

## **PATLATMA ÇALIŞMALARINDA ÖZGÜL ŞARJ İLE BOND İŞ İNDEKSİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI**

### **INVESTIGATION OF RELATIONSHIPS BETWEEN SPECIFIC CHARGE AND BOND WORK INDEX IN BLASTING ACTIVITIES**

Ö 1. SUL

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS

A Di MİRCİ

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS

A KAHRİMAN

İstanbul Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL

**ÖZET** Bu çalışma kapsamında, kaya ve patlayıcı madde özelliklerini esas alan önceki yaklaşımları desteklemek amacıyla özgül şarjın, boyut küçültme teorisinden yararlanılarak tahmin edilebilirliği konusu incelenmiş ve Bond teorisinden yararlanılarak özgül şarjın tahmin edilebileceği yargısına varılmıştır. Bu amaçla ondört farklı kaya birimi üzerinde sürdürülen arazi ve laboratuvar çalışmaları değerlendirilmiş, uygulamaya ve Bond teorisine dayalı özgül şarj değerleri belirlenmiş ve birbirleri ile ilişkilendirilmiştir.

**ABSTRACT** Within the scope of this research program predictability of specific charge by using the size reduction theory was investigated and decided to use Bond theory for the estimation of specific charge aiming at to support previous approaches of specific charge prediction based on rock and explosive properties. Field and laboratory studies carried out on fourteen different rock units were evaluated for this objective, the specific charge values from practical applications and Bond theory were determined and related to each other.

#### 1 GİRİŞ

Teknik, ekonomik ve emniyetli bir patlatma tasarımında başlıca uç parametre grubu etkili olmaktadır.

- 1 Kaya malzeme ve kutie özellikleri
- n Kullanılan patlayıcı maddenin tipi ve özellikleri
- m Patlatma geometrisi ve şarj dağılımı

Bu temel parametre gruplarından kaya malzeme ve külle özellikleri doğal olarak değiştirilemezken (türetilmiş özellikler hariç) diğer parametre grupları şartlara ve amaçlara bağlı olarak değiştirilebilmektedir.

Bununla birlikte herhangi bir kaya ortamında yapılacak basamak patlatmasında yanıt aranacak iki temel parametre, özgül şarj ve dilim kalınlığıdır. Özgül şarj ve dilim kalınlığının belirlenmesi durumunda diğer parametreler, bu ikisine bağlı olarak hesaplanmakta ve tasarım tamamlanabilmektedir. Dilim kalınlığı pek çok faktörle özgül şarj, dilim kalınlığı; daha önemli bir yer işgal etmektedir. Nitekim dilim kalınlığı, özgül şarjın bir fonksiyonudur. Uygulamada alınacak ilk dilim kalınlığı ve özgül şarj değerlerinin ortak bazında yürütülecek deneme yanılma

çalışmalarıyla belirlenmesi günümüzde önemini korumaktadır.

Özgül şarjın önceden sağlıklı yöntemlerle tahmin edilmesi makina ekipman seçimi başta olmak üzere patlatma verimliliğini yakından ilgilendirmektedir. Bu kapsamda kuma öğütme yoluyla boyut küçültme olayının mekanizması ile patlatma yolu ile kaya kazısı arasında bir benzerlik olduğu düşünüldüğünde, boyut küçültme teoremlerinden yararlanılarak özgül şarj lammum\* yıdıkblcegi düşüncesi, özgül enerji ve tant boyutu arasındaki ilişkilere dayatılabilir. Patlatma işleminin de son tahlilde, bir boyut küçültme olduğu varsayıldığında kuma-öğütme yoluyla boyut küçültme için geçitli olan kural ve yaklaşımların patlatma işlemi için de geçerli olduğu düşünülmüştür. Özgül şarjın s.uk'u k.ya mal/eme  $\sqrt{t}$  kütle özelliklerinden elde edilecek (ek yaklaşımlarla belirlenmesinin yararlı olduğunu düşünülmesi) düşüncesinden hareketle bu yaklaşımlar ek olarak boyut küçültme teorisinden özellikle Bond lennsi  $\sqrt{e}$  iş indeksi kavramlarından yararlanılarak istenilen  $L_{i1}$  bulunmuştur. Kaya patlatmasında özgül şarjın dilim kalınlığı için iş indeksinden, patlatma oranı ve somut işi Koyul tiğiliminden yadılanılması  $\sqrt{L}$  buind cıstlı, mm kuJannübırlırlığı ırtelme\L degerı bulumu 1, ' ı

## 2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılan literatür araştırmasında özgül şarj ile bond iş indeksi arasındaki ilişkiyi direkt araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Fakat bu konuya yakın iki çalışma vardır.

Dr C Dıms Da Gama (1983) tarafından "Patlatmaya Maruz Kalan Kaya Kütlelerinde Boyut Dağılımının Tahmininde Bond Teorisinin Kullanımı" adı altında bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, Bond iş indeksi ile blok boyutunun dilim kalınlığına oranının ilişkisi belirtilmiştir. Bu çalışmada özgül şarj enerjisi olarak ele alınarak Bond yaklaşımına aşağıda verildiği şekilde uyarlanmıştır ve iş indeksleri belirlenmiştir.

$$W_i = W / [10 * (1/P^{1/2} - 1/F^{1/2})] \quad (1)$$

W= Bir ton malzemeyi kırmak için gerekli enerji (kWh/ton)

W<sub>i</sub>= iş indeksi (kWh/ton)

F= Kırılacak malzemenin %80' nin geçtiği elek açıklığı (um )

P= Kırılmış malzemenin %80' nin geçtiği elek açıklığı (um )

Buna ilaveten F50 boyutunun B dilim kalınlığına oranı ile bu iş indeksi ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada iş indeksi ile F50 blok boyutu ve dilim kalınlığı arasındaki ilişki aşağıdaki gibi bulunmuştur

$$W_i = -15.42 + 27.35 * F50/B \quad (2)$$

Kai Nielsen ve Jan Kristianse (1995) yaptıkları bir çalışmada patlatmanın cevherlerin öğütülebilirliğini artırıp artırmadığını incelemişler ve belirli bir miktardaki patlayıcının kayaların öğütülebilirliğini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir. Bununla birlikte toplam boyut küçültme işleminin teknik ve ekonomik sonuçları ile patlayıcı madde enerjisi açısından sayısal ilişkiye dayanan bir formülasyon elde edilememiştir.

Diğer taraftan patlatmaya giren blok boyutunun belirlenmesine yardımcı olacak olan kırılma açısının belirlenmesine yönelik çalışmalar literatürde incelenmiştir. Kırılma açısının genel olarak 120° usanda olduğu görülmüştür. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ocaklarda tek delik deneme alımlarının sonuçlarında kırılma açısı-dilim kalınlığı ilişkisi araştırılmış ve aşağıdaki bağıntılar elde edilmiştir

$$Q = 180 - 21.63 * B \quad , \text{Bilgin (1991)} \quad (3)$$

$$Q = 165 - 7.688 * B \quad , \text{Rustan ve Lın (1987)} \quad (4)$$

$$Q = 206.89 - 18.02 * B \quad , \text{Bilgin (1991)} \quad (5)$$

Q= Açık (Derece)

B=Dilim kalınlığı (m)

## 3 ARAŞTIRMANIN AMACI

Patlatma tasarımında etkm olan pek çok parametre sozkonusu ise de, özgül şarj bunlardan en önemlilerinden biridir. Bu nedenle, özgül şarjın önceden tahmini özellikle makina ekipman seçiminden tasarımın ekonomisine kadar pek çok unsuru belirlemede kolaylık sağlamaktadır.

Özgül şarjın tahminine yönelik olarak çeşitli araştırmacılar bazı kaya özelliklerinden hareketle birtakım yaklaşımlar elde etmişlerdir ancak bu yaklaşımlar pek çok durumlarda için yeterli olamamaktadır. Diğer yandan patlatmanın da bir boyut küçültme işlemi olduğu birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir. Bu nedenle, özgül şarjın Bond iş indeksinden hareketle belirlenebilmesi durumunda makul sonuçlara ulaşıp ulaşılamayacağı araştırılmıştır.

## 4 ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu araştırma en fazla çalışmaların yapıldığı başta Bant Maden Turk A Ş ' ne ait Sivas-Ulaş-Ak kaya Sölestit Açık işletmesi olmak üzere, Sivas Divriği Demir Açık işletmesi, Egemetal Endüstri A Ş Eskişehir-Karaburhan Krom İşletmesi, Demir Export A Ş Çetinkaya ve Otluklise Demir Açık işletmesi sahalarında sürdürülmüştür.

Konu ile ilgili verilerin elde edilmesine yönelik çalışmalar, belirtilen işletme sahalarında ve Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bulumu Cevher Materyal Laboratuvarı ile ilgili şekilde gerçekleştirilmiştir.

I Çalışılan kaya birim kütle/özgül şarj değerlerinin toplanması (Demirci, vd .1995 , Karınman I'W)

II Patlatma çalışmalarının etkisini belirlemek için yapılan araştırmaların sonuçları (Demirci, vd .1995 , Karınman I'W)







$$F_2 = 3.54 \cdot B' \quad (10)$$

Küre ve üçgen prizma şeklindeki hacimlerin patlatılarak parçalanmasının kabulünden çıkan değerlerin ortalaması alınarak başlangıç blok boyutu aşağıda verilmiştir (Sul, 1996)

$$F = [(3.54 + 2.17) / 2] \cdot B'$$

$$F = 0.97 \cdot 2.90 \cdot B'$$

$$F = 2.83 \cdot B' \quad (11)$$

Bu sonuç, genel olarak patlatma çalışmalarında (ayrıntılı jeoteknik etud yapıp belirlenmemiş ise) makul ölçüler içerisinde kabul edilip kullanılabilir. Bu araştırma kapsamında başlangıç blok boyutu tahmini için bu yaklaşım esas alınmıştır.

Patlatmadan sonraki parça boyutlarının (P) tayını ise, fotoğraf analizleri ve yığın üzerindeki ölçmelerle belirlenmiştir.

Patlatmadan önceki blok boyutları, patlatmadan sonraki parça boyutları ve iş indeksi değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

#### 4.3 Delme-Patlatmanın Bir Kinci (Konkasor) Gibi Düşünülmesi ve Bond Teorisi Yaklaşımıyla Bulunan Özgül Şarj Değerleri

O/gül şarjın bu yolla tahmini için gerekli olan iş indeksi blok boyutu ve parça boyutu değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu değerlerin kullanılması suretiyle aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$Q_{\text{özümlü Şarj}} (q_1) = 10 \cdot W_1 \cdot [1 / (P \cdot 80)^{1/2} - 1 / (F \cdot 80)^{1/2}] \cdot (860 / 912) \cdot d \quad (\text{kg/m}^3 \text{ ANFO}) \quad (12)$$

veya,

$$Q_{\text{Şarj}} (q_2) = 10 \cdot W_1 \cdot [1 / (P \cdot 80)^{1/2} - 1 / (F \cdot 80)^{1/2}] \cdot d \quad (13)$$

$$q_2 - \text{kWh/m}^3$$

$W_1$ : Bond iş indeksi (kWh/ton)

$l$ : Giriş blok boyutu ( $\mu\text{m}$ )

$P$ : Çıkış parça boyutu ( $\mu\text{m}$ )

$d$ : Kayaç yoğunluğu ( $\text{gr/cm}^3$ )

860 kcal = 1 kWh

912 kcal = 1 kg ANFO'nun kalori değeridir

Çalışılan kaya binnien için, yukarıdaki (12) ve (13) nolu eşitliklerden yararlanılarak özgül şarj değerleri hesap edilmiştir. Bulunan özgül şarj değerleri ( $q_1$  ve  $q_2$ ) ANFO ( $\text{kg/m}^3$ ) ve Enerji ( $\text{kWh/m}^3$ ) cinsinden Tablo 2'de verilmiştir.

Burada yalnızca Jips II kaya biriminin özgül şarj ihtiyacı örnek olarak aşağıda hesaplanmıştır. Bulunan özgül şarj değerleri ANFO bazında hesaplanmıştır.

$$q_1 = 10 \cdot 17.48 \cdot [1 / (900.000)^{1/2} - 1 / (10.700.000)^{1/2}] \cdot (860 / 912) \cdot d \quad (14)$$

$$q_1 = 0.285 \text{ ANFO } (\text{kg/m}^3)$$

Tablo 2. Özgül Şarj Değerleri

Kaya Dinimi	Uygulama-daki O/gül Şarj ( $\text{kg/m}^3$ ) $q$	Bond Teorisine Göre Hesaplanan Özgül Şarj	
		( $\text{kWh/m}^3$ ) $q_2$	( $\text{kg/m}^3$ ) $q_1$
Jips II (Ulaş)	0.292	0.302	0.285
Jips IH (Ulaş)	0.335	0.262	0.248
Anhidrit (Ulaş)	0.113	0.305	0.288
SölcslüHV (Ulaş)	0.372	0.392	0.370
Sölcslü VI (Ulaş)	0.388	0.402	0.380
Sölcslü V2 (Ulaş)	0.418	0.440	0.415
Sölcslü V3 (Ulaş)	0.469	0.530	0.500
Manyetit (Dünya)	0.622	0.637	0.601
Krom (Eskişehir)	0.360	0.392	0.370
Dün» (Eskişehir)	0.310	0.312	0.295
Hematit (Çütünkaya)	0.516	0.550	0.519
Diyorit (Çiçinkaya)	0.360	0.373	0.352
Homalit (Olluklise)	0.420	0.438	0.413
Kalker (Olluklise)	0.300	0.302	0.285

#### 4.4 Arazi Çalışmaları

Özgül şarj değerlerinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar dört farklı kaya binnieninde gerçekleştirilmiştir. Çalışılan kaya binnieninde, en uygun patlatma koşullarının belirlenmesi amacıyla işlemleri geçmiş yıllardaki uygulamaları gözönünde tutularak değişik sayıda atımlar gerçekleştirilmiştir. İşlemlerde her kaya birimine uygulanmakta olan delme ve patlatma sistemi incelenerek veriler elde edilmiştir. Uygulamadan çıkan özgül şarj değerleri Tablo 2'de belirtilmiştir.

#### 5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Uygulamadan Çıkan Özgül Şarj ile Bond Teorisi Kullanılarak Hesaplanan Özgül Şarj Değerleri İlişkisi

Önceden Bond teorisine göre hesaplanan özgül şarj ile uygulamadaki özgül şarj değerleri regresyon analizi sonucu ilişkilendirilerek aşağıdaki eşitlik elde edilmiş ve Şekil 2' de de grafiksel olarak gösterilmiştir.

$$q = 0.056667 + 0.879884*q_1, (r=0.97) \quad (15)$$

$q$  = Uygulamadaki özgül şarj ,ANFO (kg/m<sup>3</sup>)  
 $q_1$ = Bond teorisi yoluyla önceden hesaplanan özgül şarj ,ANFO(kg/m<sup>3</sup>)

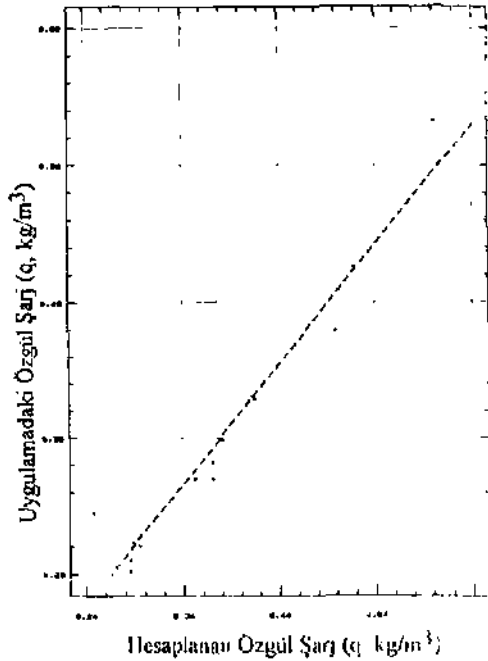
#### 5.2. özgül Şarj ve Bond iş indeksi ilişkisi

Aynı kaya birimlerine ait uygulamadaki özgül şarj değerleri ile laboratuvarıda tesbit edilen Bond iş indeksi değerleri (Tablo 1) kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucu, elde edilen ilişki aşağıda verilmiştir. Bu ilişki Şekil 3' de grafiksel olarak gösterilmiştir.

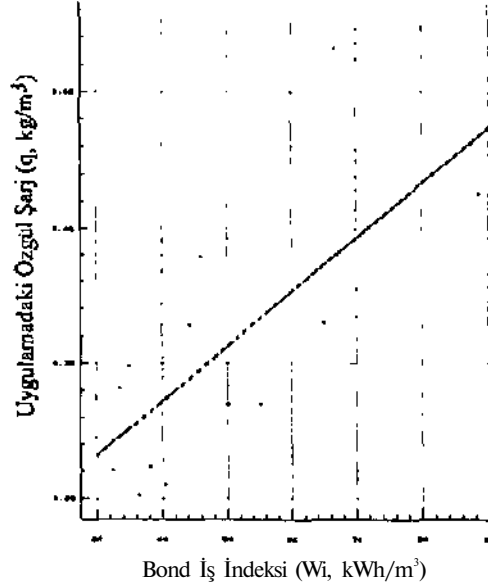
$$q=0.183902+4.0426*10^{-3}*W_i \quad (r=0.72) \quad (16)$$

$q$ = Uygulamadaki Özgül şarj (kg/m<sup>3</sup>)

$W_i$ - Bond iş indeksi (kWh/m<sup>3</sup>)



Şekil 2 Uygulamadaki özgül şarj ile önceden hesaplanan özgül şarj arasındaki ilişki



Şekil 3. Uygulamadaki özgül şarj ile Bond iş indeksi arasındaki ilişki (Sül,1996)

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sivas-Ulaş Sölestit İşletmesi, Divriği Demir İşletmesi, Eskişehir-Karaburhan Krom İşletmesi, Sivas Çetinkaya ve Otluklıse Demir İşletmesi sahalarında yürütülen bu araştırma kapsamında özgül şarjın Bond İş indeksinden hareketle tahmin edilebilirliğine yönelik olarak arazi ve laboratuvar testleri ile patlatma çalışmaları yapılmıştır. Özgül şarjın kaya ve patlayıcı madde özellikleri ve patlatma geometrisinden hareketle tahminini esas alan önceki araştırma ve yaklaşımları desteklemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma ile ilgili genel ilişkiler ve sonuçlar aşağıdaki gibidir.

1 Çalışma sahalarında yeralan tüm kaya birimlerinin Bond iş indeksi değerleri, laboratuvarıda itinalı bir şekilde standart Bond testi yöntemiyle belirlenmiş olup elde edilen değerler Tablo 1'de verilmiştir.

ii Bahis konusu kaya birimlerinde gerçekleştirilen atımlarda, optimum şartları sağlayan özgül şarj değerleri dikkate alınmış olup elde edilen değerler Tablo 2' de verilmiştir.

m. Patlatma işleminin esas itibarıyla bir boyut küçültme işlemi olduğu varsayımından hareketle, ufalama için geçerli olan Bond teorisi benzer bir yaklaşımın patlatma için de geçerli olabileceği düşünülmüştür. Özgül şarjın, kaya birimine ait iş

indeksi (Wi), başlangıçtaki blok boyutu (F) ve elde edilen yığınım parça boyutunu (P) esas alan bir ilişki ile tahmini konusu araştırılmış ve Bond eşitliğinden yararlanılarak Özgül şarjın belirlenebileceği sonucuna varılmıştır. Bu amaçla yapılan regresyon analizinden elde edilen oldukça yüksek korelasyon katsayısı ( $r^2=0.94$ ) ilişki aşağıda verildiği gibidir.

$$q = 0.056667 + 0.879884 \cdot q_1 \quad (17)$$

$$q_1 = 10 \cdot W_i \cdot [1/(P)]^{1/2} - 1/(F)^{1/2} \cdot (860/912) \cdot d$$

veya

$$q = 0.056667 + 0.879884 \cdot 10 \cdot W_i \cdot [1/(P)]^{1/2} - 1/(F)^{1/2} \cdot (860/912) \cdot d \quad (18)$$

Ancak bu yaklaşımdan hareketle özgül şarjın, sağlıklı bir şekilde tahmini, çalışılan kaya birimine ait iş indeksinin, atım öncesi blok boyutu ve atım sonrası parça boyutunun titizlikle belirlenmesini gerektirmektedir

Bu amaçla yapılacak çalışmalarda özgül şarjın optimum patlatma sonuçlarına dayandırılması, blok ve parça boyut analizlerinin bilgisayar destekli yeni yaklaşımlarla gerçekleştirilmesi, ortaya konacak ilişkilerin güvenilirliğini artıracaktır

iv Özgül şarjın, kaya birimlerinin Bond iş indeksi değerlerinden hareketle tahmin edilebilirliği amacıyla yapılan basit regresyon analizi sonucu elde edilen ilişki aşağıdaki gibi olmuştur

$$q = 0.183902 + 4.0426 \cdot 10^{-3} \cdot W_i \quad (r=0.72) \quad (19)$$

Ondört farklı kaya biriminde gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen bu eşitliklerin, daha fazla değişik kaya birimlerini (benzer özellikleri gösteren) içerecek çalışmalarla desteklenmesi yararlı olacaktır Aynı zamanda bu konunun yeraltı indindenin kapsayacak şekilde araştırılmasında fayda mülhaza edilmektedir

#### KAYNAKLAK

BİLGİN H A , 1995 - "Single Hole 'lest Masting at an Open Ill Mine m hull Scale A Case Study" Inl J ol Smlace Mining and Rmlaniaiion b 14hi94

DA GAMA, D ,1983, "ilsv of Comminution ilwory to Predict I-'ragmentaion of Jointed limk Masses Subletted to Wa.v/W£" First International Symposium

on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, SWEDEN

DEMİRCİ, A, CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A , 1995, " Ege Metal Eskişehir Krom işletmesinde Optimum üretim Yönteminin Belirlenmesi ve Projelendirilmesi Çalışmaları", Proje Raporu, C.Ü., SİVAS

DEISTER, R I, 1987, "How to Determine the Bond Work Index Using laboratory Ball Mill Tests", Eng and Min J, Feb., 42-45

KAHRİMAN, A, 1995, "Sivas Ulaş Yöresi Sölestü Cevheri ve Yankayaçları için Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi", Doktora Tezi, C U , SİVAS

KEMAL, M , ÇİÇEK, T , 1996; "ince ve Çok ince Öği/me" 21 Yüzyıla Girerken Türkiye Madenciligi, 20-22 Haziran 1996, SİVAS

NEILSEN, K.& KRİSTIANSE, J, 1995, "Can Blasting Enhance The Cırındabihty of Ores", Trans Inst Min Metal (Sect A Mm. Industry), 104

RUSTAN, A.& LIN, N S., 1987, "New Method to test the Rock Breaking Properties of Explosives in Full Scale", Proceed 2nd Int. Symp on Rock Fragmentation by Blasting, Keystone, COLORADO, 36-47

SUL, 0, 1996, "Patlatma Çalışmalarında Özgül Şarj ile Bond iş indeksi Arasındaki ilişkilerin Araştırılması" Doktora Tezi, C U , SİVAS

VUTUKURİ, VS, and RUSTAN, A, 1983, "Influence of Physical Properties of Rock and Rocklike Material on Blasihılıly in Crater and Slab Blasting: A Literature and Model Study", Research Mine Report.-Fü 8221, Lulea-SWEDEN