

Kama türü yenilmelerin olasılıklı risk haritasının hazırlanmasına bir örnek: Altındağ (Ankara)

An example for preparation of probabilistic risk map of wedge type failures: Altındağ (Ankara)

Candan GÖKÇEOĞLU, Murat ERCANOĞLU, Harun SÖNMEZ

ÖZ

Eklemli kaya kütleleri içerisinde yapılan şev duraylılığı araştırmalarının en önemli aşamalarından birisini stereografik projeksiyon tekniklerini kullanarak gerçekleştirilen kinematik analizler oluşturur. Klasik yöntemler kullanılarak kaya şevlerinin olası yenilmelerinin incelenmesinde, eklem yönelimlerinin en yoğun olduğu konum yanı sıra şev geometrisi ve zayıflık düzleminin sürtünme açısı parametre olarak kullanılır. Bu durumda merkezde yoğunlaşmayan ancak şevin duraysızlığını kontrol edebilecek diğer konumlar gözardı edilir. Bu çalışmada Ankara ve civarında yüzeylenen eklemli andezit kütlesi içerisinde gelişebilecek olası kama türü yenilmelerin analizi hem klasik kinematik analiz hem de olasılıklı kinematik analiz yöntemleriyle araştırılmış ve elde edilen sonuçlar kullanılarak risk haritaları üretilmiş ve bir karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Altındağ (Ankara), andezit, kinematik analiz, olasılık analizi, risk haritası.

EXTENDED ABSTRACT

The evaluation of potential rock slope failures using stereographic projection techniques known as kinematic analysis is one of the most important parts of a slope stability investigation to be carried out in jointed rock media. In conventional stereoprojection techniques for the assessment of possible rock slope failures, the peak orientations of joints together with the slope geometry and the friction angle of the weakness planes are used. Other possible joint orientations which may be encountered in the rock media are ignored. In the present study, possible wedge failures which can develop in jointed andesites cropped out Ankara and its vicinity were investigated using both conventional and probabilistic kinematic analysis methods, and risk maps were produced using the results obtained from kinematic analysis and a comparison was made between the results. According to the results obtained from this study, probabilistic risk map are more realistic than the map using conventional kinematic analysis, because, all the actual wedge type slope failures developed in the study area are located on the risk zones of the probabilistic risk map. When three peak orientations of the discontinuities are used for the preparation of the risk map, 20% of the study shows wedge type failure risk. However, this value goes up to 73% when the probabilistic kinematic analysis is applied. In conclusion, each possible discontinuity orientation must be taken into consideration in a kinematic analysis research program. This phenomenon is important for the selection and planning of settlement regions particularly, because, a failure can cause important hazards and loss of life. Besides, the procedure described in the present study is very simple.

Keywords: Altındağ (Ankara), andesite, kinematic analysis, probabilistic analysis, risk map.

GİRİŞ

Şev duraylılığının araştırılması için çok sayıda analiz yöntemi mevcuttur. Özellikle son yirmi yılda limit-denge yöntemi gibi klasik analiz yöntemleri olasılıklı yöntemlerle birlikte desteklenerek yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır.

Kaya şevleri ve madencilikte pasa yığın şevlerinin olasılıklı yöntemler kullanılarak değerlendirilmesine ilişkin değişik araştırmacılar tarafından çalışmalar gerçekleştirilmiştir (McMahon, 1971 ve 1975; Pitteau ve Martin, 1977; Baecher ve Einstein, 1978; Marek ve Savely, 1978; La Pointe, 1980; Priest ve Brown, 1983; Miller, 1983; Morris ve Stotter, 1983; Chowdhury, 1986 ve 1987; Carosso vd., 1987; Hoerger ve Young, 1987; Kulatilake, 1988; Young ve Hoerger, 1988; Leventhal vd., 1992; Young, 1993; Tunçay, 1999; Gökçeoğlu vd., 2000).

Kaya şevlerinin duraysızlığı üzerinde eklem yönelimleri konumu önemli bir rol oynamaktadır. Kütle içerisindeki devamlılık gösteren zayıflık düzlemleri yenilmeye uygun bir yönelimde bulunduğu, duraylılık açısından ciddi problemler ortaya çıkabilmektedir. Tek bir süreksizlik düzlemi bile duraylılık üzerinde önemli bir etken olabilmesine rağmen, klasik kinematik analiz yönteminde, sadece süreksizliklerin yoğunlaştığı tek bir süreksizlik yönelimi dikkate alınmaktadır. Kaya kütlesi içerisindeki süreksizliklerin kontur diyagramının stereografik projeksiyon ağı üzerinde belli noktalarda aşırı derecede yoğunlaşması, süreksizliklerin yönelimlerinin homojen olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda, kinematik analiz sonuçları güvenilir olarak kabul edilebilir. Ancak, genelde kaya kütleleri içerisindeki süreksizliklerin yönelimleri kütlelerin karmaşık özelliklerinden dolayı bu tür bir yoğunlaşma göstermezler. Süreksizliklerinin yönelimleri açısından heterojen özellikte olan kaya kütlelerinde yapılacak olan klasik kinematik analiz sonuçlarının güvenilirliği ise tartışmaya açıktır. Einstein ve Baecher (1983)'e göre, diğer mühendislik dallarıyla karşılaştırıldığında mühendislik jeolojisinin muhtemelen en farklı özelliği, jeolojik koşullar ve jeoteknik parametrelerdeki belir-

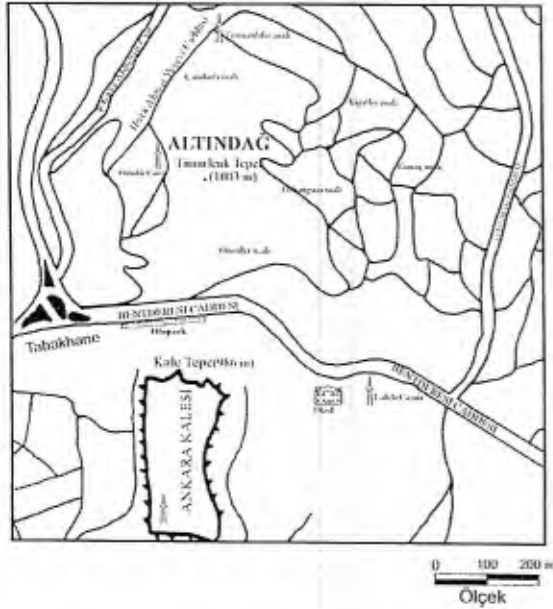
sizliklerdir. Kaya şevlerinin tasarımında yeri ve konumu saptanamayan bazı süreksizlikler de sıklıkla belirsizliklere neden olmaktadır (McMahon, 1971). Belirsizliklerin bir başka nedeni ise jeolojik yapının karmaşıklığından kaynaklanan ve belli bir düzen içerisinde tanımlanamayan bir takım özelliklerin analiz aşamasında dikkate alınamamasıdır. Ancak dikkate alınmayan bu özellikler bazen yapılan tasarımın sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Wu vd., 1996). Şevlerdeki yenilmelerin tünel ve temeller gibi diğer jeoteknik tasarımlara göre daha sık gözlenmesi nedeniyle şev duraylılığı daha fazla araştırmaya konu olmuştur.

Klasik ve olasılıklı şev duraylılığı analizlerinden elde edilen sonuçların kullanılmasıyla potansiyel yenilme zonlarının haritalanması özellikle kent jeolojisinin önemli bir konusudur. Çünkü, şev yenilmelerine ilişkin risk haritaları özellikle uygun yerleşim alanlarının seçilmesinde ve kentsel gelişme planlarının hazırlanmasında planlamacılar ve mühendisler için önemli bir kılavuz işlevine sahiptir.

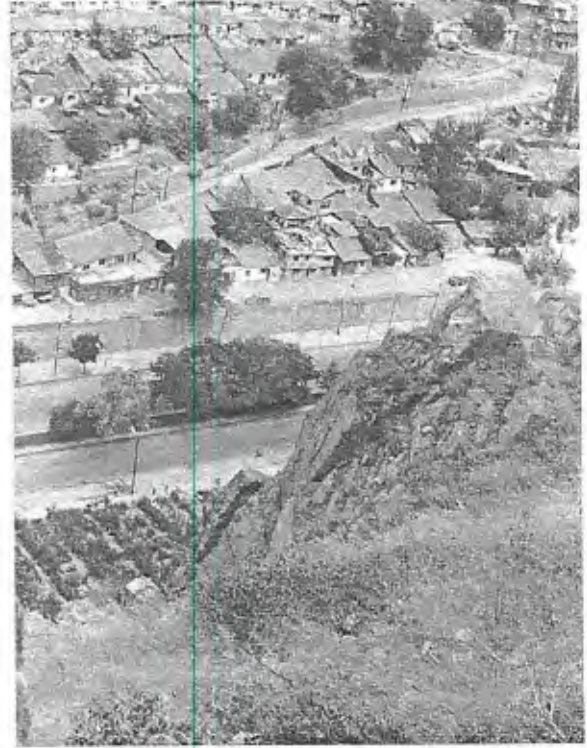
Bu çalışma kapsamında dik topografik yükseltilere sahip olan Altındağ yöresindeki eklemli andezit kaya kütlesi içerisinde gelişebilecek olası kama yenilmelerinin analizi hem klasik hem de olasılıklı kinematik analiz yöntemleriyle gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlarla güncel yenilmeler karşılaştırılarak sonuçlarının performansı değerlendirilmiştir. Bu amaçla saha genelinde 783 adet süreksizlik yönelimi ölçümü ISRM (1981) tarafından önerilen hat-etüdü yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca örnek olarak seçilen alanın sayısal arazi modeli 1/5000 ölçekli topografik haritadan hazırlanmış ve bu model yardımıyla IDRISI isimli program (Eastman, 1992) kullanılarak eğim ve eğim yönü haritaları üretilmiştir. Sahanın sayısal arazi modeli 195 satır, 166 kolonun oluşturduğu ve herbiri analiz edilmesi gereken bir şeve karşılık gelen 32370 piksele sahiptir. IDRISI programı yardımıyla üretilen eğim ve eğim yönü haritaları Sönmez ve Gökçeoğlu (1998) tarafından geliştirilen kinematik analiz programında (KINAN) kullanılmıştır.

İNCELENEN SAHANIN ÖZELLİKLERİ

İncelenen saha Ankara kentinin merkezinde olup, kuzeyde Fermanlılar Mahallesi, batıda Tabakhane, güneyde Ankara kalesi ve doğuda da Altındağ Caddesi ile sınırlanmıştır (Şekil 1). İnceleme alanında plansız ve yer yer de eski taşocakları içine yapılan gecekondular yoğun bir şekilde yer almaktadır (Şekil 2), yerleşik nüfus çok yoğundur. İnceleme alanında yaklaşık dik eğimli ve ISRM (1981) sınıflamasına göre de genelde yüksek-çok yüksek devamlılığa sahip olan eklem sistemlerini içeren andezitler (Şekil 3) yüzeylenmekte olup, topoğrafya oldukça diktir. Süreksizliklerin yönelimleri ve dik topoğrafyaya bağlı olarak sıkça süreksizlik kontrollü yenilmelerin oluşmasına ve evlerin zarar görmesine neden olmaktadır.



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.



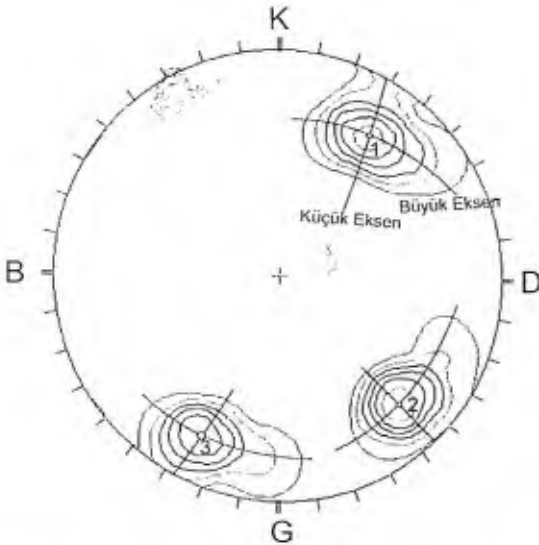
Şekil 2. İnceleme alanından tipik bir görünüm.

4 km² den oluşan ve çok dik topoğrafyaya sahip olan inceleme sahası Bentderesi vadisiyle kesilmektedir. Sahadaki topoğrafik yükseklik 840 ile 1003 m arasında değişmekte olup, önemli yükseklikleri kuzeyde Timurlenktepe (1003m), güneyde ise Kaletpe'dir (986m) (bkz. Şekil 1). Tipik karasal iklimin hakim olduğu sahada yıllık yağış ortalaması 350 mm olup, -1 °C (Ocak) ile 23.3°C (Ağustos) arasında değişmekte olan sıcaklığın yıllık ortalaması 11.7 °C'dir (DMI, 1997).

İnceleme sahasını Miyosen volkanizmasının (Erol, 1961; Erentöz, 1975) ürünü olan yaklaşık düşey konumlu eklemleri içeren andezitler oluşturur (bkz. Şekil 3). Eklemlerin yönelimlerinin stereonet üzerindeki dağılımı incelendiğinde (Şekil 4), 74/220, 76/312 ve 79/026 yönelimli üç eklem setinin yer aldığı görülür. Ana mineral olarak kuvars, feldispat, hornblend ve biyotitlerin oluşturduğu andezitlerin dokusu porfiriktir (Ulusay, 1975; Kasapoğlu, 1980, Ercanoğlu, 1997).



Şekil 3. İnceleme alanında yüzeylenen andezitlerin tipik bir görünümü.



Şekil 4. Eklem setlerinin stereografik ağ üzerindeki dağılımları.

ŞÜREKSİZLİK VERİLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ

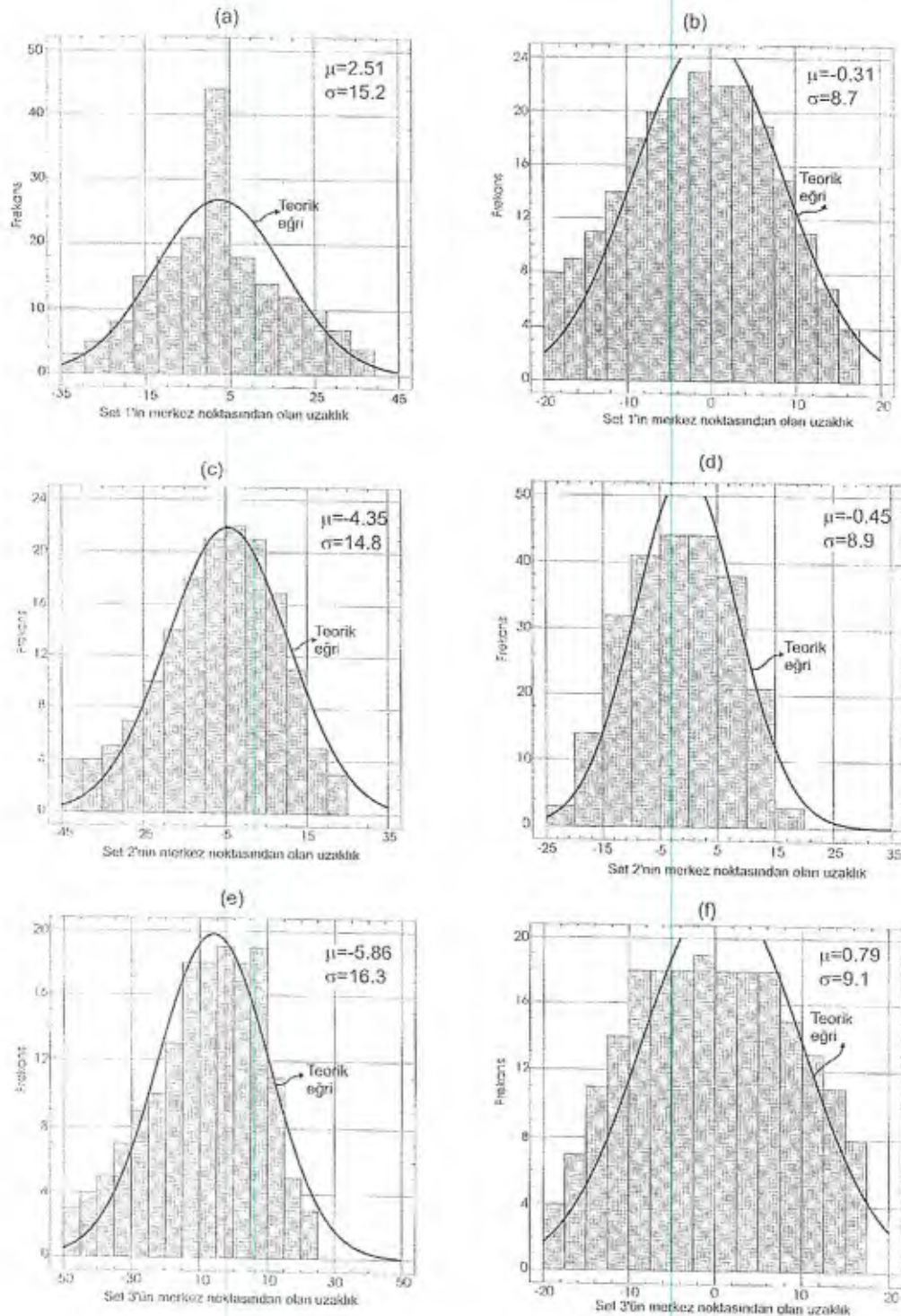
Hat etüdlerinden elde edilen 783 adet eklem yönelimi verisinin değerlendirilmesi için bir seri istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir. Yönelim verilerinin değerlendirilmesinde eş açı stereoneti kullanılmış ve tipik olarak ayırt edilen üç eklem seti belirlenmiştir (bkz. Şekil 4). Frekans eğrilerinin şekli yaklaşık eliptik olup, her bir set üzerinde birbirinden farklı iki eksen mevcuttur (bkz. Şekil 4). Bunun sonucu olarak, her bir eklem seti için bir adet küçük, bir adet de büyük olmak üzere, toplam altı adet eksen belirlenmiş ve konumları Çizelge 1'de verilmiştir. Stereografik projeksiyon ağı üzerindeki frekans eğrilerinin büyük ve küçük eksenlerle kesim noktalarının eksenlerin kesişim noktasına olan uzaklıkları veri olarak kullanılmış ve 6 adet veri grubu istatistiksel dağılım modeli açısından değerlendirilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda dağılımların normal dağılıma uygunluk gösterdiği anlaşılmıştır (Şekil 5).

Çizelge 1. Eklem setlerinin büyük ve küçük eksenlerinin yönelimleri

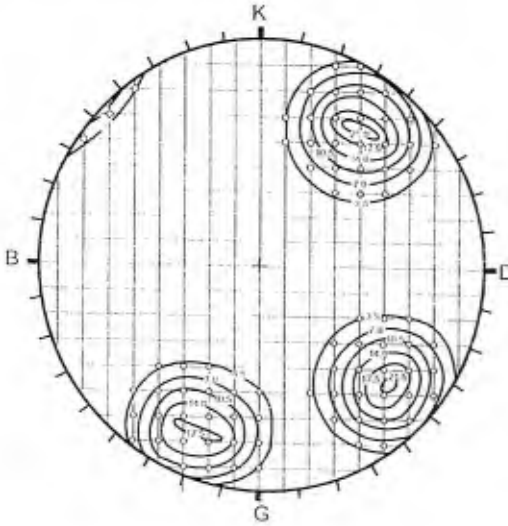
	Set 1	Set 2	Set 3
Küçük eksen	75/118	90/046	80/118
Büyük eksen	20/358	15/127	14/206

Çizelge 2. Her setin teorik normal dağılımlara uygunluğunun χ^2 testi sonuçları.

Eklem Seti	Büyük/ Küçük	χ^2	Serbestlik Derecesi	σ Seviyesi
Set 1	B	17.5	8	0.026
	K	9.6	11	0.565
Set 2	B	10.2	9	0.339
	K	13.7	5	0.017
Set 3	B	13.9	10	0.178
	K	19.0	12	0.088



Şekil 5. Her eklem seti için frekans histogramları (a) Set 1'in büyük dairesi; (b) Set 1'in küçük dairesi; (c) Set 2'nin büyük dairesi; (d) Set 2'nin küçük dairesi; (e) Set 3'ün büyük dairesi; (f) Set 3'ün küçük dairesi



Şekil 6. Eklem setleri için normalleştirilmiş kontur diyagramı.

İstatistiksel dağılımların anlamlılığı χ^2 testiyle kontrol edilmiş (Çizelge 2) ve istatistiksel olarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, stereografik projeksiyon ağı üzerindeki dağılımlar ideal normal dağılıma uygun olarak eksenlerin kesişim noktaları sabit tutularak, yeniden çizilmiştir. Diğer bir deyişle, stereografik ağ üzerindeki frekans eğrileri Zambak (1977) tarafından önerilen yöntemle uygun olarak normalleştirilmiştir (Şekil 6). Yönelim verilerinin normal dağılıma uygunluk göstermesi nedeniyle ideal normal dağılımların çizilmesi sırasında, Monte Carlo gibi herhangi bir simülasyon tekniği kullanılmamıştır.

Eklemelerin olası yönelimlerini dikkate alabilmek için normalleştirilmiş stereografik izdüşüm ağı, önceki çalışmalarda da (Zambak, 1977; Leung ve Quek, 1995) yapıldığı gibi, herbir kenarı stereografik projeksiyon ağının yarıçapının $1/10$ 'u kadar olan grid ağına bölünerek düğüm noktalarındaki konumlar belirlenmiştir. Bu işlem sonucunda 83 farklı eklem konumu elde edilmiştir. Elde edilen verilerin herbiri numaralanmış ve veri numarası, eğim, eğim yönü ile frekans değerini içeren "dis.dat" isimli bir veri dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan veri dosyası olası kinematik analizlerde kullanılmıştır.

SAYISAL ARAZİ MODELİ VE İLGİLİ HARİTALAR

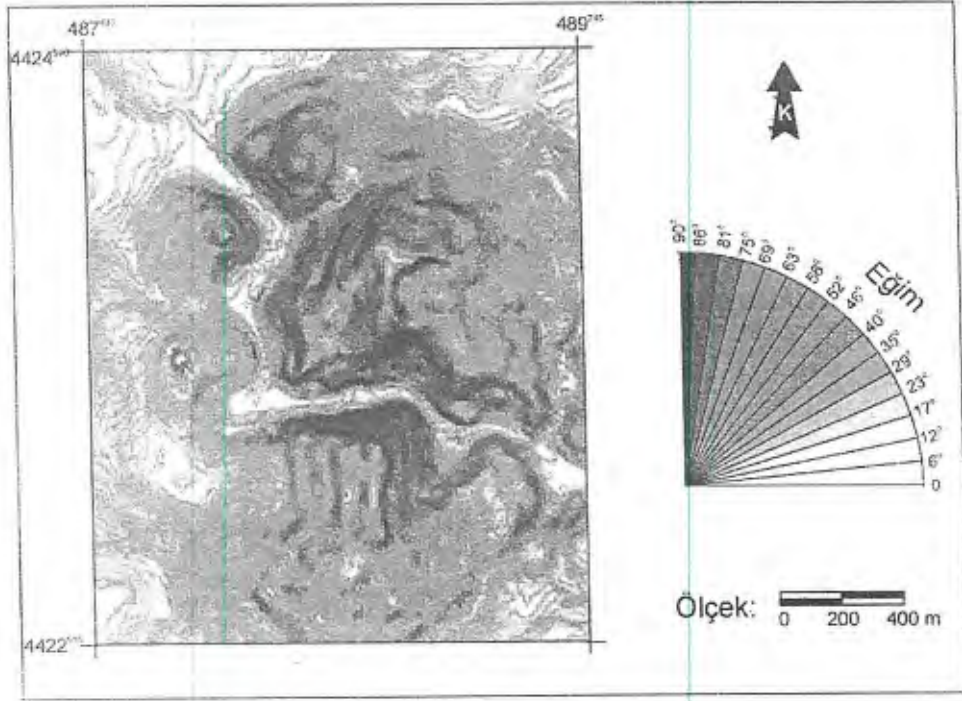
Sayısal arazi modeli sahanın 1/5000 ölçekli topografik haritasının sayısallaştırılmasıyla hazırlanmıştır. Hazırlanan sayısal arazi modeli kullanılarak kinematik analizlerde kullanılmak üzere IDRISI programı (Eastman, 1992) ile eğim (Şekil 7) ve eğim yönü (Şekil 8) haritaları üretilmiştir. Eğim haritasına göre çalışma alanındaki topografik eğimler $0-85^\circ$ arasında değişmekte olup, ortalaması 51° dir. Kinematik analizlerde kullanılmak üzere hazırlanan eğim ve eğim yönü değerleri "ori.dat" ismi verilen ASCII formatlı bir dosyada toplanmıştır.

KİNEMATİK ANALİZLER

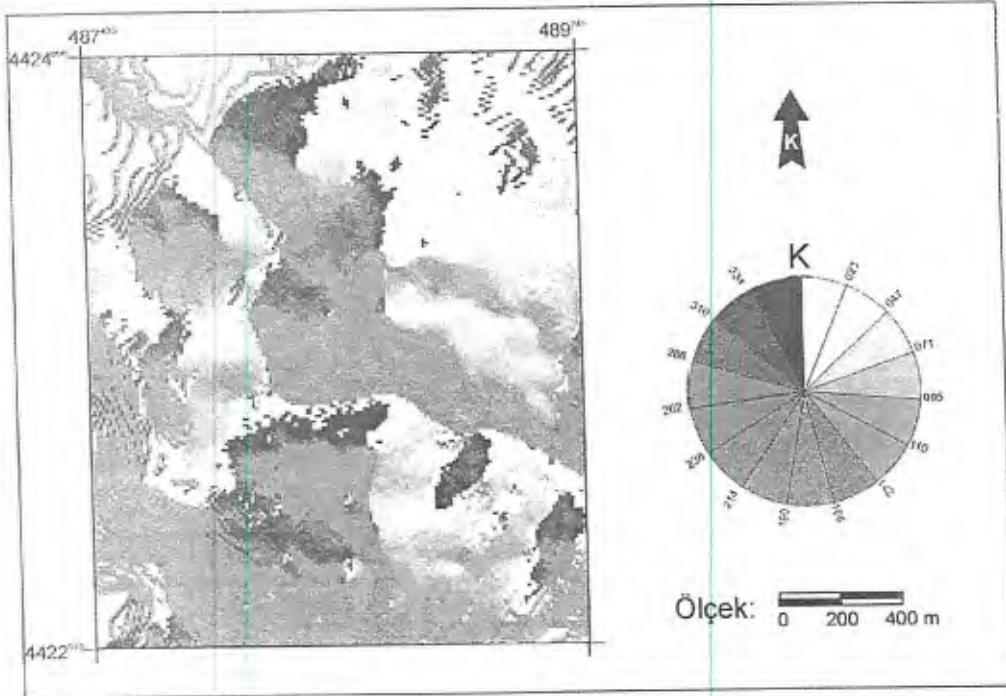
Eklemli kaya kütlesi içerisindeki şev duraylılığı çalışmalarının ilk aşamalarında yapılması gereken önemli çalışmalardan biri olması nedeniyle kinematik analizler açık maden işletme ve otoyol şevleri gibi çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Jeolojik verilerin değerlendirilmesinde eş alan (Lambert veya Schmidt) ve eş açı (Stereografik veya Wulff) projeksiyon teknikleri olarak bilinen iki teknik mevcuttur. Bu her iki teknik de yapısal verilerin analizinde kullanılmaktadır. Ancak, geometrik özellikleri nedeniyle eş açı stereografik ağı, mühendislik çalışmalarında daha çok tercih edilir (Hoek ve Bray, 1981). KINAN programı da eş açı stereonetini temel alarak hazırlanmıştır (Sönmez ve Gökçeoğlu, 1998). İş-akış şeması Şekil 9'da verilen KINAN programı, Goodman (1980) ve Hoek ve Bray (1981) önerileri temel alınarak, Priest (1985) tarafından oluşturulan eşitlikleri kullanılmaktadır.

KINAN girdi parametresi olarak eklem set sayısı, eklemelerin yönelimi, sürtünme açısı ve şev yönelimini kullanılmaktadır. Bu girdi parametrelerini kullanan KINAN çıktı olarak da olası yenilme türü, kritik şev açısı ve seçenekli olarak güvenli şev yönelimlerini vermektedir.



Şekil 7. İnceleme alanının eğim haritası.



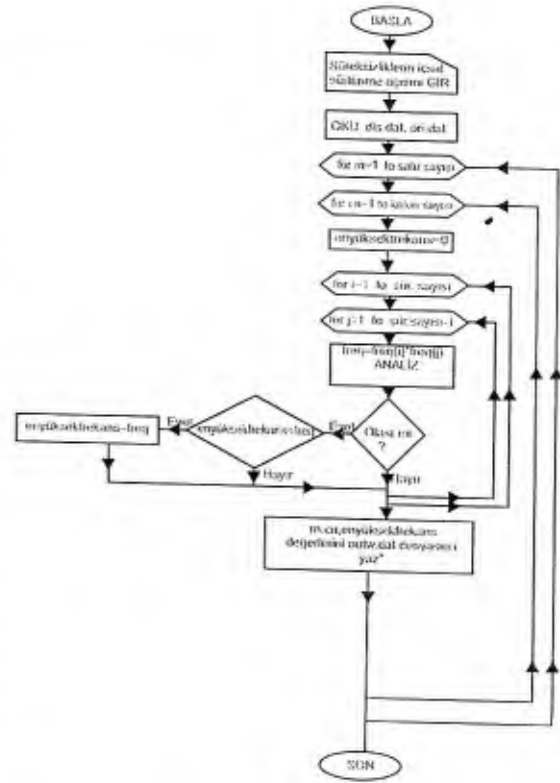
Şekil 8. İnceleme alanının eğim yönü haritası.

Yapısal jeolojik verilerin analizi için üretilmiş çok sayıda bilgisayar programı (Chiao, 1985; Zhang ve Tong, 1988; Diedrich ve Hoek, 1989; Pilant, 1989) olmasına karşın, kinematik analiz amaçlı üretilen programlar sınırlıdır (Tharp, 1985; Leung ve Kheok, 1987; Öcal ve Özgenoğlu, 1995). Doğrudan veri dosyalarından okuma yapıp, analizleri otomatik olarak gerçekleştirebilecek ve sonuçları harita koordinatı sistemi içerisinde bir dosyaya aktarabilecek özellikteki bir program olan ve Sönmez ve Gökçeoğlu (1998) tarafından yazılan KINAN bu çalışmada tercih edilmiştir.

Çalışma alanında belirlenen şev duraysızlıkları süreksizlik kontrollüdür (Şekil 10). Bu nedenle, bu çalışma kapsamında sadece kinematik analizle yetinilmiş ve incelenen sahada sıklıkla karşılaşılan model olan kama türü yenilme incelenmiştir. Sahaya ilişkin süreksizlik kontrollü yenilmelerin tamamının klasik kinematik yöntemlerle incelenmesi Ercanoğlu (1997) ve olasılıklı değerlendirmesini kapsayan bir başka çalışma da Gökçeoğlu vd., (2000) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kinematik analizlerin bir diğer girdi parametresi de süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısıdır. Bu çalışmada, süreksizlik yüzeylerinden örnek alınmada karşılaşılan güçlükler nedeniyle, Barton (1973) yenilme kriteri kullanılarak süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısı 30° olarak belirlenmiş ve analizlerde bu değer kullanılmıştır.

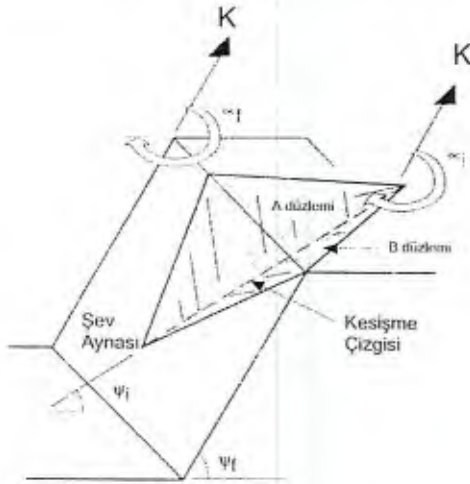
Bir ortamda kinematik anlamda kama türü bir yenilme olasılığını veren koşulları gösteren Şekil 11'den de görüldüğü gibi, bir ortamda kama türü bir duraysızlığın oluşabilmesinin temel koşullarından birisi, birbirini kesen iki süreksizliğin bulunması zorunluluğudur. Bu nedenle, normalleştirme sonucunda elde edilen 83 süreksizlik verisinin bütün kombinasyonları dikkate alınarak 32370 piksel için ayrı ayrı 107500770 adet kinematik analiz gerçekleştirilmiştir. Analizi yapılan pikselde süreksizliklerin kesişimi boyunca eğer kama türü yenilme olasılığı mevcutsa, o süreksizliklerin birarada bulunabilmesine ilişkin frekans değeri "outp.dat" isimli çıktı dosyasına koordinatlarıyla birlikte yazdırılmıştır. Eğer aynı



Şekil 9. Kinematik analiz programı KINAN'ın iş-akış şekli.



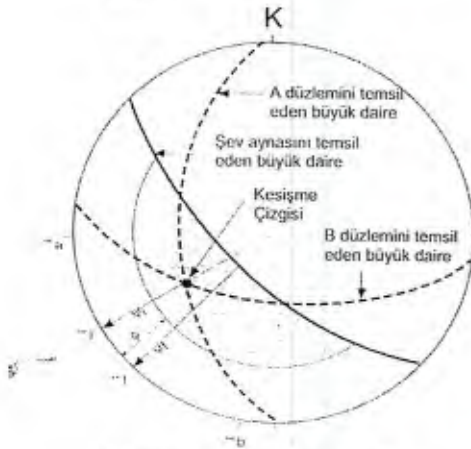
Şekil 10. Çalışma alanındaki güncel bir kama yenilmesi.

**ACIKLAMALAR**

- α_a = şev aynasının eğim yönü
- α_a = a düzleminin eğim yönü
- α_b = b düzleminin eğim yönü
- ψ_a = şev aynasının eğimi
- ψ_a = a düzleminin eğimi
- ψ_b = b düzleminin eğimi
- φ = içsel sürtünme açısı
- ψ = kesişim çizgisinin dalımı
- α = kesişim çizgisinin dalım yönü

KAMA YENİLMESİ İÇİN GEREKLİ KOŞULLAR

1. α = α_a + (şev aynasına doğru eğim)
2. ψ < ψ_a
3. φ < ψ



İki süreksizliğin kesişiminin oluşturduğu hattın şev aynasıyla yaklaşık aynı doğrultulu olması ve $\phi < \psi < \alpha$ koşullarının sağlanmasıyla kinematik anlamda kama yenilmesi oluşur. Bu düzlemlerin kesişim noktası ağ üzerinde kritik alan içine düşmektedir.

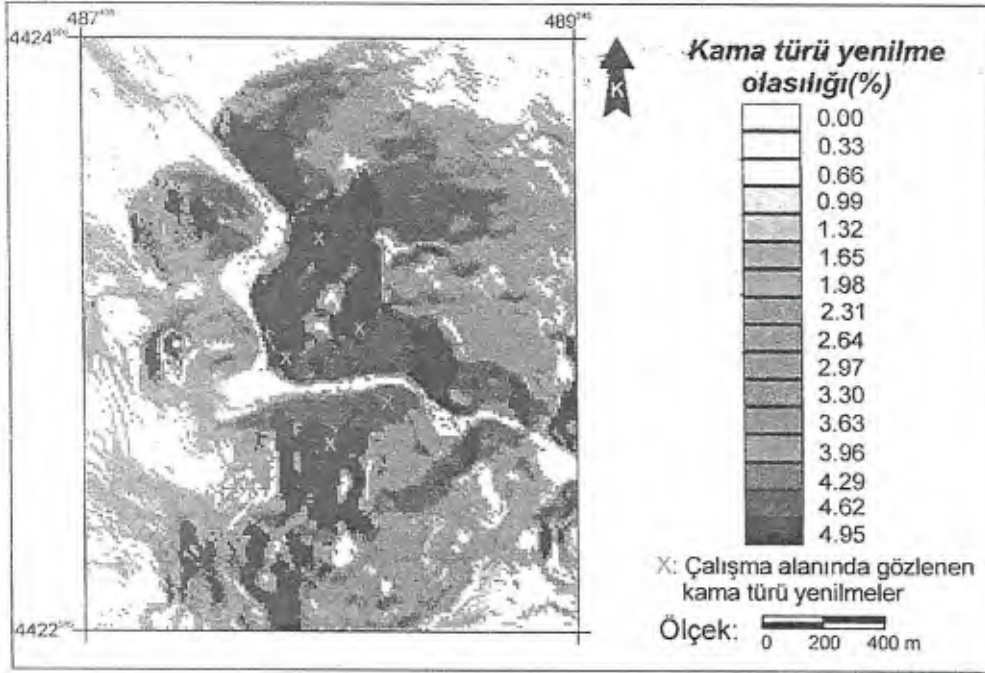
Şekil 11. Bir kama türü yenilmenin gelişebilmesi için gerekli kinematik ve geometrik koşullar (Norrish ve Wyllie, 1996'dan düzenlenmiştir).

piksel için birden fazla yenilme oluşturabilecek süreksizlik kombinasyonu mevcutsa, en yüksek frekans değeri diğer tüm olasılıkları da içereceğinden, en yüksek frekans değeri "outp.dat" dosyasına aktarılmıştır. Eğer analiz edilen piksel için hiçbir süreksizlik kombinasyonu kama türü yenilme koşulunu sağlamıyorsa, bu durumda da "outp.dat" dosyasına frekans değeri olarak sıfır yazdırılmıştır. Elde edilen sonuçları içeren "outp.dat" dosyası olasılıklı risk haritasının hazırlanmasında kullanılmış ve görüntüye dönüştürülmüştür (Şekil 12). Olasılıklı risk haritasını klasik kinematik analiz sonuçlarıyla da karşılaştırabilmek için üç ana eklem setini kullanarak yukarıda sözü edilen mantık yardımıyla bir başka kama türü yenilme analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar benzer şekilde bir dosyada toplanmıştır. Ancak bu dosyadaki sonuçlar frekans değerleri şeklinde değil, yenilme koşulları sağlanıyorsa bir, sağlanmıyorsa sıfır şeklinde oluşturulmuştur.

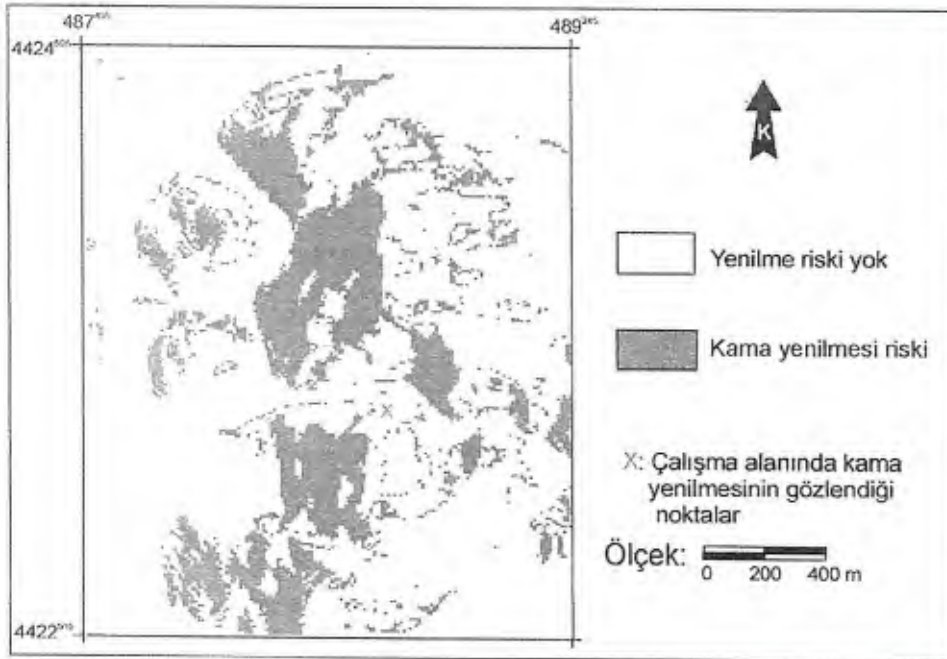
İnceleme alanındaki en yüksek kama türü yenilme olasılığı % 4.95 olarak bulunmuştur (Şekil 12). Bununla birlikte, olasılıklı bir değerlendirme yapıldığında sahayı değişik değerlere sahip risk bölgeleri şeklinde bölmek mümkündür. Klasik yöntemde ise yenilme riski var ya da yok şeklinde daha basit ancak kaba bir sonuca ulaşılabilmektedir. Bunun yanısıra, sahada oluşmuş güncel kama türü yenilmelerin tamamı olasılıklı risk haritası üzerinde % 4.3 risk oranından daha yüksek bölgeler içerisinde yer alırken, klasik yöntemle elde edilen sonuçlar tam performans sağlayamamıştır (Şekil 12 ve Şekil 13). Diğer bir deyişle, olasılıklı risk haritası daha gerçekçi sonuçlar vermiştir. Olasılıklı risk haritası (bkz. Şekil 12) ve frekans histogramına (Şekil 14) göre çalışma alanının %73.7'si %1.32-%4.95 arasında değişen kama türü yenilme olasılığına sahiptir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı, dik topografyaya sahip olması ve süreksizlik kontrollü şev duraysızlıklarının sıkça gözlenmesi nedeniyle, yöntemin uygulanabilmesi için seçilmiştir.



Şekil 12. Kama yenilmesi için olasılıklı risk haritası.



Şekil 13. Klasik yöntemle yapılan kinematik analizlerin sonuçları kullanılarak hazırlanan kama yenilmesi risk haritası.



Şekil 14. Yenilme olasılığı frekans histogramı.

Bu çalışma sonucunda elde edilen olasılıklı risk haritası, klasik yöntem sonuçları kullanılarak hazırlanan haritaya oranla, sahada gözlenen güncel duraysızlıkları daha iyi yansıtmıştır. Bu nedenle, mühendislik tasarımının ilk aşamalarında kinematik analiz yapılırken, olasılıklı değerlendirmelerin dikkate alınması daha gerçekçi sonuçlara ulaşılabilme açısından önemlidir. Sadece üç ana eklem setinin yönelimi kullanılarak hazırlanan risk haritası sahanın %20'sinde kama türü duraysızlık riskini gösterirken, olasılıklı haritaya göre sahanın %73'ü değişik oranlarda riske sahip bölgelerdir. Ancak bu bölgeler içerisinde bir kama türü duraysızlığın gelişebilmesi için en yüksek olasılık %4.95 olarak belirlenmiştir.

Kaya kütlelerinin karmaşık yapısı dikkate alındığında, bir süreksizlik setini tek bir yönelimle ifade etmek gerçekçi bir değerlendirme sağlayamamaktadır. Çünkü tek bir süreksizlik dahi uygun yönelime sahip ise, şev duraysızlığına neden olabilmektedir. Çalışma kapsamında uygulanan yöntem kullanıldığında, bir kinematik analizde çok sayıda süreksizlik yöneliminin dikkate alınmasıyla sonuçların güvenilirliği artacak, aynı zamanda sonuca kısa sürede ulaşılabilecektir. Bu durum özellikle yerleşim alanlarının seçimi ve planlanmasında oldukça önemlidir. Çünkü duraysızlıklar önemli oranda can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Baecher, G.B., ve Einstein, H.H., 1978. Slope stability models in pit optimisation. International Proceedings 16 Apcom Sysmp., Tucson, AZ, U.S.A., 501-512.
- Barton, M.R., 1973. Review of a new shear strength criterion for rock joints, Engineering Geology, 7, 287-332.
- Carosso, G., DelGreco, O., ve Giani, G.P., 1987. Some probabilistic approaches to stability analysis of open pit explorations. In Proceedings of International Symposium on Engineering Geology, Beijing, China, 881-891.
- Chiao, L.Y., 1985. Fortran-V program for contouring point density on PI diagrams using a microcomputer. Computer and Geosciences, 11 (5) 647-657.
- Chowdhury, R.N., 1986. Geomechanics risk model for multiple failures along rock discontinuities. International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics Abstracts, 23 (5) 337-346.
- Chowdhury, R.N., 1987. Risk of slip along discontinuities in a heterogenous medium. Mining Science and Technology, 4, 241-255.
- Diederich, M.S., Hoek, E., 1989. DIPS, A computer program for stereographic net, (Version 2.2, Advanced Version). Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- D.M.I., (Devlet Meteoroloji İşleri) 1997. Çubuk istasyonu sıcaklık ve yağış verileri, Ankara.
- Eastman, J.R., 1992. IDRISI: A grid-based geographic analyses system, User's guide (Ver. 4.1), Clark University, Massachusetts, 178 p.
- Einstein, H.H., Baecher, G.B., 1983. Probabilistic and statistical methods in engineering geology, specific methods and examples, Rock Mechanics and Rock Engineering, 16, 39-72.

- Ercanoğlu, M., 1997. Altındağ (Ankara) yerleşim bölgesindeki andezitlerde olası şev duraysızlık modellerinin incelenmesi ve duraysızlık risk haritasının oluşturulması, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 83 s (yayımlanmamış).
- Erentöz, C., 1975. 1/15000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Ankara Bölgesi, MTA Yayınları, 111 s.
- Erol, O., 1961. Ankara bölgesinin tektonik gelişimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayınları, 7, 57-85.
- Goodman, R.E., 1980. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 478p.
- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Ercanoğlu, M., 2000. Discontinuity controlled probabilistic slope failure risk maps of the Altındağ (settlement) region in Turkey. Engineering Geology, 55, 277-296.
- Hoek, E. ve Bray, J., 1981. Rock Slope Engineering. Institute of Mining and Metallurgy, London, 358 p.
- Hoerger, S.F., ve Young, D.S., 1987. Predicting local rock mass behavior using geostatistics. In Proceedings of 28th Symposium in Rock Mechanics, Rotherdam, Balkema, 99-106.
- ISRM, 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring- ISRM Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, Brown, E.T. (ed.), 211 p.
- Kasapoğlu, K.E., 1980. Ankara kentinin jeo-mühendislik özellikleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü, Ankara, Doçentlik Tezi, 206 s. (yayımlanmamış).
- Kulatılake, P.H.S.W., 1988. State-of-the-art in stochastic joint geometry modeling. International Proceedings of 29th US Symposium on Rock Mechanics, University of Minnesota Minneapolis.
- La Pointe, P.R., 1980. Analysis of the spatial variation in rock mass properties through geostatistics. International Proceedings of 21st Symposium on Rock Mechanics, Rolla, MO, 570-580.
- Leung, C.F., Kheok, S.C., 1987. Computer aided analysis of rock slope stability. Rock Mechanics and Rock Engineering, 20, 111-122.
- Leung, C.F., Quack, S.T., 1995. Probabilistic stability analysis of excavations in jointed rock. Canadian Geotechnical Journal, 32: 397-407.
- Leventhal, A.R., Barker, C.S., Ambrosis, L.P., 1992. Malankhve copper project-overview of the geotechnical investigation for optimum mining exploration. Regional Symposium on Rock Slopes, India, 69-78.
- Marek, J.M., Savely, J.P., 1978. Probabilistic analysis of plane shear failure mode. International Proceedings of 19th US Symposium on Rock Mechanics, 40-44.
- McMahon, B.K., 1971. A statistical method for the design of rock slopes. International Proceedings of 1st Australia-New Zealand Conference on Geomechanics, 314-321.
- McMahon, B.K., 1975. Probability of failure and expect volume of failure in high rock slopes. International Proceedings of 2nd Australia-New Zealand Conference on Geomechanics, Brisbane, Australia, 308-314.
- Miller, S.M., 1983. A statistical method to evaluate homogeneity of structural populations. Mathematical Geology, Vol. 15 No. 2, 317-328.
- Morris, P., Stotter, H.J., 1983. Open-cut design using probabilistic methods. In Proceedings of 5th International Congress on Rock Mechanics, Vol.1, C107-113.

- Norrish, N.I., Wyllie, D.C., 1996. Rock slope stability analysis. Landslide Investigation and Mitigation (Editors Turner and Schuster) Special Report 247. Transportation Research Board National Research Council. National Academy Press, Washington, 673 p.
- Öcal, A., Özgenoğlu, A., 1995. A computer program for kinematic analysis of rock slopes. Proceedings of the 4th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Canada, 1005-1010.
- Pilant, W.L., 1989. A PC interactive stereonet plotting program. Computers and Geosciences, 15 (1), 43-48.
- Piteau, D.R., Martin, D.C., 1977. Slope stability analysis and design based on probability techniques at Cassiar Mine Canadian Mining Metallurgy Journal, March, 1-12.
- Priest, S.D., 1985. Hemispherical Projection Methods in Rock Mechanics. George Allen and Unwin, Boston, 124 p.
- Priest, S.D., ve Brown, E.T., 1983. Probabilistic stability analysis of variable rock slopes. Transportation Institute Mining Metallurgy, London, Vol.92
- Sönmez, H., Gökceoğlu, C., 1998. A computer program for the kinematical analysis of rock slopes and its application, Earthsciences (Bull. of Earthsciences Application and Research Center of Hacettepe University), 20, 75-89 (in Turkish).
- Tharp, T.M., 1985. Stability analysis for three-plane wedges. Computers and Geosciences, 11 (4), 417-428.
- Tuncay, E., 1999. TKI-Himmetoğlu linyit açık işletmesindeki şevlerin duraylılığının deterministik ve olasılığa dayalı yöntemlerle değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi. 165 s. (yayımlanmamış).
- Ulusay, R., 1975. Ankara kenti kuzey-orta bölgesinin jeo-mühendislik özellikleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 81 s. (yayımlanmamış).
- Wu, T.H., Tang, W.H., Einstein, H.H., 1996. Lvs-lide Hazard and risk assessment. Landslides Investigation and Mitigation, (Editors Turner and Schuster) Special Report 247. Transportation Research Board National Research Council, National Academy Press, Washington, 673 p.
- Young, D.S., 1993. Probabilistic slope analysis for structural failure. International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics Abstracts, Vol.30, No.7, 1623-1629.
- Young, D.S., ve Hoerger, S.F., 1988. Geostatistics applications to rock mechanics. International Proceedings of 29 th US Symposium on Rock Mechanics, Minneapolis, MN, Brookfield, A.A. Balkema, 271-282.
- Zanbak, C., 1977. Statistical interpretation of discontinuity contour diagram, International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics Abstracts, V.14, 114,120.
- Zhang, S., ve Tong, G., 1988. Computerized pole concentration graphs using the Wulff stereographic projection. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanics Abstracts, 23 (1), 45-51.

