

**KIYI YAPILARININ PROJE YÖNETİMİNDE
GÜVENİLİRLİĞE DAYALI RİSK DEĞERLENDİRME
ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ÇALIŞMA**

**Prof. Dr. Ayşen ERGİN¹
Doç. Dr. Talat BİRGÖNÜL²
Y. Doç. Dr. Can BALAS³
İnş. Yük. Müh. M. Buğra ÖNDER⁴**

(1),(2) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

(3) Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

(4) T.C.Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, TEDGEM, Denetleme Dairesi

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kıyı yapılarının inşaatı sırasında, Türkiye’de sıkça karşılaşılan inşaatın gecikme sebeplerini hesaba katarak, genelde uygulanan bir şebeke üzerindeki alternatif yollarda Monte Carlo Simulasyonu’nun uygulanması ile gerçeğe daha yakın tahminlerin elde edilmesini sağlamaktır. Şebeke aktiviteleri, Türkiye’de daha önce gerçekleştirilmiş kıyı projeleriyle ilgili geçmiş deneyimlere göre tespit edilmiş inşaat aşamasına ait belirsizlikleri içeren olasılık dağılımlarıyla modellenmiştir.

Uygulamasý önerilen Őebeke planlamasý yöntemi, farklı proje parametrelerinin (örneğin, bütçe değişkenlerinin) kullanıldığı durumlar için de belirsizliklerin proje tahminlerine dahil edilmesini sağlayarak, uygulama öncesi güvenilir risk değerlendirmelerinin yapılabilmesine olanak tanımakta, böylelikle proje süresinin daha gerçekçi olarak tahmin edilmesini mümkün kılmaktadır.

Örnek çalışma Burhaniye Yat Limanı ana dalgakıranı üzerinde gerçekleştirilmiştir.

1. GİRİŐ

Uygulanmakta olan inşaat projelerin planlama ve tasarım aşamalarında belirsizliklerin bulunması kaçınılmazdır. Dolayısıyla bu aŐamalarda elde edilecek sonuçların gerçekçiliği açısından, bu belirsizliklerin mümkün olduğunca hesaplara katılabildiği proje planlama yöntemlerinin kullanılması zorunludur.

Mühendislik planlamalarında kararlar genellikle mevcut bilgilerin kalitesinden bağımsız olarak, değişken Şartlar göz önüne alınarak verilmektedir. Bu nedenle planlama ve tasarım aşamalarında belirsizliklerin etkileri oldukça önemlidir. Dolayısıyla, belirsizliklerin değerlendirilebilmesi ve etkilerin ölçümü açısından kullanılan metotların olasılık metotları ve kavramlarını içermesi gerekmektedir. Mühendislik çalışmalarının planlama aşamaları belirsizlik ortamında gerçekleşmekte, riskler içermekte ve bu ortamda verilen kararların risk-fayda ilişkisine dayanması gerekmekte, bu ise olasılık metotların kullanılmasını ve güvenilirliğe dayalı risk değerlendirmesini kaçınılmaz kılmaktadır (James,1996).

Diğer taraftan, proje planlamasında amaç; mevcut kaynaklar, çevre Őartları ve diğer Şartlar (örnek: müteahhit imkanlarının değişkenliği) ıŐıęında, beraber yapılabilecek işlerin neler olduğunu, işlerin hangi sırayla yapılacağını, kaynaklardan hangi noktalarda ne ölçüde yararlanılacağını tespit etmek, tespitlere uygun Şebeke ağını, iş ayırım Őemalarını oluŐturmak, bu bilgilere göre optimum yolu belirlemek ve sonuçların güvenli değerlere yaklaŐmasını, optimum yoldan uzaklaŐmayarak sağlamaktır (Burke, 1999).

Burhaniye Yat Limanı'nın ana dalgakıranının örnek olarak kullanıldığı bu çalışmada, belirsizliklerin hesaba katılmasını sağlayan yöntemlerden yararlanılmış, bilgisayar simülasyonları, istatistiksel kavramlar ve olasılık metotlarına yer verilmiştir. Bu şekilde Monte Carlo benzeşiminden faydalanarak Burhaniye Yat Limanı'nda risk değerlendirmesi yapılmış ve proje tahminlerinin, bugüne kadar yapılmış benzer çalışmalara kıyasla gerçeğe daha yakın olarak belirlenme olasılığı doğmuştur. Yöntemin, diğer projelerde de güvenilir sonuçlar vereceği görüş ve sonucuna varılmıştır (Balas,Ergin,2000).

2. İNŞAAT RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Risk değerlendirme yöntemleri öncelikle fizibilite ve şebeke planlama çalışmaları aşamasında yapılmaktadır. Buna ilişkin genel yöntem aşağıda sunulmaktadır:

- Proje planlama ve yapım aşamalarında projenin ihtiyacı olan girdilerin ve kaynakların tespit edilmesi,
- Proje kaynaklarına ve amacına uygun olarak, farklı çalışma önceliği olan şebeke alternatiflerinin belirlenmesi,
- İnşaat aşamasındaki hasar risklerinin, tasarımdaki belirsizliklerin ve Türkiye şartlarına bağlı olan gecikme nedenlerinin inşaata olan etkilerinin modellenmesi,
- Şebeke ve aktivite parametrelerinin ve olasılık dağılımlarının belirlenmesi,
- Risk ve belirsizlik faktörlerinin proje süresine (maliyetine ya da diğer öncelikli parametrelerine) olan etkilerinin olasılık bazında değerlendirilmesi,
- Süre ve maliyet açısından en uygun şebeke alternatifinin seçimi.

Projelerdeki yoğun belirsizlik kaynakları, çok az parametrenin öngörülebildiği, fizibilite ve planlama çalışmaları aşamalarındadır. Risk değerlendirmeleri, duyarlılık testlerinin kullanıldığı, Monte Carlo benzeşimi ile yapılır. Benzeşim, proje amaçlarının değerlendirildiği başlangıç aşamasında ve inşaatın sürdürüldüğü kontrol aşamasında projenin parçası olarak periyodik olarak kullanılabilir. Proje planlamasında yaygın olarak tercih edilen Monte Carlo benzeşimi, simülasyon tekniğinin kullanıldığı istatistiksel bir

planlama yöntemidir. Belli bir zaman noktasında bir sistemin temsili statik simülasyon ile adlandırılmakta ve genel olarak Monte Carlo Simülasyonu olarak bilinmektedir.

3. OPTİMUM LİMAN İNŞAATI PLANLAMA MODELİ

Bilinen proje planlama yöntemlerinin, risk etkenlerini ve belirsizlikleri değerlendirmede önemli kısıtlamaları vardır (Ergin, Balas, Birgönül, 1997). Bu nedenle, kıyı inşaatlarının planlama aşamasında, zaman ve bütçe tahminlerini etkileyen risk unsurlarını ve belirsizlikleri içeren yeni bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Önerilen Optimum Liman İnşaatı Planlama (OLİP) modelinde (Balas,1998), kıyı mühendisliği projelerine özgü olan risk değerleri, bir güvenilirlik alt modeli kullanılarak belirlenmekte, risk değerlerinin etkinliklerin süre ve bütçelerine olan etkileri ise belirsizlik analizleri uygulanarak nicelleştirilmektedir.

OLİP modeli, projenin amaçlanan hedeflerine ulaşabilmesi için gerekli olan çalışma planını şebeke planlaması yöntemi ile oluşturmaktadır. Şebeke planlaması yönteminde, projenin “İş Kalemleri Yapısı” (İKY) belirlenerek, amaçlanan hedefler açıkça ortaya konmaktadır. Böylece, proje süresince gerçekleştirilen hedeflerle amaçları karşılaştırmak, ilerlemeyi çalışma planında işleyerek, gerekli düzeltmeleri ve yenilikleri yapmak kolaylaşmaktadır. Geliştirilen OLİP modelinin uygulama aşamaları aşağıda verilmektedir:

- Ardışık proje etkinliklerinin mantıksal ilişkileri oluşturulan İş Kalemleri Yapısı'na uygun olarak düzenlenir. Proje etkinlikleri, fiziksel yapıyı gerçekleştirmek için zaman ve kaynak tüketen yapım birimleridir. “İş Kalemleri Yapısı” , işlevlerin, amaçlanan ana etkinliklerin ve yapım aşamalarının sonuç üretecek şekilde sınıflandırılması olarak tanımlanabilir.
- İş Kalemleri Yapısı'nda öngörülen alt şebekeler, iş gücü planlaması, kaynak dağılımı, malzeme ve teçhizat durumu göz önüne alınarak oluşturulurlar. Birbirleri ile ilişkili alt şebekelerin, ortak etkinlikler kullanılarak bağlanmasıyla oluşturulan ana şebeke, yapım aşamasının detaylı bir iş planını içerir. Bu iş planında, aynı sınırlı kaynakları kullanan şebeke etkinlikleri, farklı zaman aralıklarına atanırlar.

- Türkiye'deki benzer uygulamalardan ve müteahhit firmanın önceki deneyimlerinden elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda, etkinlik grupları için değişkenlik katsayıları (δ_e) belirlenir. Veri dağılımının boyutsuz bir ölçüsü olan değişkenlik katsayıları (δ), dağılım parametrelerinin belirlenmesinde kullanılır. Değişkenlik katsayısı, standart sapmanın (σ) ortalama değere olan oranıdır. Ortalama değer (μ), gerçek değeri kesin olarak bilinmeyen bir değişken için yapılan en iyi tahmindir. Standart sapma ise, dağılımın ortalama değer etrafındaki ölçüsüdür.

Belirli bir hasar düzeyinin inşaat süresi içindeki aşılma olasılığı inşaat süresinin planlama aşamasında bilinmesini gerektirir. Öngörülen inşaat süresi (E_{N1}), modelin girdi parametrelerinden birisidir. Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen en yüksek olasılıklı inşaat süresi (E_{N2}), öngörülen inşaat süresiyle karşılaştırılır. Ardışık olarak hesaplanan bu süreler için istenilen yakınlıkta sonuç elde edilene kadar yinelemeli işlemlere devam edilir. Etkinlik parametrelerindeki toplam rassal değişkenlik (δ_T) için, değişkenlik katsayılarının birbirinden bağımsız olduğu varsayımıyla aşağıda sunulan eşitlik kullanılabilir:

$$\delta_T = \sqrt{\delta_e^2 + \delta_r^2} \quad (1)$$

Burada,

δ_e : etkinliklerin gerçekleştirilmesi aşamasında karşılaşılan belirsizlik kaynaklarının neden olduğu değişkenlik,

δ_r : kıyı yapısının inşaat süresi içinde hasar görme riskinden kaynaklanan değişkenlik; sadece kıyı yapılarının yapım etkilerinde hesaba katılır.

δ_T : belirsizlikleri ve hasar risklerini içeren toplam değişkenliktir.

Yukarıdaki denklem kullanıldığında, belirsizlikleri ve hasar risklerini içeren toplam değişkenlik katsayısı (δ_T), belirlenebilmektedir.

Şebeke etkinlikleri, rassal değişkenleri etkinlik parametreleri olan beta olasılık dağılımları kullanılarak benzeştirilmektedir. Beta dağılımı çok çeşitli olasılık

fonksiyonlarını modellemeye elverişli olduğundan, kıyı mühendisliği etkinliklerinde yoğunlaşan rassal değişkenliğin benzeşiminde kullanılan en uygun dağılımlardan birisidir (Ang ve Tang, 1975).

İnşaat planlamasında şebeke aktivitelerinin modellenmesinde kullanılan Beta dağılımı, rassal değişkenin pozitif iki limitine yatay ekseninde ulaşan sürekli bir yoğunluk fonksiyonuna sahiptir. Bu fonksiyon a ve b değerleri ile sınırlanan, zamana bağlı p(t) rassal değişkeni için aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Ang ve Tang, 1975):

$$\xi_{p(t)} = \frac{1}{\beta(q, r)} \frac{[p(t) - a]^{q-1} [b - p(t)]^{r-1}}{(b-a)^{q+r-1}} \quad a \leq t \leq b \quad (2)$$

Burada $\beta(q, r)$; dağılım parametreleri q ve r olan bir beta fonksiyonudur:

$$\beta(q, r) = \int_a^b [p(t)]^{q-1} [1-p(t)]^{r-1} dp(t) \quad (3)$$

Dağılımın ortalama değeri (μ_T) ve standart sapması (σ_T) aşağıda verilen eşitliklerle hesaplanır;

$$\mu_T = a + q(b-a) / (q+r) \quad (4)$$

$$\sigma_T = \sqrt{q r (b-a)^2 / [(q+r)^2 (q+r+1)]} \quad (5)$$

Burada;

a: iyimser tahmin değeri; etkinliğin en ideal ortamında sürdürüldüğü varsayımıyla tahmin edilen parametredir

b: kötümser tahmin değeri; etkinliğin tüm gecikme ve aksiliklerin oluştuğu varsayımıyla tahmin edilen süresi veya maliyetidir

μ_T : beklenen değer; normal şartlar altında değişken için yapılan en iyi tahmin değeridir

σ_T : dağılımın standart sapması aşağıdaki ifadeyle de bulunabilir:

$$\sigma_T = \delta_T * \mu_T \quad (6)$$

Denklem (6) kullanıldığında, belirsizlikleri ve hasar risklerini içeren toplam değişkenlik katsayısı (δ_T), denklem (1) yardımıyla belirlenmektedir.

OLİP modeli, kaynak dağılımını ve zamansal sıkıştırma yöntemlerini kullanarak şebeke planını en uygun hale getirebilir. Kaynak dağılımı yönteminde, kaynakların fazla veya atıl kullanıma zamanları projenin toplam süresi içinde en aza indirgenmekte ve verimsiz kullanım önlenmektedir. Zamansal sıkıştırma yönteminde ise, verim maliyeti en az olan kritik etkinliklere kaynak aktarımı yapılarak projenin toplam süresi kısaltılmakta fakat maliyeti de arttırılmaktadır. Bu yöntem, projenin en yüksek olasılıklı toplam süresinin istenen zaman aralığına çekilmesi için uygulanır. Etkinliklerin gerçekleştirilmesi aşamasında karşılaşılan belirsizlik kaynaklarının neden olduğu değişkenlik (δ_e), modelin diğer bir temel girdisidir. Bu parametre, Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (UB-DLHİGM) arşivinin taranmasıyla, değişik etkinlik grupları için verilmektedir (Balas, 1997).

4. UYGULAMA

Yöntem, Balıkesir ili Burhaniye ilçesindeki, değişik ebatlarda 45 yat kapasiteli Burhaniye Yat Limanı'nın ana dalgakıranı üzerinde uygulanmıştır. Ana ve tali mendireklerin inşası, toplam 60.000 m²'lik bir su alanının korunaklı hale getirilmesini sağlamaktadır. Yapı ve üzerindeki tesisler yat turizmini canlandırmak ve deniz ulaşımına katkıda bulunmak amacıyla tasarlanmıştır. Burhaniye Yat Limanı, Edremit Körfezinin doğal yapısı sayesinde kısmen korunaklı olması nedeniyle, yerleşim yeri açısından önemli bir avantaja sahiptir. Bu nedenle, özellikle yapım sahasındaki hasar risklerinin şebeke planlamasına olan etkilerinin az olması beklenmektedir.

4.1. Burhaniye Yat Limanı Ana Dalgakıranının İş Ayrım Yapısı

Ana ve tali mendireklerin inşası için, 0-0.4 ton taş kategorisinden oluşan çekirdek tabakası, 0.4-2 ton taş kategorilik filtre tabakası, 2-4 ton ve 4-6 ton taş kategorilik koruma tabakası ve beton dökümü (kronman) gerçekleştirilmesi gereken aktiviteler arasında yer almaktadır.

Burhaniye Yat Limanı'nın ana dalgakıranı 7 ayrı karakteristik kesitten oluşmaktadır. Ana dalgakıran inşaatının tamamlanması, en fazla çekirdek dolgu tabakasını oluşturan (0-0.4) tonluk taş kategorisine ait taş dökümü yapılmasını gerektirmektedir. Bu aşamada müteahhit imkanları değerlendirilmiş ve günlük 650 tonluk taş döküm işi yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu kapasite aylık olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermemektedir. Bunun sebebi, inşaatın özellikle rüzgar ve dalga etkilerine karşı korunaklı bir körfezde yer alması nedeniyle, yıkıcı dalga yüklemelerine maruz kalmaması ve hem deniz hem de karadaki inşaat faaliyetlerini olağanüstü ölçüde etkileyen sert iklim koşullarının yaşanmamasıdır. Dolayısıyla günlük iş hacmi, ortalama olarak 650 ton kabul edilmiştir.

4.2. Şebeke Ağının Oluşturulması

Burhaniye Yat Limanı ana dalgakıranı için tasarlanan şebeke ağı üzerinde Monte Carlo Simulasyonu gerçekleştirilmiştir. Uygulanan şebeke pratikte en çok tercih edilen şebeke konfigürasyonlarından birisidir (Önder,2000). Yat limanının şebeke planlaması tek bir şebeke ile kısıtlanmıştır. Böylece, CPM (kritik yol metodu)'nun uygulanmasıyla, OLİP modelinin Monte – Carlo Simulasyonu ile birlikte kullanılmasıyla elde edilen sonuçlardaki farklılık iş kategorisi etkileşimlerinden soyutlanmıştır. Önerilen şebeke ağı, iş kalemlerinin mantıksal sıralama ilişkilerini yansıtmaktadır, Şebeke ağı iç tabakaları oluşturan daha hafif taş kategorisine ait malzemenin dökümünün, bir sonraki taş kategorisine ait malzeme dökümünden 20 metre ilerinde yapılmasını sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Bu uzaklık, çalışanların, kullanılan makinelerin ihtiyacı olan çalışma sahasının ve yapılan diğer çalışmaların, paralel yürütülmesi düşünülmüş olan işlerde bir girişimin söz konusu olmamasını sağlamak amacıyla belirlenmiştir.

Özel bir durum gösteren bu şebeke için öncelikle, CPM (Critical Path Method) metodu kullanılmış ve mevcut tüm iş kategorileri (4 farklı iş kategorisi) kritik olarak bulunmuştur. CPM' de ana dalgacının ≈ 480 günde biteceği belirlenmiştir. Aynı şebekeye Monte Carlo Simulasyonunun uygulanması 20.000 yinelemeyle (bilgisayar deneyi) gerçekleştirilmiştir. Aktivitelerin modellenmesinde kullanılan beta olasılık dağılımlarının belirsizlik etkilerini içermeleri nedeniyle, sonuçlar CPM' in kritik yol tanımından büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farkın sebebi CPM'in istatistiksel bir yöntem olmaması nedeniyle aktivite parametrelerinin tahmininde tek değer kullanılması ve aktivitelerin yürütülmesi sırasında karşılaşılan belirsizliklerin önceden hesaba katılmamasıdır. Monte-Carlo Simulasyonu'nda ise aktiviteler çok değişkenli olasılık dağılımlarıyla modellenmektedir. Olasılık fonksiyonunun şekil ve parametreleriyle aktivitelerin yürütülmesi sırasında karşılaşılabilecek her türlü belirsizlik faktörü, hasar riskinin etkileri ve benzeşim sonucunda oluşabilecek frekans dağılımları modellenmektedir.

Çizelge 1'de değişik iş kategorilerinin yapım sürelerinin istatistiksel değerleri verilmektedir.

Çizelge 1. İş Kategorilerinin Karşılaştırmalı Sonuçları

	1.İş kategorisi (0-0.4t)	2.İş kategorisi (0.4-2t)	3.İş kategorisi (2-4t)	4.İş kategorisi (4-6t)
Beklenen (ortalama) gün	1,192,1	679,79	752,15	601,28
Ortanca (medyan) (gün)	1,188,02	662,45	734,86	590,48
Standart sapma	144,06	161,5	172,14	130,89
Varyans	20,752.10	26,083.78	29,633.55	17,132.73
Çarpıklık (Skewness)	0,15	0,48	0,44	0,38
Basıklık (Kurtosis)	3,14	3,06	3,03	3,01
Değişkenlik katsayısı	0,12	0,24	0,23	0,22
Minimum değer (gün)	633,76	227	238,71	197,74
Maksimum değer (gün)	1,764.73	1,451.60	1,474.53	1,198.74
Ortalama standart hata	1,02	1,14	1,22	0,93

Çizelge 1' in incelenmesi sonucu proje süresinin çekirdek tabakası dökümünün yer aldığı 1. İş kategorisi tarafından belirlendiği görülmektedir. Çizelgede yer alan çarpıklık

parametresi asimetri olarak da bilinmekte ve olasılık yoğunluk fonksiyonunda beklenen değer etrafındaki 3. moment hesaplanarak elde edilmektedir. Açık ki; çarpıklık, pozitif veya negatif değerler alabilmektedir. Çarpıklığın pozitif olması fonksiyonun sola yatık ve beklenen değer in iyimser tahmine daha yakın olduğunu ifade etmektedir. Aynı çizelgede yer alan basıklık parametresi ise, sivrilik olarak da bilinmekte ve değerlerin, beklenen değer etrafında birikmesi ölçüsünü ortaya koymaktadır.

İş kategorileri karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, çekirdek tabakası dökümünün ağırlıklı olduğu 1. iş kategorisinin, çekirdek tabaka miktarının fazla olmasından dolayı, belirgin bir şekilde daha uzun olduğu, buna karşılık, çekirdek tabaka dökümü kısımlar halinde korumalı olarak yürütüldüğü için, belirsizlik ve risk faktörlerinin daha az etken olduğu (değişim katsayısı:0,12) görülmektedir. Korumalı olarak dökülmediği zaman çok yüksek hasar riskine sahip olan bu tabakada önerilen şebeke konfigürasyonu ile (riske tepki uygulaması) hasar riskinin en aza indirgenmesi sağlanmıştır. Proje zamanı, çekirdek tabakası dökümünün ağırlıklı olduğu 1. iş kategorisi tarafından belirlenmektedir.

5. SONUÇLAR

1. Bu çalışmada, Burhaniye Yat Limanı ana dalgakıranının inşaat süresinin hesaplanması amacıyla, belirsizliklerin aktiviteler üzerinden projeye yansıtıldığı, şebeke planlaması yapılmıştır.
2. Şebeke aktiviteleri, beta olasılık dağılımları ile, iyimser, kötümser ve beklenen tamamlanma sürelerini içerecek şekilde modellenmiştir.
3. Geçmiş yıllarda inşa edilen dalgakıran projelerine ait tahmini tamamlanma sürelerindeki orantısal artışın, benzer sorunların oluşturulan şebekedeki ilgili aktivitelerde de meydana gelebileceği yaklaşımından hareketle, her bir aktivite için kötümser zaman tahminleri yapılmıştır.
4. Burhaniye Yat Limanı'ndaki ana dalgakıranının inşaat süresinin tahmini için Monte Carlo Simulasyonu'nun hem güvenilirliğe dayalı risk değerlendirmesine, hem de şebekeye dayalı proje planlamasına uygulandığı bir durum çalışması gerçekleştirilmiştir.

5. Özel bir durum gösteren bu şebekede CPM (Critical Path Method) kullanılırsa mevcut tüm iş kategorileri (4 farklı iş kategorisi) kritik olarak bulunmaktadır. Aynı şebekeye Monte Carlo Simulasyonunun uygulanmasıyla ve aktivitelerin modellenmesinde kullanılan beta olasılık dağılımlarının belirsizlik etkilerini içermeye elverişli olması nedeniyle, sonuçlar CPM' in kritik yol tanımından farklıdır. CPM' de projenin 480 günde biteceği öngörülmekte, Monte Carlo Simulasyonunun neticesinde ise proje tamamlanma süresi olarak 1192 gün hesaplanmaktadır.
6. Proje zamanı, çekirdek tabakası (0-0,4 ton) dökümünün ağırlıklı olduğu 1. iş kategorisi tarafından belirlenmektedir. (0,4-2) ton taş kategorilik taşın ağırlıklı olarak döküldüğü 2. iş kategorisinin, (2-4) ton taş kategorilik taşın ağırlıklı olarak döküldüğü 3. iş kategorisinin, (4-6) ton taş kategorilik taşın ağırlıklı olarak döküldüğü 4. iş kategorisinin, beklenen değerleri, standart sapmaları ve değişkenlik katsayıları birbirine yakındır.
7. Uygulaması önerilen şebeke planlaması yöntemi, farklı proje parametrelerinin (örneğin, bütçe değişkenlerinin) kullanıldığı durumlar için de belirsizliklerin proje tahminlerine dahil edilmesini sağlayarak, uygulama öncesi güvenilir risk değerlendirmelerinin yapılabilmesine olanak tanımaktadır.
8. Uygulaması Burhaniye Yat Limanı ana dalgakıranı üzerinde yapılan, belirsizliklerin hesaba katıldığı şebeke planlamasında, proje tamamlanma süresinin gerçekçi bir yaklaşımla elde edilebilmesine olanak sağlayan yöntem, gelecek yıllarda gerçekleştirilecek projelerin inşaatı sırasında kaynak aktarımı yapılmasının söz konusu olduğu durumlarda, karar verici için doğru bir yönlendirme mekanizmasını ortaya koymaktadır.
9. Taşdolgu dalgakıranlar için değişik yapısal hasar düzeyleri fayda-maliyet-risk optimizasyonu uygulamasına olanak sağlamakta, bu yöntem hem tasarımda hem proje planlamasında önerilmektedir.
10. Şebeke planlama alternatiflerine Monte-Carlo Simulasyonu uygulanmasıyla bu alternatifler arasında uygulanabilirliği yüksek fakat inşaat sırasında kıyı yapılarına olan sürekli dalga yüklemelerinden dolayı oluşabilecek yapısal hasar riski en az olan alternatif seçilmektedir.

KAYNAKLAR

Ang, H.S. and Tang, W.H., 1975. “**Probability Concepts in Engineering Planning an Design**”, John Wiley and Sons, USA.

Balas, C.E., 1998. “**A Reliability- Based Risk Assessment Model for Coastal Projects**”, Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Balas C.E., Ergin A., 2000, “**A Sensivity Study for the Second Order Reliability-Based Design Model of Rubble Mound Breakwaters**”, Coastal Engineering Journal, Cilt:42, sayı:1, 57-86sy, World Scientific, Japan.

Burke, R., 1999. “**Project Management Planning and Control Techniques**”, John Wiley and Sons, USA.

Ergin, A., Balas, C.E., Birgönül, M.T., 1997. “**Kıyı Yapıları İnşaatlarının Benzeşim Yöntemi ile Planlanması**”, İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler,3. Teknik Kongre, O.D.T.Ü., Ankara.

James, M., 1996. “**Risk Management in Civil, Mechanical and Structural Engineering**”, Thomas Telford Publishing, London, UK.

Önder, M.B.,2000. “**Güvenilirliğe Dayalı Monte-Carlo Benzeşimi ile Kıyı Projelerinde Risk Değerlendirmesi**”, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Ankara, Türkiye.

ABSTRACT

The scope of this thesis is to obtain more accurate estimates of the project duration during the construction phase of coastal structures by considering the frequently observed delay causes of the constructions in Turkey, by applying the Monte Carlo Simulation to the alternative paths in the generally employed construction network. The activities of the network modelled by probability distributions include uncertainties inherent in the construction stage, which are determined by using past experiences obtained from the previously constructed coastal projects in Turkey.

The suggested network planning method can be applied to cases in which various project parameters (such as budget variables) are utilised by considering the uncertainties in the project estimates, so that in the planning stage, more accurate time estimates of the project duration can be obtained and reliable risk assessment studies can be performed.

A case study is made on the main breakwater of Burhaniye Yacht Harbour

