortalama yağış $P=720 \text{ mm}$ ve ortalama yıllık akım $216.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ olduğuna göre akış katsayısı $R=Q/A \times P = 0,28$ 'dir. Yani yağışın % 28'i akışa geçebilmektedir. Bu da havzadaki karstlaşmanın ne derece yoğun olduğunun bir göstergesidir.

b) Yağış-Kaynak İlişkisi

Erdemli kaynaklarının akım değerleri ile Alata-Erdemli yağış istasyonuna ait yağış değerleri grafiksel olarak denestirilmiş ve yağışın 1 aylık normal gecikme ile akışa geçtiği belirlenmiştir (Şekil 9). Bunun da nedeni kaynakların beslenme alanının kaynaklara yakın olması ve sızılmeye olanak bulamadan ani akışa geçmesidir.

Erdemli kaynaklarının kaynak azalma eğrileri çizilerek kaynak değişim katsayısı, depolama hacmi, boşalım hacmi ve rezerv hacmi hesaplanmıştır. Kaynaklar, kırık ve çatlaklar boyunca beslenmektedir ve özellikle 4 nolu kaynak, geliştirilmeye uygundur. Aynı şekilde Karasu kaynağı için de kaynak azalım eğrisi çizilmiş ve ilgili parametreler hesaplanmıştır (Şekil 10,11,12,13).

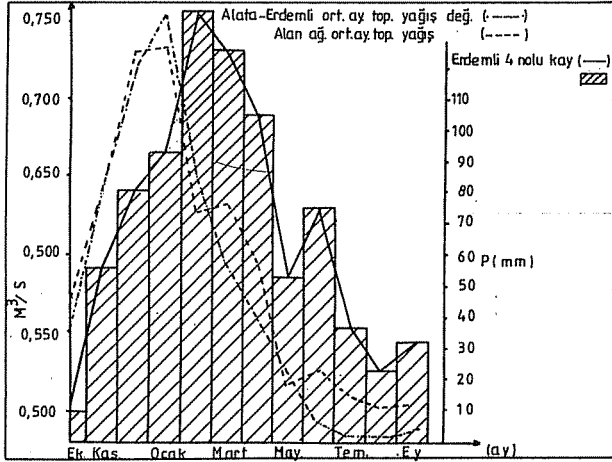
4.4. Karst Hidrojeolojisi

Çalışma alanında karstlaşma Karaisalı kireçtaşı ve Demirkazık formasyonuna ait dolomitik kireçtaşında gelişmiştir. Tektonik hareketler sonucunda oluşan kırılma ve faylanmalar kireçtaşında boşluklu bir yapının oluşmasına yol açmıştır. Söz konusu zayıf zonlar (kırık ve faylar) boyunca hareket eden yeraltısuyunun fiziksel ve kimyasal aşındırması sonucu erime boşlukları gelişerek, kireçtaşları karstik bir yapı kazanmıştır. Miyosen yaşlı Karaisalı kireçtaşındaki karstlaşma, Jura-Kretase yaşlı dolomitik

YILLAR	SARIAYDIN			KIZILGEÇİT			Kızılgeçit - Sarıaydın Baz Akım farkı	
	Baz Akım x 10 ⁶	Toplam Akım x 10 ⁶	Yüzey Akım x 10 ⁶	Baz Akım x 10 ⁶	Toplam Akım x 10 ⁶	Yüzey Akım x 10 ⁶	x 10 ⁶ m ³ /sn)	
1962	93,3	129,7	36,4					
1963	103,7	185,3	81,6					
1964	62,2	79,69	17,49					
1965	72,5	142,7	70,2					
1966	95,9	155,9	60					
1967	108,9	169,4	60,5	176,2	232,7	56,5	67,3	2,13
1968	119,2	223,4	104,2	212,5	2,90	77,5	93,3	2,96
1969	152,9	300,4	147,5	269,5	426,2	156,7	116,6	3,69
1970	134,8	178,7	43,9	233,3	2,70	36,7	98,5	3,12
1971	103,7	142,1	38,4	165,9	206,1	40,2	62,2	1,97
1972				134,8	179	44,2		
1973				88,1	104,7	16,6		
1974	112			72,5	87,59	15,09	53,3	1,69
1975				114	231,8	117,8		
1976				139,9	201,2	61,3		
1977				145,1	187,9	42,8		
1978				150,3	220,3	70		
1979				139,9		174,3	34,4	
1980				160,7	221,2	60,5		
1981				186,6	315,3	128,7		
1982				165,9	209,9	44		
1983				139,9	184,5	44,6		
1984				150,3	154,6	4,3		
ORT	104,71	170,73	66,02	15,8	216,5	58,5	53,3	1,69

* İleriye uzatma ile bulundu. $Q_{KG} = 1,58 + 1,16 Q_{SA}$

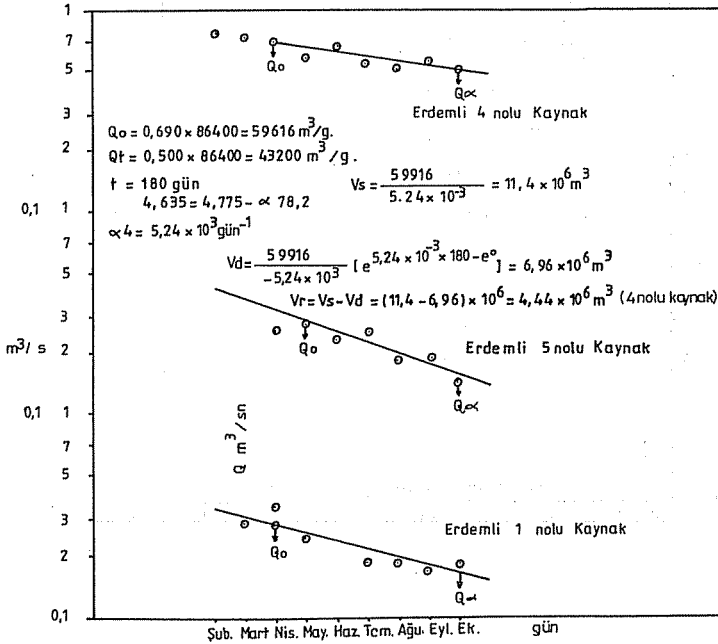
Şekil 8 : Sarıaydın ve Kızılgeçit AGİ'ne ait baz akım ve yüzey akım verileri.



Şekil 9: Erdemli 4 nolu kaynak akım verileri ile Alata-Erdemli yağış istasyonu yağış verilerinin denaştırılması.

YILLAR	Erdemli 1 nolu Kaynağı			Erdemli 5 nolu Kaynağı			Erdemli 4 nolu Kaynağı		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1971	0.397	0.108	0.178	0.389	0.168	0.263	1.147	0.531	0.690
1972	0.230	0.116	0.175	0.383	0.230	0.277	0.688	0.484	0.566
1973	0.531	0.035	0.126	0.286	0.041	0.139	0.598	0.159	0.323
1974	0.283	0.050	0.200	0.259	0.033	0.113	0.738	0.256	0.489
1975	0.361	0.083	0.231	0.819	0.150	0.303	1.057	0.294	0.697
1976	0.327	0.146	0.223	0.276	0.095	0.169	0.751	0.524	0.652
1977	0.329	0.165	0.240	0.231	0.220	0.129	0.726	0.456	0.572
1978	0.489	0.206	0.318	1.554	0.085	0.333	0.806	0.512	0.652
1979	0.574	0.161	0.295	0.270	0.054	0.157	0.877	0.450	0.623
1980	0.504	0.347	0.398	0.595	0.186	0.296	0.856	0.599	0.698
1981	0.977	0.203	0.456	0.694	0.198	0.384	1.352	0.508	0.763
ORT.	0.455	0.147	0.258	0.523	0.133	0.233	0.872	0.434	0.611
$V=100 \times \frac{a-b}{c}$	119			167			72		

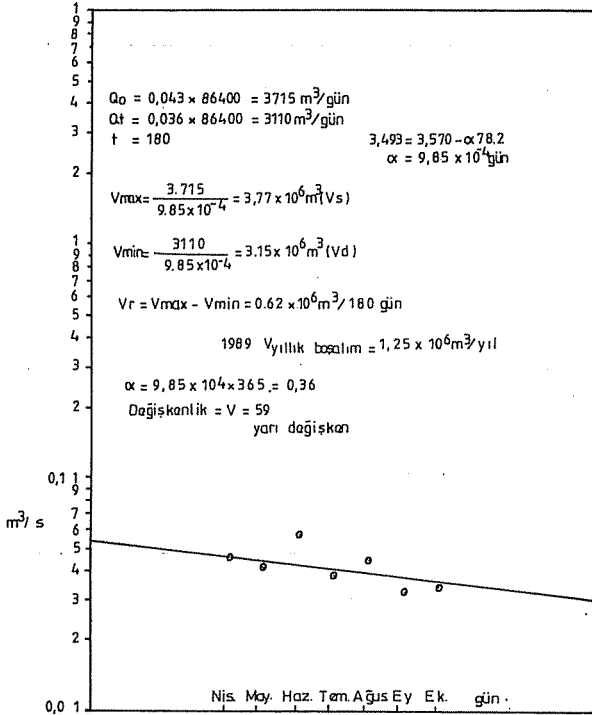
DEĞİŞKEN DEĞİŞKEN YARI DEĞİŞKEN
Şekil 10 : Erdemli kaynaklarına ait "değişkenlik" parametresinin hesabı.



Şekil 11: Erdemli kaynakları kaynak azalımı eğrileri.

Kaynak Adı	α (gün-1) $\times 10^{-3}$	α / yıl	V max (Vs) $10^6 m^3$	V min (Vd) $10^6 m^3$	Vmax-Vmin (Vr) $10^6 m^3$	V yıllık	Kaynak Değişim (V)
ERDEMLİ 1 NOLU KAYNAK	3.13	1.14	8.0	4.55	3.45	6.99	119 (Değişken)
ERDEMLİ 4 NOLU KAYNAK	5.24	1.91	11.4	8.24	3.16	6.40	72 (Yarı değişken)
ERDEMLİ 5 NOLU KAYNAK	4.2	1.53	5.9	3.2	2.7	6.57	167 (Değişken)
KARASU KAYNAĞI	9.85	0.36	3.77	3.15	0.62	1.25	59 (Yarı değişken)

Şekil-12 : Erdemli kaynakları ve karasu kaynağına ait bazı parametreler



Şekil-13: Karasu kaynağı kaynak azalım eğrisi ve hesaplamalar

kireçtaşındakine oranla daha fazladır. Dolomitik kireçtaşının yer yer kiltası ara katmanlı oluşu karstik oluşukların sınırlı gelişmesine yol açmıştır. Esenpınar kasabasının batısında yer alan Karaobruk ve Sömek köyünün güneyindeki Büyük Çukur, Küçük Çukur polyeleri dolomitik kireçtaşı içerisinde gelişen başlıca karstik oluşuklardır. Miyosen yaşlı Karaisalı kireçtaşında karren, düden, dolin ve polyeler iyi gelişmiştir. Bunlar arasında Kovanlı, Küpeli, Çukur, Kanlıdivane obrukları en göze çarpanlarıdır. Limonlu kasabasının 1 km kadar kuzeydoğusunda Karaisalı kireçtaşında gelişen ve içerisinde yeraltısuyu akışının gözlenebildiği (kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda gelişen) sulu bir mağara bulunmaktadır.

Karstlaşma derinliği ortalama 250 m dolayındadır. Ancak bu değer Karaisalı kireçtaşı ile yanal ve düşey geçişli Kaplankaya formasyonuna ait killi kireçtaşı-marn düzeyleri ile kontrollüdür. Çalışma alanındaki karst tipi holokarst özelliğinde olup, karstik şekiller iyi gelişmiştir.

Karstlaşma derinliğinin fazla olması nedeniyle yeraltısuyunun dolaşımı aşağı kotlarda olmaktadır. Kıyıya yakın yerlerde açılan kuyular verimli çıkmakta ve kıyı boyunca büyük karstik boşalimler gözlenebilmektedir. Ancak denizsuyu girişimi bu kuyuları tehdit etmektedir. Yeraltısuyu verimliliğinin yüksek olduğu Dokuzalanı mevkiğinde ortaya çıkan killi kireçtaşı-marn düzeyleri yeraltısuyunun boşalmasını sağlayan bir bariyer görevini üstlenmektedir.

Karstik akiferler diğer akiferlerden daha farklı bir hidrolik yapıya sahip olduğu için bilinen bir kısım yöntemlerle bulunan hidrolik parametreler, bu tür akiferler için geçerli olmayacaktır.

4.5. Kaynakların Geliştirilmesi

Erdemli kaynaklarında 1,4,5 (Şekil 3) nolu kaynaklar için kaynak azalım eğrileri çizilerek, kaynak azalım katsayısı, depolama kapasitesi, boşalan su miktarı ve kalan su miktarları

hesaplanmıştır. Akım, eklem ve çatlaklar boyunca gelişmektedir. Özellikle 4 nolu kaynak geliştirilmeye çok uygun olup, kaynak değişim katsayısı 72'dir (yarı değişken kaynak Şekil 12).

Lamas nehri sol sahilinde kırık hattından çıkan Karasu kaynağının değişkenlik katsayısı 59 olup, yarı değişken kaynak sınıfına girmektedir.

4.6. Su Kimyası

Çalışma alanındaki kaynaklardan, sondaj kuyularından ve Lamas nehrinden alınan su örneklerinin kimyasal analizleri D.S.f. Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'nde yaptırılmıştır. Analiz sonuçları Schoeller diyagramı, üçgen diyagram, A.B.D. tuzluluk diyagramı, Langelier kalsiyum denge diyagramı ve Wilcox diyagramı üzerinde değerlendirilmiştir.

Kaynak sularının sertliği genellikle 24.5-33.5 Fs°, elektriksel kondüktivitesi EC=377-984 mikromho/cm², pH'ı 7.2-8.8 arasında değişmektedir. Sulama suyu sınıfı genelde C₂S₁ olup, Kumkuyu deniz kaynağı (12 nolu kaynak) C₂S₁ sınıfına girmektedir. Kaynak suları kalsiyum, magnezyum bikarbonatlı sularlardır. Langelier kalsiyum denge diyagramına göre kireçlendirici özelliktedirler.

Lamas nehrinin menba ve mansabından alınan örnekler karşılaştırılmış ve mansaptaki değerlerin biraz daha düşük olduğu gözlenmiştir. Mansapta; pH'ı 7.9, sertliği Fs°= 15, elektriksel kondüktivitesi EC=300 mikromho/cm² iken menbada; pH'ı 7.95, sertliği Fs°= 18, elektriksel kondüktivitesi EC=305 mikromho/cm² olmaktadır. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlı sular sınıfına girmekte, sulama suyu kalitesi C₂S₁ sınıfındadır. Langelier kalsiyum denge diyagramına göre mansapta nötr, menbada kireçlendirici özelliktedir.

Sondaj kuyuları ve şahıs kuyularından alınan su örneklerinin pH'ı 7.06-8.1, sertliği Fs° = 26-47.5, elektriksel kondüktivitesi EC= 480-832 mikromho/cm² arasında değismektedir. Sulama suyu sınıfı, genelde C_2S_1 olup (Ağlıca-Murtlukuyu C_2S_1) kalsiyum, magnezyum bikarbonatlı, sülfatlı sular sınıfında yer almaktadır. Langelier kalsiyum denge diyagramına göre kireçlendirici özelliktedirler.

Su kimyasına ait örnek diyagramlar Şekil 14,15,16,17,18'de verilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

1- 1/25.000 ölçekli Silifke 032-d₃-d₄-c₄ paftaları kullanılarak 200 km² lik alanın hidrojeoloji haritası hazırlanmış ve Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler ayırtlanmıştır.

2- Hidrojeoloji haritasına farklı litolojiler, sondaj kuyuları, karstik oluşuklar, kaynaklar işlenmiştir.

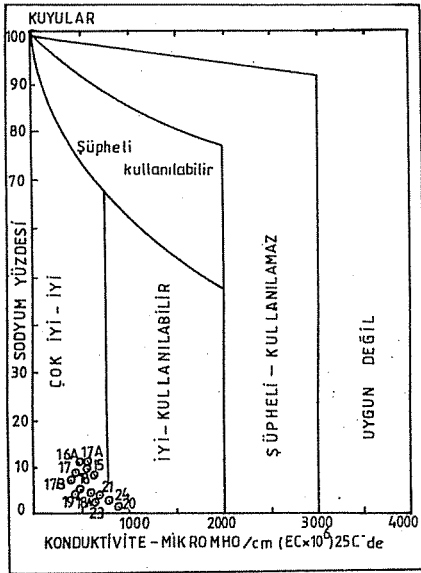
3- Çalışma alanındaki tektonik elemanlar ile yeraltısuyunun boşalımı arasındaki ilişki araştırılmış, boşalımın güneydoğuya (Akdeniz'e) doğru olduğu saptanmıştır.

4- Yağıs-akış ilişkisi analiz edilerek, sahaya düşen yağısın 4-5 aylık gecikme ile akışa geçtiği, akış katsayısının 0.28 olduğu ve dolayısıyla yoğun bir karstlaşmanın varlığı anlaşılmıştır.

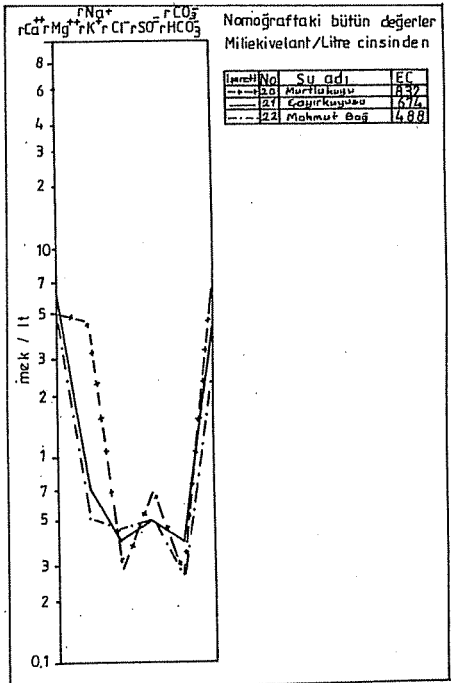
5- Yapılan çalışmada, yeraltısuyunun Lamas nehrini beslediği gözlenmiştir. Akım ölçüm noktalarından alınan değerler irdelendiğinde, sadece Kızılgeçit ile (8 nolu istasyon) Eşekköprüsü (7 nolu istasyon) arasında Lamas nehrinin akiferi beslediği, diğer ölçüm kesitlerinde ise akiferin Lamas nehrini beslediği anlaşılmaktadır.

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin alındığı tarih	PH	EC $\times 10^{-2} 25^{\circ}C$	KATYONLAR me / lt				ANYONLAR me / lt				Sodyum SAO SAR	Suyun sınıfı	Sertlik F _s	Nitrif	Amonyak Organik maddeler mg/l ₂ /lt	Düşünceler		
					Na+	K+	Ca++	Mg++	CO ₃ ⁱⁱ	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁱⁱ							Toplam	
18	Ali Cadun (Limonlu)	20.12.1988	7.5	604	0.69	0.04	5.1	0.9	0	5.3	0.9	0.26	10.25	0.4	C ₂ S ₁	30	YOK	YOK	0.32	İçilir
18 A	" " "	16.6.1989	7.7	674	0.55	0.03	2.8	3.4	0	5.6	0.8	0.23	4.82	0.17	C ₂ S ₁	27.5	"	"	0.48	"
19	Yağınlar (Limonlu)	13.12.1988	7.9	480	0.36	0.02	4.1	1.3	0	4.8	0.6	0.29	6.23	0.22	C ₂ S ₁	27	"	"	"	"
20	Ağlıca Murtkuyu	19.12.1988	7.9	832	0.26	0.01	4.9	4.6	0.4	8.2	0.7	0.23	2.66	0.12	C ₂ S ₁	47.5	"	"	0.8	"
21	Çayırkuyusu Esenpınar	23.12.1988	7.28	674	0.35	0.03	6.3	0.7	0	6.4	0.5	0.38	4.74	0.19	C ₂ S ₁	35	"	"	0.56	İçilebilir
22	Mahmutbağ Esenpınar	23.12.1988	7.4	488	0.42	0.03	4.9	0.5	0.4	5.0	0.5	0.26	7.16	0.26	C ₂ S ₁	27	"	"	0.24	İçilir
23	Olukkuyu Esenpınar	23.12.1988	7.06	648	0.3	0.03	0.6	6.4	0.5	0.5	0.21	3.87	0.16	C ₂ S ₁	37	"	"	1.04	İçilebilir	
24	Karakuyu (Ağlıca)	21.2.1988	7.72	761	0.32	0.02	4.8	3.04	0	6.7	0.7	0.46	3.93	0.16	C ₂ S ₁	39	"	"	0.32	"

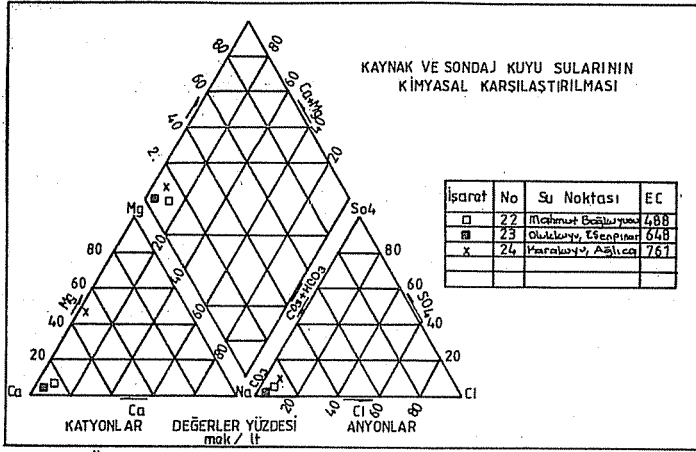
Şekil 14: Sığ kuyularının kimyasal analizleri.



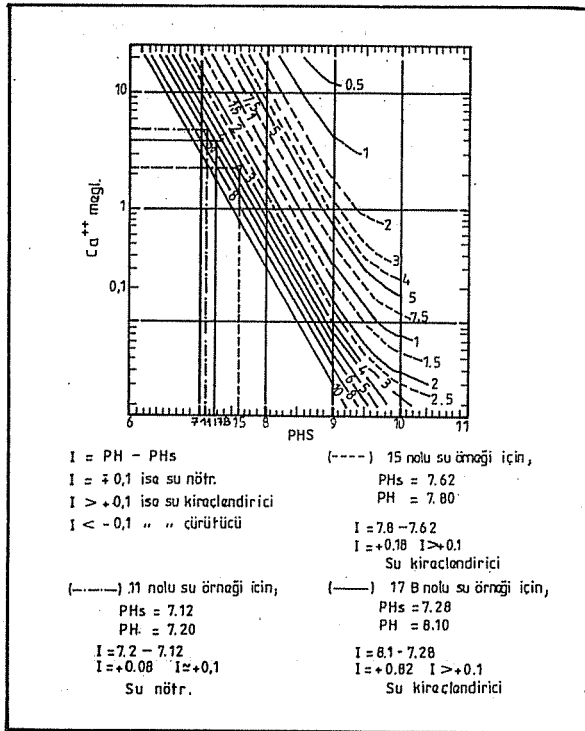
Şekil 15: Witcox diyagramı.



Şekil 16: Schoeller diyagramı.



Şekil-17: Üçgen diyagram.



Şekil-18: Langeier kalsiyum denge diyagramı.

6- Kaynak akımları incelenerek geliştirilmeye uygun kaynak olup olmadığı araştırılmış ve Erdemli 4 nolu kaynağı geliştirilmeye uygun görülmüştür.

7- Sahadaki karstik oluşuklar ayırtedilmiş ve karst tipinin Holokarst özelliğinde olduğu saptanmıştır.

8- Kaynak, akarsu ve sondaj kuyularının su kalitesi araştırılmış ve genelde suların kalsiyum, magnezyum bikarbonatlı, sertliği 15-33 Fs° arasında değişen, CaSı sınıfında, kireclendirici özellikte olduğu belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

1- Yeraltısuyu açısından Dokuzalanı mevki dolay olumludur.

2- Üst kotlarda açılacak sondaj kuyularının derinlikleri Miyosen yaşlı Karaisalı kireçtaşında askıda kalmayacak ve işletmeye uygun derinlikte olacak şekilde düşünülmelidir.

3- 4 nolu Erdemli kaynağının geliştirilmesiyle artan gereksinime yanıt verebilme olanakları araştırılmalıdır.

4- Kumkuyu pompa istasyonu deniz kotunun 0.50 m altında çıkan bir kaynaktan suyu çekmektedir. Özellikle yeraltısuyunun düşük olduğu kurak dönemlerde (Mayıs-Ekim arası) söz konusu çekimin düşük tutulması gerekir. Çünkü bu dönemde kaynak aşırı çekim nedeniyle tuzlanabilir.

5- Çalışma alanının güneydoğusundaki kıyı uzantısını da içine almak üzere, Erdemli-Silifke arasındaki kıyı boşalmalarının ayrıntılı bir şekilde araştırılması ve tatlı su akımının en yoğun olduğu yerlerde özel araştırmalar (izotop, boya deneyleri v.b.) yapılması yararlıdır.

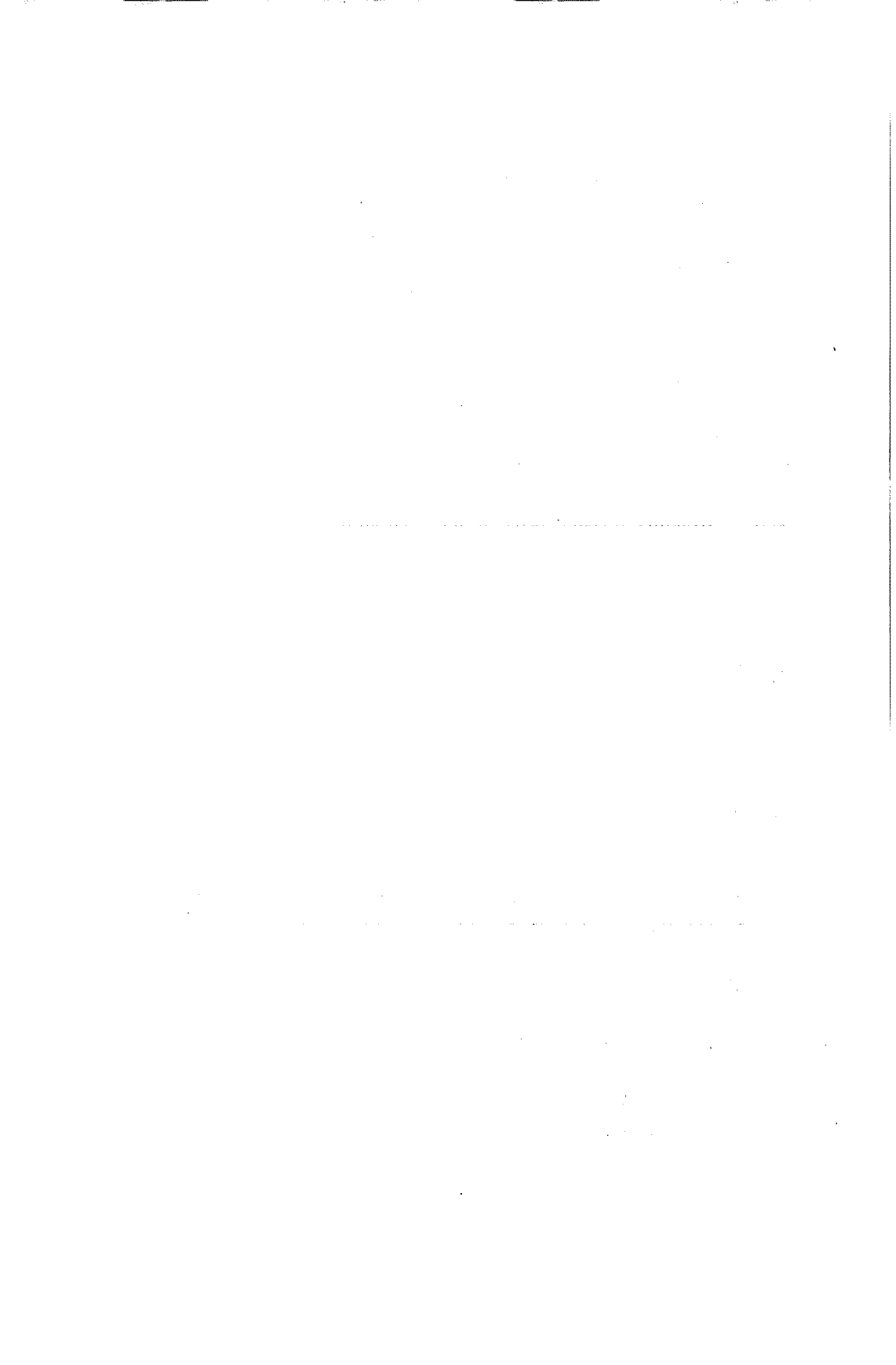
6- Karstik sahalarda açılan sondaj kuyularında yeraltısuyuna rastlanılması oldukça güç ve sorunludur. Bu nedenle, sondaj yerleri belirlenirken ayrıntılı bir çevre jeolojisi ve tektoniğini aydınlatacak çalışmalara gereksinim vardır. Çünkü çok kırıklı ve erime boşluklu kireçtaşında yeraltısuyu statik değil, dinamiktir.

7- Lamas sağ sahilde 320 m kotunda açılan Batı Sandal YSE kuyusu (160 m) kuru çıkmıştır. Araştırmalarda da sağ sahilde herhangi bir boşalığa (kaynak şeklinde) rastlanılmamıştır. Küçük kaynaklar şeklinde olan boşalıklar sol sahildedir. Ayrıca, yine sol sahilde kalan Dokuzalanı mevkiğinde yapılan incelemelerde oldukça verimli kuyular gözlenmiştir. Söz konusu nedenle araştırmaların sol sahilde yoğunlaştırılması daha yararlı olacaktır.

8- Sahadaki en önemli akarsu olan Lamas nehrinin büyük bir bölümü yeraltısuyu boşalımıyla oluşmaktadır. En düşük boşalımı Kızılgöçit'te $1.99 \text{ m}^3/\text{s}$ (Eylül 1973) olan Lamas nehri, denize boşalmaktadır. Böyle bir potansiyelden mümkün olduğu ölçüde yararlanmak için ayrıntılı araştırmalara gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

- (1) Yetiş, C., Demirkol, C., Adana Baseni batı kesiminin detay jeoloji etüdü, M.T.A., 8037, 14-83, 1986 (yayınlanmamış).
- (2) Gökten, E., Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi, T.J.K. Bilt., 19/2, 117-126, 1976.
- (3) Yetiş, C., Çamardı (Niğde) yakın ve uzak dolayının jeoloji incelemesi ve Ecemiş yarılım kuşağının Maden Boğazı-Kamışlı arasındaki özellikleri, I.Ü.Fen Fak., 164, 1978.
- (4) Pampal, S., Arslanköy-Tepeköy (Mersin) yöresinin jeolojisi, S.Ü. Fen-Edebiyat Fak. Fen Dergisi, 3, 247-254, 1984.



**ANTAKYA-ARSUZ(HATAY) ARASINDA GÖRÜLEN KROMİT CEVHERLEŞMELERİNİN
METALOGENEZİ VE JEOKİMYASI**

Mesut ANIL(*)
Ergül YAŞAR(*)

ÖZET

Kızıldağ Ophiolitinde yer alan ve Arsuz-Antakya arasında yüzeyleyen kromit cevherleşmelerinin tamamı podiform tipte olup, damar, adese, cep ve bandlı tipte yataklanmalar gözlenir. Cevher tiplerinden kompakt(masif), nodüler ve saçınımlı kromitlerin yaygın olarak görüldüğü bu bölgede, bazende dunitik bandlarla ardalansalı kromitlere rastlanır.

Bu değişik tipteki kromit cevherlerinden alınan örneklerin mikroprop analizi yapılmış ve bu analizler baz alınarak inceleme alanındaki kromit cevherleşmesinin jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bilgisayar paket programları sayesinde de kromit spinellerinde yeralan başlıca elementlerden Cr, Al, Fe₃, Fe₂, Mg 'un katyonik değerleri ve kendi aralarındaki rasyo değerleri saptanmıştır. Aynı değerler kullanılarak birim hücre boyutları da belirlenmiştir.

**THE METALLOGENY AND GEOCHEMISTRY OF CHROMITE MINING
SEEN BETWEEN ANTAKYA AND ARSUZ.**

ABSTRACT

The whole chromite mining in the Kızıldağ ophiolites, where out crop around Arsuz- Antakya area, is in podiform type and can be seen as veins, lenses, pockets and banded forms. The common mineralization type of chromites are massive, nodular and disseminated. In addition, alternation of banded dunite in chromites are seen.

The geochemical properties of these chromite mineralizations have been determined by making microprobe analyses from different

(*) Ç.Ü. Müh-Mim.Fak. Jeoloji Müh. Böl., Adana

type of chromite samples collected from the investigated area. Cationic value and ratio of Cr, Al, Fe₃, Fe₂, Mg elements in chromite spinels have been identified by using the packet computer programme. Also, cell unit dimensions have been determined by means of same values.

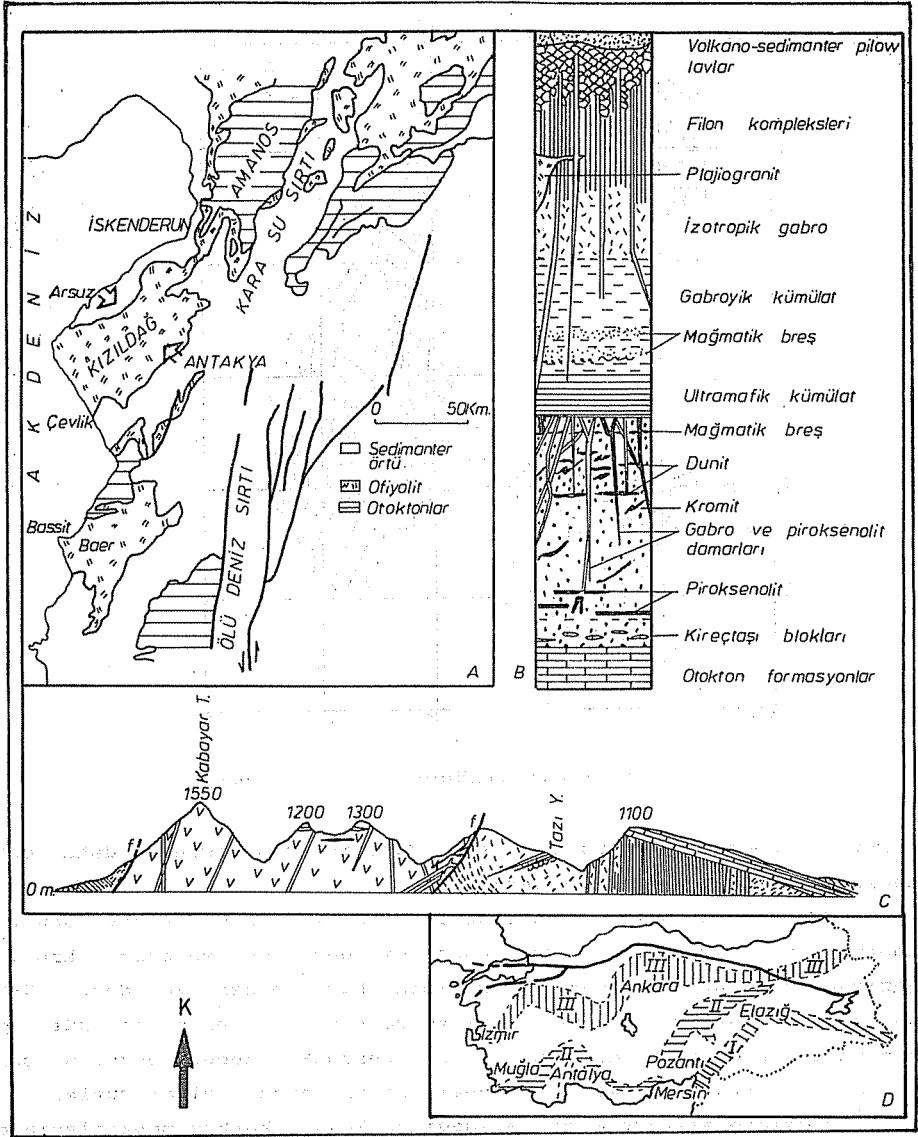
1. GİRİŞ:

Doğu Akdeniz Bölgesi Hatay ili sınırları içinde yer alan cevherleşme alanları Kızıldağ ofiyoliti içinde bulunur (Şekil 1). Bilindiği gibi bu masif Türkiye genelinde Peri-Arap veya Güney Ofiyolit kuşağı içindedir. Gerek bölgenin genel jeolojisi ve gerekse cevherleşmenin yer aldığı ofiyolit masifinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri ayrı makale (1)'de yayınlandığı için burada tekrar edilmemiştir.

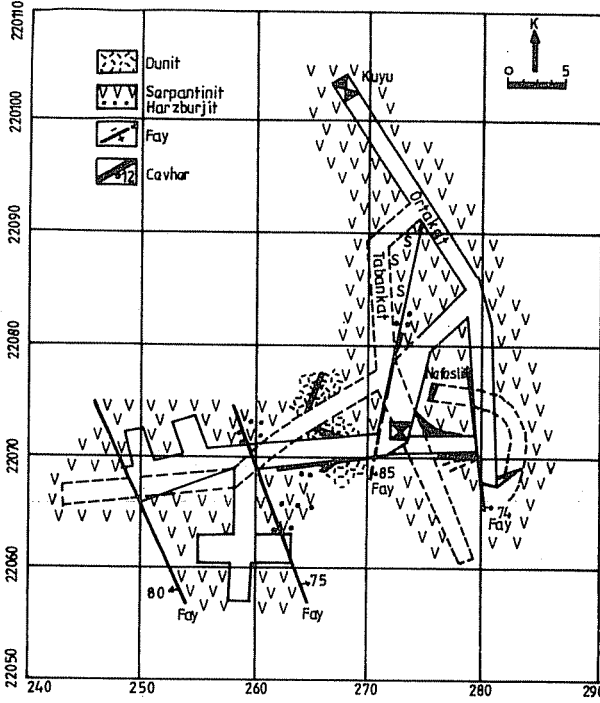
İnceleme alanında toplam olarak 50'ye yakın kromit zuhuru bulunmaktadır. Bunlar genellikle dunitik bir zarfla çevrili olup, harzburjitik tektonitler içinde yataklanmışlardır. Bir çoğu teknik ve piyasa koşullarından çalıştırılamayan kromit ocaklarından 7 tanesi çalışır durumdadır. Bu ocakların en büyüğü Sarıgöl krom ocağıdır. Galeri ve kuyu metoduyla işletme yapılan bu cevher zonunda adese, damar ve cepler şeklinde yataklanmalar gözlenir. Burada görülen K-G doğrultulu bir çok fay içinde de kromit cevheri bulunmaktadır. Cevher kütlelerinin yarısına yakın bir kısmı K30B doğrultulu ve 80° GB eğimli ters bir fayla yukarıya atılmış olup, ocağın bulunması ve ilk işletme faaliyeti bu sayede gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Alt kotlarda ise bir dolerit-diyabaz daykının cevher kütlesi dahil tüm plütonik birliği kestiği görülmüştür.

Kurtocağı 1988 arazi mevsiminde sürdürülen arama faaliyetleri sonunda bulunmuş olan cevher zonunda yer alır. Cevher kalınlığı 0.25-1.5 m. arasında değişen ve K70D doğrultulu, 40 KB eğimli fay bloğu boyunca oluşmuş bir damar şeklindedir.

Üzerinde kapalı işletme yapılan diğer bir cevher zonu olan Sazakpınarı Sarıgöl'den sonra inceleme alanının en önemli krom ocağını oluşturur. Halen bu ocak yakınlarında görülen bir çok kromit mostrasında arama faaliyetleri sürdürülmektedir. Burada cevher bandlarının genel uzanımı K60D yönünde olup 28 GD meyillidir.



Şekil 1: Kızılirmak Ofiyolitinin Basitleştirilmiş jeoloji haritası (A), sentetik logu (B) Kıyı şeridine paralel doğrultuda Hatay Ofiyolitini kateden jeolojik kesit (C) (2) ve Türkiye'deki başlıca ofiyolit kuşakları (3).



Şekil 2 : Sarıgöl kromit ocağının Jeolojik açılımı.

Aşırı derecede serpantinleşmiş dunitik zon içinde daha çok saçınımlı kromit cevheri izlenir.

Gökmustafa Tepesi mevkiinde işletme yapılan diğer bir ocakta Çomruk krom ocağıdır. Bu zonda da daha çok saçınımlı kromit gözlenmekte olup, eskiden terkedilmiş bir cevher zonedir. K-G doğrultulu faylar boyunca 3 ayrı yerde mostra veren cevher kütleleri ara faylarla da atılmış durumdadır. Buradaki küçük boyutlu çok sayıda mostra aramalar için önemli bilgi kaynağı oluşturmaktadır.

İnceleme alanında ayrıca Aşağı ve Yukarı Zorkun mevkiilerinde özellikle 1950-1960 yılları arasında aralıklarla çalıştırılmış krom ocakları bulunmaktadır. Yine bir süre çalıştırılarak terkedilmiş lıca, Gümüşoçuk ve Karanlıkboğaz ocakları krom piyasasının düzelmesiyle yeniden önem kazanmışlar ise de, galerilerde meydana gelen göçükler ve su birikintileri nedeniyle henüz değerlendirilememişlerdir. Ancak 3213 sayılı maden yasasının geçici maddelerine göre ihale edilmiş ruhsat sahaları bu bölge

içinde yer almaktadır.

Başlıca Cevher Tipleri ve Genel Özellikleri

Bölgede başlıca beş tip kromit cevheri görülür. Bunlar kompakt veya masif, nodüler, saçınımlı, bandlı ve karışık cevher tipleridir. Bu tiplerden en yaygın olanı kompakt cevherdir. Nodüler cevhere daha az oranlarda rastlanırken, zengin zonlarla steril zonlar arasında bir geçiş oluşturan saçınımlı cevher hemen her ocakta görülür. Bandlı cevher ise özellikle dünitik zonlarda olivinin hakim olduğu steril bandlarla aralanmalı olarak gözlenirler. Bunlar ekonomik olarak önemli değilse de, cevher aramalarında birer röper oluştururlar.

Değişik tip cevher örneklerinden hazırlanan kesitler gerek polarizan ve gerekse maden mikroskoplarında incelenerek, bir taraftan cevherin ana kayaç içindeki dağılımı, diğer taraftan da kromit kristallerinin iç yapıları belirlenmiştir.

Kristal konturları çoğu kez açıkça belli olmayan kompakt kromitlerde bazen tektonik olaylardan kaynaklanmış belirgin bir yönelme izlenir. Bu gibi kesitlerde gangı oluşturan olivinin büyük oranda serpantinleşmesi sonunda kromit kristallerinin hareketlendiği ve serpantin gangıyla belli bir doğrultuda yataklanmış olduğu anlaşılmaktadır (Levha 1, şekil 1). Genellikle hafif bir yönelme gösteren kromit kristalleri bazen kataklastik durumda parçalanarak, birbirini dik veya dike yakın kesen en az iki kırık şebekesi oluştururlar (Levha 1, şekil 2). Bu kırıklar genellikle serpantinleşme sırasında ortaya çıkan demir oksit tarafından doldurulmuş olup, daha sonra bunların manyetitleştiği anlaşılmaktadır.

Hatay ofiyolitinin karakteristik cevher tipi olan nodüler kromit inceleme alanında da yaygın olarak gözlenir. Nodüller ortalama 2,5x1,5 cm. ve altındaki boyutlardaki elipsoidler şeklindedirler. Çoğu yataklanma yönünde hafifçe yassılaştırmıştır. Bazen tektonizma nedeniyle kırılarak köşelenmiş nodüller de görülmektedir (Levha 1, şekil 3). Nodüler kromit içindeki nodülüslerin iç yapılarını incelemek amacıyla küçük büyütme özel mercekler kullanılarak fotoğrafları çekilmiştir. incelenen birçok nodülüsün iç yapılarının da oldukça kırık ve çatlaklar içerdiği ve yoğun tektonik olaylar sonucunda değişik boyutlu süreksizlikler

gösterdiği anlaşılmaktadır (Levha 1, şekil 4). İncelenen nodüllerde dandiritik iç yapıya rastlanmamıştır.

Saçınımlı kromitler de oldukça sık rastlanan cevher tiplerindedir. Tamamen serpantinleşmiş olivin gangi içinde önceki iki tipe göre genellikle daha küçük boyutlu (0,2-0,7 mm) ve çok kere öz ve yarıöz şekillidirler (Levha 1, şekil 5). Kompakt ve nodüler kromitlere göre daha az deforme olduklarından genellikle tek kırık şebekesi gösterirler.

Tabakalı veya bantlı cevher tipi hemen her ocakta görülmekte olup, kromitce zengin bantlarla, olivinin hakim olduğu bantlar ardalanmalıdır. Cevher özellikleri bakımından daha çok saçınımlı kromitlerle büyük benzerlikler gösterirler. Bunlarda da öz ve yarıöz şekilli kristaller çoktur ve az çatlaklıdırlar.

Hazırlanan parlak kesitlerin maden mikroskopunda incelemeleri yapılmıştır. Genellikle iyi parlama özelliğine sahip kromitlerde esas cevher minerali kromittir. Demirce zengin olanları kırmızıya kaçan kahverenginde iç yansıma gösterirler. Kompakt kromit kristalleri arasındaki dokanaklar açıkça izlenmemekle beraber, diğer tiplerde kristal konturları açıkça takip edilebilmektedir. Özellikle kataklastik kromit kristallerinin kenar zonlarından başlayarak hafifçe manyetitleştiği görülmektedir. Çok yaygın olmamakla beraber serpantinize gang içinde veya kristallerin çatlaklarında 50 mikronun altında pendlandit ve millerit gibi ikincil sülfür mineralleri de gözlenmektedir (Levha 1, şekil 6).

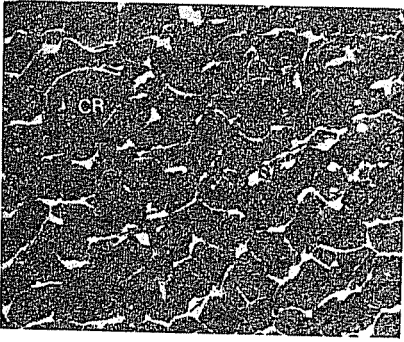
2. MINERAL KİMYASI

inceleme alanında gözlenen değişik cevher örneklerinden hazırlanan parlak ince kesitler Camebax mikroprop setinde incelenmiştir. Noktasal analiz sonuçları Minfile(4) Bilgisayar Programı kullanılarak analizlerin ait oldukları kromit kristallerinin yapısal formüllerinde yer alan katyonlar, rasyo değerleri ile kristallere ait birim hücre boyutları saptanmıştır (Tablo 1). Bu tablo incelendiğinde en düşük Cr₂O₃ içeriğinin %45.44 ile Sarıgöl ocağına ait örneklerde görüldüğü, buna karşılık en yüksek Cr₂O₃ içeriğinin ise Sazakpınarı nodüler kromitlerinde % 54.27 oranına ulaştığı görülür. Tablo 1'den çıkarılacak diğer bir sonuç da saçınımlı kromitlerde Cr/Fe rasyo değerinin 3'ün çok altında olması ve başta nodüler kromitlerde olmak üzere tektonizma

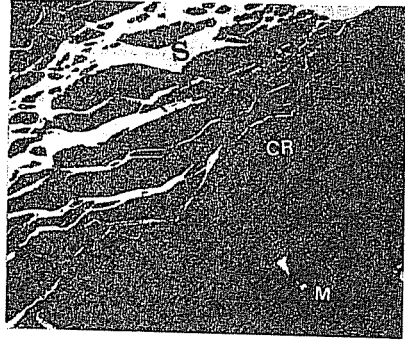
LEVHA 1

1. Tektonizmanın kromit kristalleri üzerindeki etkileri. Kromite eşlik eden olivin kristalleri tamamen serpantinleşmiş ve yataklanmış yönünde uzamış kromit kristallerinin uzama yönlerine paralel bantlar oluşmuştur(P.I., Polarizan Mikroskop).
2. Kromit kristallerinde kırık sistemleri ve serpantin bantlarının gelişmesi. Kırıklardan itibaren manyetitleşme. Birbirini dik ve dike yakın açılarla kesen kırıklar(M.I., Polarizan Mikroskop).
3. Kırık sistemlerinin nodüler kromit üzerinde etkileri. Parçalanmış ve köşeli parçaları oluşturan nodüller(M.I., Polarizan Mikroskop).
4. Nodüllerin ayrıntılı iç yapıları. Tek bir nodül binoküler mikroskopta incelenerek iç yapısı görüntülenmiştir. Beyaz renkli olanlar serpantinleşmiş olivindir. Ayrıca kırıklarda serpantin bantları izlenmektedir(P.I., Binoküler Mikroskop).
5. Saçınımlı kromitler. Kristallerin boyutları genellikle 0.2-0.5 mm altındadır. Deformasyon etkileri daha azdır ve kristallerin çoğu yarı özşekillidir(P.I., Polarizan Mikroskop).
6. Daha çok serpantinleşmiş olivin gangı ve kırıklar içinde oluşmuş ikincil sülfür minerallerinden pentlandit(Maden Mikroskobu).

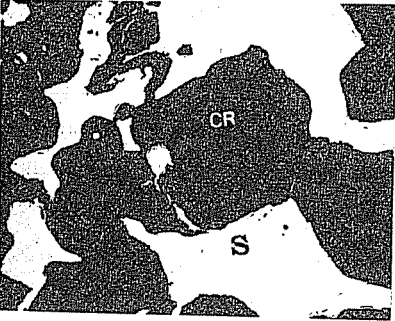
LEVHA I



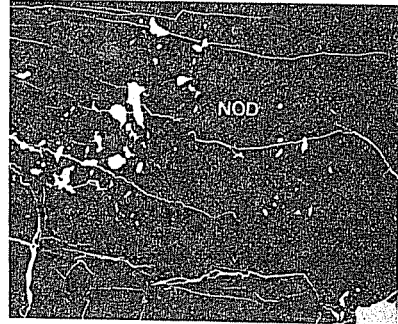
1 1mm.



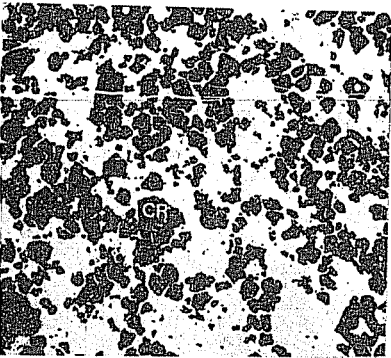
2 0,5mm.



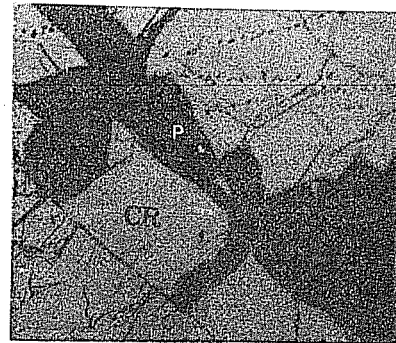
3 10mm.



4 5mm.



5 2mm.



6 400µ

Kromit Cevherleşmelerinin Metalojenezi ve Jeokimyası

örnek Numaraları												
Element	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4
SiO ₂	0.15	0.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	0.12	-	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	21.24	21.39	21.51	20.34	22.39	21.57	22.20	21.14	20.99	21.28	21.29	21.56
Cr ₂ O ₃	45.96	45.74	45.44	47.28	47.14	48.47	46.74	47.00	47.53	47.70	48.25	47.77
Fe ₂ O ₃	2.91	3.34	3.39	3.70	1.76	1.51	1.77	3.71	3.85	3.47	2.73	3.37
FeO	13.26	13.37	12.46	13.59	10.15	10.38	10.00	10.75	11.32	11.81	12.06	12.92
MnO	0.22	0.24	0.08	-	0.07	0.29	-	0.07	0.01	0.21	0.14	0.17
HgO	13.76	13.91	14.37	13.89	16.06	15.78	16.09	15.69	15.52	15.19	15.05	14.72
NiO	0.12	-	0.17	0.01	0.02	0.14	-	0.32	0.18	0.15	0.31	0.14
Toplan	97.67	98.29	97.42	98.86	97.61	98.14	96.89	98.74	99.39	99.84	99.99	100.75
Cr/Fe	2.54	2.45	2.57	2.45	3.53	3.63	3.50	2.93	2.82	2.81	2.81	2.61
Cr/Al	2.82	2.76	2.73	3.00	2.72	3.96	2.71	2.87	2.92	2.89	2.83	2.86
Cr	9.15	9.06	9.01	9.34	9.17	9.46	9.18	9.19	9.23	9.23	9.19	9.20
Al	6.30	6.31	6.35	5.97	6.50	6.26	6.50	6.15	6.07	6.13	6.24	6.17
Fe ₃	0.55	0.63	0.64	0.69	0.33	0.28	0.33	0.68	0.71	0.64	0.57	0.63
Fe ₂	2.81	2.80	2.62	2.83	2.09	2.16	2.07	2.22	2.32	2.42	2.46	2.64
Hg	5.19	5.20	5.38	5.17	5.91	5.85	5.94	5.78	5.68	5.58	5.54	5.36
Cr/R ₂ O ₃	0.57	0.57	0.56	0.58	0.57	0.59	0.57	0.57	0.58	0.58	0.57	0.57
Al/R ₂ O ₃	0.40	0.39	0.40	0.37	0.41	0.39	0.41	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39
Hg/RO	0.65	0.65	0.67	0.65	0.74	0.73	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.67
Fe ₃ /Fe ₂ +Fe ₃	0.16	0.18	0.20	0.20	0.14	0.11	0.11	0.23	0.23	0.21	0.19	0.20
Cr/Cr+Al	0.59	0.59	0.59	0.61	0.58	0.60	0.59	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
A* (α)	8.27	8.26	8.26	8.27	8.26	8.27	8.26	8.27	8.27	8.27	8.26	8.27
Element	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	5-4	6-1	6-2	6-3	6-4
SiO ₂	0.05	0.02	0.01	-	0.01	0.02	0.03	-	-	0.01	0.03	0.02
TiO ₂	-	-	0.16	0.19	0.11	-	-	0.16	0.03	-	-	0.01
Al ₂ O ₃	15.18	14.84	14.49	14.99	20.52	21.57	21.50	20.69	21.54	20.63	20.79	21.33
Cr ₂ O ₃	54.27	53.67	52.31	52.43	45.92	46.19	45.76	45.99	47.89	46.55	47.71	46.28
Fe ₂ O ₃	3.90	3.71	4.06	4.16	4.76	4.10	5.06	5.00	2.60	2.56	2.87	3.46
FeO	11.52	11.87	10.23	10.08	12.69	12.64	12.44	12.54	12.78	12.06	12.60	12.47
MnO	0.19	0.11	0.06	0.20	0.24	0.19	-	0.15	0.40	-	0.10	0.10
HgO	14.80	14.27	15.02	15.30	14.34	14.62	14.93	14.68	14.51	14.38	14.48	14.52
NiO	-	0.09	0.07	0.29	0.29	0.08	0.11	0.16	0.15	0.09	-	0.08
Toplan	99.92	98.69	96.41	97.65	98.92	99.43	99.83	99.47	99.90	96.35	98.60	98.26
Cr/Fe	3.17	3.10	3.31	3.33	2.38	2.48	2.36	2.37	2.78	2.85	2.76	2.61
Cr/Al	4.62	4.67	4.66	4.52	2.89	2.76	2.75	2.87	2.87	2.91	2.96	2.80
Cr	10.77	10.87	10.77	10.66	9.07	8.99	8.87	9.03	9.27	9.34	9.39	9.10
Al	4.44	4.46	4.44	4.54	6.04	6.25	6.21	6.04	6.28	6.17	6.08	6.25
Fe ₃	0.74	0.71	0.79	0.80	0.89	0.76	0.93	0.93	0.48	0.49	0.54	0.65
Fe ₂	2.43	2.55	2.21	2.16	2.65	2.62	2.54	2.59	2.65	2.56	2.63	2.60
Hg	5.57	5.46	5.80	5.84	5.36	5.38	5.46	5.41	5.35	5.44	5.38	5.40
Cr/R ₂ O ₃	0.67	0.68	0.67	0.67	0.57	0.56	0.55	0.56	0.58	0.58	0.59	0.57
Al/R ₂ O ₃	0.28	0.28	0.28	0.28	0.38	0.39	0.39	0.38	0.39	0.39	0.38	0.40
Hg/RO	0.70	0.68	0.72	0.73	0.67	0.67	0.68	0.68	0.67	0.68	0.67	0.68
Fe ₃ /Fe ₂ +Fe ₃	0.23	0.22	0.26	0.27	0.25	0.22	0.27	0.26	0.15	0.16	0.17	0.21
Cr/Cr+Al	0.71	0.71	0.71	0.70	0.60	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61	0.59
A* (α)	8.27	8.30	8.29	8.29	8.27	8.27	8.27	8.27	8.27	8.27	8.27	8.27
Analiz No	1-1	1-4	Cevher Tipi				Öcak Adı		Bulunduğu Masif			
1-1	1-4	Kompakt-Masif				Sarıgül		Kızıldağ-Hatay				
2-1	2-4	Kompakt-Masif				Kurtocağı		Kızıldağ-Hatay				
3-1	3-4	Kompakt-Masif				Zorkun		Kızıldağ-Hatay				
4-1	4-4	Nodüler				Sazakınarı		Kızıldağ-Hatay				
5-1	5-4	Kompakt-Nodüler				Antepli		Kızıldağ-Hatay				
6-1	6-4	Saçınımlı				Çövrük		Kızıldağ-Hatay				

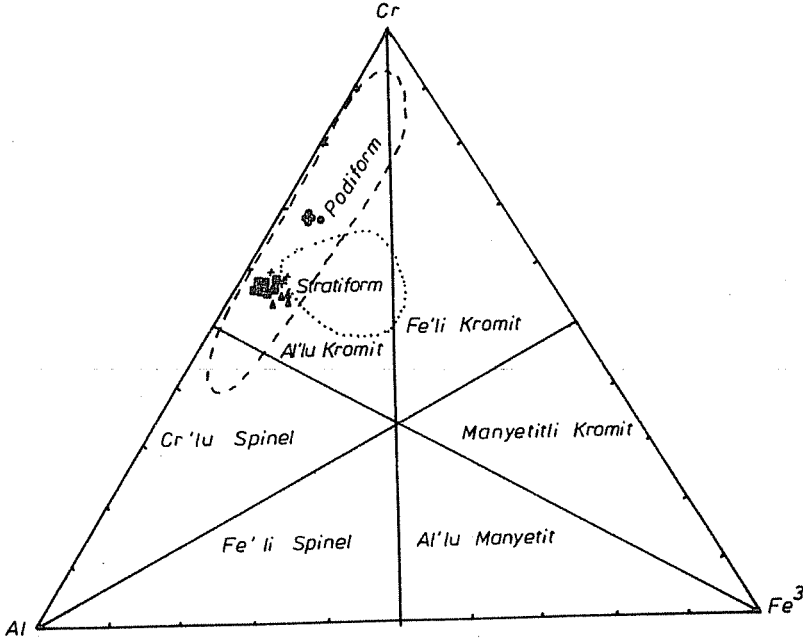
Tablo 1: İnceleme alanına ait kromit cevherleşmeleri üzerinde gerçekleştirilen mikroprop analiz sonuçları, katyonik ve rasyo değerleri ile birim hücre boyutları.

sebebiyle ezilmiş kompakt-masif kromitlerde bu değerin 3'ün üstüne çıkabilmesidir.

Tablo 1'deki değerler esas alınarak inceleme alanındaki kromitlerin çeşitli jeokimyasal diyagramlarda incelenmesi yapılmıştır.

Stevens(5) ve Dickey(6) Üçgen Diyagramı

inceleme alanındaki üç tip kromit üzerinde gerçekleştirilen çok sayıda mikroprop analizinden seçilen 24 adeti Stevens(5) ve Dickey(6) tarafından değiştirilen Al-Cr-Fe₃ üçgen diyagramında incelemesi yapıldığında analizleri temsil eden tüm noktaların alüminyumca zengin kromit bölgesinde kümелendikleri ve tip olarak podiform (Alpin) kromit bölgesinde buldukları görülmektedir(Şekil 3). Ayrıca nodüler kromitlerin Cr₂O₃ içeriklerinin daha fazla olması nedeniyle Cr köşesine yaklaştıkları gözlenir. Gerçekten de gerek Kızıldağ(Hatay) ofiyolitinin diğer bölgelerinde ve gerekse Pozantı-Karsantı masifiyle Mersin ofiyolitinde yer alan bir çok

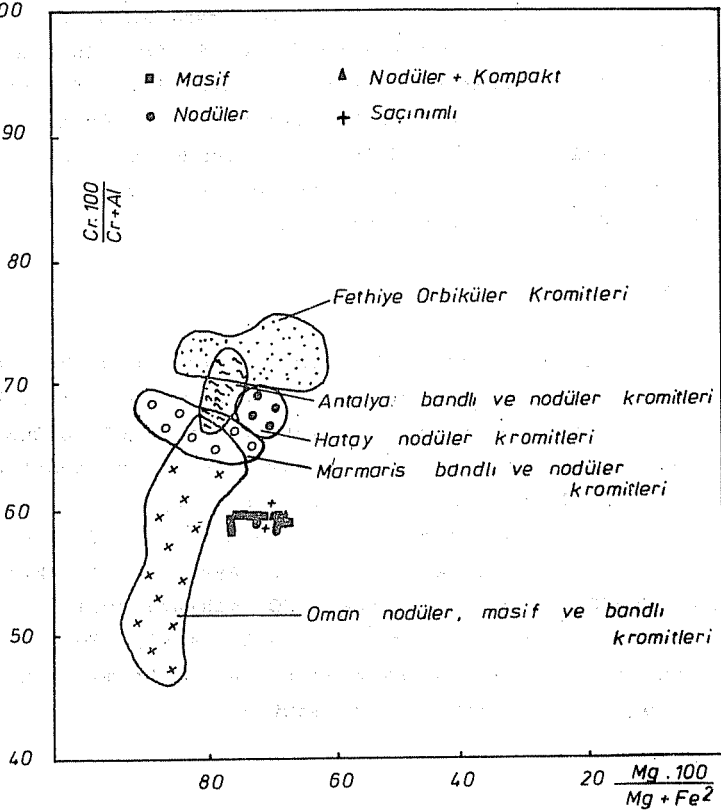


Şekil 3: İncelenen kromit cevherleşmesinin Stevens ve Dickey üçgen diyagramında durumu.

kromit zonunda yapılan incelemelerde aynı sonuçlar alınmıştır(7,8,9).

Cr.100/Cr+Al=f(Mg.100/Mg+Fe) Diyagramı

İnceleme alanına ait masif, nodüler ve saçınımlı kromitlerin bu diyagramdaki incelemelerinde de nodüler kromitlerin diğer iki tipten açık bir şekilde ayrıldıkları görülmüştür. Bunun sebebi nodüler kromitlerin masif ve saçınımlı kromitlerden yaklaşık %10 dolaylarında daha fazla Cr₂O₃ içermeleridir. Bu yüzden de diyagramda yer alan öteki bölgelere ait değerler(10,11) içinde Fethiye orbiküler, Antalya nodüler ve Kızıldağ masifinin diğer bölgelerinde görülen nodüler kromitlere ait alanlara yaklaştıkları izlenmektedir(Şekil 4).



Şekil 4: İncelenen kromit örneklerine ait mikroprop analiz sonuçlarının $Cr.100/Cr+Al=f(Mg.100/Mg+Fe_2)$ diyagramındaki dağılımı.

Irvine(12) Diyagramları

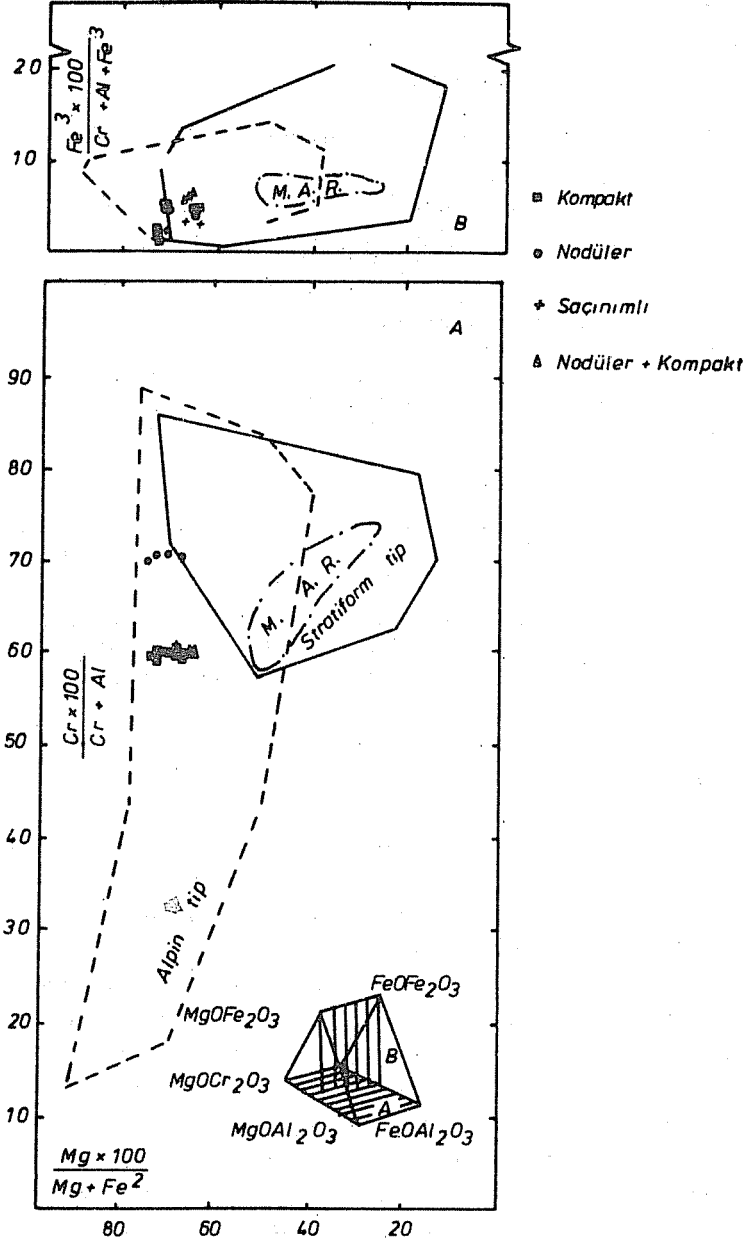
Çalışma sahasında görülen değişik tipteki kromitlere ait analizler Irvin(12) incelenmiştir(Şekil 5A ve 5B). Bu diyagramlar incelendiğinde tüm örneklerin tip olarak podiform özellik gösterdikleri anlaşılır. Diyagramda M.A.R. sembolü ile gösterilen alan Atlantik Okyanus Sirtında görülen kromitlere ait değerleri temsil etmektedir(13).

Al/R2O3=f(Cr2O3) Diyagramı

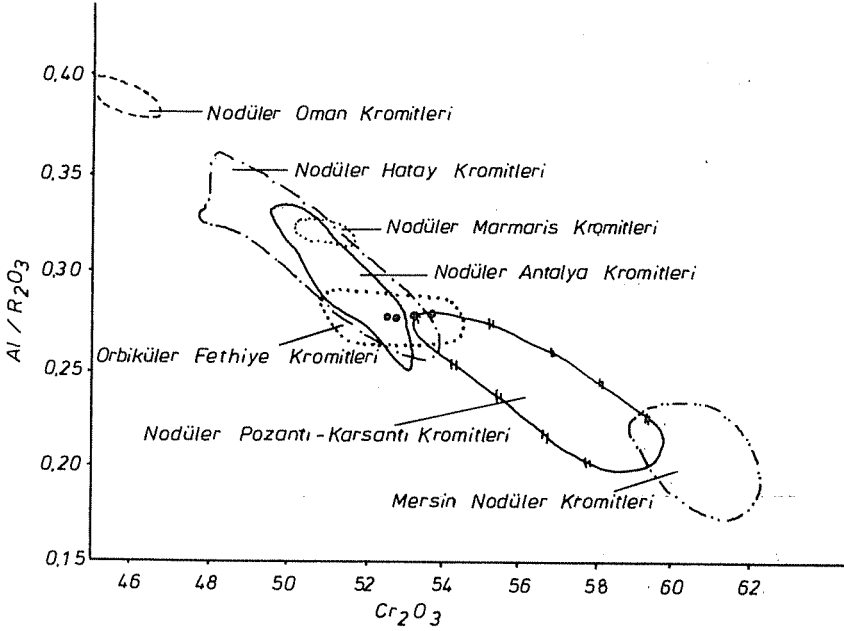
Çalışma alanında bulunan nodüler kromitler son olarak Al/R2O3=f(Cr2O3) diyagramında karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Tablo 1'de yer alan 4 adet nodüler kromit diyagramında daha önce Kızıldağ masifinin bir çok yerinde gerçekleştirilen çalışmalar sonunda çizilmiş olan Hatay nodüler kromit bölgesi içinde kalmıştır(Şekil 6). Bu diyagramda da inceleme alanına ait nodüler kromitlerin bile Pozantı-Karsantı ve Mersin ofiyolitine ait nodüler kromitlerden daha az Cr2O3 içermesi ve dolayısıyla nispeten Al2O3 yönünden daha zengin olması nedeniyle diyagramın üst kısmında yer almıştır.

Birim Hücre Boyutu Diyagramı

Arsuz-Antakya arasında yeralan bir çok krom ocağına ait örnekler üzerinde gerçekleştirilen mikroprop değerleri baz alınarak kromit spinellerine ait hücre boyutları =f(Al2O3, Cr2O3, Fe2O3, FeO ve MgO) yüzde değerlerinin fonksiyonu olarak Angstrom cinsinden değişimi incelenmiştir(Şekil 7). Bu diyagramda benzer özellik gösteren bir çok kromit cevherleşmesinde görülen Cr2O3-Al2O3 arasında negatif korelasyon görülür. Aynı boyutlu kromit spineli içinde Cr2O3 miktarı arttıkça Al2O3 miktarı azalır. Ancak kromit spineli içindeki diğer elementlere ait Fe2O3, FeO, MgO arasında belirgin bir ilişki saptanmamıştır. Ancak Mg miktarı hücre boyutu büyüdükçe hafif bir şekilde azalmaktadır.



Şekil 5: Arsuz-Antakya arasında yüzeyleyen kromit ocaklarına ait değerlerin Irvin diyagramındaki durumu.

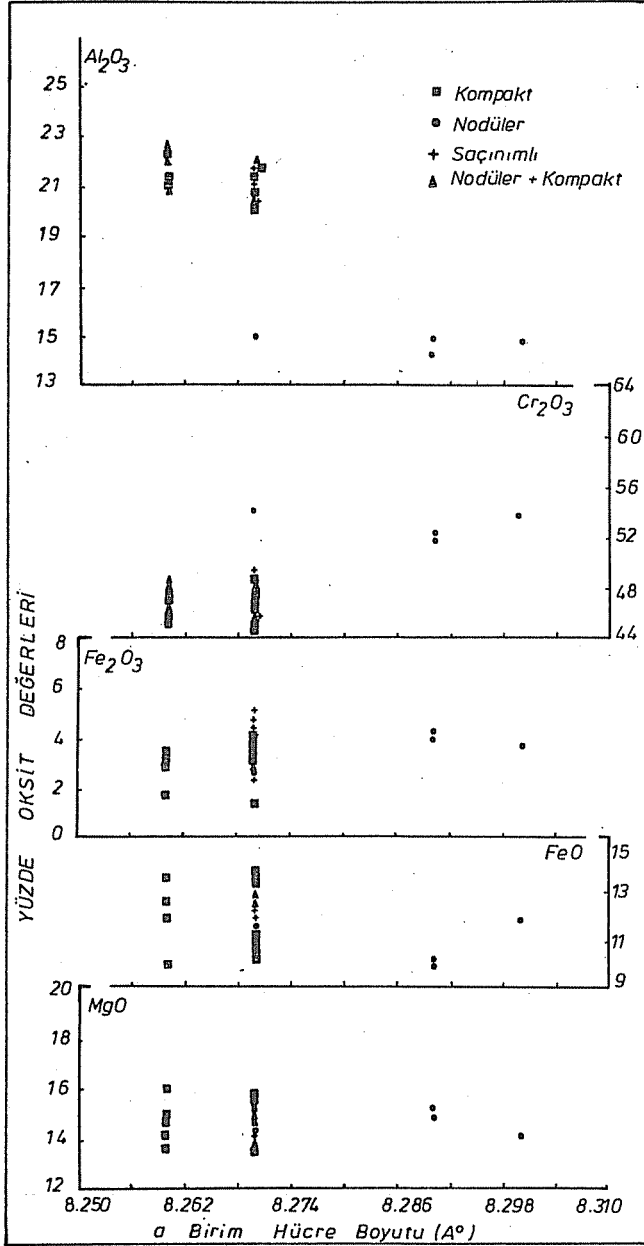


Şekil 6: İnceleme alanındaki nodüler kromitin $Al/R_2O_3=Cr_2O_3$ diyagramındaki dağılımı (Diğer veriler Rahgoshay'dan Sözlü görüşme sırasında alınmıştır-Strasbourg 1985).

3. SONUÇLAR

Arüz-Antakya arasında görülen ve çoğu dunitik bir zarfla çevrili kromit adese ve bantlarından oluşan cevher zonlarının hemen tamamına yakın bir kısmı düzensiz bir dağılım gösterir ve cevherli zonların rezervleri genellikle düşüktür. Bir çok zonlarda yapılan incelemelerde kompakt, nodüler ve saçınımlı kromit cevher tipleri yaygın olarak gözlenirken, yer yer bandlı kromite de rastlanmıştır. İncelenen cevher zonlarında görülen süreksizliklerin, bu kütleler üzerinde de tektoniğin etkin olduğunu gösterir. Parlatılmış kesitler üzerinde yapılan mikroskopik gözlemlerde kompakt(masif), nodüler, kompaktlaşmış nodüler ve saçınımlı cevher tipleri ayırtlanmıştır. Kromit tek cevher minerali olup ikincil olarak gelişen manyetit ve bazı sülür mineralleri gözlenir.

Kromit kristalleri üzerinde gerçekleştirilen bir dizi mikroprop analizinden seçilen 24 örneğe ait değerler bilgisayar



Şekil 7: Mikroprop yerilerini kullanarak elde edilen birim hücre boyutlarının Cr_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO ve MgO değerlerine göre dağılımları

paket programlarında incelenmiş ve kromit spinellerinde yer alan kation değerleri saptanmıştır. Gerek oksit ve gerekse kationik değerler baz alınarak analizlerin çeşitli jeokimyasal diyagramlarda incelemesi yapılarak, cevher tipleri kendi aralarında ve benzer özellikteki komşu bölgelere ait sonuçlarla denetlenmiştir. Bu karşılaştırmalar sonunda Hacıahmetli, Sarıgöl, Kurtbaşı ve Karatepe(Arsuz-İskenderun) arasındaki kromit cevherleşmelerinin podiform tipte yatakladıkları, nodüler kromitlerin kompakt ve saçınımlı kromitlere göre daha yüksek Cr₂O₃ içeriğine sahip oldukları görülmüştür. Ekonomik açıdan bakıldığı zaman ise, inceleme alanının Hatay-Kızıldağ ofiyoliti üzerinde önemli bir yer oluşturduğu ve düzelen krom piyasasından sonra ise kapalı bulunan bir çok krom ocağının yeniden işletmeye açıldığı görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmada katkı sağlayan Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonuna ve ayrıca mikroprop analizlerinin gerçekleştirildiği Nancy Üniversitesi, Petroloji Laboratuvar sorumlusu Georges ROCCU ve İtalya Padova Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü Başkanı Prof. Dal PIAZ, aynı üniversitede Mineroloji Enstitüsü öğretim üyelerinden Prof. Della GIUSTA ile Prof. FRIZZO'ya teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- 11) Yaşar, E. ve Anıl, M., Hacıahmetli-Kurtbaşı-Sarıgöl-Karatepe (Arsuz-İskenderun) arasında yüzeyleyen ofiyolitlerin petrografisi ve jeokimyası, Ahmet Acar Sempozyumu(Baskıda). 1989.
- 12) Pişkin, Ö., Delaloye, M., Moritz, R., Selçuk, H. and Wagner, J. J. A Tectonic Approach to Hatay Ophiolite(Kızıldağ, Turkey), Ophioliti, 9(3), 535-546, 1984.
- 13) Jutesu, Th., Ophiolites of Turkey. Ophioliti, Special Issue, (5) ,2, 199-237, 1980.
- 14) Ailli, A. and Essene, E., Minfile: A Microcomputer program for storage and manipulation of chemical data on minerals. Miner.,

(73), 446-448, 1988.

[5] Stevens, K. E., Composition of Some Chromites of Western Hemisphere, Am. Miner. 29, 1-2, 1-31, 1944.

[6] Dickey, J.J.Jc., A Hypothesis of Origine for Podiform Chromite Deposits, Geochim. Cosmochim. Acta., 1061-1074, 1975,

(7) Anıl, M., Türkoğlu-Kömürler-Şerefoğlu-Gaziantep Arası Ofiyolitlerinin Petrografisi ve Kromit Cevherleşmelerinin Jeokimyasal incelemesi C.Ü. Yerbilimleri(Baskıda), 1989,

(8) Anıl, M., Billor, Z. ve Özüş, S., Gerdibi Grubu(Pozantı-Karsantı-Adana) Kromit Yataklarının Jeolojisi ve Metalojenisi, Doga Derg., 11, 2. 175-205, 1987.

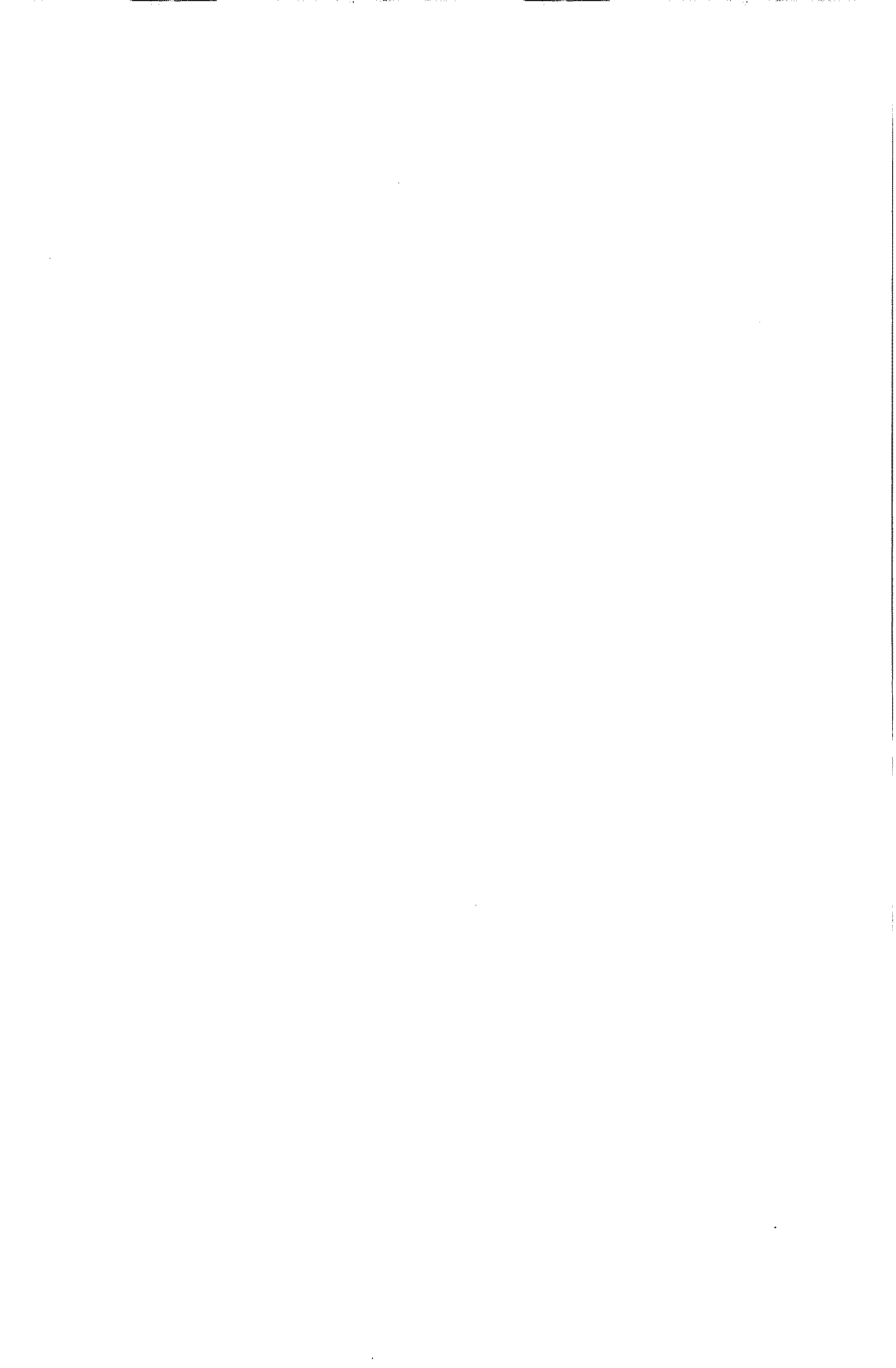
[9] Billor, Z. ve Anıl M., Karagöl ve Zillik Tepe(Gözne-Mersin) Ofiyolitinin Petrografisi ve Krom Cevherleşmelerinin Metalojenik-Jeokimyasal incelemesi, Yerbilimcinin Sesi, 17, 35-57, 1988.

[10] Anıl, M., Pozantı-Karsantı, Mersin ve Kızıldağ Ofiyolitindeki Bazı Kromit Yataklarının Morfolojik, Yapısal ve Jenetik özellikleriyle Akdeniz Bölgesindeki Benzer kromit Yataklarının Karşılaştırılması, Doğa Derg(Baskı), 1990.

[11] Rahgoshay, M., Juteau, Th. et Whitechurch, H., Kızılyüksek Tepe, Une Gisement Exceptionnel de Chromite stratiforme Dans un Complexe Ophiolitique(Massif de Pozantı-Karsantı), Acad. Sc, Paris, t. 293, serie 11, 765-770, 1981.

[12] Irvine, T. N., Chromian Spinel As A petrogenetic indicator, Pt. 11, Petrogenetic Applications, Canadian, Jour. Earth, Sci. 4, 71-103, 1967

[13] Aumento, F. and Loubat, H., The Mid. Atlantic Ridge Near, 45, N, XVI Serpantinized Ultramafic Instrusions, Canadian Jour. Earth Sci., 8, 631-663, 1971.



MALATYA KUZEYBATISININ (MEDİK EBREME YÜRESİ)
ÜST LÜTESİYEN OSTRAKOD FAUNASI

Umit ŞAFAK*

ÖZET:

Bu çalışmanın amacı, Malatya kuzeybatısı (Medik-Ebreme)'nda önceden yapılmış biyostratigrafik ve paleontolojik araştırmadaki Üst Lütesiyen ostrakod faunasını incelemektir. Bölgede Üst Jura-Kuvaterner zaman aralığı içerisinde formasyonlar bulunmaktadır. Ostrakod içerikli birim olan Orta-Üst Eosen yaşlı Tohma formasyonu çakıltası, kumtaşı, kireçtaşı-marn ardalanmalı olup, alt sınırında paleosen yaşlı Medik formasyonu ve üst sınırında ise Akitaniyen'in Çavuş formasyonu ile açılı diskordanslıdır. Bu formasyondan saptanmış olan ostrakod faunası lagün ve sığ deniz ortamını karakterize etmektedir. Çalışma alanında Eosen serisinin belirtilen düzeyinde 13 ostrakod cins ve türü saptanmıştır.

UPPER LUTETIAN OSTRACODA FAUNA OF THE
NW MALATYA:(MEDİK-EBREME)

ABSTRACT:

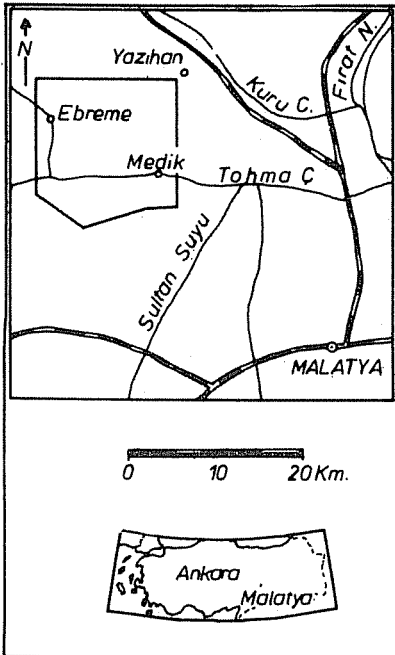
The aim of this study is to describe the Upper Lutetian ostracoda fauna around the Medik-Ebreme district, NW Malatya where previously biostratigraphical and paleontological determinations has already been done. Jurassic to Quaternary formations can be seen around the investigated area. The Tohma formation is of Middle-Upper Eocene age including ostracoda fauna and comprise the alternation of conglomerates, sandstones, limestones and marl. The formation has angular unconformity with Paleocene age Medik formation at the base and also presents the some contact relationship with Çavuş formation is of Aquitanian age on the top. The ostracoda fauna

*: Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı-ADANA

determine from the unit characterize the lagoon and shallow marine environments. 13 genus and species of ostracoda have been determined from the designated levels in the Eocene series in the study area.

1. GİRİŞ:

Çalışılan bölge Doğu Toroslar kesiminde Malatya ilinin kuzeybatısında, Medik-Ebreme dolayını içerisine almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: İnceleme alanı yer bulduru haritası

Bölgede Ürcen [1] çok detaylı biyostratigrafik ve paleontolojik bir çalışma ile bentonik foraminifer zonlaması yapmıştır. Bu çalışmadan alınan Eosen (Üst Lütesiyen) zaman aralığına ait birimlerdeki ostrakod faunasının incelenmesi ve tür tayinleri de bu araştırmada gerçekleştirilmiştir (Şekil 2) (Şekil 3).

Bölgede Ayan [2] Hekimhan-Ebreme, Akkuş [3] Darende-Balaban Havzasında, Kurtman [4] Grün yöresinde, Sirel [5] [6] Darende-Grün (KB Malatya) yöresinde, Yoldaş [7] Malatya kuzey kesiminde genel jeoloji, paleontoloji ve petrol jeolojisi üzerine çalışmalar yapmış-

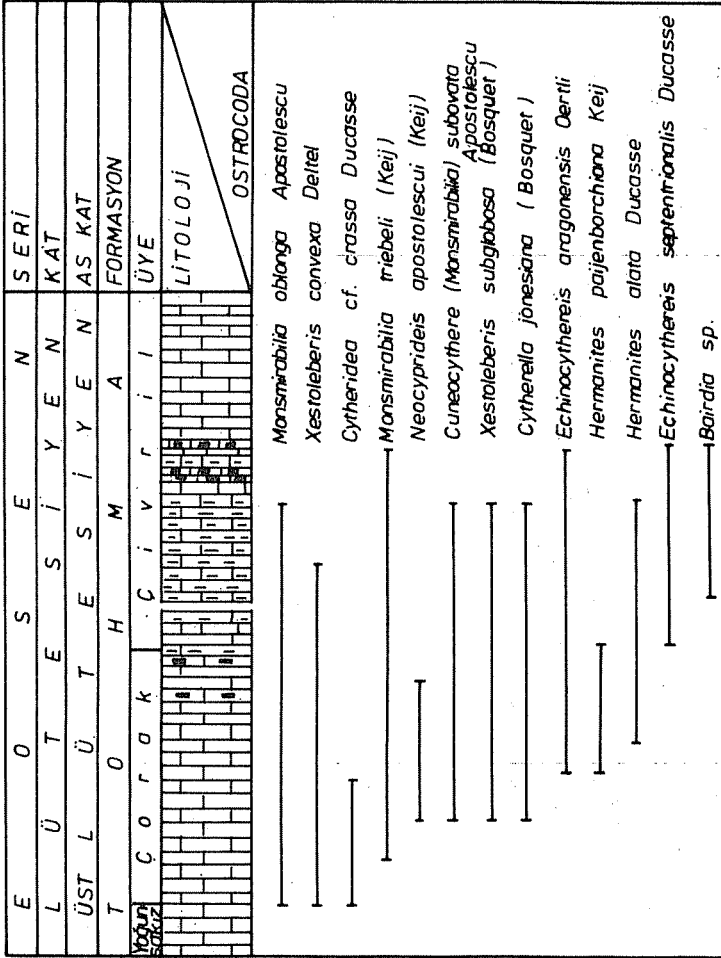
lardır.

Ostrakod içermesi bakımından bu çalışmada tek olarak ele alınan Tohma formasyonu Zeynepoğlu, Yoğunsakız, Çorak, Çivril ve İri ağaç Üyelerine ayrılmaktadır. Tabanda bulunan çakıltası, kumtaşı, marn ardalanmalı Zeynepoğlu Üyesi genelde fosilsizdir. Bu birimin üst sınırında yerleşmiş olan çakıltası-kumtaşı-kireçtaşı-marn ardalanımlı Yoğunsakız üyesi Nummulites pinfoldi, Orbitolites compianatus, Sphaerogypsina globulus gibi bentonik foraminiferleri

Ü. SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	AS KAT	FORMASYON	ÜYE	KAYAÇ TANIMLAMASI	BENTONİK FORAMİNİFERLER	OSTRAKODLAR											
S E N O Z O Y E N	T E R S İ Y E N	E O S İ Y E N	L Ü T E S İ Y E N	ALT LÜTESİYEN	ORTA LÜTESİYEN	ÜST LÜTESİYEN	Z E Y N E P Ö Ğ L Ü	Y O Ğ U N S A K I Z	C O R A K Ç İ V R İ L İ R İ A Ğ A Ç	A  S A L d i s k . K i r e  t a  K  t . / M a r n G e  i  K i r e  t a  K  t . / M a r n G e  i  K  t . / M a r n K u m l u k  t .  a k  l t / K u m t .  a m u r t / K u m t . G e  i  S i l t t . a r a k a t - m a n l ı  a k  l t .	N U M M U L İ T E S P İ N E R L İ D İ	N U M M U L İ T E S A T U R İ C U S	N U M M U L İ T E S F A B İ A N İ L İ	M a g y p s i n o i d e s E f o r a m i n i f e r b i v o z a n l ı M a g y p s i n o i d e s C o m p l a n a t u s C h a p m a n i n a C a s s i e n s i s	M o g y p s i n o i d e s c o m p l a n a t u s O p e r c u l l i n a c o m p l a n a t a A m p h i s t e g i n a l e s s o n i i O u i n q u e l o c u l i n a s p . N u m m u l i t e s f a b i a n i i N u m m u l i t e s i n c r a s s a t u s C h a p m a n i n a g a s s i e n s i s D i s c o c y c l i n a s e l l a N u m m u l i t e s p e r f o r a t u s N u m m u l i t e s a t u r i c u s N u m m u l i t e s p u s c h i N u m m u l i t e s p r a e f a b i a n i i L i n d e r i n a b r u g e s i S p h a e r o g y p s i n a g l o b u l u s D i s c o c y c l i n a s p . A s t e r g e r i n a s p . N u m m u l i t e s a t u r i c u s N u m m u l i t e s b e a u m o n t i F a b i a n i a c a s i s O r b i t a l i t e s c o m p l a n a t u s N u m m u l i t e s p i n f o l d i O r b i t a l i t e s c o m p l a n a t u s F a b i a n i a c a s s i s S p h a e r o g y p s i n a g l o b u l u s A l v e o l i n a s p .	C y t h e r e l l a j o n e s i a n a C y t h e r i d e a c f . c r a s s a N e o c y p r i d e i s a p o s t o l e s - c u r M o n s m i r a b i l i a t r i e b e l i M o n s m i r a b i l i a o b l o n g a H e r m a n i t e s p a j e n b o r c h i a r d H e r m a n i t e s a l a t a X e s t o l e b e r i s s u b g l o b o s a X e s t o l e b e r i s c o n v e x a B a i r d i a s p . E c h i n o c y t h e r e i s a r a g o - n e n s i s				
																	ORTAM	Acık deniz	Sığ deniz	Sığ deniz
																	Lağın	Sığ deniz	Sığ deniz	Sığ deniz

Şekil 2: Medik-Ebrene (KB Malatya) yöresi Eosen serisinin genelleştirilmiş istifte bentonik foraminifer ve ostrakod faunalarının gösterilmesi.

içeren Nummulites pinfoldi biyozonunu oluşturmaktadır. Bu üyenin kırınıtlı birimleri üzerinde çamurtaşı-kumtaşı-killi kireçtaşı ardalı olarak bulunan Çorak Üyesinin killi kireçtaşı düzeyleri Monsmirabilia triebeli, Monsmirabilia oblonga, Cuneocythere (Monsmirabilia) subovata gibi sığ denizel ortam belirleyen ostrakodları içermektedir (Şekil 4). Çivril Üyesi ise; killi-kireçtaşı-



Şekil 3: Çalışma alanında saptanmış Eosen (Üst Lütseyen) ostrakod türlerinin dağılımı

marın ardalanmasından oluşmuş olup Neocyprideis apostolescui, Cytherella Jonesiana, Echinocythereis aragonensis, Echinocythereis septentrionalis, Hermanites paijenborchiana, Hermanites alata, Xestoleberis subglobosa, Xestoleberis convexa, Bairdia sp. gibi denizel ostrakod türleri ile birlikte Nummulites aturicus, Nummulites puschi, Nummulites praefabianii, Assilina exponens, Sphaerogypsina globulus bentonik foraminiferleri kapsamaktadır. Bu biyozon Yoğunsakız, Çorak, Çivril ve İri-ağaç Üyelerinde devam eden bir zon olarak gözlenmiştir [1]. Üstte yüzeyleyen İri-ağaç üyesi ise masif kireçtasından oluşmuş olup, bu düzeyde Nummulites fabianii biyozonu saptanmıştır. Bu biyozon da zonun tipik bileşeni olan Nummulites fabianii ile Nummulites incrassata, Fabiania cassis, Halkyardia minima bentik foraminiferlerini kapsamakta olup ostrakod gözlenmemektedir.

2. SISTEMATİK:

Ostrakodların sistematik tanımında, en yeni sınıflama olan ve yeni taksonomik grupları da içeren, kalker yapının yanısıra özellikle canlı örneklerdeki yumuşak yapıyı temel alan Hartmann ve Puri [8] sınıflaması uygulanmıştır.

2.1. Sistematik Tanımlama

Alt sınıf: OSTRACODA Latreille, 1806
Takım : PODOCOPIDA G.W.Müller, 1894
Alt Takım: PLATYCOPA Sars, 1866
Familiya: CYTHERELLIDAE Sars, 1866
Cins : Cytherella Jones, 1849
Tür-tip: Cytherella ovata Roemer, 1840

Stratigrafik yayılım.-(?Paleozoyik, Triyas) Jura-Güncel

Ortam.- Denizin bütün derinliklerinde, Nadiren brahik ortamlarda.

Cytherella Jonesiana (Bosquet, 1852)

Lev.1, Şek.1-2

1852 Cytherella Jonesiana Bosquet, s.16, Lev.1, Şek.4

1895 Cytherella Jonesiana Bosquet, Lienenklaus, s.156

1957 Cytherella Jonesiana Bosquet, Keij, s.45, Lev.1, Şek.11

E O S E N	L Ü T E S İ Y E N	Ü S T L Ü T E S İ Y E N	T O H M A	Ç o r a k	C i v r i i	OSTRAKOD FAUNASI	L İ T O R A L	S İ Ğ D E N İ Z	
								EPİNERİTİK	İNFRANERİTİK
						<i>Echinocythereis</i>			
						<i>Cytherella</i>			
						<i>Bairdia</i>			
						<i>Xestoleberis</i>			
						<i>Cuneocythere</i>			
						<i>Hermanites</i>			
						<i>Echinocythereis</i>			
						<i>Cuneocythere</i>			
						<i>Neocyprideis</i>			
						<i>Cytherella</i>			
						<i>Xestoleberis</i>			
						<i>Neocyprideis</i>			
						<i>Cuneocythere</i>			
						<i>Cytheridea</i>			
						<i>Xestoleberis</i>			
						<i>Cuneocythere</i>			

Şekil 4: Bölge Eosen (Üst Lütésiye) istifi ostrakodlarının belirlediği ortamlar.

O S T R A C O D A	E O S E N				O L İ G O S E N	
	İ P R E S İ Y E N	L Ü T E S İ Y E N	P R I A B O N İ Y E N	B A R T O N İ Y E N	R U P E L İ Y E N (S T A N P İ Y E N)	S A T T İ Y E N
<i>Cytherella jonesiana</i> (Bosquet)						
<i>Cytheridea cf. crassa</i> Ducasse						
<i>Neocyprides apostolescui</i> (Keij)						
<i>Monsmirabilia triebeli</i> (Keij)						
<i>Monsmirabilia oblonga</i> Apostolescu						
<i>Cuneocythere</i> (<i>Monsmirabilia</i>) <i>subovata</i> Apostolescu						
<i>Echinocythereis aragonensis</i> Oertli						
<i>Echinocythereis septentrionalis</i> Ducasse						
<i>Hermanites pajenborchiana</i> Keij						
<i>Hermanites alata</i> Ducasse						
<i>Xestoleberis subglobosa</i> (Bosquet)						
<i>Xestoleberis convexa</i> Deltel						

- - - - - Fransa (Paris Havzası)
 - - - - - İngiltere
 - - - - - Akiten Havzası
 / / / / / Belçika
 / / / / / Hollanda
 | | | | | İspanya
 Türkiye

Şekil 5: Bu araştırma ile saptanan ostrakod faunası stratigrafik bölümlenmesinin paleocoğrafik yerleşimi.

1985 Cytherella jonesiana Bosquet, Oertli (ed), s.269, Lev.71, Şek.11

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Paris Havzası: Oligosen / 9/, Lütésiyen /10/ (Şekil 5).

Alt Takım: PODOCOPA Sars, 1866
Üst Familya: BAIRDIACEA Sars, 1866
Familya: BAIRDIIDAE Sars, 1988
Cins : Bairdia Mc.Coy, 1884
Tür-tip: Bairdia curtus M'Coy, 1844

Stratigrafik yayılım.- Siluriven-Güncel
Ortam.- Deniz. Çok derin sularda da, çok sığ sularda da oluşabilir.

Bairdia sp.

Lev.1, Şek.3

Kavkı yandan görünümü bardiyotit şekilli, sırt kenarı orta kesimde bombeli. Ön ve arka sırt kenarı meyilli olarak karın kenarına doğru inmekte. Karın kenarı ön ve arka kenar bölümünde dışa doğru itilmiş durumda.

Sırttan bakıldığında ön uç arka uçtan daha sivri görünümde. Sol kapak sağ kapağı ön ve arka uç kısımlarında daha fazla, sırt kesiminde daha az miktarda örtmüş durumda

Kavkı yüzeyi düz. Örneklerde açık kapak bulunmayışından dolayı iç özellikler yeteri kadar incelenememiştir.

Üst Familya: CYTHERACEA Baird, 1850
Familya : CYTHERIDEIDAE Sars, 1925
Alt Familya: CYTHERIDEINAE Sars, 1925
Cins : Cytheridea Bosquet, 1852
tür-tip : Cythere mülleri Münster, 1830

Cytheridea cf. crassa Ducasse, 1967

Lev.1, Şek.4

1985 Cytheridea crassa Ducasse, Oertli (Ed), s.279, Lev.75, Şek.14-16

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Akiten Havzası: Eosen / 10/

Cins: Neocyprideis Apostolescu, 1956

Tür-tip: Cyprideis (Neocyprideis) durocortoriensis
Apostolescu, 1956

Stratigrafik yayılım.- Paleosen-Miyosen

Ortam.- Delta, lagün-sığ deniz

Neocyprideis apostolescui (Keij, 1957)
Lev.1 Şek.5-9

1957 Cyprideis (Geerlichia) apostolescui Keij,
s.72, Lev.7, Şek.9-15

1964 Neocyprideis apostolescui (Keij), Guernet, s.68-69

1969 Neocyprideis cf. apostolescui (Keij), Haskins,
s.155, Lev.3, Şek.9-11

1980 Neocyprideis apostolescui (Keij), Apostolescu, s.1035-1039

1984 Neocyprideis cf. apostolescui (Keij), Guernet,
s.122, Lev.1, Şek.15-17

1985 Neocyprideis cf. apostolescui (Keij), Oertli (Ed),
s.279, Lev.75, Şek.4

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Paris Havzası: Lütesiyen/9/,
Oversiyen (Alt Oligosen) / 11/, Sparnasiyen (Alt Eosen) / 10/,
İngiltere ve Belçika : Lütesiyen/12/

Familiya: CYTHERIDEIDAE Sars, 1925

Alt Familiya: CUNEOCYTHERINAE Mandelstam, 1960

Cins : Cuneocythere Lienenklaus, 1894

Alt Cins: Monsmirabilia Apostolescu, 1955

Tür-tip : Monsmirabilia subovata Apostolescu, 1955

Stratigrafik yayılım.- Paleosen-Oligosen

Ortam.- Denizel

Monsmirabilia triebeli (Keij, 1957)
Lev.1, Şek.10; Lev.2, Şek.1

1957 Cuneocythere (Monsmirabilia) triebeli Keij, s.79, Lev.9, Şek.1-4

1985 Monsmirabilia triebeli (Keij), Oertli (Ed),
s.283, Lev.77, Şek.10-11

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Belçika: İpresiyen / 9 / ,
Fransa: Lütesiyen ve Lediyen-Bartoniyen / 9 / , Akiten Havzası:
Üst Eosen / 10 / .

Monsmirabilia oblonga Apostolescu, 1955
Lev.2 , Şek . 2-3

- 1955 Monsmirabilia oblonga, Apostolescu, s.241-279, 8 Lev:
1957. Cuneocythere (Monsmirabilia) oblonga Apostolescu,
Keij, s.77, Lev.9, Şek.5-7
1972 Monsmirabilia aff. oblonga Apostulescu, Ducasse,
s.288, Lev.5, Şek.8.
1985 Monsmirabilia oblonga Apostolescu,
Oertli(Ed), s.283, Lev.77, Şek.12-13

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Belçika: İpresiyen, Fransa:
Lütesiyen ve Lediyen-Bartoniyen / 9 / , Paris Havzası: Lütesiyen / 10 /

Cuneocythere (Monsmirabilia) subovata Apostolescu
Lev.2,Şek.4-5

- 1957 Cuneocythere (Monsmirabilia) subovata Apostolescu, Keij,
s.77, Lev.11, Şek.3-5.

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Belçika: İpresiyen, Fransa:
Lütesiyen ve Lediyen-Bartoniyen / 9 / .

Familya : TRACHYLEBERIDIDAE Slyvester-Bradley, 1948
Alt Familya: TRACHYLEBERIDINAE Slyvester-Bradley, 1948
Tribe : ECHINOCYHEREIDINI Hazel, 1967
Cins : Echinocythereis Puri, 1954
Tür-tip : Cythereis garretti Howe ve Mc.Guirt, 1935.

Stratigrafik yayılım.- Paleosen-Güncel
Ortam.- Denizel, derin bölgeler (infraneritik-batiyal)

Echinocythereis aragonensis Oertli, 1960
Lev.2,Şek.6-8; Lev.3,Şek.1

- 1960 Echinocythereis aragonensis aragonensis Oertli,
s.164, Lev.3, Şek.7-13
1971 Echinocythereis aragonensis aragonensis Oertli, Sönmez-Gökçen,
s.103, Lev.3, Şek.11-12

1975 Echinocythereis aragonensis Oertli, Carbonnel,
s.47, Lev.2, Şek.5-7

1985 Echinocythereis aragonensis Oertli, Oertli,s.289,Lev.80,Şek.6

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- İspanya: Lütesiyen, /13/, ipresiyen
/14/, İngiltere: İpresiyen /15/.

Echinocythereis septentrionalis Ducasse, 1967
Lev.3, Şek.2-4

1967 Echinocythereis septentrionalis Ducasse, 89 s, 5 Lev.

1985 Echinocythereis septentrionalis Ducasse, Oertli(Ed),
s.289, Lev.80, Şek.9

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Akiten Havzası: Eosen /16/,
Akiten Havzası kuzeyi: Üst Eosen/10/.

Familya : HEMICYTHERIDAE Puri, 1953

Alt Familya: THAEROCTHERINAE Hazel, 1967

Cins : Hermanites Puri, 1955

Tür-tip : Hermania reticulata Puri. 1954

Stratigrafik yayılım.- Senoniyen-Günce
Ortam.- Epineritik ortam.

Hermanites paijenborchiana Keij, 1957
Lev.3, Şek.5-6

1850 Cypridina haidingeri Reuss, Naturwiss, Abh.3,
s.38.Lev.10,Şek.13

1852 Cythere haidingeri (Reuss), Bosquet, Mém.Acad.Roy.Sc.Belgique,
24, s.125, Lev.6, Şek.10

1955 Cythereis haidingeri (Reuss), Apostolescu,Cahiers Géol,no.28-29,
s.269, Lev.7, Şek.114-115

1957 Hermanites paijenborchiana (Reuss), Keij, Ins.R.Sci.Nat.Belg.,
Mém.136,s.110, Lev.17, Şek.11-14; Lev.21,Şek.10-11

1959 Hermanites paijenborchiana Keij, Ducasse, Univ.de Bordeaux,
These 3^oCycle, s.60,Lev.4, 23; Şek.2,3.

1961 Hermanites paijenborchiana Keij, Deltel, Univ.de Bordeaux,
These 3^oCycle, s.95, Lev.16, Şek.279-280.

- 1962 Hermanites paijenborchiana Keij, Van Hinte, Koninkl, Nederl.
Akad. Wetensch, s.180, Lev.1, 3; Şek.1-2
- 1963 Hermanites paijenborchiana Keij, Sönmez-Gökçen,
s.84-85, Lev.11, Şek.10-15

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Belçika: Üst İpresiyen-Lütesiyen / 9), Fransa, Paris Havzası: Üst Lütesiyen-Bartoniye / 17); /18), Akiten Havzası: Lütesiyen-Bartoniye /19); Lütesiyen-Rupeliye / 20) Türkiye: Trakya, Bartoniye / 21) .

Hermanites alata Ducasse, 1963
Lev.3, Şek.7-8; Lev.4, Şek.1-3

- 1963 Hermanites alata Ducasse, s.239-240, Lev.3, Şek.34-35
- 1972 Hermanites aff. alata Ducasse, Tambareau,
s.293-296, Lev.6, Şek.1-11.
- 1973 Hermanites alata Ducasse, Sönmez-Gökçen, s.83, Lev.11, Şek.1-5
- 1984 Hermanites alata Ducasse, Duru, s.82-83, Lev.6, Şek.9-13
- 1985 Hermanites alatus Ducasse, Oertli (Ed), s.296, Lev.83, Şek.7-8

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Fransa: Üst Eosen /22), Küçük Pireneler: İlerdiye / 23), Türkiye: Trakya, Bartoniye / 21), Polatlı, Tanesiye-İlerdiye /24), Akiten Havzası: Üst Eosen / 10)

Familya : XESTOLEBERIDIDAE Sars, 1928
Cins : Xestoleberis Sars, 1866
Tür-tip : Cythere aurantia Baird, 1938

Stratigrafik yayılım.- Senomaniye-Günce1
Ortam.- Oligohalinden mezohaline kadar değişebilen tuzlulukta, -2°C den 20°C'ye kadar farklı sıcaklıklarda ve de denizin litoral kesiminden batiyal zonun başlarına kadar değişebilen derinliklerde yaşayabilir.

Xestoleberis subglobosa (Bosquet, 1852)
Lev. 4, Şek. 4-5

- 1852 Bairdia subglobosa Bosquet, s.23, Lev.1, Şek.7
- 1955 Xestoleberis subglobosa (Bosquet), Apostolescu,
s.260, Lev.4, Şek.70-71

- 1957 Xestoleberis subglobosa (Bosquet), Keij,s.166,Lev.8,Şek.21
1959 Xestoleberis subglobosa (Bosquet), Ducasse,
s.53, Lev.3, Şek.2; Lev.21, Şek.2
1973 Xestoleberis subglobosa (Bosquet), Sönmez-Gökçen,
s.94, Lev.12, Şek.29-32
1984 Xestoleberis subglobosa (Bosquet), Duru,s.99-100,Lev.9,Şek.3-4-9

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Belçika: Ost Kretase?Lediyen [18],
Hollanda: İpresiyen-Bartoniyen[9], Fransa: Paris Havzası, Lütesiyen-
Bartoniyen[25]; [18] ; [9] , Akiten Havzası: Alt ve Ost Eosen [19] ,
Türkiye: Güneydoğu Trakya, Bartoniyen [21]; Polatlı, Tanesiyen-
Küviziyen [24] .

Xestoleberis convexa Deltel, 1964
Lev.4, Şek. 6-8

- 1964 Xestoleberis convexa Deltel,
1972 Xestoleberis convexa Deltel, Tambareau,
s.265, Lev.2, Şek.13,21,22
1972 Xestoleberis convexa Deltel, Ducasse,s.283,Lev.2,Şek.20
1985 Xestoleberis convexa Deltel, Oertli(Ed),s.307,Lev.87,Şek.23

Stratigrafik ve coğrafik yayılım.- Pireneler: İlerdiyen alt düzeyi
[23], İspanya: Paleojen [26] , Akiten Havzası: Ost Eosen tabanı [10]

3. SONUÇLAR

Bu çalışma ile inceleme alanında, Tohma formasyonu içerisinde bulunan marn-kireçtaşı aralanma özelliği gösteren birimlerden, Ost Lütesiyen yaş aralığında 13 ostrakod cins ve türü saptanarak sistematikleri verilmiştir. Bu türlerin stratigrafik dağılımlarının paleocoğrafik yerleşimleri incelenmiş, yörede bu zaman birimi içerisinde ortam açısından, litoral ve sığ denizel özellikli bir faunanın geliştiği belirlenmiştir.

4. KATKI BELİRTME

Araştırmaya her yönü ile ışık tutan Sayın Dr.Sefer ÜRÇEN'e (MTA,Ankara) sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ostrakod türlerinin

tafininde değerli fikirlerinden yararlandığım hocam, Sayın Prof.Dr. Nuran GÖKÇEN'e (DEÜ,İzmir) çalışmada destek gördüğüm Ç.Ö.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına teşekkürü borç bilirim.

KAYNAKLAR

- [1]. S.Ürçen, Medik-Ebreme(KB Malatya) dolayının biyostratigrafisi ve paleontolojisi. MTA Dergisi, No: 105-106 Ankara (1986) 39 - 74
- [2]. T.Ayan, Malatya kuzeyindeki Hekimhan-Ebreme köyü bölgesinin detay jeolojisi ve petrol imkanları MTA rapor, No:4186 (yayımlanmamış), Ankara(1961).
- [3]. M.F.Akkuş, Darende-Balaban Havzasının(Malatya, ESE Anadolu) jeolojik ve stratigrafik incelenmesi, MTA Dergisi, No:76, Ankara (1971), 1-60
- [4]. F.Kurtman, Grün Bölgesinin Jeolojisi ve tektonik özellikleri. MTA Dergisi, No: 91, Ankara/(1978), 1-12
- [5]. E.Sirel, Rhapydionina liburnica (Stache), Rhapydionina malatyaensis n.sp. türlerinin tanımları ve Rhapydionina Stache cinsi hakkında yeni görüşler. MTA Dergisi, No:86, Ankara (1976a),99-104
- [6]. E.Sirel, Eoannularia conica n.sp. türünün tanımı ve Darende-Grün (Batı Malatya) yöresindeki Üst Lütesiyen-Alt Priaboniyen kireçtaşlarına ilişkin yeni görüşler. TJK Bülteni, No:19,2 (1976b), 79-82.
- [7]. R.Yoldaş, Malatya kuzeyinin jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Rap.No: 4936 (yayımlanmamış) Ankara (1972).
- [8]. G.Hartmann ve H.Puri.Summary of neontological and paleontological classification of Ostracoda. Mit.Hamburg Zool. Mus. Inst. 70 (1974), 7-73.
- [9]. A.J.Keij, Eocene and Oligocene Ostracoda of Belgium. Inst. Roy.Sci.Nat.Mém., 136; Belgique (1957),1-210

- [10] . H.J.Oertli, Atlas des Ostracodes de France. Bull.Centres Rech.Explor.Prod.Elif-Aquitaine.Mém.9(1985), 257-311
- [11] . C.Guernet, Ostracodes de L'Auversien du Bassin de Paris: Description et signification,Rev.Micropal.Vol.27, No:2 (1984), 118-137.
- [12] . C.W.Haskins, Tertiary Ostracoda from the Isle of Wight and Barton,Hampshire, England, part IV, Rev. Micropal., 12(3), (1969), 149-170.
- [13] . H.J. Oertli, Evolution d'une espèce d' Echinocythereis dans le Lutétien du Rio Isabenana (Prov.Huesco, Espagne), Rev. Micropal., 3(3), (1960), 157-166.
- [14] . G.Carbonnel,Les Ostracodes de L'ilerdien (Eocène inférieur) du bassin de tremp (Espagne): Stratotype et coupes avoisinantes. Rev.Micropal.Vol.7, No:1(1975), 37-50
- [15] . N.Sönmez-Gökçen. Londra Havzası batısının İpresien Ostracodları. MTA Dergisi, No: 75, Ankara (1971), 91-107.
- [16] . O.Ducasse Nouveaux Ostracodes de l'Eocène nord-Aquitain.P.V. Soc.Sc. Phys. Nat. Bordeaux (1967), 23-89.
- [17] . V.Apostolescu. Description de quelques Ostracodes du Lutétien du bassin de Paris. Cahiers Géologiques, A.Chavan,28-29 (1955), 241-279.
- [18] . J.Bosquet. Description des Entomostracés fossiles des terrains tertiaires de la France et de la Belgique. Mém. Acad.roy.Sci. Belgique, 24 (1852), 1-142.
- [19] . O.Ducasse. Les Ostracodes de l'Eocène du sous-sol Bordelais. Intérêt stratigraphique Univ. de Bordelais: Repertation intered stratigraphique et paléogéographique, Univ. Bordeaux, These 3^o cycle (1959), 1-134 .
- [20] . B.Deitel.Les Ostracodes du Paléogène moyen et supérieur d'Aquitaine méridionale. Univ. Bordeaux. These 3^o cycle, No.d'order 95 (1961), 1-215

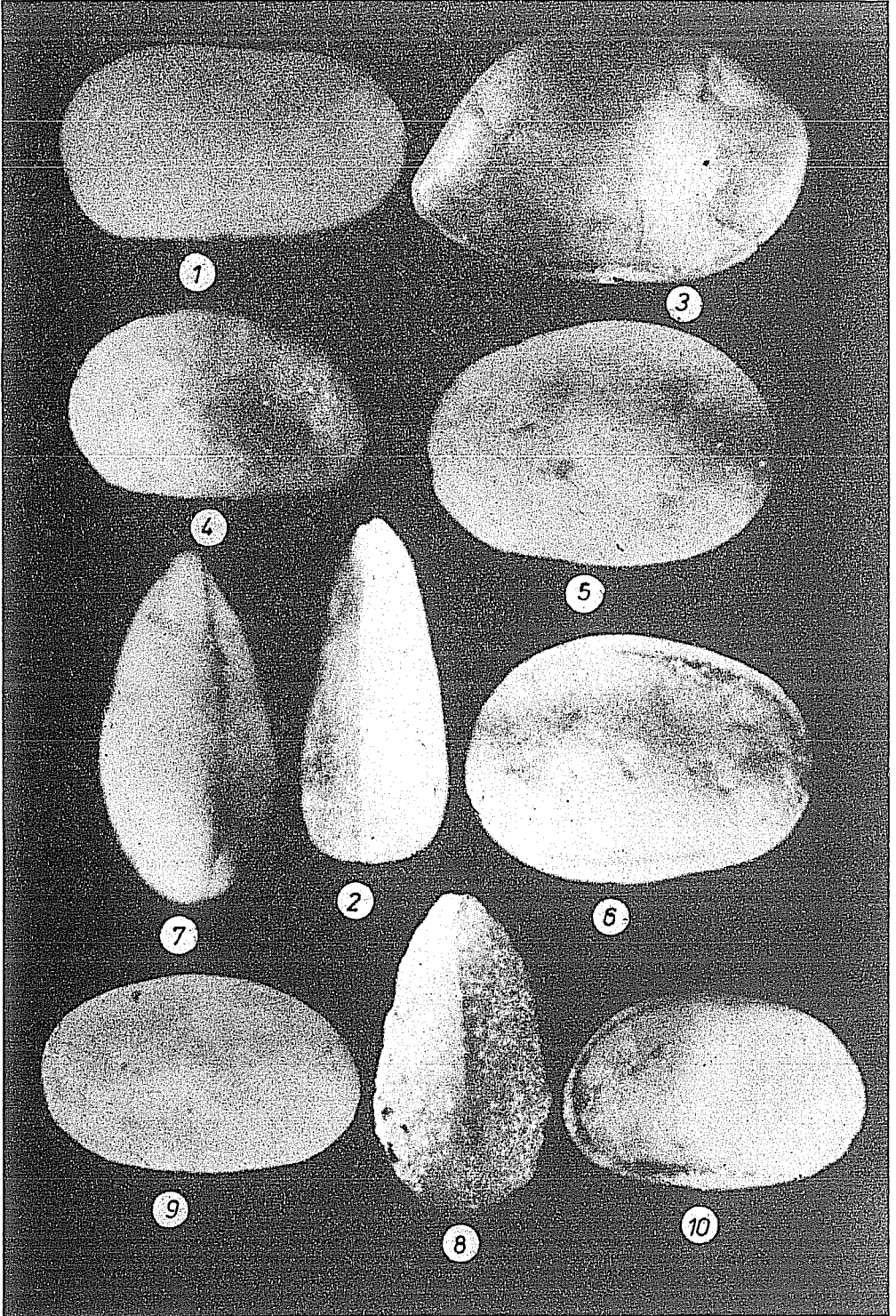
- [21]. N.Sönmez-Gökçen. Etude paléontologique (Ostracodes) et stratigraphique de niveaux du Paléogène du Sud-Est de la Thrace. MTA Dergisi, No: 147, Ankara(1973), 1-117.
- [22]. O.Ducasse. Quelques espèces nouvelles d'Ostracodes de l'Eocène terminal girondin, Act.Soc.Linn, Bordeaux,100 (1963),224-248.
- [23]. Y.Tambareau. Thanétien Supérieur et Ilerdien inférieur des Petites Pyrénées, du Plantaurel et des Chainons audois.Thèse. Toulouse (1972), 1-377.
- [24]. M.Duru. Polatlı (GB Ankara) güneyindeki Alt Paleojen istifi- nin ostrakod biyostratigrafisi. Hacettepe Üniversitesi Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara (1984), 141 s.
- [25]. V.Apostolescu. Répartition stratigraphique générale des ostracodes du Paléogène des Bassins de Paris et Bruxelles. Colloque Paléogène. Mém.B.R.G.M. 28(1964),1035-1040
- [26]. O.Ducasse. Les Ostracodes de la coupe de Campo (prov.Huesca, Espagne)Rev.Espan.Espan.Micropal.no.extr.30(1972),273-289.

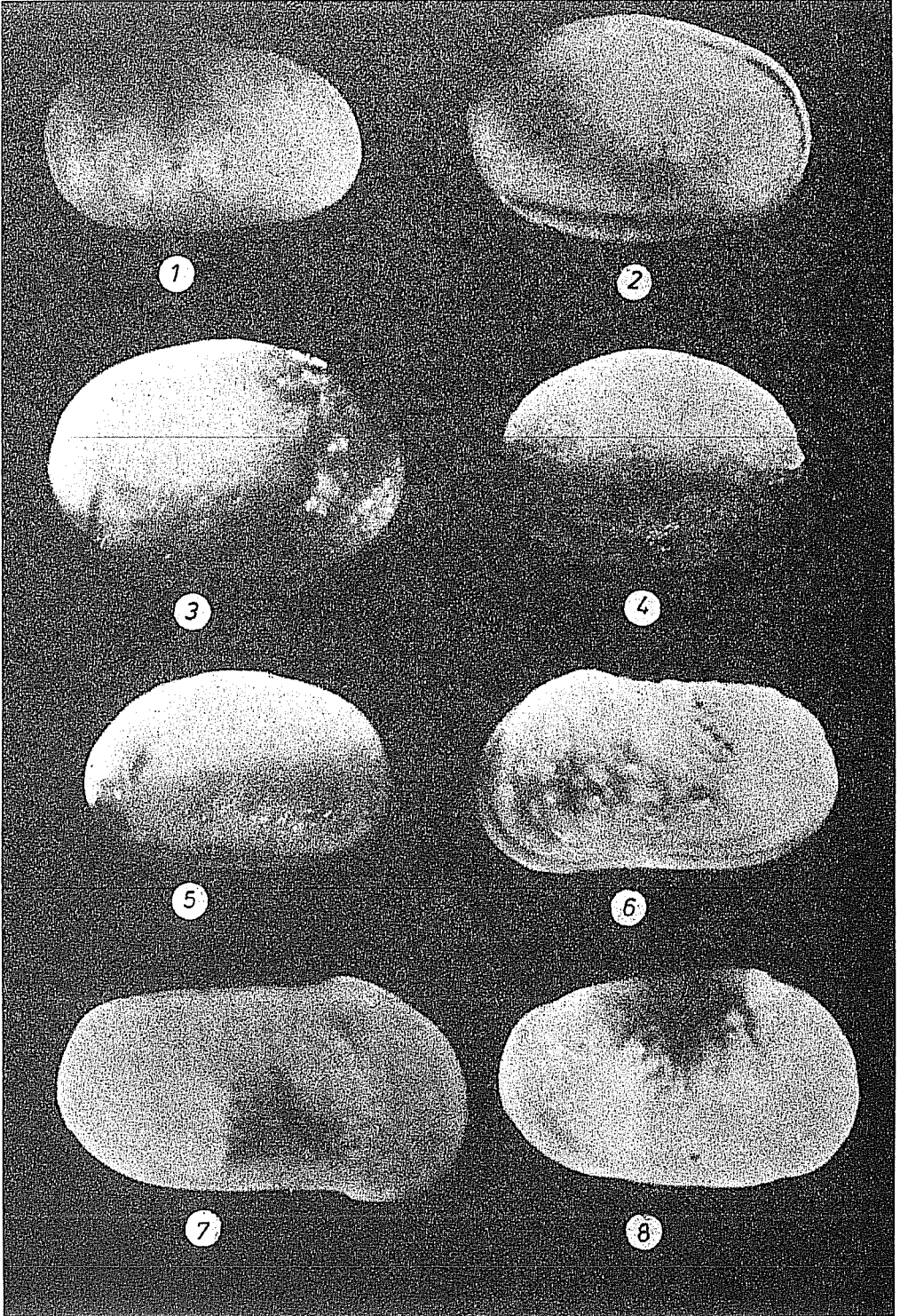
LEVHA 1

- Şekil 1-2 : Cytherella jonesiana (Bosquet)
 1 . Kabuk,sağ yandan görünüm, X77
 2 . Kabuk,sırttan görünüm,X80
- Şekil 3 . Bairdia sp.
 3 . Kabuk, sağ yandan görünüm, X35
- Şekil 4 : Cytheridea cf. crassa Ducasse
 4 , Kabuk,so1 yandan görünüm, X110
- Şekil 5-9 : Neocyprideis apostolescui (Keij)
 5 . Kabuk, so1 yandan görünüm, (♂), X88
 6 . Kabuk, sağ yandan görünüm, (♂), X88
 7 . Kabuk, sırttan görünüm, (♂), X80
 8 . Kabuk, sırttan görünüm, (♀), X100
 9 . Kabuk, so1 yandan görünüm, (♀), X80
- Şekil 10 : Monsmirabilia triebeli (Keij)
 10 . Kabuk; sağ yandan görünüm, (♀), X96

LEVHA 2

- Şekil 1 : Monsmirabilia triebeli (Keij)
 1 . Kabuk, so1 yandan görünüm, (♂), X96
- Şekil 2-3 : Monsmirabilia oblonga Apostolescu
 2 . Kabuk, sağ yandan görünüm, (♀), X78
 3 . Sol kapak, dıştan görünüm, (♂), X81
- Şekil 4-5 : Cuneocythere (Monsmirabilia) subovata Apostolescu
 4 . Kabuk, so1 yandan görünüm, (♀), X92
 5 . Kabuk, sağ yandan görünüm, (♂), X85
- Şekil 6-8 : Echinocythereis aragonensis Oertli
 6 . Kabuk, so1 yandan görünüm, (♂), X51
 7 . Kabuk, sağ yandan görünüm, (♂), X62
 8 . Kabuk, sağ yandan görünüm, (♀), X73



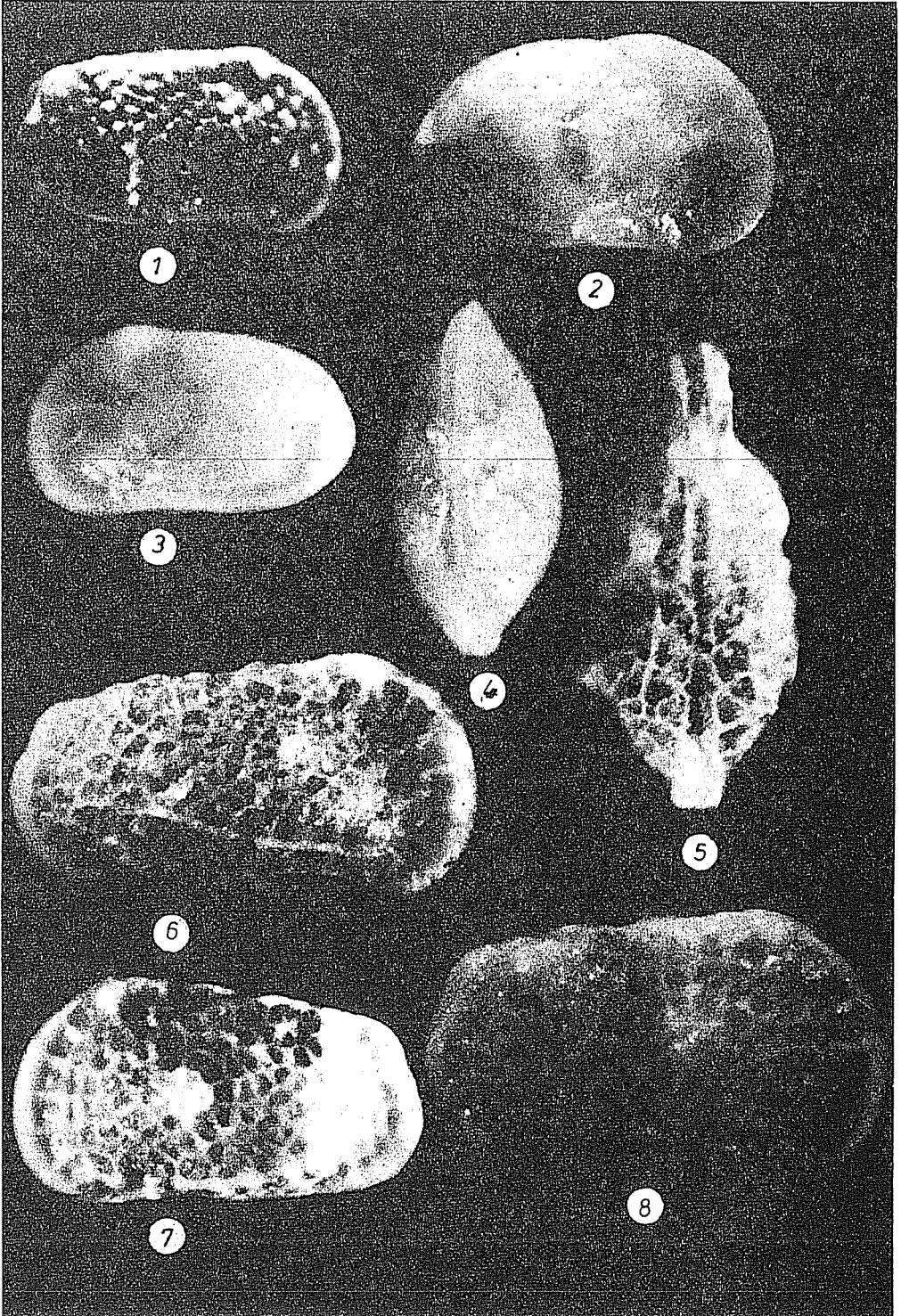


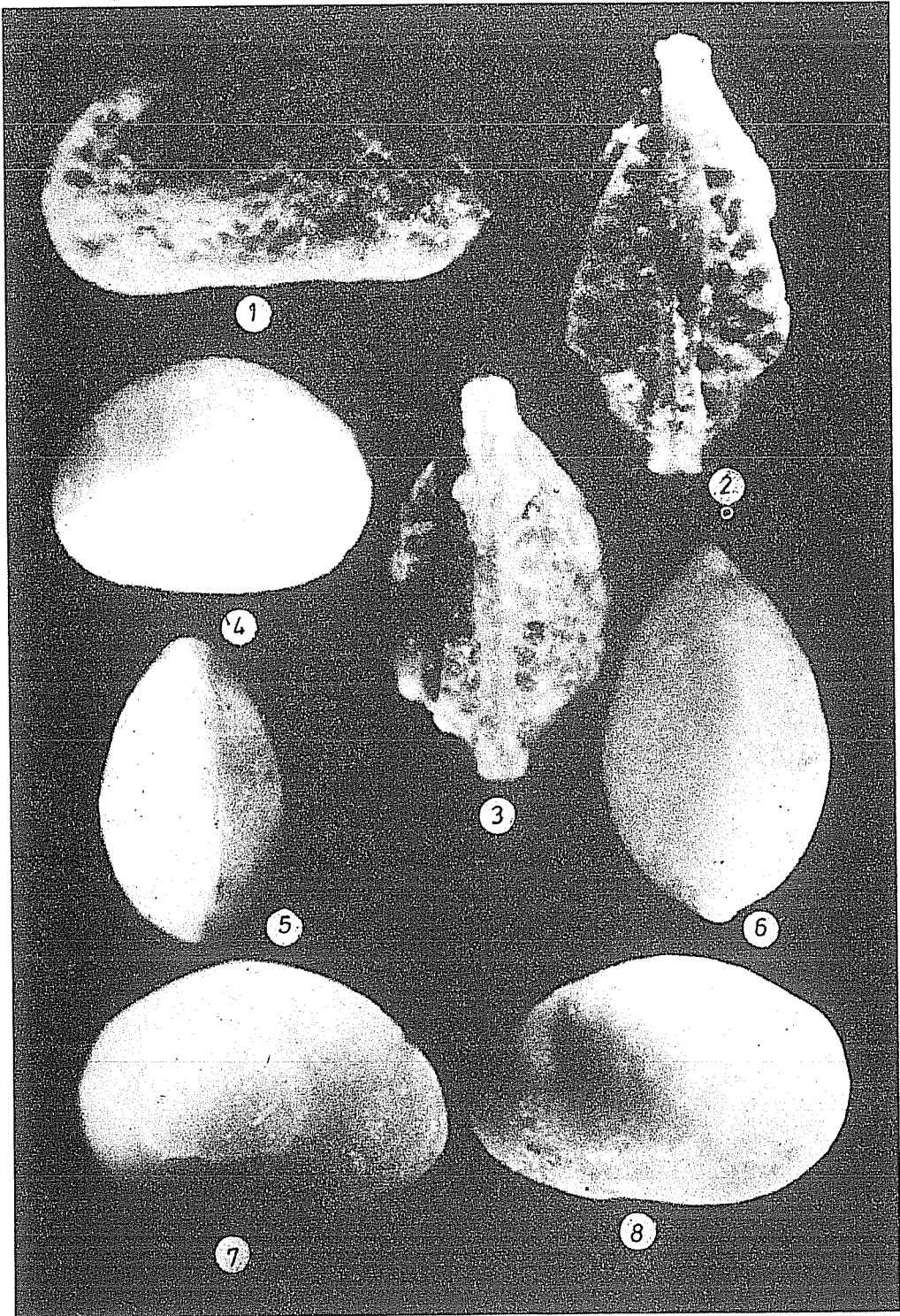
LEVHA 3

- Şekil 1 : Echinocythere aragonensis Oertli
1 : Kabuk, sağ yandan görünüm, (♂), X65
- Şekil 2-4: Echinocythereis septentrionalis Ducasse
2. Kabuk, sağ yandan görünüm, X72
3. Kabuk, sol yandan görünüm, X58
4. Kabuk, sırttan görünüm, X90
- Şekil 5-6: Hermanites pajenborchiana Keij
5. Kabuk, sırttan görünüm, X100
6. Kabuk, sağ yandan görünüm. X88
- Şekil 7-8: Hermanites alata Ducasse
7. Kabuk, sol yandan görünüm, (♀), X90
8. Kabuk, sağ yandan görünüm, (♀), X115

LEVHA 4

- Şekil 1-3: Hermanites alata Ducasse
1. Kabuk, sol yandan görünüm, (♂), :73
2. Kabuk, karından görünüm, (♀), X100
3. Kabuk, sırttan görünüm, (♀), X51
- Şekil 4-5: Xestoleberis subglobosa (Bosquet)
4. Kabuk, sol yandan görünüm, X100
5. Kabuk, sırttan görünüm, X90
- Şekil 6-8: Xestoleberis convexa Deltel
6. Kabuk, sırttan görünüm, X120
7. Kabuk, sağ yandan görünüm, X80
8. Kabuk, sol yandan görünüm, X93.





1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for ensuring the integrity and reliability of financial data. This section also outlines the various methods and tools used to collect and analyze data, highlighting the need for consistency and precision in data entry and reporting.

2. The second part of the document focuses on the role of technology in modern data management. It explores how advanced software solutions and cloud-based platforms have revolutionized the way organizations store, access, and analyze their data. This section discusses the benefits of automation and the challenges associated with data security and privacy in a digital environment.

3. The third part of the document addresses the importance of data governance and compliance. It discusses the various regulations and standards that govern the collection, use, and disposal of data, and provides guidance on how organizations can ensure they are meeting these requirements. This section also highlights the role of data governance in promoting transparency and accountability in data management practices.

4. The fourth part of the document discusses the importance of data quality and accuracy. It emphasizes that high-quality data is essential for making informed decisions and driving business success. This section outlines the various techniques and processes used to identify and correct data errors, and provides guidance on how to establish a robust data quality framework. It also discusses the role of data quality in ensuring the reliability and validity of data analysis results.

5. The fifth part of the document focuses on the importance of data security and protection. It discusses the various threats and risks associated with data breaches and provides guidance on how to implement effective security measures to protect sensitive information. This section also highlights the importance of data backup and recovery strategies in ensuring business continuity in the event of a data loss.

6. The sixth part of the document discusses the importance of data integration and interoperability. It emphasizes that the ability to seamlessly integrate and share data across different systems and departments is essential for maximizing the value of data. This section outlines the various challenges and solutions associated with data integration, and provides guidance on how to design and implement a robust data integration strategy.

7. The seventh part of the document discusses the importance of data visualization and reporting. It emphasizes that presenting data in a clear and concise manner is essential for facilitating understanding and decision-making. This section outlines the various techniques and tools used to create effective data visualizations and reports, and provides guidance on how to design and implement a robust data reporting system. It also discusses the role of data visualization in identifying trends and patterns in data.

8. The eighth part of the document discusses the importance of data ethics and responsible data management. It emphasizes that organizations have a responsibility to ensure that their data management practices are ethical and transparent. This section outlines the various principles and guidelines that govern data ethics, and provides guidance on how to implement a robust data ethics framework. It also discusses the role of data ethics in promoting trust and confidence in data management practices.

9. The ninth part of the document discusses the importance of data innovation and future trends. It explores the various emerging technologies and trends that are shaping the future of data management, and provides guidance on how organizations can stay ahead of the curve. This section also discusses the role of data innovation in driving business growth and competitive advantage.

DERGIYE GÖNDERİLECEK MAKALELER İÇİN YAZIM KURALLARI

- 1- Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleriyle ilgili başka bir yerde yayınlanmamış orijinal bir araştırma niteliğinde olmalıdır. Çeviri ve derleme makaleler kabul edilmez. Yazı dili Türkçe'dir.
- 2- Dergi ofset tekniği ile basılacağından, düzeltilmiş kesin makale silintisiz ve normal IBM karakteriyle 1 orijinal ve 2 kopya olarak gönderilmelidir. Makaleler ilk gönderilirken normal bir daktilo makinası ile yazılabilir. Düzeltmeler yazarlar tarafından yapılır.
- 3- Sayfa solda 4 cm, diğer yönlerde 3 cm boşluk bırakılarak doldurulmalı, ilk sayfada başlık üstten 5 cm boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
- 4- Makalenin başlığı metne uygun kısa ve açık ifadeli olmalıdır. Başlık büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır.
- 5- Makale 1.5 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1.5 aralık bırakılmalıdır.
- 6- Yazar ad ve soyadları ünvan belirtilmeden başlığın 1 cm altına sayfa ortalanarak yazılır. Yazar sayısı birden çok ise hepsi alt alta yazılır. Yazar adresi (Üniversite, Fakülte, Bölüm, Şehir) ilk sayfanın altına çizgi çekildikten ve (*), (**)... v.b.g. işaretlerle yazar adlarının sağ üstünde belirtildikten sonra dipnot olarak verilmelidir.
- 7- Makaleler, çizelge, şekil ve fotoğraflarla birlikte en fazla 15 sayfa olmalıdır.
- 8- Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydınlatılmış kağıdına veya beyaz kuşe kağıda çizilmeli, resimler parlak fotoğraflar kartına siyah-beyaz ve net basılmış olmalı hepsi şekil olarak numaralandırılıp, şekil altı yazılmalı ve metin uygun yere yerleştirilmelidir.
- 9- Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, bu ilk sayfa altına başlıkta (*) ile belirtildikten sonra, dipnotu olarak yazılmalıdır.
- 10- Başlıklar 1., 2., .. ve alt başlıklar 1.1., 1.2.,... v.b.g. numaralandırılıp alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime baş harfleri büyük olarak yazılmalıdır.
- 11- Metindeki eşitlikler (1), (2),... v.b.g. numaralandırılmalı ve numaralar sayfanın en sağına yerleştirilmelidir. Daktiloda bulunmayan işaretler, siyah çini mürekkep ve şablon kullanılarak (veya elle çok düzgün bir şekilde) yazılmalıdır.
- 12- Makalede sayfa numaraları üst sağ köşeye kurşun kalem ile yazılmalıdır.
- 13- Makalenin bölümleri aşağıdaki sıraya göre olmalıdır: Türkçe başlık, özet, İngilizce başlık ve özet, Metin, Teşekkür (gerekli ise) ve Kaynaklar.
- 14- Özetler en az 5, en fazla 10 satır olmalıdır. Özeten sonra makalenin İngilizce başlığı büyük harfler ve sayfa ortalanarak yazılıp, bunun altına da "Abstract" İngilizce olarak verilmelidir.

- 15- Metinde mutlaka giriş ve sonuç bölümleri bulunmalıdır. Ara bölümler Materyal ve Metod, Deneysel çalışma, Teorik Esaslar gibi başlıklar veya alt başlıklar şeklinde düzenlenebilir.
- 16- Metin içinde Kaynaklara atıfta bulunulmak istenildiğinde, yazar adı verilerek veya verilmeksizin kaynak numarası köşeli parantez içinde gösterilecektir. Numaralandırma metinde verilmiş sırasına göre yapılmalıdır. İki'den fazla yazar sayısı durumunda ilk iki yazar adı yazılıp, türkçe kaynaklarda "ve di" yabancı kaynaklarda "et al" ibaresi eklenir. Kaynak makale ise, önce yazar adı baş harfi, yazarın soyadı, makalenin adı (yalnız ilk kelimenin baş harfi büyük), Derginin adı veya varsa kısaltılmış adı, dergi cilt ve sayısı, parantez içinde senesi ve en sona da başlangıç ve bitiş sayfaları tire ile ayrılarak verilir. Kaynak bir kitap ise yazar adının ilk harfi, soyadı, kitap adı (kelime başka harfleri büyük), yayınevi, yayın yeri, yayın yılı ve gerekiyorsa sayfa numarası verilir.

ÖRNEK:

- (1) A.E. Bergles, Recent development in convective heat transfer augmentation, Appl, Mechs, Rev., 26 (1973), 675-682,
- (2) P.J. Roache, Computational Fluid Dynamics, Hermose Publisher, Albuquerque, 1976, (Tez, teblig, rapor da makaleye benzer biçimde kaynak olarak verilir.)

- 17- Yazara bir adet dergi ücretsiz olarak gönderilir ve makale için bir telif hakkı ödenmez.
- 18- Dergiye gönderilen yazılar, yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez.
- 19- Makaleleri yayınlama yetkisi Dergi Yayın Kuruluna aittir.
- 20- Dergiye gönderilecek makaleler aşağıdaki adrese gönderilmelidir:

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
Balcalı /ADANA



