

Kaya Mekaniği Öğretimine İlişkin Rapor

Int.J.Rock Mech.Min.Sci and Geomech.Abstr.Vol.20, no.4, 1983

Çeviren
Mustafa KARABIYIKOĞLU,
MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA

1. ARAŞTIRMAYA GELEN YANITLARIN ÖZETİ

Kaya mekaniği öğretimi konusunda yapılan ilk araştırmaya (1978-1979) toplam 104 yanıt alınmış ve bu komisyon tarafından incelenmiştir. Yanıtlar hemen hemen eşit olarak maden ve inşaat mühendisliği bölümleri veya enstitüleri arasında dağılmıştır. Mühendislik jeolojisi, petrol mühendisliği ve jeoloji bölümleri de bu araştırmada temsil edilmiştir. (Kısa olarak hazırlanmış ek bir form'a 1980 yılında ilave yanıtlar da alınmıştır; ancak bu form Bölüm 1'de sunulanlara veri sağlayacak düzeyde ayrıntılı değildir) aşağıdaki paragraflar bu ilk araştırmaya gelen bazı yanıtları özetlemektedir.

1.1 Ulusal Gruplar Kapsamında Yanıtların Sayısı

1. Avustralya	12
2. Avusturya	3
3. Arjantin	1
4. Belçika	4
5. Brezilya	3
6. Kanada	15
7. Federal Almanya Cumhuriyeti	7
8. Finlandiya	1
9. Fransa	5
10. İtalya	1
11. Japonya	7
12. Hollanda	1
13. Yeni Zelanda	1

14. Norveç	1
15. Polonya	3
16. Portekiz	2
17. İsveç	2
18. İngiltere	5
19. A.B.D.	26
20. Yugoslavya	5

1.2. Lisans, Mühendislik Diploması, Master veya Doktora Programlarında Jeoteknik Mühendisliğinin (Kaya Mekaniği, Mühendislik Jeolojisi ve/veya Zemin mekaniği) Asıl Yoğunlaşma Alanı Olarak Sunulduğu Derece Programları Jeoteknik mühendisliğinin verildiği bir derece programında ulaşılan en üst düzey, aşağıdaki gibi rapor edilmiştir:

Doktora (Ph.D.)	54	(% 52)
Master	15	(%14)
Mühendislik Diploması	11	(%11)
Lisans	7	(%7)
Hiçbiri	17	(%16)
Toplam	104 enstitü	(%100)

1.3 nolu bölümde tartışılacağı üzere, doktora (Ph.D.) programları veren 54 enstitünün yaklaşık olarak yarısı başlıca kaya mekaniği konusunda yoğunlaşmaktadır.

1.3 Kaya Mekaniğine İlişkin Yaygın Programlar Jeoteknik Mühendisliği konusunda doktora programı bu-

lunan 54 enstitünün yaklaşık olarak yarısı kaya mekaniği konusunda da yaygın bir program sunmuşlardır. Bunun sonucu olarak son 8 yılda üçten fazla kaya mekaniği doktora tezi olmak üzere, Master veya Mühendislik Diploması (Diploma Engineer) düzeyinde her yıl en azından 80 saatlik kaya mekaniği dersi (yaklaşık olarak 2 dönemlik kaya mekaniği kursu) gören dörtten fazla öğrenci mezun etmişlerdir.

24 enstitünün 21'i (%87.5) kaya mekaniği öğrenim programının bir bölümü olarak, zemin mekaniği (soil mechanics) ve mühendislik jeolojisi kurslarından her ikisinin de alınmasının istenildiğini veya tavsiye edildiğini belirtmişlerdir. (Diğer 80 enstitünün daha düşük orandaki bir bölümü ise (%63), kaya mekaniği öğretim programının gereği olarak, zemin ve/veya mühendislik jeolojisinin istenildiğine veya tavsiye edildiğine işaret etmişlerdir.)

Kaya mekaniği konusunda yaygın master ve doktora programlarına sahip 24 enstitünün yaklaşık olarak % 25-40'ı, çoğunlukla lisans düzeyinde jeoteknik programı içermekle beraber, bu düzeyde çok az kaya mekaniği öğretmektedirler.

1.4. Kaya Mekaniği, Zemin Mekaniği ve Mühendislik Jeolojisi arasındaki etkileşimin miktarı ve daha fazla etkileşime olan gereksinim kaya mekaniği, zemin mekaniği ve mühendislik jeolojisinden oluşan bu üç jeoteknik disiplini arasındaki etkileşimin önemine, yanıt verenlerin pek çoğu tarafından değerlendirilmiştir.

% 40: Programlar önemli ölçüde disiplinler arası etkileşim içermekte; daha fazla etkileşime gerek duyulmadı.

% 38: Programlar önemli ölçüde disiplinler arası etkileşim içermekte; daha fazla etkileşim tercih edilebilir.

% 19: Programlar önemli ölçüde disiplinler arası etkileşimden yoksun; daha fazla etkileşim tercih edilebilir.

% 3: Programlar önemli ölçüde disiplinler arası etkileşimden yoksun; daha fazla etkileşime gereksinim duyulmadı.

Komisyon üyeleri yanıtları irdelediğinde, bu yanıtların olduğundan daha fazla bir düzeyde disiplinler arası bir etkileşimin varlığını belirtmeye yönelik olduğu-

nu, bunun da olasılıkla belirli bir düzeyde yanıtlayıcıların ortaya koyduklarından ziyade hedeflerini yansıttığını gördüler.

Pek çok yanıtta bir jeoloji bölümü ile bir mühendislik bölümü arasındaki jeoteknik program eşgüdümünün zorluğuna değinildi; bazı örneklerde jeoloji bölümünün mühendislik uygulamalarına çok az ilgi duyduğuna dikkat çekildi. Madencilik programındaki kaya mekaniği ve mühendislik programındaki zemin mekaniği arasındaki eşgüdüm sorunlarına da değinildi. Diğer yandan, inşaat mühendisliği programlarının pek çoğu kendi zemin mekaniği ve kaya mekaniği programlarının birleştirildiğini belirtti. Örneğin kaya ve zemin şevlerinin duraylılığı veya zemin ve kayalarda tünel açmaya ilişkin kurslar verilmesi gibi. Kaya mekaniğinde geliştirilen kavramlar, zemin mekaniği temel mühendisliği gruplarında geliştirilmiş jeoteknik programları ile bütünleştirilmektedir. Pek çok ülkede arzu edilen durum, hem zemin, hem de kaya mekaniği sorunlarının üstesinden gelebilecek eğitimi almış bulunan jeoteknik mühendisleridir.

Bu durum, sert kaya ve yumuşak zemin arasındaki dokanağın çok belirgin olduğu bazı İskandinav ülkelerinde biraz daha farklıdır. Bazı İskandinav inşaat mühendisliği grupları, hemen, hemen bütünüyle, kaya sorunlarına konsantre olmuşlardır. Dünyadaki madencilik bölümlerinin pek çoğu da, zemin mekaniği programları geliştirmeksizin, kaya mekaniği konusunda konsantre olmuşlardır.

Bazı üniversitelerde, maden ve inşaat mühendisliği arasında daha fazla etkileşime açık bir eğilim/gelişim vardır. Örneğin önde gelen bir üniversitenin maden mühendisliği, inşaat mühendisliği ve mühendislik jeolojisi bölümlerinin her birinde, gruplar (bölümler) arasında önemli etkileşimin de sağlandığı, ayrı kaya mekaniği programları vardır; diğer bir üniversitede ise inşaat ve maden mühendisliği bir bölüm (department) altında toplanmıştır. Ana programları bir alana (konuya) yönelik diğer üniversiteler, diğer alandaki (konudaki) bazı sorunlar üzerinde de araştırma yapmaktadırlar. Örneğin, önde gelen bir inşaat mühendisliği bölümü, bir yöredeki sübsidans ve bunun burada bulunan terkedilmiş kömür ocakları içi yapılarındaki etkileri üzerine de arazi ölçümleri yapmaktadır.

1.5. Kaya Mekanığı /Zemin Mekanığı Öğrencileri İçin Önerilen veya Öngörülen Jeoloji Arazi Kursu

Enstitülerin pek çoğu öğrencilerinin herhangi bir öğrenim dönemi sırasında jeoloji arazi kursu almalarını önermekte veya gerekli görmektedir. 104 enstitüden 9'u jeoloji arazi kursunu gerekli görmemekte veya önermemektedir. İlginçtir ki bu 9 enstitüden 5 tanesi doktora (Ph.D.) düzeyinde yoğun kaya mekanığı programı içeren 24 enstitü arasında yer almaktadır. Diğer bir deyişle, kaya mekanığı konusunda ileri düzeyde yoğun programlar içeren 24 enstitünün % 82'si jeoloji arazi kursunu önermiş veya gerekli görmüştür. Öte yandan diğer 80 enstitünün %95'i jeoloji arazi kursunu önermiş veya gerekli görmüştür.

1.6. Endüstri ile işbirliği

Endüstri ile ilişki kurulmasına ilişkin sorunlara gelen yanıtlar aşağıda özetlenmiştir (Çizelge 1). Yanıtlayıcıların pek çoğu 2 veya 3 alanda işbirliğine dikkati çektiler.

Endüstri ile işbirliği (Çizelge 1) a, b ve c alanlarında en yüksek düzeydedir. Enstitülerin % 50'ye yakın bir

bölümü endüstri ile önemli veya orta derecede işbirliği yapmaktadır.

104 enstitüden 21 tanesinin (% 20'si bazılarının endüstride çalışan öğrencileri olmasına rağmen) endüstri ile fakülte bazında doğrudan ilişkisi az ile çok az arasında olmuştur. Bu enstitülerden 7'si doktora programı vermektedir. Doktora programları sunan 54 enstitünün endüstri ile 5 alanın her birinde olan ilişkisi, doktora programları sunmayan enstitülerin ilişkileri ile aynı derecede olmuştur. 24 enstitü endüstri ile daha fazla ilişki kurmaya gereksinme olmadığını belirtmiştir. Bu "Hayır" yanıtı veren 24 enstitünün 14'ü, 2 veya 3 alanda endüstri ile büyük ölçüde işbirliği yapmıştır. Diğer 8'i ise en azından bir alanda olmak üzere büyük ölçüde işbirliği yapmıştır. Böylece "Hayır" yanıtlarının en azından üçte ikisi (2/3), endüstri ile işbirliği konusuna ilgi göstermemekten ziyade, yeterli bir düzeyde işbirliği görüşünü ortaya koymuştur.

1.7. Mezunların İstihdam Alanları

Aşağıdaki Çizelge 2 jeoteknik programlarından mezun olan öğrencilerin istihdam edildikleri alanları göstermektedir.

Çizelge 1. Endüstri ile ilişki kurulmasına ilişkin sorunlara gelen yanıtlar.

	Yanıtlayıcıların sayısı	
	Önemli-orta düzeyde ilişki	Daha fazla ilişkiye gereksinme
a. Laboratuvar araştırması yapanlar	44 (%42)	8 (%8)
b. Mühendislik projelerinde arazi çalışması yapanlar	49 (%47)	8 (%8)
c. Endüstride "part time" çalışan öğrencileri olanlar	37 (%36)	9 (%9)
d. Endüstri ile "part time" bazında fakülte ilişkisi	13 (%12)	12 (%11)
e. Danışman servisler-uzman tavsiyesi	53 (%53)	9 (%9)
f. a,b,d,e alanlarında "az", "çok az" ilişki yanıtı verenler		21 (%20)
g. Fazla ilişkiye gereksinimi "yok" yanıtı verenler		24 (%23)
h. Fazla ilişkiye gereksinmeye "evet" yanıtı verenler		23 (% 22)

Çizelge 2. İstihdam Edilmiş Mezunların Yüzde Oranları

İstihdam alanı	Lisans (%)	Master (%)	Doktora (%)
Madencilik Firmaları	21	27	9
İnşaat Mühendisliği	18 13	14 22	6 4
Tasarım Firmaları			
İnşaat Firmaları			
Saha Etüdüleri			
Danışmanları	10	7	12
Araştırma	2	8	17
Üniversite Öğr.Gör.	0	3	14
Devlet Kuruluşları	16	5	8
Mühendislik Dışı ve Diğer	20	17	10
Öğrencilerin Top. Sayısı	1360	1266	76

Çizelge 3. Yanıt Veren Enstitülerin Sayısı

Lisans düzeyinde verilen ve içeriğinin % 20'den fazlasını kaya mekaniği oluşturan kursların sayısı	Enstitülerin toplamı	En azından 20 saatlik kaya mekaniği dersi okuyarak mezun olan lisans öğrencilerinin yıllık mezun sayısı					
		0	1-4	4-8	8-15	15-30	30'dan fazla
0	17*	17	0	0	0	0	0
1	14	2	1	2	7	1	1
2	18	2	2	1	5	1	6
3	14	0	1	1	1	5	7
Toplam enstitü sayısı	63	21	4	4	13	7	14
En azından 20 saatlik kaya mekaniği dersi olan öğrencilerin yaklaşık toplam sayısı	800	0	10	24	143	154	500

*Bu 17 Enstitünün 10 tanesi ne zemin mekaniği, ne de kaya mekaniği konusunda lisans programları vermiştir. 7 tanesi kaya mekaniği vermeyen jeoteknik programları vermiştir. 17 örneğin 10'u ise kaya mekaniği konusunda master ve doktora (Ph-D) programları vermektedir.

Jeoteknik bölümü lisans ve master mezunlarının sayısal dağılımları çok benzer özelliktedir. Bu öğrenciler, madencilik (% 21-27) ve tasarım-danışma-inşaat firmalarında yoğunlaşmışlardır (% 41-43). Tahmin edileceği gibi, doktora öğrencileri öğretim (% 34) ve araştırma (% 17) ile az düzeyde madencilik (% 9) ve tasarım-danışma-inşaat (%22) alanlarında yoğunlaşmaktadır.

1.8. Kaya Mekaniği İçeren Lisans Programları

Bu araştırmanın hedeflerinden birisi de lisans düzeyinde öğrencilerin temelinde kaya mekaniği okutulması konusunda yapılan uğraşları saptamaya yöneliktir. Bu

aşamada ağırlık kaya mekaniği uzmanları yetiştirmekten ziyade, öğrencilerin kendi seçtikleri çalışma alanları ile bütünleştirebilecekleri düzeyde kaya mekaniğine ilişkin genel bilgiler sağlanmasına yönelik olmalıdır.

65 üniversite ve enstitü Bakalorya (B.S.) ve Master (M.S.) dereceleri verdiğini bildirmiştir (mühendislik diploması sistemi uygulayan Avrupa üniversiteleri bu kategoriye dahil edilmemişlerdir).

Yukarıdaki sonuçlar (Çizelge 3) lisans öğrencilerinin önemli bir bölümünün kaya mekaniği konusunda bazı genel bilgiler aldığını göstermektedir.

Çizelge 4. Aşağıda gösterilen düzeyde kaya mekaniği çalışması yapan enstitülerin sayısı ve yüzdesi.

	Başlıca Lisans düzeyinde	Başlıca Master düzeyinde	Hem Master hemde lisans düzeyinde	Başlıca Mühendislik Diploması	Toplam
Madencilik	13 (%33)	3 (% 8)	14 (%36)	9 (%23)	39(%100)
İnşaat Mühendisliği	8 (%20)	10 (%26)	14(%36)	7(%18)	39(%100)
Jeoloji	4(%19)	8(%38)	2(%33)	2(%10)	21(%100)
Toplam enstitü sayısı					99

1.9. Maden, İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Programlarının Düzeyinin Kıyaslanması

Yukarıdaki Çizelge 4 lisans düzeyinde kaya mekaniği öğreten madencilik bölümlerinin (%33), inşaat mühendisliği bölümlerinden (%20) önemli derecede fazla olduğunu göstermektedir.

1.10. ISRM (Uluslararası Kaya Mekaniği Kurumu) komisyonunun Kaya Mekaniği Öğretiminde Yardımcı Olabileceği Durumlar/Yollar;

Soruları yanıtlayanlardan pek çoğu tipik kurs programlarının zamanlamasına ve içeriğine ilişkin kopyalarının ISRM tarafından dağıtılmasını istemektedir. Bunlardan bazıları maden mühendisliği ve inşaat mühendisliği gibi farklı disiplinler için tipik müfredatların hazırlanmasını önermiştir. Bu komisyon diğer üniversitelerde uygulanan kaya mekaniği kurslarının ve programlarının bazı örneklerini sergileyerek bu yorumlara katkıda bulunmuştur.

2.KAYAMEKANIĞIKONUSUNDAKİ KURSLARIN VE METİNLERİN ÖRNEKLERİ

Kaya Mekaniği Öğretimi Komisyonu çeşitli üniversitelerde uygulanan kaya mekaniği kurslarının genel hatlarını esas alarak genel kurs örnekleri düzenlenmiştir. Bu örneklerin amacı öğretmene kendi kurs programını geliştirmede yardımcı olabilecek fikirler sağlamaktır. Bu genelleştirilmiş örnekler, kaya mekaniği kursu içeriğine ilişkin resmi önerileri temsil etme eğilimi taşımamaktadır. Kaya mekaniği kurslarında kullanılan metinler araştırma formlarında verilen yanıtlardaki bilgilerden özetlenmiştir. Bu ders notlarının bazıları sa-

dece yerel olarak bulunmakta, diğerleri ise daha geniş bir kitleye ulaşabilmektedir. Kaya mekaniği kurslarının pek çoğunda periyodik dergilerdeki ve bildiri kitaplarındaki yayınlar da referans olarak kullanılmaktadır.

2.1. Kaya Mekaniğine Giriş konusunda Lisans Düzeyindeki Uygulamalı Jeoteknik Mühendisliği Kursu, Genel İnşaat Mühendisliği Bölümü Müfredatı: 40 saatlik ders.

Önkoşul: Zemin ve kaya mekaniği özelliklerine giriş kursu (temel ağırlık zemin konusunda)

1. Jeoteknik mühendisliğindeki uygulamalı sorunlara giriş bu sorunların zeminin ve kayanın dayanımı, sıkışabilirliği geçirgenliği gibi özellikleri ile ilişkisi.

2. Proje üzerinde önemli zemin ve kaya özelliklerinin indekslenmesi.

2.1. Zemin özellikler.

2.2. Kaya özellikleri: sağlam (intact), eklemli ve kaya kütlesi özellikleri: Karot çalışması; arazi gözlemleri.

3. Sömellerin/ayak temellerinin, kirişlerin/merteklerin ve kazıkların tasarımı.

3.1. Temellerin tipleri.

3.2. Kil üzerindeki temeller.

3.3. Kum üzerindeki temeller.

3.4. Diğer zemin türleri üzerindeki temeller.

3.5. Kayalar üzerindeki temeller ve kaya kütlelerinin sıkışabilirliği.

4. Yer basınçları (earth pressure) ve zemindeki istinat duvarlarının ve destekli yamaların tasarımı.

4.1. Yerbasıncı kuramı.

4.2. İstinat duvarları.

4.3. Destekli kazılar.

4.4. Sudan arındırma (dewatering).

4.5. Zemin hareketleri (ground movements) ve hasar.

5. Kayanın makaslama dayanımına ve kaya yamalarının tasarımına giriş.

5.1. Kayadaki zayıflıklar boyunca makaslama dayanımı.

5.2. Bir kaya yarmasındaki duraylılığın analizi.

5.3. Destek (tahkimat) sisteminin analizi.

- 5.4. Kazma ve patlatma işlemleri.
- 5.5. Birleşik kaya ve zemin yamaları.
6. Toprak ve kayalardaki şev duraylılığı (slope stability) sorunlarına giriş.
 - 6.1. Analiz yöntemi.
 - 6.2. Duraylılığı etkileyen faktörler.
 - 6.3. Kontrol yöntemleri
 7. Zemin ve kayalarda tünel ve yeraltı yapılarına giriş.
 - 7.1. Tünel zemini sınıflaması.
 - 7.2. Zeminde tünel açma: kazma ve destekleme yöntemi.
 - 7.3. Yüklemeler.
 - 7.4. Hareketlerin kontrolü.
 - 7.5. Kayalarda tünel açma: Kazma ve destekleme yöntemleri.
 - 7.6. Yüklemeler ve ön destek (ilk tahkimat).
 - 7.7. Kaplamalar.

2.2. Master Düzeyi Kaya Mekaniği Kursu: İnşaat Mühendisliği Bölümündeki Genel Jeoteknik Mühendisliği müfredatı.

Birinci dönem: Kaya davranışı (rock behavior), yüzeyde ve yüzey yakın alanlarda inşaat konularının vurgulanması: 40 ders saati.

Önkoşul: zemin mekaniği kursu ile birlikte mühendislik jeolojisi kursuna da kayıtlı olmak.

1. Jeoteknik uygulamalarda kaya mekaniği konusuna giriş: Genel bakış.
2. Kaya özellikleri.
 - a. Kaya kütesinin, kaya örneğinin, kaya süreksizliklerinin özellikleri.
 - b. Karot alımı ve değerlendirme.
 - c. Sert kayalar için laboratuvar indeks testleri ve sınıflandırmaları. Tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımı, elastik modüller, hız, sertlik.
 - d. Sondajlarda yapılan indeks testleri.
 - e. Kayanın gerilim-birim deformasyon dayanım özellikleri: Kaya yenilmesi kuramları, üç eksenli özellikler (triaxial properties), üç boyutlu gerilim durumu.
 - f. Zayıf kayanın özellikleri: 1. Tuzda krip (akma) (salt creep), kil akması, bozunmuş kaya 2. Şeyllerin ve bozunmuş kayanın şişmesi, suda dağılılabirliği ve sıkışabilirliği,
3. Kaya kütlelerinin sıkışabilirliği.
 - a. Sorunların çeşitleri: barajlar, yapılar, basınç tünelleri, kaya tahkimat etkileşimi.
 - b. Elastitise teorisi: denge, uyuşma/bağdaşma, gerilim-birim deformasyon ilişkileri, sınır koşulları.
 - c. Bir tüneldeki iç basınç nedeniyle gelişen yer değiştirmeler (displacements) ve gerilimler.
 - d. Elastik bir yarı-mekandaki (elastic halfspace) yükten dolayı görülen yer değiştirmeler ve gerilimler.
 - e. Yerinde (in situ) sıkışabilirliğin saptanması.
 1. Yerinde sıkışabilirliğin laboratuvarında tayin edilen elastisite modülü kaya kalitesi, sismik modüle ve eklem sıklığı ile (joint stiffness)

ilişkisi.

2. Yerinde yapılan testler.
3. Kayalarda oluşturulan temellere ilişkin saha sorunları.
 - f. Sıkışabilirlik sorunlarına örnekler, yumuşak ve sert kayalar.
4. Kaya kütlelerinin şev duraylılığı.
 - a. Şev duraylılığı sorunlarına giriş, şevlerin değerlendirilmesi ve şevlerin değerlendirilmesine ve tasarımına yaklaşımın genel hatları. Araştırma, analiz, tasarım seçimi, gözlemler, çareler (iyileştirici önlemler).
 - b. Süreksizliklerin makaslama dayanımı:
 1. Kayanın artık makaslama dayanımı
 2. Düzensizliklerin etkisi: Doruk dayanım (peak strength), yer değiştirmeler.
 3. Eklem dolguları, artık dayanım, donuk dayanım düzensizliklerin etkisi.
 - c. Şev duraylılığı (stabilitesi) analizi:
 1. İki-boyutlu limit denge yöntemi.
 2. Üç boyutlu limit denge yöntemi.
 3. Yeraltı suyunun etkileri, pasif reaksiyonlar, destek (tahkimat).
 4. Emniyet faktörlerinin güvenlik katsayılarının ve dayanımların seçimi.
 - d. Şevlerin tasarımı: Örnekler; kaya yamaları, heyelanlar, açık maden işletmeleri barajlar.
 - e. Araştırmalar, gözlemler ve aletler ile yamaç ölçümleri.
- İkinci dönem: Yeraltı yapılarının inşaatı, kaya kazıları ve destekleri konusuna ağırlık: 40 ders saati
Önkoşul: Kaya mühendisliği birinci dönem kursunu izlemiş olmak.
 1. Giriş: Yeraltı inşaatları ve tünel açma sorunlarına genel bakış.
 2. Yeraltı kazıları çevresindeki kayaların davranışı.
 - 2.1. Tünel yeri koşulları ve bunların kaya indeks özellikleri ile ilişkileri.
 - 2.2. Yer kabuğundaki gerilim durumu; ölçme teknikleri ve sonuçlar.
 - 2.3. Dairesel biçimli açmalar (circular openings) ve dairesele olmayan açıklıklar çevresindeki elastik gerilimler.
 - 2.4. Kaya patlamaları ve gerilim sorunları.
 - 2.5. Kazılar çevresindeki elasto-plastik gerilimler ve yer değiştirmeler.
 - 2.6. Gevşeyen zemin sorunları ve katmanlanmanın, eklemelerin ve makaslama zonlarının gerilim üzerindeki etkisi ve açıklıklar çevresindeki yer değiştirmeler ve duraylılık.
 - 2.7. Yeraltı açıklıkları çevresindeki ezilme, krip (akma) davranışı.
 - 2.8. Açıklıklar çevresindeki ufalanmalar ve şişmeler.
 - 2.9. Açıklıkların duraylılığı üzerinde yeraltı suyunun etkileri.
 - 2.10. Açıklıklarda ortaya çıkan gazlar.
 3. Kaya yamaları ve dik duvarlar için kazı ve destekleme işlemleri.
 - 3.1. Destek tipleri desteklerin seçimi.
 - 3.2. Kazı işlemleri: patlatmalar, kontrollü patlatmalar; titreşim kontrolü.
 - 3.3. Kazıda izlenecek sıra ve yakındaki yapıların desteklenmesi (korunması).

3.4. Kaya yamalarının tasarımı ve performansı

4. Tünellerin açılması ve desteklenmesi.

4.1. Destekleme sistemlerinin seçimi, tasarımı ve işlerliği: Kaya saplamaları, tıkaçlar ve çelik örgüler/kafesler, beton ve beton dolgular; kaya ile destek mekanizması arasındaki etkileşim, nihai kapasite (ultimate capacity) ve gözlenen performans.

4.2. Tünel içindeki patlatmalar.

4.3. Tünel tavanlarının desteklenmesi ve kontrolü

4.4. Kazı ve destekleme aşamaları.

4.5. Tünel açma makineleri, ilerleme, çamurlu kazı malzemesinin (tünelden) dışarı taşınması ve değişik zemin koşullarındaki destekler.

4.6. Zemin/Karma ayınada (mixed face) tünel açma .

4.7. Yeraltı suyu denetimi.

4.8. Aletli ölçümler.

5. Büyük açıklıkların kazısı ve desteklenmesi.

5.1. Kazı işlemi sırası ve inşaat yöntemleri.

5.2. Derindeki boşluklar (odalar): izlenen performans ve tasarım.

5.3. Sığdaki (yüze yakın) boşluklar izlenen performans ve tasarım.

5.4. Oda-topuk olanakları: Topukların ve tavanların tasarımı ve performansı.

6. Bir projenin planlanması ve uygulanması.

6.1. Araştırma ve Tünel açma koşullarının araştırılması ve yapım öncesi hesapları.

6.2. Spesifikasyonlar ve kontrat ilişkileri.

6.3. İnşaatın kontrolü ve gözlemler.

2.3. Jeoteknik Mühendisliğinde Master Kursları: Maden ve İnşaat Mühendisliği bölümleri.

Kaya dayanımı ve yenilmesi: 18 ders saati.

1. Giriş: Mühendislik uygulamalarında karşılaşılan kaya dayanımının doğası ve büyüklüğüne ilişkin sorunlar. Tanımlamalar ve kavramlar-çatlak (fracture), dayanım (strength), yenilme (failure), yenilme (yield) gevrek/kırılgan (brittle) ve sünümlü (ductile) davranış.

2. Kaya malzemesinin davranışı. Yarı statik tek eksenli sıkışma testi-uç koşulların etkisi, örnek hazırlaması, boyutu ve biçimi.

3. Gözlenmiş/görünür davranış üzerinde test sistemi sıklığının etkisi-yumuşak, sert ve servo kontrollü test makineleri.

4. Laboratuvarda tek eksenli sıkışma testinde (uniaxial compression) kaya davranışı üzerinde gözlemler gerilim-birim deformasyon eğrileri ilerleyen iki karakterdeki kırık oluşumu, mikro yapının etkisi.

5. Çok eksenli sıkışma testleri-test yöntemleri, σ_2 ve σ_3 'ün doruk dayanım üzerindeki etkisi.

6. Üç eksenli sıkışmada deformasyonun mekanizması gerilim-birim deformasyon davranışı, hacimsel birim deformasyonlar (volumetric strains). Sıcaklığın etkisi.

7. Sıkışmada kayacın zamana-bağımlı (time-dependent) davranışı-birim deformasyon hızının, kripin, uzun ve kısa dönemli gerilim-birim deformasyon eğrilerinin etkisi.

8. Kayanın çekilme dayanım-doğrudan ve dolaylı çekme testleri.

9. İzotropik kaya malzemesi için kopma ve yenilme kriterleri (failure and yield criteria). Toplam efektif gerilim kriteri, Coulomb ve

Mohr kriterleri.

10. Kopma ve yenilme kriterleri (devamı)-yenilme kriteri (von Mises, genişletilmiş von Mises v.s.). ampirik dayanım kriteri ve bunların kayalara uygulanabilirliği.

11. Griffith çatlak kuramı (Griffith crack theory)-enerji duraysızlığı kavramı, tek eksenli çekme ve sıkışmaya uygulanması.

12. Düzlemsel sıkışma (plane compression) için Griffith kuramı. Değiştirilmiş Griffith kuramı-Fairhurst, McClintock-Walsh, Murrell.

13. Süreksizliklerin makaslanma davranışı (Shear behavior of discontinuities). Düz ve pürüzlü kaya süreksizlik yüzeylerinin davranışı; Pürüzlülük, genişleme/uzama (dilation) ve makaslama kuvveti-deformasyon eğrileri arasındaki ilişkiler.

14. Ölçeğin pürüzlülük ve makaslama dayanımı üzerindeki etkisi; Barton'un makaslama dayanımı eşitliliği.

15. Makaslama testi yapma teknikleri. Süreksizliklerin deforme olabirliği. Doğulu eklemelerin davranışı.

16. Eklemli kaya kütlelerinin davranışı. Jaeger'in tek zayıflık düzlemi kuramı-anizotropik kaya ve çok eklemli kayalara uygulanması.

17. Eklemli kayaların dayanımı (hakkında) laboratuvar ve saha gözlemleri; gözlenmiş ve yenilme (failure) mekanizması. Ladanyi ve Archambault yaklaşımı.

18. İlk kez veya daha önceki makaslama yüzeyleri üzerinde gelişen kaymaların jeoteknik sınıflaması. Şev duraylılığı: 25 Ders saati.

1. İnşaat ve maden mühendisliğinde şev duraylılığı sorunlarının doğası. Yamaçlardaki kütle hareketlerinin morfolojik sınıflaması.

2. Morfolojik sınıflama (devamı).Heyelanların jeoteknik sınıflaması.

3. Plastisite sınır kuramlarını da içerecek şekilde duraylılık analizi yöntemlerine giriş.

4. İki boyutlu limit denge analizlerine giriş. Sonsuz/belirsiz yamaç (infinitive slope).

5. Sonlu yamaçlardaki düzlemsel kaymaların analizi.

6,7,8. Dairesel kaymaların analizi-dilimler yöntemi (method of slices). Bishop yöntemi, İsveç yöntemi, boyutsuz yöntemler v.s.

9. Su yükleri de dahil olmak üzere dış yüklerin etkisi.

10. Deprem yükünün etkileri. Üç boyutlu duraylılık analizi.

11,12,13. Üç boyutlu yenilmelerin /duraysızlıkların kapalı formlar, vektör ve stereografik projeksiyon yöntemleri ile analizi.

14. Devrilme türü duraysızlıkların belirlenmesi ve mekanizması.

15,16. Şevlerin arazideki davranışı-efektif gerilim açısından örnek durumların analizi için saha verilerinin derlenmesi.

17. Laboratuvarda belirlenmiş makaslama dayanımı ile kayma sırasında mobilize olan karşılaştırılması.

18. Varolan makaslama yüzelerinde veya ilk kez gerçekleşen kaymaların jeoteknik sınıflaması.

19. Daha önceki kayma yüzeyleri üzerindeki kaymalara ilişkin örnek çalışmalar (case studies).

21,22. İlk kez olan kaymalara ilişkin örnek çalışmalar.

23. Zemin ve kaya şevlerinin tasarımına ilişkin yaklaşımlar.

24. Kaya yamaçlarının tasarımına ilişkin örnek çalışmalar.

25. Şev gelişimi. Heyelanlar için önleme çareleri.

26. Önleme çareleri (devamı).

Jeoteknik Mühendisliğinde Laboratuvar ve Arazi Teknikleri: 26 ders saati.

1. Kuvvet ve gerilimin laboratuvarında ölçümüne ilişkin ilkeler.

2. Laboratuvarında birim deformasyon ve gözenek-suyu basıncı ölçümleri.

3,4. Elektronik algılayıcılar ile (electronic sensors) ile ölçüm yapmanın ilkeleri.

5. Birim deformasyon dalgaları (strain waves) ve dinamik elastik sabitlerin ölçümü.

6,7. Model analizi.

8. Kayada sondaj yapma (rock drilling).

9. Jeoteknik loglama ve yönlü karot alımı.

10. İnşaat alanı araştırmaları-genel ilkeler.

11. Zeminlere ilişkin inşaat alanı araştırma tekniklerine giriş.

12. Zemin örnekleme.

13. "Soundings", penetrasyon testleri.

14. Zeminin dayanımının yerinde (in situ) ölçümü.

15,16. Kayada yerinde gerilim alanı ölçümü.

17,18. Kayalarda arazide-yükleme (deformabilite) testleri.

19. Zeminlerde yerinden gerilim ölçümü.

20. Zemin basınç hücreleri.

21. Yerinde dayanım ölçümü.

22,23. Yer değişimlerinin izlenmesi.

24. Piezometreler.

25. Yerinde geçirgenlik ölçümü.

26. Eklemlili kaya kütlelerinde yeraltı suyu akışı.

2.4. Kaya Mekaniği Kurslarında Kullanılan Başlıca Referanslar ve Yayınlar.

(Aşağıdaki çeviriler sadece italikle yazılmış yayınları kapsamaktadır).

1. Mühendislik Jeolojisinin İlkeleri.

2. Rezervuar Mühendisliğinin Esasları.

3. Kaya Mekaniğinin İlkeleri.

4. Deneysel Gerilim Analizi.

5. Kömürlerin Dayanımı, Kırılmaları ve İşletilebilirliği.

6. Tünelcilik Teknolojisi.

7. Kaya Mekaniğine Giriş.

8. Süreksizlik İçeren Kayalarda Jeoloji Mühendisliği Yöntemleri.

9. Kaya Şev Mühendisliği.

10. Elastisite, Kırılma ve Akma.

11. Kaya Mekaniğinin Esasları.

12. Mühendislik Jeolojisi ve Jeotekniğin İlkeleri.

13. Kaya Patlatmalarının Modern Tekniği.

14. Zemin Kontrolünün Felsefesi.

15. Kaya Mekaniği ve Kayalarda İnşa Edilen Yapıların Tasarımı.

16. İnşaat Mühendisliğine Uygulanan Kaya Mekaniği.

17. Deneysel Kaya Deformasyonu-Kırılma Alanı.

18. Kırılma ve Yarı Kırılma Kayalarda Fay ve Ekleme Gelişimi.

19. Kayaların Kıvrılma ve Kırılması.

20. Jeoteknoloji-Öğrenciler ve Mühendisler için bir Giriş Teksti.

21. Maden Mühendisliği Elkitabı.

22. Mühendislik Uygulamalarında Kaya Mekaniği.

23. Tünel Açma Sanatı.

24. Kayalardaki Tünel ve Kuyular.

25. Kayaların Mekanik Özellikleri Üzerine Elkitabı.

26. Metal Madenlerine ve İşletilen Kömür Ocaklarına İlişkin Yöntemler.

3. ÇEŞİTLİ BÖLGELERDEKİ KAYA MEKANİĞİ EĞİTİMİ KONUSUNDA BİLGİLER

Aşağıdaki notlar okuyucuya dünyanın çeşitli kesimlerindeki genel eğitim sisteminin ve özellikle de kaya mekaniği programlarının bölgesel özellikleri konusunda aydınlatmak için sunulmuştur.

3.1. İskandinav / Finlandiya'ya İlişkin Bölgesel Notlar;

İskandinav ve Finlandiya'da Üniversiteler kıta Avrupası geleneğine göre organize edilmişlerdir; buralarda mühendislik, özel teknoloji enstitülerinde öğretilmektedir (Technische Hoshschulen). İki dereceli öğretim verilir; 4-5 yıllık eğitim ve Mühendislik Diploması (Diploma Engineer) ve Ph.D (Felsefe Doktorası)'nın eşdeğeri olan Doktora (Dr. İng.) derecesi.

Bu Enstitüler İnşaat Mühendisliği Bölümleri içermektedirler ve daha büyük enstitülerde ise Maden metalurji ve Jeoloji Bölümleri de yer almaktadır. Zemin mekaniği, geleneksel olarak İnşaat Mühendisliği Bölümünün bir alt bölümü olmuştur. ancak jeoloji, cevher jeolojisi ve mühendislik jeolojisini de kapsamak üzere, maden, metalurji ve jeoloji bölümleri içinde yer almıştır. Kaya mekaniği bir disiplin olarak kısmen maden, kısmen de bu yörede yapılan yoğun tünel açma çalışmaları nedeniyle gelişmiştir.

Bu bölge jeolojik olarak, hem çok yaşlı ve genellikle sert kayalardan, hem de çok genç ve genellikle yumuşak zeminler ile karakterize edilmektedir. Bu nedenle zemin mekaniği ve kaya mekaniği günümüze değin ayrı disiplinler olarak ele alınmıştır. Bu durum aynı zamanda eğitim programlarına da yansımıştır. Jeoteknik, alanındaki en eski akademik disiplin olması nedeniyle, zemin mekaniği, inşaat mühendisliği öğrencilerinin programının bir bölümünü oluşturmaktadır. Kaya mekaniği kursları normal olarak seçmelidir ve diğer bir disiplin ile birlikte önerilir. Maden ve jeoloji mühendisli-

ği öğrencileri için kaya mekaniği kursları öğrenim programlarının önemli bir bölümüdür.

Kaya mekaniği kursları genelde pratik olarak uygulanabilir. Bunun yanı sıra, araştırmaya yönelik çalışmaların büyük bir bölümü de pratik içeriklidir ve üniversiteler ile madencilik ve tünel açma endüstrisi arasındaki ilişkiler her zaman iyi olmuştur.

3.2. Birleşik Krallık'ta İlişkin Bölgesel Notlar;

Birleşik Krallık'ta (İngiltere, Galler Ülkesi, İrlanda ve İskoçya) üniversiteler geleneksel bölüm (department) anlayışına göre düzenlenmiştir; öğrenciler derecelerini (mezuniyetlerini) ilke olarak bir bölümden alırlar. Bachelorya (lisans) derecesi programları 3 sene sürer, ancak şimdi bazı üniversiteler 4 yıllık programlara geçiş yapmaktadırlar. Kaya mekaniği lisans düzeyinde, maden mühendisliği programlarının temel bölümlerini oluşturur, fakat inşaat mühendisliği bölümlerinde seçmeli ya da programın küçük bir bölümü olarak okutulur. Bazı inşaat mühendisliği programlarında, kaya mekaniği konusunda olmamakla beraber, jeoteknik mühendisliği konusunda uzmanlaşmak olasıdır. Bachelorya derecesi bazı jeoloji bölümlerinde mühendislik jeolojisinde uzmanlaşma ile birlikte alınabilir.

En yoğun kaya mekaniği öğretimi, çok az sayıda üniversite tarafından 1 yıllık master düzeyinde önerilen uzmanlık derecesi programlarında verilmektedir. Kaya mekaniği, zemin mekaniği veya mühendislik jeolojisi ya da kaya mekaniği konusunda uzmanlaşan öğrencilere öğretilir ya da kendi alanında bir uzmanlık olarak verilebilir. Genel olarak bu programlarda farklı jeoteknik disiplinlerinde çalışan akademisyenler arasındaki ilişki/işbirliği yüksektir. Bu ileri düzeydeki kurslar, bilindiği gibi, dünyanın çeşitli kesimlerinden öğrencilerin katılımına açık olması nedeniyle bölgesel olma özelliği sınırlıdır. Ancak ülkenin güneyi dışında kalan yörelerdeki maden okullarının pek çoğu, öğretim ve araştırmalarında kaya mekaniği konusunu kömür madenciliği ve yumuşak kaya uygulamaları alanında yoğunlaştırmaktadırlar.

Birleşik Krallık'ta doktora derecesi kurs programlarını içermeyen araştırma üzerine verilir. Kaya mekaniğinde doktora düzeyinde araştırma genel olarak madencilik okullarında sürdürülür. Bazı üniversitelerde kaya mekaniği araştırma programları yerel kömür madencil-

ği endüstrisi ile yakın bir işbirliğini yansıtır; ancak ülke genelinde doktora (Ph.D.) araştırması, inşaat mühendisliğinin sert ve yumuşak kaya madenciliğinin ve enerji ile ilişkili uygulamaların tüm alanını kapsar.

3.3. A.B.D. İçin Bölgesel Notlar

A.B.D.'de kaya mekaniği çoğunlukla üniversitenin ya inşaat mühendisliği ya da maden mühendisliği bölümlerinde verilir. Kaya mekaniği kursları hem 4 yıllık lisans derecesi programında, hem de 1 veya 2 yıllık master derecesi programlarında bulunabilir.

Maden mühendisliği bölümlerinde kaya mekaniği kursları çoğunlukla lisans derecesi programlarında yer alır. İnşaat mühendisliğinde, programların pek çoğu lisansüstü (graduate) jeoteknik mühendisliğinde uzmanlaşmaya yönelik olması nedeniyle kaya mekaniği başlıca master derecesi programında yer alır. Çoğunlukla, inşaat mühendisliği bölümlerinde öğrenciler kaya mekaniği kurslarını bazı zemin mekaniği veya genel jeoteknik kurslarına katıldıktan sonra alırlar. Bu programlardan bazıları öğrencilerin, olasılıkla uygulamada karşılaşacakları çeşitli zemin ve kaya koşullarını anlayabilmeleri için, zemin mekaniği, kaya mekaniği ve mühendislik jeolojisi alanlarında kurslar almasını öngörmektedir.

Doktora programı, genellikle master derecesi üzerinde bazı kurslar içermesine rağmen, üniversitelerin pek çoğunda ilkesel olarak bir araştırma programıdır. A.B.D.'de kaya mekaniğine ilişkin doktora programları hem inşaat mühendisliği hem de maden mühendisliği bölümlerinde yer alır.

Üniversitelerin pek çoğunda, araştırmanın büyük bir bölümü federal kaynaklardan desteklenir ve araştırma bu nedenle ulusal gereksinimlere yanıt vermeye yöneliktir. Araştırma sahası yerlerinin üniversiteye yakın olması ve araştırmaların yerel ve eyalet bazında desteklenmesi nedeniyle de, bazı bölgesel araştırmalar da geliştirilmiş olabilir. A.B.D.'deki jeolojik ve coğrafik koşulların oldukça değişik olması, önemli üniversitelerin çoğunlukla çok çeşitli jeoteknik sorunlar ile ilgilenmesine yol açmıştır. Lisansüstü mühendislik programlarının pek çoğunda diğer ülkelerden gelmiş çok sayıda öğrenci de bulunmaktadır; bu durum programın perspektiflerini genişletmeye yardımcı olmaktadır.

3.4. Federal Almanya Cumhuriyeti İçin Bölgesel Notlar;

F. Almanya Cumhuriyeti'nde kaya mekaniği kursları yerel duruma da bağlı olarak inşaat mühendisliği, maden mühendisliği veya jeoloji bölümlerinde verilir. Çoğunlukla bu kurslar jeoteknik mühendisliği, mühendislik jeolojisi veya maden mühendisliği kursları olarak düzenlenmiştir. Diploma programları genellikle 4 yıllık bir kurs programı ile bitirme tezini (Diplomarbeit) içerir. Bu programlar kapsamında temel programa ek olarak bazı uzmanlaşma programları da seçilebilir. Kaya mekaniği konusunda geliştirilmiş/ileri düzeyde kurslar bu uzmanlaşma alanları kapsamındadır.

Doktora derecesi araştırma üzerine kuruludur ve ek kurs çalışmalarını içermez.

4. ÖZET

4.1. Araştırma Sonuçları

Bu araştırmaya gelen yanıtlardan, yanıtlayan üniversitelerin sayısının ve iş bulmuş mezunların sayısının maden ve inşaat mühendiliği disiplinleri arasında eşit olarak paylaşıldığı görülmektedir.

1979 yılında yanıt gönderen 104 üniversitenin yaklaşık yarısı jeoteknik mühendisliğinin ağırlıklı olarak verildiği doktora programlarını içermektedir. Yanıtlayan üniversitelerin yaklaşık dörtte biri yaygın kaya mekaniği programları içermiştir. Bu üniversitelerde son 8 yılda üçten fazla doktora tezi verilmiş ve her yıl dörtten fazla öğrenci kaya mekaniği konusunda 80 saatten fazla ders alarak mezun olmuştur.

Kaya mekaniği salt bir uzmanlık alanı olarak değil, ayrıca maden ve inşaat mühendisliği genel programları içindeki yeri bakımından da araştırılmıştır. İnşaat mühendisliğinde kaya mekaniği çoğunlukla master düzeyinde sunulmakta ve çoğu kez de lisansüstü zemin mekaniği programı ile entegre edilmektedir. İnşaat mühendisliği bölümlerinin pek çoğu master düzeyinde zemin mekaniği konusunda yoğunlaştıkları için bu akılcı bir yaklaşımdır; inşaat mühendisliğinde, sadece zemin mekaniğine giriş kursları olmak üzere, lisans düzeyinde daha genel programlar verilmektedir. madencilikte, kaya mekaniği kursları çoğunlukla madencilik okullarının lisans müfredatında yer almaktadır. Örneğin

Avustralya üniversitelerinin pek çoğu maden mühendisleri için lisans düzeyinde 1-3 arasında değişen kaya mekaniği kursları içerir.

4.2. Giriş Konusu Olarak Kaya Mekaniği

Okullarda kaya mekaniğinin, araştırma konusu ağırlıklı olmaksızın, bir genel giriş konusu olarak öğretilmesine ilişkin bir eğilim vardır. Komisyon bu durumun kaya mekaniği eğitiminde önemli bir nokta olduğu görüşündedir. Komisyon aynı zamanda, bu tür okullardaki akademik üyelerin de desteklenmesine gereksinme olduğunu kabul eder. Bu araştırmaya gelen yanıtlarda, özellikle kaya mekaniği konusunda uzmanlaşmamış okullar tarafından, tipik müfredat programlarının ve kaya mekaniği kurslarının yayımlanmasına olan gereksinme sık olarak dile getirilmiştir. Bu raporda, kursların ve programların bazı örnekleri sunulmuştur.

Pek çok mühendislik okulunda lisans düzeyinde olarak mekaniğine giriş kursları verilir. Kaya mekaniği konusunda bu düzeyde yeterli bir kurs vermek mümkün olmamakla beraber, zemin mekaniğine giriş veya "jeoteknik kurlarında "kaya mühendisliği konusuna giriş yapılması arzu edilir ve bu pek çok durumda da olasıdır. Öğrencilerin bakış açısı, makaslanmalar, faylar ve eklemler, gibi kayalardaki süreksizliklerin önemini vurgulayan kaya mekaniği konularının konulması ile dengelenebilir. Öğrenci ister zemin, ister kaya kütleindeki bir süreksizliğin dayanımının, alınmış bir örnekte yapılan laboratuvar testi ile belirlenilemeyecek özelliklere bağlı olduğunu öğrenebilir. Öğrenci bir kaya karotuyla çalışılması ile önemli kaya özelliklerinin nasıl tanımlanabileceğini ve çoğu kez de bir kaya karotunda ne tür bilgilerin elde edilemeyeceğini öğrenebilir. Öğrenci hem kaya hem de zemin benzeri özelliklere sahip şeyl'lerin ve kalıntı zeminlerin (residual soils) sorunları ile tanıştırılabilir. Aynı zamanda hem zemini hem de kayayı kesen yüzeyleri ortaya koyan kazılar, tüneller şevler ve formasyonlara ilişkin projelerden örnekler sunulabilir. Bunlara ve diğer örneklere ilişkin müfredat ikinci bölümde sunulmuştur.

Kaya mekaniği öğretmenine daha fazla destek vermek için kaya mekaniği ilkelerini gösteren saydam setleri veya projeksiyen ile gösterilebilecek setler gibi öğretime yardımcı olabilecek kaynaklar geliştirilebilir.

Saydamlar arazideki kaya koşullarını gösteren örneklerden oluşturulabilir ve bunlar arazide önemli kaya indekslerinin nicel tanımlamalarını veren ve karşılaşılan mühendislik sorunlarını özetleyen notlar eşliğinde sunulmalıdır.

4.3. Disiplinler arası İlişki

Pek çok üniversite, kendilerinin diğer jeoteknik disiplinleri (zemin mekaniği ve mühendislik jeolojisi) ile etkileşimlerinin iyi olduğunu belirtmiştir. Bu durum, bir ölçüde, yapılandırma ziyade hedefi yansıtabilir. Üniversitelerin pek çoğu daha fazla bir etkileşime olan gereksinmeyi dile getirmiştir. Çeşitli üniversiteler, jeoloji camiası arasında uygulamalı sorunlara ilginin yetersiz olmasını jeoloji ve mühendislik arasında yeterli iletişimin elde edilmesindeki zorlukların nedeni olduğuna dikkati çekmişlerdir.

Ancak disiplinler arası daha fazla etkileşimin geliştiği görülmektedir. Özellikle inşaat mühendisliğinde, uygulamada karşılaşılan kalıntı zemin ve değişik kaya-zemin sorunlarının doğru olarak ele alabilmek için zemin ve kaya mekaniği konuları bütünleştirilmektedir. Aynı zamanda pek çok kişi (akademisyen) kaya mekaniği programlarının bir parçası olarak jeoloji arazi kurslarının önemini kabul etmektedir.

4.4. Kaya Mekaniği Uzmanının Eğitimi

Komisyon öğrencilerin gözlemler yapmak ve bu gözlemleri sorunların tanımı ve çözümünde kullanmaları için yetiştirilmelerine ihtiyaç olduğunu vurgulamayı dilemektedir. Bu durumu görmek için jeoloji eğitimi önemlidir; mühendislik eğitimi bu durum ile çözülecek sorun arasındaki ilişkiyi kurmaya yöneliktir. Bir projeyi etkileyen koşullar kavranamaz veya öngörülemez ise, en iyi analiz veya sınamanın herhangi bir anlamı yoktur. Komisyon üyelerinin pek çoğu öğrencilerin sorunu öngördüğü, harita yaptığı, log aldığı bir tasarım hazırladığı ve aynı zamanda arazide yerindeki varolan koşulları gözden geçirme ve dolayısıyla öngörüleni (geçerliliğini) sınamaya olanağı bulduğu arazi çalışmalarının turist-benzeri arazi gezilerinden daha başarılı olduğunu görmüştür. Kaya mekaniği alanında kullanılan gereçler bakımından çözümsel (analitik) amaçlı önemli gelişmeler olmuştur. Bu gereçler programları uzman olmayan

kişilere aktarabilecek ve mühendis ile öğrenciyi program ile karşılıklı etkileşime olanak verecek "interacti-ve" grafikler gibi tekniklerin gelişimi ile daha da yararlı olacaktır.

Böylesine yaklaşımların yanlış kullanımını önlemek için öğrenci, ileri düzeydeki analitik tekniklerin altında yatan temel ilişkileri ve hatta bu ileri düzeyde geliştirilmiş tekniklerin, kaya kütlelerinin gerçek davranışı bakımından sınırlı olduğunu anlamalıdır. Bu nedenle, öğrenci malzemenin davranışı ve mekaniği hakkında sağlam bir temel elde etmeli ve aynı zamanda gerçek durumlar ve örneklerle tanıştırılarak bu deneyimlerini bir sorunun çözümünde kullanmayı öğrenmelidir. Öğrenci bir mühendislik sürecinin bir analiz ve sınamaya olanakından öte bir şey olduğunu algılamalıdır. Mühendislik süreci çok daha geniş kapsamlıdır. Bu süreç bir arazinin koşullarını ortaya koymaya yönelik projeyi, araştırmayı ve gözlemleri etkileyen kritik parametrelerin saptanmasını ve daha önceki deneyim ve örneklerin uygun faktörler analizler kullanılarak karşılaşılan sorun ile denetirilmesinin değerlendirilmesini kapsar. Maliyet, risk, sözleşme şartları, arazideki koşulları izlemek ve yön vermek, bir tasarımın seçiminde oluşturulmasında gözönünde bulundurulması gerekli öğelerdir.

Bu komisyon bu araştırmaya gelen yanıtlardan ve dünyanın çeşitli yerlerinde kaya mekaniği eğitimi verenler ile kurdukları kişisel bağlantılardan pek çok üniversite için öğrenciyi salt mühendisliğin temel ilkeleri ile bilimsel kuramı konusunda yeterli bilgi ile donatmak değil, aynı zamanda sorunlara ve sahadaki sorunların araştırma yöntemine yeterli bir mühendislik bakış açısı ile yaklaşan bir program geliştirmesinin ve yönetmesinin zor olduğu sonucunu çıkarmıştır. Bir fakülte üyesi için öğretmek ve araştırma programı oluşturmak ve aynı zamanda uygulama ile önemli bağlantıları sürdürmek zordur. Genç akademik üyelerin özellikle "yayın yapıyor da yok ol" olgusuna itilmeleri nedeni ile en olumlu araştırma çalışmaları bir parça kayanın laboratuvarındaki test makinalarında kırılmaları ile sınırlıdır. Bu araştırmanın bir kısmı anlamlı bir kısmı ise anlamsızdır. Özellikle bir kaya mekaniği uzmanı malzemesinin doğasını -ki bu bir kayadır- onun sahaya giderek gözlenmesi ve onun hakkında orada öğrenmesi gerektiği görüşünün daima bilincinde olmalıdır.