

HACETTEPE  
FEN VE MÜHENDİSLİK  
BİLİMLERİ DERGİSİ

YAYIMLAYAN  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ BASIM VE YAYIM MERKEZİ



**HACETTEPE**

**FEN VE MÜHENDİSLİK  
BİLİMLERİ DERGİSİ**

YILDA BİR YAYIMLANIR

CİLT 6 / MART 1976

*EDITÖR / Dr. ALÂETTİN KUTSAL*

*YAYIM KURULU (HACETTEPE FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ)*

*Dr. ORHAN BAYSAL / Dr. ERFÜZ EDGÜER / Dr. ALÂETTİN  
KUTSAL (KURUL BAŞKANI) / Dr. NİHAT ŞİŞLİ / Dr. DİNÇER ÜLKÜ*

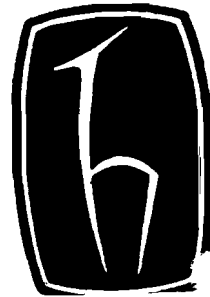
*YÖNETİCİ EDITÖR VE SANAT DİREKTÖRÜ / VURAL TÜRKER*

*TEKNİK EDITÖR YARDIMCISI / SÜHEYLÂ KIYICI*

31

*YAYIMLAYAN*

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ BASIM VE YAYIM MERKEZİ**



### ABONE ÜCRETLERİ

Türkiye içi :	Bir sayının fiyatı (posta ücreti hariç) .....	7.5 TL.
	İki yıllık abone ücreti (posta ücreti dahil) .....	12.5 TL.
Dış ülkeler :	Bir sayının fiyatı (posta ücreti hariç) .....	\$ 1.25
	İki yıllık abone ücreti (posta ücreti dahil) .....	\$ 2.25

Makaleler, yayım işleri, abone ücretleri ve diğer hususlarla ilgili yazışmalar aşağıdaki adresle yapılmalıdır :

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
BASIM VE YAYIM MERKEZİ  
ANKARA

## HACETTEPE FEN ve MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ

## İÇİNDEKİLER

- 1 *Eurygaster Maura L. (Hemiptera: Scutelleridae) da Vitello-  
genesis*  
(*The Vitellogenesis in the Eurygaster Maura L.*)  
TÜLAY ÜNAL
- 31 *Ankara Çevresinde Notonecta glauca (Hemiptera: Notonect-  
tidae) Üzerinde Sistematiik-Biyolojik ve Ekolojik Araştırmalar*  
(*Systematical, biological and ecological studies on Notonecta  
glauca L. (Hemiptera: Notonectidae) in Ankara*)  
NEVİN ZİNCİRCİ
- 44 *X - Işınları Difraksiyonu ile Sodyum Kobalt Glutamat'ın  
Kristal Yapısının Araştırılması*  
(*The investigation of the crystal structure of sodium cobalt  
L-glutamate monohydrate with x-ray diffraction*)  
HÜSEİN SOYLU / KUBİLAY TUĞLUK
- 53 *Pion Elektromagnetik Form Faktörü için Eksiltmesiz Disper-  
sion Bağıntısı*  
(*Unreducing Dispersion Relationship for Pion Electromagne-  
tic Form Factor*)  
NAMİK KEMAL PAK
- 62 *Uç Örneklem Değerlerinin Kuramı ve Fırat Nehrinin Mak-  
simum Debisinin Tahmini*  
(*The theory of extreme values and its applications on the es-  
timation of maximum flood peak discharge of the Fırat River*)  
ALAETTİN KUTSAL / ÖMER ESENSOY
- 78 *Hafif Doğum Nedenleri ile İlgili Bir Araştırma*  
(*A Research on the Causes of Light Borns*)  
ZEHRRA MULUK / HÜLYA ERGÜL / ZEHRRA ÖZDAMAR
- 95 *Tahminlerin Yorumu*  
(*Interpretation of the Estimates*)  
SÜLEYMAN GÜNAY
- 107 *1973-74 Ders Yılında Hacettepe Üniversitesinde Öğrenim  
Gören Öğrencilerin Çeşitli Yönlerden İncelenmesi*  
(*An Investigation on students who were enrolled at Hacettepe  
University, Ankara, during the 1973-1974 Academic year.*)  
HÜLYA ERGÜL / KADİR SÜMBÜLOĞLU

**İÇİNDEKİLER**  
**(Devamı)**

- 144** *Gösterge Değişkenlerle Doğrusal Model Parametrelerinin Tahmini*  
(*The Estimation of the Parameters of the Linear Model Using Indicator Variables*)  
ONUR BASKAN
- 157** *Olasılık Oranlarının Ardışık Testi (OOAT) ve Çeşitli Sayıtlara Uygulanması*  
(*Sequential Probability Ratio Test (SRPT) on Application to Various Hypotheses*)  
HÜLYA ERGÜL
- 170** *Çok Değişkenli Normal Dağılıma Sahip Bağımlı Değişkenlerin Ortalamalarının Tahmin Yöntemleri*  
(*Estimation Methods of the Means of Multivariate Normally Distributed Dependent Variables*)  
FETİH YILDIRIM
- 185** *Stratejik Modeller ve Oyunlar Kuramı*  
(*Strategische Modelle und Spieltheorie*)  
ÖMER ESENSOY
- 193** *Serbest Akım Derişiminin Özellikleri Değişen Sınır Tabakasındaki Termodinamik Kenetlenmeye Etkileri*  
2. *Duvar Düzlemine Dik İki Boyutlu Akış İçin*  
(*The Effect of Free Stream Concentration on Thermodynamic Coupling in Variable Property Boundary Layer*)  
2. *Plane Stagnation Flow*)  
AYSEL ATIMTAY
- 207** *Türkiye Bor Tuzları*  
(*Borrohstoffe der Türkei*)  
ORHAN BAYSAL
- 227** *Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Yazı Kuralları*

# Serbest Akım Derişiminin Özelikleri Değişen Sınır Tabakasındaki Termodinamik Kenetlenmeye Etkileri

2. Duvar Düzlemine Dik İki Boyutlu Akış İçin

The Effect of Free Stream Concentration on Thermo-  
dynamic Coupling in Variable Property Boundary  
Layer

2. Plane Stagnation Flow

**Aysel Atımtay\***

**ÖZET:** Bu çalışma, duvar düzlemine dik iki boyutlu akış için dış (serbest) akım içerisinde duvardan gaz püskürtüldüğünde aynı anda meydana gelen ısı ve kütle aktarımı probleminin analitik olarak incelenmesidir. Daha önce aynı problemin analitik çözünmesi plâka sistemi için yapılmıştır. Burada ele alınan sistemde oluşan sınır tabakasinda, değişen fiziksel özelliklerin ve itimli konveksiyon, difüzyon, termodinamik kenetlenme gibi mekanizmaların aynı anda olan ısı ve kütle aktarımı üzerindeki etkileri göz önüne alınmıştır. Serbest akım, hava veya hava ve püskürtülen gaz (helyum, hidrojen gibi) karışımıdır. Çalışmanın amacı serbest akımda püskürtülen gazın derişimi değiştğinde termodinamik kenetlenme üzerinde yaratacağı etkinin geniş  $T_w/T_e$  aralğında saptanmasıdır.

**SUMMARY:** This study is an analytical investigation of simultaneous heat and mass transfer for plane stagnation flow where a gas (helium or hydrogen) is injected from the wall into a flowing external stream. Same type of problem was treated before for flow over a flat plate. The effects of variable physical properties and the mechanism of forced convection, diffusion and thermodynamic coupling on heat and mass transfer have been considered for plane stagnation flow. The free stream is taken to be air or a mixture of air and the injected specie. The studies

\* Hacettepe Üniversitesi, Kimya Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü.

are focused on the effect which free stream concentration of the injected specie has upon the role of thermodynamic coupling; over a wide range of  $T_w/T_e$ .

## GİRİŞ

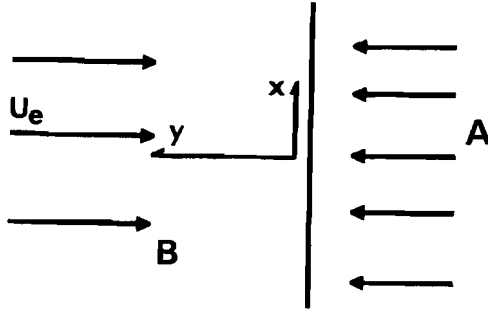
Uzay araçlarının atmosfere girişinde araç duvarlarının; türbin bıçaklarının ve yanma hücreleri çeperlerinin çok yüksek sıcaklıktaki gazlarla teması söz konusu olmaktadır. Bu araçlar, bıçaklar ve hücre çeperleri yüksek sıcaklığa dayanıklı maddelerden yapılmakta, sıcaklığın bu maddelerin dayanım üst sınırını aşması halinde kütle aktarımı yoluyla soğutulmaktadır. Dış akıma göre daha soğuk bir akışkan, gözenekli duvarlardan sınır tabakasına püskürtülmekte, böylece yüksek sıcaklıktaki akışkanla duvar arasında özellikleri değişen bir tampon tabaka oluşmaktadır. Bu tabaka yüksek sıcaklıktaki gazların yüzeye temasa gelmesini önlemektedir.

Sınır tabakasına soğutucu olarak hava püskürtüldüğü zaman deneysel ve kuramsal sonuçlar birbirine uymakta, fakat bazı hafif gazlar, örneğin helyum, püskürtüldüğünde bazı koşullar altında deneysel ve kuramsal sonuçlar arasında büyük farklar görülmekte, havadan yüzeye doğru olan ısı aktarımı azalacağı yerde artmaktadır. Görülen farklar, "Termodinamik Kenetlenme" etkisi göz önüne alındığı zaman azalmaktadır. Termodinamik kenetlenme, Soret (sıcaklık farkının neden olduğu kütle aktarımı) ve Dufour (derişim farkının neden olduğu ısı aktarımı) etkilerinden oluşmaktadır. Ele alınacak sınır tabakası problemi, böylece ısı ve kütle aktarımının beraberce olduğu, fiziksel özelliklerin hem sıcaklık hem de derişim ile değiştiği, termodinamik kenetlenmenin de göz önüne alındığı bir problem haline gelmektedir.

Daha önceki makalede<sup>4</sup>, düz plâka üzerindeki itimli konveksiyon akımı için serbest akımdaki püskürtülen gaz derişimi değişiminin, *özellikleri sıcaklık ve derişimle değişen sınır tabakasındaki* termodinamik kenetlenmeye olan etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada da aynı problem değişik bir sistem için ele alınmıştır. Göz önüne alınan sistem, bir duvar düzlemine dik, iki-boyutlu itimli konveksiyon akımı olan bir sistemdir. Bu tür akışlar sadece düz duvar yakınında değil, aynı zamanda durgunluk noktası etrafında küt bir burnu olan silindirik cisimler yakınında da görülür.

## MATEMATİKSEL BAĞINTILAR

Şekil 1 de, incelenen sistem görülmektedir. Duvar gözenekli bir maddeden yapılmıştır. Dış akıma doğru püskürtülen gaz A ( $H_2$ , He,  $CO_2$



Şekil 1

Duvar düzlemine dik iki-boyutlu akış için koordinat sistemi.

veya hava), dış akım da B (hava veya hava ve püskürtülen gazın değişik oranlardaki karışımı) dir. Sınır tabakasındaki gaz karışımının fiziksel özellikleri sıcaklık ve derişim ile değişmektedir.

Sistemdeki parametreler A'nın püskürtülme hızı  $F(0)$ , duvar sıcaklığı  $T_w$ , serbest akım sıcaklığı  $T_e$  ve serbest akımda püskürtülen gaz derişimi  $X_{A_e}$  dir.

Düz plâka üzerinde akışın olduğu sistem için yapılan varsayımlar<sup>4</sup> burada da geçerlidir. Ayrıca sınır tabakası problemleri için gerekli standart yaklaşımlar<sup>1,2</sup> yapılmıştır. Burada üç tip matematiksel çözüm ile ilgilenilmektedir:

1. Soret ve Dufour etkilerinin beraberce düşünülmesiyle bulunan çözüm (TD ve DT beraber);
2. Sadece Dufour etkisi düşünülerek bulunan çözüm (sadece DT),
3. Soret etkisinin ihmal edilmesi, fakat Dufour etkisinin doğrusal değişimli düşünülmesi ile bulunan yaklaşık çözüm.

Momentum, enerji ve kütle korunumu yasalarının en genel şekilleriyle sınır tabakası için yazılması ve yapılan yaklaşımlara göre bazı terimlerin ihmal edilerek "standart sınır tabakası denklemleri"nin çıkarılışı çeşitli kaynaklarda<sup>1,2</sup> verilmiştir. Bundan dolayı burada sadece ele alınan sistemdeki değişken özellikli sınır tabakasına bu denklemlerin uygulanması verilecektir.

$$\text{Süreklilik} : \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\text{Momentum} : \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \rho g_x \quad (2)$$



$$0 = - \frac{\partial p}{\partial y} + \rho g_y \quad (3)$$

$$\text{Difüzyon} : \rho u \frac{\partial \omega_A}{\partial x} + \rho v \frac{\partial \omega_A}{\partial y} = - \frac{\partial j_A}{\partial y} \quad (4)$$

$$\text{Enerji} : \rho u C_p \frac{\partial T}{\partial x} + \rho v C_p \frac{\partial T}{\partial y} = - \frac{\partial q}{\partial y} - \left( C_{p_A} - C_{p_B} \right) j_A \frac{\partial T}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + u \frac{\partial p}{\partial x} \quad (5)$$

Burada

$$j_A = - \rho D \left( \frac{\partial \omega_A}{\partial y} + \frac{\alpha \omega_A (1 - \omega_A)}{T} \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (6)$$

$$q = - k \frac{\partial T}{\partial y} + \alpha R T \frac{M}{M_A M_B} j_A \quad (7)$$

dır.  $j_A$ , derişim ve Soret etkisinden ileri gelen kütle akısını;  $q$ , Fourier iletimi ve Dufour etkisinden ileri gelen ısı akısını göstermektedir.

Sınır Koşulları;

$$\left. \begin{array}{l} u = 0 \\ \omega_A = \omega_{A_w} \\ T = T_w \\ v = v_w \end{array} \right\} y = 0 \quad \left. \begin{array}{l} u = U_e \\ \omega_A = \omega_{A_e} \\ T = T_e \end{array} \right\} y \rightarrow \infty \quad (8)$$

Duvarın B'ye karşı geçirgen olmadığı varsayıldığından  $y=0$  da B'nin kütle aktarım hızı sıfırdır.

$j_B = - j_A$  alınabilir. O halde

$$v_w = - \frac{j_B}{\rho_B} \Big|_w = - \frac{D}{1 - \omega_A} \left[ \frac{\partial \omega_A}{\partial y} + \frac{\alpha \omega_A (1 - \omega_A)}{T} \frac{\partial T}{\partial y} \right] \Big|_w \quad (9)$$

olur. Bu da momentum ve difüzyon denklemleri arasındaki kenetlenmiş sınır koşuludur.

Sınır tabakası için yazılan kısmi diferansiyel denklemlerde  $u$  ve  $v$ ,  $U_e$  ile;  $T$  ve  $\omega_A$  da denklem (14) ve (15) e göre boyutsuz hale getirilir. Elde edilen kısmi diferansiyel denklem sistemi, denklem (11), (12), (13) ve (14) de belirtilen, benzer çözüm verebilecek değişken değıştir-

meleri yapılarak basit diferansiyel denklem sistemine indirgenir. Böylece sınır tabakası için yazılan eşitlikler sadece bir değişkene ( $\eta$ ) bağlı olur.

$$\eta = \sqrt{\frac{U_c}{xv_c}} \int_0^y \frac{1}{\Lambda_\mu} dy \quad (10)$$

$$\psi = \sqrt{\frac{U_c x}{v_c}} F(\eta) \quad (11)$$

$$\frac{u}{U_c}(\eta, F(0), X_{A_e}, T_w/T_c) = \frac{1}{\Lambda_\rho \Lambda_\mu} F'(\eta) \quad (12)$$

$$\frac{v}{U_c}(\eta, F(0), X_{A_e}, T_w/T_c) = - \left( \frac{v_c}{U_c x} \right)^{\frac{1}{2}} \Lambda_\rho^{-1} F(\eta) \quad (13)$$

$$\theta(\eta, F(0), X_{A_e}, T_w/T_c) = \frac{T - T_c}{T_w - T_c} \quad (14)$$

$$\varnothing(\eta, F(0), X_{A_e}, T_w/T_c) = \frac{\omega_A - \omega_{A_e}}{\omega_{A_w} - \omega_{A_e}} \quad (15)$$

Değişken değiştirmesi yaptıktan sonra denklem sistemi (1, 2, 3, 4, 5) aşağıdaki şeklini alır:

$$\text{Momentum} : \left( \frac{F'}{\Lambda_\rho \Lambda_\mu} \right)'' + F \left( \frac{F'}{\Lambda_\rho \Lambda_\mu} \right)' = 0 \quad (16)$$

$$\text{Difüzyon} : \left( \frac{\varnothing'}{Sc} \right)' + F \varnothing' + \Delta' = 0 \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \text{Enerji} : \left( \frac{\Lambda_k}{\Lambda_\mu} \theta' \right)' + \Omega \frac{\Lambda_k}{\Lambda_\mu} \theta' + \frac{1}{\frac{T_w}{T_c} - 1} \Gamma' \\ + Pr_c E \left[ \left( \frac{F'}{\Lambda_\rho \Lambda_\mu} \right)' \right]^2 = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

Burada

$$\Delta = \frac{\alpha \varnothing (1 - \omega_{A_w} \varnothing)}{Sc \left[ 1 + \left( \frac{T_w}{T_c} - 1 \right) \theta \right]} \left( \frac{T_w}{T_c} - 1 \right) \theta' \quad (19)$$

$$\Omega = \text{Pr}_e \left[ \Lambda_c F + \omega_{\Lambda_w} \Lambda_{c_{AB}} \left( \frac{\Theta'}{\text{Sc}} + \Delta \right) \right] \frac{\Lambda_\mu}{\Lambda_k} \quad (20)$$

$$\Gamma = \alpha \omega_{\Lambda_w} \left[ 1 + \left( \frac{T_w}{T_e} - 1 \right) \theta \right] \frac{M}{M_A M_B} \frac{R \mu_e}{k_e} \left( \frac{\Theta'}{\text{Sc}} + \Delta \right) \quad (21)$$

$$\Lambda_\mu = \frac{\mu}{\mu_e}, \Lambda_\rho = \frac{\rho}{\rho_e}, \Lambda_k = \frac{k}{k_e}$$

$$\Lambda_D = \frac{D}{D_e}, \Lambda_c = \frac{C_p}{C_{p_e}}, \Lambda_{c_{AB}} = \frac{C_{pA} - C_{pB}}{C_{p_e}} \quad (22)$$

Pr = Prandtl sayısı

Sc = Schmidt sayısı

E = Eckert sayısı

Boyutsuz sınır koşulları:

$$\left. \begin{array}{l} F = F(0) \\ F'(0) = 0 \\ \Theta(0) = 1 \\ \theta(0) = 1 \end{array} \right\} \eta=0 \quad \left. \begin{array}{l} F'(\infty) \rightarrow 1 \\ \Theta(\infty) \rightarrow 0 \\ \theta(\infty) \rightarrow 0 \end{array} \right\} \eta \rightarrow \infty \quad (23)$$

$$F(0) = \frac{\omega_{\Lambda_w}}{1 - \omega_{\Lambda_w}} \left( \frac{\Theta'(0)}{\text{Sc}_w} + \Delta_w \right) \quad (24)$$

olur. Denklem (16, 17, 18) in entegre edilmiş şekilleri ve çözüm yöntemleri düz plâka sistemi için kullanılan yöntemin aynıdır.<sup>4</sup>

## SONUÇLAR VE TARTIŞMALARI

### 1. Isı Aktarımı Sonuçları

1. Soret ve Dufour etkilerinin göz önüne alınmadığı, duvardan da helyum püskürtmesinin yapılmadığı durumda serbest akımdaki helyum derişiminin ( $X_{A_e}$ ) artmasıyla duvardan geçen ısı akısı ( $q_{w_0}$ ) da artmaktadır. Bunun nedeni helyum-hava karışımı ısıl iletkenliğinin havaya göre daha büyük olmasıdır.

Serbest akım içerisinde gaz püskürtüldüğü zaman ( $X_{A_e} = 0$  için) duvardaki ısı akısının, püskürtme olmadığı zamanki ısı akısına oranı,  $q_w/q_{w_0}$ ,  $T_w/T_e$  değeri 1 veya 1 civarında olursa artan püskürtme hızıyla bir artış göstermektedir. Yüzey sürtünme katsayısı da püskürtme hızıyla aynı şekilde değişmektedir.  $X_{A_e} = 0,5$  olduğunda, yüzey sürtünme katsayısı ve ısı aktarım hızının  $X_{A_e} = 0$  için olandan daha büyük olması beklenir. Çünkü sınır tabakasının yoğunluğu daha küçüktür. Fakat Şekil 2 de görüldüğü gibi ısı aktarım hızı ve sürtünme katsayısı azalmaktadır. Bu ele alınan sistemin özeliğinden gelmektedir. Düz plâka üzerindeki akıştan farklı olarak bu sistemde, giderek artan bir dış basınç gradienti vardır.<sup>2</sup> Bu da yüzey sürtünme katsayısının artmasına neden olur ( $T_w/T_e > 1$  ve  $T_w/T_e \sim 1$  için.).  $X_{A_e} = 0$  iken duvardan helyum püskürtülmeye başlandığında, sınır tabakasının duvara yakın kısımlarının yoğunluğu azaldığından duvara paralel yöndeki hızın artmasıyla sürtünme katsayısında da bir artış görülür. Buna karşın  $X_{A_e} = 0,5$  için,  $T_w/T_e$  nin tüm değerleri için artan  $He$  püskürtme hızıyla yüzey sürtünme katsayısı azalmaktadır. Aynı durum hidrojen-hava sistemi için de görülmektedir. Nedeni; serbest akımda helyum derişiminin artmasıyla sınır tabakasının yoğunluğu azalmakta, fakat artan gaz püskürtme hızıyla başka bir olay, sınır tabakasının üflenmesi olayı, işin içine girmektedir. Sınır tabakasının üflenmesiyle yavaş hareket eden partiküller serbest akıma doğru gönderilmekte, bu da hız gradientinin azalmasına, dolayısıyla yüzey sürtünme katsayısının küçülmesine neden olmaktadır.

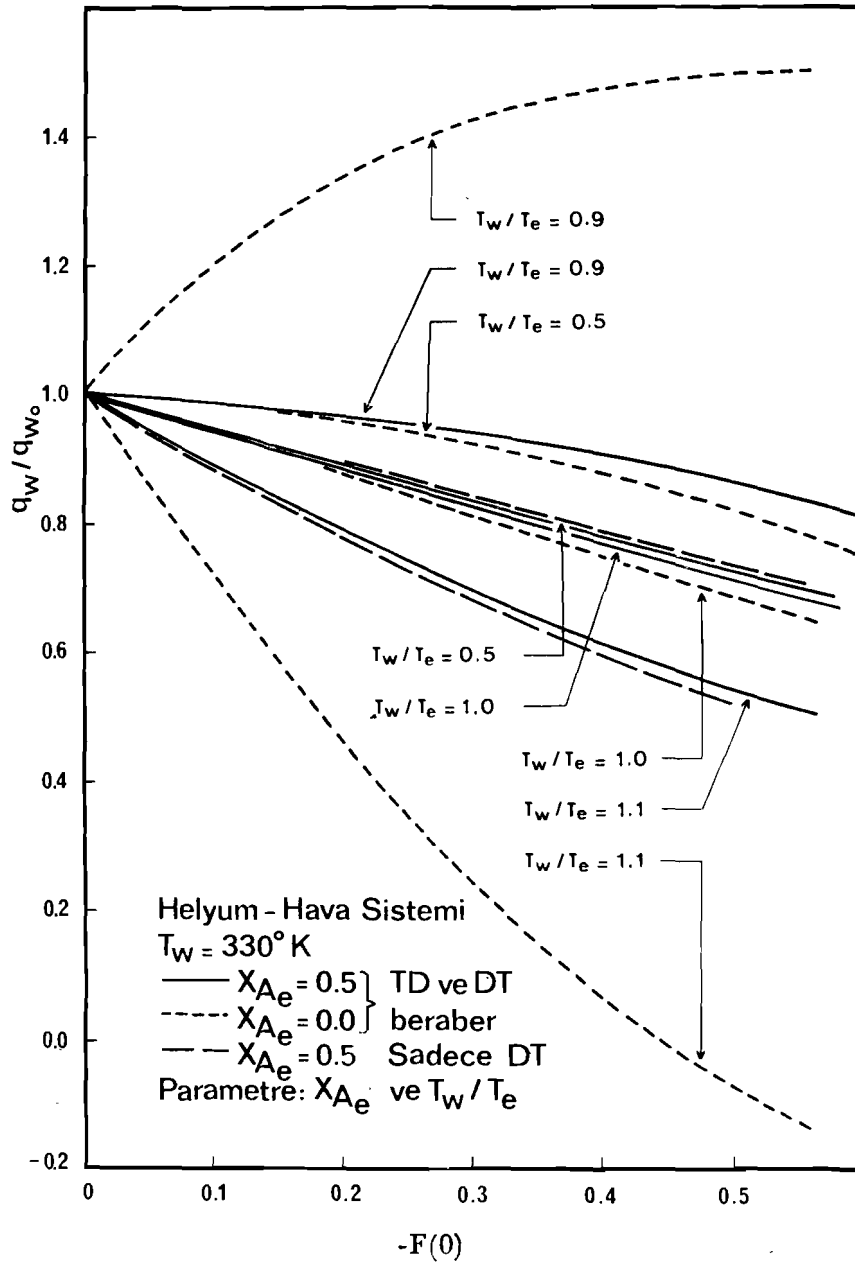
2. Isı aktarımı problemlerinde, düz plâka üzerindeki akışta olduğu gibi duvar düzlemine dik akış için de  $X_{A_e}$  'nin tüm değerlerinde Dufour etkisi, Soret etkisinden çok daha önemlidir. Soret etkisinin ihmal edilip sadece Dufour etkisinin göz önüne alınmasıyla elde edilen sonuçlar (Şekil 2), denklemlerin tam çözümünüyle elde edilen sonuçlara çok yakındır.

3. Daha önceki makalede<sup>4</sup> belirtildiği gibi  $\sigma$  fonksiyonu aşağıdaki gibi tarif edilmiştir:

$$\sigma = \frac{(\Lambda_{k_w}/\Lambda_{\mu_w}) \theta'_{DT}(0) + \Gamma_2(0)}{(\Lambda_{k_w}/\Lambda_{\mu_w}) \theta'_2(0)} \quad (25)$$

Burada

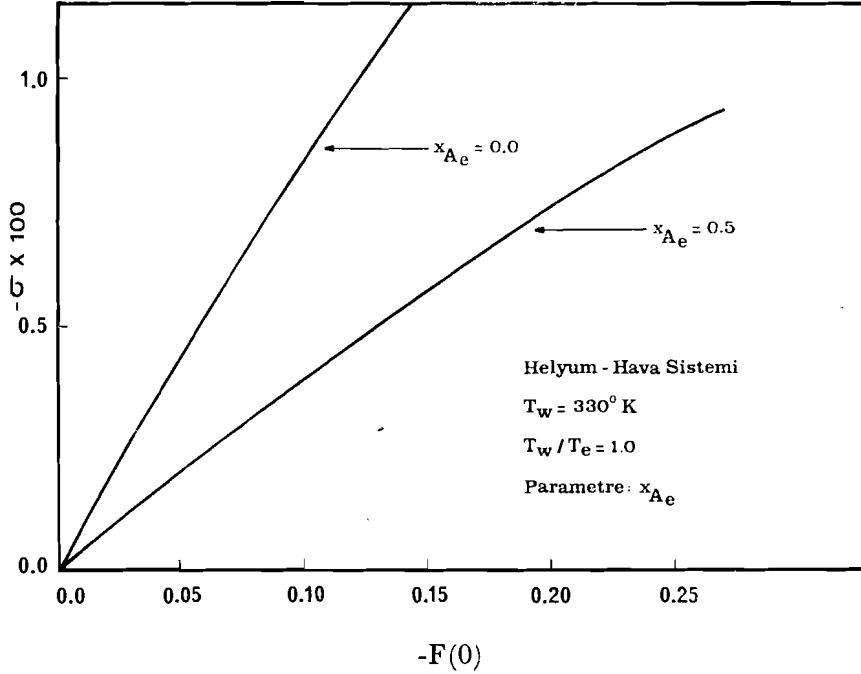
$$\Gamma_2 = \frac{\Gamma}{\frac{1}{2} (T_w/T_e + 1) R\mu_e/k_e} \quad (26)$$



Şekil 2

Serbest akım içerisinde gaz püskürtüldüğü zaman duvardaki ısı akısının püstürtme hızıyla değişimi, değişik  $X_{Ae}$  ve  $T_w/T_e$  değerleri için püskürtme hızıyla değişimi.

olarak verilmiştir.  $\sigma$  fonksiyonunun değeri, Dufour etkisinin önemini belirtmekte ve serbest akıma püskürtülen gaz hızının artmasıyla  $\sigma$  da artmaktadır.  $\sigma$ 'nın gaz püskürtme hızı ile değişimi  $T_w/T_e$  oranına karşı fazla duyarlı değildir.<sup>3,5</sup> Aynı yargıya bu sistem için de varılmıştır. Şekil 3 de görüldüğü gibi  $X_{A_e}$  değeri arttıkça Dufour etkisi için  $X_{A_w} - X_{A_e}$  sürücü kuvvetinin azalmasından dolayı, bu etki daha az önemli olmaktadır.



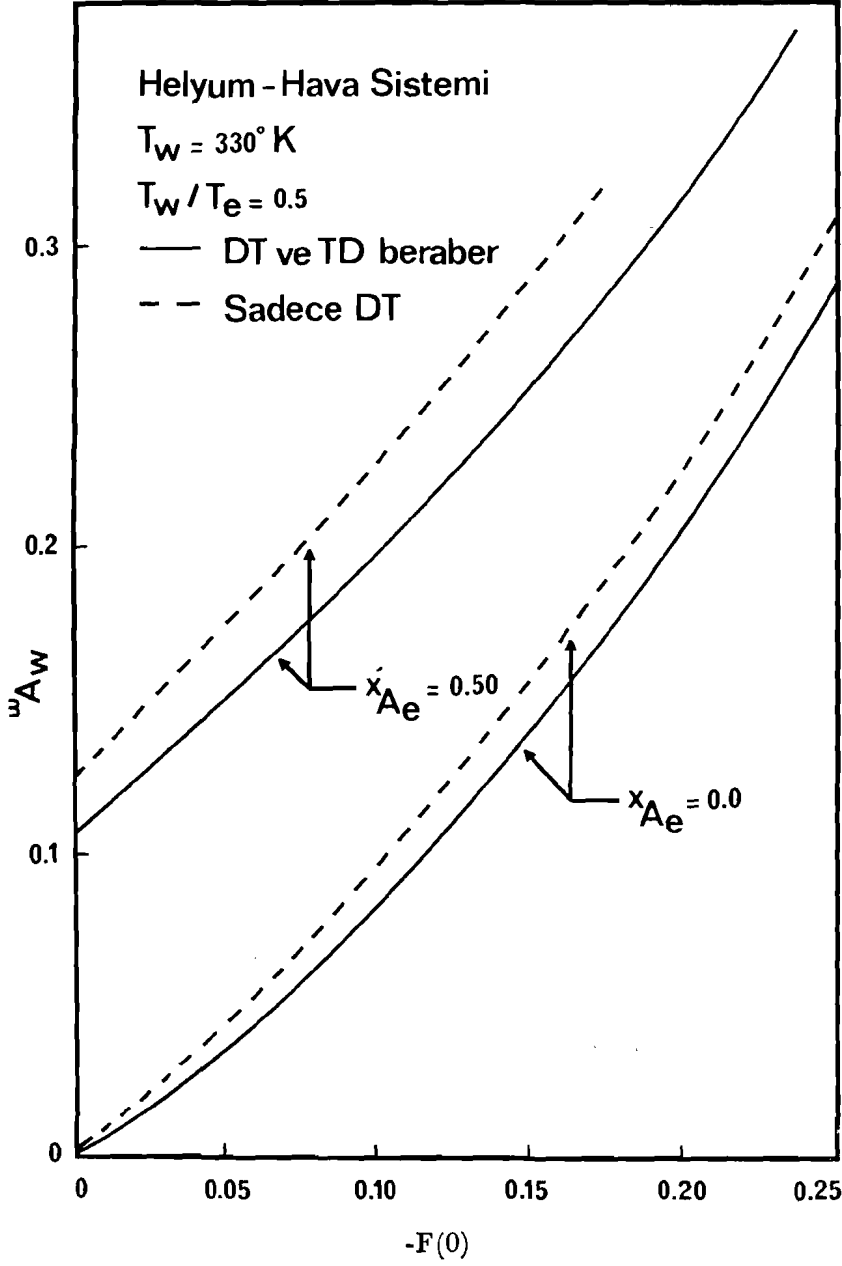
Şekil 3

Helyum-hava sisteminde çeşitli  $X_{A_e}$  değerleri için  $\sigma$  nun püskürtülen gaz hızına göre değişimi.

## 2. Kütle Aktarımı Sonuçları

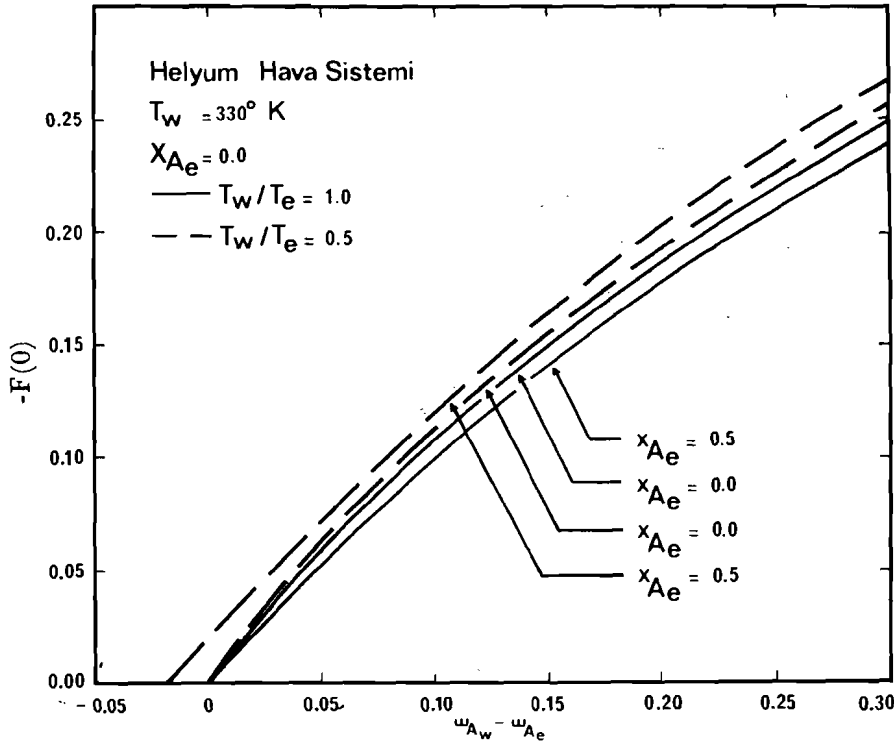
1. Şekil 4 de, değişik  $T_w/T_e$  ve  $X_{A_e}$  değerleri için duvardaki helyum derişiminin püskürtme hızıyla değişimi görülmektedir. Düz plâka üzerindeki ve duvar düzlemine dik akış için elde edilen sonuçlar birbirine benzerdir. Her iki sistem için  $T_w/T_e \sim 1$  iken Soret etkisi (ısısal difüzyon) küçüktür. Oysa  $T_w/T_e$  değeri 1 den uzaklaştıkça ve  $X_{A_e}$  arttıkça, Soret etkisinin önemi de artmaktadır.

2. Duvar düzlemine dik akışın olduğu helyum-hava sisteminde, sürücü kuvvetin (derişim farkı) helyum püskürtme hızıyla değişimi



Şekil 4

Duvardaki helyum derişiminin çeşitli  $x_{Ae}$  değerleri için püskürtülen gaz hızıyla değişimi.



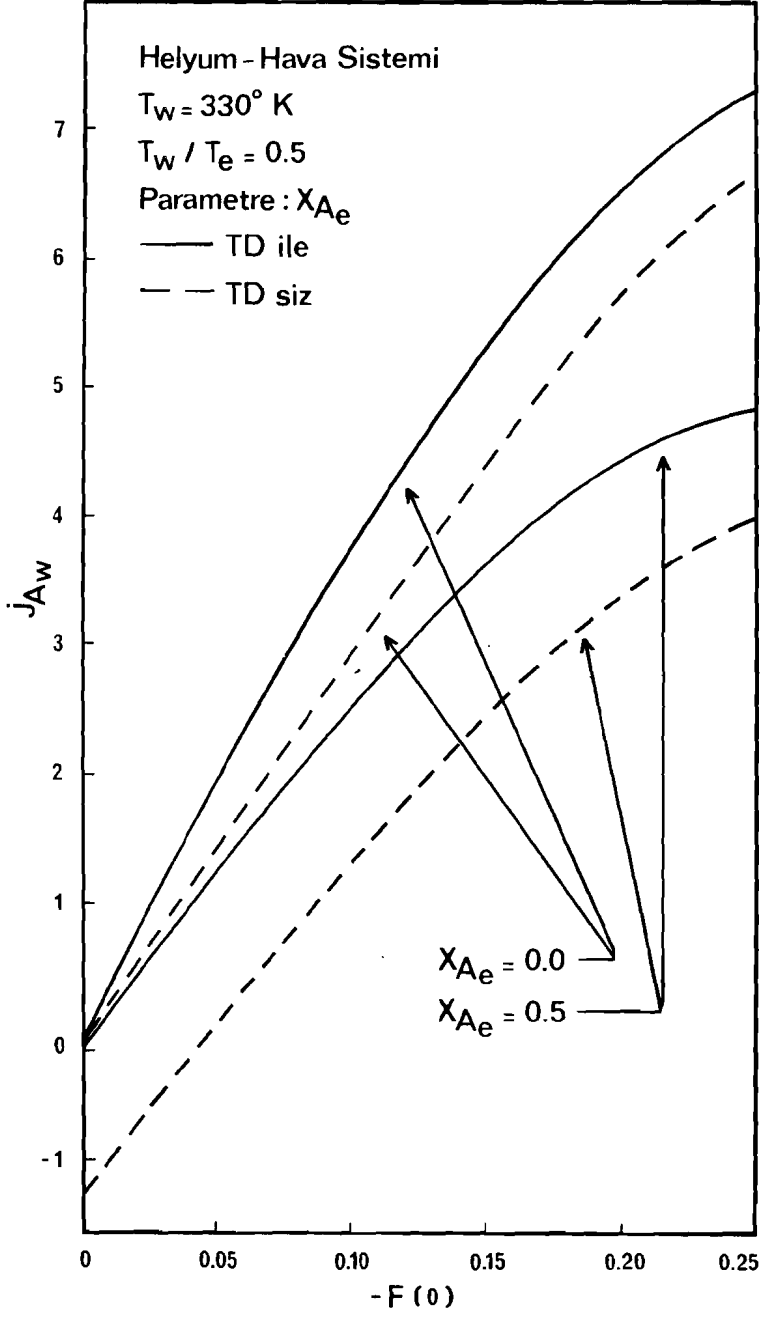
Şekil 5

Helyum-hava sistemi ve çeşitli  $X_{Ae}$  değerleri için gaz püskürtme hızının derişim sürücü kuvveti ( $\omega_{Aw} - \omega_{Ae}$ ) ile değişimi.

Şekil 5 de gösterilmiştir.  $T_w/T_e = 1$  iken Soret etkisi sıfırdır.  $X_{Ae}$  'nin değişik değerlerinde  $T_w/T_e < 1$  için olan eğriler daha küçük derişim farklarına denk gelmektedir.

3. Difüzyondan dolayı duvardaki kütle akısının,  $j_{Aw}$ , gaz püskürtme hızıyla değişimi değişik  $X_A$  ve  $T_w/T_e$  değerleri için incelenirse, düz plâka sistemindekine benzer sonuçlar bulunur (Şekil 6). Isısal difüzyon teriminin değeri  $T_w/T_e$ 'ye sıkıca bağlıdır.  $T_w/T_e \sim 1$  iken Soret etkisi küçüktür. Örneğin  $T_w/T_e = 0,5$  olduğu zaman Soret etkisinin denklemlere katılması ile elde edilen çözüm ile katılmadığı zamanki çözüm arasında büyük farklar vardır. Kenetlenmenin kütle aktarımı üzerindeki etkisi de düz plâkada olduğu gibidir. Yalnız duvar düzlemine dik akış olduğu zaman bulunan  $j_{Aw}$  değeri, aynı koşullarda düz plâka için bulunan değerden daha büyüktür.





Şekil 6

Difüzyondan dolayı olan kütle akısının duvardaki değerinin ( $j_{Aw}$ ) çeşitli  $X_{Ae}$  değerleri için gaz püskürtme hızıyla değişimi.

**Kullanılan Semboller**

$C_p$	= ısı sığası
$D$	= difüzyon katsayısı
$D_T$	= Soret etkisi (Thermal Diffusion) katsayısı
$DT$	= Dufour etkisini (Diffusion Thermo) belirten kısaltma
$-F(0)$	= ara yüzeydeki kütle akısı (Eşitlik 24)
$g_x, g_y$	= sırasıyla x ve y yönündeki yerçekimi ivmesi
$j$	= difüzyondan dolayı kütle akısı, Eşitlik (6)
$k$	= ısısal iletkenlik
$M$	= molekül ağırlığı
$n_A, n_B$	= A ve B bileşenlerinin kütle akısı
$p$	= basınç
$q$	= ısı akısı (Eşitlik 7)
$R$	= gaz sabiti
$r$	= Soret etkisinin moleküler difüzyona göre önemi
$T$	= sıcaklık
$TD$	= Soret etkisini (Thermal Diffusion) belirten kısaltma
$u$	= akışkanın x-yönündeki hızı
$U_e$	= akışkanın serbest akımdaki hızı
$v$	= akışkanın y-yönündeki hızı
$x$	= yüzeye paralel olan uzaklıkların ölçüldüğü eksen
$X_A, X_B$	= A ve B bileşenlerinin mol kesri
$y$	= yüzeye dik olan uzaklıkların ölçüldüğü eksen
$Z$	= Dufour etkisinin Fourier iletimine göre önemi.
$\alpha$	= Soret etkisini belirten faktör
$\Lambda$	= bir özeliğin değerinin, aynı özeliğin serbest akımdaki değerine oranı
$\mu$	= viskozite
$\nu$	= kinematik viskozite
$\rho$	= yoğunluk
$\omega$	= ağırlık kesri
$\theta$	= boyutsuz sıcaklık (Eşitlik 14)
$\emptyset$	= boyutsuz derişim (Eşitlik 15)
$\Delta$	= eşitlik (19) da tarif edilen değişken
$\Omega$	= eşitlik (20) de tarif edilen değişken
$\Gamma$	= eşitlik (21) de tarif edilen değişken

- $\eta$  = boyutsuz y-koordinatı  
 $\psi$  = boyutsuz akış fonksiyonu (stream function)  
 $\sigma$  = eşitlik (25) te tarif edilen değişken

### Alt İndisler

- aw = adiabatik duvar koşullarını belirtir.  
A = püskürtülen gazı belirtir.  
B = serbest akımdaki gazı belirtir.  
w = yüzey koşullarını belirtir  
e = serbest akım koşullarını belirtir.

Makalenin geliş tarihi : 2-11-1975

### KAYNAKLAR

1. BIRD, R.B., STEWART, W.E. and LIGHTFOOT, E.N. (1960): Transport Phenomena, *John Wiley and Sons, Inc., New York*.
2. SCHLICHTING, H. (1960): Boundary Layer Theory, 4 th. ed., *Mc Graw Hill, New York*.
3. TOKAN (Atımtay), A. and GILL, W.N. (1968): M.S. Thesis, *Clarkson College of Technology, New York*.
4. TOKAN (Atımtay), A. (1972): Serbest Akım Derişiminin Özellikleri Değişen Sınır Tabakasındaki Termodinamik Kenetlenmeye Etkileri 1. Düz Plâka Üzerinde Akış İçin, *Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2, 24.
5. ZEH, D.W. and GILL, W.N. (1967): Heat Transfer and Binary Diffusion with Thermodynamic Coupling in Variable-Property Forced Convection on a Flat Plate, *A. I. Ch. E. Journal*, 13, 142.

# Türkiye Bor Tuzları\*

(Borrohstoffe der Türkei)

**Orhan Baysal\*\***

**ÖZET:** Muhtelif endüstri dallarında tüketilmekte olan bor ürünleri çağımızın modern teknolojisinde seçkin bir yere sahiptir. Diğer taraftan, son yıllarda yapılan araştırmalar göstermiştir ki Türkiye, bor hammadde potansiyeli bakımından çok zengin bir ülke olup toplam dünya rezervlerinin % 70'ine sahiptir. Türkiyede bulunan ve şu anda işletilmekte olan borat yatakları Batı Anadolu'da, özellikle Balıkesir, Bigadiç, Mustafa Kemal Paşa, Emet ve Seyitgazi (Kırka) yörelerinde bulunmaktadır. Tüm yatakların bulunduğu yöreler Neojen oluşumları ile örtülüdür. Bunlar tektonik göllerde çökelmiş laküstr-volkanik fasiyes tortullarıdır. Yataklarda yapılan araştırmalar sonucu *boraks*, *kernit*, *uleksit*, *kolemanit*, *meyerhofferit*, *inyoit*, *kurnakovit*, *inderit*, *inderborit*, *tunelit*, *pandermit*, *havlit*, *hidroborasit*, *terugit* minerallerine rastlanmıştır.

Son yıllarda Türkiyenin gerek bor hammadde üretiminde gerekse bunlarla ilgili yatırım faaliyetlerinde önemli aşamalar kaydedilmiştir. Örneğin Emet'te yılda 600.000 ton hammaddeden 300.000 ton konsantre *kolemanit*; Kırka'da yılda 600.000 ton hammaddeden 400.000 ton konsantre *boraks* üreten tesisler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Bandırma'da rafine boraks, borikasit ve Na-perborat tesisleri kurulmuştur. Mevcut bu potansiyelin ülke ekonomisine katkısını daha iyi bir şekilde sağlayabilmek için, borat yataklarına gereken önem verilmelidir. Bunun için, arama, üretim, yatırım, değerlendirme ve pazarlama ünitelerini kapsayan bir milli entegre bor politikasının kesinlikle saptanması ve bunun uygulanması şarttır.

**ZUSAMMENFASSUNG:** Die in den verschiedenen Industriezweigen verbrauchten Borrohstoffe haben in der heutigen modernen Technologie eine ausgewählte Lage. Andererseits haben die in den letzten Jahren durchgeführten Forschungen gezeigt, dass die Türkei an der Vorräte

\* Makalenin kapsadığı konular Türkiye Jeoloji Kurumu 29. Bilimsel ve Teknik Kongresinde tertiplenen bir panelde yazar tarafından işlenip sunulmuştur.

\*\* Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi.

von Borrohstoffe mit 70 % der gesamten Weltvorraete anschaulich reich ist. Die in der Türkei heute bekannten und in Betrieb genommenen Boratlagerstaetten liegen in West-Anatolien, besonders in der Umgebung von Balıkesir, Bigadiç, Mustafa Kemal Paşa, Emet und Seyitgazi (Kırka). Auf den obengenannten Gebieten, in denen die Boratlagerstaetten vorkommen, sind die Formationen von Neogen verbreitet. Diese Lagerstaetten und die mit ihnen in Verbindung stehenden Neogen-Formationen sind vulkanische Produkte, die in den tektonischen Seen abgelagert sind. Infolge der Untersuchungen wurden in diesen Bortalagerstaetten als Bormineralien *Borax*, *Kernit*, *Ulexit*, *Colemanit*, *Meyerhoferit*, *Kurnakovit*, *Inderit*, *Inderborit*, *Tunellit*, *Pandermit*, *Howlit*, *Hydroboracit* und *Terugit* festgestellt.

In den letzten Jahren wurden in der Türkei sowohl an der Produktion von Rohstoffen, als auch an den damit zusammenhaengenden Investitionen erhebliche Fortschritte erzielt. Zum Beispiel wurden in Emet und Kırka zwei Aufbereitungsanlagen je mit der Kapazitaet von 600.000 Tonne pro Jahr, sowie in Bandırma eine Fabrik, in der raffinierter Borax, Borsaeure und Na-perborat erzeugt werden, gegründet. Da die industrielle Entwicklung eines Landes mit seiner Rohstoffentwicklung innigst verbunden ist, soll die Wichtigkeit der vorhandenen Boratlagerstaetten in Betracht gezogen und der Beitrag dieser festgestellten Rohstoffpotentiell an die ökonomische Wirtschaftsentwicklung des Landes gefördert werden. In dieser Hinsicht soll eine Nationalpolitik über Bor, darunter vorallem Aufsuchung, Production, Investierung, Auswertung und Marketing verstanden werden soll, bestimmt und praktisch durchgeführt werden.

## GİRİŞ

Teknolojinin dev adımlarla ilerlediği son yıllarda dünyada adeta bir ekonomik savaş başlamıştır. Özellikle son günlerin aktüel konularından olan enerji krizi ve deniz dibi kaynaklarının değerlendirilmesi sorunu bu ekonomik savaş doruk noktasına ulaştırmıştır. Çağımızda öyle bir dönem başlamıştır ki, bütün ülkeler öz varlıklarını sürdürebilmek için bu ekonomik savaşın karşı tedbirlerini ivedilikle alma uğraşısı içine girmişlerdir. Bütün dünyada düşündürücü bir durum alan bu ciddi ekonomik krizden en az etkilenen olmak, hatta dünya konjonktüründeki etkinliklerini arttırabilmek için, bütün ülkeler olanaklarını, özellikle doğal olanaklarını en verimli bir şekilde değerlendirmek zorunluluğundadır. Zira insanlığın varolduğu günden günümüze dek, insanlığın temel gereksinimlerini teşkil eden doğal kaynaklar, bu gün sürdürülen ekonomik savaşın en önemli bir silahı olmuştur.

Doğal kaynakların son derece önem kazandığı şu dönemde, ekonomik kalkınma çabası içinde bulunan ülkemizin gerek kendi milli ekonomisinde, gerekse dünya konjonktüründeki denetiminde etkin olabilecek yeraltı servetleri üzerine titizlikle eğilmek zorunluluğu vardır. Bunun için, en objektif değer yargılarından hareket ederek, milli çıkarlarımızı koruyarak ve bu günkü dünya koşullarını göz önünde tutarak yeraltı kaynaklarımızı plan ve programla değerlendirmemiz şarttır. Bu arada hiç kuşkusuz en büyük görev ve sorumluluk, doğal kaynakların aranması, üretimi ve değerlendirilmesi faaliyetlerinde en fazla katkısı olan *Yerbilimcilere* düşmektedir. Bunun içindir ki, tüm Yerbilimciler memleket açısından hayati öneme sahip bu konuları; Türk kamuoyuna, yasama ve yürütme organlarına, yöneticilere mal etmeyi mesleklerinin ve sorumluluklarının bir gereği saymalıdırlar.

Bu gün sayısız endüstri dalında tüketilmekte olan bor ürünleri çağımızın modern teknolojisinde seçkin bir yere sahiptir. Dolayısı ile birey ve toplum gereksinmelerinin en zorunlu bir ihtiyaç maddesi halini alan bor ürünleri gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu önemi daha açık belirleyebilmek için, bor ürünlerini tüketen endüstri dalları üzerinde bir nebze durmakta yarar vardır. Bu gün dünyada bor ürünleri özellikle aşağıda belirtilen endüstri dallarında tüketilmektedir.

### 1. Cam ve Cam Eşya Endüstrisi

En büyük tüketim alanını teşkil eden bu endüstri dalında bor ürünleri, özellikle yüksek ısıya dayanıklı, berrak, elastik kabiliyeti yüksek borsilikat camları, cam lifi ve yüksek kaliteli özel optik cam yapımında kullanılmaktadır. Bunlardan bilhassa cam lifi plastik malzeme ile takviye edilerek korozyona dayanıklı gemi, tanker ve benzeri inşaat endüstrilerinde, cam yünü olarak tekstil endüstrisinde, kauçukla takviye edilerek darbe, ısı ve basınçta dayanıklı lastik yapımında, dolayısı ile otomotiv endüstrisinde ve nihayet izolasyon malzemesi olarak fazla miktarda tüketilmektedir. Söz konusu tüketim alanlarının her gün başarılı bir şekilde geliştirilmesi sonucu, bu endüstri dalındaki bor ürünlerine olan gereksinim devamlı artmaktadır. Bu endüstri dalında tüketilen bor ürünleri daha çok borikasit, kernit, Na-pentahidrat (tinkalkonit) ve susuz borikasittir.

### 2. Sabun ve Deterjan Endüstrisi

İkinci büyük tüketim alanı olan bu endüstri dalında bor ürünlerinden bilhassa boraks, Na-pentahidrat, Na-perborat antiseptik, suyu yumuşatma, suda kolaylıkla çözünebilme, ayrıca sonuncusu içerdiği aktif oksijen nedeniyle ağartıcı özelliği dolayısıyla sabun, temizleme tozları ve deterjan yapımında kullanılmaktadır. Nüfus artışı ve hayat seviyesinin yüksel-

mesine paralel olarak bu endüstri dalındaki bor ürünlerinin tüketiminin her geçen gün artacağı aşikârdır. Örneğin A.B.D. ve Batı Almanya gibi hayat seviyeleri çok yüksek ülkelerde sabun ve deterjan olarak kişi başına senede 1,9-2,0 Kg bor ürünü tüketilmektedir.

### 3. Porselen ve Emaye Endüstrisi

Gerek porselen malzemelerin sırlanmasında, gerekse metal eşya ve makina yüzeylerinin kaplanması ve dekorasyonunda sır ve emaye maddesi olarak sürekli bor ürünleri tüketilmektedir. Bir taraftan nüfus artışı ve teknoloji ile hayat seviyesinin sürekli gelişmesi, diğer taraftan porselen ve emaye kaplamaların çok dayanıklı ve estetik açıdan güzel olmaları nedeniyle, bu amaçlarla kullanılan bor ürünlerinden boraks, kernit ve susuz borikasit tüketimi hızla artmaktadır.

### 4. Ziraat Endüstrisi

Bu endüstri dalında bor ürünleri ziraî mücadele ilacı ("Herbicide") ve gübre olarak kullanılmaktadır. Bitkilerin gelişmesinde azda olsa bora ihtiyaç vardır. Bu nedenle, bordan tamamen yoksun topraklarda verimin arttırılması için borun az miktarda gübre olarak kullanılması gerekir. Borun çok fazla uygulanması ise zararlı bitkilere zarar verdiği için, ziraî mücadele ilacı olarak bor ürünleri, özellikle kernit önem kazanmaktadır. Son yıllarda sürdürülen araştırmalar bor ürünlerinden borikasitin gübre endüstrisinde büyük bir tüketim olasılığını ortaya çıkarmıştır. Şöyleki, son derece duraysız, dolayısı ile bilhassa stoklamada büyük problemler yaratan amonyaklı gübreler bir miktar borikasit ile karıştırıldığında son derece duraylılık kazanmakta ve bu suretle uzun müddet depolanabilmektedir.

### 5. Metal Endüstrisi

Başta boraks olmak üzere bir çok bor ürünü erime noktasını düşürme ve metaloksitleri kolaylıkla eritme özellikleri nedeniyle metallerin kaynak ve lehimlenmesinde, keza bunların metalurjisinde kullanılmaktadır. Bilhassa kolemanit'in çelik endüstrisinde ertici madde olarak florit'in yerini almaya başlamasıyla bor ürünleri için büyük bir tüketim alanı doğmuştur. Ayrıca kolemanitlerin çimento endüstrisinde değerlendirilme olanaklarında araştırılmaktadır. Nihayet bor, çelik, krom, zirkon, titan, vanadyum v.s. ile son derece sert alaşımlar oluşturmaktadır. Örneğin borkarbür sertliği çok yüksek bir maddedir. Bu alaşımlar bilhassa makina tezgahları, torna bıçakları, sondaj matkapları, top ve silah namlusu, atom reaktörlerinde kontrol elemanı, radyasyon önleyici zırh malzemesi yapımında, ultrasonik öğütmede aşındırıcı olarak kullanılmaktadır.

## 6. Diğer Endüstri Dalları

Bor ürünleri yukarıda özet olarak belirtilen endüstri dallarının dışında daha bir çok amaçlarla da tüketilmektedir. Örneğin, kağıt hamurunun ağartılmasında, derilerin hazırlanıp tabaklanmasında, bitkilerin ve gıda maddelerinin tahribine sebep olan mantarların ve haşaratın imhasında, ilaç imalinde, entiseptik özelliğinden dolayı kozmetik, parfümeri müstahzarı ve diş macunu yapımında, yangın söndürme cihazlarında, kaliteli zamk elde edilmesinde, kurşuna dayanıklı zırhların yapımında v.s., daima bor ürünleri kullanılmaktadır. Aynı şekilde, metallerin korozyona karşı korunmasında, borlu polietilen levhalar halinde nükleer radyasyondan korunmada, elektrik ampüllerinin ve radyo lambalarının flamanlarında, atom reaktörlerinde, polimerleşme, esterleşme gibi sayısız organik reaksiyonların hızlandırılmasında, yüksek oktanlı motor yakıtlarında, fren donanımını tahrip etmeyen hidrolik fren yağlarında, yanması az kaliteli motor yağlarında, füze ve roket yakıtlarında ve bunlar gibi daha bir çok alanlarda bor ürünlerine ihtiyaç vardır.

Yukarıda özetle belirtilmeye çalışılan tüketim sahaları açık olarak göstermektedir ki, bor mineralleri yüzyılımızın en önemli stratejik hammadde durumundadır. Diğer taraftan, son yıllarda sürdürülen yoğun arama faaliyetleri Türkiye'nin borat yatakları, yani bor hammadde potansiyeli bakımından çok zengin olduğunu, toplam dünya rezervlerinin en azından % 70'e sahip bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. O halde, Türkiye'nin de elinde dünya konjonktüründe etkinliğini sağlayacak büyük bir fırsat mevcuttur. İşte bu nedenle, millet olarak bu fırsatı tanımamız, üzerine önemle eğilmemiz, mevcut bu potansiyeli milli çıkarlarımızı koruyarak ve dünya koşullarını göz önünde tutarak aramamız, üretmemiz, değerlendirmemiz şarttır. Bunun içinde milli çıkarlarımıza uygun arama, üretim, değerlendirme ve pazarlama ünitelerini kapsayan bir milli entegre bor politikası kesinlikle ve ivedilikle saptanıp uygulanmalıdır.

## DÜNYADA VE TÜRKİYEDEKİ BORAT YATAKLARI

Doğal bor bileşikleri çok eski zamanlardan beri dünyanın muhtelif yerlerinde araştırılmış, işletilip geliştirilmiştir. Örneğin Amerika Birleşik Devletlerinde ve özellikle Kaliforniyada, uzun araştırmalar sonucu büyük borat rezervleri meydana çıkarılmıştır. İlk önce Kaliforniyadaki bazı memba sularından, keza Clear Gölü sularından boraks elde edilmeye başlanmış, bunu Kaliforniya, Nevada ve Oklahoma eyaletlerinin muhtelif bölgelerinde keşfedilen borat yataklarının işletilmesi takip etmiştir. Örneğin 1913 yılında Kaliforniyanın güney-doğusundaki Kern County'-



de bulunan Kramer yatakları yakın bir geçmişe kadar dünyanın en önemli borat yatağı karakterini muhafaza etmiştir.

Amerika Birleşik Devletlerinde bu yatakların bulunup işletildiği sıralarda Rusyada, özellikle Batı Kazakistandaki Inder gölü civarında, Kırım yarımadasının Kerç bölgesinde yeni yeni borat yatakları bulunmuş ve üretime geçilmiştir. Daha bir çok memlekette rezervleri azda olsa muhtelif borat yatakları mevcuttur. Örneğin Şili, Arjantin, Peru, İran, Tibet, İtalya v.s. 1852 yılında keşfedilen Şili'deki borat yatakları And dağlarının kuzeyinde olup, Şili, Peru, Bolivya ve Arjantin topraklarında yayılacak kadar geniştir. Tibette ise boraksın ilk olarak 13. yüzyılda bulunduğu ve buradan MARCO POLO vasıtası ile Avrupaya getirildiği tahmin edilmektedir.

Türkiyedeki borat yataklarının tarihçesinden söz edilmesi gerektiğinde; bütün araştırmacılar şu noktada birleşmektedir ki, Türkiye borat yataklarının, son yüzyıl hariç, geçmişi hakkında kesin veriler maalesef mevcut değildir. Türkiyenin ilk borat yatağı olan Bandırmanın güncyindeki Sultançayır yatağı, tahminlere göre 13-14. ncü yüzyıllardan beri bilinmekte ve o devirlerde Romalılar tarafından zaman zaman işletilmekte idi.

Türkiyede bilinen ve şu anda işletilmekte olan boratyatakları Batı Anadolu'da, özellikle Balıkesir, Bigadiç, Mustafa Kemal Paşa, Emet ve Seyitgazi (kırka) civarında bulunmaktadır (Şekil 1). Dolayısı ile Türkiyedeki borat yataklarını beş ayrı bölgede toplamak mümkündür.

### 1. Susurluk Bölgesi

Bölge, Bandırmanın yaklaşık 57 km güneyinde, Balıkesirin 30 km kuzeydoğusunda yer alan Sultançayır mevkiinde bulunur. Türkiyenin bilinen bu ilk borat yatağında, elde mevcut belgelere göre, ilk faaliyet 1865 yılında bir Fransız şirketi tarafından Aziziye ocağında başlamıştır. Bunu 1887 yılından itibaren muhtelif isimler alan ve nihayet 1955 yılında "Türk Boraks Madencilik A.Ş." ismini benimseyen bir İngiliz şirketinin faaliyetleri takip etmiştir. Bu işletmeye 1954 yılında rezervlerin tükendiği gerekçesiyle son verilmiştir.

### 2. Bigadiç Bölgesi

Bu bölgedeki borat yatakları Balıkesir ilinin 38 km güneyinde yer alan Bigadiç ilçesinin civarında bulunmaktadır. İlk olarak 1950 yılında keşfedilen bu bölgede bu tarihten itibaren BORTAŞ, YAKAL, RASİH-İHSAN ve ŞAYAKÇI isimlerinde dört yerli özel şirket faaliyete geçerek 12 ayrı yerde ocak açıp işletmeye başlamıştır. Bölgedeki belli başlı

ocaklar Beğendikler, Tülü, Salmanlar, Emircamı, Kutaş, B. Günevi, K. Günevi, Acep, Kurtpınarı, Kireçlik, Börekçi, Ankaralılar v.s. dir. Bu ocaklardan bir kısmı zaman zaman yabancı şirketler tarafından da işletilmiş olup bu gün söz konusu yörede tamamen yerli özel sektör faaliyet halindedir.

### 3. Mustafa Kemal Paşa Bölgesi

Mustafa Kemal Paşa ilçesinin Çaltılıbük bucağına bağlı Kestelek köyünde 1952 yılında bulunun borat yatağı halen bir yerli özel sektör tarafından işletilmektedir.

### 4. Emet Bölgesi

1956 yılında Emet civarında linyit araştırmaları yapan M.T.A. jeologları Hisarcık köyünün 1,5 km güney-doğusundaki kolemanit yataklarının izlerine ilk olarak rastlamışlardır. Bunun üzerine uygulanan jeolojik araştırma ve sondaj programı, bölgenin geniş bir borat rezervine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kütahya ilinin Emet ilçesi civarında bulunan ve dünyanın en büyük kolemanit yataklarını içeren bu yöredeki en önemli işletmeler Hisarcık, Espey ve Hamamköydür.

Emet'in 12 km güneyinde yer alan Hisarcık kolemanit yatağı ETİBANK tarafından işletilmektedir. Daha güneyde bulunan Hamamköy ocağı yine ETİBANK'a ait olup burada işletmeye şimdilik ara verilmiştir. Emet'in 3,5 km kuzeyinde yer alan Espey kolemanit yataklarında iki ocak mevcut olup bunlardan biri ETİBANK, diğeri bir yerli özel sektör tarafından işletilmektedir.

### 5. Seyitgazi Bölgesi

Emet bölgesindeki borat yataklarının keşfinden sonra, araştırmacıların dikkatleri daha çok Neojen sahalarına yönelmiş ve Neojenle örtülü bütün sahalar tek tek etüd edilmeye başlanmıştır. Bu arada, Seyitgazi-Kütahya yöresindeki şüpheli sahalar, muhtelif küçük şirket veya şahıslar tarafından bortuzu arama ruhsatı alınarak kapatılmıştır. İlk önce MORTAŞ şirketi Kütahyanın 50 km güneydoğusunda yer alan Göcenoluk yatağını bularak burada yarı açık işletme faaliyetine başlamıştır. Bunu 1961 yılında Türk Boraks Madencilik A.Ş.'nin Kırka'nın 4 km güneyinde bulunan Seyitsuyu vadisindeki, daha sonra yine Kırak'nın 12 km güneybatısında bulunan Çörez Boğazındaki araştırmaları takip etmiştir. Bu esnada komşu bölgedeki Harmankaya sahalarında da MORTAŞ şirketinin bazı faaliyetleri olmuştur. Bölgedeki diğer sahaların hemen hemen hepsinin imtiyazını alan Türk Boraks Madencilik A.Ş., daha sonraları özellikle Kırka'nın 4 km batısında yer alan Sarıkaya köyü civarında

muhtelif araştırmalar yapmıştır. 1970-1971 yıllarında Sarıkaya (Kırka) borat sahası Türk Boraks Madencilik A.Ş.'nin imtiyazından düşmüş ve ETİBANK'a devredilmiştir.

Halen en büyük rezerve sahip ve aynı zamanda da üretim kapasitesi en yüksek olan bu bölge, Eskişehir-Afyon-Kütahya üçgeninin ortasında yer alır. Yukarıda da belirtildiği gibi, bölgede küçük büyüklü muhtelif borat yatağı mevcuttur ve bunların çoğu henüz tam manasıyla incelenmemiştir. Bunlardan Eskişehir ilinin, Seyitgazi ilçesine bağlı Kırka bucığının 4 km batısında bulunan ve bölgede yegane işletilmekte olan Sarıkaya (Kırka) yatakları, Türkiye'nin, aynı zamanda da dünyanın en büyük boraks potansiyelini teşkil etmektedir. Söz konusu yataklar bu gün ETİBANK tarafından işletilmektedir.

### YATAKLARIN STRATİGRAFİSİ

Türkiyede mevcut tüm borat yataklarının bulunduğu yöreler Neojen oluşumları ile örtüldür (Şekil 1). Bunlar, daha çok dikey hareketlerle meydana gelen tektonik göllere çökelmiş, laküstrvolkanik fasiyes tortullarıdır. Batı Anadoluda borat yatakları ile ilişkili bu Neojen tortullarında, bölgesel ve yersel bazı farklılıklar mevcut olmakla beraber, genellikle benzer litostratigrafik istiflenme mevcuttur. Gerek borat seviyelerinin, gerekse bunların taban ve tavanında yer alan killi kayaç seviyelerinin içinde yer yer riolitik, traktitik ve dasitik karakterde piroklastik malzeme içeren tuf arakatlarına rastlanır. Yataklarda izlenen birbirinden farklı bu litolojik seviyeler farklı yataklarda, hatta bir yatağın farklı kesimlerinde değişik kalınlıklara sahiptir. Örneğin kil, marn ve tuf arakatlı borat seviyesinin kalınlığı Kırka yatağında 160 metreye ulaşabildiği halde, Emet yöresinde ortalama 40 metre, Bigadiç ve Kestelek yörelerinde ise 100 metre civarındadır. Emet ve Kestelek yöresindeki yatakların tabanında yer alan seviyelerin içinde ayrıca yer yer linyitli kil seviyelerinde rastlanır. Bir karşılaştırma olanağı verebilmek için, borat yataklarının bulunduğu yörelere ait Jeolojik kesitlerin ayrıntılı olmamakla beraber bir arada sunulmasında yarar görülmüştür (Şekil 2).

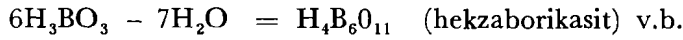
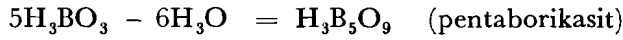
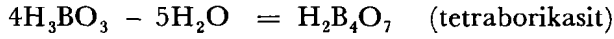
Muhtelif araştırmacının (GAWLİK, 1961; ÖZPEKER, 1969; v.b.) klasik yöntemlerle saptadıklarına göre, borat yatakları ve onlarla beraber bulunan marn, kil, tuf serileri Üst-Miyosen-Pliyosen yaşadadır. Diğer taraftan, Batı Anadolu borat yataklarının oluşumu ile bölgedeki dasitik, riyodasitik, riolitik ve traktitik volkanik faaliyetler arasında sıkı bir ilişkinin varlığında bütün araştırmacılar birleşmektedir (ÖZPEKER, 1969; BAYSAL, 1972; 1973; İZDAR ve KÖKTÜRK, 1974; v.b.). BORSI et al. (1972) tarafından stronsiyum izotoplarıyla yapılan jeokronolojik araştırmalar göstermiştir ki, Ege kıyılarındaki dasitik ve

riyodastik volkanitler 16,2 ve 21,5 milyon yıl; riyolitik volkanitler ise 12,5 milyon yıl önce yüzeysel yerleşimlerini yapmışlardır. Elde edilen değerlere göre; dasitik ve riyodasitik volkanitlerin Orta ve Üst Miyosen, riyolitik volkanitlerin ise Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı olmaları gerekmektedir.

Özellikle Kırka borat yataklarının bulunduğu yörede, yataya çok yakın konumlu olan Pliyosen yaşlı formasyonlarda kıvrımlara rastlanmaz. Buna karşılık, Miyosen yaşlı taban kalkerlerinde yer yer hafif kıvrımlar mevcuttur. Bu yaşlı formasyonlarda Miyosen sonundan itibaren daha çok dikey hareketler nedeniyle "kırık tektoniği" başlamış, bunun neticesi olarak faylanmalar, yer yer çökme ve yükselmeler meydana gelmiş ve aynı zamanda da buraları sürekli volkanik faaliyetlere sahne olmuştur. İşte bu suretle teşekkül eden tektonik göllerde söz konusu laküstr-volkanik fasiyesli Neojen tortulları çökelmiştir.

### YATAKLARIN MİNERALOGİSİ VE OLUŞUMU

Boratlar ortoborikasit,  $H_3BO_3$ , metaborikasit,  $HBO_2$ , ve varsayımlı poliborikasitlerin tuzlarıdır. Serbest durumları bilinmeyen, varlıkları ancak varsayım olarak kabul edilen poliborikasitler ortoborikasitten belirli miktarda  $H_2O$  molekülünün çıkarılması ile türetilir. Örneğin;



Ortoboratlar su içermeyen, oldukça kararlı bileşikler olup Türkiye'deki borat yataklarında bunlara rastlanmaz. Buna karşılık sulu borikasit çözeltilerinden kazanılan boratlar varsayımlı poliborikasitlerin tuzlarıdır ve hemen hemen daima su içerirler.  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  kationları doğada en yaygın olan poliboratlara, bunlarda ekonomik borat yataklarını oluşturur.

Türkiyede bulunan borat yatakları muhtelif sulu poliboratlara içermektedir (Tablo I). Bu arada Sultançayır yatağında *pandermit*; Bigadiç, Kestelek ve Emet yataklarında *kolemanit*; Kırka yataklarında ise *boraks* kazanılan egemen mineraldir. Sultançayır yatağında; arakatlar halinde kalker ve tuf içeren marn tabakalarının altında yumrular şeklinde olan *pandermit* oluşumları *jips* ile alternans teşkil eder. Yatakta ayrıca yer yer *havlit* mineralinde rastlanır. Bigadiç bölgesindeki yataklar, özellikle içerdikleri Ca-serisi muhtelif borat mineralleri yönünden ilginçtir. Esas mineral *kolemanit* olmakla beraber, yatakların çoğunda *uleksit*, bazılarında

**TABLO I**  
**Türkiye Borat Yataklarında Gözlenen Bor Mineralleri**

Mineral	Kristal Sistemi	Kimyasal Formülü	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% H <sub>2</sub> O
Boraks	monoklinal	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O	36,5	47,2
Kernit	monoklinal	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 4H <sub>2</sub> O	51,0	26,3
Uleksit	triklinal	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> · 8H <sub>2</sub> O	43,0	35,5
İnyoit	monoklinal	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 13H <sub>2</sub> O	37,6	42,2
Meyerhoferit	triklinal	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 7H <sub>2</sub> O	46,7	28,3
Kolemanit	monoklinal	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 5HO <sub>2</sub>	50,8	21,9
Kurnakovit	triklinal	Mg <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 15H <sub>2</sub> O	37,3	48,3
İnderit	monoklinal	M <sub>2</sub> gB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 15H <sub>2</sub> O	37,3	48,3
İnderborit	monoklinal	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 11H <sub>2</sub> O	41,5	39,4
Pandermit	triklinal	Ce <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>19</sub> · 7H <sub>2</sub> O	50,0	18,0
Havlit	monoklinal	Ca <sub>4</sub> Si <sub>2</sub> B <sub>10</sub> O <sub>23</sub> · 5H <sub>2</sub> O	44,5	11,4
Hidroborasit	monoklinal	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 6H <sub>2</sub> O	50,5	26,1
Tunelit	monoklinal	SrB <sub>6</sub> O <sub>10</sub> · 4H <sub>2</sub> O	54,3	18,7
Terugit	monoklinal	Ca <sub>4</sub> MgB <sub>12</sub> As <sub>2</sub> O <sub>28</sub> · 18H <sub>2</sub> O	33,8	44,8
Terçit	monoklinal	Ca <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>19</sub> · 20H <sub>2</sub> O(?)	38,0	38,0

da da *inojit*, *meyerhoferit*, *hidroborasit*, *pandermit*, *havlit*, *terçit* minerallerine rastlanır. *Kolemanit* 1-3 metre kalınlıkta tabakalar halinde, kısmende yumru ve patatesler şeklinde yer yer kalker, tuf arakatlari içeren marn ve kil seviyelerinin içinde bulunur. Kestelek yatağında ise yine kalker ve tuf arakatkılı kil ve marnların içinde yumrular, jeodlar şeklinde yalnız *kolemanit*'e rastlanır.

Emet bölgesindeki yataklardan kazanılan mineral *kolemanit*'tir. *Kolemanit* genellikle yumru ve patatesler şeklinde kalker, tuf arakatkılı marn ve killerin içinde bulunur. Bu yumruların çapları 10-40 cm arasında değişir. Borat içeren bu marn-kil-kalker-tuf serisi ortalama 40 metre kalınlığında, oldukça muntazam yayılan bir seridir. Yataklarda *kolemanit* ile beraber azda olsa yer yer *uleksit*, *hidroborasit*, *terugit*, *havlit*, *sölestin*, *realgar* ve *örpigment* minerallerine de rastlanır. Özellikle Hisarcık yataklarındaki yumrulara radyal-ışınsal dizilmiş *kolemanit* kristallerinin içinde ve arasında infiltrasyon halinde *realgar* oluşmuştur.

Yukarıda söz konusu edilen yataklarda yalnız Ca- ve Ca-Na-serisi poliboratlar oluşmuştur. Bunlardan farklı olarak Kırka borat yataklarında ise, başta Na-borat olmak üzere, Na-Ca-, Mg-, Sr- ve Ca-borat minerallerine bir arada rastlanır. Saptanan mineraller *boraks*, *kernit*, *uleksit*, *kurnakovit*, *inderit*, *inderborit*, *tunelit*, *kolemanit*, *meyerhoferit*, *inojit*'tir. (BAYSAL, 1972; BAYSAL ve ATAMAN, 1975). Bunlardan *boraks* yataklarının yaklaşık % 80'nini teşkil etmektedir. Kalınlığı 160 metreye kadar ulaşan, yer yer kil ve marn arakatkılı borat serisinin alt ve üst kesiminde muhtelif bileşimde marn ve kilden oluşmuş killi kayaç serileri yer almaktadır. Gerek taban ve tavandaki killi kayaç serilerinin, gerekse borat serisinin içinde tuf arakat seviyeleri yaygındır. Borat serisinin üst kesimlerinde *boraks* kristalleri ince bandlar halinde olup daha alt kesimlerde muhtelif büyüklükte breşimsi doku gösterir. Serinin orta kesiminde rastlanan masif *boraks* kristalleri buz görünüşünde allotriomorf kitleler halindedir ve herhangi bir yabancı madde kapanımı içermez.

Yukarıda belirtildiği gibi, Türkiye borat yataklarında birbirinden farklı mineral ve mineral parajenezleri mevcut olmasına rağmen, bunlar aynı veya benzer oluşum süreçleriyle teşekkül etmiştir. Doyalı ile bunların benzer kökenli oluşumlarının da özetle belirtilmesinde yarar vardır. Bilindiği üzere tüm borat yatakları Neojen'e ait laküstr-volkanik fasiyesli tortulların içinde yer almaktadır. Yatakların oluşumu ile volkanik faaliyetler arasında sıkı bir ilişki mevcuttur (bak. BAYSAL, 1973; ÖZPEKER, 1969; İZDAR ve KÖKTÜRK, 1975). Bunun en belirgin delili, gerek borat serilerinin, gerekse taban ve tavandaki marn/kil serilerinin içinde oldukça yaygın tuf arakat seviyelerinin mevcut olmasıdır.

Yatakların oluşmasını mümkün kılan bor getirimi volkanik süreçlerle oluşmuştur. Volkanik getirimli bor göl sularına 'kırık tektoniği' ile birlikte başlayan volkanik faaliyetlerin ürünü olan ekshalasyonlar kanalıyla karışmıştır. Bu volkanik faaliyetler neticesinde mevcut fay çatlaklarından zaman zaman volkan çamurları ve volkan külleride püskürerek mevcut göl sularına karışmıştır. Kül mertebesinde ve volkanik cam tozları bakımından zengin olan bu piroklastikler, granulometrik inceliği, camsı yapısının termodinamik kararsızlığı ve ortamın bazik olması nedeniyle göl sularında hidrolize olup çözülmüştür. Bu suretle, göl sularına karışan silis, Mg, kısmende Al, P-T koşullarının düşük olmasına rağmen, Mg-montmorillonit'i, dolayısı ile killi kayaları oluşturmuştur.

Sulu borat çözeltilerindeki polianiyonların, dolayısı ile bunların oluşturacakları poliboratların tipi, bilindiği üzere ortamın (çözeltinin)  $pH$ -değerine, sıcaklığına, konsantrasyonuna ve çözeltideki muhtelif kationların mevcudiyetine bağlıdır (BAYSAL, 1973).  $Na^+$  ve  $Ca^{++}$  içeren göllerde, bu iyonların konsantrasyonuna göre sulu  $Na-$ ,  $Na-Ca$  veya  $Ca$ -boratlar oluşur. Göl suyunda  $Mg^{++}$  iyonunun fazla olduğu hallerde oluşacak borat topluluğu  $[Ca^{++}] / [Mg^{++}]$  ve  $[H_2O]$  oranına, yani söz konusu iyonların ve suyun aktivitesine bağlı olmaktadır. Bu arada, yüzeysel koşullarda, örneğin göl sularında kimyasal çökeltme ile ilk önce oluşan borat mineralleri daima kendi serilerinin en yüksek hidratı, yani en yüksek sulu üyesi olmaktadır.

Yukarıdaki öz bilgilerin ışığı altında, Türkiyedeki borat yataklarının oluşumunu şu şekilde özetlemek mümkündür. Bir taraftan borikasit ve muhtelif iyonlar içeren volkanik ekshalasyonların fay çatlaklarından gelerek mevcut göl sularına karışması, diğer taraftan aynı süreçlerle gelen piroklastik malzemenin hidrolizi, keza akarsularla başta  $Ca^{++}$  olmak üzere bazı iyonların taşınması, göl sularında B, Na, Ca, Mg elementlerinin zenginleşmesine sebep olmuştur. Bu suretle, yüzeysel koşullar altında göl sularında *boraks*, *uleksit*, *inyoit*, *kurnakovit*, *inderit* gibi yüksek sulu boratlar primer olarak çökelmiş ve ekshalatif-sedimenter kökenli söz konusu yatakları oluşturmuştur.

Yatakların genç sedimanlarla örtülüp gömülmesinden sonra sıcaklık ve basınç koşulları, keza primer boratların dehidratasyonu ve sirkülasyon sularının karışması nedeniyle kapilar suyun bileşimi, hidrostatik basıncı değişmiştir. Yeni fizikokimyasal koşullar altında kararlı durumlarını muhafaza edemiyen bir kısım primer boratlardan, örneğin *kolemanit*, *meyerhofferit*, *uleksit*, *inderborit*, *tunelit* gibi daha alçak hidratlar sekonder olarak teşekkül etmiştir. O halde muhtelif yataklarda muhtelif boratların bulunması, volkanizmaların, göl sularını besleyen ekshalas-

yonların ve çevreden gelen çözeltilerin, dolayısı ile göl sularının bileşiminin, yataklar oluşurken ve oluşup gömüldükten sonraki ortam koşullarının farklı olmalarının doğal bir sonucudur.

### REZERVLER

Daha öncede belirtildiği üzere, Türkiyede bilinen ve şu anda işletilmekte olan borat yatakları Batı Anadolu'da, özellikle Kırka (Eskişehir), Emet (Kütahya), Bigadiç (Balıkesir) ve Mustafa Kemal Paşa (Bursa) yörelerinde bulunmaktadır. Bu yörelerde son yıllarda sürdürülen yoğun arama faaliyetleri sonucu saptanan rezervler asla küçümsememesi ve üzerinde özenle durulması gereken sevindirici rakkamlara ulaşmıştır. Maden Dairesi ve ETİBANK kayıtlarına dayanarak Devlet Planlama Teşkilatı Endüstriyel Hammaddeler Özel İhtisas Komisyonu tarafından 1972 yılında derlenen veriler Tablo II 'de görülmektedir. Bu rakkamların dahada artma olasılığı kuvvetle muhtemeldir. Örneğin ETİBANK hesabına M.T.A. Enstitüsü tarafından yapılan sondajlı aramalar sonucu Kırka'da 486.900.000 ton muhtemel *boraks* rezervi bulunmuştur. Aynı şekilde, 1971 yılı sonu itibarıyla ETİBANK Emet sahalarında 60.449.976 ton görünür, 43.721.807 ton muhtemel olmak üzere toplam 104.171.783 ton *kolemanit* rezervi saptanmıştır. Bu yöredeki rezerv araştırmaları halen devam etmektedir. Diğer taraftan mevcut verilere göre toplam dünya borat rezervi 855 milyon ton civarındadır (BAYSAL, 1975).

Bütün bu verilerin ışığı altında ve en objektif bir görüşle söylenebilir ki, ortalama 600 milyon ton toplam borat rezervleri ile Türkiye dünyadaki tüm bor hammadde rezervlerinin % 70'ine sahip bulunmaktadır. Araştırılmamış şüpheli daha bir çok sahanın mevcut olduğu göz önünde tutulacak olursa, bu rakkamın Türkiye lehine dahada yükselme olasılığı büyüktür. Netice olarak söylenebilir ki, Türkiye bu gün bilinen borat rezervleriyle dünya tüketimini tek başına en az 200-250 yıl gibi uzun bir süre karşılayabilecek kapasitededir.

### İŞLETMELER

Yurdumuzda mevcut 12 borat yatağı işletmesinden bu gün 9'u faaliyettedir. Bunlardan devlet sektörüne ait olan 'Emet Kolemanit İşletmesi' ve 'Kırka Doğal Boraks İşletmesi' ETİBANK tarafından işletilmektedir. Diğerleri ise yerli özel şirketler tarafından işletilmektedir.

1958 yılında faaliyete başlayan ETİBANK Emet Kolemanit İşletmesinde *kolemanit* açık ve kapalı işletme yöntemleriyle üretilmekte ve yıkama tesislerinde kilden arıtılmaktadır. Bu işletmenin 1970 yılında tüvenan *kolemanit* üretimi 203.500 ton olup bundan 152.625 ton konsantre *kolemanit* elde edilmiştir. Aynı işletmede 1973 yılında 53,4 milyon lira



**TABLO II**  
**Türkiye Bor Hammadde Rezervleri (DPT İhtisas Kom. Rap., 1972)**

Bölge	Görünür Rezerv (Ton)	Müm. + Müh. Rezerv (Ton)	Toplam Rezerv (Ton)	Ortalama Tenör)	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> olarak Rezerv (Ton)
Bigadiç/Balıkesir	4.700.000	3.100.000	7.800.000	% 40	3.120.000
M.K.Paşa/Bursa	50.000	80.000	130.000	% 40	52.000
Emet/Kütahya	15.140.000	22.500.000	37.640.000	% 40	15.056.000
Kırka/Eskişehir	12.110.000	402.000.000	414.110.000	% 30	124.233.000
Toplam	32.000.000	427.680.000	459.680.000		142.461.000

harcamayla kolemanit-konsantratörü projesi gerçekleştirilmiştir. Bu tesiste yılda 600.000 ton % 26-43  $B_2O_3$  tenörlü hammaddeden 300.000 ton konsantre *kolemanit* üretilmektedir. Bunun 265.000 tonu ihraç edilmekte, 35.000 tonu Bandırmada kurulan Boraks ve Asitborik Fabrikasına sevk edilmektedir.

Haziran 1970'te şantiye olarak faaliyete geçmiş olan Kırka Doğal Boraks İşletmesinde *boraks* açık ve bir miktarda kapalı işletme yöntemleri ile üretilmektedir. Bu işletmede, yılda 600.000 ton hammaddeden 400.000 ton konsantre *boraks* üretimini mümkün kılan, 230 milyon lira maliyetli Kırka Doğal Boraks Tesisleri 1974 sonlarında faaliyete başlamıştır. Bu tesiste elde edilecek konsantre *boraks*'ın bir kısmı Bandırma Boraks Tesislerinde değerlendirilecek, büyük bir kısmı ise ihraç edilecektir.

Yukarıda belirtilen işletmelere ilave olarak ETİBANK tarafından 1968 yılında Bandırmada boraks ve borikasit fabrikası kurulmuştur. 1972 yılında Müessese olarak teşkilatlandırılan Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmesinde Emet kolemanitleri işlenerek borikasit, Kırka borakları işlenerek rafine boraks, ayrıca Murgul piritleri işlenerek sülfürikasit üretilmektedir. Yeni tevsii programlarına göre, asitborik üretimi yılda 6.000 tondan 25.000 tona; rafine boraks üretimi ise yılda 20.000 tondan 55.000 tona çıkarılmış olacaktır. Ayrıca yapımı yakında tamamlanacak olan 'Sodyumperborat Tesisleri'nde yılda 20.000 ton sodyum-perborat üretimi gerçekleştirilecektir.

Mevcut özel sektör işletmeleri Emet (Espey), Bigadiç ve Mustafa Kemal Paşa (Kestelek) yörelerindeki yataklarda faaliyetlerini sürdürmektedir. Bunların 1970 yılında ürettikleri bor hammadde miktarı 281.465 tona ulaşmıştır. Faaliyetleri tamamen hammadde olarak ihraçata yönelik olan bu özel sektör işletmelerinden birinin yıllık üretimi 1970 yılında 95.000 tona ulaşmış, diğerleri ise 400-40.000 ton arasında üretim yapmışlardır.

## ÜRETİM

Herne kadar 1950 yıllarından itibaren Türkiyede yeni borat yatakları keşfedilip işletmeye açılmış isede, çeşitli nedenlerle üretimimiz uzun bir süre düşük düzeylerde kalmıştır. Ancak 1960'tan, özellikle 1968'den itibaren bor yataklarına olan ilginin artmasıyla üretimimiz hız kazanmıştır. Bu nedenle, 1960 yılından günümüze dek bor hammadde üretimimizin yıllar itibarıyla durumu Tablo III'de verilmiştir. Tabloda ayrıca kamu ve özel sektör üretimleriyle, 1960 bazına göre toplam üretimdeki artış hızları görülmektedir.

**TABLO III**  
**Türkiye Bor Hammadde Üretimi (Ton)**

Yıllar	Kamu Sektörü (ETİBANK)	Özel Sektör	Toplam	Toplam Artış hızı <sup>2)</sup>
1960	11.608	85.841	97.449	% -
1951	10.900	77.940	88.840	% -8,83
1962	33.491	102.958	136.449	% 40,02
1963	65.000	47.598	112.598	% 15,54
1964	57.234	91.431	148.665	% 52,55
1965	81.461	114.909	196.370	% 101,51
1956	111.500	140.756	252.256	% 158,85
1967	95.100	192.506	287.606	% 195,13
1968	148.837	214.089	362.926	% 272,42
1969	159.195	273.280	432.475	% 343,79
1970	242.185	281.465	523.650	% 437,35
1971	220.000	351.031	571.031	% 485,97
1972	294.500	327.944	622.444	% 538,73
1973 <sup>1)</sup>			1.000.000	% 926,17
1974 <sup>1)</sup>			1.200.000	% 1.131,41

1) Tahminidir. 2) 1960 bazına göre.

Dünyada bor hammaddeleri ilhassa Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye, Rusya, Arjantin ve Şili olmak üzere beş ayrı ülkede üretilmektedir. Türkiye bor hammadde üretiminin ve dünya ülkeleri arasındaki yerinin bir zaman süreci içinde saptanabilmesi, için muhtelif kaynaklı istatistik verilerden yararlanarak bu beş ülkenin 1969-1970 yılları arasındaki bor hammadde üretimleri tespit edilmiştir. Bu arada söz konusu beş ülkenin üretimleri toplam dünya üretimi olarak kabul edilmiştir. Zira diğer ülkelerin üretimleri elde edilen sayısal değerleri fazla etkilememektedir (Tablo IV).

Tablo III ve IV'de görüldüğü üzere; 1960 yılında 857.482 ton olan dünya bor hammadde üretimi % 99,58 artışla 1970 yılında 1.711.378 tona ulaşmıştır. Aynı devrede Amerika Birleşik Devletlerinin üretimi 581.135 tondan % 62,51 artışla 944.415 tona; Türkiyenin üretimi ise 97.449 tondan % 437,35 artışla 523.650 tona ulaşmıştır. 1974 yılında Türkiye üretiminin 1.200.000 tona eriştiği tahmin edilmektedir. Bu son on yıl içinde bor hammadde üretiminin ortalama yıllık artışı A.B.D.'de % 4,98, Türkiyede ise % 18,32 mertebesinde olmuştur. Dünya bor hammadde üretiminde A.B.D.'nin payı 1960 yılında % 67,77 iken 1970 yılında % 55,18'e düşmüştür. Buna karşılık Türkiyenin payı % 11,36'dan % 30,59'a yükselmiştir. Kırka ve Emet yataklarındaki üretimlerin özellikle 1971-1974 yıllarında bir patlama şeklinde artışı göz önünde tutu-

lacak olursa, Türkiyenin dünya üretimindeki payının bu gün çok daha yüksek düzeylere ulaştığı, tahminen % 40'a yaklaştığı söylenebilir.

**TABLO IV**  
**Türkiye Bor Hammadde Üretiminin Toplam**  
**Dünya Üretimindeki Yeri**

Yıllar	Türkiye (Ton)	Diğer Ülkeler (Ton)	Toplam Dünya (Ton)	Toplam Üretimde Türkiye payı %	A.B.D. payı %
1960	97.449	760.033	857.482	11,36	67,77
1961	88.840	734.819	823.659	10,78	66,37
1962	136.449	788.963	925.412	14,74	63,38
1963	112.598	845.375	957.973	11,75	66,30
1964	148.665	906.262	1.054.927	11,09	66,73
1965	196.370	868.114	1.164.484	16,86	62,86
1966	252.256	1.016.137	1.268.393	19,88	61,93
1967	287.606	1.078.616	1.366.222	21,05	63,41
1968	362.926	1.148.941	1.511.867	24,00	61,56
1969	432.475	1.157.107	1.589.582	27,20	58,21
1970	523.650	1.187.728	1.711.378	30,59	55,18

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere; bu gün bor hammadde üretimimiz sevindirici rakkamlara ulaşmıştır. Son yıllara kadar Türkiyenin üretimi mevcut potansiyele göre düşük düzeyde kalmıştır. Dolayısı ile, üretimde bir artışın, hatta bir patlamanın yaratılması olağandı ve gerekti. Fakat dünya üretimindeki payımızın % 40'a ulaştığı bu gün, bu üretim patlamasının yeterli olup olmadığının, dünya konjonktüründeki yerimizin ve etkinliğimizin ne olabileceğinin, pazarlama olanaklarının ne düzeyde bulunduğuunun kısaca üretim politikamızın ne olması gerektiğinin üzerinde durmakta yarar vardır.

Türkiyede bu gün bor hammadde iç tüketimi mevcut potansiyele ve üretime göre önemsenmeyecek düzeydedir. Bunun kalkınma hızı ve nüfus artışına göre, aynı zamanda yeni bor tüketici sanayi dallarının geliştirilmesiyle artması mümkündür. Fakat bütün bunlara rağmen iç tüketimin çok yüksek düzeylere ulaşması olasılığı pek mevcut değildir. Bir diğer ifade ile, Türkiye bor hammadde üretimi ve pazarlama olanakları dünya tüketimine, yani dış tüketime bağlı kalacaktır.

Bor tüketici sanayi dallarının gelişme hızları, bunların tüketim payları, mali faktörler ve nüfus artışları göz önünde tutularak yapılan istatistik tahminler, 2000 yılına kadar bor ürünleri tüketiminin dünyada yıllık ortalama % 3,7-5,1 hızla gelişeceğini ortaya çıkarmıştır. Buna

göre; dünya üretimi, dolayısı ile tüketimi 2000 yılında alt-üst sınırlarla 2.165.450-3.327.282  $B_2O_3$  tona ulaşacaktır. Diğer taraftan bu gün toplam dünya tüketiminin % 36'sını bizzat kendisi tüketen A.B.D. üretimini 2000 yılına kadar kendi tüketimini ve dünya tüketiminde % 55'ini karşılayacak şekilde programlamıştır (MACMILLAN, 1970).

Mevcut pazarlama olanaklarının ışığında, en objektif bir görüşle, Türkiye toplam dünya bor hammadde tüketiminin % 40'nı, sağlıklı bir dünya pazarlama araştırması ve politikası uygulandığı takdirde de % 50'sini karşılayacak olanağa sahiptir. Buna göre; 2000 yılında Türkiye bor hammadde üretiminin alt-üst sınırlarla birinci şıkta 866.180 - 1.330.913  $B_2O_3$  tona; ikinci şıkta ise 1.082.725-1.663641  $B_2O_3$  tona ulaşması ve üretimin buna göre planlanması gerekmektedir. Bu hedeflere ulaşabilmek için, Türkiye bor hammadde üretimi 1970 yılı bazına göre birinci şıkta % 4,9-6,6; ikinci şıkta % 5,7-7,3 ortalama yıllık artışlarla gelişmelidir (BAYSAL, 1975).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzün modern teknolojisinde seçkin bir yere sahip olan bor ürünleri birey ve toplum çalışmalarında temel gereksinmelerimizin vazgeçilmez unsurlarından biridir. Borat yatakları, dolayısı ile bor hammadde potansiyeli bakımından Türkiye çok zengin bir ülke olup toplam dünya rezervlerinin % 70'ine sahiptir. Bütün dünyada acımasız bir ekonomik savaşın sürdüğü ve tüm dikkatlerin doğal kaynaklar üzerinde yoğunlaştığı şu sıralarda, böyle büyük bir potansiyelin varlığı Türkiye için her zaman elde edilmesi mümkün olmayan bir şanstır. Bunun için, ekonomik kalkınma hamlesi içinde bulunan yurdumuzda bor hammaddelerimize değer vermemiz, onların milli ekonomimize ve uluslararası alanda söz sahibi olmada etkinliğini sağlamak zorunluluğu vardır. Bu amaçla, her şeyden önce milli çıkarlarımızı ve dünya koşullarını göz önünde tutarak arama, üretim, değerlendirme ve pazarlama ünitelerini kapsayan bir milli entegre bor politikasının kesinlikle ve ivedilikle saptanması ve bunun uygulanması şarttır.

Hernekadar Türkiyede bütün dünyayı tek başına en az 200-250 yıl besleyebilecek büyük bir bor hammadde potansiyelinin varlığı saptanmış isede, yeni rezerv aramalarına kesinlikle devam edilmelidir. Zira rezerv üretimin ilk şartı ve onun temeli olduğu gibi, bulunacak yeni rezervlerin yeni yeni üretim, değerlendirme ve ekonomik alternatifleri beraberinde getirebileceği daima mümkündür.

Mevcut potansiyelin ülke ekonomisine katkısını en iyi bir şekilde sağlayabilmek için, bunun efektif hale getirilmesi, yani ekonomik birim olan paraya çevrilmesi gerekir. Bununla ancak bilinçli ve uzun va-

deli bir üretim politikası ile mümkün olacağı doğaldır. Bunun için, milli çıkarlarımızı koruyarak, dünya üretim-tüketim ilişkilerini göz önünde tutarak ve pazarlama olanaklarının ne düzeyde bulunduğunu kesinlikle saptayarak sağlıklı ve uzun vadeli bir bor hammadde üretim politikası uygulanmalıdır. Tüm etkenlerin ışığında Türkiye'nin pazar olarak dünya bor hammadde üretiminin % 40'ını, sağlıklı bir dünya pazarlama araştırması ve politikası uygulandığı takdirde ise % 50'sini elde etme olanağına sahip olacağı tahmin edilmektedir. Buna göre; Türkiye üretimi alt-üst sınırlarla 1970 yılı bazına göre birinci şıkta % 4,9-6,6; ikinci şıkta % 5,7-7,3 ortalama yıllık artışlarla gelişmelidir.

Türkiye bor hammadde üretim politikasında önemle üzerinde durulması gereken bir sorunda yatırımlarla ilgilidir. Bu güne kadar daima hammadde ihracatı ile yetinilmiş, yarı mamul ve mamul bor ürünleri üretimine gereken önem verilmemiştir. Bu durum, diğer madenlerimizde de olduğu gibi, bor hammaddelerimizden elde edilen gelirin, dolayısı ile bunların milli gelirimize katkısının düşük düzeyde kalmasına sebep olmuştur. Örneğin, 1960-1970 yılları arasında bor hammaddelerinde kıymet/üretim (1000 TL/Ton) oranları Türkiye için 404-653; A.B.D. için 2405-2610 arasında değişmiştir. Keza Türkiye'nin 1970 yılında toplam hammadde üretimimizin gayri safi milli gelirdeki oranı % 1,47 olmasına rağmen, A.B.D. için aynı oran 1968 yılında % 2,3 olmuştur. İşte bu nedenle, yarı mamul ve mamul bor ürünleri üretimini öngören yatırım projelerine ivedilikle eğilmek gerekir. Bunun için mevcut borikası, rafine boraks ve Na-perborat tesislerinin kapasiteleri pazarlama olanaklarına göre artırılmalı, bunlara ilave olarak muhtelif endüstri dallarının gereksindiği bor ürünleri araştırılarak, projelendirilerek gerekli yatırımlar gerçekleştirilmelidir. Netice olarak, gerek bor ürünlerimizin hammadde yerine mamul ve yarı mamul olarak ihracatını sağlamak, gerekse iç tüketimi hızlandırmak için gerekli tedbir ve yatırımlar ivedilikle uygulanmalıdır.

Bor ürünlerimizin değerlendirilmesinde önemli bir diğer hususta pazarlama ve fiyatlandırma sorunudur. Ürünlerimizi değerlendirebilmemiz için, sıhhatli ve sürekli bir piyasa etüdüne dayanan istikrarlı bir üretim politikası ile birlikte aynı titizlikle bir milli pazarlama ve fiyatlandırma politikası gütmemiz şarttır. Bunun için Avrupa, hatta A.B.D.'nin batı limanlarında antrepolar açarak buralardan ürünlerimizi devlet tarafından kurulacak bir ofis kanalıyla tek elden pazarlamamız gerekir.

Bu gün bor hammadde üretimimizde yabancı sektör faaliyeti resmen kalmamış, dolayısı ile bor madenciliğimiz millileşmiş görülmektedir. Durum böyle olunca, bor hammadde üretiminin nasıl, yani kamu sektörü veya kamu ve özel sektör dayanışması tarafından yürütül-

mesi üzerinde kısaca durmakta yarar vardır. Kanımızca, üretimde esas amaç, mevcut potansiyelimizin yurt ekonomisine katkısının artırılmasını sağlamak, milli çıkarlarımıza ve kesinlikle saptanacak milli bor politikamıza ters düşmemek olmalıdır. Bu ölçütlerin titizlikle göz önünde tutulması şartıyla, tüm işletme ve ruhsat sahaları hukuk kuralları çerçevesinde devletleştirilebileceği gibi, özel sektörün mevcut faaliyetlerinde olanak verilebilir. Fakat küçük özel sektör şirketlerinin amaç ve sermaye birliği yapmaları, faaliyetlerinde devletin sürekli ve etkin denetimini hissetmeleri şarttır. Bununla beraber, bor ürünlerinin ihracata yönelik pazarlama ve fiyatlandırma politikası mutlaka devlet eliyle yürütülmelidir.

Makalenin geliş tarihi : 1-11-1975

### KAYNAKLAR

- BAYSAL, O. (1972): Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının mineralojik ve genetik incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Doçentlik tezi*, 157 s., Ankara.
- (1973): Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının oluşumu. *Türkiye Mad. Bil. ve Tek. III. Kongr. Bül.*, s. 255-277.
- (1975): Türkiye bor hamde üretim politikası. *Türkiye Mad. Bil. ve Tek. IV. Kongr. Bül.*, s. 107-122.
- BAYSAL, O. ve ATAMAN, G. (1975): Türkiyede yeni bir bor minerali: Kernit vve oluşumunun tartışması. *TJK Bül.*, Cilt: 18, Sayı: 7, s. 3-10.
- BİNGÖL, N. (1973): Bor-Boraks. *Kim. Müh. 50. Yıl Sanayi Kongr. Bül.*, s. 403-416.
- BORSİ, S., FERRARA, G., INNOCENTI, F., and MAZZUOLİ, R. (1972): Petrology and Geochronology of Recent volcanism of Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesvos Island). *Zeitschr.Deutsch.Geol.Ges.*, 123, Hannover.
- GAWLİK, J. (1961): Hisarcık-Emet kolemanit yatağındaki rezervler. *M.T.A. Ens. Derleme No. 2827*, Ankara.
- İZDAR, E. ve KÖKTÜRK, U. (1975): Türkiye'de borat yataklarının jeolojisi ve yeni saha potansiyelleri ile ilgili bazı görüşler. *Türkiye Mad. Bil. ve Tek. IV. Kongr. Bül.*, s. 411-434.
- MACMILLAN, R.I. (1970): Boron. *Mineral Facts and Problems, U.S. Depart. of Interior. Bureau of Mines Bull.*, No. 650, s. 879-891.
- OVALIOĞLU, R. (1973): Madencilüğimizin dünyada ve Türkiyedeki durumu. *Mad. Müh.Odası Yayını, 'Madencilüğimizin yapısı ve sorunları'*, s. 45-120.
- ÖZPEKER, I. (1969): Batı Anadolu borat yataklarının mukayeseli ve genetik etüdü. *Ak Matbaası, İstanbul*, 116 s.
- UZKUT, İ. (1974): Türkiye yeraltı servet olanakları vve dünyadaki yeri. *Mad. Müh. Odası Yayını*, Ankara.
- Devlet Planlama Teşkilatı (1972): Endüstriyel Hammaddeler Özel İhtisas Komisyonu Raporu. *Yayın No: DPT:1188-ÖİK: 154*, 152 s.
- Devlet İstatistik Enstitüsü (1972): Maden İstatistikleri, 1960-1963 ve 1963-1970. *Yayın No: 585 ve 700*, Ankara.



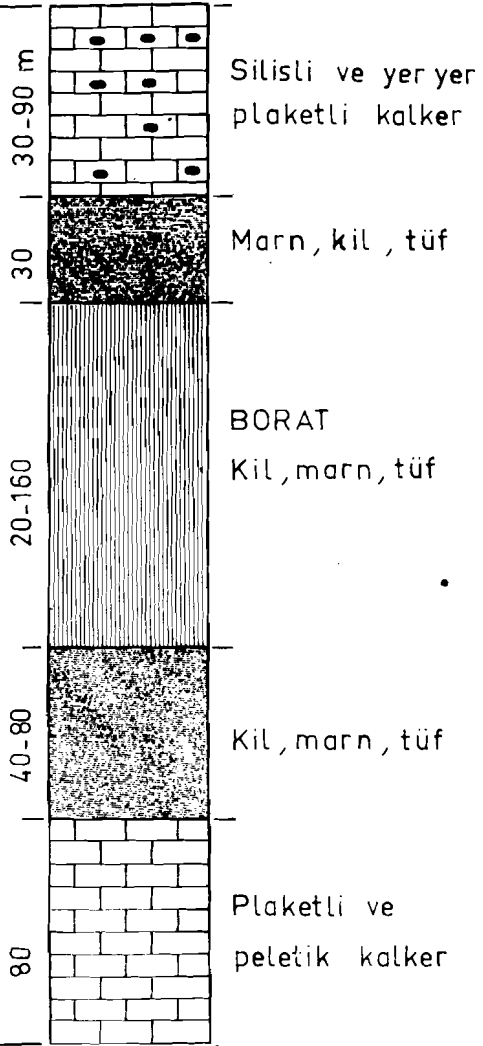
Karasal, laküstr, volkanik Neojen (ayrılmamış)

0 50 100 Km

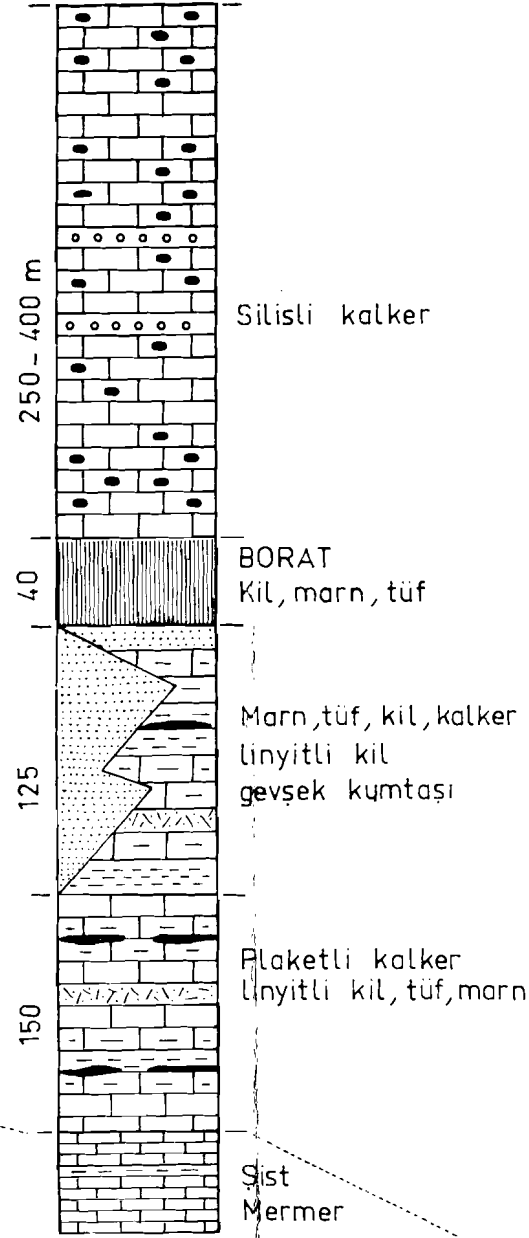
Şekil 1



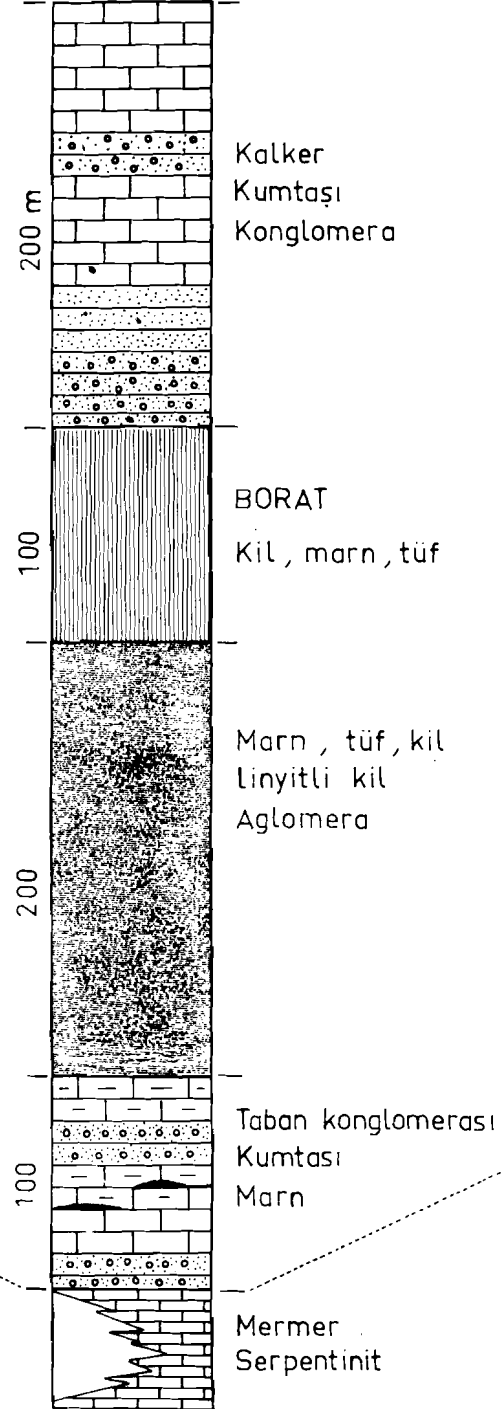
KIRKA  
(BAYSAL, 1972)



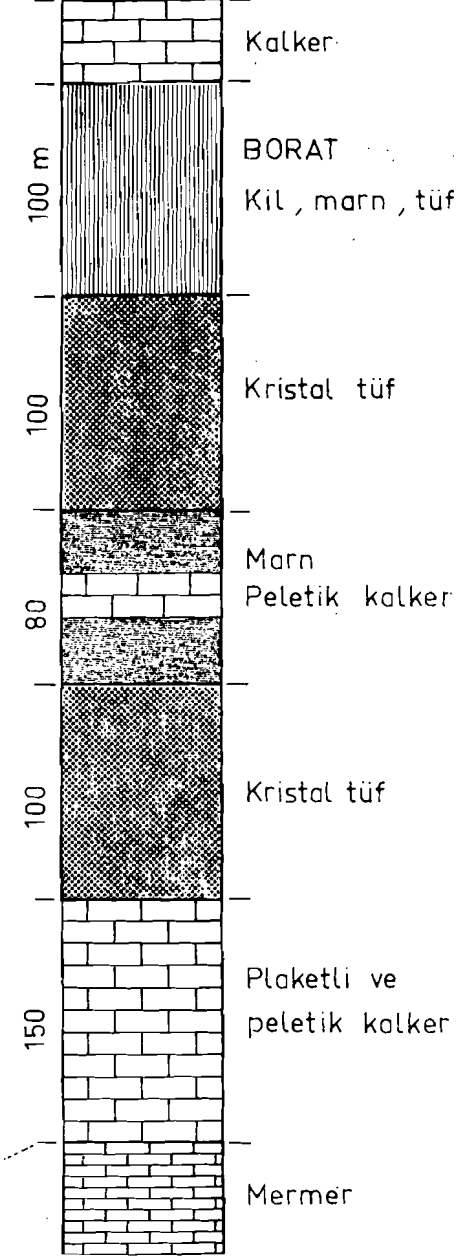
EMET  
(ÖZPEKER, 1969)



KESTELEK  
(ÖZPEKER, 1969)



BİGADIÇ  
(ÖZPEKER, 1969)



Şekil 2