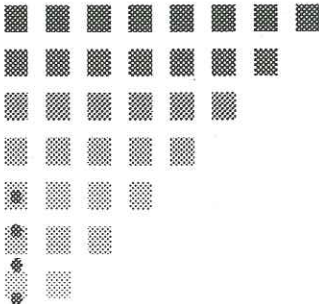




**İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ**

**EGE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ**

**MÜHENDİSLİK
SİSTEMLERİNİN
PROJELENDİRİLMESİNDE
RİSK VE BELİRSİZLİĞİN
ETKİLERİ**

PROF. DR. FERHAT TÜRKMAN

1.

**YAPI
İŞLETMESİ
KONGRESİ**

18 - 19 EKİM 1996 - İZMİR

INSTAT MÜNCHEN
13.11.1938
12.11.1938

MÜNCHEN
STADTAMT
STADTAMT
STADTAMT
STADTAMT
STADTAMT

STADTAMT

1. YAPI İŞLETMESİ KONGRESİ
İzmir, 18 - 19 Ekim 1996

**MÜHENDİSLİK SİSTEMLERİNİN PROJELENDİRİLMESİNDE RİSK VE
BELİRSİZLİĞİN ETKİLERİ**

Prof. Dr. Ferhat Türkman
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Bornova İzmir



1. GİRİŞ

Bir mühendislik probleminin çözümü için önerilecek planın seçiminde fayda/masraf oranı veya net fayda en sık kullanılan ekonomik kriterlerdir. Ancak verilecek kararlar geleceğe yönelik kestirimlere dayandığından, bunun da ötesinde incelenen fiziksel ve ekonomik olayların kendileri de belli bir ölçüde belirsizlik içerdiklerinden verilecek kararların belli bir risk unsuru içermesi kaçınılmaz olmaktadır. Belirsizlik, karar vermeyi zorlaştıran bir faktör olup, sonuçta verilen kararların ne ölçüde riskli olacağına doğrudan etki eder.

Günümüzde, planlama çalışmalarında risk ve belirsizlik unsurlarının tanımlanarak, karar verme süreci içinde değerlendirilmeleri ve kararların çeşitli belirsizliklere duyarlılıklarının araştırılması önemle vurgulanmaktadır. Bunun da ötesinde fayda masraf parametrelerinin sabit büyüklükler olarak değil, rasgele değişkenler olarak ele alınmaları; fayda, masraf, risk ve belirsizlik gibi dört unsur arasındaki ilişkilerin tanımlanması önem taşımaktadır.

kapsamlı bir mühendislik projesine ilişkin kararlarda çok sayıda rasgele değişken rol oynar. Örneğin, doğadaki olayları temsil eden fiziksel değişkenler, uygulanan teknolojiler, yapıda kullanılan malzemelerin kalitesi, ekonomik ve sosyal etkenler gibi pek çok değişken rasgelelik unsuru içerir. Bir projenin sonuçlarını etkileyecek rastgele nitelikte ve çok sayıda etkenin değerlendirilmesi ve bu değerlendirmelerle geleceğe dönük tahminler yapılması belirsizlik içeren bir işlemdir. Mühendislik projelerinin ve bunlara ilişkin kararların içerdigi rastgele unsurlar, karar verme sürecinde risk, belirsizlik, güvenilirlik, duyarlılık gibi kavramlarla ifade edilir.

2. RİSK VE BELİRSİZLİĞİN TANIMI

Genel olarak risk sözcüğü, gerçekte oluşan büyüklüklerin beklen değerden (ortalamadan) sapması olarak tanımlanabilir. Belirsizlik ise bu sapmanın yol açtığı geleceği tahmindeki yetersizlikten, eksik bilgi ve veriden, gerekli tüm faktörlerin değerlendirilemesinden kaynaklanan durum olarak açıklanır. Mühendislik projeleri açısından ise riski, rasgelelik içeren herhangi bir karar değişkenine ait proje değerinin aşılma (veya aşılmama) olasılığı olarak tanımlamak daha uygun olmaktadır. Ekonomik açıdan risk ise, bu olasılıkla, beklenenin aksi olay meydana geldiğinde oluşacak ekonomik zararın çarpımı olarak ifade edilmektedir. Bir projenin güvenilirliği de riskin 1'den farkı olmaktadır.

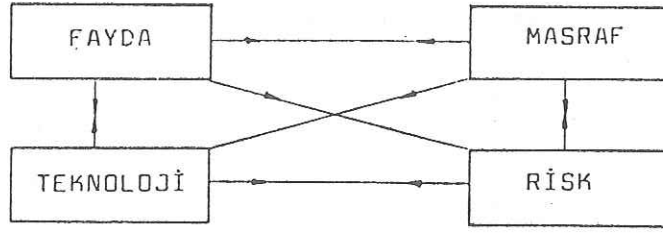
Uygulamada risk ve belirsizlik için farklı tanımlara raslamak mümkündür. Bunların pek çoğunda risk terimi ölçülebilir (olasılık dağılımları belirlenebilir) rasgele değişkenler için; belirsizlik de olasılık dağılımlarıyla dahi ifade edilemeyen durumlar için kullanılmaktadır. Bu noktada tanımları açıklığa kavuşturmak gerekirse, rasgele değişkenlerin oluşumunu ifade eden ve gerçekte bilinmeyen olasılıkların doğadaki gerçek riski ifade ettikleri ve bu riskin ancak eldeki verilere göre belli bir güvenilirlikle tahmin edilebileceği düşüncesinden hareket etmek gerekir. Buna göre belirsizlik de , bilinmeyen riski, veya gerçek risk hakkındaki bilgi yetersizliğini ifade eder. Bu tanım gereğince, belirsizlik sadece rastgele değil rastgele olmayan değişkenler hakkında da bilgi yokluğu veya eksikliğini belirtmektedir. Belirsizlik esas olarak üç şekilde ortaya çıkar:

- a) model belirsizliği
- b) parametre tahminleri veya ölçümlerdeki belirsizlik
- c) dogal, ekonomik ve sosyal olaylarda belirsizlik.

Duyarlılık ise, karar verme sürecinde geleceğe dönük tahminlerde yapılacak herhangi bir değişikliğin veya yanılmanın verilen kararlara etki derecesi olarak tanımlanır. Başka bir deyişle duyarlılık, verilecek kararın alacağı değer önceden kesinlikle bilinmeyen (rastgele) bir değişkenin değişimine ne ölçüde bağlı olduğunu ifade eder. Bu değişkenin alabileceği değerler geniş bir aralıkta değiştirildiğinde nihai kararı az etkiliyorsa kararın bu değişkene duyarlı olmadığı kabul edilir.

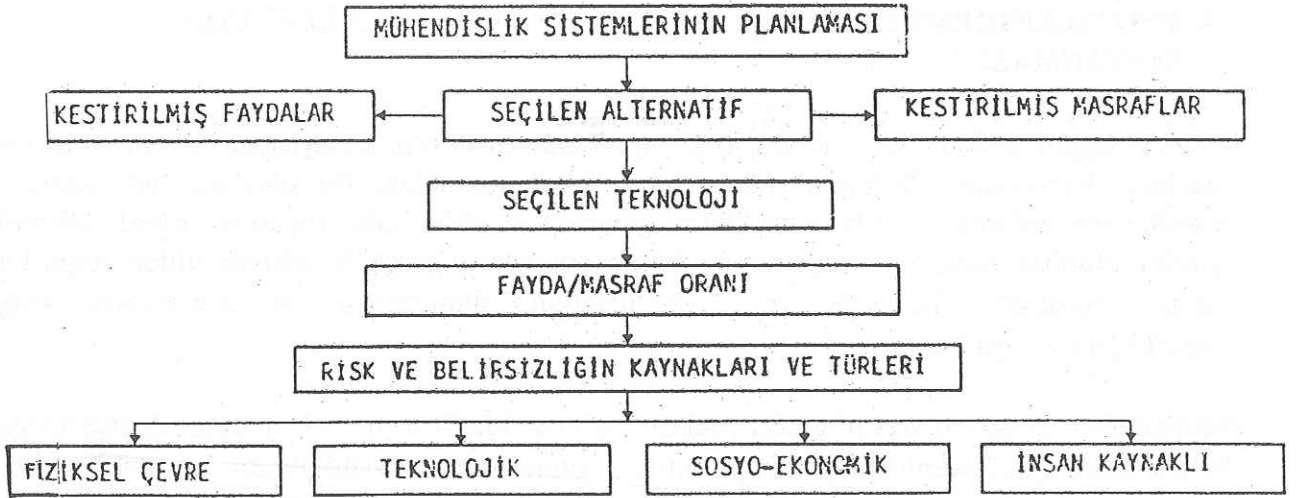
3. MÜHENDİSLİK PROJESİNİN TEMEL KARAKTERİSTİKLERİ

Bir mühendislik projesinin temel karakteristikleri Şekil 1'de görüldüğü gibi fayda, masraf, teknoloji ve risk olarak ele alınabilir. Bu dört unsur birbirleri ile karşılıklı ilişki içindedir ve birinde oluşacak herhangi bir değişiklik diğerlerinde de değişimlere neden olur. Projenin diğer tüm özellikleri bu dört unsurdan bir veya birkaçı içinde yer alabilir. Planlama süreci ise bu dört unsur esas alındığında;



Şekil .1 : Proje karakteristikleri arasındaki ilişkiler.

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ



Şekil 2 : Mühendislik sistemlerinde risk ve belirsizliğin kaynakları

- a) rastgele değişken olarak kabul edilen fayda ve masrafların tanımlanması
- b) uygun teknoloji seçimi
- c) tüm risk ve belirsizlik unsurlarının tanımlanması aşamalarını içerir.

Planlama ęalıřmaları içinde bu aşamaların genel ęeręevesi şekil 2'de görülmektedir. Seğenek projelerin analizinde risk ve belirsizlik türleri ve kaynakları çok çeşitli olmakla beraber, nihai kararların verilmesinde bunların daha az sayıda risk unsuru ile tanımlanması istenir. Bu açıdan özellikle üç tip risk ve belirsizlik önem taşır:

- a) projede önerilen sistemin bütün olarak veya her bir elemanın ayrı ayrı fiziksel güvenilirliğini belirliyen risk ve belirsizlik
- b) sistem davranışının projelendirilenden farklı olması ve dolayısıyla, fayda-masrafların tahmin edilenden farklı olma risk ve belirsizliği
- c) projenin beklenen karar kriterlerini (F/M, F-M gibi) sağlayamama risk ve belirsizliği.

4. PROJELENDİRMEDE RİSK VE BELİRSİZLİK MERTEBELERİNİN SAPTANMASI

Mühendisliğin hemen her dalında, çok değişkenlik gösteren, dolayısıyla belirsizlik içeren olaylarla karşılaşılır. Projelendirmede nihai karar açısından, bu olayların ve onları temsil eden değişkenlerin belirsizliklerini gerçekçi ve ekonomik biçimde değerlendirmek gerekir. Burada amaç, planlamadan beklenen sonuçların gerçekte tahmin edilen değerden sapma olasılığını azaltmak veya en azından planlamanın bu sapmalara karşı duyarlılığını ortaya koymaktır.

Mühendislik kararları verilirken iki yaklaşım izlenebilir. Kararda rol oynayan değişgenlerin belirsizlikleri (değişkenlikleri) sonuçta önem taşımıyorsa, belirsizlik ihmal edilebilir. Aksi halde, verilecek karar bu değişkenlere duyarlı ise, belirsizlik ayrıca ele alınıp tanımlanmalıdır. Belirsizliğin mertebesini ortaya koyup, verilecek kararlardaki riskleri belirliyeabilmek için iki yol izlenebilir:

- a) belirsizliği istatistik ve olasılık ilkeleriyle tanımlamak
- b) duyarlılık analizi yapmak.

Eğer risk ve belirsizlik, birincisi ölçülebilir diğeri ise ölçülemeyen türde belirsizlikleri ifade etmek üzere ayrı ayrı değerlendirilirse, risk tipi belirsizlikler için değişkenlerin olasılık dağılımları saptanır veya beklenen değeri için hesap yapılır. Dağılımları bilinmiyen veya hesaplanamıyan değişkenler için de duyarlılık analizi yapılarak bunların nihai karara etkileri incelenir. Bu yaklaşımlar hem doğal hem de sosyo-ekonomik olayları temsil eden değişkenler için uygulanabilir. Risk ve belirsizliklerin saptanmasında gerekli

işlemler aşağıda sıralanmıştır.

- a) boyutlandırılan yapıların fiziksel güvenilirliğine ve fayda/ masraf unsurlarına doğrudan etki eden risk ve belirsizlik kaynaklarının saptanması
- b) risk türü belirsizlikler için rastgele değişkenlerin olasılık dağılımlarının belirlenmesi
- c) risk ve belirsizliklerin, bunlara neden olan faktörlere ne ölçüde duyarlı olduklarının araştırılması
- d) projedeki çeşitli risk ve belirsizlik unsurlarının birleştirilmesiyle, planlama genelinde nihai kararı etkileyecek az sayıda risk ve belirsizlik faktörünün tanımlanması
- e) projede yer alan birimlerin işlevlerini yerine getirememeye risklerinin ortaya konması ve böyle durumlarda oluşacak masrafların veya ekonomik kayıpların belirlenmesi.

Bu çalışmalarda esas belirsizlik kaynağı, risk içeren değişkenlerin olasılık dağılımlarının seçiminde yapılabilecek hatalardır. Söz konusu hatalarda mevcut verilerin yetersizliğinden veya değişkenlerin gerçek olasılık dağılımlarının bilinmeyişiinden ortaya çıkar. Bu durumda kararı etkileyen risk değişkenlerinin alabileceği değerler için en azından belli bir güven aralığının saptanması, belirsizliğin tanımlanması için yeterli olabilmektedir.

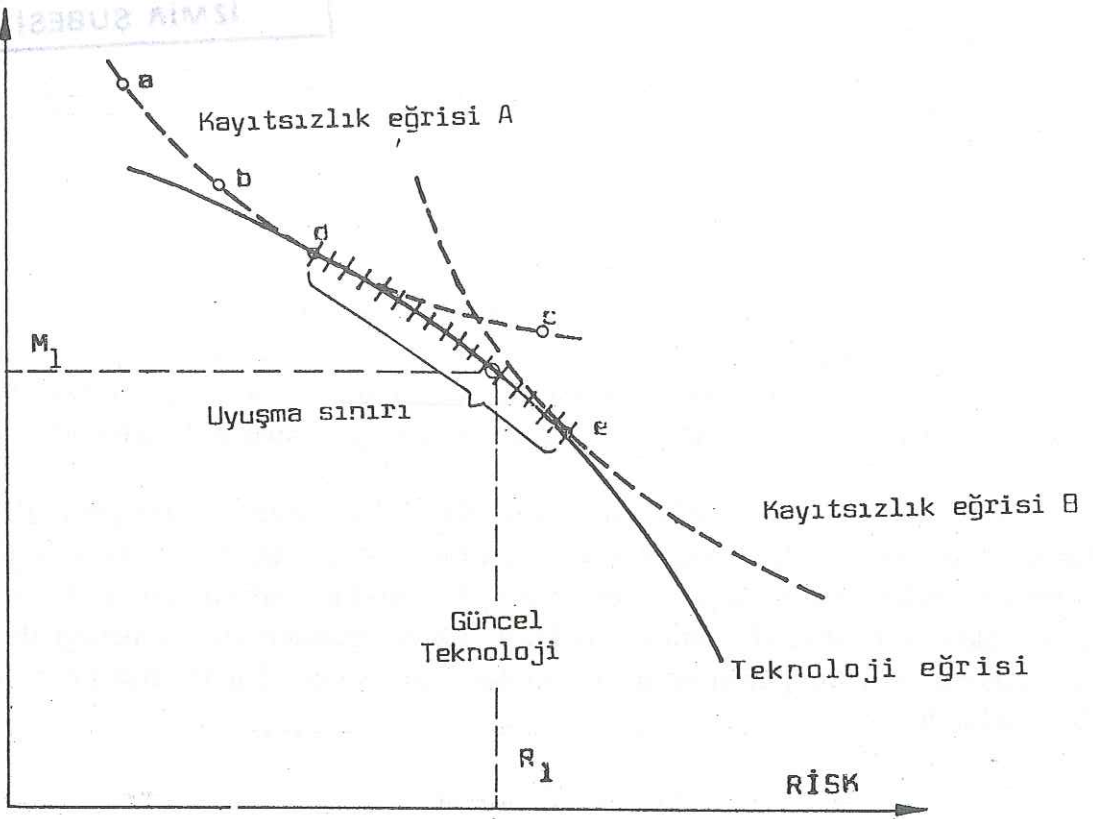
5. RİSK VE BELİRSİZLİĞİN TEKNOLOJİ SEÇİMİNE ETKİLERİ

Mühendislik sistemlerinin planlama aşamasında, doğal risk ve belirsizlikleri mümkün olduğunca asgariye indirecek teknik unsurların veya teknolojilerin seçimi öngörülür. Seçilebilecek teknolojiler için de risk-masraf ilişkileri belirlenebilir.

Şekil 3'de belli bir teknolojinin gerçekleştirilmesi için gerekli masraflar (M1) bu teknolojinin inşaat ve işletmesi ile ilgili risk unsuru (R1) ilişkileri verilmiştir. Buna göre herhangi bir yapı, masrafları arttırmak karşılığında, ilave yapılarla, pahalı fakat daha kaliteli malzeme kullanılmasıyla veya düşük olasılıklı ancak daha büyük proje yüklerinin dikkate alınmasıyla daha güvenilir hale getirilebilir. Burada optimum çözümün belirlenmesi özellikle birden fazla karar verici merciin bulunması halinde oldukça zordur. Şekil 3'de A ve B gibi iki karar verici mercii için kayıtsızlık eğrileri ile seçilecek teknolojiyi temsil eden teknoloji eğrisi arasındaki ilişkiler görülmektedir. A kayıtsızlık eğrisi üzerindeki a, b, c noktaları, masraflar azaldıkça riskler artacak biçimde proje risk-masraf çiftlerini temsil etmektedir.

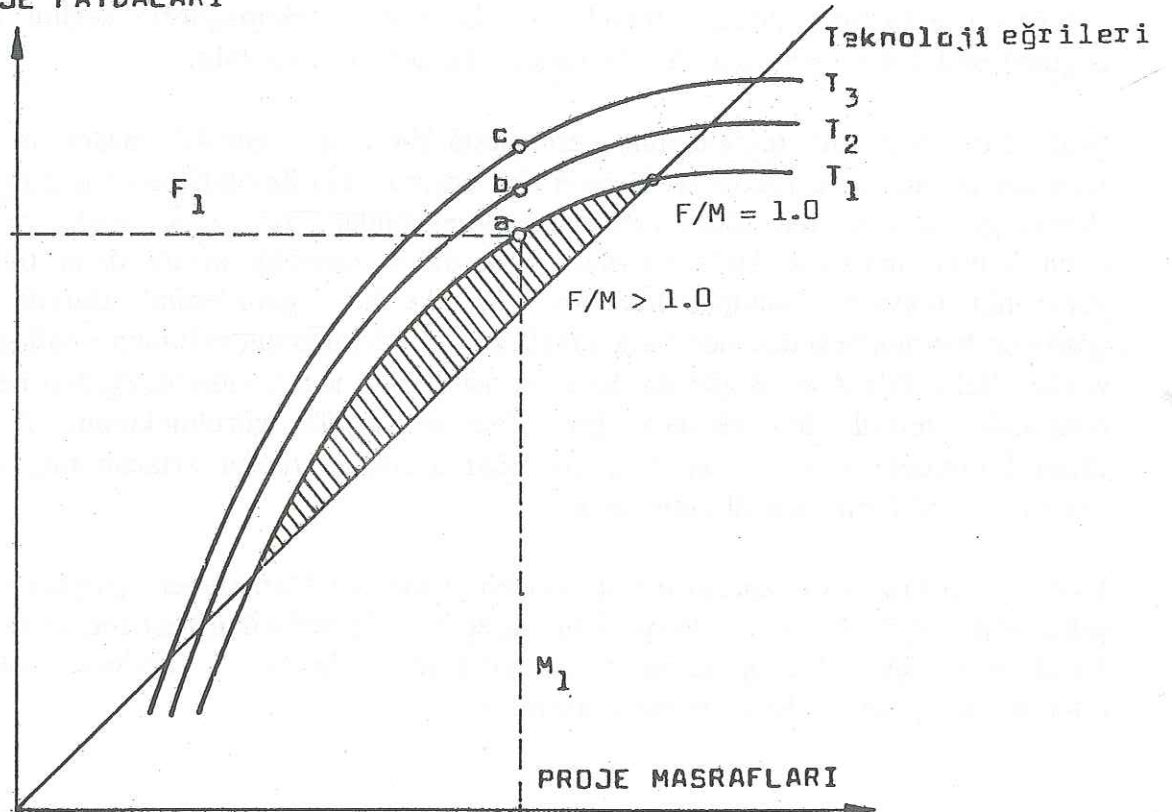
Karar verici kişi, veya kurum teknik yönden uygun oldukları sürece (teknoloji eğrisine yakın veya eğri üzerinde oldukları sürece) bu üç noktadan herhangi birini seçebilir. Karar verici için teknoloji eğrisi ve A kayıtsızlık eğrisinin kesimini oluşturan d noktası, bir optimum karar noktası oluşturur.

PROJE MASRAFLARI



Şekil 3 : Risk-masraf ilişkisi

PROJE FAYDALARI



Şekil 4 : Teknoloji ve fayda/masraf ilişkisi.

Esas itibarıyla, karar vericinin kayıtsızlık eğrisi ile teknoloji eğrisinin birbirine göre gidişleri, incelenen projenin ve teknolojinin türüne, kapsamına göre çok değişkenlik gösterir. Farklı karar vericiler bulunduğu tek bir optimum karar noktası, Şekil 3'de taralı olarak belirtilen anlaşma bölgesi içinde kalacak şekilde belirlenebilir. Bu bölgedeki d ve e noktaları iki karar vericinin birbirine en uzak düşen tercihlerini temsil etmektedir. Böyle analizle optimum çözüme karar verilmesi, öncelikle kayıtsızlık ve teknoloji eğrilerinin güvenilir biçimde tanımlanması gerekir.

6. RİSK VE BELİRSİZLİĞİN FAYDA VE MASRAFLARA ETKİLERİ

Projede uygulanacak teknolojiye karar verildikten sonra risk/ belirsizlik ve fayda/masraf unsurları arasındaki ilişkiler doğrudan araştırılabilir. Risk unsurunda herhangi bir değişiklik fayda ve masrafları etkiler. Bu nedenle, seçilecek proje hakkında nihai kararın, risk-belirsizlik ve fayda-masraf ilişkileri belirlendikten sonra verilmesi daha doğrudur.

Şekil 3'de optimum projeyi temsil eden nokta belirlendikten sonra, bu çözüme karşı gelen masraf (M1), Şekil 4'de tercih edilen teknoloji eğrisi ile kestirilerek (F1) fayda unsuru saptanır. Şekil 4'de iki önemli özellik görülmektedir. Seçilen herhangi bir (T1) teknolojisi için taralı alandaki herhangi bir nokta F/M oranının 1'e eşit veya 1'den büyük olduğu durumları göstermektedir. Ayrıca, teknoloji geliştirilecek olursa b ve c noktalarında olduğu gibi aynı masrafa karşılık ek fayda elde etme olanağı doğmaktadır.

Şekil 3 ve 4 birleştirildiğinde, F/M oranı projelendirmedeki risk unsurunun fonksiyonu olarak elde edilmektedir. Özetlenecek olursa, risk ve belirsizliğin proje fayda-masraf unsurlarına etkisi iki şekilde değerlendirilebilir:

- a) risk ve belirsizlik, F/M oranını rastgele değişken haline dönüştürür.
- b) risk ve belirsizliğin incelenmesi, risk/belirsizlik tahminleri ile F/M oranı arasındaki ilişkileri açığa çıkarır.

Fayda/masraf oranının rasgele değişken haline gelmesi de, öncelikle proje fayda ve masraflarının rastgele değişken olarak değerlendirilip olasılık dağılımlarının saptanmasını gerektirir. Bunun sonucunda F/M oranının da olasılık dağılımı belirlenerek, risk ve belirsizlikleri hesaba katmak üzere, sabit bir F/M oranı yerine çeşitli olasılıklara karşı gelen F/M değerleri elde edilebilir. Böylelikle verilecek kararlar taşıdıkları risk yüzdeleri ile birlikte ortaya konabilir.

KAYNAKLAR

- 1- ANG,A.;TANG,W.(1984): Probability concepts in engineering planning and design, Newyork, John Wiley and Sons,Vol 2.
- 2- GÜNDÜZ,A.(1988): Assesment of model uncertainties in sturctural design, İstanbul, J. of Yıldız University.
- 3- LIND,N.(1977): Formulation of probabilistic design, Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE.
- 4- ÖZİŞ,Ü.;HARMANCIOĞLU,N.; TÜRKMEN,F.(1993) Mühendislik sistemlerinin ekonomik analizi, II Baskı ,İzmir, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi.
- 5- RACKWITZ,R.(1976): Practical probabilistic approach to design, Paris, Comite European du Beton, Bulletin N.112.
- 6- SOYDAŞ,C.(1992): Risk analysis of earthfill dams on the exaple of Demirköprü dam,İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi (Yön: F. TÜRKMEN).
- 7- TUNG, Y.(1987): Optimal risk based design of hydraulic structures, J. of Water Resources Planning and Management Div. Vol 113, N.5.
- 8- TÜRKMEN,F.(1989): Su yapılarının risk ve güvenilirliğinin belirlenmesi,Ankara, İnşaat Müh. Odası X. Teknik kongre Bildirileri.
- 9- YURDUSEV,M.A(1990): Risk and reliability assesment of concrete gravity dams on the example of Kemer dam, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yüksek lisans Tezi (Yön: F. TÜRKMEN).