

# PLANLAMAYA YARDIMCI MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ HARİTALARI\*

İlker ŞENGÜLER MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Yerleşim yerlerinin, sanayi tesislerinin ve iletişim hatlarının yeralacağı alanlarda heyelan, deprem, volkanizma ve çökme gibi jeolojik faktörlerin etkilerinin dikkate alınması planlamanın en önemli bölümünü oluşturmaktadır.

Mühendislik jeolojisi çalışmaları planlamanın temeli olmakla beraber, uygulamanın her aşamasında çok değerli bilgiler sunması nedeniyle bir kat daha önem kazanmaktadır.

Mühendislik jeolojisi haritaları konvansiyonel jeoloji haritalarından farklılık gösterir. Bu haritalarda jeoloji ve yapı arasındaki ilişki irdelenmekte olup kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri, mühendislik açısından davranışları ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Planlamacılar için çok ve çeşitli jeolojik bilgiler gerektiğinden bu ihtiyacı karşılamak üzere değişik özelliklere sahip çok sayıda mühendislik jeolojisi haritaları üretilmiştir.

Bu makalede yazar, mühendislik jeolojisi haritalarının hazırlanmasındaki yöntemleri gözden geçirmektedir.

## GİRİŞ

Mühendislik jeolojisi mühendislere, planlamacılar ve tasarımcılara jeolojik yapıya en uygun mühendislik hizmetlerinin oluşturulmasını ve geliştirilmesini sağlar. Mühendislik jeolojisi haritalarının önemi, doğal afetlerden korunmada ilk sırada yeralmaktadır. Bu afetler veya tehlikeler; heyelanlar, depremler, çökmeler ve volkanlar olarak sıralanabilir. 1978'de heyelanlardan meydana gelen zarar ABD'de 1000 Milyon Dolar (Schuster, 1978), İtalya'da ise 1100 Milyon Doların üzerinde olmuştur (Arnould ve Frey, 1978). Yine bu gibi afetlerde can kaybı da hiç az değildir. 1962-1974 yılları arasında Peru'da yaklaşık 24.000 kişi hayatını kaybetmiştir.

Can kayıplarının, yaralanmaların ve zararların nedeni büyük ölçüde jeolojik yapılar ve jeolojik olaylardır. Tüm bu tehlikelerden kaçınmada jeoloji mühendisleri planlamacıların ve inşaat mühendislerinin en büyük yardımcısıdır. Bu konuda en önemli araç ise mühendislik jeolojisi haritalarıdır.

## Mühendislik Jeolojisi ve Planlama

Jeoloji, planlama ve uygulamanın her aşamasında çok önemli bilgiler sunar. Baraj, tünel, yol ve havalanı yapımında, yeni yerleşim yerlerinin belirlenme-

sinde, güç santrallerinin ve sanayi tesislerinin yerinin seçiminde, taşımacılık ve iletişim sistemlerinin güzergahlarının belirlenmesinde, güç santrallerinin ve sanayi tesislerinin yerinin seçiminde, taşımacılık ve iletişim sistemlerinin güzergahlarının belirlenmesinde bu konuda uzman jeoloji mühendislerine gereksinim vardır. Dahası tüm bu yapıların oluşturulmasından sonra da mühendislik jeolojisi çalışmalarından uzak durulamaz. Daima mühendislik jeolojisi uzmanlarının uyarı ve önerileri gereklidir.

Konvansiyonel jeolojik haritalar yaklaşık ikiyüz yıldır yapılmakta ve bu haritalar gerek inşaat mühendisleri gerekse planlamacılar tarafından bilinmekte ve kısmen de kullanılmaktadır. Ancak haritaların kullanımında büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır. Çünkü söz konusu haritalar sadece bir jeoloji mühendisinin yorumlayabileceği nitelikte jeolojik bilgiler ve çizgiler taşımakta ayrıca zaman zaman kullanıcıya vereceği bilgiler sınırlı olmaktadır.

Mühendislik amacıyla yapılan kullanma (yorumlama) kolaylığına ve doyurucu bilgiye sahip mühendislik jeolojisi haritaları, jeoloji ve yapı arasındaki ilişkiyi irdelleyen nitelikte olup konvansiyonel haritalardan farklılık göstermektedir. Bu haritalarda fiziksel ve mekanik özellikler ön plana çıkmakta, jeolojik yapılar ve tüm aktif süreçler ağırlıklı ve ayrıntılı olarak

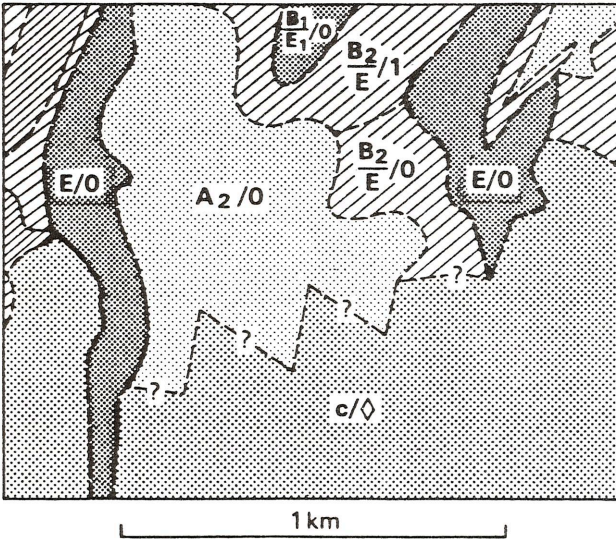
\* *Geology for environmental planning (1987) adlı dergide, Alan Foster ve Martin G.Culshaw tarafından yazılan "Engineering geological maps as an aid to planning" adlı makaleden türkçeleştirilmiştir.*

işlenmektedir. Bu çalışmalarda kayalar ve topraklar mühendislik açısından davranışlarına göre sınıflandırılmakta ve benzer mühendislik özelliklerine sahip farklı yaşlardaki kayaç toplulukları ayrı ayrı gösterilmemektedir. Bir stratigrafik birim mühendislik özellikleri açısından birkaç birime ayrılabilir. Çünkü bir stratigrafi birimi farklı birkaç litolojiye sahip olabileceği gibi günlenme de kaya biriminin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyebilir.

Mühendislik jeolojisi haritaları ayrıca yeraltısuyunun durumu ve mineral içeriği hakkında da önemli bilgiler verir. Konvansiyonel jeoloji haritaları ile sözü edilen mühendislik jeolojisi haritaları karşılaştırıldığında nitelik bakımından önemli farklar göze çarpar. Bu haritalarda alüvyon, kolivyon ve toprağın özellikleri, yapısı ve bileşimi üzerinde özellikle durulur.

Bölgesel veya daha geniş düzeyde yapılacak mühendislik jeolojisi haritalarının ölçekleri yörelin jeolojik özellikleri ve daha önemlisi yapılacak çalışmalar dikkate alınarak belirlenir. Ölçeği genellikle 1:50.000 veya daha küçük olan bu haritalarda, heyelan riski, sismik aktivite, yapılar ve bölgenin mineral oluşumları gösterilir. Ayrıca akiferin de haritada belirtilmesi daha sonra yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulabilecek olan su ve bu suyun yamaç duraylılığına etkisini araştırma açısından önemlidir.

Şehir düzeyinde daha ayrıntılı haritalar gerektiğinden ölçekleri 1:50.000 ile 1:5.000 arasında olmalıdır. Bu haritalarda heyelan riskleri, alüvyon kalınlığı ve miktarı, turba oluşumları, gömülmüş kanallar gibi



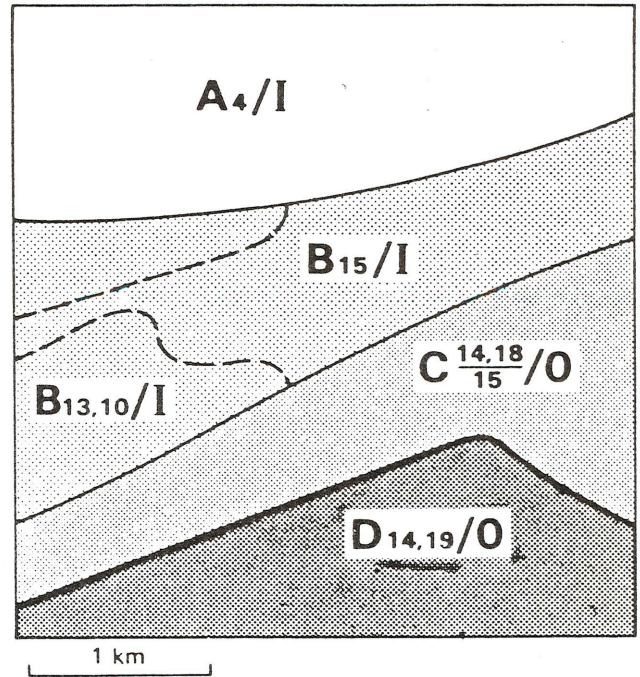
Şekil 1: Harf, sayı ve renk kodu kullanarak yapılan jeoteknik harita (Cratchley ve diğ., 1982)

Haritada şunlar gösterilmektedir:

- A,B,E: Litoloji
- Bilgilerin güvenilirliği
  - Güvenilir veri
  - Sınırlı yeraltı verisi
  - Yeraltı verisi yok
  - Geçişli litoloji sınırı

daha özel konulara yer verilir. Haritadaki bilgiler bölgede veya şehirde köprü, baraj, sanayi tesisleri, fabrika ve yerleşim yerinin belirlenmesinde şehir planlamacılarına yardımcı olur. Tüm bu bilgilerden yararlanarak okul, hastahane ve güç santrali gibi yapılar için risk taşımayan veya en az olan yerler saptanır. Çökme veya heyelan gibi büyük zararlara ve can kayıplarına neden olan jeolojik etkenler bu bilgiler yardımıyla yokedilebilir.

Yapı düzeyinde kullanılmak üzere oluşturulan harita ve planların ölçeğinin 1:5.000 veya daha küçük olması gerekir. Bu haritalarda düzensiz olarak bulunan sertleşmiş toprak dolgular ve terk edilmiş maden bacaları gibi çok özel bilgiler de yer alır. Bu haritalarda malzemenin jeoteknik özellikleri üzerinde, küçük ölçekli haritalara göre daha fazla durulur. Konsolidasyon karakteristikleri ve güç parametreleri mühendislere ve tasarımcılara yapım ve inşaat sırasında yardımcı olur. Malzemenin alınmasında ve uzaklaştırılmasında



Şekil 2: Ağır yapılar için hazırlanan planlama haritası (Gostelov ve Tindale, 1980).

Haritada şunlar gösterilmektedir:

a. Ağır yapılar için uygun yer sınıflaması

A: Çok iyi

B: İyi

C: Orta

D: Kötü

b. Malzeme, örneğin; 14,18/15

15: Pekişmiş kil (Malzeme sınıfı)

14: Gevşek kum

18: Yumuşak kil ve silt

14,18/15: Pekişmiş kil üzerinde gevşek kum ile yumuşak kil ve silt

c. Zon güvenilirliği

1: Güvenilir zon

0: Sınırlı jeoteknik veri ile belirlenen zon

da en uygun metodun seçimi haritalardan derlenen bilgiler ışığında yapılır.

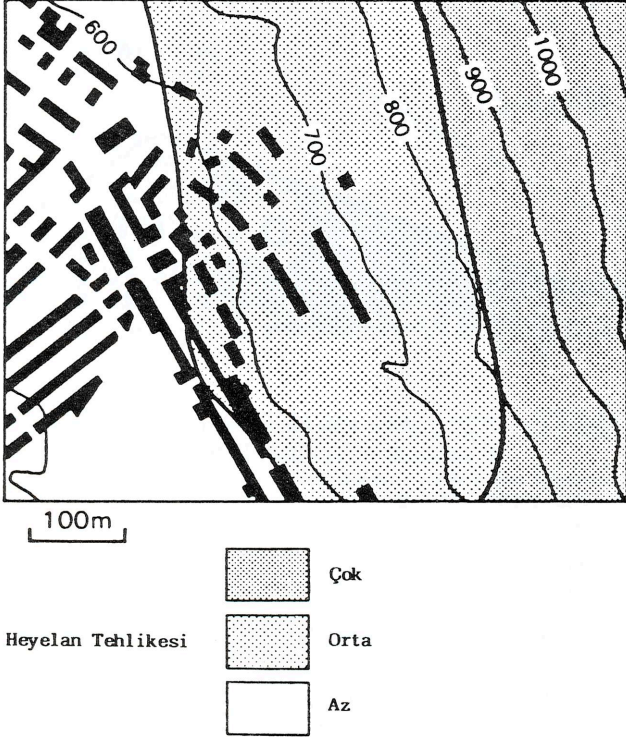
İklim koşullarında bir değişiklik veya su tablası seviyesinde yükselme ve alçalma gibi bir değişiklik söz konusu değil ise mühendislik jeolojisi haritaları yeterli ve gerekli bilgiler taşır. Ancak koşullarda meydana gelen bir değişiklik harita üzerinde bazı düzeltmeler veya ek bilgiler gerektirir.

Yukarıda ölçeklerine göre üç grup olarak verilen (1:50.000 veya daha büyük, 1:50.000, 1:5.000 veya daha küçük) mühendislik jeolojisi haritaları içinde özellikle bölgesel ve şehircilik amaçlı yapılanlar planlamacılar için çok önemlidir.

### Mühendislik Jeolojisi Haritaları

Planlamacılar için çok ve çeşitli jeolojik bilgiler gerektiğinden değişik özelliklere sahip birçok mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır. Özel mühendislik jeolojisi bilgileri baz alınarak hazırlanan haritalarda kullanılmak üzere UNESCO/IAEG (1976) tarafından bir standart hazırlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan haritalar üzerine bir diğer araştırma da Varnes (1974) tarafından yapılmıştır. Tüm bu çalışmalarda mühendislik jeolojisi haritalarında kullanılmak üzere sınıflamalar verilmiş olmasına rağmen bazı özel durumlarda yetersiz kalmaktadır.

Ölçeklerine göre üç grupta verilen mühendislik jeolojisi haritaları, niteliklerine göre dört grupta toplanır.



Şekil 3: Heyelan tehlike alanları ile sınırlarını gösteren harita (Foster, 1982).

Birinci grupta tüm temel bilgileri içeren haritalar (Factual maps) yer alır. Bu haritalar litoloji, kalınlık, jeoteknik ve jeomorfolojik tüm bilgileri içerir. Bu bilgiler doğrudan arazi verilerinden ve/veya laboratuvar verilerinden derlenir. Ayrıca belirli noktalardan derlenen özel amaçlı numuneler yardımıyla oluşturulan eğrileri de içerir (Şekil. 1). Bu haritaların az bir bölümü planlamacılar tarafından doğrudan kullanılır. Ancak daha sonra yapılacak tüm çalışmalar için temel oluşturur.

İkinci grupta yeralan açıklayıcı/yorumlayıcı haritalar (Interpretative maps) kullanıcılara temel bilgiler yanında bu temel bilgilerin yorumunu da sunar. Bu tip haritalarda kullanım amacına göre tehlike zonları belirtilir. Bütün mühendislik jeolojisi bilgileri yöre nin ekonomik, sosyal, coğrafik, politik ve benzer özellikleri de dikkate alınarak yorumlanır ve kullanıcıya aktarılır.

Üçüncü grupta tek amaçlı haritalar (Single-purpose maps) yer alır. Bu haritalar yalnız kullanım amacına uygun bilgiler içerir. Örneğin, bir baraj yeri seçimi amacıyla kullanılacak haritada, kırık sistemleri ile, yoğunlaştığı alanlar, geçirimsizlik, yamaç duraylılığı, kaya direnci ve değişik derinliklerdeki kayaç özellikleri belirtilir. Oysa konut yeri veya hafif sanayi bölgelerinin seçiminde jeoteknik bilgilerin yoğun olarak yer aldığı mühendislik jeolojisi haritaları kullanılmalıdır.

Son grupta yeralan çok amaçlı haritalar (Multi-purpose maps) bölgesel veya daha geniş düzeyde yapılacak planlamalarda kullanılır. Bu haritalarda jeolojik etkenler çok geniş bir yelpazede kullanıcılara sunulur. Bunlar; terkedilmiş madenler, duraysız topraklar, heyelan tehlike alanları vb. Bu haritalar bir anlamda birinci ve ikinci grupta yeralan haritaların kombinasyonudur. Çalışmalara temel olacak bilgiler yanında çalışmanın ileri aşamasında da yararlanılabilecek bilgiler içerir.

### Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması

Jeoloji mühendisi güveneceği jeoloji haritası veya haritalarını toplayarak işe başlamalıdır. Çalışmaların amacına uygun jeolojik bilgiler ile gereksinmeye uygun tüm veriler toplanmalı ve haritaya işlenmelidir.

Bölgenin morfoloji, litoloji, fiziksel ve jeoteknik özellikleri hakkında veriler yöreye ait jeoloji haritalarından, yöreye ilişkin jeoloji raporları ile yayımlanmış makalelerden toplanabilir. Ayrıca hava fotoğrafları da bu konuda yardımcı olur. Eğer çalışmalar için ayrılmış yeterli para ve zaman var ise veriler daha da çoğaltılabilir ve çeşitlendirilebilir. Az bilgi sahibi olunan alanlarda yeni saha çalışmaları yapılabilir, temsili numuneler alınarak jeoteknik deneyler yapılabilir.

Toplanan verilerin güvenilirliğine ve kullanılabilirliğine emin olmak gerekir. Bunun için benzer yer-

lerde yapılan çalışmalar ve yorumlar incelenmeli, elde edilen jeoteknik veriler farklı metodlar uygulanarak değişik uzmanlar tarafından özenle değerlendirilmelidir. Değerlendirilen veriler harita üzerine yerleştirilerek zonlamalar yapılabilir. Şekil: 2'de ağır yapıların yerleşeceği bölgenin güvenilirlik sınırları zonlara ayrılarak gösterilmiştir.

Bütün jeoloji haritaları iki boyutlu olmasına rağmen üç boyutlu gösterilebilir. Zemindeki malzemenin özellikleri mühendislik jeolojisi açısından çok önemlidir. Büyük yapıların oturtulacağı alanların belirlenmesinde ileride problemlerle karşılaşmamak için çok iyi araştırma yapılmalıdır.

Zemindeki malzemenin özelliklerini ve yayılımını göstermek için enine kesitler kullanılabilir. Zemin ile ilgili bilgiler sınırlı olarak gösterilebilmesine rağmen bu kesitler mühendislik jeolojisi çalışmalarında büyük önem taşır. Geniş ve oldukça karışık yapıdaki bir sahada Gostelow ve Browne (1986) tarafından yapılan çalışmada litoloji sekansları veya özellikleri tonlamalar veya renkler kullanılarak gösterilmiştir. Bu gösterme tekniği özellikle Kuvaterner jeoloji haritalarında farklı toprak oluşumları için kullanılmış fakat mühendislik jeolojisi haritalarına başarı ile uygulanmıştır (Rockaway ve Lutzen, 1970).

Fakat birimlerin gösterilmesinde diğer bir yöntem de tarama yapmaktır. Litoloji, kalınlık ve sekansları göstermek için renkler ile birlikte farklı taramalar da kullanılır (Matula, 1969).

Ayrıca mühendislik jeolojisi haritalarında tüm bilgiler kod kullanılarak da verilebilir. Gostelow ve Tindale (1980) tarafından İskoçya'da, Cratchley ve diğ. (1982) tarafından Kıbrıs'ta yapılan çalışmalardan birer örnek Şekil: 1 ve 2'de verilmiştir.

Çalışma alanına ait bütün bilgiler harita üzerinde gösterilmelidir. Planlamacılar ve inşaat mühendisleri jeoteknik terimlere yabancı olabileceklerinden, mühendislik jeolojisi haritaları olanaklar ölçüsünde kullanıcılar tarafından kolay anlaşılır olmalıdır. Bu yüzden birkaç tane basit ve kolay anlaşılır harita, çok karışık tek bir haritadan daha yararlı olur. Bu haritalarda, jeomorfoloji, hidrojeoloji ve litoloji özellikleri verilirken uluslararası tanımlanmış semboller ve işaretler kullanılmalıdır (Anonymous, 1972). Haritalarda sadece temel teknik terimlere yer verilmeli, anlaşılabilirliği kolaylaştırmak için ayrıntılardan kaçınılmalıdır.

Harita üzerinde kullanılan çizgiler birbirlerinden kesin olarak ayrılacak şekilde seçilmelidir. Şekil: 3'de bir yerleşim alanında yapılan heyelan tehlike alanları zonlara ayrılarak verilmiştir (Forster, 1982). Haritada birbirine yakın olan evler farklı tehlike zonlarında yer almaktadır. Ancak gerek çizgiler ve gerekse tarama ile bu zonlar kolayca seçilebilmekte ve ayrılabilir. Harita üzerinde kullanılan çizgiler birbirlerinden kesin olarak ayrılacak şekilde seçilmelidir. Şekil: 3'de bir yerleşim alanında yapılan heyelan tehlike alanları zonlara ayrılarak verilmiştir (Forster, 1982). Haritada birbirine yakın olan evler farklı tehlike zonlarında yer almaktadır. Ancak gerek çizgiler ve gerekse tarama ile bu zonlar kolayca seçilebilmekte ve ayrılabilir.

## SONUÇ

Yeryüzü değişik özelliklere sahip kayaç veya kayaç topluluklarından oluşmuştur. Tüm bu kayaç veya kayaç toplulukları farklı jeolojik özellikler nedeniyle üzerinde yapılacak faaliyetlere farklı davranışlar göstermektedir. Bu davranışlar önceden kesinlikle belirlenmeli, açık bir anlatım ile kullanıcılara sunulmalıdır. Çevre ile uyumu gerçekleştirilmede mühendislik jeolojisi haritaları ilk adımı oluşturmaktadır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Anonymous 1972 : The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Q.JI. Engng. Geol.5,293-381.
- Arnould, M. and Frey, P. 1978 : Analyse des response a une Enquete Internationale de l'UNESCO sur les glissements de terrain.Int. Assoc. Engng. Geol.Bull., 17, 114-118.
- Cratchley,C.R.,Hobbs,P.R.N.,Petrides,G. and Loucides, G. 1982 : Geotechnical map of Nicosia. Geological Survey Department of Cyprus.
- Foster,A. 1982 : South Wales landslip hazard assesment: a desk study. Institute of Geological Sciences. Open file Report EG 82/6.
- Gostelow,T.P. and Browne, M.A.E. 1986: Engineering geology of the Upper Forth Estuary. Rep. British Geological Survey Vol. 16, No. 8.
- Gostelow, T.P. and Tindale, K., 1980: Engineering geology investigations into the siting of heavy industry on the east coast of Scotland: The north side of the Cromarty Firth. Institute of Geological Sciences. Open file Report EG 80/5.
- Matula,M. 1969 : Regional engineering geology of Czechoslovak Carpathians. Publishing House Slovak Acad. Sci., Bratislavia, 225 pp.
- Rockaway,J.D. and Lutzen, E.E. 1970 : Engineering geology of Creve Coer Quadrangle, St. Louis County, Missouri. Engng Geol. Ser. No.2. Missouri Geological Survey and Water Resources.
- Schuster,R.L,1978 : Introduction. In: Landslides, analysis and control. (R.L.Schuster and R.J.Krizek,Eds). Transportation Research Board Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington D.C., 1-10.
- UNESCO/IAEG 1976 : Engineering geological maps. A guide to their preparation. The Unesco Press,Paris, 79 pp.
- Varnes,D.J. 1974 : The logic of geological maps with reference to their interpretation and use for engineering geology. Prof. Paper U.S. Geol.Survey 837, 48 pp.