

# Karstlaşma ve Mühendislik Projelerinde Sayısal Karst Sınıflaması Kavramı

*Karstification and Numerical Classification Concept of Karst in Engineering Projects*

Turgut ÖZTAŞ İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul

ÖZ : Bu çalışmada, yerbilimlerinde geniş bir inceleme alanı bulunan karstlaşma ve karst sınıflamalarının mühendislik projelerine uygulanabilirliği araştırılmaktadır. Bu amaçla, karst kavramının günümüze kadar geçirdiği anlam değişikliği, karstlaşmayı oluşturan nedenler ve bunların zamana bağlı etkileri üzerinde durulmuştur. Bepşik araştırmacıların karst sınıflamaları ve inceledikleri ölçütler belirtilmiş, buradan hareketle mühendislik amaçlı bir "sayısal karst sınıflamasının" gerekleri üzerinde durularak, bu tür bir sınıflama için görüşler sunulmuştur.

ABSTRACT : In this paper, a review of karstification is given in detail and potential use of karst classifications in engineering projects are discussed. Attention was paid to various karst definitions, the causes and time effects on karstification. Several karst classifications and different criteria were reviewed and opinions on an engineering-oriented numerical karst classification are presented.

## GİRİŞ

Doğanın karmaşık olaylarından birisini oluşturan karstlaşma, eriyebilir kayaçların yeraltı, bölgedeki insan yaşamını dolaylı ve dolaysız olarak etkilemektedir. Karst olgusu, özellikle yeraltı ve yerüstü suyundan yararlanmak, yeraltı boşluklarını kullanmak gibi amaçlarla yapılan mühendislik çalışmalarında, ortamın su tutma, su ileme ve temel olabilmek özelliklerine doğrudan etkilediği için büyük önem taşımaktadır. Tüm bu etkinlikleri olumlu yönde kullanabilmek için ise o bölgedeki karstlaşma olayının ve karst özelliklerinin olabildiğince aydınlatılması ve bunların sayısal olarak belirtilmesi zorunludur.

### 1 — KARST VE KARSTLAŞMA

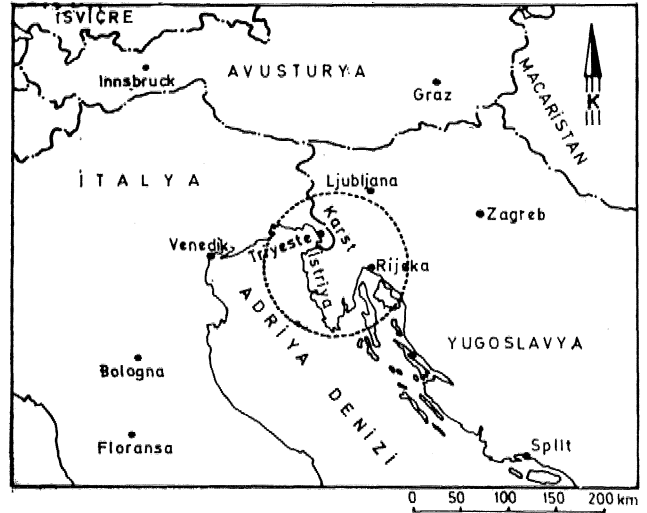
"Karst" sözcüğü, Yugoslavca'daki "Kras" ve İtalyanca'daki "Carso" sözcüklerinin Almanca'dır, "Kras", Yugoslavya'da; batısında Triyeste körfezi, kuzeyinde Vipava vadisi, doğusunda Pivka havzası ve güneydoğusunda Notranjska Reko vadisi bulunan bölgeye verilen isimdir (Şekil, 1)\*

Karst sözcüğünün yaygın bir şekilde ilk kez kullanılmasına, 1840 yılı sonlarında İstria ve Karniyola bölgelerinin Avusturyalıları tarafından sistemli olarak araştırılması sırasında rastlanır\* Bu yıllarda sözcük, Özel morfolojik şekiller gösteren bu bölgeyi belirlemek üzere kullanılmıştır.

Günümüzdeki anlamıyla karst; Kireçtaşı ve jips gibi eriyebilen kayaçlarda, kimyasal ve fiziko-mekanik olaylar sonucunda zamana bağlı olarak gelişen tüm Özel yeraltı ve yerüstü drenaj düzenini ve biçimlerini belirten jeolojik, hidrolojik ve jeomorfolojik bir kavramdır.

"Karstlaşma" bir olayı, "Karst" ise bu olay sonucunda oluşan bir durumu belirtir. Bu nedenle karstlaşma olayı incelenirken etkenlerin zaman içindeki karşılıklı ilişkileri-bir oluşum mekanizması araştırılır, Karst incelenmesinde ise bu oluşum mekanizmasına bağlı olarak ortaya çıkan tüm biçimsel özellikler ve ilişkiler belirlenir, Karstlaşmayı oluşturan etmenler başlıca 2 kümede toplanır.

1.1. — Birinci Etmenler : Karstlaşma olayının başlaması ve gelişimi için zorunlu olan etmenlerdir\*



Şekil, 1 — Karstın İncelendiği İlk Karst Bölgesi.

#### 1.1.1 — Jeoloji:

- 1# Eriyebilen kayaçlardan oluşan litoloji (bileşim, dokü, yapı)
- 1# Çeşitli boyut ve türdeki süreksizliklerin yönelim ve dağılımı

#### 1.1.2 — Hidrojeoloji:

- Yeraltı ve yerüstü suyu içeren bölgelerin yeri, suyun akış rejimi, debisi, hızı, sıcaklığı ve bunların zamana bağlı değişimleri.
- 1# Suyun kimyasal özellikleri
- Ortamın boşlukluluk, geçirimsizlik ve iletilirliği,

1.2 — İkinci Etmenleri Karstlaşma sonucunda oluşan karstın biçimini-türünü denetleyen etmenlerdir.

#### m İklim

- !• Meteorolojik özellikler ve değişimleri

#### V Bitki örtüsü

- Jeomorfolojik özellikler ve değişimleri

Tüm etmenler, "Karstlaşma Derecesini" belirleyen fiziksel ayrışma, aşınma ve taşınma gibi fiziko-mekanik, çözünme ve yeniden kristallenme gibi kimyasal işlemlerin sürekli bir denetimi altındadırlar. (Şekil 2). Mühendislik çalışmalarında bilinmesi gerekli olan nokta, karstlaşma derecesine bağlı olan tüm karst oluşuklarının yeri, biçim ve boyutu, dağılımı, ve "bunların birbirleriyle olan ilişkileridir,

Jeoloji  
Hidrojeoloji  
jeomorfoloji

GÜNCEL KARST ORTAMI

kimyasal

t Oluşum ve Gelişim Düzeni

FLAMALİBİ

eden olan özelliklerin her bir yapıda olmasının doğal ırtlaşma ve karst da bu lanamamaktadır. Bu du- m kadar yapılan karst sı- ekillerini tanımlayan de- ebüecek bir ortak görüş

Ölçütün gözönüne alın- nılarından en yaygın lama ölçütleri başlıca

Karst Sınıflamaları:

m yaygın olanı maşdır, Buna go- ı yeryüzeyinde en ima doğru aşığı-

tone karst)  
'te karst)

karst) \*kamt)

-TSİ » ^İSV\* 1 ^

teö^ .\*\* ti c»\*^ aşılamadığı tain yüzey-

Tte^ ^ete r U mate\*\*  
^ ^ yapı\*  
^\_g2 mmasın-  
^ ^ .aya ör-

nek olarak SAWICK^nm (1909) Orta ve Batı Avrupa'nın en tipik karst alanlarında ve Dinarlar'da sürdürdüğü çalışmalar sırasında verdiği sınıflama gösterilebilir. Bu basit sınıflama aynı zamanda, özellikle yağış ve ısıyı gözönüne alan ilk dklimsel sınıflamalardan birisidir, Buna göre karstın başlıca 2 tipi tanımlanmıştır:

a) Çıplak karst (Bare karst, Nackter karst), Dinarlar'da görülen karst tipidir\*

b) Toprak örtülü karst (Soilcovered karst, Bedeckter karst), Orta ve Batı Avrupa'da görülen karst tipidir»

Bu sınıflamaya daha sonraları, Albrecht PBNOK (1924) tarafından 8, bir karst türü olarak,

c) Yeraltı karstı (Subsurface karst, Unterirdische karst), eklenmiştir, Bu son tanım diğer kayaçlar tarafından Örtülerek gizlenmiş karstı belirlemek için kullanılmıştır,

2.8 — Karstlaşma Yeri ve Derecesi & Görü Karst Sınıflamaları t

Karst alanlarındaM güncel ya da jeolojik gelişimin etkinliği altındaki durumu ve ana karstlaşma ortamının yerini gözönüne alan bu ölçüte yapılan sınıflamalara 8 değişik örnek verilebilir.

2.3.İ — EEGUVÄJrtJ, K.— YÜMM, E.f.m (1014) Karst Sınıflamağı:

Karstlaşma gelişiminin yerinden ya da yerüstünden başlamasına göre karstın 2 türü tanımlanmıştır.

a) Yüzeysel Karst: Karstlaşma, yerüstündeki etmenlerden (yağış, sıcaklık, vb.) kaynaklanmakta ve derinlere inildikçe karstlaşma etkinliği giderek azalmaktadır,

b) Hidrotermal Karst: Karstlaşma, yerindeki etmenlerden (magma, OQ/li sular, vb\*) kaynaklanmakta ve yeryüzeyine yaklaştıkça karstlaşma etkinliği giderek azalmaktadır.

2.SJ. — J^ CVHIO^ın (1024) Karst Sınıflaması: lammut

Karst alanlardaki güncel görünümü yansıtan bu sınıflamaya göre ayırtlanan 3 karst tipi ve bunların özellikleri kısaca şöyledir:

- a) Tam Karst (Holokarst) : Karsta Özgü yüzey şekilleri ve yeraltı hidrolojisi son derece iyi gelişmiştir.
- b) Yarım karst (Merokarst, Partial Karst) : Karsta Özgü yüzey şekilleri ve yeraltı hidrolojisi belirgin fakat az gelişmiştir,
- c) Geçişli karst (Transitional karst) : Karsta özgü yüzey şekilleri ve yeraltı hidrolojisi yarım karsttan çok fakat tam karsttan az gelişmiştir»

### 2.3.3 — M. HEBAK'ın (1977) Karst Sınıflaması ;

Karst alanlarının sadece güncel görünümünü değil bölgenin jeolojik geçmişini de gözönüne alan ve rejyonal karstlaşma derecesine göre yapılan tekto-jenetik bir sınıflamadır. Buna göre karstlaşmış alanlar; jeolojik geçmişteki Özelliklerinden çökeltme ortamları diyastrofik olaylar, iklim ve bitki örtüsündeki değişimler ile güncel Özelliklerden petrografik büşüm, jeolojik yapı, karstlaşma düzeyi yükseltisi, bitki örtüsü ve Mim *gözümne* alınarak sınıflandırılır. Sınıflama aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- a) Epi-orojenik karst: Kayaçlar oldukça yatay tabakalı, kıvrımlar düzgün ve normal görünümlüdür. Faylar genellikle bölgesel ölçektedir» Bu tür karst alanları epikontinental denizde veya tatlısu ortamlarında oluşan karbonatlı kayaçları kapsar\* Kendi içinde 4 alt karst tipine ayrılır.

- a.1) Bpd-orojenik tabla (tabular) karstL
- a.2) Epl-orojenik kıvrımlı (folded) karst.
- a.3) Epi-orojenik havza (basinal) karstL
- a.4) Epi-orojenik derin (deep) karst,

- b) Orojenik Karst: Orojenik karmaşıklık içeren bölgelerde görülen karst türü. Kayaçların jeosenkinal içindeki konumu karst türünü belirler. Kendi içinde 4 alt karst tipine ayrılır.

b,1) Orojenik merceksei (lenticular) karst\*

- b\*2) Orojenik Kıvrımlı (folded) karst.
- b.3) Orojenik Deşilmiş (dessected) karst.
- b.4) Orojenik Kümelenmiş (accumulated) karst.

### 2.4 — Cöğmfik Bölgelere ve Dolayısıyla İklim Göre Karst Sınıflamaları s

Bu ölçüte göre yapılan sınıflamalar, belirli coğrafik bölgelerdeki belirli iklim koşullarının denetimi altında Özel yeraltı ve yerüstü özellikleri kazanan karst türlerini tanımlamak amacıyla güder, Bu ölçüte göre yapılmış sınıflamalardan en tanınmış 3 tanesi ve bunlara göre tanımlanan karst türleri aşağıda kısaca Özetlenmiştir:

3,4.1 \_ LEHMANN'ın (1936) Karst Sınıflaması: Bu sınıflama 1954'te Frankfurt'ta toplanan karst simpozyumu'nda ele alınmış ve 1956'da Rio de Janeiro'da toplanan IGTP'nun Karst Simpozyumu'nda kabul edilmiştir. Yapılan sınıflama şöyledir:

- a) Periglasiyal (periglacial) ve kutup (polar) karstı,
- b) Alp karstı,
- c) Serin okyanus veya Batı Avrupa karstı,
- d) Akdeniz karstı,
- e) Çöl karstı,
- f) Tropikal karst\*

### 2A2 — OVCKa>ECjKtI'in (1965) Karst Sınıflaması;

Bu sınıflamada çeşitli iklim bölgeleri ve aynı zamanda da karstlaşma derinliği gözönüne alınmıştır. Sınıflama aşağıdaki gibidir:

- a) Çıplak karst (Bare karst, Holokarst, Mediterranean karst, Dinaric karst)\*
- b) Örtülü karst (Covered karst). Kireçtaşlarından kaynaklanmayan tortullar ile (fluyvoglasiyel malzeme, alüvyon, kumtaşı, vs) ile örtülü karst türüdür.
- c) Toprak örtülü karst (Soil-covered karst, Soddy karst). Kireçtaşlarının oluşturduğu zemin ya da terrarosa ile örtülü karst türüdür.
- d) Gömülü karst (Buried karst), Kireçtaşlarından sonra oluşan diğer kayaçlar tarafından örtülmüş karst türüdür. Varlığı ancak sondajlarla anlaşılır,
- e) Tropikal karst (Cone karst, Tropical karst).
- f) Permafrost karst,

2,43 — SWEETINGİN (1913) Karst Sınıflaması:

GVOZDEÇKIJ sınıflamasını andırır, fakat iklim ve erime olayını birlikte düşünen daha ayrıntılı bir sınıflamadır. Bu sınıflamaya göre aşağıdaki karst türleri tanımlanmıştır\*

- a) Gerçek karst (True karst\* Holokarst),
- b) Fluvyal karst^
- c) Buzul ve kar karstı (Permafrost karst, Kutup karstı, Glacio-Nival karst)\* Bu anlamdaki karst türü BÖGLJt (1964) tarafından;
- Basamaklı karst (Schichttreppenkarst, Karst en banquettes structurales),
- !# Çopur karst (Rundhockerkarst, Karst en roches moutonnées ),

adı altında 2 kümede toplanmıştır,

- d) Tropikal karst;
- \\9 Koni karstı (Cone karst, Kegelkarst, Karst à pitons, Sinoid karst),
- 1# Kule karstı (Tower karst, Turmkarst, Karst à tourelles, Pinnacle karst)
- e) Kurak ve yarı kurak bölge karstı.

2,5 — İstatistik Değerlendirmelere Göre Karst Sınıflamaları:

Karstlaşına ve karst Özelliklerinin sayısal değerlendirilmesine yönelik olarak uygulanan değişik istatistiksel yöntemler aracılığı ile 2 konuda sınıflama yapmak amaçlanmıştır:

2,5,1 — Karst olduklarının çeşitli ortamlar içindeki varlığını açıklamak ve diğer ortamlarla ilişkilerini belirlemek için "karstlaşmanın sınıflanmasına" yönelik çalışmaları

Bu tür sınıflama çalışmalarında değişik bölgelerde değişen koşullar altında oluşan dolinler gibi yerüstü ve mağaralar gibi yeraltı karst oluşukları ele alınmıştır. Bunları istatistik yöntemler aracılığı ile sayısal olarak değerlendirerek, jeolojik ve jeomorfolojik bir genel karstlaşma oluşum hipotezi İleri sürebilmek amaçlanmıştır. Bu konuda verilebilecek ilk önemli örnek, Joyau ÖVIJIC'in (1893) bir bölgedeki dolinlerin geometri ve dağılım sıklığına dayanan sınıflama çalışmasıdır. Sonraki yıllarda, gelişen istatistik yöntemlerin ve bilgisayarların kullanılması Üe çok daha fazla parametre içeren hesaplamalar yapılmış ve herhangi bir bölgedeki karstlaşma olayına açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

2,5.2 — Karst oluşuklarının geometri ve dağılımlarının mühendislik işlerine olan etkisini bulabilmek için "Karstın sınıflanmasına" yönelik çalışmaları

Bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik açıdan yeni fcoyutlar kazanan çağdaş yaşam koşullarının doğal bir sonucu olarak özellikle son 20 yıl içinde bu türden çalışmalara rastlanmaktadır. Amaç, karst oluşuklarının geometri ve dağılımlarını belirleyerek bunların mühendislik işlerine olan etkisini araştırmaktır. Mühendislik jeolojisi çalışmalarına yönelik olarak gerçekleştirilen böyle bir sınıflamaya örnek olarak J LISZKOWSKI'nin (1967) sınıflaması gösterilebilir. Bu sınıflamaya göre karst alanları, inşaat uygunluk açısından aşağıdaki gibi 3'e ayrılmıştır,

- a) Ayrıntılı karst çalışmaları gerekmeksizin inşaat yapılabilecek bölgeler,
- b) Ayrıntılı karst çalışmalarının bazı yörelerde mutlaka yapılması koşulu ile inşaat yapılabilecek bölgeler,
- c) Ayrıntılı karst çalışmalarının tüm bölgede ve mutlaka yapılması koşulu ile genelde inşaat yapılamayacak bölgeler,

3 = MÜHENDİSLİK PROJELERİ İÇİN NASIL BİR KARST SİNFLAMASI?

Göröldüp gibi geçmişte yapılan sınıflamalar genellikle sayısal olmayan ölçütlere dayandırılmıştır\* Bu tür çalışmalar sonucunda elde edilen karstlaşma ve karst özelliklerine ait bilgiler ise mühendislik işlerinde ancak sınırlı bir uygulama alan bulabilmektedir. Oysa amaç, mühendislik projeleri için gerekli karst verilerinin elde edilmesi ve hesaplamalara sayısal girdiler sağlanmasıdır\* Bu ancak, mühendislik projelerine yönelik olarak karstlaşma ve karsta ait özelliklere Ölçülebilir nitelik kazandırılması ve bunların istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi üe gerçekleştirilebilir. Böylece, yerel veya bölgesel karstlaşmaya ve karsta güvenilir sayısal açıklamalar getirilebilir VQ mühendislik amaçlarına daha yakın bir karst sınıflaması oluşturulabilir. Bu tür sınıflamanın başarısı ise aşağıda belirtilen çalışmaların duyarlı olarak yapılmasına bağlıdır.

a) Köken Araştırmaları s

Karstlaşma olayına neden olan özellikler (Jeoloji, hidrojeoloji, iklim-meteoroloji ve jeo-

morfoloji) ve bunların o bölgedeki etkinlik derecelerini belirler, Bu tür bilgiler, karsüaşmn zaman içindeki gelişiminin mühendislik projelerine etkiye derecesini önceden bilmek açısından gereklidir\* Bir projenin gelecekteki etkinliğinin bilinmesi gereken durumlarda» yani zamana bağlı olarak kayaçların su tutma, su geçirme özelliklerindeki değişimler, boşluklanma» ayrışma, aşınma gibd yük taşıma özelliklerinde olumsuz sonuçlar yaratan etkiler ve suyun kimyasal bileşimindeki değişmelerin araştırıldığı projelerde "karstlaşma sürecinin" tüm ayrıntısıyla bilinmesi zorunludur,

#### b) Biçim Araştırmaları

Karst oluşuklarının yeri, biçim ve boyutu, dağılımı ve birbirleriyle olan ilişkileri belirlenir, Mühendislik projelerini doğrudan etkileyen bu tür bilgilerin başlangıçta bilinmesi zorunluluğu vardır. Baraj mühendisliğinde; temel kayacın yük taşıma, su iletme, su tutma gibi Özellikleri birinci derecede önem taşıdığından, bölgenin karst özellikleri (yer, biçim, boyut, dağılım) ayrıntılı olarak bilinmek zorundadır, Yeraltısından ve karst boşluklarının baciımlarından yararlanılan projelerde de sayılan karst özellikleri mutlaka belirlenmelidir\*

Herhangi bir proje bölgesinde yapılan bu tür araştırmalarla elde edilen yerel karst verilerinin yalnız o yöre için geçerli olduğu unutulmamalıdır. Mühendislik amaçlı "genel karst sınıflaması" ise bölgenin değişik yörelerinde ortak veya benzer olan ölçütlere ait "yerel karst verilerine" dayandırılmalıdır.

#### SONUÇLAB

Karstlaşma olayı ve karst birbirlerinden farklı kavramlardır. Karstlaşmayı oluşturan etmenler olarak tanımlanan jeoloji, hidrojeoloji, iklim-meteoroloji ve jeomorfoloji özelliklerinin fizikomekanik ve kimyasal olayların denetimi altında zamana bağlı değişim olayına "karstlaşma", bu olay sonucunda oluşan duruma ise "karst" adı verilir,

Karstlaşma ve karst kavramlarının genellikle içice olduğu önceki sınıflamalar 5 genel Ölçüte göre kümelere ayrılmıştır. Bu ölçütlerden

4 tanesi sayısal olmayan, 1 tanesi isa yarı sayısal niteliktedir.

Mühendislik çalışmalarında önemli olan nokta, karstlaşma olayına ve karst oluşuklarına ölçülebilir nitelik kazandırılması ve bunların istatistiksel yöntemlerle değerlendirilerek projeler için gerekli sayısal girdilerin elde edilmesidir. Bu durum; bir bölgedeki karstlaşma olayına neden olan özellikleri ve bunların o bölgedeki etkinlik derecelerini belirlemeye yönelik sayısal "köken araştırmalarının ve karst olufuklarının yerini, biçim ve boyutunu, dağılımını ve birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemeye yönelik sayısal "b:\*(gim araştırmaları"nın duyarlı olarak yapılmasına bağlıdır.

Herhangi bir proje bölgesinde yapılan bu tür araştırmalarla hesaplanan ve yalnız o yöre için geçerli olan ölçütlerin "yerel karst verilerinden ortak veya benzer olanlarının değerlendirilmesi sonucunda da mühendislik amaçlı sayısal "genel karst sınıflaması" elde edilir.

#### KAYNAKLAB

- CHÖRLEY, R,J, 1072, Spatial Analysis in Gëomorphology, 393 B, Methuen and Co. Ltd., London,
- ERGUVALNİ, K, - YÜ2ER, E, 1974, Keban Barajı Temellerinde ve Dolayındaki Karstlaşmanın Etkileri, Türkiye İnş. Müh, 6, Teknik Kong., Konu Nu, I, Tebliğ: 12, s, 1-19, İstanbul,
- EROSKAY, 8,O, 1975, Kocaeli Yarımadası Güneyindeki Kireçtaşıarının Hidrojeolojisi ve Karst Parametrelerinin Analizi, TÜBİTAK TBAG-124 Projesi» 105 s., İstanbul,
- HERAK, M, 1977, Tecto-Genetic Approach to the Classification of Karst Terrains, s, 227-238, The Meeting of the Nat, Seien, Dept of the Yugoslav Academy of Seien, and Arts, Zagreb,
- KROL, ÇEJ, 1978, Groundwater-Rock-Structures, Lee» türe Notes of ITC, 48 a Ensehede-Holland,
- USZKOWSKI, J, 1970, Problems and Methods in Regional Engineering Geological Research of Karst, First Int Cong, of the Int, Assoc, of Eng, Geology Symposium, Vol. II, s, 882-891, Fra.que,
- SWEETING, M,M, 1973, Karat Landforms, Columbia Univ, Press, 335 s., New York,
- YALÇINLAR, İ, 1989, Strüktürel Morfoloji, Cilt, H. İ.Ü, Yayını, Nu, 878, Taş. Matbaası, İstanbul,