BİR TEPKİSEL PROJE ÇİZELGELEME YAKLAŞIMI VE UYGULAMASI

Sahil DİNDAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2011
ANKARA

Sahil DİNDAR tarafından hazırlanan "BİR TEPKİSEL PROJE ÇİZELGELEME YAKLAŞIMI VE UYGULAMASI" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Ediz ATMACA ……....
Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cevriye GENCER ……
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Ediz ATMACA ……
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Kürşat ÇUBUK ……
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 17/02/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU …….
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sahil Dindar

BİR TEPKİSEL PROJE ÇİZELGELEME YAKLAŞIMI VE UYGULAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Sahil DİNDAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ŞUBAT 2011

ÖZET

Çizelgeleme, belirli amaçlar doğrultusunda sınırlı kaynakların işlere atanması ile ilgilenen; üretim ve hizmet sistemlerinde çok önemli role sahip bir karar verme sürecidir. Tepkisel çizelgeleme, bir çizelgeyi, çizelgenin gerçekleşme zamanında karşılaşılan bozulmalara karşı onarma sürecidir. Tepkisel proje çizelgeleme işe projede meydana gelen bozulmalar sonucu geçerliliğini kaybeden başlangıç çizelgesinin yenilenmesi/onarılması adımlarını içerir. Üretim sistemlerinde tepkisel çizelgeleme üzerine birçok çalışma yapılmasına karşın, tepkisel proje çizelgeleme üzerine yapılan çalışmalar çok az sayıdadır. Bu çalışmalarda önerilen çözüm yöntemlerinin ise ya gerçek hayat proje yöneticileri için çok üst düzey bir planlama ve yazılım bilgisi gerektirdiği ya da gerçek hayatta karşılaşılan büyük boyutlu ve karmaşık problemlere uygun çözüm üretebilecek bir yapıda olamadığı görülmektedir.

Yapılan çalışmada, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi kapsamına giren bir hidroelektrik santrali projesi üzerinde tepkisel proje çizelgeleme yaklaşımı uygulanmıştır. Uygulamada, hızlı, kolay ve görsel çizelgeleme imkanı sağlayan proje yönetim yazılımları içerisinden, Microsoft Office Project 2007 yazılımı ile kaynak dağıtım yeteneğinin üstünlüğü gösterilen Primavera Enterprise V.6.0 Project Management yazılımının proje maliyeti ve tamamlanma süresi açısından kaynak dağıtım yetenekleri karşılaştırılarak bir tepkisel proje çizelgeleme uygulaması yapılmıştır.

Yapılan kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme uygulama sonuçlarında, Primavera Enterprise V.6.0 Project Management yazılımının threshold, issue ve risk modülleri ile tepkisel proje çizelgeleme uygulamasının yapılması için uygun altyapıya sahip olduğu ve proje tamamlanma süresi ve maliyeti açısından kaynak dağıtım yeteneğinin Microsoft Office Project 2007 yazılımına göre daha üstün olduğu gösterilmiştir.

Bilim Kodu : **906.1.119**

Anahtar Kelimeler :**Tepkisel Proje Çizelgeleme, Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme, Hidroelektrik Santral Projesi**

Sayfa Adedi : **143**

Tez Yöneticisi : **Yrd. Doç. Dr. Ediz ATMACA**

A REACTIVE PROJECT SCHEDULING APPROACH AND AN APPLICATION

(M.Sc. Thesis)

Sahil DİNDAR

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

FEBRUARY 2011

ABSTRACT

Scheduling is a decision-making process which has a very important role in production and service systems that deals with assigning limited resources to specific tasks on the objectives. Reactive scheduling, is a repairing process on the corruptions which happens in the application of the schedule. Reactive project scheduling is consist of the repairing process of the initial schedules which corrupted by the deterioration. Instead of being done many studies on reactive scheduling on production systems, reactive project scheduling is seen that a small number of studies. Suggested solution methods by theese studies require a very high-level planning and software knowledge for real-life project manageres or is not feasible on large and complex problems which often encountered in real life.

In this study, the reactive project scheduling approach is applied on a hydroelectric power plant project which in the scope of the resource constrained project scheduling problem. In application, within the project managament software packages which provides easier, fast, visual scheduling, Microsoft Office Project 2007 software and the Primavera Enterprise V.6.0 Project Management software were selected which is shown the capability of resource allocation. on the reactive project scheduling application the resource allocation capabilities of Microsoft Office Project 2007 software and Primavera Enterprise

v.6.0 Project Management software's is compared by the rule of project cost and completion time.

By the resource constrained reactive project scheduling application, it is shown that the Primavera Enterpirse V.6.0 Project Management software has appropriate features as issue, thresholds and risk modules for reactive project scheduling and the resource allocation capability of Primavera Enterpirse V.6.0 Project Management software's is higher than Microsoft Office Project 2007 software's resource allocation capability.

Science Code : 906.1.119

Key Words : Reactive Project Scheduling, Resource Constrained Project Scheduling, Hydroelectric Power Plant Project

Page Number : 143

Adviser : Assist. Prof. Dr. Ediz ATMACA

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ediz Atmaca'ya, uygulama problemine ilişkin verilerin paylaşımı ve uygulama kapsamını yönlendirmenin yanı sıra tez yazımım boyunca bana her türlü desteği veren Yüksek İnşaat Mühendisi Gökçe Akyürek Tandağ'a ve manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT vi

TEŞEKKÜR viii

İÇİNDEKİLER ix

ÇİZELGELERİN LİSTESİ xiii

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xvii

SİMGELER VE KISALTMALAR xix

1. GİRİŞ 1

2. PROJE ÇİZELGELEME 3

2.1. Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin tanımı 4

2.2. Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin varsayımları 5

2.3. Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin şebeke yapısında gösterimi 5

2.4. Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin elemanları 6

2.5. Proje çizelgeleme ve kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemleri için çözüm yaklaşımları 8

3. TEPKİSEL ÇİZELGELEME 20

3.1. Çizelgede Onarıma Gitme Nedenleri 22

3.2. Başarılı Tepkisel Çizelgelemenin Özellikleri 23

3.3. Tepkisel Çizelgeleme Sistemlerinin Gereksinimleri 24

3.4. Performans Ölçümü 25

3.4.1. Çizelge verimliliği 25

3.4.2. Çizelge kararlılığı 25

Sayfa

3.5. Tepkisel Proje Çizelgeleme Sistemlerinde Bilginin Sağlanması 26

3.6. Tepkisel Çizelgeleme Politikaları 27

3.6.1.Çizelgelerin onarılması 28

3.7. Çözüm Yaklaşımları 31

3.7.1.Geleneksel yaklaşımlar 31

3.7.2. Bilgi tabanlı yaklaşımlar 33

3.7.3. Dağıtımlı çözümleme yaklaşımı 33

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 34

5. BİR HİDROELEKTRİK SANTRAL KURULUMU PROJESİNDE KAYNAK KISITLI TEPKİSEL PROJE ÇİZELGELEME YAKLAŞIMININ UYGULAMASI 43

5.1. Projenin Tanıtımı ve İlk Proje Planlama Süreci 43

5.1.1. Mevcut Projenin MS Project 2007 Yazılımı ile Planlanması ve Yönetimi 48

5.2. Kulp I-IV HES Projesinde Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeme Uygulaması 51

5.3. MS Project 2007 Yazılımı İle Kulp I-IV HES Projesinde Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeme Uygulaması 53

5.3.1. MS Project 2007 Yazılımına Projenin girişi ve iş kırılım yapısının oluşturulması 54

5.3.2. MS Project 2007 Yazılımında Projenin kaynaklarının tanımlanması 55

5.3.3. MS Project 2007 Yazılımında Projenin gantt şeması ve şebeke gösterimi 57

5.3.4. MS Project 2007 Yazılımında başlangıç çizelgesinin oluşturulması 59

Sayfa

5.3.5. Ms Project 2007 Yazılımında kaynakların dağıtımı ve dengelenmesi 61

5.3.6. MS Project 2007 Yazılımında tepkisel proje çizelgeleme uygulaması..... 62

5.3.7. MS Project 2007 Yazılımının tepkisel proje çizelgeleme performansı..... 67

5.4. Primavera Enterprise V.6.0 Project Management Yazılımı İle Kulp I-IV HES Projesinde Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeme Uygulaması..... 71

5.4.1. Primavera Yazılımına Projenin girişi ve iş kırılım yapısının oluşturulması 71

5.4.2. Primavera Yazılımında Projenin aktivitelerinin tanımlanması..... 72

5.4.3. Primavera Yazılımında Projenin kaynaklarının tanımlanması 74

5.4.4. Primavera Yazılımında Projenin gantt şeması ve şebeke gösterimi .. 75

5.4.5. Primavera Yazılımında Projenin risklerinin ve eşik değerlerinin tanımlanması 77

5.4.6. Primavera Yazılımında başlangıç çizelgesinin oluşturulması..... 80

5.4.7. Primavera Yazılımında kaynakların dağıtımı ve dengelemesi 82

5.4.8. Primavera Yazılımında tepkisel proje çizelgeleme uygulaması 84

5.4.9. Primavera Yazılımının tepkisel proje çizelgeleme performansı 100

5.5. MS Project 2007 ve Primavera V.6.0 Yazılımının Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeleme Performanslarının Karşılaştırılması..... 104

5.5.1. MS Project 2007 ve Primavera V.6.0 yazılımının proje tamamlanma süresi bazında kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme performanslarının karşılaştırılması 104

5.5.2. MS Project 2007 ve Primavera V.6.0 yazılımının proje tamamlanma maliyeti bazında kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme performanslarının karşılaştırılması 110

Sayfa

5.5.3. MS Project 2007 ve Primavera V.6.0 yazılımının kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme çizelge verimliliği ve kararlılığı performanslarının karşılaştırılması 115

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 121

KAYNAKLAR 126

EKLER 132

EK-1. Öncelik kurallarının sınıflandırması 133

EK-2. Çekmece'nin (2009) çalışmasında elde ettiği sonuçlara ilişkin tablo 134

EK-3. Tepkisel proje çizelgeleme uygulama ve kontrol yapısı 135

EK-4. Kulp I-IV HES projesinin iş kırılım yapısı (wbs) 136

EK-5. Çizelge kararlılığı ve verimliliği hesaplama ekranı (MS Project) 137

EK-6. Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinde LST kuralına göre kaynak dağıtımı sonrası elde edilen kaynak dağıtım grafikleri 139

EK-7. Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinin işçilikli ve işçilikli olmayan kaynaklarının toplamı bazında kaynak dağıtım grafiği 140

EK-8. Çizelge kararlılığı hesapları için Primavera yazılımından çekilen veriler .. 141

EK-9. Primavera ve MS Project'te belirlenen her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları 142

ÖZGEÇMİŞ 143

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Çizelgeleme Problemlerinde rastlanan dinamik olaylar 22

Çizelge 3.2. Tepkisel çizelgeleme politikaları [Büyüksünetçi, 2006] 27

Çizelge 3.3. Genel onarım yöntemi [Büyüksünetçi, 2006] 30

Çizelge 5.1. Kulp I-IV HES projesinin genel özellikleri 45

Çizelge 5.2. Kulp I-IV HES projesinin ana tesisleri 46

Çizelge 5.3. Kulp I-IV HES projesi ana iş kırılım yapısı 49

Çizelge 5.4. MS Project yazılımında tanımlanan aktivite özellikleri 54

Çizelge 5.5. MS Project yazılımında tanımlanan kaynak özellikleri 56

Çizelge 5.6. Kulp I-IV HES projesi başlangıç çizelgesi sonuçları 60

Çizelge 5.7. Birinci çizelge onarımı sonuçları-MS Project 63

Çizelge 5.8. Birinci kaynak dağıtımlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project 64

Çizelge 5.9. İkinci çizelge onarımı sonuçları-MS Project 64

Çizelge 5.10. İkinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project 65

Çizelge 5.11. Üçüncü çizelge onarımı sonuçları-MS Project 65

Çizelge 5.12. Üçüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project 65

Çizelge 5.13. Dördüncü çizelge onarımı sonuçları-MS Project 66

Çizelge 5.14. Dördüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project 66

Çizelge 5.15. Beşinci çizelge onarımı sonuçları-MS Project 67

Çizelge 5.16. Beşinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project..... 67

Çizelge 5.17. Onarılmış çizelgelerin maksimum tamamlanma tarihleri-MS Project 68

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.18. Çizelge verimliliği-MS Project..... 68

Çizelge 5.19. Göreceli çizelge verimliliği hesapları-MS Project 68

Çizelge 5.20. MS Project yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı 70

Çizelge 5.21. MS Project yazılımı Aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı 70

Çizelge 5.22. Primavera yazılımında tanımlanan aktivite özellikleri 73

Çizelge 5.23. Primavera yazılımında tanımlanan kaynaklar 75

Çizelge 5.24. Atölye tepkisel çizelgeleme bozulmalarının özellikleri ile Primavera yazılımındaki risklerin özelliklerinin eşleştirilmesi 78

Çizelge 5.25. Kulp I-IV HES projesi için Primavera yazılımında tanımlanan eşik değerleri..... 79

Çizelge 5.26. Kulp I-IV HES başlangıç çizelgesi çıktıları 81

Çizelge 5.27. Kulp I-IV HES başlangıç çizelgesi proje maliyetleri 82

Çizelge 5.28. Başlangıç çizelgesi sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi 85

Çizelge 5.29. Birinci çizelge onarımı sonuçları-Primavera..... 86

Çizelge 5.30. Birinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera 87

Çizelge 5.31. Birinci çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi 88

Çizelge 5.32. İkinci çizelge onarımı sonuçları-Primavera yazılımı..... 89

Çizelge 5.33. İkinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera..... 90

Çizelge 5.34. İkinci çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi 91

Çizelge 5.35. Üçüncü çizelge onarımı sonuçları-Primavera..... 93

Çizelge 5.36. Üçüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera..... 94

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.37. Üçüncü çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi 95

Çizelge 5.38. Dördüncü çizelge onarımı sonuçları-Primavera 96

Çizelge 5.39. Dördüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera 96

Çizelge 5.40. Dördüncü çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi 97

Çizelge 5.41. Beşinci çizelge onarımı sonuçları-Primavera 98

Çizelge 5.42. Beşinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera 99

Çizelge 5.43. Onarılmış çizelgelerin maksimum tamamlanma tarihleri 100

Çizelge 5.44. Çizelge verimlilikleri 100

Çizelge 5.45. Göreceli çizelge verimliliği hesapları 101

Çizelge 5.46. Primavera Yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı 102

Çizelge 5.47. Primavera Yazılımı aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı 103

Çizelge 5.48. Kulp I-IV HES Projesi başlangıç çizelgesi çıktıları 104

Çizelge 5.49. Kulp I-IV HES Projesi birinci çizelge onarımı sonuçları 105

Çizelge 5.50. Kulp I-IV HES Projesi ikinci çizelge onarımı sonuçları 106

Çizelge 5.51. Kulp I-IV HES Projesi üçüncü çizelge onarımı sonuçları 107

Çizelge 5.52. Kulp I-IV HES Projesi dördüncü çizelge onarımı sonuçları 108

Çizelge 5.53. Kulp I-IV HES Projesi beşinci çizelge onarımı sonuçları 109

Çizelge 5.54. Kulp I-IV HES Projesi başlangıç çizelgesi proje maliyetleri 110

Çizelge 5.55.Kulp I-IV HES Projesi kaynak dağıtımlı başlangıç çizelgesi proje maliyetleri 111

Çizelge 5.56. Kulp I-IV HES Projesi birinci çizelge onarımı maliyetleri 111

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.57. Kulp I-IV HES Projesi ikinci çizelge onarımı maliyetleri 112

Çizelge 5.58. Kulp I-IV HES Projesi üçüncü çizelge onarımı maliyetleri 113

Çizelge 5.59. Kulp I-IV HES Projesi dördüncü çizelge onarımı maliyetleri 114

Çizelge 5.60. Kulp I-IV HES Projesi beşinci çizelge onarımı maliyetleri 114

Çizelge 5.61. Onarılmış çizelgelerin maksimum tamamlanma tarihleri 116

Çizelge 5.62. Çizelge verimlilikleri 116

Çizelge 5.63. Göreceli çizelge verimliliği hesapları 116

Çizelge5.64. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Başlamış Aktiviteler Dahil) 118

Çizelge 5.65. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Başlamış Aktiviteler Hariç) 118

Çizelge 5.66. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Biten Aktiviteler Dahil) 119

Çizelge 5.67. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Biten Aktiviteler Hariç) 119

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Proje yönetimi evreleri 3

Şekil 3.1. Tepkisel proje çizelgeleme sistemi bileşenlerine ilişkin bilgi akış şeması 27

Şekil 3.2. Çizelge düzeltme yaklaşımlarının sınıflandırılması [Kırış, 2008] 31

Şekil 3.3. Bilgi tabanlı sistem yapısı [Kırış, 2008] 67

Şekil 5.1. Kulp I-IV HES proje yapılarının yerleşimi 47

Şekil 5.2. Kulp I-IV HES projesi iş kırılımı MS Project yazılımı ekran görünümü 50

Şekil 5.3. Kulp I-IV HES projesinin işçilik ve makine kaynakları 55

Şekil 5.4. Kulp I-IV HES projesinin hammadde kaynakları 56

Şekil 5.5. MS Project Yazılımında kaynakların atanmasına ilişkin ekran görüntüsü 57

Şekil 5.6. MS Project Gantt Şemasından görünüm 58

Şekil 5.7. MS Project Yazılımında Şebeke görünümü 58

Şekil 5.8. Projenin MS Project'te çizelgelenmesine ilişkin ekran görüntüsü 59

Şekil 5.9. Ms Project yazılımında başlangıç çizelgesi proje süreleri ve maliyetleri 60

Şekil 5.10. MS Project yazılımında kaynak dağıtımı için öncelik kuralının seçildiği ekran görüntüsü 61

Şekil 5.11. MS Project yazılımında standart öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgelemenin proje tamamlanma süresi ve maliyet sonuçları 62

Şekil 5.12. Kulp I-IV HES projesi ana iş kırılım yapısı Primavera ekran görünümü 72

Şekil 5.13. Kulp I-IV HES projesinin kaynakları 74

Şekil 5.14. Primavera yazılımında projenin gantt şeması görünümü 76

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.15. Primavera yazılımında projenin şebeke yapısında görünümü 76

Şekil 5.16. Primavera yazılımında çizelgeleme yapılmasına ilişkin ekran görüntüsü 80

Şekil 5.17. Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinin proje maliyetleri 81

Şekil 5.18. Primavera yazılımında kaynak dağıtımı için öncelik kuralının seçildiği ekran görüntüsü 83

Şekil 5.19. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (arazi temin güçlüğü bozulması) 85

Şekil 5.20. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (jeoloji-zemin yapısı bozulması) 89

Şekil 5.21. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (malzeme/ekipman/hammadde gecikmesi bozulması) 93

Şekil 5.22. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (vinç arızası bozulması) 95

Şekil 5.23. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (yeni imalat bozulması) 98

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
σ	Standart sapma
k	İş sayısı
$\boldsymbol{M_{yeni}}$	Onarılan çizelgenin tamamlanma zamanı
$\boldsymbol{M_{ilk}}$	İlk çizelgenin tamamlanma zamanı
n	Çizelge verimliliği
$\mathbf{p_j}$	j işinin işlem sayısı
$\boldsymbol{S^*_{ji}}$	Onarılan çizelgede *j* işinin *i*. işleminin başlama zamanı
$\boldsymbol{S_{ji}}$	İlk çizelgede *j* işinin *i.* işleminin başlama zamanını
ξ	Normalleştirilmiş sapma

Kısaltmalar	**Açıklama**
CD	Veri Tarihi
CPM	Kritik Yol Metodu
HES	Hidroelektrik Santral
LFT	En Kısa En Geç Bitirme Zamanı
LST	En Kısa En Geç Başlama Zamanı
MS PROJECT YAZILIMI	Ms Project 2007 Proje Yönetimi Yazılımı
PERT	Proje Değerlendirme ve Geliştirme Tekniği
PRİMAVERA YAZILIMI	Primavera V.6 Project Management Yazılımı
PS	Projenin En Erken Başlama Tarihi
TF	Toplam Bolluk En Küçük

1. GİRİŞ

Çizelgeleme, belirli amaçlar doğrultusunda makine, malzeme, taşıma donatıları, operatörler, araçlar ve donanımlar gibi sınırlı kaynakların görevlere tahsis edilmesi ile ilgilenen bir karar verme sürecidir.

Tıpkı üretim ortamında olduğu gibi proje ortamında da yaşanan bozulmalar sebebiyle başlangıç planlarından (çizelgelerinden) sapmalar görülmekte ve uygulamaya konulan başlangıç çizelgeleri geçerliliğini kaybetmektedirler. Bu sebeple proje yönetim sistemlerinde tepkisel proje çizelgeleme yöntemi ile çizelgelerin onarılması, proje planlama, yürütme ve kontrol süreçlerini birbirine bağlayan ve planlamanın etkinliğini korumak için uygulanması gereken bir işlemdir.

Çalışmanın birinci bölümü giriştir. İkinci bölümde kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin tanımı, çeşitli sınıflandırmaları, genel özellikleri ve bu çizelgeleme problemlerinin çözüm yaklaşımlarından bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, tepkisel çizelgeleme kavramının ortaya çıkışı, tepkisel proje çizelgelemenin tanımı, çizelgedeki bozulma türleri ve bozulmalara karşı onarım yaklaşımları, tepkisel çizelgelemede sistem gereksinimleri ve performans ölçütleri, tepkisel çizelgeleme sürecinde bilgi akışının yapısı ve tepkisel çizelgeleme çözüm yaklaşımları atölye çizelgeleme ve proje çizelgeleme bazında açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde kaynak kısıtlı proje çizelgeleme ve tepkisel proje çizelgeleme hakkında literatürde yapılan çalışmalar incelenerek, çalışmamaların ortaya çıkışı, genel kapsamı ve günümüze kadar değişimi hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölüm, çalışmanın uygulama kısmıdır. Uygulama, bir hidroelektrik santrali projesinde tepkisel proje çizelgeleme üzerinedir. Projeye ilişkin bozulmaların tutulması, bozulmaların etkilerinin tahmini ve çizelge onarım süreçlerinden oluşan

tepkisel proje çizelgeleme uygulaması, hızlı ve kolay çizelgeleme, etkin bilgi akışı, hızlı ve görsel analiz ve raporlama imkanı sunan ve çözüm yöntemi olarak öncelik kurallarına dayalı sezgisel metotları kullanan proje yönetimi yazılımlarından MS Project 2007 Proje Yönetim Yazılımı (MS Project yazılımı) ve Primavera V.6 Project Management Yazılımında (Primavera yazılımı) ayrı ayrı yapılmıştır. Projede tepkisellik yaklaşımı uygulanırken MS Project yazılımı ile Primavera yazılımının kaynak kısıtlı çizelgelemede kaynak dağıtım yetenekleri projenin tamamlanma süresi ve maliyeti bazında karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın altıncı ve son bölümü sonuç ve öneriler bölümüdür. Bu bölümde uygulama projesinin MS Project yazılımı ile Primavera yazılımında ayrı ayrı kaynak kısıtlı olarak çizelgelenmesi ve tepkisel proje çizelgeleme kapsamında çizelge güncellemelerinin yapılması ile elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve tüm çalışmanın genel olarak sonuçlarından bahsedilerek ileriki çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

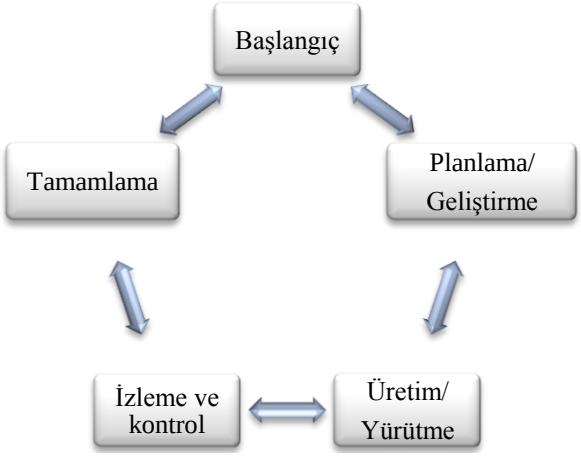
2. PROJE ÇİZELGELEME

Bir proje, önceden belirlenen bir amacı gerçekleştirmek için belirli bir sıra içerisinde tamamlanması gereken birbiri ile ilişkili aktivitelerin bütünü olarak tanımlanabilir [Hekimoğlu, 2007; Sarı, 2008].

Proje**,** öngörülen hedeflere belirli bir süre içerisinde ulaşma amacına yönelik olarak, insan ve maddi kaynakları planlı bir çalışma içinde bir araya getiren ve kendi içerisinde bir bütünlük taşıyan yatırım ve etkinlikler bütünüdür [Sarı, 2008].

Projelerin başarı ile tamamlanması için proje amaçlarının, niteliklerinin, gereklerinin, kısıtlarının, projenin alt adımlarını oluşturan aktivitelerin doğru tanımlanması, bu aktivitelerin projenin yukarıda belirtilen niteliklerine göre doğru planlanması, projenin yürütülmesi esnasında sürekli izlenerek yapılan plandan sapmaların ve bu sapmaların sebeplerinin belirlenmesi, böylece projenin kontrol altında tutulması ve tamamlanması gerekmektedir. Tüm bu süreçler proje yönetimi olarak tanımlanabilir.

Proje yönetimi, genel kapsamda Şekil 2.1'de verilen adımlardan oluşmaktadır.



Şekil 2.1. Proje yönetimi evreleri

Projenin ilgili fizibilite çalışmaları sonucu tanımlanması ve projenin aktivitelerinin belirlenmesi sonrasında, proje planlama süreci başlatılır. Planlama aşamasında proje yapılandırılır. Yapılandırma, çizelgeleme ve kaynak dağıtımından oluşur.

Çizelgeler en basit formlarında bir projede her bir işlemin ne zaman başlayacağını gösteren zaman tablolarıdır. Ancak daha karmaşık yapıdaki çizelgelerde, işlemlerin birbiri ile ilişkileri belirlenir, her bir görevi bitirmek için gerekli olan kaynaklar tanımlanır, gecikmesi durumunda projenin tamamlanma süresine etki eden işlemler izlenir [Alver, 2009].

Proje çizelgeleme, bir projenin ilgili süreleri içerisinde tamamlanabilmesi ve proje yöneticisi tarafından amaçlanan diğer amaçların karşılanabilmesi için projeyi oluşturan işlere kısıtlı kaynakların dağıtımı ile ilgilenir [Alver, 2009]. İnşaat mühendisliği ya da yazılım geliştirme sektörleri vb. gibi birbirine zıt sektörlerde proje çizelgeleme uygulamaları görülmektedir [Brucker, 1999].

2.1. Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme Probleminin Tanımı

Projelerin planlanmasında kısıtlı zaman kaynağının yönetilmesinin yanı sıra, hammadde, işgücü, bütçe ve dış kaynak kullanımının hızla arttığı günümüzde tedarikçi gibi kaynakların da planlanması ve yönetilmesi gerekmektedir. Proje planlama aracı olan çizelgelerin sadece öncüllük ilişkileri ve zaman kısıtını gözeterek oluşturulmaları yöneticileri gerçekçi bir yaklaşımdan uzaklaştıracaktır. Bu kapsamda proje çizelgeleme üzerine yapılan araştırmaların konusu çoğunlukla kaynak kısıtlı proje çizelgelemeye yönelmiştir.

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi, kısıtlı kaynaklar kullanılarak bir projeyi oluşturan faaliyetlerin, öncüllük ilişkilerini ihlal etmeden amaç işlevini en iyileyecek biçimde çizelgelenmesidir [Atasever, 2009]. Brucker (1999) tarafından kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin, özel tipteki atölye tipi çizelgeleme probleminin özelliklerini içerdiği belirtilmiştir.

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin proje yönetimi için ifade ettiği pratik değerin yanında, teorik açıdan da araştırmacılar açısından bir çekiciliği vardır. Proje süresinin en küçüklendiği kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin NP-zor bir problem olduğu Blazewicz ve ark. (1983) tarafından gösterilmiştir [Atasever, 2009].

2.2. Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme Probleminin Varsayımları

Problemin tanımına esas teşkil eden varsayımları aşağıdaki belirtilmiştir.

- Başlatılan faaliyetler kesintisiz olarak bitirilmek zorundadır.
- Faaliyet süreleri deterministiktir.
- Faaliyetlerin birim zaman kaynak kullanımı sabittir.
- Her kaynak ayrı ayrı bölünebilirdir. Her faaliyet her bir kaynaktan belirli bir oranda kullanır ve her faaliyetin kaynak gereksinimi alternatiflerin sonlu kümesinin bir elemanıdır [Özdemir, 2006].
- Bir faaliyetin kullandığı kaynak miktarı pozitif bir sayı ile gösterilir
- Her kaynağın herhangi bir zamandaki toplam kullanımı, o kaynağın elde edilebilirliği ile sınırlandırılmıştır.
- Proje serimindeki her faaliyet gerçekleştirilmek zorundadır [Artigues ve ark., 2003; Paksoy, 2007; Sarı, 2008].

Bu varsayımların bazıları kaldırılarak daha farklı problem tanımlarına gitmek mümkündür [Sarı, 2008].

2.3. Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme Probleminin Şebeke Yapısında Gösterimi

Proje çizelgeleme problemi şebeke modellerinde aktivitelerin oklara atandığı durum ve aktivitelerin düğümlere atandığı durum olmak üzere 2 şekilde gösterilebilmektedir. Bunlardan en sık kullanılan AON (Activity On Node/düğüm üzerinde aktivite) diyagramıdır [Alver, 2009].

2.4. Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme Probleminin Elemanları

Aktiviteler

Bir proje, işler, operasyonlar ya da görevler olarak adlandırılabilen belli sayıdaki aktivitelerden oluşur [Kolisch ve Padman, 2001].

Öncelik ilişkileri

Bir projeyi oluşturan birçok aktivitenin başlayabilmesi, projelerin doğası gereği kendisinden önceki aktivitelerin bitirilmesine bağlıdır. Öncelik ilişkileri, bir önceki aktivitenin bitirilmesi ile sonraki aktivitelerin başlaması koşulunun yanı sıra, bir önceki aktivitenin başlaması ile sonraki aktivitenin başlaması, bir önceki aktivitenin bitmesi ile sonraki aktivitenin de bitmesi, bir aktivite başladıktan belli bir süre sonrasında sonraki aktivitenin başlaması, bitmesi gibi farklı özellikler taşıyabilmektedir.

Kaynaklar

Projede kullanılan kaynakları, nitelikleri ve kullanım biçimleri açısından çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Zaman bakımından sınıflandırmada; kullanımla tüketilmeyen kaynaklar yenilenebilir (renewable), kullanım sonucu tüketilenler yenilenemez (nonrenewable) ve hem zaman hem de miktar bakımından kısıtlı-çift yönden kısıtlı (doubly constrained) kaynaklar şeklinde bir sınıflandırma yapılır.
Bir takım kaynaklar ise kısmi yenilenebilir kaynaklar (partially renewable resources) türündendir. İşgücünün planlanması esnasında vardiyalara göre kaynak planlaması yapılması bu tip kaynak kullanımına örnek olarak verilebilir [Sarı, 2008].

Kaynakları bölünebilen ve bölünemeyen kaynaklar olarak sınıflandırmaya tabi tutmak da mümkündür. Belirli bir miktar olan ve miktar cinsinden ifade edilen, yani bölünebilen kaynaklara, ayrık (discrete) kaynaklar denir. İş makineleri ve

teçhizatlar bu tür kaynaklardandır. Enerji gibi bölünemeyen türden kaynaklara işe sürekli (continuous) kaynaklar denir [Sarı, 2008].

Çizelgeleme Amaç Fonksiyonları

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminde aşağıda belirtilen değişik amaç fonksiyonları kullanılmaktadır.

- Proje tamamlanma süresinin en küçüklenmesi,
- Toplam gecikmenin en küçüklenmesi,
- Erken bitirme ve gecikme toplamının en küçüklenmesi [Vanhoucke ve ark., 2000],
- Toplam maliyetlerin en küçüklenmesi,
- Toplam karın en büyüklenmesi,
- Projenin net bugünkü değerinin en büyüklenmesi [Alver, 2009].

Problemin Parametreleri

Günümüzde proje çizelgelemeye ilişkin, gerek yönetilmek istenen kaynakların farklılığı ve gerekse projelerin özgünlüğü sebebiyle birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler, yeni modelleme yaklaşımları ve çizelgeleme algoritmaları olarak karsımıza çıkmaktadır. Araştırmacılar tarafından ilgi çeken bu problem ile ilgili kısa zamanda birçok araştırmanın yayınlanması sonucunda yayınlarda kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerini modellemek için kullanılan farklı sembolik gösterimlerin arttığı; bu durumun literatürün takibinde karışıklığa ve zorluğa sebebiyet verdiği Brucker'ın (1999) ilgili çalışmasında belirtilmiştir. Brucker (1999) bu çalışmasında, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemini, atölye tipi çizelgeleme problemi ile ortak tabanda buluşturacak şekilde parametre sembolleri ile modellemiş, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemleri ve çözüm yöntemlerinin genel sınıflandırmasını yapmıştır.

Pinedo (2002) tarafından *α/β/γ* olarak gösterilen üç kavramla ifade edilen atölye tipi çizelgeleme probleminde olduğu gibi (α kaynak ortamını ifade etmekteyken, *β* süreç özelliklerini ve kısıtları, *γ* ise amacı göstermektedir), kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminde de aynı notasyonlarla gösterim yapılmıştır.

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin sınıflandırması işe aşağıdaki gibi yapılmıştır.

1. Tek modlu problemler
2. Zaman/maliyet ödünleşimli problemler
3. Çok modlu problemler
4. En az ve en çok süre eklemeli problemler
5. Düzensiz amaç fonksiyonlu problemler
6. Stokastik aktivite süreli problemler
7. Bulanık aktivite süreli ve kaynak kullanımlı problemler
8. Diğer problemler

2.5. Proje Çizelgeleme ve Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme Problemleri İçin Çözüm Yaklaşımları

Modern proje yönetimi 1900'lü yılların başında Henry L. Gantt tarafından geliştirilen çubuk diyagram modelinde olan Gantt şeması ile başlamıştır. 1950'li yıllarda işe şebeke modelini kullanan Kritik Yol Metodu (CPM) ve Proje Değerlendirme ve Geliştirme Tekniği (PERT) metotları eşzamanlı olarak geliştirilmiştir [Moder ve Phillps, 1983].

Son yıllarda işe gerçek hayat kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerinde kesin çözüme ulaşımın sağlanamaması sebebiyle sezgisel yöntemler ve metasezgisel yöntemler kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde bilgisayarlar donanımlarının ve yazılım sektörünün gelişimi ve rekabetçi koşullarda projelerin büyüklüğünün ve karmaşıklığının artması, tüm

kaynaklarının ayrıntılı şekilde planlanması ve takip edilmesi ihtiyaçlarının doğması sebebiyle proje yönetimi bilgisayar destekli olarak sürdürülmektedir. Primavera, Imsi Turbo Project, MS Project gibi birçok proje yönetim yazılımı paketleri proje yöneticileri tarafından tercih edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır [Dinç, 2005; Hekimoğlu, 2007].

Yukarıda belirtilen proje çizelgeleme çözüm yaklaşımları aşağıda açıklanmıştır.

Gantt Şeması

Bir projede mevcut işlerin çizelgelenmesinde ve şekilsel gösteriminde en basit yöntem 1918 yılında Henry L. Gantt tarafından geliştirilen Gantt şemasıdır [Hekimoğlu, 2007]. Bugün kullanılan bar grafik ve bar şemaların temeli Gantt'ın o yıllarda gemi inşa projelerinde planlama ve kontrol amaçlı tasarladığı görsel şemalardır [Özdemir, 2006].

Hazırlaması ve anlaşılmasının kolay olması ve belli zaman dilimlerindeki iş yoğunluğunun kolayca tespit edilebilmesi avantajlarına sahip olan Gantt şemaları, aktivitelerin birbiri ile ilişkilerinin net görülememesi ve bir aktivitede meydana gelen değişimin projenin tamamına yapacağı etkiyi saptamanın zorluğu sebebiyle tek başına proje çizelgeleme aracı olarak kullanılmaktan çıkmış; CPM yöntemi, PERT yöntemi, sezgisel ve metasezgisel yöntemlerle çizelgelenen projelerin çizelge gösterim araçlarından biri olarak kullanılmaya başlamıştır.

Kritik Yol Yöntemi (CPM)

Du Pont ve UNIVAC Division of Remington Rand firmaları tarafından geliştirilen ve şebeke modelini kullanan Kritik Yol Metodunun (CPM, Critical Path Method) temel amacı, faaliyetler arası öncelik ilişkilerini dikkate alarak projenin en erken tamamlanma zamanına ulaşmaktır. Bu sebeple yöntemde her bir faaliyete ilişkin en erken başlama, en erken tamamlanma, en geç başlama ve en geç tamamlanma zamanları hesaplanır. Kritik yol analizinde sürelerin hesaplanması ileriye ve geriye doğru hesaplamalarla yapılmaktadır.

İleriye doğru hesaplamada en erken başlama (ES_j) ve en erken tamamlanma zamanı (EF_j) her bir faaliyet için hesaplanmaktadır. Daha sonra bu hesaplamalar sonunda projenin tamamlanma süresi ortaya çıkarılmaktadır. Projenin tamamlanma zamanı en son faaliyetin en erken tamamlanma süresine eşitlenmektedir. Bu kurala sıfır proje boşluğu kuralı denilmektedir.

P_j : j faaliyetinin öncülleri
d_j: j faaliyetinin süresi olmak üzere;

$$ES_j = enb\ \{ EF_i |\ i \in P_j \} \qquad j = 2 \ldots\ldots n \tag{2.1}$$

$$EF_j = ES_j + d_j \qquad j = 2 \ldots\ldots n \tag{2.2}$$

Daha sonraki aşamada, her bir faaliyete ilişkin en geç tamamlanma zamanı LF_j ve en geç başlama zamanı LS_j hesaplanmaktadır. Bu hesaplama işe $LF_n = LS_n$ ise Proje tamamlanma süresi olarak alınır. Bu durumda;

$$LF_j = enk\ \{LS_h \mid h \in P_j\} \qquad j = n\text{-}1 \ldots\ldots 1 \tag{2.3}$$

$$LS_j = LF_j - d_{ij} \qquad j = n\text{-}1 \ldots\ldots 1 \tag{2.4}$$

Bolluk zamanlarının hesaplanması

Bir projenin olası en erken tamamlanma zamanı o projedeki en uzun süren faaliyetlere bağlıdır. Proje süresinin elde edildiği bu faaliyetler kritik faaliyetler olarak adlandırılırlar. Oluşan kritik faaliyetler dizişine kritik yol denir. Kritik yol üzerinde olmayan faaliyetler işe bazı bolluk zaman değerlerine sahiptirler. Bu bolluk zamanlarına göre projelerdeki faaliyetlerin bir kısmı belirli sınırlar dahilinde uzatılabilir ya da ertelenebilir. Bolluk ya da aylak zamanlar olarak ifade edilen bu zamanların hesaplanması projenin planlanması ve kontrolü açısından önem arz etmektedir [Paksoy, 2007; Atasever, 2009].

Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT)

PERT 1958 yılında Birleşik Devletler Donanması tarafından Polaris adlı silah sisteminin gelişimini programlamada bir araç olarak tasarlanmıştır [Cottrell, 1999]. PERT'in açılımı "Program değerlendirme ve gözden geçirme tekniği"dir (Program Evaluation and Review Technique) [Özdemir, 2006].

PERT çözümü ile elde edilen bilgiler sonucunda proje yöneticisi yapım sırasında varyansı büyük eylemleri, olası problemli eylemler olabilecekleri nedeni ile daha yakından izleyebilir.

PERT ve CPM arasındaki temel farklılıklar şu şekilde sıralanabilir [Dinç, 2005]:

- PERT'te, iyimser (a) , kötümser (b) ve en muhtemel (m) olmak üzere üç ayrı zaman tahmini kullanır. Bu tahminlerden beklenen zaman elde edilir. CPM işe tek bir tahmine dayanır ve doğasında determinizm vardır.

- PERT sürelerin hesaplanmasında riskin çok değişiklik gösterdiği araştırma geliştirme projelerinde, CPM işe kaynağa bağımlı olan ve doğru zaman tahminlerine dayalı projelerde kullanılır.

- PERT oransal tamamlamanın belirlenmesinin imkansız olduğu projelerde kullanılırken, CPM oransal tamamlamanın belirli bir doğrulukla hesaplamanın mümkün olduğu projelerde kullanılır ve nakit akışı da bu doğrultuda planlanır.

Kaynak Kısıtı Altında Proje Çizelgeleme Problemi İçin Çözüm Yaklaşımları

Projelere kaynak tahsisleri konusunda literatürde yer alan çeşitli yaklaşımlar önce Davis ve sonra da Willis tarafından araştırılmış ve bu problemlerin çözümü için kullanılan yöntemlerin, analitik teknikler ve sezgisel teknikler olarak iki ana gruba ayrıldığı görülmüştür [Dinç, 2005].

Kısıtlı kaynaklara sahip olan projelerin çizelgelenmesi problemi Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme başlığı altında incelenmektedir. Proje aktivitelerinin ihtiyacı olan kaynakların limitli olması ve aynı anda işlem gören aktivitelerin kaynak ihtiyaçlarının karşılayamadığı durumda problem açığa çıkmaktadır. Bu koşullar altında, çizelgelemede ihtiyaç duyulan aktiviteleri sıralama kararları, projenin tamamlanma süresini yükselten unsurlar olmaktadır [Hekimoğlu, 2007].

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme NP_Zor problem sınıfına girmektedir [Blazewicz ve ark., 1983] ve bu tipteki gerçek hayat/ölçekli problemlerinde optimal sonucu saptamak zor ya da imkansızdır. Optimizasyon prosedürlerinin bu tip problemlerde başarı sağlayamaması sebebiyle, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemleri için çözüm yöntemleri geliştirme işlemleri sezgisel prosedürler üzerine yoğunlaşmıştır [Hekimoğlu, 2007].

Kaynak Kısıtları Altında Analitik Teknikler

Kaynak kısıtlı proje çizelgelemede, test problemlerinde sınanan, ancak pratikte, gerçek hayatta karşılaşılabilen türdeki büyük boyutlu karmaşık projelerde başarılı sonuçlar veremeyen optimizasyon yöntemlerinden tamsayılı programlama ve buna bağlı olan dal sınır tekniği ve sınırlı ve örtülü sayılama teknikleri aşağıda açıklanmaktadır [Dinç, 2005].

Bu konudaki çalışmaların ilkini Balas'ın atölye tipi proje programlama problemine 0-1 değişkenleri yardımıyla ve örtülü sayılma yöntemiyle çözüm araması oluşturur. Önce sezgisel bir yöntem kullanarak proje süresi üst sınır değeri belirlenmiş daha sonra tek dal üzerinde oluşturulan düğümlerdeki alt sınır değerleri hesaplanmıştır. Dallar üstündeki düğümlerde elde edilen olurlu program çözümleri proje üst sınır değerinin altında kaldığı sürece dallanmaya devam edilir. Tek kaynaklı örtülü sayılamaya diğer bir örnek olarak Schrage modeli kaynaklarda verilmiştir [Dinç, 2005].

Talbot-Patterson'un kurmuş olduğu etkili bir model, atölye tipi çok kaynak kısıtlı proje programlaması probleminde proje süresinin minimizasyonunu hedefleyen ve tüm muhtemel işlem tamamlanma zamanlarının sistematik bir sayılanmasını içeren bir örtülü sayılama yaklaşımından oluşmaktadır. Bu yaklaşımda hesap hacmini azaltmak amacıyla şebeke kesiti uygulanarak daha iyi sonuçlar vermeyecek olan hesapların kesilip elenmesi sağlanmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, üç farklı kaynak kullanan 30 ile 50 arasında işlem sayısına sahip şebekeler için uygulanmıştır. Yöntemin dayanak aldığı temel algoritma Balas'ın algoritmasıdır. Ancak Balas algoritmasında olduğu gibi 0-1 değişkenler kullanılması yerine negatif değerler almayan tamsayılı değişkenler kullanmaktadır [Dinç, 2005].

Tamsayı programlama ve dal sınır teknikleri

Bu tip problemlerde dal sınır tekniklerinin kullanılabilmesi için önce bir dallanma (ana programı kısmı programlara ayırma) şemasının ortaya konması gerekir ve sonra bu şema üzerinden sınırlar hesaplanarak kısmı programlar gözden geçirilir ve baskın olmayan kısmı programlar elenerek dallanmaya devam edilir. Dallanma şeması ortaya konduktan sonra, ya geri izleme ya da atlamalı izleme ile sonuca ulaşılabilir [Dinç, 2005]. Bu yöntemin başlıca avantajı, doğrusal programlamada ele alınması gereken bütün olurlu programlar yerine baskın programların izlenmesine olanak vermesidir.

Herroelen (2009), bu konuda yapılmış olan çalışmalardan ilkini, Johnson'un, tek kaynak kısıtlı proje programlama probleminde proje süresinin minimizasyonunu hedef alarak geliştirdiği dal-sınır algoritmasının oluşturduğunu belirtir. Bu algoritma aşağıdaki gibi bir süreç izler [Dinç, 2005]:

- Önce kısmı bir program tanımlanır
- Bu kısmı program işlemler kümesini dört alt kümeye ayırır
- Programlanmış işlemler bitmiş kümeyi oluşturur
- Devam eden işlemler aktif kümeyi oluşturur

- Kendinden önce gelen işlemler tamamlanmış, ama kendileri henüz başlamamış işlemler karar kümesini oluşturur
- Kalan programlanmamış işlemler de kalan işlemler kümesini oluşturur
- Sezgisel bir yöntemle proje süresinin üst sınır değeri belirlenir
- Ardışık olarak tek dal üzerinde oluşturulan düğümlerde alt sınır değerleri hesaplanır.
- Alt sınır değerleri proje süresini üst sınır değerini aştığı takdirde çözüm kesilir ve yeni bir dal oluşturulur.

Sezgisel Yöntemler

Kesin çözüm yöntemleri ile çözüm sağlanabilen problem büyüklüklerinin kısıtlı olması (50 ve üzerinde aktivite sayışına sahip projeler) ve ihtiyaç duyulan hesap sürelerinin büyüklüğü araştırmacıları daha büyük proje serimleri için optimuma yakın bir çözüme hızlıca ulaşan sezgisel yöntemler üzerinde çalışmaya yöneltmiştir. Sezgisel yöntemlerin sonuçları aynı zamanda kesin çözüm yöntemleri için bir alt veya üst sınır oluşturmaları nedeni ile de önemlidir [Sarı, 2008].

Öncelik kuralları ve çizelge üretme semaları

Öncelik ilişkilerine dayalı sezgisel yöntemler temelde iki bileşene sahiptir. Bunlardan ilki çizelgeleme şeması ve diğeri de öncelik kuralıdır. Çizelgeleme şemaları olurlu bir çizelgenin oluşturulabilmesi için faaliyetlerin çizelgelenebilir başlangıç zamanlarının her bir faaliyet için belirlenmesi olarak ifade edilmektedir [Sarı, 2008].

Literatürde çok sayıda sezgisel öncelik kuralı önerilmiştir ve bu kuralların performansına ilişkin olarak da çeşitli değerlendirme çalışmaları yapılmıştır [Paksoy, 2007; Atasever, 2009].
Literatürdeki çalışmalarda öncelik kurallarının farklı sınıflandırma şekilleri ile karşılaşılmaktadır.

Alver (2009) tarafından öncelik kuralları, şebeke bazlı kurallar, kritik yol bazlı kurallar, kaynak bazlı kurallar olarak sınıflandırılmıştır. Şebeke bazlı kurallar, ağ yapısındaki aktivite süreleri, ardıl aktivite sayıları vb. verileri kullanan kurallar olarak tanımlanmıştır. Kritik yol bazlı kurallar, en erken başlama süresi, en geç bitiş süresi gibi ileri-geri geçiş yöntemlerinin sonuçlarını kullanan kurallardır. Kaynak bazlı kurallar ise işlerin kaynak ihtiyaçlarını temsil eden kurallar olarak tanımlanmıştır.

Panwalker ve Iskender (2004), öncelik kurallarını basit öncelik kuralları, basit öncelik kurallarının bileşimleri ve ağırlıklı öncelik kuralları şeklinde üç temel sınıfa ayırmıştır.

Diğer bir sınıflandırma türünde ise öncelik kuralları durağan (statik) ve devingen (dinamik) olarak sınıflandırılmış; bir diğer bakış açısıyla ise deterministik ve olasılıklı olarak iki sınıfa ayrılmıştır.
Durağan kurallar, işlerin öncelik değerlerini çizelgeleme işlemine başlamadan önce yalnız bir seferliğine hesaplayan kurallar, devingen kurallar ise her bir çizelgeleme aşamasında işlerin öncelik değerlerini yeniden belirleyen kurallardır [Atasever, 2009; Alver, 2009].

Literatürde en çok yer alan öncelik kuralları alt sınıflar bazında aşağıda gruplandırılmıştır.

İşlem süreleri ile ilgili kurallar:

- *MAX RWK*: Faaliyetin süresi ile kendinden sonra gelen faaliyetlerin sürelerinin toplamı en büyük olan faaliyetlerin seçilmesi kuralı,
- *MAD:* En fazla faaliyet süresine sahip olan faaliyetin seçilmesi kuralı,
- *MAAD (min. average job duration):* En küçük ortalama faaliyet süresi,
- *MILAD (min. of the difference between LFT and average duration):* En geç tamamlanma süresi ile ortalama süre arasındaki en küçük fark kuralı,

- *SPT:* En kısa faaliyet süresine sahip olan faaliyetin seçilmesi kuralı,
- *LST:* En kısa en geç başlama zamanı,
- *LFT:* En kısa en geç bitirme zamanı,
- *EST:* En kısa en erken başlama süresi,
- *EFT:* En kısa en erken bitirme süresi,
- *TF (Minimum total slack):* En küçük toplam bolluk değerine sahip iş en önce,
- *FF (Free float):* En küçük serbest bolluk değerine sahip iş en önce.
- Kalan işlem süresi en kısa olan işlem en önce,
- Kalan işlem süresi en uzun olan işlem en önce.

Ardıl-öncül ilişkileri ve aktivite sayıları ile ilgili kurallar:

- *MİŞ (Most immediate successors):* bitimi ile başlayacak aktivite sayısı en çok olan aktivite,
- *LİŞ (Least immediate successors):* MİŞ'in tersi,
- *MTS (Most total successors):* Şebeke sonuna kadar kendisini takip eden sıradaki işlemlerin toplam sayısı en fazla olan işlem en önce,
- *LTS (Least total successors):* Şebeke sonuna kadar kendisini takip eden sıradaki işlemlerin toplam sayısının en az olduğu işlem en önce,
- Ardıl ve öncüllerin toplam sayısı,
- *MAX NİŞ:* Kendinden önce gelen faaliyet sayıları toplamı en büyük olan faaliyetin seçilmesi kuralı,
- *MAX CAN:* Faaliyetin seçiminden sonra, seçilebilir faaliyet sayısı en fazla olan faaliyetin seçilmesi kuralıdır.

Maliyet ile ilgili kurallar:

- En yüksek gerçekleştirilme maliyetine sahip işlem en önce,
- En yüksek birim gecikme cezasına sahip işlem en önce kuralıdır.

Kaynak bazında kurallar:

- *GRD (Greatest Resource Demand):* en yüksek kaynak kullanım ihtiyacı olan aktiviteye öncelik değeri yüksek verilerek çizelgeleme yapılır.
- *RED (Resource Equivalent Duration*): Bu kural, her bir aktivitenin süresi değiştirilmiş kaynaklarını hesaplar ve en uzun süreye sahip olan aktiviteyi çizelgeler.
- *CUMRED (Cumulative Resource Equivalent Duration):* RED kuralındaki yöntemle hesaplanan kaynak süresine aktivitelerin tüm ardıllarının kayan sürelerinin eklenmesi ve en büyük toplama sahip aktivitenin çizelgelenmesi kuralıdır

Karma ve ağırlıklı kurallar:

- *GRPW (Greatest Rank Positional Weight):* Aktivitenin kendisi ve ardıllarının süresi toplamı en büyük olan aktivite önce çizelgelenir.
- *LRPW (Positional Weight):* GRPW'nin tersidir.
- *GPRPW (Greatest Proportional Rank Positional Weight):* SPT ve GRPW kurallarının karmasıdır, kısa süreli büyük pozisyon ağırlıklı aktivite önce çizelgelenir.
- *WRUP (Weighted Resource Utilization and Precedence- Ağırlıklandırılmış Kaynak Kullanım Oranı ve Ardıllık):* WRUP kuralını kullanmada amaç, proje ağında yoğun kaynak ihtiyacında olan ve kendisinden sonra gelen faaliyetlerin (successors) fazla olduğu faaliyetleri mümkün olduğunca erken aşamalara çekerek kaynak darboğazını ortadan kaldırmaktır.
- *CARLO (Cost and resource levelling algorithm):*Maliyet ve kaynak dağıtım algoritması) [Trautmann ve Baumann, 2009].
- İşleri yüksek ve düşük maliyetli olarak iki sınıfa ayır ve yüksek maliyetli işleri ilk giren ilk çıkar kuralına göre yerleştir.
- Kuyrukta bekleyen en kısa işlem süreli işleri seç ve ilk giren ilk çıkar kuralına göre yerleştir.

- İşlerin bir sonraki işleme girmek için kuyrukta bekleme sürelerine göre uzun, orta ve kısa kuyruk olmak üzere üç kuyruk oluştur ve en kısa kuyruğa sahip işleme öncelik verecek şekilde en kısa işlem süreli işi seç.

Diğer kurallar:

- *GPOP (Greatest Product of Priorities):* Bu kural, en büyük işlem süresi, en büyük ardıl sayısı, en büyük pozisyonel ağırlığa sahip aktiviteyi seçer.
- *Rastgele (Random):* Bu kural, seçilebilme koşullarını sağlayan faaliyetler arasından bir faaliyetin rastgele seçilmesini sağlamaktadır.
- Aktivite sıra numarasına göre seçim kuralı.

Öncelik kurallarının literatürde belirtilen farklı sınıflara üyeliğini gösteren tablo, EK-1'de sunulmuştur.

Diğer sezgisel yöntemler

Diğer sezgisel yöntemler aşağıda verilmiştir [Atasever, 2009];
- Yerel kısıt analizi
- Yerel arama
- Budanmış dal-sınır yöntem

Metasezgisel yöntemler /yapay zeka teknikleri

Genetik algoritma, tavlama benzetimi, tabu arama, karınca kolonisi optimizasyonu, path relinking algoritması, sinir ağları ve hibrid algoritmalar kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin çözümünde kullanılmaktadır [Alver, 2009; Atasever, 2009]. Son yıllarda kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanılan metasezgisel yöntemler, sezgisel yöntemlere göre daha optimuma yakın sonuçlar vermektedir.

Proje yönetimi yazılım paketleri

Proje yöneticisine proje yönetimi sürecinde destek olması amacıyla birçok proje yönetim yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılımlar kullanıcıların projeyi yapılandırması, projeyi çizelgelemesi, projeyi izlemesi ve kontrol etmesi süreçlerinde kullanıcıları desteklemektedir [Hekimoğlu, 2007].

İlk proje yönetimi yazılımı 1983 yılında geliştirilen Harvard Project Manager' dır [Atasever, 2009]. Proje yönetimi yazılımları, daha ayrıntılı ve gerçekçi planlama ve kontrol gerektiren ve gerçek hayattaki ağır rekabetçi koşullarda yürütülmesi gereken projelerin yönetimini sağlayabilmek amacıyla, bilgi teknolojilerinin de hızlı ilerleyişi ile sürekli olarak geliştirilmekte ve proje yöneticilerine daha doğru planlama, hızlı izeleme ve kontrol, yüksek analiz ve karar desteği sağlamaktadırlar.

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerinde daha çok proje süresinin minimizasyonu amacını sağlamak üzere kullanılan yazılımlar, kaynak dağıtımı yapmak için öncelik kurallarını kullanmaktadır. Her bir yazılımın kullandığı öncelik kuralı yazılımların gizliliği sebebiyle genellikle bilinmemektedir [Hekimoğlu, 2007]. Ancak Primavera, ACO, CSP gibi bazı yazılımlar, çizelgelemede kısıtlı kaynakların dağıtım sürecinde uygulanacak öncelik kuralını kullanıcılarına seçme ve pakette mevcut olmayan öncelik kurallarını yazılıma uygulama seçeneği sunmaktadır.

3. TEPKİSEL PROJE ÇİZELGELEME

Pinedo (2002)'nun çalışmasında belirttiği kapsamda gerçek hayat üretim çizelgeleme problemlerinin yanı sıra gerçek hayat proje çizelgeleme problemleri de akademisyenler tarafından çalışılan matematiksel modellerden farklılık gösterirler. Gerçek hayat problemlerinde genellikle iş sayısı çok fazla olmakta ve bu işlerin genellikle kısa sürede tamamlanmaları istenmektedir. Gerçek süreçte çoğu zaman deterministik veriyle karşılaşılmamakta ve sistemin dinamik yapısı sebebiyle çizelgelenecek işler belli olmamaktadır. Çalışmalarda tanımlanan dağılımların uygunluğu ve ilgili kaynaklardaki işlem süreleri kestiriminin doğruluğu süreci etkileyeceği için, bu tanımlamalar gerçek sistemi yansıtacak yapıda olmalıdır. Bu değişkenliklerin dışında süreç içerisinde mevcut işlerin öncelikleri de değişkenlik gösterebilmektedir. Bazı durumlarda ise arızalar, kaynak eksilmesi gibi beklenmeyen koşullar doğabilmekte ve süreç ilerleyememektedir. Böylece çizelgeler gerçeği yansıtamaz hale gelmiş olur [Kırış, 2008]. Bu bozulmalara bağlı olarak da çizelgelerin performansı düşer ve çizelgeyi uygulamak zorlaşır. Bu gibi nedenlerden dolayı en iyi çizelgeyi ya da en iyiye yakın çizelgeyi bulmak için kullanılan kati çizelgeleme yordamları tatminkâr sonuçlar vermeyebilir [Henning ve Cerda, 2000].

Tepkisel çizelgeleme, çizelgenin gerçekleşme zamanında karşılaşılan bozulmalara karşı olay tabanlı düzeltme sürecidir.

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerine bakılacak olursa, son yıllarda proje çizelgeleme araştırmalarının çoğunlukla tam bilginin sağlandığı ve statik ve deterministik bir proje çevresi olduğu varsayımıyla uygulanabilir kestirimci başlangıç çizelgelerinin oluşturulması üzerine yoğunlaştığı görülecektir [Vonder ve ark., 2007].

Başlangıç çizelgeleri, kaynak dağıtımına olanak sağlaması, tedarikçilerle yürütülecek aktiviteler gibi dışsal aktivitelerin planlanabilmesi için bir temel oluşturması, firmanın iç ve dış sınırlarındaki birimleri ile iletişimi ve

koordinasyonu için başlangıç noktasıdır; başlangıç çizelgeleri tedarikçi ve alt tedarikçileri anlaşmaları ve müşteri taahhütleri için temel oluşturması gibi önemli fonksiyonlara sahiptir [Aytuğ ve ark., 2005; Mehta ve Uzsoy, 1998].

Ancak proje, yürütüme evresinde, başlangıç çizelgesini aksatan birçok etkene maruz kalabilir. Aktiviteler ilk tahmin edilenden daha uzun süre alabilir, kaynak ihtiyaçları veya limitleri değişebilir, hazırlık zamanları ve teslim zamanları değişebilir, yeni aktiviteler ortaya çıkabilir.

Genelde, çizelgeleme çevresindeki belirsizliklerle başa çıkmak için öngörüsel çizelgeleme ve tepkisel çizelgeleme olmak üzere iki yaklaşım vardır [Herroelen ve Leus, 2005].

Öngörüsel çizelgeleme, belirsizliklerin istatistiksel bilgi birikimini dikkate alan bir kestirimci çizelge kurar [Vonder ve ark., 2007]. Bahsedilen belirsizliklere ilişkin istatistiksel bilgi kestirimci çizelgeyi daha sağlam (bozulmalara karşı daha az hassas) yapmak için kullanılır. Tepkisel çizelgeleme ise bir çizelgeyi beklenmeyen bir olay meydana geldiğinde yenileme ya da yeniden optimize etme sürecini içerir.

Öngörüsel bir tekniğin, başlangıç çizelgesi tarafından bertaraf edilemeyen çizelge bozulmaları meydana geldiğinde her zaman için tepkisel bir bileşene ihtiyaç duyacağı görülmelidir.

Önleyici-tepkisel proje çizelgeleme prosedürleri, güvenli zaman içeren sağlam bir kestirimci başlangıç çizelgesi üretecek önleyici çizelgeleme prosedürü ve bir bozulma yaşandığında başvurulan tepkisel çizelgeleme prosedürünün kombinasyonu sayesinde projeyi yürütürken ortaya çıkan beklenmeyen aksamalarla başa çıkmaya çalışır [Vonder ve ark., 2007]. Literatürde bu kapsamda birçok bozulma çeşidi tanımlanmıştır.

3.1. Çizelgede Onarıma Gitme Nedenleri

Beklenmeyen olaylar (bozulmalar), sistemin durumunu değiştirebilirler ve sistem performansını etkileyebilirler. Bu bozulmalar eğer sitsem performansında kötüleşmeye neden olurlarsa, performans düşüşünü azaltmak için çizelgenin güncellenmesini uyarırlar, bir başka ifade ile tetiklerler.

Suresh ve Chaudhuri (1993) tarafından belirtilen üretim sistemlerinde çizelgeleme problemlerinde sıkça rastlanan dinamik olaylar ile inşaat proje çizelgeleme sistemlerinde sıkça rastlanan dinamik olaylar Çizelge 3.1' de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Çizelgeleme Problemlerinde rastlanan dinamik olaylar

Kategori	Gerçekleşen Olay
İş İle İlgili	Rassal iş gelişleri Deterministik olmayan aktivite süreleri Değişken teslim/tamamlanma zamanları Dinamik öncelikler Değişken talepler
Kaynak İle İlgili	Ekipman/makina arızası Yükleme sınırı/Kapasite uyuşmazlığı Makine tıkanıklığı/çözümsüzlük Hammadde uygunsuzlukları
İşlem İle İlgili	İşlem gecikmesi Ürün/işlem değişkenliği Hatalı işlem/Kalite redleri
Diğer	Makine /hammadde gecikmesi İşgücü uygunsuzlukları Jeolojik unsurlar Çevresel koşullar/doğal afetler İş/çevre kazaları Finansal belirsizlikler

Bozulmaların özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [Chong ve ark., 2003]:

- *Bozulmanın Türü*; sistemin karşılaşabileceği bozulmalardır. Üretim işletmelerinde ve proje yönetiminde karşılaşılması muhtemel bozulmalar yukarıda sıralanmışlardır.
- *Bozulmanın Büyüklüğü*; makine arızasının giderilmesi için gerek sürenin uzun ya da kısa olması, işlem süresinden sapmanın miktarı gibi bozulmanın ne kadar süre etkili olacağına dair kavramdır.
- *Bozulmanın Aralığı*; iki bozulma arasında geçen süre bozulmanın sıklığı olarak da adlandırılır.
- *Bozulmanın Meydana Gelmesi*; bozulmanın meydana geldiği an.
- *Bozulmanın Erkenden Belirlenmesi*; olay meydana gelmeden önce tespit edilme süresinin boyutu.
- *Bozulmanın kademesi, bozulmanın yayılması* (diğer bozulmalar için tetikleyici olması) gibi bozulmaların yukarıda sıralanan özelliklere ilave özellikleri de vardır.

Çizelgenin güncellenmesi kararını verebilmek için öncelikle başlangıç çizelgesinin hazırlanması ile gerçeklesen çizelgenin gözlenmesi ve beklenmeyen durumların yani bozulmaların belirlenmesi gerekmektedir. Uygun yaklaşım kullanılmadan önce bozulma türüne ve özelliğine göre belirli kararların alınması gerekmektedir. Bu kapsamda oluşturulan tepkisel proje çizelgeleme uygulama ve kontrol yapısı EK-2'de verilmiştir.

3.2. Başarılı Tepkisel Çizelgelemenin Özellikleri

Başarılı bir tepkisel çizelgeleme sistemi için aşağıdaki özelliklerden bazılarının ya da hepsinin gerçekleşmesi beklenmektedir [O'Kane ve ark., 1998]:

- Dinamik değişikliklere hızlı tepki verilmesi,
- Gerçek zamanla işlem yeteneğinin olması,
- Uzman çizelgeleme bilgi ve sezgisellerinin kapsama alınması,
- Etkin çözüm arama mekanizmalarının olması,

- Dinamik durumların barındırılma yeteneğine sahip olunması,
- Etkili karar verme ve kontrol süreci bulunması,
- Çizelgeleme probleminin anlaşılmasını artırmak için deneyimlerden öğrenme yeteneğine sahip olunması,
- Kararlılığı garantilemek için mevcut çizelgede en az değişikliğin önerilmesi.

3.3. Tepkisel Çizelgeleme Sistemlerinin Gereksinimleri

Tepkisel çizelgeleme sistemlerinin gereksinimleri üç baslık altında aşağıdaki gibi açıklanabilir:

*Sağlamlık (*Robust*):* Sağlam kestirimci bir çizelge birçok bozulma türü karşısında geçerliliğini devam ettirebilir. Sağlamlık, tepkisel çizelgeleme aşamasında çizelge onarılırken verilmesi gereken karar sayısını azaltır. Sağlamlığı, bozulmalara gereksiz tepki verecek, gerçekten uzak tahminlerden arındırarak oluşturulan kestirimci çizelgelerle artırmak mümkün olur [Aigner ve ark., 2000].

Sinirlilik (Nervousness): Çizelgeler onarılarak ya da en baştan yapılarak bozulmalara tepki verirler. Çizelgeyi sıfırdan yapmak daha iyi bir çözüm verir gibi görülebilir ama bu tarz çözümlerin götürüleri getirilerinden fazla olabilir. Tepkisel çizelgeleme sistemleri, hareketliliğe neden olan ve maliyeti fazla olan sık güncellemeler yerine daha az sıklıkla mevcut durumlara adapte edilmelidirler. Sinirlilik kısaca çizelgedeki kesin değişmelerdir. Kararlılığın tersidir. Tepkisel çizelgeleme sistemlerinin hedeflerinden birisi de sinirliliği azaltmak olmalıdır [Aigner ve ark., 2000; Kırış, 2008].

Kararlılık (Stability): Sistem bozulmalara tepki göstermelidir ve bozulmalara tepki gösterirken de olabildiğince ilk çizelgeye bağlı kalmalıdır. Çizelgede yapılacak önemsiz değişiklikler bütün çizelgenin performansını etkileyebilir [Aigner ve ark., 2000; Kırış, 2008].

3.4. Performans Ölçümü

Çizelgeleme ortamında bozulma olduktan sonra, çizelgenin en az değişiklikle onarılması istenir. Bu durum atölye veya proje sinirliliğinin engellenmesi için de önemlidir. Onarma süreci, çizelge verimliliği ve çizelge kararlığı olarak iki boyutta değerlendirilebilir [Subramaniam ve ark., 2005; Büyüksünetçi, 2006].

3.4.1. Çizelge verimliliği

Verimlilik, onarıma göre toplam çizelge uzunluğundaki değişimin değerlendirilmesinin ölçüsüdür ve izleyen formül ile hesaplanır [Subramaniam ve ark., 2005; Büyüksünetçi, 2006].

$$n = \left\{1 - \frac{M_{yeni} - M_{ilk}}{M_{ilk}}\right\} \times 100\% \qquad (3.1)$$

Burada n verimlilik, M_{yeni} onarılan çizelgenin tamamlanma zamanı, M_{ilk} çizelgenin tamamlanma zamanı olarak verilmiştir.

3.4.2. Çizelge kararlılığı

Kararlı çizelge ilk çizelgeden çok az sapma gösteren çizelgelerdir. Kararlılık onarılan çizelge ile ilk çizelgedeki işlerin başlama zamanları arasındaki farklılık ile ölçülür. Hesaplama işlemi daha sonra toplam operasyonlara bölünerek normalleştirilir.

$$\xi = \frac{\sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{p_j} \left| S_{ji}^{*} - S_{ji} \right|}{\sum_{j=1}^{k} p_j} \qquad (3.2)$$

Burada ξ normalleştirilmiş sapma, p_j j işinin işlem sayısı, k iş sayısı, S_{ji}^{*} onarılan çizelgede j işinin i. işlemin başlama zamanı, S_{ji} ilk çizelgede j işinin i. işleminin başlama zamanını verir. Normalleştirilmiş sapmanın düşük olması, çizelgenin daha

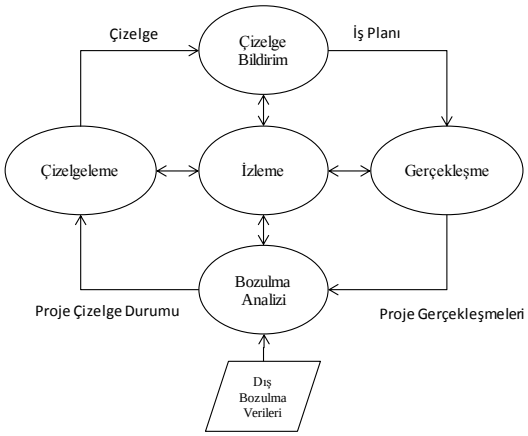
kararlı olduğunu gösterir. Onarma mekanizmasının sağlamlılığı verimliliğin ve karalılığın en büyüklenmesi ile sağlanır [Subramaniam ve ark., 2005; Büyüksünetçi, 2006].

3.5. Tepkisel Proje Çizelgeleme Sistemlerinde Bilginin Sağlanması

Tepkisel çizelgelemede ana unsur, üretim ya da proje işlemlerinin yürütülmesi sırasında ortaya çıkan bozulmalara ilişkin verilerin üretim ortamlarından alınarak bilgi sistemlerine aktarılması, bu sistemlerde bozulmaların değerlendirilmesi ve değerlendirme sonucu çizelgelerin onarım kararlarının verilerek onarılması işlemlerini sistematik bir yapıya taşımaktır.

Proje yönetiminde, çizelge bilgileri, projenin yürütüldüğü üretim alanında ya da hizmet noktasında bulunan ilgili kullanıcılara proje yönetim yazılımlarının haberleşme sistemleri ve arayüzleri aracılığıyla taşınır. Projenin yürütülmesine ilişkin veriler diğer bir tanımla proje durum bilgileri ise ilgili üretim veya hizmet ortamından dijital olan veya olmayan kayıtlar aracılığıyla toplanır. Projenin uygulama sorumluları üretim veya hizmet işlemlerine ilişkin durum bilgilerini altyapısı uygun olan ilgili proje yönetim yazılımlarına aktarırlar. Durum bilgilerinin aktarımı esnasında, altyapısı uygun olan proje yönetim yazılımlarına, proje aktivitelerine ilişkin ilerleme bilgilerinin yanı sıra yaşanan bozulmalara ilişkin bilgiler de girilir ve bozulmanın çizelge üzerine etkileri analiz edilir. Bu noktada yöneticiler tarafından belirlenen tepkisel çizelgeleme yaklaşımına göre çizelgede onarıma gitme kararı verilir ve onarılmış çizelge bilgileri aynı yazılım haberleşme sistemleri ve arayüzleri ile üretim veya hizmet uygulayıcılarına taşınır ve onarılmış çizelge uygulamaya konulur.

Riddick (1999) tarafından tasarlanan kavramsal atölye tepkisel çizelgeleme sisteminin bileşenlerine ilişkin bilgi akış şeması, tepkisel proje çizelgeleme sistemine uyarlanarak Şekil 3.1’ de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Tepkisel proje çizelgeleme sistemi bileşenlerine ilişkin bilgi akış şeması

3.6. Tepkisel Çizelgeleme Politikaları

Çizelgeleme kararı politikaları iki bölümde ele alınabilir; "*Ne zaman çizelgelenir?"* ve *"Nasıl çizelgelenir?"*. Ne zaman çizelgelenir politikasında, iki ardıl çizelgeleme noktası arasındaki zamana karar verilir. Nasıl çizelgelenir politikasında ise, geçerli çizelge üretme yollarına karar verilir. Tepkisel çizelgeleme politikaları Çizelge 3.2'de verilmiştir [Sabuncuoğlu ve Kızılışık, 2003; Büyüksünetçi, 2006].

Çizelge 3.2. Tepkisel çizelgeleme politikaları [Büyüksünetçi, 2006]

Ne Zaman Çizelgelenir?	
Zaman Aralığı (Sabit)	• Sabit zaman aralığında tekrarlı gözden geçirme • Sabit sıralama
Zaman Aralığı (Değişken)	• Değişken zaman aralığında tekrarlı gözden geçirme
Olaya Dayalı	• Sürekli gözden geçirme
Karma	• Zaman aralığı • Olaya dayalı
Nasıl Çizelgelenir?	
Tam Çizelgeleme	• Uygun olan tüm işlerin çizelgelenmesi
Kısmi Çizelgeleme	• Sistemde çizelgelenen işlerin belli bir kısmının çizelgelenmesi

Bir çizelge onarılırken istenen, ilk çizelgede meydana gelen değişikliğin olabildiğince az olmasıdır [Herroelen ve Leus, 2004]. Çizelgeyi tamamen sil bastan yapmak yerine kısmi olarak çizelgelemek daha uygun olacaktır.

Nasıl çizelgelenir kararı verilirken üç farklı çizelgeleme aşaması ile karşılaşılır. Bunlardan birincisi çevrim dışı çizelgelemedir. Çevrim dışı çizelgeleme aşaması, çizelgeleme dönemi için çizelgeleme yapılırken çizelgenin uygulanmaya konmasından önceki aşamadır [Gören, 2002]. Çevrim içi aşaması çizelge uygulanırken yapılan çizelge güncellemeleridir. Bu iki aşamanın arasında işlerin faaliyetlerinin alt kümelerinin çizelgelendiği, geri kalanların ise gelecek zamanlar için ayrıldığı *sözde çevrim içi* aşaması söz konusudur [Gören, 2002].

3.6.1. Çizelgelerin onarılması

Çizelgelerin onarılmasında kullanılan iki farklı onarım yaklaşımı bu bölümde ele alınacaktır.

<u>Boş zaman ekleyerek çizelgelerin onarılması</u>

Dikkatle yapılan analizler sonucunda herhangi bir karmaşık bozulma basit onarım basamaklarına ayrılır [Raheja ve ark., 2002]. Bu basamaklara göre, genel onarma olayları su şekilde tanımlanabilir.

I. *Bos Zaman Ekle*: Makine arızalanmalarındaki ve yokluklardaki (makine operatörlerinin uygun olmamaları) bozulmalarda kullanılır. Etkilenen makine bozulma süresince bos tutulur.

II. *Ayarlama Zamanı Ekle*: Hazırlık gecikmeleri is operasyonlarının başlama ve bitiş zamanlarında gecikmelere neden olur. Makine tarafından işlenecek operasyonlar için tahmin edilen ilave zaman çizelgeye eklenerek düzeltilir.

III. *Operasyon Ekleme*: İs operasyonları; yeni işlerin gelmesi, hammaddenin eksikliğinden dolayı işlerin ertelenmesi, teslim zamanının gevşemesi gibi bozulmalarla çizelgeye eklenirler.

IV. *Operasyon Silme*: Eğer daha fazla isleme gerek yoksa ilk çizelgeden iş operasyonlarının çıkartılmasını içerir.

Bu genel onarım faaliyetleri bir bozulmayı onarmak için yalnız baslarına ya da birlikte kullanılırlar. Ana onarım faaliyetleri Çizelge 3.3'te verilmiştir [Raheja ve ark., 2005].

Onarım ile ilgili yöntemler ayrıca su baslıklar altında toplanabilir [Raheja ve ark., 2005; Gerber, 1998]. Bunlar;

I. *Sağa doğru kaydırma*, her bir işlemi kaybedilen zaman kadar ileri kaydırma işlemidir. Bir başka ifade ile işlerin başlama zamanlarını kaybedilen zaman kadar ileri bir zamana almaktır.

II. *Sağa doğru kaydırma ve atlatma*, sağa doğru kaydırma yöntemine benzer. Sağa doğru kaydırma işlemi kendisinden sonra gelen her işi etkiler. Sağa doğru kaydırma ve atlatma da ise önem derecesi düşük işler daha ileri bir zamana ötelenir, kısaca o işlerin üzerinden atlanır ve diğer işler sağa kaydırılır [Gerber, 1998].

III. *Sola doğru kaydırma,* çizelgede kazanılan zaman söz konusu ise bu yöntem kullanılabilir. İslerin başlama zamanları kazanılan zaman kadar erkene alınır.

IV. *Rassal onarım,* Zweben tarafından ortaya atılan rassal onarım kavramında sistem rastgele bir is seçer ve onu yeniden atar. Bu atama yapılacak zaman rastgele seçilebilir [Gerber, 1998]. Kazanılan zaman çizelgeyi onarmak için değerlendirilir.

V. *İleriye bakma onarımı*, her ise ait onarma ya da gecikme maliyetleri hesaplanır. Maliyetlere göre sıralama yapılır.

Çizelge 3.3. Genel onarım yöntemi [Büyüksünetçi, 2006]

Onarma Faaliyeti	Onarım Prosedürü
Boş zaman ekle	Boş zamanın süresini kaydet./Çizelgede istenen konuma boş zaman ekle./Uygun yordamı kullanarak çizelgeyi onar.
Düzeltme süresi ekle	Değişen işlemin yeni bitiş zamanını kaydet./Yeni ve orijinal bitiş zamanları arasındaki zaman farkını hesapla. Etkilenen makinada bu farka eşit düzeltme zamanı ekle.
Operasyon ekle	Operasyonun ekleneceği zamanı ve işlem süresini kaydet./Atanan makinada, gerek duyulan pozisyonda işlem süresine eşit dönem ekle./Uygun yordamı kullanarak çizelgeyi onar.
Operasyon sil	Yordam kullanımını kapsamayan işlemleri sil. Bu silme işlemlerin basit silinmesi ya da ilave zamanların silinmesi şeklindedir./Orijinal çizelge bozulmaz.

Yeniden rotalayarak çizelgelerin onarılması

Yeniden rotalama yöntemi genellikle elimizde bulunan makine, donanım gibi kaynaklardan kaynaklanan çizelge bozulmalarını onarmak için tercih edilir. Yeniden rotalama yöntemleri su şekilde sıralanabilir [Kutanoğlu ve Sabuncuoğlu, 2001];

- Yeniden rotalama yok (NR-no rerouting)
- Yeniden rotalama (QR-queue rerouting)
- Kuyruk yeniden rotalaması
- Geliş yeniden rotalaması (AR-arrival rerouting)
- Tamamen yeniden rotalama (AAR-all rerouting)

Bu yöntemlerden tepkisel proje çizelgelemede kullanılabilecek olanlar, boş zaman ekleme-sağa doğru kaydırma, sola doğru kaydırma, operasyon ekleme ve silme ve yeniden rotalama yöntemleridir.

3.7. Çözüm Yaklaşımları

Tepkisel çizelgeleme problemleri karmaşık (combinatorially complex-NP hard) yapıda oldukları için yalnızca geleneksel yöneylem araştırması yaklaşımları ile çözümü uygun değildir. Aramada yönlendirmek ve iyi sonuçlar elde etmek amacıyla yapay zeka veya melez tabanlı yaklaşımlar kullanmak gerekmektedir [Szelke ve Markus, 1997; Szelke ve Monostori, 1999; Kırış, 2008].

Bu bölümde, Suresh ve Chaudhuri (1993), Raheja ve Subramaniam (2002) ve Subramaniam ve Raheja (2003) çalışmaları referans alınarak çizelgeleme yaklaşımları üç sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırma ise Şekil 3.2' de gösterilmiştir.

Şekil 3.2. Çizelge düzeltme yaklaşımlarının sınıflandırılması [Kırış, 2008]

3.7.1. Geleneksel yaklaşımlar

Matematiksel programlama, sezgiseller, benzetim ve arama yaklaşımları geleneksel yaklaşımlar olarak tanımlanmıştır. Tepkisel proje çizelgelemede, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin yapısına göre tepkisel çizelgeleme yöntemi seçilmektedir. Optimizasyon yöntemleri büyük sayıda aktiviteye sahip ve karmaşık yapıdaki problemlerde başarı sağlayamadığı için problemin tepkisel boyutunda da teorik çalışmalar dışında kullanılamamaktadır. Bu sebeple tepkisel çizelgeleme yöntemi mevcut sezgisel yöntemler üzerine yoğunlaşmıştır, ancak büyük çaplı problemlerde metasezgisel yöntemlerin kullanılması önerilmektedir.

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemleri için geliştirilen tepkisel çizelgeleme algoritmaları, seri ve paralel, deterministik ve stokastik çizelgeleme yöntemlerini kullanılabilmektedir.

Herrolen (2005) tarafından literatürde bulunan ilgili tepkisel çizelgeleme yöntemleri optimal kalite sağlamlığı, sezgisel kalite sağlamlığı ve çözüm sağlamlığı olarak sınıflandırılmıştır.

Optimal kalite sağlamlığı (Optimal quality robust)

- Deterministik kaynak kısıtlı proje çizelgeleme ile tamamen yeniden çizelgeleme

Sezgisel kalite sağlamlığı (Heuristic quality robust)

-Kaynak akışlarını düzenledikten sonra erken başlama kuralı
-Aktivite bazlı öncelik kuralları

Çözüm sağlamlığı (Solution robust)

-Erkenlik-geçlik maliyetlerini enküçükleme

Öncelik listesi çizelgelemeleri

Tepkisel çizelgeleme aşamasında her bir karar noktasında hangi aktivitelerin çizelgeleneceğini belirlemek için öncül ilişkiler uygunluğunu sağlayan ve 2. Bölümde belirtilen öncelik listeleri kullanılabilir.

Sabit kaynak dağıtımı

Kestirimci çizelgede yapılan kaynak dağıtım kararlarını basitçe yöneten yöntemleri çizelge bozulmalarına tepki verebilmek için kullanmak mümkündür. Kaynak ve öncelikler açısından uygun olan başlangıç çizelgesi için, aktivitelerde kaynak birimlerinin nasıl kullanıldığına karar veren bir kaynak akış ağı oluşturmak

mümkündür. Literatürde birçok kaynak dağıtım prosedürü incelenmiştir [Artigues ve ark., 2003; Policella ve ark., 2005].

Örnekleme Yaklaşımı

- Basit örnekleme
- Zaman pencereli örnekleme

Sezgisel WET Prosedürü

Tepkisel çizelgeleme başlangıç çizelgesini yenileyen-yeniden en iyileyen bir araçtır. Ana unsur, meydana gelen beklenmedik bozulmaları dikkate almak için başlangıç çizelgesini onarma üzerine çalışırlar.

3.7.2. Bilgi tabanlı yaklaşımlar

Çizelgeleme sisteminin kendi aşamasındaki kararları verebilmesi için diğer birimlerle etkileşimli çalışması gerekmektedir. Bu nedenle etkin bir veritabanı yönetimi de var olmalıdır. Buradan alınan bilgiler ile işletme hedefleri doğrultusunda çizelgeler hazırlanabilmektedir. Ara yüz kullanılarak hazırlanan çizelgeler kullanıcıya sunulmaktadır. Bu aşamada genellikle Gantt semalarından faydalanılmaktadır. Kullanıcı çizelgede değişiklik yaparsa, basarı ölçütlerindeki değişikleri görebilmektedir [Kırış, 2008].

3.7.3. Dağıtımlı çözümleme yaklaşımı

Dağıtımlı çözümleme yaklaşımı, problemlerin yetkileri merkezden birkaç yere dağıtılmış ve bağı zayıf olan ajanlar kümesiyle işbirliği altında çözülmesidir. Bu ajanlar probleme uygulanabilen yerel yordamların, kuralların vb. süreçlerin işlemcileridir. Genel en iyiyi bulmak için işbirliği ile çalışmaları gerekmektedir [Kırış, 2008].

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Son yıllarda yapılan çalışmalar çizelgelerin geçerliliğini koruyabilmesi, etkinliğinin kaybolmasının önüne geçilebilmesi için tepkisel çizelgelerin oluşturulması ve kontrolü üzerine yoğunlaşmıştır.

Yeniden çizelgeleme yaklaşımları üzerine yapılmış çalışmalardan atölye ortamını ve hizmet sektörünü kapsayan tepkisel çizelgeleme çalışmaları ile proje çizelgeleme üzerlerine yapılan çalışmalar ayrı ayrı kısaca açıklanmıştır.

Tepkisel proje çizelgeleme üzerine yapılan araştırmalar Kolisch ve Hartmann (2006), Demeulemeester ve Herroelen (2002), Kolisch ve Padman (2001), Hartmann ve Kolisch (2000), Kolisch ve Hartmann (1999) ve Herroelen'da (1998), Herroelen ve Leus (2004), Demeulemeester ve Herroelen (1997) gibi sınırlı çalışmalarda bulunabilir.

Kolish ve ark. (1995), ProGen adı verilen bir kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi kütüphanesi geliştirmiştir. ProGen, şimdiki adıyla karşılaştırma testi olan bir dizi kaynak kısıtlı proje çizelgeleme test örneklerini oluşturmak için kullanılmaktadır [Kolish ve ark., 1995].

Kolisch (1996), olası bütün çizelgeler için seri ve paralel yöntemlerin iki farklı programı olduğunu açıklamıştır. Çizelgelenecek olan karar kümesinden bir etkinliğin seçilmesi için belirli bir öncelik kuralı atanmaktadır [Kolish, 1996].

Brucker ve ark. (1999), çalışmasında kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemini, atölye tipi çizelgeleme problemi ile ortak tabanda buluşturacak şekilde parametre sembolleri ile modellemiş ve kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemleri ve çözüm yöntemlerinin genel sınıflandırmasını yapmıştır [Brucker ve ark., 1999].

Herroelen ve ark. (1998), kaynak kısıtlı proje çizelgelemesi için dal ve sınır algoritmasını önermişlerdir [Herroelen ve ark., 1998].
Herroelen ve Leus (2004), bozulmalara karsı olabildiğince korunabilmesini sağlayan sağlam çizelgelerin oluşturulması ve beklenmedik olayların gerçekleşmesinde çizelgeyi yenileme ve yeniden en iyilenmesini sağlayan tepkisel proje çizelgeleme için uygun yaklaşımları incelenmişlerdir [Herroelen ve Leus, 2004].

Kolish ve Hartmann (2004), Hartmann'ın (1998) genetik algoritması ve Bouleimen ve Lecocq'un (2003) tavlama benzetimi prosedürünü en iyi çalışan yaklaşımlar olarak bulmaktadır. Ayrıca metasezgisellerin en iyi çalışan yöntemler olduğunu da bulmuşlardır [Kolisch ve Hartmann, 2006]. Ancak; kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi için saf genetik algortimalar artık yeterli değillerdir. Temel genetik algoritma şeması path relinking, forward–backward improvement (FBI) (ileri–geri geliştirme), selfadapting mechanisms (özuyumlu mekanizmalar), non-standard crossover techniques (standart dışı çaprazlama teknikleri) gibi ileri özellikler ile bütünleştirilerek daha iyi sonuç verir. Değişiklikler ve uzantılar mükemmel sonuç almak için aynı sezgisellere uygulanmıştır. Ancak, bütün değişiklikler ve uzantılar performans ile tam olarak uyumlu olmamıştır.

Valls ve ark. (2004), kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminde ortalama bir program uygulanabildiği sürece FBI'nın mevcut olan herhangi bir sezgisele kolayca eklenebileceğini göstermiştir. Bu FBI'yı sezgisellerin umut veren yapıtaşı yapar. En iyi çözüm yöntemlerinin ortak özelliği ileri-geri gelişmedir. İleri-geri gelişmenin kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi için gelecekte sezgisellerin önemli bileşeni olacağını beklemektedirler [Valls ve ark., 2004)].

Dinç (2005), uzun yıllardır yapımı devam eden ve proje yönetim teknikleri kullanılmadan planlanmış bir baraj ve hidroelektrik santrali projesini PERT ve CPM tekniklerini kullanılarak programlamış, çeşitli alternatif senaryolardan en iyi sonuç vereni seçerek, projenin bu güne kadar tamamlanamamış olan kısmı için yeniden bir program oluşturmuştur [Dinç, 2005].

Herroelen ve Leus (2005), daha sonraki çalışmalarında ise belirsizlik altında çizelgelemede temel yaklaşımlar olan tepkisel çizelgeleme, stokastik proje çizelgeleme, bulanık proje çizelgeleme, saglam çizelgeleme ve duyarlılık analizi üzerinde incelemelerini sürdürmüşlerdir [Herroelen ve Leus, 2005].

Policella ve Rasconi (2005), çalışmalarında tepkisel çizelgeleme problemlerinin örnekleri için geliştirilen karsılaştırmalı değerlendirme işlev birimi için bazı temel fikirlere yer vermişlerdir. Proje çizelgeleme problemleri üzerinde durmuş ve özel bir probleme yönelik RCPSP/ max (kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi) karsılaştırmalı değerlendirme işlev birimi anlatılmıştır [Policella ve Rasconi, 2005].

Wang (2005), çalışmasında, teslim zamanları kısıtını dikkate alınarak ürün geliştirme projelerinin çizelgelenmesini modellemiştir. Beklenmeyen olaylar sonucu bozulmuş çizelgeleri kaynak çakışma maliyetlerini en küçükleyecek şekilde düzeltecek meta-sezgisel yaklaşımlara dayanan tepkisel çizelgeleme yöntem bilimi geliştirmiştir [Wang, 2005].

Kolisch ve Hartmann (2006), çalışmalarında kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi için sezgisel yöntem üzerine bir çalışma yapmıştır. ProGen tarafından 30 aktiviteli 480 adet, 60 aktiviteli 480 adet ve 120 aktiviteli 600 adet problemden oluşan üç test seti kullanılmıştır [Kolisch ve Hartmann, 2006].

Kolisch ve Hartmann (2006), tek başına ileri programlama yerine her iki programlama yönleri, tek SGS yerine her iki SGS, ne sadece seri ne de sadece paralel SGS yerine her ikisinin de kullanılmasını önermiştir. Sonuç olarak, seriye ek olarak paralel SGS'nin kullanılması, tek tip yerel arama operatörü veya birden fazla tip metasezgisel stratejiye göre sonuçları daha çok geliştirir [Kolisch ve Hartmann, 2006].

Vonder ve ark. (2006), çalışmalarında kaynak kısıtlı proje çizelgelerinde aktivite süresi değişimi vb. gibi projenin yürütülmesi aşamasında başlangıç çizelgesini

duraksatan bozulmaları onarım için sezgisel tepkisel çizelgeleme prosedürü önermişlerdir. Amaç, başlangıç çizelgesi ile onarılan çizelgeler arasındaki farkı minimize etmektir Öncelik kuralı bazlı sezgiseller, örnekleme yaklaşımı ve ağırlıklı erkenlik-geçlik sezgiseli örnek projeler üzerinde uygulanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır [Vonder ve ark., 2006].

Hekimoğlu (2007), çalışmasında, kaynak atamada kullandığı iki öncelik kuralı ile Primavera V.4.1'in ve MS Project 2003'ün performans değerlendirmesi, referans kabul edilen test problemleri bazında yapmış ve karşılaştırmalı olarak sonuçları sunmuştur. Bulunan en iyi değerden sapma miktarına bağlı olarak Yazılımların kaynak atama kabiliyetleri ölçülmüştür. PSPLIB'den alınan kısıtlı kaynaklarla proje çizelgeleme problemleri, ProGen tarafından faktörel tasarım altında üretilmiştir. Elde edilen sonuçlara istatistiksel testler uygulayarak parametrelerin etkinliği araştırılmıştır. Sonuçlarda, proje yönetimi yazılım paketleri arasında Primavera V.4.1'in LFT kuralı ile en iyi sonucu sağladığı görülmüştür [Hekimoğlu, 2007].

Vonder ve ark. (2007), çalışmalarında gerçeklesen ile temel çizelge arasındaki sapmayı en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Kaynak kısıtlı proje çizelgelerinin hazırlanması için yeni tepkisel yordamlar anlatılmıştır. Öncelik kuralı tabanlı çizelge hazırlama, örnekleme yaklaşımı ve ağırlıklandırılmış erken-geç yordamı ile hesaplamalar yapılmıştır [Vonder ve ark., 2007].

Paksoy (2007), çalışmasında, Delphi 6 kullanarak, kaynak kısıtlı proje çizelgelemeye yönelik olarak genetik algoritma hazırlamıştır. Algoritma; literatürde bulunan dört veri kümesi üzerinde, toplam 2040 çizelgeleme problemi ile test edilmiştir. Test edilen problemler neticesinde; elde edilen proje bitirme sürelerinin tatmin edilebilir düzeyde olduğu gözlenmiştir. Geliştirilen algoritma, basit problemlerde evrensel (global) sonuçlar verirken, karmaşık problemlerde genellikle yerel sonuçlar üretebilmektedir [Paksoy, 2007].

Vonder ve ark. (2007), çalışmalarında farklı kestirimci ve tepkisel proje çizelgeleme prosedürlerinin performanslarını kararlı süreli proje tamamlanma zamanı bazında değerlendirmişlerdir. Kestirimci RFDFF sezgisel yöntemi, başlangıç çizelgeleri için en kararlı çizelgeyi vermektedir [Vonder ve ark., 2007].

Çubukçu (2008), çalışmasında bulanık faaliyet süreli kaynak kısıtlı proje çizelgelemesi problemini ele almıştır. Öncelikle, proje ağında yer alan faaliyetler için BIFPET (Belief in Fuzzy Probability Estimations of Time) metodolojisine uygun olarak bulanık sayı üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Ele alınan kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi, karışık tamsayı matematiksel model kullanılarak modellenmiş ve değişken maliyetli çoklu proje kaynakları modele dahil edilmiştir. Oluşturulan optimizasyon modeli için mevcut bulunan hesaplama karmaşıklığı sebebiyle, başlangıç çözümünü belirlemek için sezgisel algoritma oluşturulmuş ve çözüm uzayının sınırlandırılması yaklaşımıyla farklı büyüklükteki problemler çözümlenmiştir. Bu şekilde, projelerin planlanmasında zaman ve maliyet risklerinin en aza indirileceği ve bu risklerin proje yöneticisi tarafından denetlenmesini sağlayacak bir yöntem oluşturulmuştur [Çubukçu, 2008].

Sarı (2008), çalışmasında, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi için sürekli olurlu arama bölgesinde arama yapan iki algoritma geliştirmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda, olursuz çözüm bölgesini de çözüm kümesine dahil ederek arama yapılmasına karşın, bu çalışmada tümüyle olurlu bir yapı korunarak öncelik ilişkilerini bozmayacak şekilde tasarlanan algoritmalarla, literatürde en çok kullanılan veri setleri çözülmüştür. Dağıtık ve genetik algoritma olarak kullanılan algoritmaların birbirlerine göre benzerlik ve farklılıkları çözümlerle ortaya konulmuştur. Bu çalışmada da proje çizelgeleme kavramı ele alınmış olup, metasezgisel yöntemlerin kaynak kısıtlı proje çizelgeleme optimizasyonunda, mühendislik çalışmalarında sıkça kullanılan, Matlab paket programı ile bir uygulaması yapılmış ve önemli çıkarımlar elde edilmiştir [Sarı, 2008].

Ökmen (2008), çalışmasını inşaat projelerinde faaliyet şebeke çizelgeleri ve tahmini maliyetler üzerindeki belirsizlik etkisini değerlendirmek ve inşaat projelerinde belirsizliğin incelenmesi için kullanılabilecek benzetim tabanlı çizelge ve maliyet risk analizi modelleri geliştirmek üzerine yürütmüştür. İki yeni benzetim tabanlı çizelge risk modeli, Korelasyonlu Çizelge Risk Analizi Modeli (CSRAM) ve Korelasyonlu Bulanık Çizelge Risk Analizi Modeli (CFSRAM), faaliyet sürelerinin ve risk faktörlerinin korelasyonlu olduğu durumda belirsizlik altında inşaat faaliyet şebekelerinin irdelenmesi için önerilmiş ve ayrıca yeni bir benzetim tabanlı maliyet risk modeli, Korelasyonlu Maliyet Risk Analizi Modeli (CCRAM), maliyetlerin ve risk faktörlerinin korelasyonlu olduğu durumda belirsizlik altında erken inşaat maliyetlerinin tahlil edilmesi için sunulmuştur. Bu modellerde, korelasyon, dolaylı ve niteliksel olarak sağlanmaktadır. Modeller, çizelge ve maliyet yönetimini destekleme amaçlı risk faktörü duyarlılık bilgisi sunabilmektedir. Olasılık ve bulanık küme, modellerin teorik mantığını geliştirmek için kullanılan başlıca matematiksel kuramlardır. Çalışmada, modellerin etkinliği, kurgusal ve gerçek uygulamalar ile değerlendirilmiştir. Bu uygulamalarda elde edilen bulgular, CSRAM, CFSRAM ve CCRAM' in teorik beklentilerle uyumlu bir şekilde işlediğini ve gerçekçi sonuçlar ürettiğini göstermektedir [Ökmen, 2008].

Wang ve ark. (2008), dinamik tepkisel çizelgeleme problemi için makine bozulmalarının sisteme etkisini yenmeye çalışan bütünleşik bir yaklaşım önerilmişlerdir [Wang ve ark., 2008].

Çekmece (2009), çalışmasında Primavera Enterprise V.6.0 - Project Management yazılımı ve MS Project 2007 yazılımının kaynak kısıtlı proje çizelgeme probleminde, aşırı kaynak yüklenmiş problem çözümleri için kaynak dağıtma kabiliyetlerini değerlendirmiştir. Primavera ve MS Project yazılımının performansını değerlendirmek için PSPLIB'den 45 adet aşırı kaynak yüklenmiş örnek proje seçilmiştir. Primavera yazılımının üç kaynak atama önceliği ve MS Project yazılımının iki kaynak atama önceliği kıyaslanmıştır. Farklı kaynak atama önceliklerine göre yazılımların en iyi çözümleri t-test kullanılarak kıyaslanmıştır.

Sonuçlar, alt sınır değerleriyle ve önceki çalışmalarda sezgisel yöntemler kullanılarak elde edilmiş optimum sonuçlarla kıyaslanmıştır [Çekmece, 2009].

Alver (2009), kaynak kısıtlı proje çizelgeleme probleminin çözümü için Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritması kullanmıştır. Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritması'nda başlangıç çizelgesi oluşturmak için 6 farklı öncelik kuralı kullanılmıştır. Geliştirilen uygulama algoritmanın karakteristik değişkenlerinin farklı değerleri ile 480 değişik kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi için çalıştırılmış ve elde edilen çözümler problemlerin optimum çözümleri ile karşılaştırılarak bulunan sonuçlar analiz edilmiştir [Alver, 2009].

Atasever (2009), çalışmasında kısıtlı kaynak ve devresel değişkenli proje çizelgeme için bir algoritma tasarlayarak, tek ve çok kaynak kısıtı ile tekli ve çoklu projeler üzerinde algoritmanın çalışmasını test problemleri üzerinde denemiştir. Proje yöneticilerine karar desteği sağlayacak şekilde geliştirilen algoritmanın kullanıldığı bir yazılım hazırlanmıştır. Yapı sektöründe bir uygulama projesi bu yazılım ile çizelgelenmiştir. Bu çalışmada kaynak maliyetlerinin ve kapasitelerinin devresel değişkenlik gösterdiği durumlarda kullanılmak üzere sezgisel bir algoritma önerilmiş ve bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Önerilen algoritmanın literatürde yer alan test problemleri üzerinde denenmesi için bir yazılım geliştirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Test problemlerinin denenmesi ile elde edilen sonuçlara dayanarak, algoritmanın tutarlı ve geçerli sonuçlar ürettiği, hızlı sonuç veren bir algoritma olduğu söylenebilmektedir. Algoritmanın hızlı çalışıyor olması sebebiyle, karar destek sistemlerinde, başlangıç çözüm oluşturmakta ve diğer proje yönetim yazılımların içerisinde kullanılması önerilmiştir [Atasever, 2009].

Araştırmacılar tarafından proje yönetim yazılımlarının performansını karşılaştıran çalışmalar Johnson (1992), Maroto ve Tormos (1994), Burley (1995), Maroto ve ark. (1996), Farid ve Manoharan (1996), Kolisch (1999), Mellentien ve Trautmann

(2001), Trautmann ve Baumann (2009), Kastor ve Sirakoulis (2008), Hekimoğlu (2007), Çekmece (2009) olarak sıralanabilir.

Son yıllarda yapılan çalışmalara bakılacak olursa, Hekimoğlu (2007) tarafından yapılan çalışmada Primavera V.4.1'in ve MS Project 2003'ün performans değerlendirmesi, referans kabul edilen test problemleri (PSPLIB'den alınan kısıtlı kaynaklarla proje çizelgeleme problemleri, ProGen tarafından faktörel tasarım altında üretilmiştir.) bazında karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Deney sonuçlarında Primavera V.4.1'in daha üstün performans gösterdiği tespit edilmiştir [Hekimoğlu, 2007].

Kastor ve Sirakoulis (2008) tarafından yapılan çalışmada Primavera V.6-Project Management (P6) yazılımı ile MS Project 2007 yazılımı karşılaştırılmıştır. Yazılım ve ilgili öncelik kurallarının perfromans sıralaması P6-Default, P6-LST, MS Project 2007 olarak belirlenmiştir [Kastor ve Sirakoulis, 2008].

Trautmann ve Baumann (2009) tarafından yapılan çalışmada Primavera V.6, ACO ve CSP yazılımlarının performansları değerlendirilmiştir. ACO yazılımı için ardılların toplam sayısı, bolluk zamanı (FF), ardılların ve öncüllerin toplam sayısı olmak üzere 3 öncelik kuralı seçilmiş, CSP yazılımı için CARLO (Cost and Resource Levelling Algorithm), en geç tamamlanma zamanı (LFT) - aktivite süresi (Duration) - toplam bolluk süresi öncelik kuralı (TF) ve en küçük başlangıç zamanı (EST)- en geç tamamlanma zamanı (LFT) olmak üzere 3 öncelik kuralı seçilmiş, Primavera V.6 yazılımı için en geç başlama zamanı (LST)-en geç tamamlanma zamanı (LFT), en geç tamamlanma zamanı (LFT)- aktivite süresi (Duration) , bolluk zamanı (FF)-en geç başlama zamanı (LST) olmak üzere 3 öncelik kuralı seçilmiştir. Deney sonuçlarına göre en iyi performans CARLO öncelik kuralı ile çalıştırılan CSP yazılımı tarafından sağlanmış, bunu Primavera V.6 yazılımının en geç bitiş zamanı-en büyük aktivite süresi öncelik kuralı izlemiştir [Trautmann ve Baumann, 2009].

Çekmece (2009) tarafından yapılan çalışmada Primavera Enterprise V.6.0 - Project Management (P6) ve MS Project 2007 (MS)'nin aşırı kaynak yüklenmiş 30, 60 ve 120 aktiviteli kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problem çözümleri için kaynak dağıtma kabiliyetleri değerlendirilmiştir. P6'nın üç kaynak atama önceliği ve MS'nin iki kaynak atama önceliği kıyaslanmıştır. Farklı kaynak atama önceliklerine göre P6 ve MS'nin en iyi çözümleri t-test kullanılarak kıyaslanmıştır. P6 ve MS'in sonuçları alt sınır değerleriyle ve önceki çalışmalarda sezgisel yöntemler kullanılarak elde edilmiş optimum sonuçlarla kıyaslanmıştır. 14 farklı kıyaslama sonucunda, genel olarak bakıldığında P6'nın LFT öncelik kuralının en iyi sonucu verdiği, P6'nın TF öncelik kuralının ikinci en iyi sonucu verdiği ve MS Project 2007 yazılımının üçüncü en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Çekmece'nin (2009) çalışmasında elde ettiği sonuçlara ilişkin tablo EK-3'de verilmiştir [Çekmece, 2009].

5. BİR HİDROELEKTRİK SANTRAL KURULUMU PROJESİNDE KAYNAK KISITLI TEPKİSEL PROJE ÇİZELGELEME YAKLAŞIMININ UYGULAMASI

5.1. Projenin Tanıtımı ve İlk Proje Planlama Süreci

İnşaat sektöründe uygulanan projeler diğer tip projelerden bazı yönlerden farklılık gösterirler. Her inşaat projesi benzersiz özelliklere sahiptir. İnşaat teknikleri, tasarım yöntemleri, anlaşma tipi, sorumluluk dağıtımı, hava koşulları, yeraltı ve toprak durumu, siyasi konum, ekonomik etkiler ve başka birçok değişken, projeler arasındaki değişkenliğin ve benzersizliğin kaynağı olarak gösterilebilir [Dinç, 2005].

İnşaat projeleri üç ana grup altında sınıflandırılabilir; mühendislik (otoban, kanal, baraj, köprü vb.), bina (okul, hastane, konut ev vb.) ve sanayi (rafineri, fabrika, üretim tesisi vb.) [Dinç, 2005]. Bu projelerin ortak özelliği, bütün işlemlerin önceden hazırlanmış planlar doğrultusunda uygulanmasının gerekliliğidir.

Yukarıda belirtilen iç ve dış faktörlerin üretim üzerinde önemli etkiye sahip olması, inşaat projelerinde risk ve belirsizlikleri üst düzeye taşımaktadır. Ayrıca projelerin boyutlarının geçmişte bir kişinin her detayı tecrübe ve bilgisiyle yönetebileceği seviyelerdeyken, zamanla ihtiyaçların artması, yapı tekniklerinin gelişmesi ve maddi kaynakların büyümesi, daha büyük boyutlu projelerin gündeme gelmesi ve proje yöneticilerinin detaylara hakim olmasının zorlaşması ile proje yönetimini kolaylaştırıcı tekniklerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Projenin hedeflenen sürede ve maliyetlerde tamamlanmasının gerçekleştirilebilmesi için proje yönetimi yaklaşımlarının başarılı olarak uygulanabilmesi gerekmektedir [Çubukçu, 2008].

Türkiye’de sektörde büyük pay sahibi olan ve büyük projeleri yöneten firmalar dışında, genellikle proje yönetiminin en önemli süreçlerinden biri olan planlama ve kontrol aşamaları sistematik bir yapıda yürütülmek yerine projelerde yöneticilerin bilgi, tecrübe ve sezgileri kullanılmaktadır.

Bu kapsama girmeyip proje yönetiminin tüm evrelerini uygulayan ve proje yönetim süreçlerinden elde edilen bilgileri ileriki projelerine taşıyan büyük çaplı firmalar ise, Primavera, MS Project gibi proje yönetim yazılımlarını ve bununla bütünleşik olarak ERP (Kurumsal Kaynak Planlama) yazılımlarını kullanmaktadırlar.

Bu kapsamda, çalışmanın uygulama kısmında, bir hidroelektik santralinin kurulumu projesi ele alınarak, proje yönetim yazılımlarından Primavera V.6 Project Management yazılımı (Primavera yazılımı) ve MS Project 2007 yazılımı ile ayrı ayrı olmak üzere projenin planlaması, çizelgelemesi, kontrolü ve tepkisel çizelgeleme süreçlerinin uygulaması yapılmıştır.

Projenin Özellikleri

Uygulamada, Yıldızlar Enerji Elektrik Üretim A.Ş. tarafından yürütülen Kulp I Hidroelektrik Santrali ve Kulp IV Hidroelektrik Santrali projesi (Kulp I-IV HES projesi) ele alınmıştır.

Diyarbakır ili, Kulp ilçesi sınırlarında bulunan Kulp I-IV HES projesi, yenilenebilir hidrolik kaynağa dayalı elektrik enerjisi üretimi yapan iki elektrik üretim santralinin kurulması ve işletilmesi sürecini kapsamaktadır.

Uygulamada, santrallerin işletmeye alınması sürecine kadar olan yatırım öncesi dönem ve yatırım dönemi ele alınmıştır.

Kulp I-IV HES projesi, yenilenebilir hidrolik kaynağa dayalı enerji üretimi yapan iki adet hidroelektrik santralin kurulumu projesidir. Projenin toplam kurulu gücü 36,40 MW olup, beklenen toplam yıllık enerji üretimi 111,55 GWh olarak öngörülmüştür.

Çevre dostu Kulp I-IV HES projesi ile elde edilecek elektrik enerjisi, yaklaşık 150 000 ton kömür yakılarak elde edilecek elektrik enerjisi ile eşdeğerdir. Bu kapsamda

Kulp I-IV HES projesi ile yaklaşık 150 000 ton kömür yakılması ve böylece yaklaşık 75 000 ton CO_2 salınımını engellemiştir.

Projenin genel özellikleri Çizelge 5.1' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kulp I-IV HES projesinin genel özellikleri

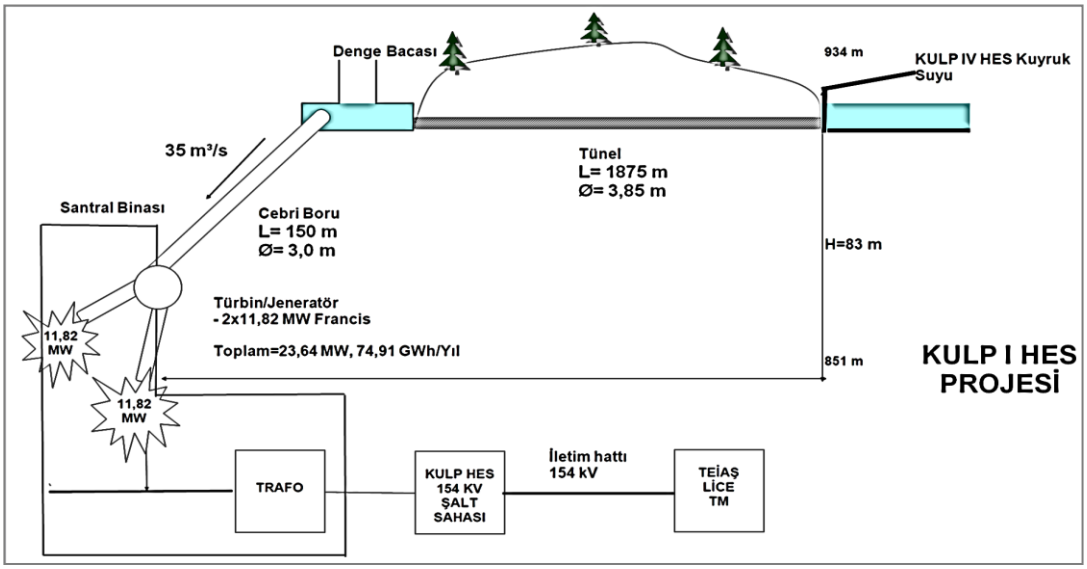
Projenin Özellikleri	Kulp I HES	Kulp IV HES
Enerji Türü	Yenilenebilir Enerji	Yenilenebilir Enerji
Enerji Kaynağı	Hidrolik	Hidrolik
Tesis Tipi	Nehir Tipi Küçük Rezervuarlı Santral	Nehir Tipi Küçük Rezervuarlı Santral
Hidroloji	Yıllık ortalama akım: 533,27 hm^3 Yıllık ortalama debi: 16,90 m^3/s	Yıllık ortalama akım: 272,36 hm^3 Yıllık ortalama debi: 8,63 m^3/s
Kurulu Güç (MWm)	23,60 MWm	12,80 MWm
Yıllık Enerji Üretimi (GWh)	Yıllık güvenilir enerji üretimi: 5,578 GWh Yıllık sekonder enerji üretimi: 69,332 GWh Yıllık toplam enerji üretimi: 74,910 GWh	Yıllık güvenilir enerji üretimi: 2,631 GWh Yıllık sekonder enerji üretimi: 34,014 GWh Yıllık toplam enerji üretimi: 36,645 GWh

Proje Tesisleri

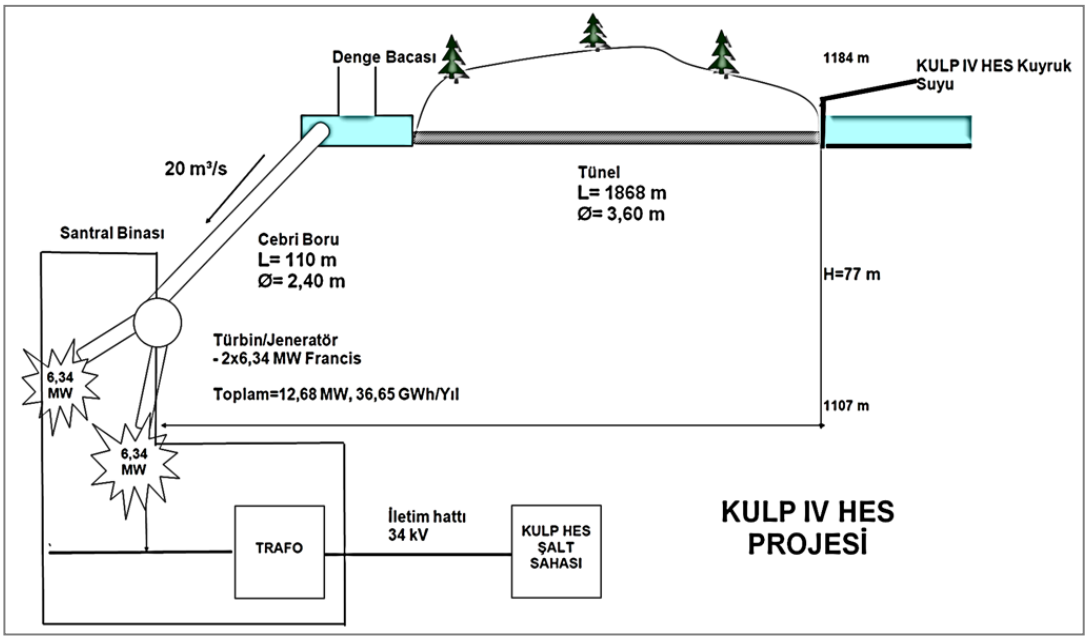
Projenin ana tesislerini regülatör, su alma yapısı ve silt tutma havuzu, iletim tüneli, denge bacası, cebri boru, santral binası, kuyruksuyu kanalı, türbin, genaratör, enerji nakil hatları, şalt sahası ve diğer hidromekanik, elektromekanik ve elektrik ekipmanları oluşturmaktadır. Projenin ana tesislerine ilişkin ayrıntılı bilgiler Çizelge 5.2' de verilmiştir. Şekil 5.1' de ise Kulp I-IV HES projesinin yapılarının yerleşimlerinin ve elektrik üretim sürecinin şekilsel gösterimi bulunmaktadır.

Çizelge 5.2. Kulp I-IV HES projesinin ana tesisleri

Proje Yapıları	Kulp I HES	Kulp IV HES
Regülatör	Regülatör tipi: Kapaklı beton esik Kapak adedi: 2 adet Kapak boyutları (g/y): 8,00/12,55 m Talveg kotu: 920,00 m Maksimum su kotu (Q100'de): 934,00 m	Regülatör tipi: Kapaklı beton esik Kapak adedi: 2 adet Kapak boyutları (g/y) : 7,50/12,55 m Talveg kotu: 1170,00 m Maksimum su kotu (Q100'de) : 1184,0 m
Su Alma Yapısı ve Silt Tutma Havuzu	Silt tutma havuzu göz adedi: 3 Silt tutma havuzu göz genisligi: 7,50 m Silt tutma havuzu uzunlugu: 75,00 m	Silt tutma havuzu göz adedi: 2 adet Silt tutma havuzu göz genisligi: 7,50 m Silt tutma havuzu uzunlugu: 75,00 m
İletim Tüneli	Tünel tipi: Basınçlı, beton kaplı at nalı kesit Tünel çapı: 3,85 m Egimi: 0,013 m/m Tünel uzunlugu: 1869,00 m	Tünel tipi: Basınçlı, beton kaplı at nalı kesit Tünel çapı: 3,00 m Egimi: 0,012 m/m Tünel uzunlugu: 1885,00 m
Denge Bacası	Statik seviye: 926,00 m Maksimum su kotu: 936,71 m Üst oda çapı: 12,00 m Saft çapı: 6,00 m Çelik kaplama çapı: 3,25 m Çelik kaplama uzunlugu: 63,00 m	Statik seviye: 1176,40 m Maksimum su kotu: 1184,65 m Üst oda çapı: 10,00 m Saft çapı: 6,00 m Çelik kaplama çapı: 2,75 m Çelik kaplama uzunlugu: 40,50 m
Cebri Boru	Tipi: Açıkta çelik boru Çapı / uzunlugu: 3,00 /150,0 m Bransman çapı: 2,00 m Bransman toplam uzunlugu: 2 x 26,21 m	Tipi: Açıkta çelik boru Çapı / uzunlugu: 2,40/107,50 m Bransman çapı: 1,50 m Bransman toplam uzunlugu: 2 x 16,24 m
Santral Binası	Açıkta, betonarme	Açıkta, betonarme
Türbin	Türbin tipi: Düsey milli francis Türbin adedi: 2 Tek ünite gücü: 11,814 kW Tek ünite maksimum debisi: 17,50 m3/s Brüt düsüsü: 83,00 m	Türbin tipi: Düsey milli francis Türbin adedi: 2 Tek ünite gücü: 6,340 kW Tek ünite maksimum debisi: 10,00 m3/s Brüt düsüsü: 76,80 m
Genaratör	Tipi: Düsey milli senkron Adedi: 2 Gücü: 13481 kVA	Tipi: Düsey milli senkron Adedi: 2 Gücü: 7235 kVA
Elektrik Ekipmanları	Transformatör, iç ihtiyaç tansformatörrü, dizel jenaratör	Transformatör, iç ihtiyaç tansformatörrü, dizel jenaratör
Şalt Sahası	Transformatörler, kesici-ayırıcılar vb. elektrik ekipmanları bulunur. Santrallerde üretilen elektriği Türkiye Enterkonnekte Sistemine bağlamak üzere 154 kV enerji nakil hatlarına verir.	
34.5 kV Enerji Nakil Hattı	Kulp IV HES ile Kulp I HES'i bağlayan ve regülatöleri besleyen 19 km uzunluğundaki 34,5 kV enerji nakil hatlarıdır.	
154 kV Enerji Nakil Hattı	Santralleri Türkiye Enterkonnekte Sistemine bağlamak üzere Lice Trafo Merkezine bağlanan 40 km uzunluğundaki 154 kV enerji nakil hatlarıdır.	
Köprüler ve Yollar	10 000 m ulaşım yolu ve 2 köprü yapılmıştır.	



(a)



(b)

Şekil 5.1. Kulp I-IV HES proje yapılarının yerleşimi
(a) Kulp I HES Projesi
(b) Kulp IV HES Proje

5.1.1. Mevcut Projenin MS Project 2007 Yazılımı ile Planlanması ve Yönetimi

Kulp I-IV HES projesinin çizelgelenmesi problemi, projenin fazla sayıda, karmaşık ilişki yapısında, kısıtlı kaynakları kullanan aktivitelere sahip olması ve belirli süre içerisinde tamamlanmak zorunda olması sebebiyle, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi kapsamına girmektedir.

Projenin gerçek zamanlı yönetiminde Microsoft Office Project 2007 Proje Yönetim Yazılımı kullanılmıştır. MS Project yazılımında projenin ana iş kırılım yapısı oluşturulmuş ve bu iş kırılım yapısının altında idari ve teknik aktiviteler tanımlanmıştır. Tanımlanan aktivitelerin süreleri, aktivitelerin öncül-ardıl ilişkileri sisteme girilmiş ve CPM tekniğine göre çizelgeleme yapılmıştır. Projenin kaynakları ve kaynakların birim maliyetleri sisteme girilmemiştir.

<u>Projenin İş Kırılım Yapısının (Work Breakdown Structure) Tanımlanması</u>

Projenin uygulandığı sektörün gerekleri ve proje fizibilitisinde belirlenen proje formülasyonuna göre proje süreçlerine ilişkin ana ve alt iş kırılım yapısı oluşturulmuştur.

Enerji projelerinde, proje yapılarının kurulum aşamalarını kapsayan teknik süreçlerin yanı sıra, projenin idari ve hukuksal yönünü kapsayan idari süreçler de projenin yürütülmesi ve tamamlanması etkileyen büyük kısıtları içermektedir ve bu idari ve hukuksal süreçlerin de proje yöneticileri tarafından planlanması ve yönetilmesi gerekmektedir.

Ülkemiz enerji sektöründe, 2001 yılında 4628 sayılı Enerji Piyasası Kanunu'nun çıkarılması ile enerji projelerinin yapım ve işletmesinde özel sektörün önü açılmıştır. Bu süreçte, özel şirketlerin yürüttüğü enerji projelerinin hukuksal, idari ve teknik süreçlerini de kapsayacak şekilde yeniden düzenlenen Türkiye Enerji Mevzuatı hala gelişimini sürdürmektedir. Sözü edilen idari ve hukuksal süreçlerin

yürütülmesinde, mevzuatın uygulamada doğan problemlere cevap verebilecek seviyede oturmuş olmaması ve Kurumların taşra teşkilatlarının gelişimini sürdüren bu konu ile ilgili bilgi birikimlerinin ve gerçek hayat uygulamalarına ilişkin tecrübelerinin az olması sebebiyle hem özel sektör yatırımcıları hem de Devlet Kurumları açısından bu idari ve hukuksal süreçlerin tahmin edilemez boyutlarının, belirsizliklerin ve problemlerin yönetilmesi gerekmektedir.

Bu sebeple enerji projelerinin *idari ve hukuksal yönü* ve *teknik yönü* olmak üzere iki ana bileşeni bulunmaktadır. Bu iki ana bileşen birbiri ile büyük ölçüde ilişkilidir. Herhangi bir işlemle ilgili idari ve hukuksal bir süreç teknik bir süreci; teknik bir süreç işe aynı şekilde idari bir süreci etkileyebilmektedir.

Kulp I HES ve Kulp IV HES Projesinin bu kapsamda oluşturulan ana iş kırılım yapısı Çizelge 5.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Kulp I-IV HES projesi ana iş kırılım yapısı

Kulp I-IV Hes Projesi	İzinler
	Etüt-Proje
	Şantiye Kurulum
	İnşaat
	Hidromekanik
	Elektromekanik ve Elektrik
	Enerji Nakil Hatları

Projenin Aktivitelerinin Tanımlanması

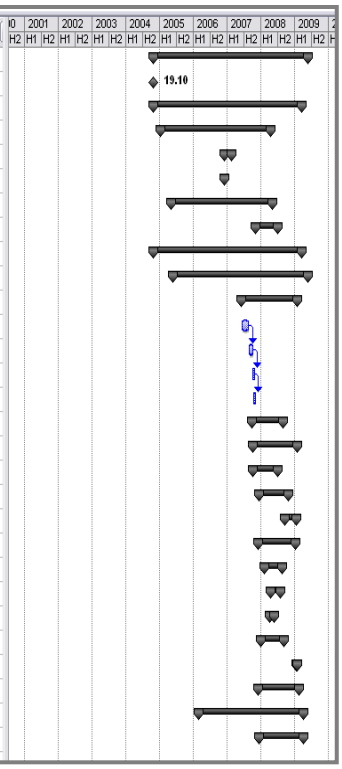
Ms Project'te oluşturulan Kulp I-IV HES projesinin başlangıç çizelgesinde iş kırılım yapısı altında toplam 310 aktivite tanımlanmıştır. Bu aktivitelerden 70'i elektrik üretim lisansı alınması, kamulaştırmaların yapılması, projelerin onaylatılması, anlaşmaların yapılması, izinler ve ruhsatların alınması, kabullerin yapılması gibi idari ve hukuki aktivitelerden; 240'ı ise inşaat, hidromekanik,

elektromekanik, elektrik, enerji nakil hatları ve test süreçlerini kapsayan teknik aktivitelerden oluşmaktadır. Tanımlanan aktivitelerin süreleri, aktivitelerin öncül-ardıl ilişkileri sisteme girilmiştir.

Projenin MS Project 2007 Yazılımında Başlangıç Çizelgesinin Oluşturulması

Projenin kaynakları ve kaynakların birim maliyetleri sisteme girilmemiştir. Projenin gerçek zamanlı planlama sürecinde yazılıma kaynaklar tanıtılmadığı ve aktivitelere kaynaklar atanmadığı için, proje çizelgelemede kaynak dağıtım uygulaması yapılmamıştır. Kaynak kısıtlarını dikkate almayan çizelgeleme yapıldığı için, projenin yürütülmesi aşamasında yazılımdan yalnızca süresel iş programı alınabilmiş, kaynakların aktivitelere yönlendirmesi proje uygulayıcıları tarafından sezgisel olarak yapılmıştır. Projenin, başlangıç aşamasında Ms Project 2007 Yazılımında oluşturulan ilk çizelgesine ilişkin ekran görüntüsü Şekil 5.2'de verilmiştir.

Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
KULP I-IV HES PROJESİ	1617,88 days?	Tue 19.10.04	Sat 23.05.09	
LİSANS ALMA	0 days	Tue 19.10.04	Tue 19.10.04	
İZİNLER	1547,13 days?	Tue 19.10.04	Wed 11.03.09	
Kamulaştırma	1155,5 days?	Wed 05.01.05	Thu 17.04.08	
Hazine Taşınmazları için İrtifak Hakkı/Kullanma izn	73 days	Fri 01.12.06	Thu 15.02.07	8
Orman İzinlerinin Alınması	1 day?	Fri 01.12.06	Sat 02.12.06	8
ÇED	1055,63 days	Mon 02.05.05	Wed 30.04.08	
Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşması (TEİAŞ)	235 days	Thu 01.11.07	Tue 01.07.08	
Diğer izin ve ruhsatlar	1547,13 days?	Tue 19.10.04	Wed 11.03.09	
ETÜT - PROJE - KONTROLLÜK	1409,75 days	Mon 23.05.05	Sat 23.05.09	
İNŞAAT	584,88 days	Fri 01.06.07	Tue 27.01.09	
İhale Hazırlık	77 days	Fri 01.06.07	Mon 20.08.07	62
Teklif Alma/İhale/Ön Anlaşma	42 days	Mon 20.08.07	Tue 02.10.07	102
Sözleşme	14 days	Tue 02.10.07	Wed 17.10.07	103
Yer Teslimi	5 days	Wed 17.10.07	Mon 22.10.07	104
Şantiye Mobilizasyon ve Kurulum	331,13 days	Thu 20.09.07	Thu 28.08.08	
Tünel	465 days	Sat 29.09.07	Sat 24.01.09	
Denge Bacası	265 days	Sat 29.09.07	Tue 01.07.08	
Regülatör ve Su Alma Yapısı	305 days	Wed 12.12.07	Thu 23.10.08	
Silt Tutma Havuzu	116 days	Wed 17.09.08	Thu 15.01.09	
Santral Binası	389,88 days	Mon 26.11.07	Sat 03.01.09	
Kuyruksuyu Kanalı	181 days	Thu 07.02.08	Tue 12.08.08	
Cebri Boru Mesnetleri	101 days	Mon 14.04.08	Mon 28.07.08	
Şalt Sahası Alt Yapısı	50 days	Tue 01.04.08	Thu 22.05.08	
Köprüler ve Yollar	235 days	Tue 01.01.08	Mon 01.09.08	
İnşaat işlerinin geçici kabulü	12 days	Thu 15.01.09	Tue 27.01.09	
HİDROMEKANİK	429,25 days	Sat 01.12.07	Wed 18.02.09	
ELEKTROMEKANİK	1093,75 days	Wed 22.02.06	Wed 01.04.09	
ENERJİ NAKİL HATTI	453,88 days	Sat 15.12.07	Mon 30.03.09	



Şekil 5.2. Kulp I-IV HES projesi iş kırılımı MS Project Yazılımı ekran görünümü

Şekil 5.2'den görüldüğü gibi kaynak kısıtları dikkate alınmadan yapılan çizelgelemede projenin tamamlanma tarihi 29.05.2009 olarak görülmektedir. İzin işlerinin tamamlanma zamanı 11.03.2009, etüt-proje-kontrollük(kabul) işlerinin tamamlanma zamanı 23.05.2009, inşaat işlerinin tamamlanma zamanı 21.01.2009, hidromekanik İşlerin tamamlanma zamanı 18.02.2009, elektromekanik işlerin tamamlanma zamanı 01.04.2009, enerji nakil hattı işlerinin tamamlanma zamanı 30.03.2009 olarak çizelgelenmiştir.

Proje planlaması sürecinde kaynak kısıtları dikkate alınmadan çizelgeleme yapılması, iş emirlerinin oluşturulması ve proje gerçekleşmelerinin izlenmesi süreçlerinde proje yöneticilerine fazladan iş yükü getirmiş, hızlı, kolay ve görsel alınabilecek raporlamalar, uzun çalışmalar sonrasında dağınık yerde ve yapıda olan verilerin bir araya getirilmesi ve değerlendirilmesi ile yapılabilmiştir.

Yapılan başlangıç çizelgesine göre yürütülmeye başlanan projede, yürütme aşamasında meydana gelen değişimler çizelgeye yansıtılmamıştır. Projenin ilerleyen süreçlerinde ihtiyaç duyuldukça projenin belli bölümlerine ilişkin parçalı çizelge güncellemeleri yapılmıştır.

İlk oluşturulan çizelge ortamına gerçekleşme verileri girilmediği ve çizelge güncellemeleri yapılmadığı, ilk yapılan çizelgeden bağımsız olarak gerek duyuldukça projenin belli bir sürecine ilişkin yeni çizelgeler üretildiği için, projenin başlangıç çizelgesinden süresel açıdan sapma verileri yazılımdan otomatik olarak alınamamıştır.

5.2. Kulp I-IV HES Projesinde Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeme Uygulaması

Literatürde tepkisel proje çizelgeleme üzerine çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu az sayıdaki çalışmalarda ele alınan problemlerin işe az sayıda aktivite ve kaynağa sahip, küçük boyutlu problemler olması, gerçek hayat projelerinde kolayca

uygulanabilir yöntemleri ve uygulama adımlarını içermemesi, proje yöneticileri için tepkiselliği projelerinde nasıl uygulayacakları konusunda ayrıntılı bilgi içermemektedir. Literatürde büyük boyutlu proje üzerinde tepkisel proje çizelgeleme sürecinin ayrıntılı uygulamasının olmaması sebebiyle, bu çalışmada tepkisel proje çizelgelemenin NP-Zor yapıda olan kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi sınıfına giren bir gerçek hayat projesi üzerinde ayrıntılı uygulaması yapılmıştır.

Tepkisel proje çizelgeleme aracı olarak, gerçek hayatta proje yöneticileri tarafından metasezgisel yöntemlere göre daha kolay uygulanabilir, yüksek planlama ve yazılım bilgisi gerektirmeksizin hızlı ve görsel çizelgeleme yapılabilen, hızlı ve etkin bilgi akışı sağlayan, proje gerçekleşmelerinin izlenmesi ve kontrolünde hızlı, görsel ve anlaşılır analiz ve raporlama imkanı sunan proje yönetim yazılımları kullanılmıştır. Kullanılan proje yönetim yazılımları, Hekimoğlu'nun (2007), Kastor ve Sirakoulis'in (2008), Trautmann ve Baumann'ın (2009) ve Çekmece'nin (2009) çalışmalarında kaynak kısıtlı proje çizelgelemede proje tamamlanma süresi bazında kaynak dağıtım yeteneğinin yüksek olduğu gösterilen ve kaynak dağıtımında kullanıcıya birçok öncelik kuralını seçme ve ekstra olarak yeni öncelik kuralları ekleme imkanı sağladığı gösterilen, bununla beraber günümüzde özellikle inşaat sektöründe büyük çaplı firmalar tarafından proje planlanması ve yönetiminde yaygın olarak kullanılan ve literatürdeki çalışmalara konu olan Primavera Yazılımı ile yine günümüzde çok yaygın kullanımı olan ve literatürdeki çalışmalara konu olan ve Kulp I-IV HES Projesinin gerçek zamanlı planlanmasında kullanılmış MS Project yazılımı seçilmiş ve iki yazılımın tepkisel proje çizelgeleme ve kaynak dağıtım performansları karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırmanın yapılabilmesi için Projenin gerçek zamanlı planlaması, yürütülmesi ve kontrolü sürecinde oluşan tüm veriler proje yöneticisinden alınmış ve bu veriler MS Project ve Primavera yazılımlarına girilmiştir.

Projenin gerçek zamanlı çizelgeleme uygulamasından farklı olarak, her iki yazılıma da projenin kaynakları ve kaynakların maliyetleri girilmiştir. Sistemlere girilen kaynaklar aktivitelere atanmış ve Projenin kaynak kısıtlı başlangıç çizelgesi oluşturulmuştur. Her iki yazılımda da kaynak kısıtlı başlangıç çizelgeleri oluşturulduktan sonra projeye ilişkin gerçekleşme verileri geriye dönük olarak yazılıma girilerek, tepkisel proje çizelgeleme süreci işletilmiş, çizelge onarımları/yenilemeleri yapılmıştır.

MS Project ve Primavera Yazılımlarında çizelgeleme yöntemi seri çizelgeleme olup, tepkisel proje çizelgeleme yöntemi, 3. Bölümde belirtilen tepkisel çizelgeleme yöntemlerinden, kısmi çizelgeleme ile boş zaman ekleme-sağa doğru kaydırma, düzeltme süresi ekleme-sağa doğru kaydırma, operasyon ekleme, operasyon silme yöntemleri ile eşleşmektedir. Ancak atölye çizelgelemeden farklı olarak bu eklemeler makinalara değil proje çizelgelemenin doğası gereği işlere yapılmıştır. Bununla beraber makina kaynaklı bozulmalar yaşandığında her iki yazılımda da makinaların bozulma süresi boyunca çalışmayacağı sisteme tanıtılabilmektedir.

Çizelge güncelleme periyodu olarak ise gerçek zamanlı uygulamada olması gereken periyodun dışında, geriye dönük olarak gerçekleşmeler girildiği ve ilgili çizelgeleme işlemleri yapıldığı için ana bozulmalar bütünleştirilerek projenin ilk dönemlerinde daha sık, son dönemlerinde daha uzun aralıklar göz önüne alınmıştır. Bu güncelleme periyodu da, olaya dayalı gözden geçirme ile değişken zaman aralığında tekrarlı gözden geçirme yöntemlerinin karması olarak ele alınabilir.

5.3. MS Project 2007 Yazılımı ile Kulp I-IV HES Projesinde Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeme Uygulaması

Projenin Ms Project yazılımı ile yapılan kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme uygulamasının ayrıntıları bu bölümde sunulmuştur. Ms Project yazılımına projenin aktivitleri, kaynakları ve maliyetleri tanıtılmış, iş kırılım yapısı oluşturulmuş, kaynak kısıtlı başlangıç çizelgelemesi ve çizelge güncellemeleri yapılmıştır.

5.3.1. MS Project 2007 Yazılımına Projenin girişi ve iş kırılım yapısının oluşturulması

MS Project Yazılımı'nda projenin oluşturulmasının ilk aşamasında projenin ismi, projenin ana ve özel aktivitelerine ilişkin iş takvimi ve diğer özellikler sisteme girilmiş ve iş kırılım yapısı tanımlanmıştır. Kulp I-IV HES projesinin iş kırılım yapısının tamamı EK- 4'te verilmiştir. Projenin iş kırılımlarının altına 70 adet idari, 245 adet teknik, toplam 315 adet aktivite, bu aktivitelerin tahmin edilen başlangıç tarihleri ve süreleri girilmiştir. Aktivitelerin birbirleri ile öncül-ardıl ilişkileri tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra, MS Project Yazılımı'nda tanımlanan aktivitelerin diğer özellikleri Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. MS Project Yazılımı'nda tanımlanan aktivite özellikleri

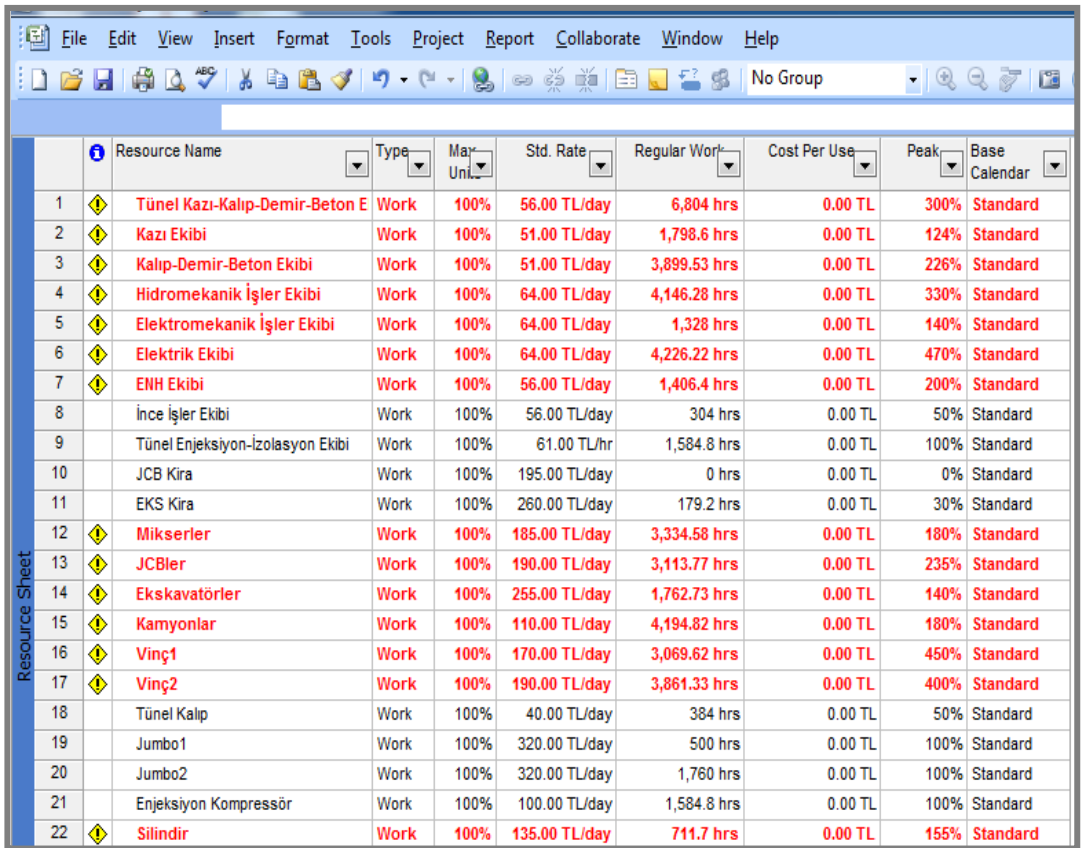
Aktivite Tipi
• Süre Sabit • İş Sabit • Birim Sabit
Aktivite Takvimi
• Standart Takvim • Vardiyalar
Kaynaklar
• Aktivitenin İşçisel, Hammadde, Mali Kaynak İhtiyacı
Öncüller-Ardıllar
• Öcül Aktiivteler • Ardıl Aktiviteler
Maliyetler/Harcamalar
• Birim kaynak bazında maliyetler • Harcamalar

Çizelge 5.4'te belirtilen özelliklerden aktivite tipi teknik aktiviteler için "birim sabit" olarak seçilmiştir.

5.3.2. MS Project Yazılımında Projenin kaynaklarının tanımlanması

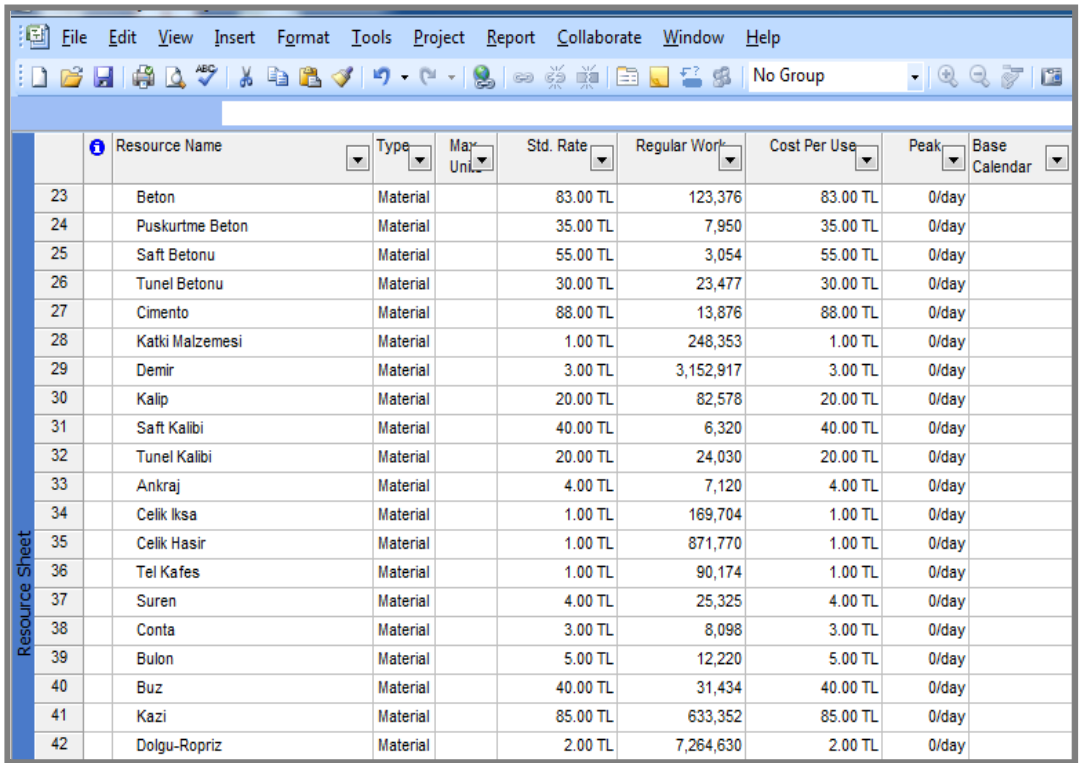
MS Project Yazılımı'nda işçilik (work), malzeme (material), parasal (cost) olmak üzere tanımlanmış üç kaynak sınıfı üzerinden kaynaklar tanımlanmıştır.

Projede tanımlanan kaynakların tamamı yenilenebilir kaynak olup; işçilik ve iş makinası kaynakları işçilik kaynakları sınıfında tanımlanmıştır. Beton, demir, çimento, gibi hammadde kaynakları malzeme kaynağı sınıfında tanımlanmıştır. Kulp I-IV HES projesi için tanımlanan işçilik (work) ve hammadde (material) kaynakları Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



	Resource Name	Type	Max. Uni...	Std. Rate	Regular Work	Cost Per Use	Peak	Base Calendar
1	Tünel Kazı-Kalıp-Demir-Beton E	Work	100%	56.00 TL/day	6,804 hrs	0.00 TL	300%	Standard
2	Kazı Ekibi	Work	100%	51.00 TL/day	1,798.6 hrs	0.00 TL	124%	Standard
3	Kalıp-Demir-Beton Ekibi	Work	100%	51.00 TL/day	3,899.53 hrs	0.00 TL	226%	Standard
4	Hidromekanik İşler Ekibi	Work	100%	64.00 TL/day	4,146.28 hrs	0.00 TL	330%	Standard
5	Elektromekanik İşler Ekibi	Work	100%	64.00 TL/day	1,328 hrs	0.00 TL	140%	Standard
6	Elektrik Ekibi	Work	100%	64.00 TL/day	4,226.22 hrs	0.00 TL	470%	Standard
7	ENH Ekibi	Work	100%	56.00 TL/day	1,406.4 hrs	0.00 TL	200%	Standard
8	İnce İşler Ekibi	Work	100%	56.00 TL/day	304 hrs	0.00 TL	50%	Standard
9	Tünel Enjeksiyon-İzolasyon Ekibi	Work	100%	61.00 TL/hr	1,584.8 hrs	0.00 TL	100%	Standard
10	JCB Kira	Work	100%	195.00 TL/day	0 hrs	0.00 TL	0%	Standard
11	EKS Kira	Work	100%	260.00 TL/day	179.2 hrs	0.00 TL	30%	Standard
12	Mikserler	Work	100%	185.00 TL/day	3,334.58 hrs	0.00 TL	180%	Standard
13	JCBler	Work	100%	190.00 TL/day	3,113.77 hrs	0.00 TL	235%	Standard
14	Ekskavatörler	Work	100%	255.00 TL/day	1,762.73 hrs	0.00 TL	140%	Standard
15	Kamyonlar	Work	100%	110.00 TL/day	4,194.82 hrs	0.00 TL	180%	Standard
16	Vinç1	Work	100%	170.00 TL/day	3,069.62 hrs	0.00 TL	450%	Standard
17	Vinç2	Work	100%	190.00 TL/day	3,861.33 hrs	0.00 TL	400%	Standard
18	Tünel Kalıp	Work	100%	40.00 TL/day	384 hrs	0.00 TL	50%	Standard
19	Jumbo1	Work	100%	320.00 TL/day	500 hrs	0.00 TL	100%	Standard
20	Jumbo2	Work	100%	320.00 TL/day	1,760 hrs	0.00 TL	100%	Standard
21	Enjeksiyon Kompressör	Work	100%	100.00 TL/day	1,584.8 hrs	0.00 TL	100%	Standard
22	Silindir	Work	100%	135.00 TL/day	711.7 hrs	0.00 TL	155%	Standard

Şekil 5.3. Kulp I-IV HES projesinin işçilik ve makine kaynakları



File Edit View Insert Format Tools Project Report Collaborate Window Help

No Group

Resource Sheet

	Resource Name	Type	Max. Uni...	Std. Rate	Regular Work	Cost Per Use	Peak	Base Calendar
23	Beton	Material		83.00 TL	123,376	83.00 TL	0/day	
24	Puskurtme Beton	Material		35.00 TL	7,950	35.00 TL	0/day	
25	Saft Betonu	Material		55.00 TL	3,054	55.00 TL	0/day	
26	Tunel Betonu	Material		30.00 TL	23,477	30.00 TL	0/day	
27	Cimento	Material		88.00 TL	13,876	88.00 TL	0/day	
28	Katki Malzemesi	Material		1.00 TL	248,353	1.00 TL	0/day	
29	Demir	Material		3.00 TL	3,152,917	3.00 TL	0/day	
30	Kalip	Material		20.00 TL	82,578	20.00 TL	0/day	
31	Saft Kalibi	Material		40.00 TL	6,320	40.00 TL	0/day	
32	Tunel Kalibi	Material		20.00 TL	24,030	20.00 TL	0/day	
33	Ankraj	Material		4.00 TL	7,120	4.00 TL	0/day	
34	Celik Iksa	Material		1.00 TL	169,704	1.00 TL	0/day	
35	Celik Hasir	Material		1.00 TL	871,770	1.00 TL	0/day	
36	Tel Kafes	Material		1.00 TL	90,174	1.00 TL	0/day	
37	Suren	Material		4.00 TL	25,325	4.00 TL	0/day	
38	Conta	Material		3.00 TL	8,098	3.00 TL	0/day	
39	Bulon	Material		5.00 TL	12,220	5.00 TL	0/day	
40	Buz	Material		40.00 TL	31,434	40.00 TL	0/day	
41	Kazi	Material		85.00 TL	633,352	85.00 TL	0/day	
42	Dolgu-Ropriz	Material		2.00 TL	7,264,630	2.00 TL	0/day	

Şekil 5.4. Kulp I-IV HES projesinin hammadde kaynakları

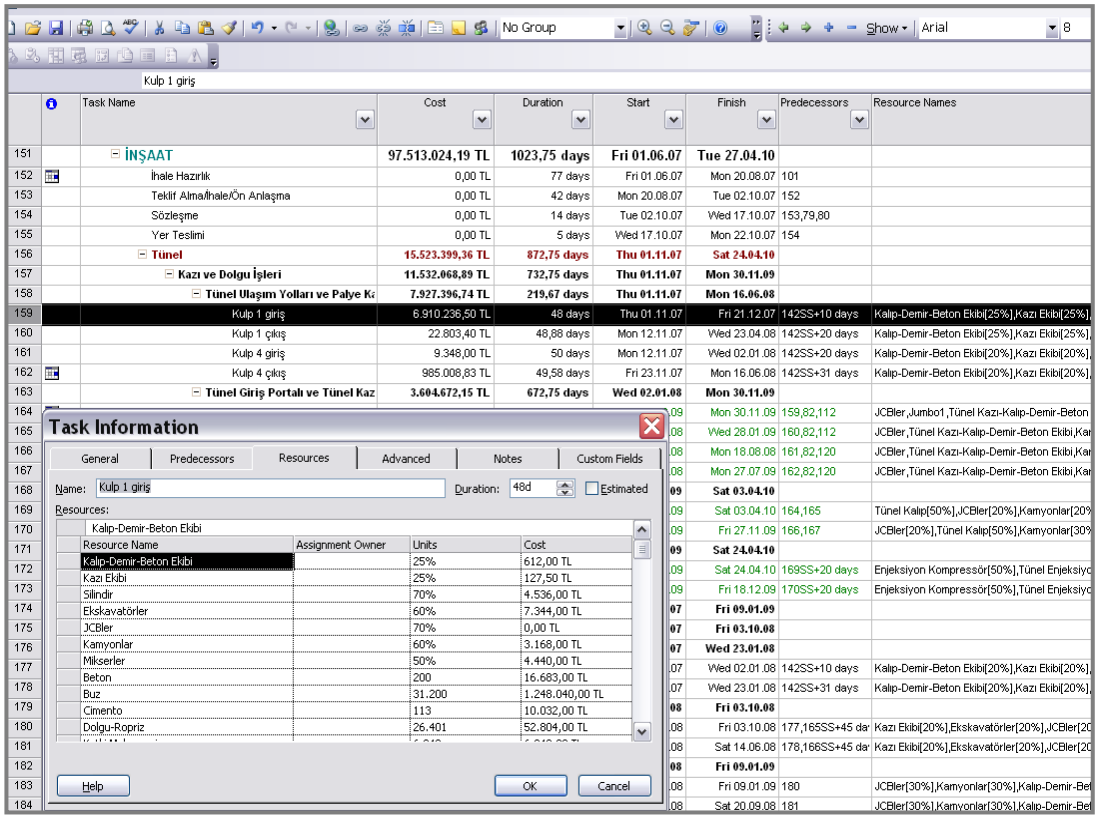
MS Project Yazılımı'nda belirlenen kaynaklara ilişkin özellikler Çizelge 5.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. MS Project'te tanımlanan kaynak özellikleri

MS Project Yazılımı Kaynak Özellikleri	Kaynağın takvimi, kaynağın vardiyaları
	Kaynağın ölçü birimi
	Kaynağın birim zamandaki kullanım yüzdesi
	Kaynağın birim zamandaki maksimum kullanım yüzdesi
	Kaynağın kullanılabilir olduğu tarih aralıkları ve bu tarih aralıklarındaki kullanım yüzdeleri
	Kaynağın birim bazındaki maliyeti, fazla kullanım kapasitesi ve fazla kullanım maliyeti

Projede kaynakların tanımlanması işlemi yapıldıktan sonra aktivitelere kaynakların ataması yapılmıştır. MS Project Yazılımında işçilik kaynakları aktivitelere yüzdesel

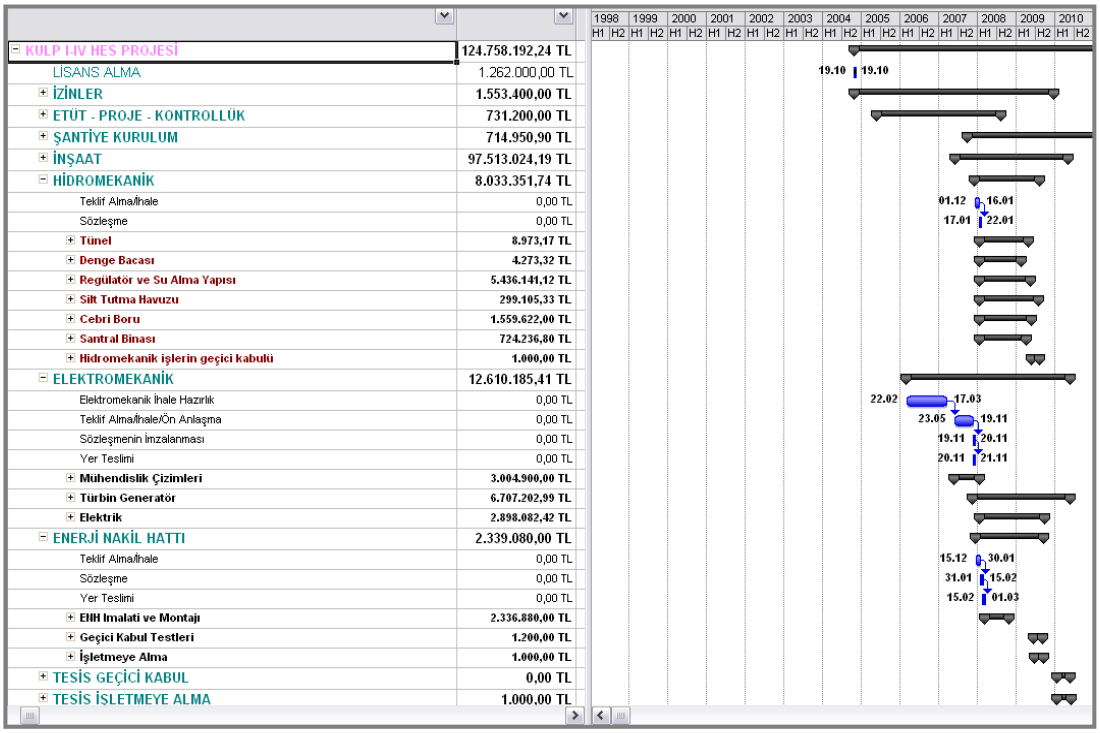
olarak atanmaktadır. Başlangıç çizelgesinde aktivitelere atanan kaynaklara ilişkin ekran görüntüsü Şekil 5.5'de verilmiştir.



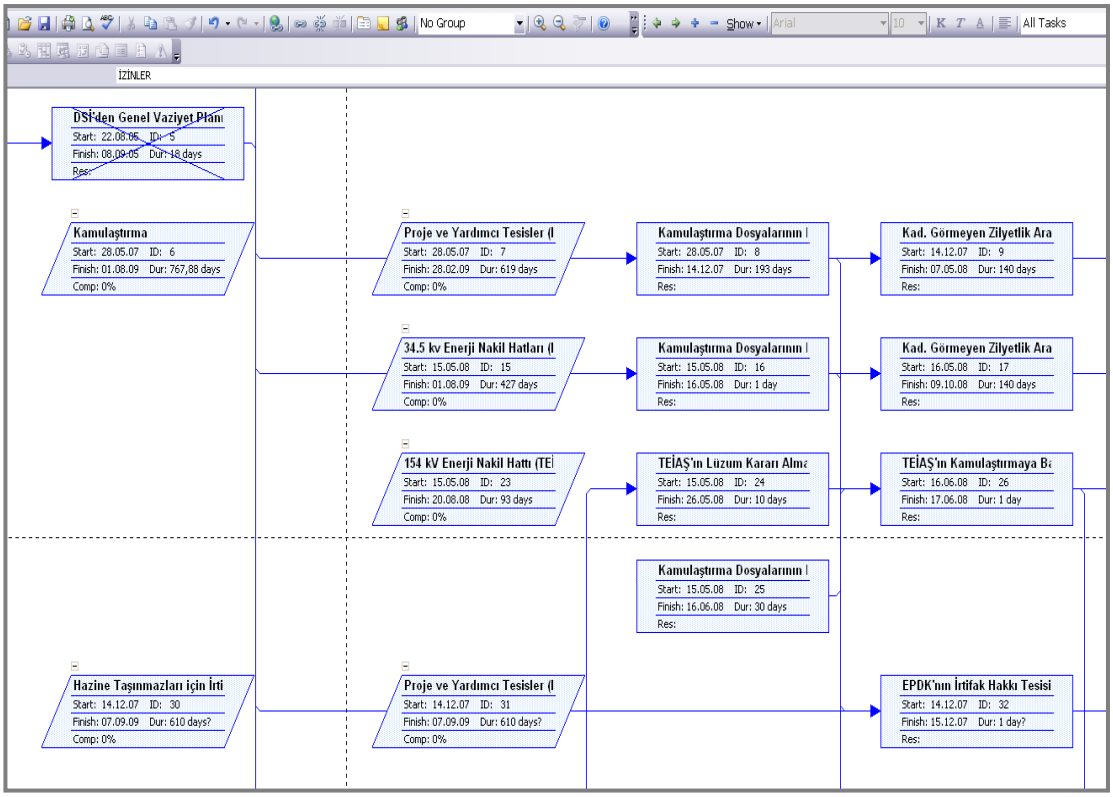
Şekil 5.5. MS Project Yazılımında kaynakların atanmasına ilişkin ekran görüntüsü

5.3.3. MS Project Yazılımında Projenin gantt şeması ve şebeke gösterimi

Projenin başlangıç zamanı, aktiviteleri, aktivitelerin süreleri, aktivitelerin ilişkileri, kaynakları, kaynakların limitleri, her bir aktivitenin kaynak ihtiyaçları ve diğer ilgili bilgiler MS Project yazılımına girildiğinde ortaya çıkan projenin gantt şemasından ve şebeke yapısından birer görünüm sırasıyla Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de verilmiştir.



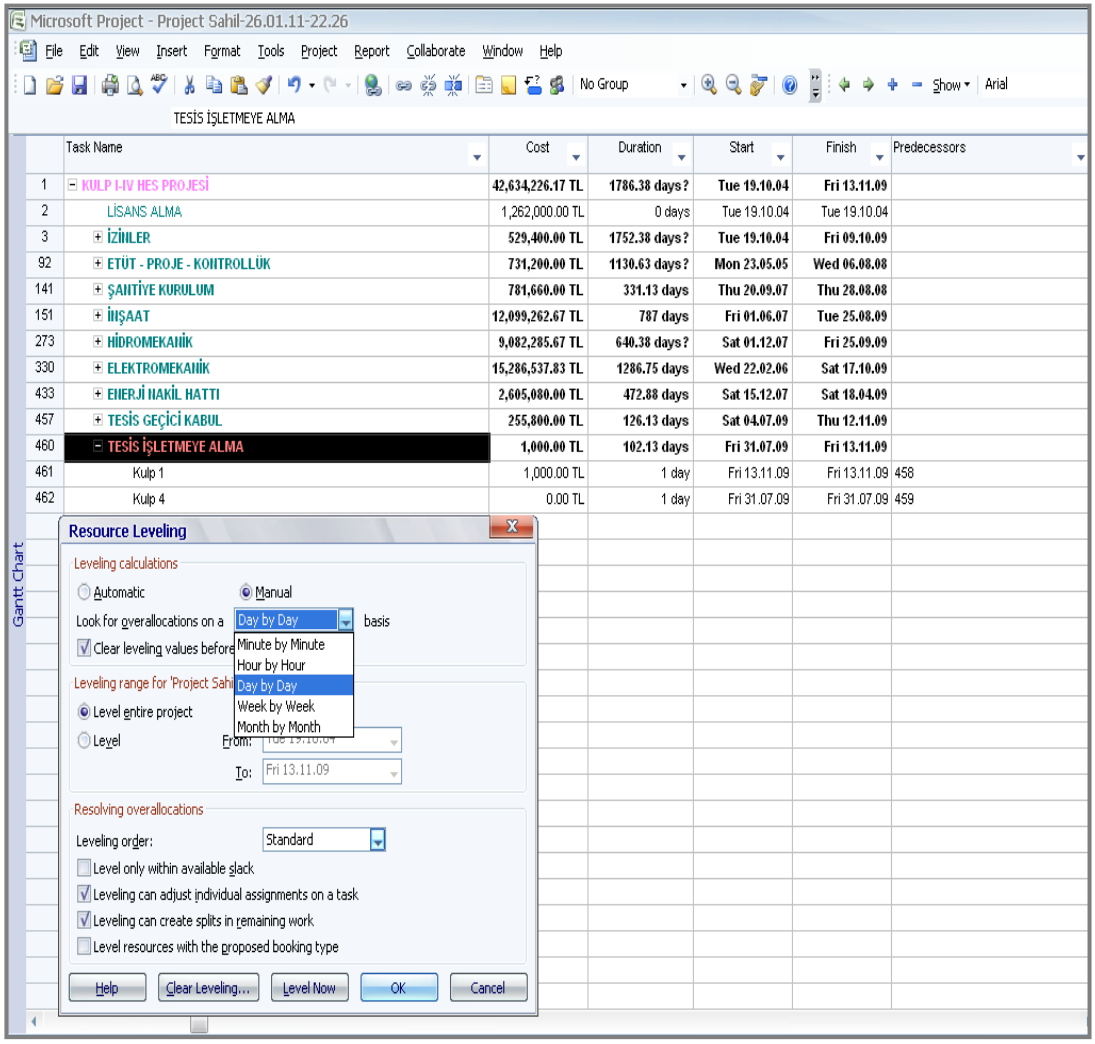
Şekil 5.6. MS Project Gantt Şemasından bir görünüm



Şekil 5.7. MS Project Yazılımında Şebeke görünümü

5.3.4. MS Project yazılımında başlangıç çizelgesinin oluşturulması

MS Project Yazılımına projeye ilişkin yukarıda belirtilen tüm veriler girildikten sonra, Kritik Yol Metodu (CPM) ile projenin başlangıç çizelgesi oluşturulmuştur. Projenin MS Project'te çizelgelenmesine ilişkin ekran görüntüsü Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8. Projenin MS Project'te çizelgelenmesine ilişkin ekran görüntüsü

Kaynak dağıtımı olmaksızın başlangıç çizelgelemesi yapıldığında Çizelge 5.6'da bulunan projeye ilişkin başlangıç ve bitiş tarihleri tespit edilmiştir.

Çizelge 5.6. Kulp I-IV HES başlangıç çizelgesi sonuçları

Başlangıç Çizelgesi 14.03.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) ile Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	19.10.2004	26.05.2009
İzinler	19.10.2004	17.12.2008
İnşaat İşleri	01.06.2007	27.04.2009
Hidromekanik İşler	01.12.2007	03.08.2008
Elektromekanik İşler	22.02.2006	20.05.2009
Enerji Nakil Hattı İşleri	15.12.2007	17.09.2008
Kulp I HES İşletmeye Alma	26.05.2010	26.05.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	19.01.2010	20.01.2009

Projenin gerçek uygulama aşamasında kaynak verileri girilmeksizin oluşturulan başlangıç çizelgesi ile tespit edilen proje tamamlanma süresi arasında ve proje belirli bir aşamaya geldikten sonra bu çalışmada aynı program ile oluşturulan başlangıç çizelgesi ile tespit edilen proje tamamlanma süresi arasında 5 ay fark olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bu çalışmada oluşturulan başlangıç çizelgesinde proje için uygulama aşamasında yapılan başlangıç çizelgesi arasında 4 aktivite fark olmasıdır.

Ms Project Yazılımında başlangıç çizelgesinin oluşturulması ile elde edilen proje süreleri ve maliyetleri Şekil 5.9'da verilmiştir.

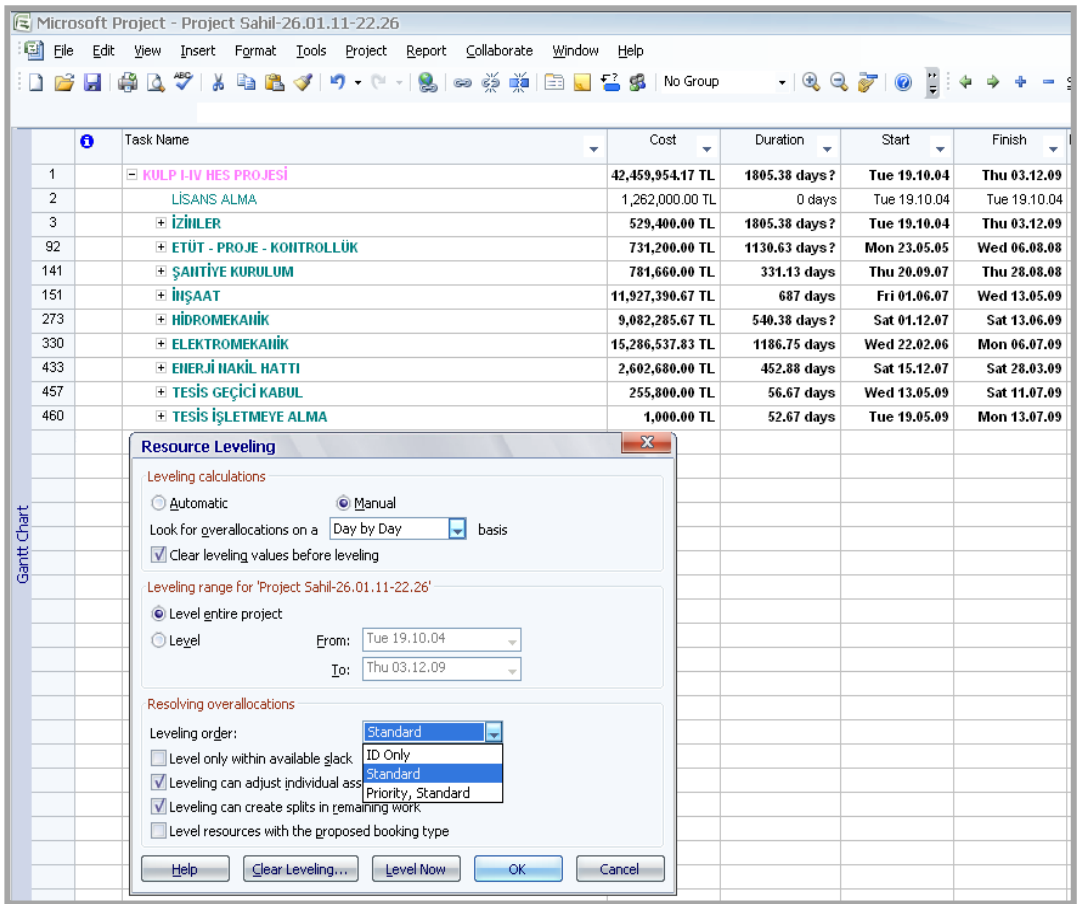
Task Name	Cost	Duration	Start	Finish	Predecessors
KULP I-IV HES PROJESİ	124.758.192,24 TL	1973,13 days?	Tue 19.10.04	Wed 26.05.10	
LİSANS ALMA	1.262.000,00 TL	1 day	Tue 19.10.04	Tue 19.10.04	
İZİNLER	1.553.400,00 TL	1818,88 days?	Tue 19.10.04	Thu 17.12.09	
ETÜT - PROJE - KONTROLLÜK	731.200,00 TL	1130,63 days	Mon 23.05.05	Wed 06.08.08	
ŞANTİYE KURULUM	714.950,90 TL	358,75 days	Thu 20.09.07	Thu 25.09.08	
İNŞAAT	97.513.024,19 TL	1023,75 days	Fri 01.06.07	Tue 27.04.10	
HİDROMEKANİK	8.033.351,74 TL	588,57 days	Sat 01.12.07	Mon 03.08.09	
ELEKTROMEKANİK	12.610.185,41 TL	1493,5 days	Wed 22.02.06	Thu 20.05.10	
ENERJİ NAKİL HATTI	2.339.080,00 TL	619,54 days	Sat 15.12.07	Thu 17.09.09	
TESİS GEÇİCİ KABUL	0,00 TL	127,46 days	Wed 13.01.10	Tue 25.05.10	
TESİS İŞLETMEYE ALMA	1.000,00 TL	123,46 days	Tue 19.01.10	Wed 26.05.10	
Kulp 1	1.000,00 TL	1 day	Wed 26.05.10	Wed 26.05.10	458
Kulp 4	0,00 TL	1 day	Tue 19.01.10	Wed 20.01.10	459

Şekil 5.9. MS Project yazılımında başlangıç çizelgesi proje süreleri ve maliyetleri

5.3.5. Ms Project Yazılımında kaynakların dağıtımı ve dengelenmesi

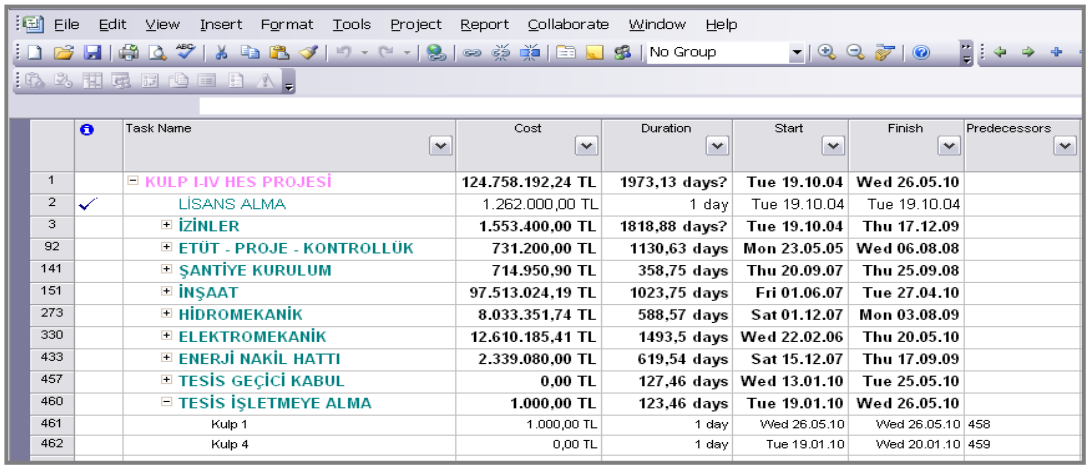
Başlangıç çizelgesi oluşturulduktan sonra, çizelgede kaynak dağıtımı yapılmıştır. MS Project'te kaynak dağıtımı için, *ID only, standart, priority standart*'tan oluşan 3 adet öncelik kuralı seçeneği bulunmaktadır. Bu çalışmada, Hekimoğlu (2007), Çekmece (2009), Kastor ve Sirakoulis (2008) ve Trautmann ve Baumann (2009) tarafından kullanılan *standart öncelik kuralı* seçilmiştir.

CPM tekniğine göre oluşturulan başlangıç çizelgesine kaynak dağıtımı için standart öncelik kuralı uygulanmıştır. MS Project'te öncelik kuralının seçildiği ekran görüntüsü Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. MS Project yazılımında kaynak dağıtımı için öncelik kuralının seçildiği ekran görüntüsü

MS Project yazılımında “standart” öncelik kuralı seçilerek kaynak dağıtımı yapılmıştır. MS Project yazılımında standart öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgelemenin proje tamamlanma süresi ve maliyeti bazında sonuçları Şekil 5.11’de sunulmuştur.



	Task Name	Cost	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	KULP I-IV HES PROJESİ	124.758.192,24 TL	1973,13 days?	Tue 19.10.04	Wed 26.05.10	
2	LİSANS ALMA	1.262.000,00 TL	1 day	Tue 19.10.04	Tue 19.10.04	
3	İZİNLER	1.553.400,00 TL	1818,88 days?	Tue 19.10.04	Thu 17.12.09	
92	ETÜT - PROJE - KONTROLLÜK	731.200,00 TL	1130,63 days	Mon 23.05.05	Wed 06.08.08	
141	ŞANTİYE KURULUM	714.950,90 TL	358,75 days	Thu 20.09.07	Thu 25.09.08	
151	İNŞAAT	97.513.024,19 TL	1023,75 days	Fri 01.06.07	Tue 27.04.10	
273	HİDROMEKANİK	8.033.351,74 TL	588,57 days	Sat 01.12.07	Mon 03.08.09	
330	ELEKTROMEKANİK	12.610.185,41 TL	1493,5 days	Wed 22.02.06	Thu 20.05.10	
433	ENERJİ NAKİL HATTI	2.339.080,00 TL	619,54 days	Sat 15.12.07	Thu 17.09.09	
457	TESİS GEÇİCİ KABUL	0,00 TL	127,46 days	Wed 13.01.10	Tue 25.05.10	
460	TESİS İŞLETMEYE ALMA	1.000,00 TL	123,46 days	Tue 19.01.10	Wed 26.05.10	
461	Kulp 1	1.000,00 TL	1 day	Wed 26.05.10	Wed 26.05.10	458
462	Kulp 4	0,00 TL	1 day	Tue 19.01.10	Wed 20.01.10	459

Şekil 5.11. MS Project yazılımında standart öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgelemenin proje tamamlanma süresi ve maliyet sonuçları

5.3.6. MS Project yazılımında tepkisel proje çizelgeleme uygulaması

Başlangıç çizelgesi oluşturulduktan ve uygulamaya konduktan sonra, proje çevresinde önceden belirlenen veya öngörülmemiş risklerin etkileri ortaya çıkmaya başlamıştır. Potansiyeli ortaya çıkan riskler, proje ile ilişkili içsel ve/veya dışsal elemanlar üzerinde bozulmalara yol açmıştır.

Bu kapsamda projede meydana gelen bozulmalar çalışmanın ileriki aşamalarında ayrıntılı olarak tanımlanmış ve Primavera yazılımında tanımlanan risklerle ilişkilendirilmiştir. Projenin ilerleyişi sırasında risklerin potansiyelinin ortaya çıkması ile meydana gelen bozulmaların etkisi, Primavera yazılımının risk modülündeki “risk impact” uygulaması ile hesaplanmıştır. Burada hesaplanan risk etki değerleri MS Project yazılımında oluşturulan başlangıç çizelgesine el ile girilmiş ve beş periyotta çizelge revizyonu yapılmıştır.

Bozulmaların etkileri Primavera Yazılımında hesaplandıktan sonra, bozulmadan etkilenen aktivitelerin süresi bozulma etkisi kadar uzatılmış; bozulmanın etkisi ile yeni ortaya çıkan işçilik, makine, hammadde ve ekstra parasal kaynak ihtiyaçları aktivitelere eklenmiştir. Bozulma sonucu meydana gelen tüm etkiler çizelgeye girildikten sonra, 30.04.2008 tarihi baz alınarak çizelgeleme yapılmıştır. 30.04.2008 tarihine kadar çizelgeye girilen proje gerçekleşme verileri üzerinde değişim yapılamadığı için, çizelge onarımı esnasında yazılım yalnızca devam eden ve başlamamış aktivitelerle ilgili süre ve kaynak unsurlarını çizelgelemektedir. Bu kapsamda, çizelgede onarıma gidildiğinde başlayan aktivitelerin başlangıç tarihleri değişmemektedir. Böylece, gerçekleşmelerin girildiği çizelgelerde, "yeniden çizelgeleme" denen ve aktivitelerin başlama tarihlerinde de değişiklik yapabilen ve çizelgenin sinirliliğini artıran ve kararlılığını azaltan yeniden çizelgeleme yöntemi uygulanmamış olmaktadır.

CPM tekniğine göre onarılmış çizelge oluşturulduktan sonra, standart öncelik kuralı uygulanarak kaynak dağıtımı yapılmıştır.

Birinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası MS Project yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.7'de; birinci çizelge onarımının hemen sonrasında standart öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları ve yeni proje maliyet değerleri Çizelge 5.8'de sunulmuştur.

Çizelge 5.7. Birinci çizelge onarımı sonuçları-MS Project

1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	13.11.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	16.11.2009	17.11.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	26.10.2009	27.10.2009

Çizelge 5.8. Birinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project

1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008	MS Project Standart	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	28.12.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	28.02.2010	28.12.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	24.11.2009	24.11.2009
1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	MS Project Standart
Tüm Proje	125 951 697,00 TL	126 110 044,00 TL

Birinci çizelge onarımı 30.04.2008 tarihi, ikinci çizelge onarımı 01.09.2008 tarihi, üçüncü çizelge onarımı 01.01.2009 tarihi, dördüncü çizelge onarımı 01.01.2010 tarihi, beşinci çizelge onarımı işe 01.11.2010 tarihi bazında yapılmıştır.

01.09.2008 tarihinde yapılan ikinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası MS Project'ten elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.9'da sunulmuştur. İkinci çizelge onarımının hemen sonrasında standart öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları ve yeni proje maliyet değerleri Çizelge 5.10'da sunulmuştur.

Çizelge 5.9. İkinci çizelge onarımı sonuçları-MS Project

2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	12.09.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	11.09.2009	12.09.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	28.04.2009	29.04.2009

Çizelge 5.10. İkinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project

2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008	MS Project Standart	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	17.01.2010
Kulp I HES İşletmeye Alma	17.01.2010	17.01.2010
Kulp IV HES İşletmeye Alma	14.12.2009	14.12.2009
2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	MS Project Standart
Tüm Proje	127 026 552,00 TL	127 115 052,00 TL

01.01.2009 tarihinde yapılan üçüncü çizelge onarımı/yenilemesi sonrası MS Project'ten elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.11'de; üçüncü çizelge onarımının hemen sonrasında standart öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları ve yeni proje maliyet değerleri Çizelge 5.12'de sunulmuştur.

Çizelge 5.11. Üçüncü çizelge onarımı sonuçları-MS Project

3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	16.12.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	15.12.2009	16.12.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	21.09.2009	22.09.2009

Çizelge 5.12. Üçüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project

3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009	MS Project Standart	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	10.02.2010
Kulp I HES İşletmeye Alma	10.02.2010	10.02.2010
Kulp IV HES İşletmeye Alma	06.01.2010	06.01.2010
3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	MS Project Standart
Tüm Proje	129 026 885,00 TL	129 790 385,00 TL

01.01.2010 tarihinde yapılan dördüncü çizelge onarımı/yenilemesi sonrası, MS Project'ten elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.13' de; dördüncü çizelge onarımının hemen sonrasında standart öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları verileri ve yeni proje maliyet değerleri Çizelge 5.14'de sunulmuştur.

Çizelge 5.13. Dördüncü çizelge onarımı sonuçları-MS Project

4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	18.12.2010
Kulp I HES İşletmeye Alma	17.12.2010	18.12.2010
Kulp IV HES İşletmeye Alma	12.01.2010	13.01.2010

Çizelge 5.14. Dördüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project

4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010	MS Project Standart	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	27.03.2011
Kulp I HES İşletmeye Alma	27.03.2011	27.03.2011
Kulp IV HES İşletmeye Alma	12.01.2010	13.01.2010
4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	MS Project Standart
Tüm Proje	129 142 885,00 TL	129 952 520,00 TL

01.11.2010 tarihinde yapılan beşinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası MS Project'ten elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.15'de; beşinci çizelge onarımının hemen sonrasında her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları verileri ve yeni proje maliyet değerleri Çizelge 5.16'da sunulmuştur.

Çizelge 5.15. Beşinci çizelge onarımı sonuçları-MS Project

5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	09.02.2011
Kulp I HES İşletmeye Alma	08.02.2011	09.02.2011
Kulp IV HES İşletmeye Alma	12.01.2010	13.01.2010

Çizelge 5.16. Beşinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-MS Project

5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	MS Project Standart	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	15.09.2011
Kulp I HES İşletmeye Alma	15.09.2011	15.09.2011
Kulp IV HES İşletmeye Alma	12.01.2010	13.01.2010
5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	MS Project Standart
Tüm Proje	129 542 885,00 TL	129 251 529,00 TL

5.3.7. MS Project yazılımının tepkisel proje çizelgeleme performansı

Standart öncelik kuralı ile yapılan kaynak dağıtımlı tepkisel proje çizelgelemenin, atölye ortamındaki tepkisel sistemlerinin performansını gösteren çizelge kararlılığı ve çizelge verimliliği ölçütlerine göre performansları MS Excel'de oluşturulan formülasyon ile hesaplanmıştır (Ek-5).

Çizelge verimliliği hesaplanırken Bölüm 3'te verilen çizelge verimliliği formülü kullanılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 5.17, Çizelge 5.18 ve Çizelge 5.19'da sunulmuştur.

Çizelge 5.17. Onarılmış çizelgelerin maksimum tamamlanma tarihleri-MS Project

Onarılmış Çizelgelerin Max. Bitiş Süreleri	Proje Bitiş Tarihi	Proje Tamamlanma Süresi
1. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	13.11.2009	1242
2. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	28.12.2009	1287
3. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	17.01.2010	1307
4. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	10.02.2010	1331
5. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	27.03.2011	1741
6. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	15.09.2011	1872

Çizelge 5.18. Çizelge verimlilikleri-MS Project

Çizelge Verimliliği Hesaplamaları	
1. Çizelge Verimliliği	100,00%
2. Çizelge Verimliliği	96,38%
3. Çizelge Verimliliği	94,77%
4. Çizelge Verimliliği	92,83%
5. Çizelge Verimliliği	59,82%
6. Çizelge Verimliliği	45,97%

Çizelge 5.19. Göreceli çizelge verimliliği hesapları-MS Project

Göreceli Çizelge Verimliliği Hesaplamaları	
1. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	100,00%
2. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	96,38%
3. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	98,45%
4. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	98,16%
5. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	69,20%
6. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	90,12%

Çizelge 5.18'den görüldüğü üzere, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü çizelge onarımları sonrası hesaplanan çizelge verimlilik değerlerinin ortalama %95,99 olduğu, bu sonuç yorumlandığında ilk 4 çizelgenin onarımlar sonrasında verimli kalabildiği görülmüştür. Ancak beşinci ve altıncı çizelge onarımları sonrası, çizelge verimlilik değeri ortalaması %54,55 olarak tespit edilmiştir. Son iki onarımda çizelge verimliliğinin düşük olmasının sebebi, son iki çizelge onarımında çizelge onarım sıklığının 1 yıl gibi uzun bir süre olması, aynı zamanda bu son iki onarım periyodunda yaşanan bozulmaların etkilerinin proje tamamlanma süresini bir yıl kadar uzatacak büyüklükte etkiye sahip olmasıdır.

Her bir onarım ile elde edilen çizelgelerin bir önceki çizelgeye göre göreceli verimlilik değerlerinin gösterildiği Çizelge 5.19'a bakıldığında ise, yine ilk 4 çizelge onarımının ortalama %98,25 ile yüksek çizelge verimliliği sağladığı, son iki onarımda ise %80,84 verimlilik değeri ile verimlilik ölçütünün başlangıç çizelgesine göre hesaplanan verimlilik değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, bu kısımdaki verimlilik hesaplarında, onarılan çizelge ile hemen bir önceki çizelge arasındaki değişimin ölçülmeye çalışılmasıdır.

Sonuçlardan görüldüğü üzere bu projede çizelge verimliliği, çizelge onarım sıklığı ve bozulma etkilerinden büyük oranda etkilenmektedir.

Çizelge kararlılığı işe Bölüm 3'te değinilen ve atölyede çizelgeleme ölçütleri için kullanılan aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

Bu formülasyona göre çizelge kararlılığı hesaplarının yapılabilmesi için MS Project yazılımından veriler, hazırlanan MS Excel tablolarına çekilmiştir. Çizelge kararlılığı sonuçları ise Çizelge 5.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.20'de verilen çizelge kararlılığı sonuçlarında başlamış aktivitelerin hesaplamaya alındığı sonuçlar ile başlamış aktivitelerin hesaplamaya alınmadığı sonuçlar görülmektedir.

Çizelge 5.20. Ms Project Yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı

Aktivite Başlama Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı		
	Başlamış Aktiviteler Dahil	Başlamış Aktiviteler Hariç
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	22,07 gün	55,32 gün
3. Çizelge Kararlılığı	58,65 gün	102,36 gün
4. Çizelge Kararlılığı	42,55 gün	89,15 gün
5. Çizelge Kararlılığı	161,03 gün	340,92 gün
6. Çizelge Kararlılığı	61,22 gün	133,68 gün

Aktivitelerin başlangıç tarihleri bazında yapılan çizelge kararlılığı hesaplamalarının yanı sıra, aynı formülasyon aktivitelerin bitiş tarihlerine uygulanarak, aktivite bitiş sürelerine göre çizelge kararlılığı sonuçları da hesaplanmıştır. Onarılan çizelgelerin aktivite bitiş süreleri bazında elde edilen çizelge kararlılığı sonuçları ise Çizelge 5.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.21. Ms Project Yazılımı aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı

Aktivite Bitiş Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı		
	Biten Aktiviteler Dahil	Biten Aktiviteler Hariç
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	32,47 gün	59,62 gün
3. Çizelge Kararlılığı	73,25 gün	128,14 gün
4. Çizelge Kararlılığı	69,98 gün	117,52 gün
5. Çizelge Kararlılığı	197,02 gün	293,18 gün
6. Çizelge Kararlılığı	102,88 gün	179,21 gün

Çizelge 5.20 ve 5.21'deki sonuçlardan görüldüğü üzere, özellikle başlayan ve biten aktivitelerin çizelge kararlılığı hesaplarına dahil edilmediği durumlarda, ortalama tarih sapmalarının ilgili proje için yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, başlangıç çizelgesinin oluşturulması aşamasında belirlenen risklerin ve olası etkilerinin tamamının çizelge sürelerine yansıtılmamış, yani öngörüsel-kestirimci

çizelgeleme yönteminin uygulanmamış olması gösterilebilir. Kestirimci çizelgeleme süreçleri uygulandığında, çizelgeler daha kararlı ve sağlam olacaktır.

Projede, tünel göçmesi bozulmasının meydana gelme riskinin gerçek hayatta tahmin edilenden yüksek olması ve 2 kere tünel göçmesi bozulmasının meydana gelmesi, projenin tamamlanmasını yaklaşık bir yıl ötelemiştir. Son çizelge onarımlarının kararsız görünmesinde bu büyük ölçekli bozulmanın etkisi de büyüktür.

Diğer bir etken ise son çizelge onarım aralıklarının yüksek olmasıdır. Çizelge onarım sıklığı yüksek olduğu için, onarıma kadar meydana gelen ve çizelgenin fizibilitesini düşüren bozulmaların etkileri çizelgeye uzun periyotta yansıtılmıştır. Bu da çizelge kararlılığına ilişkin verileri yüksek gösteren bir etkendir.

5.4. Primavera Enterprise V.6.0 Project Management Yazılımı ile Kulp I-IV HES Projesinde Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeme Uygulaması

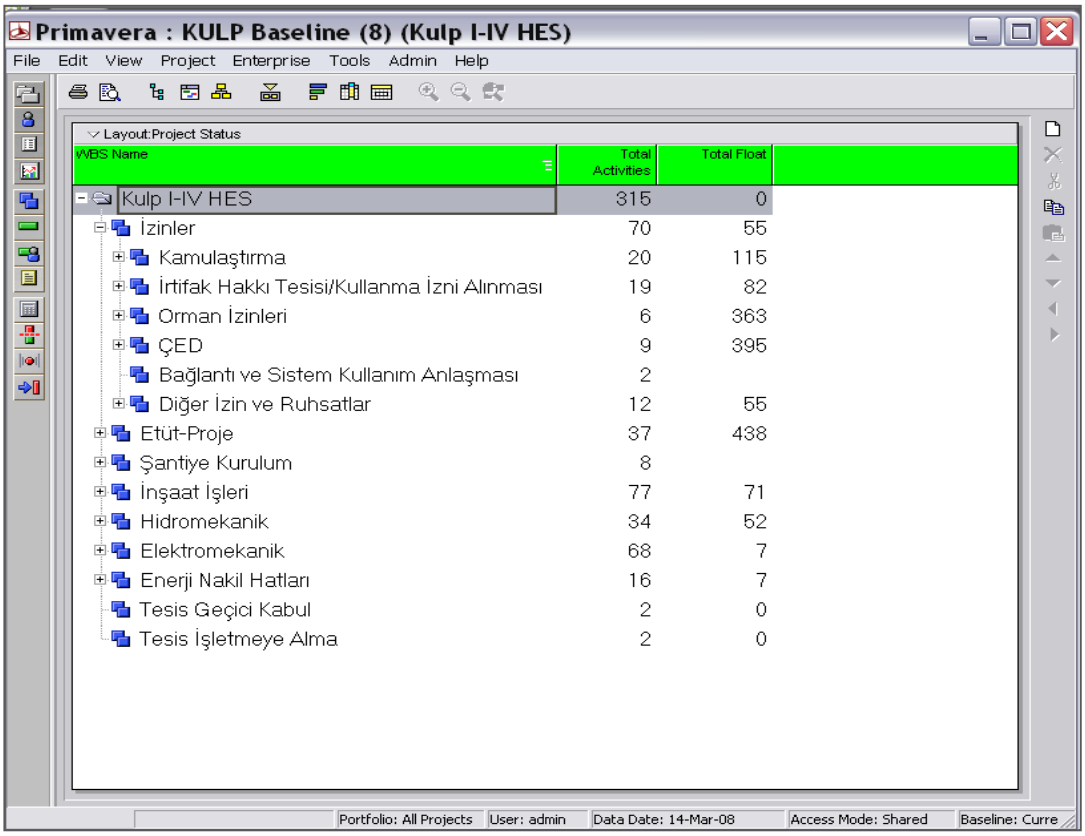
Projenin Primavera yazılımı ile yapılan kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme uygulamasının ayrıntıları bu bölümde sunulmuştur. Primavera yazılımına projenin aktivitleri, kaynakları ve maliyetleri tanıtılmış, iş kırılım yapısı oluşturulmuş, projenin riskleri tanıtılmış, 7 farklı öncelik kuralı ile kaynak kısıtlı başlangıç çizelgelemesi yapılmış ve risklerin potansiyellerinin ortaya çıkması ile karşılaşılan bozulmaların etkileri yazılımda hesaplanarak farklı öncelik kuralları seçimleri ile çizelge güncellemeleri yapılmıştır.

5.4.1. Primavera Yazılımına Projenin girişi ve iş kırılım yapısının oluşturulması

Primavera yazılımında projenin oluşturulmasının ilk aşamasında projenin ismi, projenin ana ve özel aktivitelerine ilişkin iş takvimi, projenin yöneticisi, proje sorumluları ve yetkileri, projede gerçekleşmelerin takibine ilişkin özellikler

(gerçekleşmelerin ve güncellemelerin otomatik yapılıp yapılmaması vb.) ve diğer özellikler sisteme girilmiştir.

Kulp I-IV HES projesinin oluşturulan ana iş kırılım yapısının Primavera yazılımındaki görünümü ise Şekil 5.12'de verilmiştir.



WBS Name	Total Activities	Total Float
Kulp I-IV HES	315	0
İzinler	70	55
Kamulaştırma	20	115
İrtifak Hakkı Tesisi/Kullanma İzni Alınması	19	82
Orman İzinleri	6	363
ÇED	9	395
Bağlantı ve Sistem Kullanım Anlaşması	2	
Diğer İzin ve Ruhsatlar	12	55
Etüt-Proje	37	438
Şantiye Kurulum	8	
İnşaat İşleri	77	71
Hidromekanik	34	52
Elektromekanik	68	7
Enerji Nakil Hatları	16	7
Tesis Geçici Kabul	2	0
Tesis İşletmeye Alma	2	0

Şekil 5.12. Kulp I-IV HES projesi ana iş kırılım yapısı Primavera ekran görünümü

Şekil 5.12'de projenin birinci kırılımı olarak görülen "izinler" kısmı, projenin idari ve hukuksal süreçlerini; diğer kırılımlar ise projenin teknik süreçlerini kapsamaktadır.

5.4.2. Primavera Yazılımına Projenin aktivitelerinin tanıtılması

Primavera yazılımında proje iş kırılımlarının altına projenin 70 adet idari, 245 adet teknik, toplam 315 adet aktivite, bu aktivitelerin tahmin edilen başlangıç tarihleri ve

süreleri girilmiştir. Aktivitelerin birbirleri ile öncül-ardıl ilişkileri tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra, proje aktivitelerinin özelliklerine ilişkin Çizelge 5.22'de gösterilen bilgiler Primavera yazılımına girilmiştir.

Çizelge 5.22. Primavera'da tanımlanan aktivite özellikleri

Aktivite Tipi
• Başlangıç/Bitiş Kilometretaşı • İşlem Bağımlı • Kaynak Bağımlı • Öncül Bağımlı • Ana iş Bağımlı
Süre Tipi
• Süre ve Toplam Kaynak Sabit • Süre ve Birim Zaman Bazında Kaynak Sabit • Kaynak Sabit • Birim Zaman Bazında Kaynak Sabit
Gerçekleşmelerin Değerlendirme Tipi
• Süresel • Fiziksel • Kaynaksal
Aktivite Takvimi
• Kulp I-IV HES Takvim • İdari işlemler Takvimi • Vardiyalar
Kaynaklar
• Aktivitenin İşçisel, İşçisel Olmayan, Hammadde Kaynak İhtiyacı
Öncüller-Ardıllar
• Öcül Aktiivteler • Ardıl Aktiviteler
Maliyetler/Harcamalar
• Birim kaynak bazında maliyetler • Harcamalar

Çizelge 5.22'den belirtilen özelliklerden aktivite tipi teknik aktiviteler için "işlem bağımlı", idari aktiviteler için "öncül bağımlı" olarak seçilmiştir. Süre tipi metraja bağlı aktiviteler için "kaynak sabit", kaynağa bağlı olmayıp işleme bağlı aktiviteler için "süre sabit", hem kaynak hem de süre bağımlılığı olan aktiviteler için "birim zaman bazında kaynak sabit" veya "süre ve kaynak sabit" olarak seçilmiştir. Gerçekleşeme tipi süre bağımlı aktiviteler için "süresel", kaynak bağımlı aktiviteler için "fiziksel" seçilmiştir.

5.4.3. Primavera Yazılımına Projenin kaynaklarının tanıtılması

Primavera yazılımında işçilikli (labor), işçilikli olmayan (nonlabor), malzeme (material) olmak üzere tanımlanmış üç kaynak sınıfı üzerinden kaynaklar tanımlanmıştır. Projede tanımlanan kaynakların tamamı yenilenebilir kaynak olup; işçilik kaynakları işçilikli kaynaklar sınıfında, iş makinası kaynakları işçilikli olmayan kaynaklar sınıfında, hammadde kaynakları malzeme sınıfında tanımlanmıştır. Kulp I-IV HES projesi için tanımlanan işçilikli, işçilikli olmayan (makine) ve hammadde kaynakları Şekil 5.13'de gösterilmiştir.

Resources

Back Forward Home

Display: Current Project's Resources

Resource ID	Resource Name	Unit of Measure	Resource Type	Default Units / Time	Max Units/Time	Price / Unit	Shift
TED1	Tünel Kazi ve Kalip-Beton D		Labor	60/d	89/d	TL56/d	2-shift Operations
TED2	Kazi Ekibi		Labor	10/d	20/d	TL51/d	
TED3	Kalip-Demir-Beton Ekibi		Labor	20/d	94/d	TL51/d	
TED4	Hidromekanik Montaj Ekibi		Labor	8/d	16/d	TL64/d	
TED8	Ince Isler Ekibi		Labor	6/d	15/d	TL56/d	
TED5	Elektromekanik Montaj Ekib		Labor	5/d	10/d	TL64/d	
TED6	Elektrik Montaj Ekibi		Labor	6/d	15/d	TL64/d	
TED7	ENH Montaj Ekibi		Labor	6/d	15/d	TL56/d	
TED9	Tünel Enjeksiyon Ekibi		Labor	10/d	29/d	TL61/d	2-shift Operations

(a)

Resources

Back Forward Home

Display: Current Project's Resources

Resource ID	Resource Name	Unit of Measure	Resource Type	Default Units / Time	Max Units/Time	Price / Unit	Shift
TÜNEL KALIP	TÜNEL KALIP		Nonlabor	1/d	1/d	TL40/d	
MKSR	Tüm Mikserler		Nonlabor	1/d	7/d	TL185/d	
JCB	Tüm JCBler		Nonlabor	1/d	7/d	TL190/d	
EKS	Tüm Ekskavatörler		Nonlabor	1/d	7/d	TL255/d	
KMYN	Tüm Kamyonlar		Nonlabor	1/d	10/d	TL110/d	
Jumbo 2	Jumbo		Nonlabor	1/d	1/d	TL320/d	
Jumbo-1	Jumbo		Nonlabor	1/d	1/d	TL320/d	
VNÇ 2	Vinç 65 Tonluk		Nonlabor	1/d	1/d	TL190/d	
VNÇ 1	Vinç 40 Tonluk		Nonlabor	1/d	1/d	TL170/d	
Enjeksiyon Kompresor	Enjeksiyon Kompresör		Nonlabor	1/d	2/d	TL100/d	
SILINDIR	Silindir		Nonlabor	1/d	1/d	TL135/d	
JCB Kira	JCB		Nonlabor	1/d	1/d	TL195/d	
EKS Kira	Kobelco Ekskavatör 22 ton		Nonlabor	1/d	1/d	TL260/d	

(b)

Şekil 5.13. Kulp I-IV HES projesinin kaynakları
(a) İşçilikli (b) İşçilikli Olmayan (makine) (c) Hammadde

Resources

Back Forward Home

Display: Current Project's Resources

Resource ID	Resource Name	Unit of Measure	Resource Type	Default Units / Time	Max Units/Time	Price / Unit	Shift
DLG-RPRZ	Dolgu ve Ropriz	Metrekup	Material	190/d	190/d	TL2/m3	
KLP-SFT	Saft Kalibi	Metrekare	Material	600/d	600/d	TL40/m2	
BTN-SFT	Saft Betonu	Metrekup	Material	200/d	200/d	TL55/m3	
KLP-TNL	Tunel Kalibi	Metrekare	Material	125/d	125/d	TL20/m2	
BTN-TNL	Tunel Betonu	Metrekup	Material	125/d	125/d	TL30/m3	
BLN	Bulon	Kilogram	Material	200/d	20/d	TL5/kg	
KZ	Kazi	Metrekup	Material	5000/d	5000/d	TL85/m3	
BUZ	Buz	Metre	Material	224/d	224/d	TL40/m	
CNT	Conta	Kilogram	Material	600/d	6/d	TL3/kg	
SRN	Suren	Kilogram	Material	550/d	55/d	TL4/kg	
TL KFS	Tel Kafes	Kilogram	Material	125/d	125/d	TL1/kg	
HSR	Celik Hasir	Kilogram	Material	2200/d	2200/d	TL1/kg	
IKSA	Celik Iksa	Kilogram	Material	350/d	350/d	TL1/kg	
ANKRJ	Ankraj	Kilogram	Material	1158/d	1158/d	TL4/kg	
KLP	Kalip	Metrekare	Material	1200/d	1200/d	TL20/m2	
DMR	Demir	Kilogram	Material	9500/d	9500/d	TL3/kg	
KTK	Katki Malzemesi	Kilogram	Material	340/d	340/d	TL1/kg	
CMNT	Cimento	Ton	Material	500/d	500/d	TL88/Ton	
BTN-PSKT	Puskurtme Beton	Metrekup	Material	400/d	400/d	TL35/m3	
BTN	Beton	Metrekup	Material	400/d	400/d	TL83/m3	

(c)

Şekil 5.13. (Devam) Kulp I-IV HES projesinin kaynakları
(a) İşçilikli (b) İşçilikli Olmayan (makine) (c) Hammadde

Primavera yazılımında belirlenen kaynaklara ilişkin kullanım limitleri, kaynakların kullanılabilir olduğu tarih aralıkları, iş takvimleri ve vardiyaları ve Çizelge 5.23'de gösterilen diğer özellikleri tanımlanmıştır. Projede kaynakların tanımlanması işlemi tamamlandıktan sonra aktivitelere kaynakların ataması yapılmıştır.

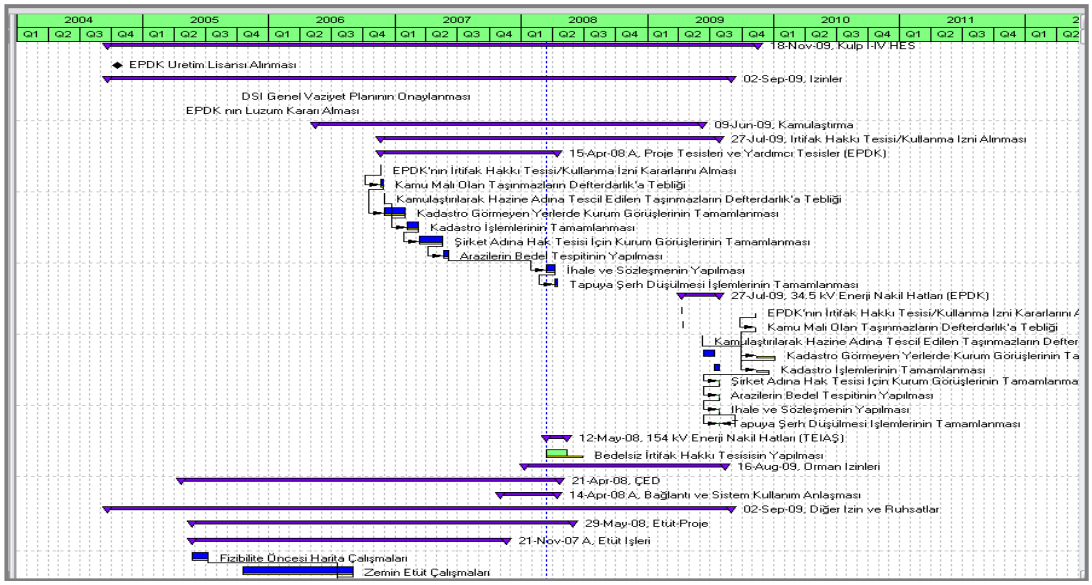
Çizelge 5.23. Primavera yazılımında tanımlanan kaynak özellikleri

Primavera Yazılımı Kaynak Özellikleri	Kaynağın takvimi, kaynağın vardiyaları
	Kaynağın ölçü birimi
	Kaynağın birim zamandaki kullanım miktarı
	Kaynağın birim zamandaki maksimum kullanım miktarı
	Kaynağın kullanılabilir olduğu tarih aralıkları ve bu tarih aralıklarındaki kullanım limitleri
	Kaynağın birim bazındaki maliyeti, fazla kullanım kapasitesi ve fazla kullanım maliyeti

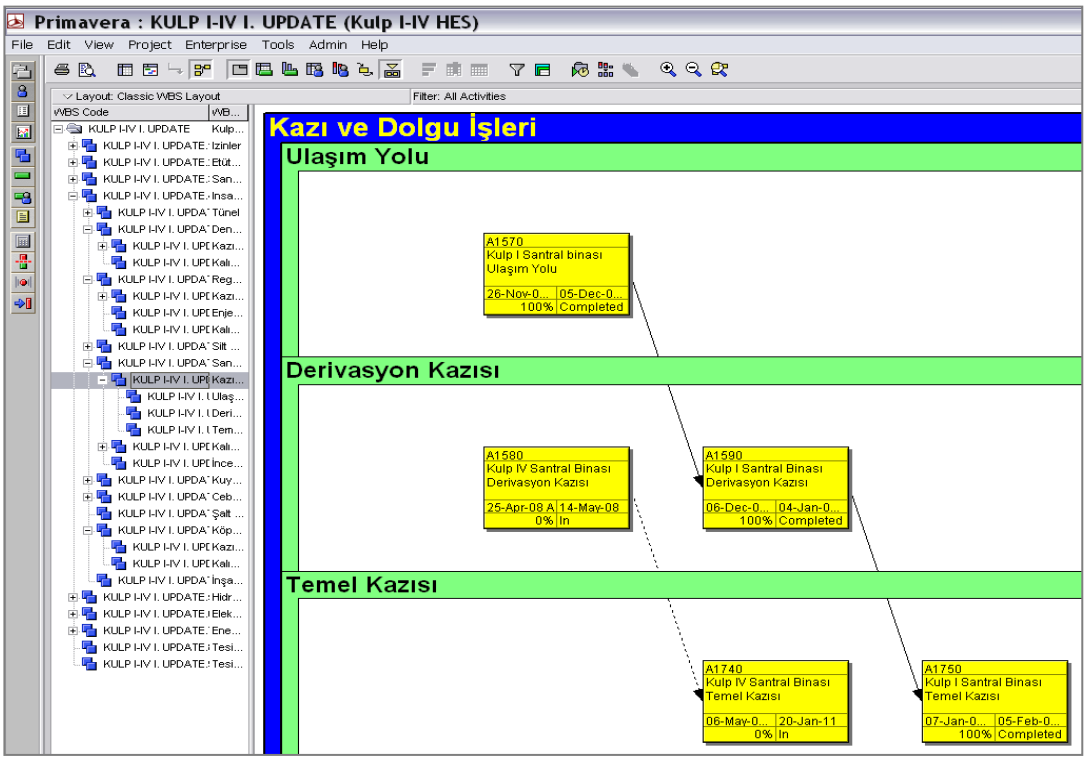
5.4.4. Primavera Yazılımında Projenin gantt şeması ve şebeke gösterimi

Projenin başlangıç zamanı, aktiviteleri, aktivitelerin süreleri, aktivitelerin ilişkileri, kaynakları, kaynakların limitleri, her bir aktivitenin kaynak ihtiyaçları ve diğer ilgili

bilgiler Primavera yazılımına girildiğinde ortaya çıkan projenin gantt şeması ve şebeke gösterimi sırasıyla Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'de verilmiştir.



Şekil 5.14. Primavera yazılımında projenin gantt şeması görünümü



Şekil 5.15. Primavera yazılımında projenin şebeke yapısında görünümü

5.4.5. Primavera Yazılımında Projenin risklerinin ve eşik değerlerinin tanımlanması

Projenin öngörülen riskleri ile ana iş kırılımlarının veya aktivitelerin başlangıç süresi, bitiş süresi, kaynak kullanımı vb. değerlerine ilişkin alt ve üst sapma sınırları Primavera yazılımının Risk ve Thresholds modüllerinde takip edilmektedir.

Risk modülünde, bir proje için öngörülen riskler tanımlanmaktadır. Belirlenen riskler sınıflandırılabilmekte ve belirlenen sınıf yapısı üzerinden riskler değerlendirilebilmektedir. Projenin ana ve alt iş kırılımları için tanımlanabilen riskler, tüm proje boyunca veri tabanında tutulabilmektedir.

Proje için tanımlanan risklerde, riskin hangi sınıfa ait olduğu, hangi alt ve/veya ana iş kırılımlarına etki edebileceği, riskin meydana gelme olasılığı ve risk meydana geldiğinde kaynakların ve maliyetlerin ne kadar etkileneceğine dair yapılan tahminler sisteme girilebilmektedir. Projenin yürütülmesi sırasında önceden tanımlanan risklerin tetiklediği bozulmalar meydana geldiğinde, riskin etki günü (bozulma günü) sisteme girilmekte ve riskin (bozulmanın) ilgili işlerin aktivite sürelerinde, aktivite bolluk değerlerinde ve aktivite kaynak ve maliyetlerinde meydana getireceği etki sistem tarafından hesaplanmaktadır. Proje yöneticisi riskin etkisi (bozulmanın etkisi) denen bu değerler ışığında çizelgede onarım kararlarını verir ve çizelgeyi onarır/yeniler. Önceden risk için tanımlanan değerlerin, ilgili riskin potansiyeli ortaya çıktığında değiştirilmesi; eğer potansiyeli ortaya çıkan risk daha önce sistemde tanımlanmamışsa, riskin potansiyelinin ortaya çıktığı anda (bozulmanın meydana geldiği anda) tanımlanması mümkündür.

Chong ve ark. (2003) tarafından atölye çizelgeleme kapsamında tanımlanan bozulmaların özellikleri Primavera yazılımında tanımlanan risklerin özellikleri ile Çizelge 5.24'de gösterildiği gibi eşdeğerdir.

Çizelge 5.24. Atölye tepkisel çizelgeleme bozulmalarının özellikleri ile Primavera yazılımındaki risklerin özelliklerinin eşleştirilmesi

Tepkisel Atölye Çizelgeleme	Primavera ile Tepkisel Proje Çizelgeleme
Bozulmanın Türü	Risk Türü
Bozulmanın Büyüklüğü	Riskin Etkisi
Bozulmanın Aralığı	Risk etkilerinin ortaya çıkma sıklığı
Bozulmanın Meydana Gelmesi	Riskin Etki Günü

Kulp I-IV HES projesinin başlangıç aşamasında tanımlanan risk sınıfları aşağıda listelenmiştir.

- Finansman
- Mevzuat değişiklikleri/belirsizlikleri
- Hava koşulları
- Doğal afetler
- İş ve çevre kazaları
- Kalite uygunsuzlukları (malzeme/imalat)
- Jeolojik yapı
- Yeni iş/imalat
- Yeni tasarım/tasarım değişiklikleri
- Değişken tamamlanma süresi/teslim zamanları
- Malzeme ihtiyaçlarındaki değişim
- Hammadde gecikmesi
- Makina-araç arızası
- Tedarikçiden kaynaklı riskler
- Çalışanlardan kaynaklanan riskler
- Arazi temini sıkıntıları
- Altyapı temini (elektrik, su, ulaşım temini)

Threshold modülünde ise, projenin ana iş kırılımları ve/veya aktiviteleri için başlangıç tarihleri, bitiş tarihleri, süreler, maliyetler, kaynak kullanımları vb. verilerin gerçekleşmesinin, kaynak dağıtımlı çizelgelemede belirlenen değerlerden sapmasına ilişkin alt ve üst sınır değerleri sisteme tanıtılabilmektedir. Projenin yürütülmesi sırasında bu sınır değerleri aşıldığında "thresholds modülü" çalışır ve sistemde otomatik olarak tespit edilen eşik değerini aşan sapmaya ilişkin veriler (issues) yaratılır ve "issue modülünde" ilgili sapmalara ilişkin bilgiler kaydedilir. Proje yöneticisi bu bilgilere ilişkin verileri sistemden rapor olarak alabilir. Raporlar, bir eşik değerin aşıldığı verisinin sistemde ne zaman oluştuğu, hangi aktivitelerin etkilendiği, toplam sapmanın ne olduğu, verinin ne zaman kapandığı gibi proje yöneticisine kontrol ve karar desteği sağlayan bilgileri içermektedir.

Bu kapsamda Primavera yazılımında bir eşik değer (threshold) aşılıp, buna ilişkin bir veri (issue) ortaya çıktığında, eğer proje yöneticisi tarafından önceden tanımlanmışsa, yazılım çizelge onarımını "jobservices" özelliği ile otomatik olarak yapabilir.

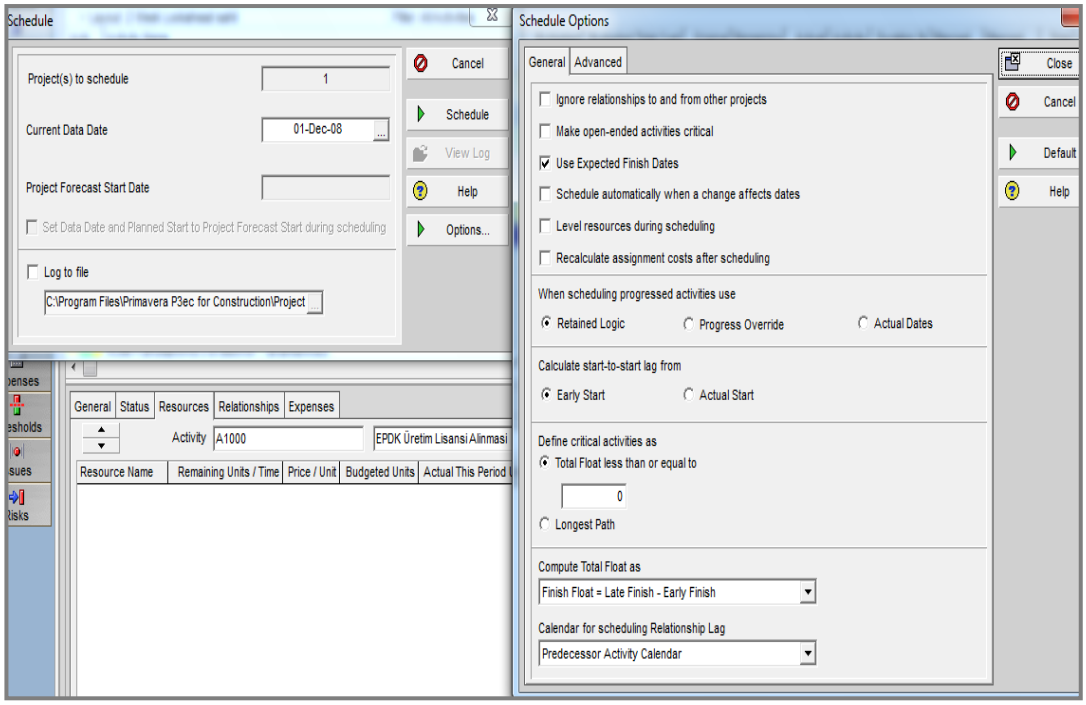
Kulp I-IV HES projesinin başlangıç aşamasında tanımlanan ve Primavera yazılımına veri girişi yapılan eşik değerleri (thresholds) Çizelge 5.25'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.25. Kulp I-IV HES projesi için Primavera yazılımında tanımlanan eşik değerleri

Kulp I-IV HES Eşik Değerleri (Thresholds)							
Eşik Parametresi	Alt Değer	Üst Değer	İş Kırılımı	Durumu	Öncelk	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Maliyetlerinin Değişimi	5%	5%	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD
Çizelge Performansı	0,1	1	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD
Çizelge Değişim Endeksi	1	1	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD
Orijinal Sürenin Değişimi	10%	10%	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD
Başlangıç Tarihi Değişimi	10 gün	10 gün	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD
Bitiş Tarihi Değişimi	15 gün	15 gün	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD
Toplam Bolluk Değişimi	15 gün	15 gün	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD
Serbest Bolluk Değişimi	15 gün	15 gün	KULP I-IV	Devrede	1 - Top	PS	CD

5.4.6. Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinin oluşturulması

Primavera yazılımına projenin ilgili tüm verileri girildikten sonra, en uzun yolun kritik yol varsayıldığı seçeneği seçilerek Kritik Yol Metodu (CPM) ile projenin başlangıç çizelgesi yapılmıştır. Projenin Primavera yazılımında çizelgelenmesine ilişkin ekran görüntüsü Şekil 5.16'da verilmiştir.



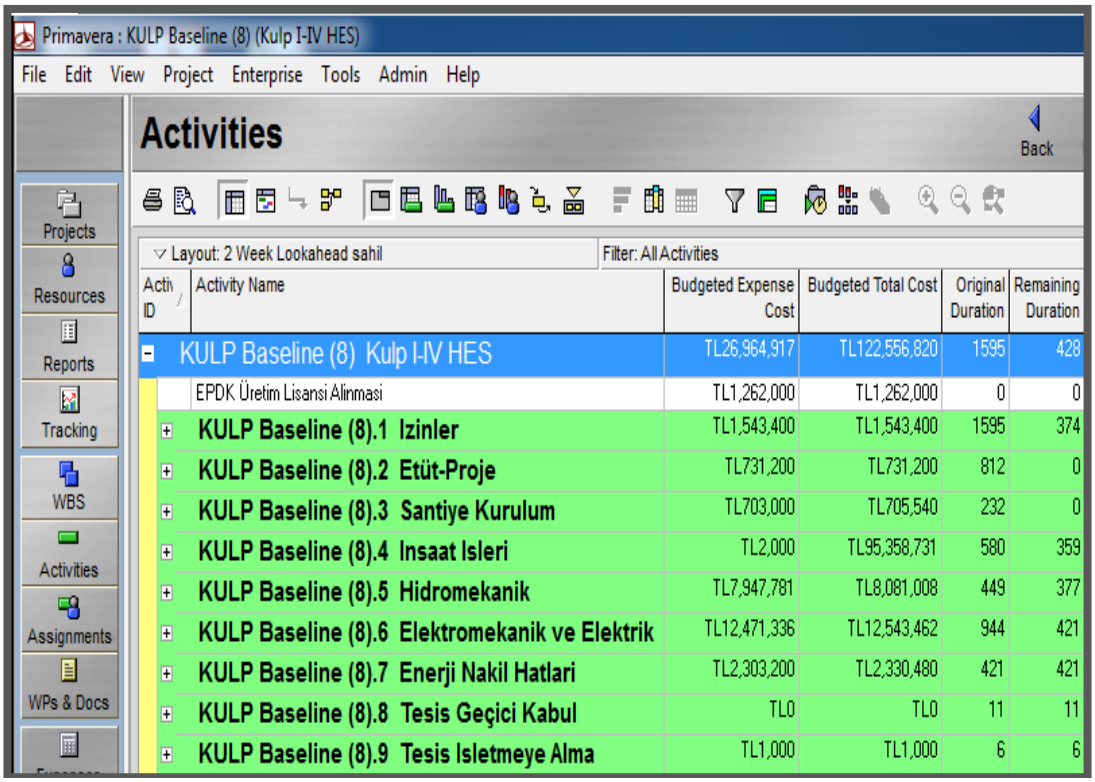
Şekil 5.16. Primavera yazılımında çizelgeleme yapılmasına ilişkin ekran görüntüsü

Primavera yazılımında kaynak dağıtımı olmaksızın başlangıç çizelgelemesi yapıldığında Çizelge 5.26'da bulunan projeye ilişkin başlangıç ve bitiş tarihleri tespit edilmiştir.

Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinin oluşturulması ile elde edilen proje maliyetlerinin Primavera yazılımındaki ekran görüntüsü Şekil 5.17'de ve ayrıca Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.26. Kulp I-IV HES başlangıç çizelgesi çıktıları

Başlangıç Çizelgesi 14.03.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) ile Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	04.10.2009
İzinler	20.09.2004	02.09.2004
İnşaat İşleri	01.06.2007	07.07.2009
Hidromekanik İşler	01.12.2007	01.09.2009
Elektromekanik İşler	22.02.2006	04.10.2009
Elektrik İşleri	17.01.2008	17.09.2009
Enerji Nakil Hattı İşleri	14.03.2008	27.04.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	10.09.2009	11.09.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	02.10.2009	03.10.2009



Şekil 5.17. Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinin proje maliyetleri

Çizelge 5.27. Kulp I-IV HES başlangıç çizelgesi proje maliyetleri

Başlangıç Çizelgesi 14.03.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) ile Çizelgeleme
	Primavera Proje Maliyetleri (TL)
Tüm Proje	122 556 820 TL
İzinler	1 543 000 TL
İnşaat İşleri	95 358 731 TL
Hidromekanik İşler	8 081 008 TL
Elektromekanik İşler	12 543 462 TL
Enerji Nakil Hattı İşleri	2 303 200 TL
Kulp I HES İşletmeye Alma	500 TL
Kulp IV HES İşletmeye Alma	500 TL

5.4.7. Primavera Yazılımında kaynakların dağıtımı ve dengelenmesi

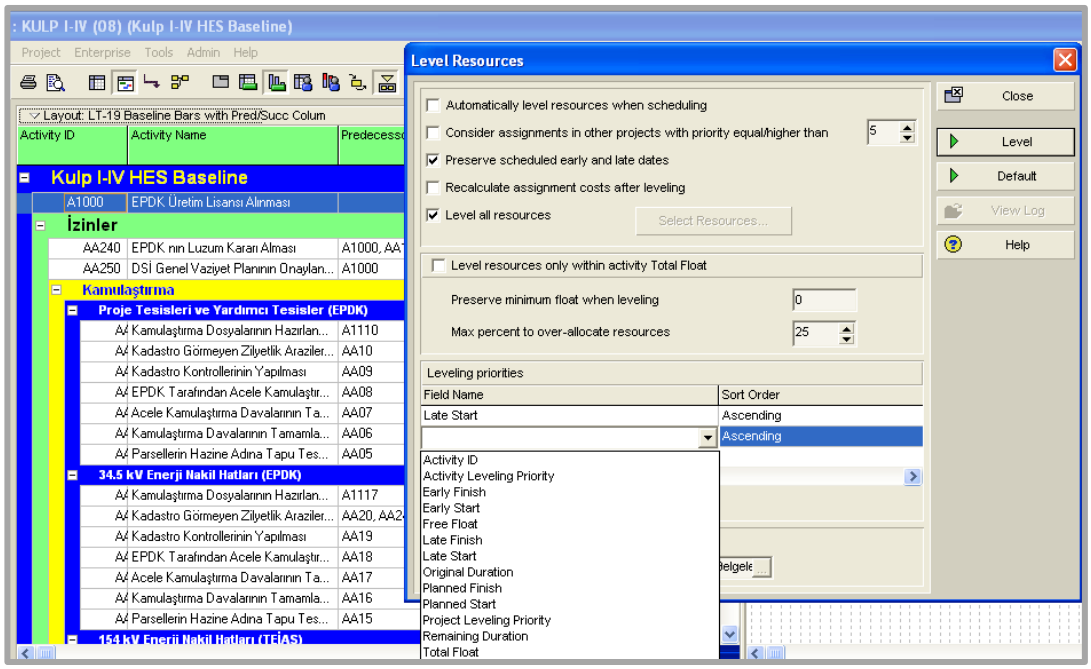
Başlangıç çizelgesi oluşturulduktan sonra, çizelgede kaynak dağıtımı yapılmıştır. Primavera yazılımında kaynak dağıtımı için, Hekimoğlu (2007), Çekmece (2009), Kastor ve Sirakoulis (2008) ve Trautmann ve Baumann (2009) tarafından kullanılan ve Primavera yazılımında başarılı sonuçlar verdiği söylenen aşağıda listelenmiş 7 adet öncelik kuralı seçilmiştir.

- *LST (Latest Start Time)*: En geç başlayan aktivite en önce çizelgelenir.
- *LFT (Latest Finish Time)*: En geç biten aktivite en önce çizelgelenir.
- *TF (Total Float)*: En düşük toplam bolluk değerine sahip aktivite en önce çizelgelenir.
- *Default*: Primavera yazılımının varsayılan öncelik kuralına göre çizelgelenir.
- *LFT + Remaining Duration (Latest Finish Time + Remaining Duration)*: Önce LFT, daha sonra kalan süresi en büyük olan aktivite en önce kuralına göre çizelgelenir.
- *LST + LFT (Latest Start Time + Latest Finish Time)*: Önce LST, daha sonra LFT kuralına göre çizelgelenir.

– *FF + LST (Free Float+Latest Start Time)*: Önce serbest bolluğu en küçük olan en önce, daha sonra en geç başlama zamanı en yüksek olan aktivite çizelgelenir.
– *Standart (Standart)*: MS Project 2007 proje yönetim yazılımının standart öncelik kuralı.

CPM tekniğine göre oluşturulan başlangıç çizelgesine kaynak dağıtımı için 7 öncelik kuralı ayrı ayrı uygulanmıştır. Kaynak dağıtımında kullanılan öncelik kurallarının performansları proje tamamlanma tarihi bazında değerlendirilmiştir. Primavera yazılımında kaynak dağıtımı için öncelik kuralının seçildiği ekran görüntüsü Şekil 5.18'de verilmiştir.

Uygulamada çizelgeleme yapıldıktan sonra kaynak dağıtımı yapılmıştır, ancak Primavera yazılımı, çizelgeleme sırasında kaynak dağıtımı yapılmasına da olanak vermektedir.



Şekil 5.18. Primavera yazılımında kaynak dağıtımı için öncelik kuralının seçildiği ekran görüntüsü

CPM tekniğine göre çizelgelenen ve daha sonra belirlenen öncelik kurallarına göre kaynak dağıtımı yapılan başlangıç proje çizelgesinin, LST kuralına göre kaynak dağıtımı sonrası Primavera yazılımından elde edilen kaynak dağıtım grafiklerinden bir örnek EK-6'da; işçilikli ve işçilikli olmayan kaynakların toplamı bazında kaynak dağıtım grafiği EK-7'de sunulmuştur. EK-6 ve EK-7'de bulunan grafiklerden görüleceği üzere projede birçok kaynak kısıtlıdır ve çizelgelemede aşırı kullanıma (overallocation) gidilmek zorunda kalınmıştır.

Birinci kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonrası Primavera Yazılımında elde edilen proje maliyetleri sonuçları incelendiğinde ise Primavera yazılımının LST ve LFT kuralının diğer kurallara göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

5.4.8. Primavera yazılımında tepkisel proje çizelgeleme uygulaması

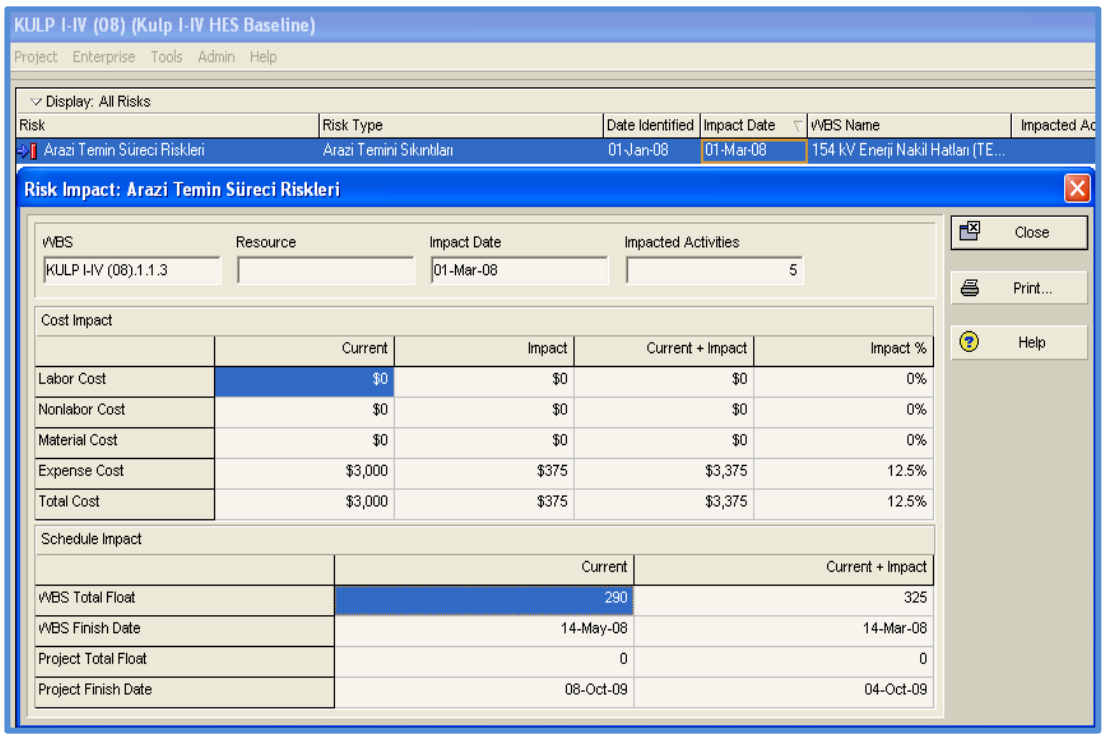
Başlangıç çizelgesi oluşturulduktan ve uygulamaya konduktan sonra, proje çevresinde önceden belirlenen veya öngörülmemiş risklerin etkileri ortaya çıkmaya başlamıştır. Potansiyeli ortaya çıkan riskler, proje ile ilişkili içsel ve/veya dışsal elemanlar üzerinde bozulmalara yol açmıştır.

Bu kapsamda projede ilk üç ay içerisinde meydana gelen bozulmalar Primavera yazılımında tanımlanan risklerle ilişkilendirilmiş ve bozulmaların etkisi, risk modülündeki "risk impact" uygulaması ile hesaplanmıştır. Başlangıç çizelgesi oluşturulduktan sonra ilk 3 ay içerisinde potansiyeli ortaya çıkan riskler ve meydana gelen bozulmalar ile bu bozulmaların etkisi Çizelge 5.28'de verilmiştir.

Bozulmaların etkilerinin Primavera yazılımında hesaplanmasına ilişkin ekran görünümünden bir örnek ise Şekil 5.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.28. Başlangıç çizelgesi sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve etkileri

Bozulmanın Tanımı	Riskin Tanımı	Etki Tarihi	WBS İsmi/Etkilenen Aktivite Sayısı	İşçilik Etkisi	İşçilik Olmayan Etkisi	Parasal Etki	Toplam Bolluk Etkisi	WBS süre Etkisi
Arazi Temin Güçlüğü	Arazi Temin Sıkıntıları	01.03.08	154 kV Enerji Nakil Hatları (TEİAŞ)/5	50	-	37500	35 gün	30 gün
Aşırı Kar Yağışı	Hava Koşulları	17.03.08	Regülatör ve Su Alma Yapısı/7	300	300	10000	2 gün	12gün
ÇED Yönetmeliği değişimi	Mevzuat Belirsizlikleri	01.04.08	İzinler/17	-	-	5000	-	26 gün



Şekil 5.19. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (arazi temin güçlüğü bozulması)

Bozulmaların etkileri hesaplandıktan sonra, bozulmadan etkilenen aktivitelerin süresi bozulma etkisi kadar uzatılmıştır. Aktivite sürelerinde bozulma sonucu meydana gelen tüm etkiler çizelgeye girildikten sonra, 30.04.2008 tarihi baz alınarak çizelgeleme yapılmıştır. 30.04.2008 tarihine kadar çizelgeye girilen proje

gerçekleşme verileri üzerinde değişim yapılamadığı için, çizelge onarımı esnasında yazılım yalnızca devam eden ve başlamamış aktivitelerle ilgili süre ve kaynak unsurlarını çizelgelemektedir. Çizelgede onarıma gidildiğinde başlayan aktivitelerin başlangıç tarihleri değişmemektedir. Böylece, gerçekleşmelerin girildiği çizelgelerde, "yeniden çizelgeleme" çizelgenin sinirliliğini artıran ve kararlılığını azaltan yeniden çizelgeleme yöntemi uygulanmamış olmaktadır.

CPM tekniğine göre onarılmış çizelge oluşturulduktan sonra, öncelik kuralları ayrı ayrı uygulanarak kaynak dağıtımı yapılmıştır.

Birinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.29'da; birinci çizelge onarımının hemen sonrasında her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonucu proje tamamlanma tarihlerinde ve proje maliyetlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.30'da sunulmuştur.

Çizelge 5.30'dan görüleceği üzere Primavera yazılımının LST, LFT ve LST+LFT kuralı en erken proje tamamlanma tarihini ve en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

Çizelge 5.29. Birinci çizelge onarımı sonuçları-Primavera

1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	13.11.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	12.11.2009	13.11.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	26.10.2009	27.10.2009

Çizelge 5.30. Birinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera

Öncelik Kuralları	1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Primavera LST	20.09.2004	21.10.2009
Primavera LFT	20.09.2004	21.10.2009
Primavera TF	20.09.2004	17.11.2009
Primavera DEFAULT	20.09.2004	04.11.2009
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	20.09.2004	20.11.2009
Primavera LST+LFT	20.09.2004	21.10.2009
Primavera FF+LST	20.09.2004	30.12.2009
1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008	Proje Tamamlanma Maliyeti	
Primavera LST	126 030 255,00 TL	
Primavera LFT	126 014 255,00 TL	
Primavera TF	126 099 857,00 TL	
Primavera DEFAULT	126 106 394,00 TL	
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	126 014 255,00 TL	
Primavera LST+LFT	126 014 256,00 TL	
Primavera FF+LST	126 101 983,00 TL	

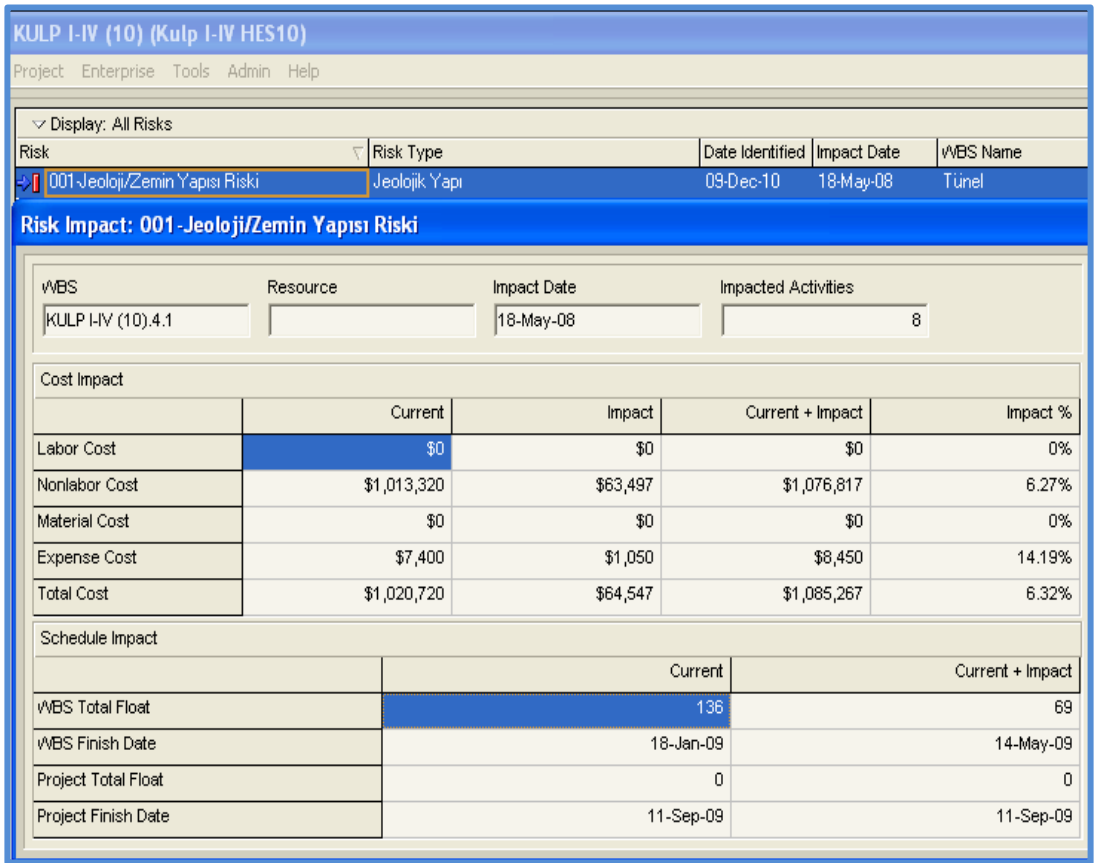
Birinci çizelge onarımında gösterildiği şekilde risk potansiyellerinin açığa çıkması sonucu projede meydana gelen bozulmaların etkileri otomatik olarak Primavera Yazılımında hesaplanarak belli periyotlarda çizelgede onarıma gidilmiştir.

Kulp I-IV HES Projesi için başlangıç çizelgesi oluşturulduktan sonra 5 periyotta çizelgede onarıma gidilmiştir. Birinci çizelge onarımı 30.04.2008 tarihi bazında, ikinci çizelge onarımı 01.09.2008 tarihi bazında, üçüncü çizelge onarımı 01.01.2009 tarihi bazında, dördüncü çizelge onarımı 01.01.2010 tarihi bazında, beşinci çizelge onarımı ise 01.11.2010 tarihi bazında yapılmıştır.

01.09.2008 tarihi bazında yapılan ikinci çizelge onarımını tetikleyen bozulmalar ve bu bozulmaların etkileri Çizelge 5.31'de, Primavera yazılımının ilgili ekran görünümünden bir örnek ise Şekil 5.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.31. Birinci çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi

Bozulma Tanımı	Risk Tanımı	Etki Tarihi	WBS İsmi/ Etkilenen Aktivite Sayısı	İşçilik Etkisi	Makina Etkisi	Parasl Etki	Top. Blk.Etk.	WBS Süre Etkisi
Tünel Göçüğü	001-Jeoloji/Zemin Yapısı Riski	18.05.08	Tünel/8	9700	110	1050000	67 gün	116 gün
Tünel İksa ve Kalıp Sistemi Değişimi	002-Proje Değişikliği	18.05.08	Tünel/8	-	-	80 000	-	-
Ekskavatör Arızası	003 Makina/Araç/ Ekipman Arızası	01.06.08	I. Kademe Derivasyon Kazısı/2	60	52	10 000	-	-
Ekskavatör Arızası	004-Makina/Araç/ Ekipman Arızası	10.06.08	Denge Bacası Şaft Kazıları/2	70	52	16 600	-	-
Tünel Beton Katkı Malzemesi Eksikliği	005-Malzeme Kalite Uygunsuzlukl arı	28.08.08	Kalıp Demir Beton işleri/2	120	8	0	-	-



Şekil 5.20. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (jeoloji-zemin yapısı bozulması)

01.09.2008 tarihinde yapılan ikinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.32'de sunulmuştur. İkinci çizelge onarımının hemen sonrasında her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonucu proje tamamlanma tarihlerinde ve proje maliyetlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.33'de sunulmuştur.

Çizelge 5.32. İkinci çizelge onarımı sonuçları-Primavera yazılımı

2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	12.09.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	11.09.2009	12.09.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	28.04.2009	29.04.2009

Çizelge 5.33. İkinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera

Öncelik Kuralları	2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Primavera LST	20.09.2004	22.11.2009
Primavera LFT	20.09.2004	22.11.2009
Primavera TF	20.09.2004	28.01.2010
Primavera DEFAULT	20.09.2004	27.11.2009
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	20.09.2004	01.01.2010
Primavera LST+LFT	20.09.2004	22.11.2009
Primavera FF+LST	20.09.2004	06.01.2010
2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008	Proje Tamamlanma Maliyeti	
Primavera LST	127 026 552,00 TL	
Primavera LFT	127 115 052,00 TL	
Primavera TF	127 189 110,00 TL	
Primavera DEFAULT	127 105 110,00 TL	
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	127 089 110,00 TL	
Primavera LST+LFT	127 181 249,00 TL	
Primavera FF+LST	127 089 110,00 TL	

Çizelge 5.33’den görüleceği üzere Primavera’nın LST, LFT ve LST+LFT kuralı en erken proje tamamlanma tarihini veren çizelgeyi; LFT kuralı en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

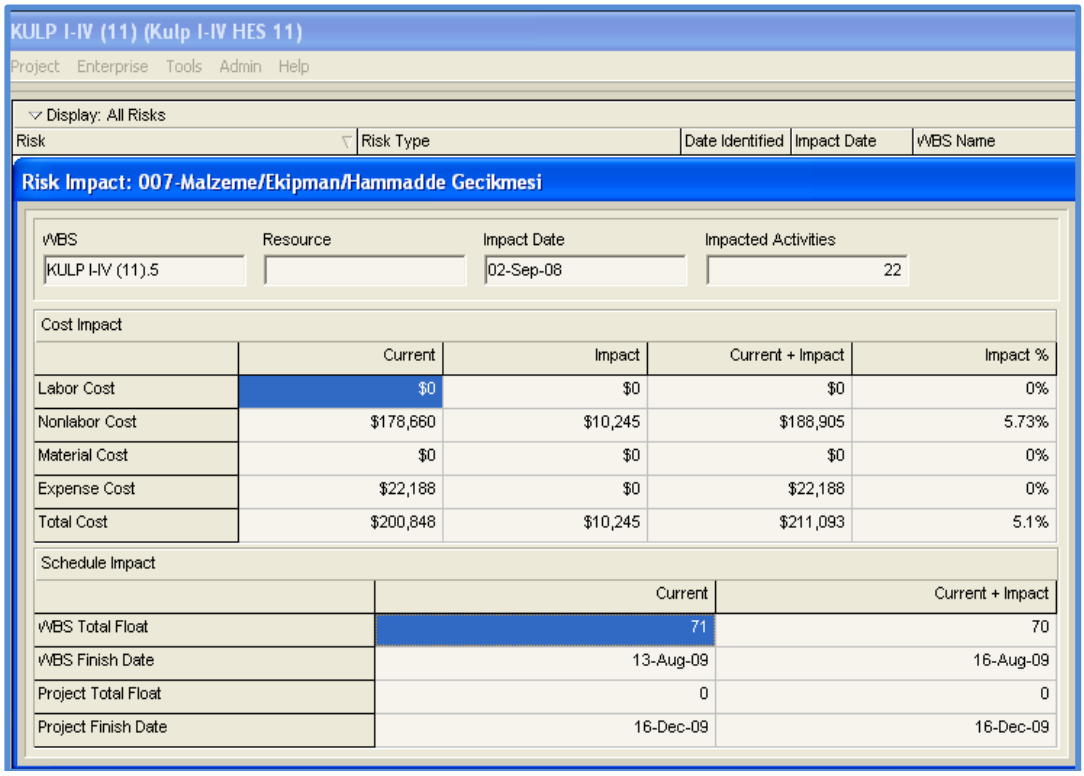
01.01.2009 tarihi bazında yapılan üçüncü çizelge onarımını tetikleyen bozulmalar ve bu bozulmaların etkileri Çizelge 5.34’de, Primavera yazılımının ilgili ekran görünümünden bir örnek ise Şekil 5.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.34. İkinci çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi

Bozulma Tanımı	Risk Tanımı	Etki Tarihi	WBS İsmi/ Etkilenen Aktivite Sayısı	İşçilik Etkisi	İşçilik Olmayan Etkisi	Parasal Etki	Top. Blk. Etk.	WBS süre Etkisi
Radyal Kapak Gecikmesi	006-Malzeme/Ekipman/Hammadde Gecikmesi	02.09.08	Silt Tutma Havuzu/2	150	70	3000	1 gün	-
Hidrolik Yağ Temininde Gecikme	007-Malzeme/Ekipman/Hammadde Gecikmesi	02.09.08	Hidromekanik/22	450	80	0	1 gün	3 gün
Elektronik Yan Malz. Gecikmesi	008-Malzeme/Hammadde/Ekipman Gecikmesi	02.09.08	Elektromekanik/ 38	350	130	2000	18 gün	31 gün
Sel	009-Doğal Afetler	14.09.08	Kapak-Izgara Montajı/2	48	120	75 000	17 gün	31 gün
Katkı Malzemesi Gecikmesi	010-Malzeme/Ekipman/Makina/Ürün Gecikmesi	17.09.08	Enjeksiyon İşleri/2	150	5	0	7 gün	12 gün
Arazi Anlaşmazlıkları	011-Arazi Temin Süreci Riskleri	29.09.08	Kulp I-Lice Yüksek Gerilim Hatları Temin ve Montajı/2	70	20	200 000	-	5 gün
İş Kazası (Elektrik)	012-İş ve Çevre Kazaları	30.09.08	Kulp IV-Kulp I Orta Gerilim Hatları Temini ve Montajı/3	70	-	500 000	-	3 gün
Sel	013-Doğal Afetler	01.10.08	Elektromekanik/ 38	140	70	10000	7 gün	13 gün
Sel	014-Doğal Afetler	01.10.08	Hidromekanik/22	160	70	16000	1 gün	2 gün
Sel	015-Doğal Afetler	01.10.08	İnşaat İşleri/27	940	120	12000	-	4 gün

Çizelge 5.34. (Devam) İkinci çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi

Bozulma Tanımı	Risk Tanımı	Etki Tarihi	WBS İsmi/ Etkilenen Aktivite Sayısı	İşçilik Etkisi	İşçilik Olmayan Etkisi	Parasl Etki (TL)	Top. Bolluk Etkisi	WBS süre Etkisi
Ekskavatör Bozulması	016-Makina/Araç/Ekipman Arızası	25.10.08	İnşaat İşleri/27	120	120	18000	-	1 gün
Ana Tedarikçi Sözleşme Feshi	017-Tedarikçi Performansı	15.10.08	İnşaat İşleri/27	7500	1200	50000	18 gün	34 gün
Regülatör Betonu	018-Malzeme Kalite Uygunsuzlukları	18.10.08	İnşaat İşleri/27	100	10	13000	-	1 gün
Aşırı Kar Yağışı	019-Hava Koşulları	20.12.08	Regülatör ve Su Alma Yapısı/2	350	180	2000	9 gün	15 gün
Aşırı Kar Yağışı	020-Hava Koşulları	20.12.08	Santral Binası/7	140	80	0	1 gün	4 gün
Aşırı Kar Yağışı	021-Hava Koşulları	20.12.08	Silt Tutma Havuzu/0	300	120	0	-	-
Aşırı Kar Yağışı	022-Hava Koşulları	20.12.08	Kuyruksuyu Kanalı/2	300	100	6400	6 gün	10 gün
Aşırı Kar Yağışı	023-Hava Koşulları	20.12.08	ENH İmalatı ve Montajı/9	300	10	23000	-	9 gün
Aşırı Kar Yağışı	024-Hava Koşulları	20.12.08	Cebri Boru Mesnetleri/ 4	40	20	0	2 gün	3 gün



Şekil 5.21. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (malzeme / ekipman / hammadde gecikmesi bozulması)

01.01.2009 tarihinde yapılan üçüncü çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.35'de; üçüncü çizelge onarımının hemen sonrasında her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgelemenin proje tamamlanma tarihleri ve proje maliyetlerinde meydana gelen değişim Çizelge 5.36'da sunulmuştur.

Çizelge 5.35. Üçüncü çizelge onarımı sonuçları-Primavera

3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	16.12.2009
Kulp I HES İşletmeye Alma	15.12.2009	16.12.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	21.09.2009	22.09.2009

Çizelge 5.36. Üçüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera

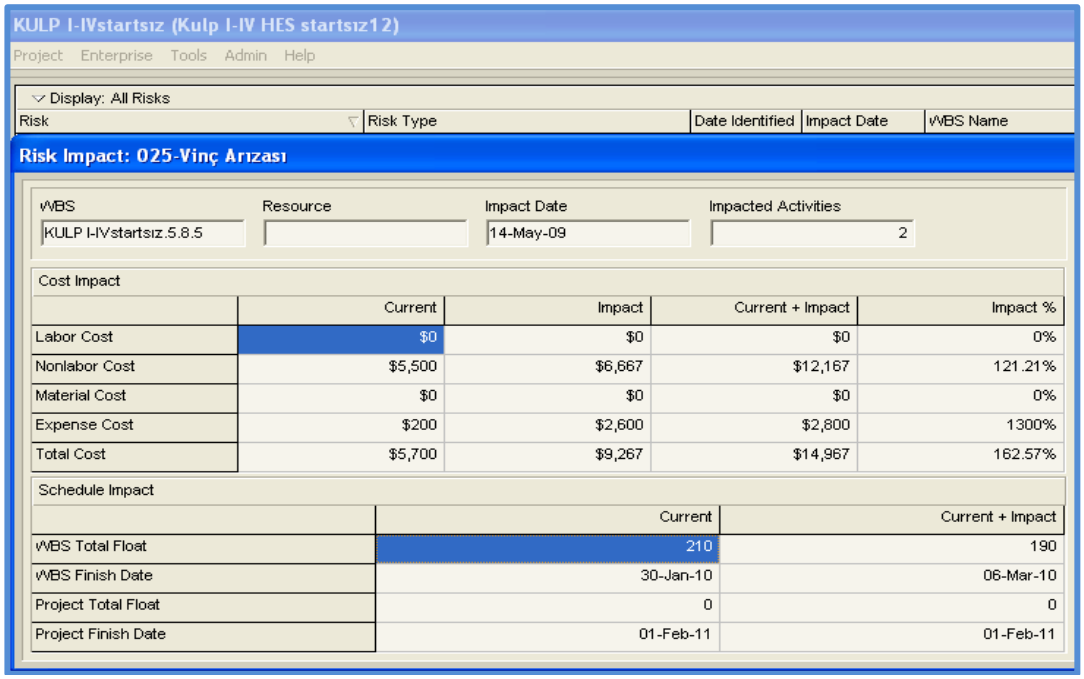
Öncelik Kuralları	3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Primavera LST	20.09.2004	26.12.2009
Primavera LFT	20.09.2004	26.12.2009
Primavera TF	20.09.2004	04.01.2010
Primavera DEFAULT	20.09.2004	02.02.2010
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	20.09.2004	15.01.2010
Primavera LST+LFT	20.09.2004	26.12.2009
Primavera FF+LST	20.09.2004	26.12.2009
3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009	Proje Tamamlanma Maliyeti	
Primavera LST	129 026 885,00 TL	
Primavera LFT	129 790 385,00 TL	
Primavera TF	129 089 443,00 TL	
Primavera DEFAULT	129 089 443,00 TL	
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	129 089 443,00 TL	
Primavera LST+LFT	129 181 582,00 TL	
Primavera FF+LST	129 089 443,00 TL	

Çizelge 5.36'dan görüleceği üzere Primavera yazılımının LST, LFT, LST+LFT ve FF+LST kuralı en erken proje tamamlanma tarihini veren çizelgeyi; LST, LFT, Default, LST+LFT, FF+LST kuralı en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

01.01.2010 tarihi bazında yapılan dördüncü çizelge onarımını tetikleyen bozulmalar ve bu bozulmaların etkileri Çizelge 5.37'de, Primavera yazılımının ilgili ekran görünümünden bir örnek ise Şekil 5.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.37. Üçüncü çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi

Bozulma Tanımı	Risk Tanımı	Etki Tarihi	WBS İsmi/Etkilenen Aktivite Sayısı	İşçilik Etkisi	İşçilik Olmayan Etkisi	Parasl Etki (TL)	Top. Bolluk Etkisi	WBS süre Etkisi
Makina-Araç Arızası	025-Vinç Arızası	14.05.09	Santral Gezer Vinç Testleri/2	140	80	2 600	20 gün	34 gün
Finansman	026-Finansman	30.12. 09	Kulp I-IV HES	-	-	2 890	-	-



Şekil 5.22. Primavera yazılımında bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (vinç arızası bozulması)

01.01.2010 tarihinde yapılan dördüncü çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.38'de; dördüncü çizelge onarımının hemen sonrasında her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonucunda proje tamamlanma süresi proje maliyetlerinde meydana gelen değişim Çizelge 5.39'da sunulmuştur.

Çizelge 5.38. Dördüncü çizelge onarımı sonuçları-Primavera

4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	18.12.2010
Kulp I HES İşletmeye Alma	17.12.2010	18.12.2010
Kulp IV HES İşletmeye Alma	12.01.2010	13.01.2010

Çizelge 5.39. Dördüncü kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera

Öncelik Kuralları	4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Primavera LST	20.09.2004	09.02.2011
Primavera LFT	20.09.2004	09.02.2011
Primavera TF	20.09.2004	09.02.2011
Primavera DEFAULT	20.09.2004	09.02.2011
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	20.09.2004	09.02.2011
Primavera LST+LFT	20.09.2004	09.02.2011
Primavera FF+LST	20.09.2004	09.02.2011
4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010	Proje Tamamlanma Maliyeti	
Primavera LST	129 142 885,00 TL	
Primavera LFT	129 952 520,00 TL	
Primavera TF	129 269 443,00 TL	
Primavera DEFAULT	129 269 443,00 TL	
Primavera LFT+REMAINING DURATION	129 269 443,00 TL	
Primavera LST+LFT	129 361 582,00 TL	
Primavera FF+LST	129 269 443,00 TL	

Çizelge 5.39'dan görüleceği üzere Primavera yazılımının tüm öncelik kuralları aynı proje tamamlanma tarihini veren çizelgeyi; Primavera yazılımının LST kuralı en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

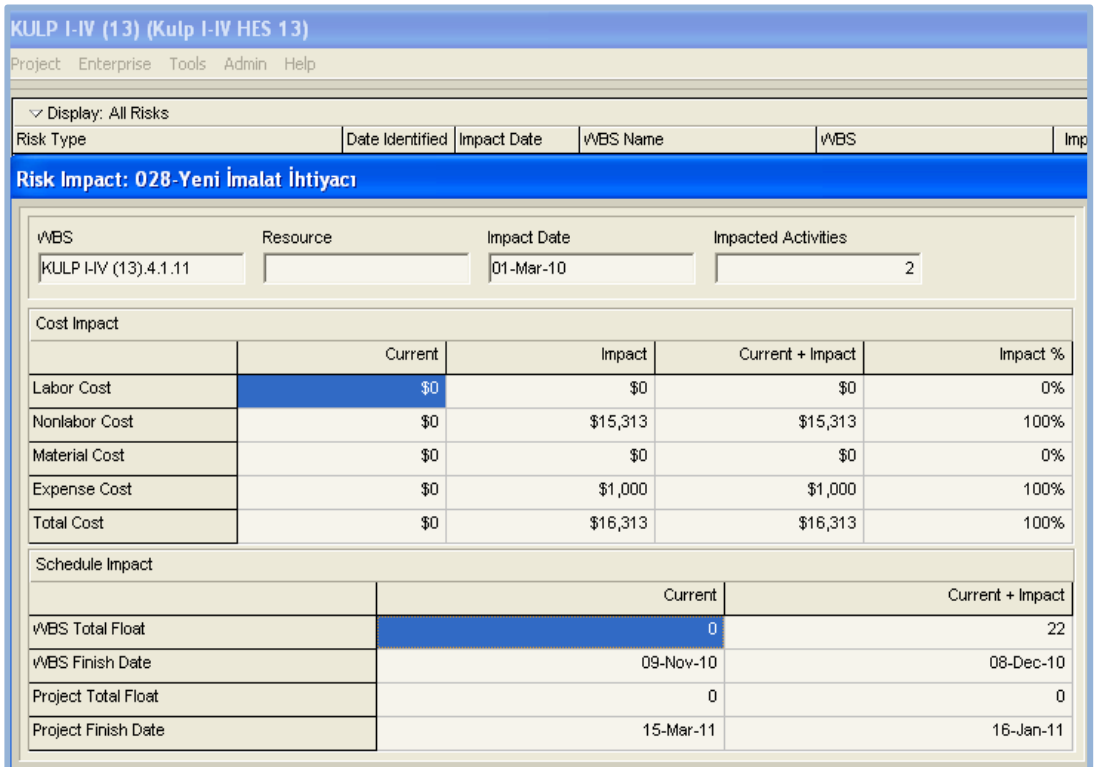
Dördüncü kaynak dağıtımlı çizelgelemede öncelik kuralları bazında çizelge bitiş sürelerinin değişmemesinin sebebi, projenin tünel iş kırılımı bazında tanımlanan jeolojik riskin bozulmaya dönüşmesi; projenin tamamlanamamasının yalnızca tünel inşaat işleri ve bu iş ile ilgili kaynakların kısıtlı olmasından kaynaklanmasıdır. Bu

süreçte projenin kısıtlı kaynaklarla yönetilen birçok ana işi tamamlanmış olmakta, yalnızca yukarıda belirtilen işin tamamlanması beklenmektedir. Bu sebeple tek bir kaynağın ve aktivitenin çizelgelemesi problemine dönüşen projede, tüm öncelik kuralları birçok aktivite tamamlandığı ve karmaşık bir çizelgeleme ortamı oluşmadığı için aynı sonucu vermektedir.

01.11.2010 tarihi bazında yapılan beşinci çizelge onarımını tetikleyen bozulmalar ve bu bozulmaların etkileri Çizelge 5.40'da, Primavera yazılımında ilgili ekran görünümünden bir örnek ise Şekil 5.23'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.40. Dördüncü çizelge onarımı sonrası ortaya çıkan bozulmalar ve bozulmaların etkisi

Bozulma Tanımı	Risk Tanımı	Etki Tarihi	WBS İsmi/Etkilenen Aktivite Sayısı	İşçilik Etkisi	İşçilik Olmayan Etkisi	Parasl Etki (TL)	Top. Bolluk Etkisi	WBS süre Etkisi
Tünel Göçmesi	027-Jeoloji/Zemin Yapısı Riski	28.02.10	Tünel/1	7200	305	400000	43 gün	25 gün
İzolasyon işlemi	028-Yeni İmalat İhtiyacı	01.03.10	Tünel/1	50	50	100000	22 gün	30 gün
İksa ve Kalıp Değişimi	029-Malzeme/Makina İhtiyacı Değişimi	01.03.08	Kulp I-IV HES	-	-	220000	-	-
Tünel Donatı Proje Değişikliği	030-Proje Değişikliği	02.03.10	Tünel/1	-	-	140000	-	2 gün
Katkı Malzemesi	031-Yeni Malzeme İhtiyacı	09.08.10	Tünel/1	70	-	14400	-	4 gün



Şekil 5.23. Primavera yazılımı bozulmaların etkilerinin ekran görüntüsü (yeni imalat bozulması)

01.11.2010 tarihinde yapılan beşinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.41'de; beşinci çizelge onarımının hemen sonrasında her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonucunda proje tamamlanma süresi ve proje maliyetinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.42'de sunulmuştur.

Çizelge 5.41. Beşinci çizelge onarımı sonuçları-Primavera

5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	20.09.2004	09.05.2011
Kulp I HES İşletmeye Alma	08.05.2011	09.05.2011
Kulp IV HES İşletmeye Alma	12.01.2010	13.01.2010

Çizelge 5.42. Beşinci kaynak kısıtlı çizelge onarımı sonuçları-Primavera

Öncelik Kuralları	5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Primavera LST	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LFT	20.09.2004	05.08.2011
Primavera TF	20.09.2004	05.08.2011
Primavera DEFAULT	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LFT+REMAINING DURATION	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LST+LFT	20.09.2004	05.08.2011
Primavera FF+LST	20.09.2004	05.08.2011
5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	Proje Tamamlanma Maliyeti	
Primavera LST	129 542 885,00 TL	
Primavera LFT	130 251 519,00 TL	
Primavera TF	130 222 643,00 TL	
Primavera DEFAULT	130 222 643,00 TL	
Primavera LFT+ REMAINING DURATION	130 222 643,00 TL	
Primavera LST+LFT	130 314 782,00 TL	
Primavera FF+LST	130 222 643,00 TL	

Çizelge 5.42'den görüleceği üzere Primavera yazılımının tüm öncelik kuralları aynı proje tamamlanma tarihini veren çizelgeyi; Primavera yazılımının LST kuralı en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir. Beşinci çizelge onarımında da, dördüncü çizelge onarımında açıklanan sebeplerden ötürü tüm öncelik kuralları aynı çizelgeleme ve kaynak dağıtım performansını göstermektedir..

Sonuçlara genel olarak bakıldığında, LST, LFT ve LST+LFT öncelik kuralı, projenin bitiş süresi açısından en iyi çizelge kaynak dağıtımını yapmaktadır. Performansı en düşük olan öncelik kuralının ise Primavera yazılımının LFT+Remaining Duration öncelik kuralı olduğu görülmektedir.

5.4.9. Primavera Yazılımının tepkisel proje çizelgeleme performansı

LST öncelik kuralı ile yapılan kaynak dağıtımlı tepkisel proje çizelgeleme performansının, atölye ortamındaki tepkisel çizelgeleme sistemlerinin performansını gösteren çizelge kararlılığı ve çizelge verimliliği ölçütlerine göre performansları MS Excel'de oluşturulan formülasyon ile hesaplanmıştır.

Çizelge verimliliği hesaplanırken Bölüm 3'te verilen çizelge verimliliği formülü kullanılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 5.43, Çizelge 5.44 ve Çizelge 5.45'de sunulmuştur.

Çizelge 5.43. Onarılmış çizelgelerin maksimum tamamlanma tarihleri

Onarılmış Çizelgelerin Max. Bitiş Süreleri	
1. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	08.10.2009
2. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	21.10.2009
3. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	22.11.2009
4. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	26.12.2009
5. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	09.02.2011
6. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	05.08.2011

Çizelge 5.44. Çizelge verimlilikleri

Çizelge Verimliliği Hesaplamaları	
1. Çizelge Verimliliği	100,00%
2. Çizelge Verimliliği	98,92%
3. Çizelge Verimliliği	96,25%
4. Çizelge Verimliliği	93,42%
5. Çizelge Verimliliği	59,25%
6. Çizelge Verimliliği	44,50%

Çizelge 5.45. Göreceli çizelge verimliliği hesapları

Göreceli Çizelge Verimliliği Hesaplamaları	
1. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	100,00%
2. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	98,92%
3. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	97,36%
4. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	97,27%
5. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	67,94%
6. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	89,52%

Çizelge 5.44'den görüldüğü üzere, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü çizelge onarımları sonrası hesaplanan çizelge verimlilik değerlerinin ortalama %97,15 olduğu, bu sonuç yorumlandığında ilk 4 çizelgenin onarımlar sonrasında verimli kalabildiği görülmüştür. Ancak beşinci ve altıncı çizelge onarımları sonrası, çizelge verimlilik değeri ortalaması %51,88 olarak tespit edilmiştir. Son iki onarımda çizelge verimliliğinin düşük olmasının sebebi, son iki çizelge onarımında çizelge onarım sıklığının 1 yıl gibi uzun bir süre olması, aynı zamanda bu son iki onarım periyodunda yaşanan bozulmaların etkilerinin proje tamamlanma süresini bir yıl kadar uzatacak büyüklükte etkiye sahip olmasıdır.

Her bir onarım ile elde edilen çizelgelerin bir önceki çizelgeye göre göreceli verimlilik değerlerinin gösterildiği Çizelge 5.45'e bakıldığında ise, yine ilk 4 çizelge onarımının ortalama %98,39 ile yüksek çizelge verimliliği sağladığı, son iki onarımda ise %78,73 verimlilik değeri ile verimlilik ölçütünün başlangıç çizelgesine göre hesaplanan verimlilik değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, bu kısımdaki verimlilik hesaplarında, onarılan çizelge ile hemen bir önceki çizelge arasındaki değişimin ölçülmeye çalışılmasıdır.

Sonuçlardan görüldüğü üzere bu projede çizelge verimliliği, çizelge onarım sıklığı ve bozulma etkilerinden büyük oranda etkilenmektedir. Çizelge kararlılığı ise Bölüm 3'te değinilen ve atölyede çizelgeleme ölçütleri için kullanılan formül ile hesaplanmıştır. Bu formülasyona göre çizelge kararlılığı hesaplarının yapılabilmesi için Primavera Yazılımından çekilen veriler EK-8'de sunulmuştur. Bu veriler ışığında elde edilen çizelge kararlılığı sonuçları ise Çizelge 5.46'da gösterilmiştir. Çizelge kararlılığı sonuçlarında başlamış aktivitelerin de hesaplamaya alındığı sonuçlar ile başlamış aktivitelerin hesaplamaya alınmadığı sonuçlar Çizelge 5.46'da görülmektedir.

Çizelge 5.46. Primavera Yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı

Aktivite Başlama Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı		
	Başlamış Aktiviteler Dahil	Başlamış Aktiviteler Hariç
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	16,98 gün	44,75 gün
3. Çizelge Kararlılığı	41,96 gün	95,96 gün
4. Çizelge Kararlılığı	36,65 gün	83,82 gün
5. Çizelge Kararlılığı	157,86 gün	325,13 gün
6. Çizelge Kararlılığı	56,02 gün	128,10 gün

Ayrıca aktivitelerin başlangıç tarihleri bazında yapılan çizelge kararlılığı hesaplamalarının yanı sıra, aynı formülasyon aktivitelerin bitiş süreleri bazında uygulanarak, aktivite bitiş sürelerine göre çizelge kararlılığı sonuçları da elde edilmiştir. Çizelge kararlılığı hesaplamalarında kullanılmak üzere Primavera Yazılımı'ndan çekilen aktivite bitiş sürelerine ilişkin veriler de EK-9'da bulunmaktadır. Bu veriler ışığında elde edilen çizelge kararlılığı sonuçları ise Çizelge 5.47'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.47. Primavera Yazılımı aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı

Aktivite Bitiş Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı		
	Biten Aktiviteler Dahil	Biten Aktiviteler Hariç
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	26,49 gün	47,34 gün
3. Çizelge Kararlılığı	68,88 gün	116,42 gün
4. Çizelge Kararlılığı	64,81 gün	109,55 gün
5. Çizelge Kararlılığı	171,23 gün	286,30 gün
6. Çizelge Kararlılığı	94,92 gün	160,43 gün

Sonuçlardan görüldüğü üzere, özellikle başlayan ve biten aktivitelerin çizelge kararlılığı hesaplarına dahil edilmediği durumlarda, ortalama tarih sapmalarının ilgili proje için yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, başlangıç çizelgesinin oluşturulması aşamasında belirlenen risklerin ve olası etkilerinin tamamının çizelge sürelerine yansıtılmamış, yani öngörüsel-kestirimci çizelgeleme yönteminin uygulanmamış olması gösterilebilir. Kestirimci çizelgelmelerde, çizelgeler daha kararlı ve sağlam olacaktır.

Projenin özelinde bakıldığında ise, tünel göçmesi bozulmasının maydana gelme riskinin gerçek hayatta tahmin edilenden yüksek olması ve 2 kere tünel göçmesi bozulmasının meydana gelmesi projenin tamamlanması yaklaşık bir yıl ötelemiştir. Son çizelge onarımlarının kararsız görünmesinde bu büyük ölçekli bozulmanın etkisi de büyüktür.

Diğer bir etken ise son çizelge onarım aralıklarının yüksek olmasıdır. Çizelge onarım sıklığı yüksek olduğu için, onarıma kadar meydana gelen ve çizelgenin fizibilitesini düşüren bozulmaların etkileri çizelgeye uzun periyotta yansıtılmıştır. Bu da çizelge kararlılığına ilişkin verileri yüksek gösteren bir etkendir.

5.5. MS Project 2007 ve Primavera V.6.0 Yazılımının Kaynak Kısıtlı Tepkisel Proje Çizelgeleme Performanslarının Karşılaştırılması

Ms Project ve Primavera yazılımı ile yapılan kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme sonuçlarının proje tamamlanma süresi, proje tamamlanma maliyetleri ve tepkisel proje çizelgelemede çizelge kararlılığı ve verimliliği bazında performansları karşılaştırılmıştır.

5.5.1. MS Project 2007 ve Primavera v.6.0 yazılımının proje tamamlanma süresi bazında kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme performanslarının karşılaştırılması

MS Project ve Primavera yazılımında Kritik Yol Metodu (CPM) ile oluşturulan ve kaynak kısıtlarını dikkate almayan proje başlangıç çizelgesinin sonuçları aynı olup, Çizelge 5.48'de verilmiştir.

Çizelge 5.48. Kulp I-IV HES Projesi başlangıç çizelgesi çıktıları

Başlangıç Çizelgesi 14.03.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) ile Çizelgeleme	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Tüm Proje	19.10.2004	26.05.2009
İzinler	19.10.2004	17.12.2008
İnşaat İşleri	01.06.2007	27.04.2009
Hidromekanik İşler	01.12.2007	03.08.2008
Elektromekanik İşler	22.02.2006	20.05.2009
Enerji Nakil Hattı İşleri	15.12.2007	17.09.2008
Kulp I HES İşletmeye Alma	26.05.2010	26.05.2009
Kulp IV HES İşletmeye Alma	19.01.2010	20.01.2009

Primavera ve MS Project yazılımında belirlenen her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgelemede birinci kaynak kısıtlı çizelgeleme sonuçlarına bakıldığında, kaynak dağıtımında LST, LFT ve LST+LFT kuralının

08.10.2009 tarihli proje tamamlanma tarihi ile en iyi sonucu verdiği görülmektedir. LFT+Remaining Duration kuralının en kötü sonucu verdiği görülmektedir. Kaynak dağıtımında kullanılan öncelik kurallarına göre çizelgeleme yapıldığında elde edilen proje tamamlanma süresinin yalnız çizelgeleme yapıldığında elde edilen proje tamamlanma süresine göre değişiminin en düşük 4 gün, en yüksek 103 gün olduğu görülmektedir.

Başlangıç çizelgesi oluşturulduktan ve uygulamaya konduktan sonra, proje çevresinde meydana gelen bozulmalar neticesinde birinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera ve Ms Project yazılımından elde edilen çizelgeleme ve her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.49'da sunulmuştur.

Çizelge 5.49. Kulp I-IV HES Projesi birinci çizelge onarımı sonuçları

Öncelik Kuralları	1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008	
	Proje Başlangıç Tarihi	Proje Bitiş Tarihi
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	20.09.2004	13.11.2009
MS Project Standart	20.09.2004	28.12.2009
Primavera LST	20.09.2004	21.10.2009
Primavera LFT	20.09.2004	21.10.2009
Primavera TF	20.09.2004	17.11.2009
Primavera DEFAULT	20.09.2004	04.11.2009
Primavera LFT+REMAINING DURATION	20.09.2004	20.11.2009
Primavera LST+LFT	20.09.2004	21.10.2009
Primavera FF+LST	20.09.2004	30.12.2009

Çizelge 5.49'dan görüldüğü üzere Primavera yazılımının LST, LFT ve LST+LFT kuralı MS Project yazılımının Standart kuralı sonuçlarından 68 gün farkla en düşük proje tamamlanma süresini veren çizelgeyi üretmiştir.

01.09.2008 tarihinde yapılan ikinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera ve Ms Project yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları ve her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.50'de sunulmuştur.

Çizelge 5.50. Kulp I-IV HES Projesi ikinci çizelge onarımı sonuçları

Öncelik Kuralları	2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008	
	Proje Başlangıç Tarihi	Proje Bitiş Tarihi
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	20.09.2004	12.09.2009
MS Project Standart	20.09.2004	17.01.2010
Primavera LST	20.09.2004	22.11.2009
Primavera LFT	20.09.2004	22.11.2009
Primavera TF	20.09.2004	28.01.2010
Primavera DEFAULT	20.09.2004	27.11.2009
Primavera LFT+REMAINING DURATION	20.09.2004	01.01.2010
Primavera LST+LFT	20.09.2004	22.11.2009
Primavera FF+LST	20.09.2004	06.01.2010

Çizelge 5.50'den görüldüğü üzere Primavera yazılımının LST, LFT ve LST+LFT kuralı MS Project Standart kuralı sonuçlarından 56 gün farkla en düşük proje tamamlanma süresini veren çizelgeyi üretmiştir.

01.01.2009 tarihinde yapılan üçüncü çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera ve Ms Project yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları ve her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları Çizelge 5.51'de sunulmuştur.

Çizelge 5.51'den görüldüğü üzere Primavera yazılımının LST, LFT ve LST+LFT, FF+LST kuralı MS Project Standart kuralı sonuçlarından 46 gün farkla en düşük proje tamamlanma süresini veren çizelgeyi üretmiştir.

Çizelge 5.51. Kulp I-IV HES Projesi üçüncü çizelge onarımı sonuçları

Öncelik Kuralları	3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009	
	Proje Başlangıç Tarihi	Proje Bitiş Tarihi
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	20.09.2004	16.12.2009
MS Project Standart	20.09.2004	10.02.2010
Primavera LST	20.09.2004	26.12.2009
Primavera LFT	20.09.2004	26.12.2009
Primavera TF	20.09.2004	04.01.2010
Primavera DEFAULT	20.09.2004	02.02.2010
Primavera LFT+REMAINING DURATION	20.09.2004	15.01.2010
Primavera LST+LFT	20.09.2004	26.12.2009
Primavera FF+LST	20.09.2004	26.12.2009

01.01.2010 tarihinde yapılan dördüncü çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera ve MS Project yazılımlarından elde edilen çizelgeleme sonuçları ile her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları verileri Çizelge 5.52'de sunulmuştur.

Çizelge 5.52'den görüldüğü üzere Primavera yazılımının tüm öncelik kuralları MS Project Standart kuralı sonuçlarından 44 gün farkla endüşük proje tamamlanma süresini veren çizelgeyi üretmiştir.

Dördüncü kaynak dağıtımlı çizelgelemede öncelik kuralları bazında çizelge başlangıç-bitiş sürelerinin değişmemesinin sebebi, projenin tünel iş kırılımı bazında tanımlanan jeolojik riskin bu iş için bozulmaya yol açması ve projenin tamamlanamamasının diğer işler ve bu işlerle ilgili kaynak kısıtlarının olması değil, yalnızca tünel inşaat işleri ve bu iş ile ilgili kaynakların kısıtlı olmasından kaynaklanmasıdır. Bu süreçte projenin kısıtlı kaynaklarla yönetilen birçok ana işi tamamlanmış olmakta, yalnızca yukarıda belirtilen işin tamamlanması beklenmektedir. Bu sebeple tek bir kaynağın ve aktivitenin çizelgelemesi

problemine dönüşen projede, tüm öncelik kuralları birçok aktivite tamamlandığı ve karmaşık bir çizelgeleme ortamı oluşmadığı için aynı sonucu vermektedir.

Çizelge 5.52. Kulp I-IV HES Projesi dördüncü çizelge onarımı sonuçları

Öncelik Kuralları	4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010	
	Proje Başlangıç Tarihi	Proje Bitiş Tarihi
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	20.09.2004	18.12.2010
MS Project Standart	20.09.2004	27.03.2011
Primavera LST	20.09.2004	09.02.2011
Primavera LFT	20.09.2004	09.02.2011
Primavera TF	20.09.2004	09.02.2011
Primavera DEFAULT	20.09.2004	09.02.2011
Primavera LFT+REMAINING DURATION	20.09.2004	09.02.2011
Primavera LST+LFT	20.09.2004	09.02.2011
Primavera FF+LST	20.09.2004	09.02.2011

01.11.2010 tarihinde yapılan beşinci çizelge onarımı/yenilemesi sonrası Primavera ve MS Project yazılımından elde edilen çizelgeleme sonuçları ile her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları verileri Çizelge 5.53'de sunulmuştur.

Beşinci çizelge onarımında da, dördüncü çizelge onarımında açıklanan sebeplerden ötürü Primavera yazılımında tüm öncelik kuralları aynı çizelgeleme ve kaynak dağıtım performansını göstermektedir.

Çizelge 5.53'dan görüldüğü üzere Primavera yazılımının tüm öncelik kuralları MS Project Standart kuralı sonuçlarından 41 gün farkla en düşük proje tamamlanma süresini veren çizelgeyi üretmiştir.

Çizelge 5.53. Kulp I-IV HES Projesi beşinci çizelge onarımı sonuçları

Öncelik Kuralları	5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	
	Proje Başlangıç Tarihi	Proje Bitiş Tarihi
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	20.09.2004	09.05.2011
MS Project Standart	20.09.2004	15.09.2011
Primavera LST	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LFT	20.09.2004	05.08.2011
Primavera TF	20.09.2004	05.08.2011
Primavera DEFAULT	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LFT+REMAINING DURATION	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LST+LFT	20.09.2004	05.08.2011
Primavera FF+LST	20.09.2004	05.08.2011

Sonuçlardan görüldüğü üzere LST, LFT ve LST+LFT öncelik kuralı, projenin bitiş süresi ve maliyeti açısından en iyi çizelge kaynak dağıtımını yapmaktadır. Performansı en düşük olan öncelik kuralının ise Primavera LFT+Remaining Duration öncelik kuralı ve MS Project Standart öncelik kuralı olduğu görülmüştür.

MS Project ile Primavera yazılımlarının proje tamamlanma süresi ve proje maliyetleri bazında performansları karşılaştırıldığında, Primavera yazılımının 5 çizelge yenilemesinde en iyi sonuç veren öncelik kuralının, MS Project standart öncelik kuralından, proje tamamlanma süresinin 5 çizelge yenilemesi bazlı ortalamasında 62,5 gün fark ile daha iyi olduğu görülmektedir.

Projenin bundan sonra devam edecek sürecinde ise, Primavera yazılımının, son çizelge onarımının Ms Project yazılımının son revize çizelgesine göre proje tamamlanma süresinde 52 gün fark ile daha iyi sonuç veren Primavera yazılımının LST, LFT ya da LST+LFT öncelik kuralı ile hazırlanan kaynak kısıtlı çizelgesinin devreye alınması önerilmektedir.

5.5.2. MS Project 2007 ve Primavera V.6.0 yazılımının proje tamamlanma maliyeti bazında kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme performanslarının karşılaştırılması

Primavera ve Ms Project yazılımında Kritik Yol Metodu (CPM) ile başlangıç çizelgesinin oluşturulması ile elde edilen proje maliyetleri Çizelge 5.54'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.54. Kulp I-IV HES Projesi başlangıç çizelgesi proje maliyetleri

Başlangıç Çizelgesi 14.03.2008	CPM (Kritik Yol Metodu) ile Çizelgeleme	
	Primavera Proje Maliyetleri (TL)	MS Project Proje Maliyetleri (TL)
Tüm Proje	122 556 820 TL	124 758 192 TL
İzinler	1 543 000 TL	1 553 000 TL
İnşaat İşleri	95 358 731 TL	97 513 024 TL
Hidromekanik İşler	8 081 008 TL	8 033 351 TL
Elektromekanik İşler	12 543 462 TL	12 610 185 TL
Enerji Nakil Hattı İşleri	2 303 200 TL	2 339 080 TL
Kulp I HES İşletmeye Alma	500 TL	500 TL
Kulp IV HES İşletmeye Alma	500 TL	500 TL

Çizelge 5.54'de Primavera ve MS Project yazılımlarının CPM tekniği ile kaynakları dikkate almaksızın oluşturdukları başlangıç çizelgesi ile ortaya çıkan proje maliyetleri birbirinden farklılık göstermektedir. Primavera başlangıç çizelgesi ile oluşan proje maliyetinin Ms Project başlangıç çizelgesine göre % 3 daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi Primavera ve MS Project programlarının kaynak kullanım yöntemlerinin farklı olmasıdır. Primavera'da kullanılacak kaynak miktarı tam birim bazında girilebilirken, MS Project'te yüzde bazında girilebilmektedir. Bu sebeple ilgili farklar oluşmaktadır.

Kaynak dağıtımlı başlangıç çizelgelemesi sonrası Primavera ve Ms Project yazılımından elde edilen proje maliyetleri Çizelge 5.55'de verilmiştir. Çizelge 5.55'de, proje maliyetlerindeki değişime bakıldığında Primavera yazılımının LST

ve LFT kurallarının diğer kurallara göre 95 789 TL ile % 0,0007 daha düşük maliyet verdiği görülmektedir.

Çizelge 5.55. Kulp I-IV HES Projesi kaynak dağıtımlı başlangıç çizelgesi proje maliyetleri

Kaynak Kısıtlı Başlangıç Çizelgesi 14.03.2008	Toplam Proje Maliyeti
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	124 758 192,00 TL
MS Project - Standart	124 916 539,00 TL
Primavera - LST	124 820 750,00 TL
Primavera - LFT	124 820 750,00 TL
Primavera - TF	124 906 352,00 TL
Primavera - DEFAULT	124 912 889,00 TL
Primavera - LFT+REMAINING DURATION	124 820 750,00 TL
Primavera - LST+LFT	124 820 751,00 TL
Primavera - FF+LST	124 908 478,00 TL

Birinci yeniden çizelgeleme ve öncelik kurallarının seçimi ile kaynak dağıtımlı çizelgeleme süreçlerinin işletilmesi sonucunda proje maliyetlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.56'de sunulmuştur.

Çizelge 5.56. Kulp I-IV HES Projesi birinci çizelge onarımı maliyetleri

Öncelik Kuralları	1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008
	Projenin Toplam Maliyeti
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	125 951 697,00 TL
MS Project Standart	126 110 044,00 TL
Primavera LST	126 030 255,00 TL
Primavera LFT	126 014 255,00 TL
Primavera TF	126 099 857,00 TL
Primavera DEFAULT	126 106 394,00 TL
Primavera LFT+REMAINING DURATION	126 014 255,00 TL
Primavera LST+LFT	126 014 256,00 TL
Primavera FF+LST	126 101 983,00 TL

Çizelge 5.56'dan görüleceği üzere Primavera yazılımının LFT kuralı, MS Project Standart kuralı sonuçlarından 95 789 TL farkla en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

İkinci yeniden çizelgeleme ve öncelik kurallarının seçimi ile kaynak dağıtımlı çizelgeleme süreçlerinin işletilmesi sonucunda proje maliyetlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.57'de sunulmuştur.

Çizelge 5.57. Kulp I-IV HES Projesi ikinci çizelge onarımı maliyetleri

Öncelik Kuralları	2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.09.2008
	Projenin Toplam Maliyeti
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	127 026 552,00 TL
MS Project Standart	127 115 052,00 TL
Primavera LST	127 089 110,00 TL
Primavera LFT	127 105 110,00 TL
Primavera TF	127 089 110,00 TL
Primavera DEFAULT	127 181 249,00 TL
Primavera LFT+REMAINING DURATION	127 089 110,00 TL
Primavera LST+LFT	127 089 110,00 TL
Primavera FF+LST	127 176 838,00 TL

Çizelge 5.57'den görüleceği üzere Primavera yazılımının LST ve LST+LFT kuralı, MS Project Standart kuralı sonuçlarından 25 942 TL farkla en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

Üçüncü yeniden çizelgeleme ve öncelik kurallarının seçimi ile kaynak dağıtımlı çizelgeleme süreçlerinin işletilmesi sonucunda proje maliyetlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.58'de sunulmuştur.

Çizelge 5.58. Kulp I-IV HES Projesi üçüncü çizelge onarımı maliyetleri

Öncelik Kuralları	3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009
	Projenin Toplam Maliyeti
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	129 026 885,00 TL
MS Project Standart	129 790 385,00 TL
Primavera LST	129 089 443,00 TL
Primavera LFT	129 089 443,00 TL
Primavera TF	129 089 443,00 TL
Primavera DEFAULT	129 181 582,00 TL
Primavera LFT+REMAINING DURATION	129 089 443,00 TL
Primavera LST+LFT	129 089 444,00 TL
Primavera FF+LST	129.177.171,00 TL

Çizelge 5.58'den görüleceği üzere Primavera yazılımının LST, LFT, LST+LFT kuralları MS Project Standart kuralı sonuçlarından 40 942 TL farkla en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

Dördüncü yeniden çizelgeleme ve öncelik kurallarının seçimi ile kaynak dağıtımlı çizelgeleme süreçlerinin işletilmesi sonucunda proje maliyetlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.59'da sunulmuştur.

Çizelge 5.59'den görüleceği üzere Primavera yazılımının LST, LFT, TF, LST+LFT öncelik kuralları MS Project Standart kuralı sonuçlarından 83 077 TL farkla en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

Beşinci yeniden çizelgeleme ve öncelik kurallarının seçimi ile kaynak dağıtımlı çizelgeleme süreçlerinin işletilmesi sonucunda proje maliyetlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 5.60'da sunulmuştur.

Çizelge 5.59. Kulp I-IV HES Projesi dördüncü çizelge onarımı maliyetleri

Öncelik Kuralları	4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010
	Projenin Toplam Maliyeti
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	129 142 885,00 TL
MS Project Standart	129 952 520,00 TL
Primavera LST	129 269 443,00 TL
Primavera LFT	129 269 443,00 TL
Primavera TF	129 269 443,00 TL
Primavera DEFAULT	129 361 582,00 TL
Primavera LFT+REMAINING DURATION	129 269 443,00 TL
Primavera LST+LFT	129 269 444,00 TL
Primavera FF+LST	129 357 171,00 TL

Çizelge 5.60. Kulp I-IV HES Projesi beşinci çizelge onarımı maliyetleri

Öncelik Kuralları	5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010
	Projenin Toplam Maliyeti
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	129 542 885,00 TL
MS Project Standart	130 251 519,00 TL
Primavera LST	130 222 643,00 TL
Primavera LFT	130 222 643,00 TL
Primavera TF	130 222 643,00 TL
Primavera DEFAULT	130 314 782,00 TL
Primavera LFT+REMAINING DURATION	130 222 643,00 TL
Primavera LST+LFT	130 222 644,00 TL
Primavera FF+LST	130 310 371,00 TL

Çizelge 5.60’dan görüleceği üzere Primavera yazılımının LST, LFT, Default, LST+LFT öncelik kuralları MS Project öncelik kuralına göre 28 876 TL farkla en düşük proje maliyetini veren çizelgeyi üretmiştir.

Sonuçlardan görüldüğü üzere LST, LFT ve LST+LFT öncelik kuralı, projenin tamamlanma maliyeti açısından en iyi çizelge kaynak dağıtımını yapmaktadır. Performansı en düşük olan öncelik kuralının ise Primavera LFT+Remaining Duration öncelik kuralı ve MS Project Standart öncelik kuralı olduğu görülmüştür.

MS Project ile Primavera yazılımlarının proje tamamlanma maliyetleri bazında performansları karşılaştırıldığında, Primavera yazılımının 5 çizelge yenilemesinde en iyi sonuç veren öncelik kuralının, MS Project standart öncelik kuralından 5 çizelge yenilemesi bazlı ortalamasında 1 977 945 TL fark ile daha iyi olduğu görülmektedir.

Projenin bundan sonra devam edecek sürecinde ise, Primavera yazılımının, son çizelge onarımının Ms Project yazılımının son revize çizelgesine göre proje tamamlanma süresinde 52 gün fark ile daha iyi sonuç veren; proje maliyetinde 1 714 667 TL fark ile daha iyi sonuç veren Primavera yazılımının LST, LFT ya da LST+LFT öncelik kuralı ile hazırlanan kaynak kısıtlı çizelgesinin devreye alınması önerilmektedir.

5.5.3. MS Project 2007 ve Primavera V.6.0 yazılımının kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme çizelge verimliliği ve kararlılığı_performanslarının karşılaştırılması

Ms Project Yazılımı ve Primavera Yazılımının tepkisel proje çizelgeleme performansları, atölye ortamındaki tepkisel çizelgeleme sistemlerinin performansını gösteren çizelge kararlılığı ve çizelge verimliliği ölçütlerine göre MS Excel'de oluşturulan ekran aracılığı ile hesaplanmıştır.

<u>Çizelge verimliliği</u>

Çizelge 5.61'de MS Project ve Primavera Yazılımının çizelge verimliliği hesaplarında kullanılan onarılmış çizelgelerin maksimum bitiş süreleri sunulmuştur.

Bu süreler bazında hesaplanan başlamış aktivitelerin dahil ve hariç olduğu çizelge verimlilik değerleri sırasıyla Çizelge 5.62 ve Çizelge 5.63'de sunulmuştur.

Çizelge 5.61. Onarılmış çizelgelerin maksimum tamamlanma tarihleri

Onarılmış Çizelgelerin Max. Bitiş Süreleri	Primavera (LST)	MS Project (Standart)
1. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	08.10.2009	13.11.2009
2. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	21.10.2009	28.12.2009
3. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	22.11.2009	17.01.2010
4. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	26.12.2009	10.02.2011
5. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	09.02.2011	27.03.2011
6. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	05.08.2011	15.09.2011

Çizelge 5.62. Çizelge verimlilikleri

Çizelge Verimliliği Hesaplamaları	Primavera (LST)	MS Project (Standart)
1. Çizelge Verimliliği	100,00%	100,00%
2. Çizelge Verimliliği	98,92%	96,38%
3. Çizelge Verimliliği	96,25%	94,77%
4. Çizelge Verimliliği	93,42%	92,83%
5. Çizelge Verimliliği	59,25%	59,82%
6. Çizelge Verimliliği	44,50%	45,97%

Çizelge 5.63. Göreceli çizelge verimliliği hesapları

Göreceli Çizelge Verimliliği Hesaplamaları	Primavera (LST)	MS Project (Standart)
1. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	100,00%	100,00%
2. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	98,92%	96,38%
3. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	97,36%	98,45%
4. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	97,27%	98,16%
5. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	67,94%	69,20%
6. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	89,52%	90,12%

Çizelge 5.62'den görüldüğü üzere, çizelgelerin bitiş tarihleri arasındaki farklardan elde edilen çizelge verimlilik değerleri Primavera yazılımında en düşük %98,77, MS Project yazılımında en düşük %98,43 olarak tespit edilmiştir. İki yazılımın performans değerleri arasında %0,34 değerinde küçük bir fark olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.63'den görüldüğü üzere, göreceli çizelge verimlilik değerleri ise Primavera yazılımında en düşük %99,02, MS Project yazılımında en düşük %98,06 olarak tespit edilmiştir. İki yazılımın performans değerleri arasında %0,96 değerinde küçük bir fark olduğu görülmektedir.

Sonuçlardan görüldüğü üzere her iki yazılımda tepkisel çizelgeme yaklaşımı ile yapılan çizelge onarımlarının tutarlı ve verimli olduğu görülmektedir.

Çizelge kararlılığı

MS Project ve Primavera yazılımında gerçekleştirilen tepkisellik uygulamasının performansının ölçülmesi için hesaplanan çizelge kararlılığı değerleri aktivitelerin başlangıç tarihleri yanı sıra aktivitelerin bitiş tarihleri bazında da hesaplanmıştır.

Aktivitelerin başlangıç tarihlerindeki değişimi gösteren çizelge kararlılığı değerleri başlamış aktivitelerin hesaplamalara dahil olduğu ve başlamış aktivitelerin hesaplamalardan hariç tutulduğu iki alt sınıfta değerlendirilmiş ve ilgili çizelge kararlılık değerleri sırasıyla Çizelge 5.64 ve Çizelge 5.65'de sunulmuştur.

Çizelge 5.64'den görüldüğü üzere, başlamış aktivitelerin hesaplamalara dahil edildiği aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı, Primavera yazılımında en yüksek 157,86 gün; MS Project yazılımında en yüksek 161,03 gün olarak tespit edilmiştir. İki yazılımın max. çizelge kararlığı değerleri arasında 3 günlük küçük bir fark olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.64. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Başlamış Aktiviteler Dahil)

Aktivite Başlama Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı (Başlamış Aktiviteler Dahil)		
	Primavera Yazılımı	MS Project Yazılımı
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	16,98	22,07
3. Çizelge Kararlılığı	41,96	58,65
4. Çizelge Kararlılığı	36,65	42,55
5. Çizelge Kararlılığı	157,86	161,03
6. Çizelge Kararlılığı	56,02	61,22

Çizelge 5.65. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Başlamış Aktiviteler Hariç)

Aktivite Başlama Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı (Başlamış Aktiviteler Hariç)		
	Primavera Yazılımı	MS Project Yazılımı
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	44,75	55,32
3. Çizelge Kararlılığı	95,96	102,36
4. Çizelge Kararlılığı	83,82	89,15
5. Çizelge Kararlılığı	325,13	340,92
6. Çizelge Kararlılığı	128,10	133,68

Çizelge 5.65'den görüldüğü üzere, başlamış aktivitelerin hesaplamalardan hariç tutulduğu aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı Primavera yazılımında en yüksek 325,13 gün; MS Project yazılımında en yüksek 340,92 gün olarak tespit edilmiştir. İki yazılımın max. Çizelge kararlığı değerleri arasında 16 günlük fark olduğu görülmektedir.

Aktivitelerin başlangıç tarihleri bazında yapılan çizelge kararlılığı hesaplamalarının yanı sıra, aktivite bitiş sürelerine göre elde edilen çizelge kararlılığı sonuçları da biten aktivitelerin hesaplamalara dahil edildiği ve biten aktivitelerin hesaplardan

hariç tutulduğu durum olmak üzere iki sınıf altında değerlendirilmiş ve elde edilen çizelge kararlılık sonuçları Çizelge 5.66 ve Çizelge 5.67 ’de sunulmuştur.

Çizelge 5.66. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Biten Aktiviteler Dahil)

Aktivite Bitiş Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı (Biten Aktiviteler Dahil)		
	Primavera Yazılımı	MS Project Yazılımı
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	26,49	32,47
3. Çizelge Kararlılığı	68,88	73,25
4. Çizelge Kararlılığı	64,81	69,98
5. Çizelge Kararlılığı	171,23	197,02
6. Çizelge Kararlılığı	95,36	102,88

Çizelge 5.67. Ms Project-Primavera Yazılımı aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı (Biten Aktiviteler Hariç)

Aktivite Bitiş Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı (Biten Aktiviteler Hariç)		
	Primavera Yazılımı	MS Project Yazılımı
1. Çizelge Kararlılığı	-	-
2. Çizelge Kararlılığı	47,34	59,62
3. Çizelge Kararlılığı	116,42	128,14
4. Çizelge Kararlılığı	109,55	117,52
5. Çizelge Kararlılığı	286,30	293,18
6. Çizelge Kararlılığı	161,17	179,21

Çizelge 5.66’dan görüldüğü üzere, bitmiş aktivitelerin hesaplamalara dahil edildiği aktivite bitiş tarihlerine göre çizelge kararlılığı Primavera yazılımında en yüksek 171,23 gün; MS Project yazılımında en yüksek 197,02 gün olarak tespit edilmiştir. İki yazılımın max. Çizelge kararlığı değerleri arasında 26 günlük fark olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.67'den görüldüğü üzere, bitmiş aktivitelerin hesaplamalardan hariç tutulduğu aktivite başlangıç tarihlerine göre çizelge kararlılığı Primavera yazılımında en yüksek 286,30 gün; MS Project yazılımında en yüksek 293,18 gün olarak tespit edilmiştir. İki yazılımın max. Çizelge kararlığı değerleri arasında 7 günlük fark olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlara göre, özellikle başlayan ve biten aktivitelerin çizelge kararlılığı hesaplarına dahil edilmediği durumlarda, ortalama tarih sapmalarının ilgili proje için yüksek olduğu ve iki yazılım arasında yok sayılabilecek bir fark olduğu görülmektedir. Çizelge kararlılığı değerlerinin yüksek olması bu bölümde her bir yazılımın uygulama kısmında açıklanan öngörüsel-kestirimci çizelgeleme yönteminin uygulanmamış olması meydana gelen tünel göçmesi bozulmalarının projenin tamamlanması yaklaşık bir yıl ötelemesi ve çizelge onarım sıklığının yüksek olmasıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemleri NP Zor Problem sınıfında yer almaktadır. Bu sebeple gerçek hayat kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerinin çözümünde kesin sonuç veren yaklaşımlarının yerine, sezgisel ve metasezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Bu kapsamda, gerçek hayat proje yöneticileri tarafından genellikle *öncelik kurallarına dayalı sezgisel yöntem kullanan proje yönetimi yazılım paketleri* kullanılmaktadır.

Bu proje yönetim yazılım paketleri, uygulamada üst düzey planlama yaklaşımları bilgisine gerek olmaksızın kullanılabilmesi, projenin kontrol ve takibinin anlık sağlanabilmesi, uygulamadan sorumlu proje sorumlularına çizelgenin aktarımı için uygun, anlaşılır ve görsel araçlara sahip olması, projenin iç ve dış çevresi ile dijital bilgi akışına olanak vermesi, hızlı, anlaşılır ve görsel analiz ve raporlama yapılmasına imkan vermesi v.b. sebepleri ile tercih edilmektedir.

Ancak bu proje yönetim yazılım paketlerinin kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemlerinin çözümünde sezgisel teknikleri kullanıyor olmasının bir dezavantaj olduğu ve bu yazılım paketlerinin optimuma daha yakın sonuçlar veren metasezgisel yöntemleri de çizelgeleme algoritmalarına dahil etmesi gerektiği önceki çalışmalarda da belirtilmiştir. Bununla beraber, proje yönetim yazılım paketleri kullanmaksızın metasezgisel yöntemlerle projelerin çizelgelemesinin, üst seviye planlama ve yazılım bilgisi gerektirmesi ve proje yönetimi yazılım paketlerinin sahip olduğu seviyede bütünleşik ve görsel bilgi akışı, raporlama ve analiz araçlarının kullanılamaması gibi sebeplerle gerçek hayat koşullarında uygulamasının zor olduğu çalışmalarda ayrıca vurgulanmıştır.

Görüldüğü üzere günümüzde proje çizelgelemesi ve proje yönetiminde en çok kullanılan araçlar belirtilen yazılım paketleridir.

Bu yazılım paketlerinin proje çizelgeleme ve kaynak dağıtım yeteneklerinin farklı olduğu literatürdeki çalışmalarda gösterilmiştir. Çalışmalardan elde edilen

sonuçlara göre Primavera yazılımı, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme performansı ve kullanıcıya sunulan öncelik kurallarının seçimi alternatifi ile öne çıkmaktadır.

Üretim, hizmet ve proje yönetiminde, kesin çizelgeler uygulamaya konulduktan sonra meydana gelen değişimlerin neden olduğu çizelgelerin geçerliliğini yitirmesine karşı sistemi koruyacak şekilde çizelgelerin yeniden onarılması olarak adlandırılan tepkisel çizelgeleme yaklaşımları uygulanmaya başlamıştır.

Literatürde, tepkisel çizelgeleme problemleri, daha çok üretim sistemlerine yönelik çalışılmıştır. Hizmet sistemlerinin ve proje yönetiminin baz alındığı tepkisel çizelgeleme çalışmaları ise son yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Yapılan tepkisel proje çizelgeleme çalışmalarında ise, sınırlı büyüklükteki teorik problemlere uygulandığında kesin çözüm üretebilen algoritmalara yer verilmiştir. Literatürde tepkisel proje çizelgeleme sürecinin büyük boyutlu ve karmaşık yapıdaki bir gerçek hayat problemine ayrıntıları ile uygulayan bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu sebeple, bu çalışmada bir gerçek hayat problemi olan ve kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi sınıfına giren Kulp I-IV HES projesi üzerinde Primavera V.6 Project Management yazılımı ve MS Project 2007 yazılımı kullanılarak kaynak kısıtlı tepkisel proje çizelgeleme uygulaması yapılmıştır.

Projenin, gerçek hayatta, bugüne kadarki gerçekleştirilme sürecinde kullanılan MS Project 2007 yazılımı ile Primavera V.6.0 Project Management yazılımının kaynak dağıtım, dengeleme ve tepkisel proje çizelgeleme performansları karşılaştırılmıştır.

Kulp I-IV HES projesinin MS Project yazılımında standart öncelik kuralı ile kaynak dağıtımı yapılmış; Primavera yazılımında ise literatürde iyi sonuçlar verdiği gösterilen 7 öncelik kuralı ayrı ayrı uygulanarak kaynak dağıtımı yapılmıştır.

Çalışılan Primavera yazılımı risk, threshold, issue, job services modülleri ile, proje yönetiminin planlama ve kontrol sürecinde tepkisel çizelgeleme sürecini uygulamaya imkan veren bir yapı sergilemektedir. Belirtilen bu modüller ile, proje yöneticisi tarafından yetkileri tanımlanan tüm proje sorumluları tarafından sisteme gerçekleşme verileri girilmekte, gerçekleşmeler ile çizelge arasındaki farklar yine proje yöneticisi tarafından belirlenen eşik değerlerinin aşımına göre otomatik olarak belirlenebilmekte, meydana gelen bozulmalar yetkileri tanımlanmış sorumlular tarafından sisteme girilerek etkileri hesaplanabilmekte ve tüm bu veriler ışığında otomatik ya da manuel olarak seçilen öncelik kuralları ile kaynak kısıtlı çizelge onarımı yapılabilmektedir.

Atölye ortamında uygulanan tepkisel çizelgelemenin bilgi akışı yapısı ile bu uygulamada Primavera yazılımı ile yürütülen bilgi akışı yapısı eşdeğerdir. İki sistemde de tutulan verilerin özellikleri aynıdır.

Atölye tepkisel çizelgeleme uygulamasının ana özellikleri olan, tepkisel çizelgelemenin ne zaman yapılacağı, nasıl yapılacağı, bozulmalara ilişkin hangi verilerin tutulacağı ve proje uygulama ortamı, planlama ortamı ve yönetim arasında nasıl bilgi akışı sağlanacağı özelliklerinin tamamı proje çizelgeleme için Primavera yazılımında tanımlanmış ve örnek uygulama yapılmıştır.

Primavera yazılımında projenin riskleri tanımlanmış, projenin gerçekleşmesi ile başlangıç çizelgesi arasındaki sapmalara ilişkin veriler tutulmuş ve değerlendirilmiş, başlangıç çizelgesinin uygulamaya konulmasından sonra projenin içsel ve dışsal etkenlerden dolayı taşıdığı risklerin potansiyelinin açığa çıkması ile meydana gelen bozulmalar sisteme tanıtılmış ve bozulmaların süresel ve parasal etkileri çizelgelere girilerek, çizelgeler onarılmıştır. Ms Project yazılımında ise eş zamanlı olarak Primavera yazılımında belirlenen bozulma etkileri elle girilerek yeniden çizelgeleme yapılmıştır.

Primavera yazılımında etkileri hesaplanan bozulma değerleri Ms Project yazılımına girildikten sonra, MS Project yazılımında yapılan çizelge onarımlarında kaynak dağıtım yeteneğinin Primavera Yazılımının çizelge onarımlarındaki kaynak dağıtım yeteneğine göre düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yaşanan bozulmalar sonrası güncellenen çizelgelerde MS Project Yazılımı daha uzun proje tamamlanma süresi/bitiş tarihi ve bu sebeple daha büyük proje tamamlanma maliyeti sonuçlarını vermektedir.

Firmanın Kulp I-IV HES projesinin risklerini önceden belirleyerek Primavera ile çalışmış olmasının, bu risklerden ötürü meydana gelen bozulmaların etkilerini hızlı ve kolayca planlama sürecine yansıtarak projeye ilişkin yeni çizelgeyi hızla oluşturabilmesi ve gerekli önlemleri vakit kaybetmeden alabilmesini sağlayacağı gösterilmiş, Firmanın projenin kalan kısmı için Primavera yazılımını kullanması önerilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada daha çok atölye ortamı için çalışan tepkisel çizelgeleme sistemlerinin, kaynak kısıtlı proje çizelgeleme üzerinde gerçek hayat uygulaması yapılmış ve Primavera V.6 Project Management yazılımının tepkisel proje çizelgeleme sisteminin uygulanması için yeterli altyapıya sahip olduğu ve en sık kullanılan proje yönetim yazılımları içerisinde kaynak dağıtım yeteneğinin yüksek olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmanın konusunda öngörüsel/kestirimci çizelgeleme ayrıntılı olarak ele alınmamıştır. İleriki çalışmalara öneri olarak, Primavera'da proje planlama evresinde tanımlanan riskler ve risklerin tahmini etkilerinin, başlangıç çizelgesine yansıtılarak önleyici/kestirimci çizelgeler hazırlanabileceği gösterilebilir. Böylece sonradan ortaya çıkacak bozulmaların etkisi, Primavera'da hesaplanan risk etkilerinin ışığı altında önceden çizelgeleme sürecine dahil edilebilir ve oluşturulan çizelgenin bozulma etkilerinden az oranda etkilenen, sağlam çizelgelerin

uygulamaya konması ve sistemin daha az çizelge onarımına ihtiyaç duyması sağlanabilir.

Diğer bir öneri olarak ise, Primavera'da tutulan sapma verilerinin, risklerin ve bozulmaların ortaya çıkma sıklığı ve etkilerinin, Primavera ile bağlantılı ayrı bir veritabanında istatistiksel olarak analiz edilerek hazırlanabilecek öğrenen bir bilgi/karar destek sistemine veya uzman sistemlere veri sağlanması belirtilebilir.

KAYNAKLAR

Aigner, C., Dorn, J., Girsch, M., "Cooperation Between A Simulation Environment and a Reactive Scheduling System", ***Proceedings of the Eight International Conference on Manufacturing Engineering***, Sydney, 318-322 (2000).

Alver, S., "Using Ant Colony Optimization To Find An Optimum Solution For Resource Constrained Project Scheduling Problem", Thesis For The Degree Of Master, ***Marmara University, Institute For Graduate Studies In Pure And Applied Sciences***, İstanbul, 3 (2): 86-94 (2009).

Artigues, C., Michelon, P., Reusser, S., "Insertion techniques for static and dynamic resource-constrained Project scheduling", ***European Journal of Operational Research***, 149 (2): 249-267 (2003).

Atasever, C.T., "Proje Çizelgelemede Kısıtlı Kaynakları ve Devresel Değişkenlikleri Dikkate Alan Bir Algoritma Önerisi", Yüksek Lisans Tezi, ***Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Eskişehir, 60-72, 85-97, 103-109 (2009).

Brucker, P., Drexl, A., Möhring, R., Neumann, K., Pesch, E., "Resource Constrained Project Scheduling: Notation, Classification, Models and Methods", ***European Journal of Operational Research***, 112 (1); 3-41 (1999).

Burley, E. "Resource Leveling With Project Management Software", ***Paper Presented at the INFORMS International Meeting***, Singapore, 10-12 (1995).

Büyüksünetçi, A. S., "Tepkin çizelgeleme yaklaşımının akış tipi atölye ortamında etkinliğinin analizi", Yüksek Lisans Tezi, ***Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Eskişehir, 25-42, 48-50, 52-74 (2006).

Chong, C. S., Gay, R., Sivakumar, A. I., "Simulation-Based Scheduling For Dynamic Discrete Manufacturing", ***Proceedings Of The 2003 Winter Simulation Conference,*** New Orleans, 1465-1473 (2003).

Cottrell, D., "Simplified program evaluation and review technique", ***Journal of Construction Engineering and Management,*** Jan/Feb, 125:1-17 (1999).

Çekmece, K., "The Resource Allocation Capabilities Of Commercial Project Management Software Packages For Resource Constrained Project Schedulıing Problem", Master Thesis, ***Middle East Technical University***, ***The Graduate School Of Natural And Applied Sciences***, Ankara, 2-28, 30-35, 55-82, 110-115 (2009).

Çubukçu, R., "Proje Yönetiminde Zaman ve Maliyet Risklerinin Çizelgeleme Yöntemiyle Minimize Edilmesi", Doktora Tezi, ***Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Adana, 5-21, 33-39, 50-58 (2008).

Demeulemeester, E., Dodin, B., Herroelen, WS., “A random activity network generator”, ***Operations Research***,.41: 972–980 (1993).

Demeulemeester, E., Herroelen, W., “A branch-and-bound procedure for multiple resource-constrained project scheduling problem”, ***Management Science***, 38: 1803–1818 (1992).

Demeulemeester, E., Herroelen, W., “New benchmark results for the re-source-constrained project scheduling problem”, ***Management Science***, 43: 1485-1492 (1997).

Demeulemeester, E., Herroelen, W., “Project Scheduling: A Research Handbook”, ***Kluwer Academic Publishers***, 20-28 (2002).

Dinç, D., “İnşaat Proje Yönetimi:Bir Baraj Ve Hidroelektrik Santral Projesi Üzerine Uygulama” Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 3-10, 21-38, 44-49, 52-66, 70-94 (2005).

Farid, F., Manoharan, S., “Comparative Analysis of Resource Allocation Capabilities of Project Management Software Packages”, ***Project Management Journal***, 22 (4): 39-43 (1996).

Gerber, K. M., “A System To Test Rescheduling Algorithms”, Master’s Thesis, ***University of Maryland, Institue For System Research,*** Maryland, 90-94 (1998).

Gören, S., “Robustness And Stability Measures For Scheduling Policies In A Single Machine Environment”, Master Of Science Thesis***, Bilkent University,*** **Institute** ***of Engineering and Science,*** Ankara, 32-47, 70-75 (2002)**.**

Hartmann, S., Kolisch, R., “Experimental evaluation of state-of-the-art heu-ristics for the resource-constrained project scheduling problem”, ***European Journal of Operational Research,*** 127: 394–407 (2000).

Hekimoğlu, Ö., “Comparison Of The Resource Allocation Capabilities Of Project Management Software Packages In Resource Constrained Project”, Master Thesis, ***Middle East Technical University, Natural Applied Sciences***, Ankara, 20-32, 38-44, 49-68, 90-103 (2007).

Henning, G.P., Cerdá, J., “Knowledge-based predictive and reactive scheduling in industrial environments”, ***Computers and Chemical Engineering***, 24: 2315-2338 (2000).

Herroelen, W., Leus, R., “Robust and reactive Project scheduling: a review and classification of procedures”***, International Journal of Production Research***, 42 (8): 1599-1620 (2004).

Herroelen, W., Leus, R., “Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials”, ***European Journal of Operational Research***, 165 (2): 289-306 (2005).

Johnson, R.V., “Resource Constrained Scheduling Capabilities of Commercial Project Management Software”, ***Project Management Journal***, 22 (4): 39-43 (1992).

Kamburowsky, J., Michael, D., Stallmann, F. M., Minimizing the Complexity of an Activity Network," ***Networks***, 36 (1): 47-52 (2000).

Kastor, A., Sirakoulis, K., “The effectiveness of resource levelling tools for Resource Constraint Project Scheduling Problem”, ***International Journal of Project Management,*** 27 (5): 493-500 (2008).

Kato, E.R.R., Morandin, O., Fonseca, M.A.S., “Ant Colony Optimization Algorithm for Reactive Production Scheduling Problem in the Job Shop System”, ***Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics***, San Antonio, 2199-2104 (2009).

Kırış, Ş., “Hizmet Sektörü İçin Bir Tepkisel Çizelgeleme Sistem Önerisi Acil Servis Kontrol Sistemi”, Doktora Tezi, ***Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Eskişehir, 20-25, 32-47, 66-69, 72-74 (2008).

Kolisch, R., “Efficient priority rules for the resource constrained project scheduling problem”, ***Journal of Operations Management***, 14 (3): 179–192 (1996).

Kolisch, R., Hartmann, S., “Heuristic algorithms for solving resourcecon-strained project scheduling problem: Classification and computation analysis”, ***Kluwer Academic Publisher***, 147–178 (1999).

Kolisch, R., “Resource Allocation Capabilities of Commercial Project Management Software Packages”, ***Interfaces,*** 29 (4): 19-31 (1999).

Kolisch, R., Hartmann, S., “Experimental investigation of heuristics for resource-constrained project scheduling: An update”, ***European Journal of Operational Research,*** 174: 23–37 (2006).

Kolisch, R., Padman, R., “An integrated survey of deterministic project scheduling”, ***OMEGA International Journal of Management Science***, 29 (3): 249–272 (2001).

Kouiss, K., Pierreval, H., Mebarki, N., “Using Multi-Agent Architecture in FMS for Dynamic Scheduling”, ***Journal of Intelligent Manufacturing,*** 8: 41-47 (1997).

Maroto, C., Tormos, P., "Project Management and Evaluation of Software Quality", ***International Transaction in Operational Research***, 1 (2): 209-221 (1994).

Maroto, C., Tormos, P., Lova, A., Crespo, F., "Project Management and Evaluat ion of Software Quality", ***Paper Presented at the 5th International Workshop on Project Management and Scheduling***, 183: 1013–1027 (1996).

Metha, S.V., Uzsoy, R.M., "Predictable scheduling of a job shop subject to breakdowns, Robotics and Automation", ***IEEE Transactions***, 14 **(**3): 365-378 (1998).

Mellentien, C., Trautmann, N., "Resource Allocation With Project Management Software", ***OR Spektrum***, 23 (3): 383-394 (2001).

Moder, J., Phillips, C.R., Davis, E.D., "Project Management with CPM PERT and Precedence Diagramming, 3rd ed." ***Van Nostrand Reinhold Company***, New York, 17 (1983).

Ökmen, Ö., "Activity Network Scheduling And Early Cost Estimation Of Construction Projects Under Uncertainty: A Risk Analysis Based Modeling Approach", Ph.D Thesis, ***Gaziantep University, Graduate School Of Natural & Applied Science***, Gaziantep, 28-35, 52-59 (2008).

Özdemir, G., "Kısıtlı Kaynaklarla Proje Çizelgelemesi Problemlerinde Kullanılan Genetik Algoritma Metodları ve Bunların Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ***Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü***, Ankara, 15-19, 71-82 (2006).

Paksoy, S., "Genetik Algoritma İle Proje Çizelgeleme", Doktora Tezi, ***Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,*** Adana, 28-35, 52-59 (2007).

Panwalker, S.S., İskander, W., "A Survey of Scheduling Rules", ***Operations Research***, 25 (1): 45-61 (2004).

Pinedo, M., "Scheduling Theory, Algorithms And Systems, Second Edition", ***Prentice Hall***, New Jersey, 586 (2002).

Policella, N., Rasconi, R., "Testsets Generation for Reactive Scheduling", ***Giornata di Lavono Analisi Sperimentale Benchmark di Algoritm per I'Intellig. Artif.,*** 69-75 (2005).

Raheja, A.S., Subramaniam, V., "Reactive Recovery of Job Shop Schedules-A Review", ***The International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, 19: 756-763 (2002).

Riddick, F., "Reactive Scheduling System Implementations Using A Simulated Shop Floor", ***Computers & Chemical Engineering***, 21 (4): 1215-1220 (1999).

Sabuncuoğlu, İ., Kızılışık, Ö. B., “Reactive scheduling in a dynamic and stochastic FMS environment”, ***International Journal of Production Research***, 41 (17): 4211-4231 (2003).

Sarı, T., “Metasezgisel Yöntemlerle Proje Çizelgeleme Optimizasyonu”, Doktora Tezi, ***Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü***, İstanbul, 10-18, 40-72, 85-97 (2008).

Subramaniam, V., Raheja, A.S., “mAOR: A heuristic-based reactive repair mechanism for job shop schedules”, ***Int. J. dv. Manuf. Techol***., 22: 669-680 (2003).

Subramaniam, V., Raheja, A.S., Reddy, K.R.B., “Reactive repair tool for job shop schedules”, ***Int J Prod Res***, 43 (1): 1-23 (2005).

Suresh, V., Chaudhuri, D., “Dynamic scheduling: a survey of research”, ***International Journal of Production Economics***, 32 (1): 53-63 (1993).

Szelke, E., Kerr, R.M., “Knowledge-based Reactive Scheduling”, ***Production Planning and Control***, 5 (2): 124-145 (1994).

Szelke, E., Márkus, G., “A learning reactive scheduler using CBR/L”, ***Computers in Industry***, 33 (1): 31-46 (1997).

Szelke, E., Monostori, L., “Reactive Scheduling in Real Time Production Control, Chapter of Modeling Manufacturing Systems”, ***Eds.Paolo Brandimarte ve Agostino Villa, Springer, Verlag Berlin,*** 65-113 (1999).

Trautmann, N., Baumann, P., “Resource-constrained scheduling of a real project from the construction industry: a comparison of software packages for project Management”, ***Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management,*** Hong Kong, 628-632 (2009).

Trautmann, N., Baumann, P., “Resource-allocation capabilities of commercial project management software: an experimental analysis”, ***Proceedings of the 39th International Conference on Computers and Industrial Engineering.*** Troyes, 1155–1160 (2009).

Trautmann, N., Baumann, P., “Project scheduling with precedence constraints and scarce resources: an experimental analysis of commercial project management software.” ***Operations Research Proceedings 2008 Springer,*** Berlin, 165-170 (2009).

Ulusoy, G., Özdamar, L., “A framework for an interactive project scheduling system under limited resources”, ***European Journal of Operational Research***, 90: 362-375 (1996).

Valls, V., Ballestin, F., Quintanilla, M.S., “A populationbased approach to the resource-constrained project scheduling problem”, ***Annals of Operations Research***, 131: 305–324 (2004).

Vanhoucke, M., Demeulemeester, E., Herroelen, W., “An exact procedure for the resource-constrained weighted earliness-tardiness project scheduling problem”, ***Annals of Operations Research***, 102: 179 -196 (2000).

Vonder, S., Ballestin, F., Demeulemeester, E., Herroelen, W., “Heuristic procedures for reactive project scheduling”, ***Computers & Industrial Engineering***, 52: 11–28 (2007).

Wang, J., “Constraint-based schedule repair for product development projects with time-limited constraints”, ***International Journal of Production Economics***, 95 (3): 399-414 (2005).

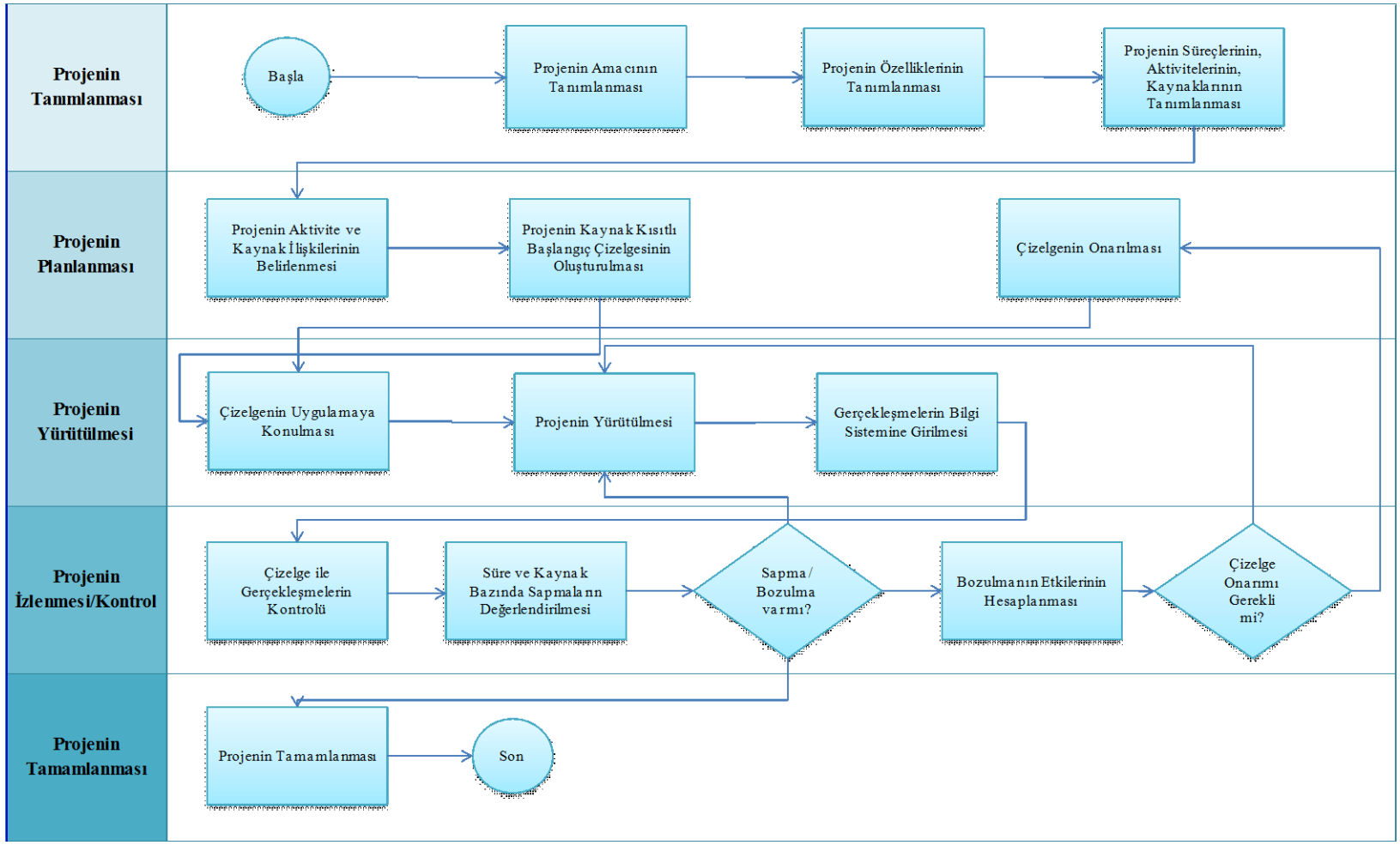
Wang, Y.F., Zhang, Y.F., Fuh, J.Y.H., Zhou, Z.D., Lou, P., Xue, L.G., “An Integrated Approach to Reactive Scheduling Subject to Machine Breakdown”, ***IEEE International Conference on Automation and Logistics Qingdao***, China, 542 - 547 (2008).

EKLER

EK-1 Öncelik kurallarının sınıflandırması

	Dinamik (Devingen)	Statik (Durağan)	Deterministik	Stokastik	Süre Bazlı	Kaynak Bazlı	İşlem Sayısı Bazlı	Öncül-Ardıl Bazlı	Sıra Bazlı	Rassal	Maliyet Bazlı	Karma	Basit	Birleşik	Ağırlıklı	Şebeke Bazlı	Kritik Yol Bazlı
En uzun süreli iş		x	x		x		x						x			x	
En kısa süreli iş		x	x		x		x						x			x	
LFT		x	x		x		x						x				x
LST		x	x		x								x				x
EFT		x	x		x		x						x				x
EST		x	x		x		x						x				x
TF		x	x		x		x						x				x
MAAD	x		x		x		x		x				x			x	
MAD	x		x		x		x		x				x			x	
MAAR	x		x				x						x			x	
MTE		x	x		x		x						x			x	
MIL		x	x		x		xx						x			x	
MILSD		x	x		x		x	x						x		x	
MILAD		x	x		x		x	x						x		x	
RAND		x		x			x			x			x			x	
RPWM	x		x			x		x	x					x	x	x	
ERPWM	x		x			x		x	x			x		x	x	x	
WRUP	x			x		x		x				x		x	x	x	
RED		x	x			x					x		x			x	
CUMRED		x	x			x					x	x	x			x	

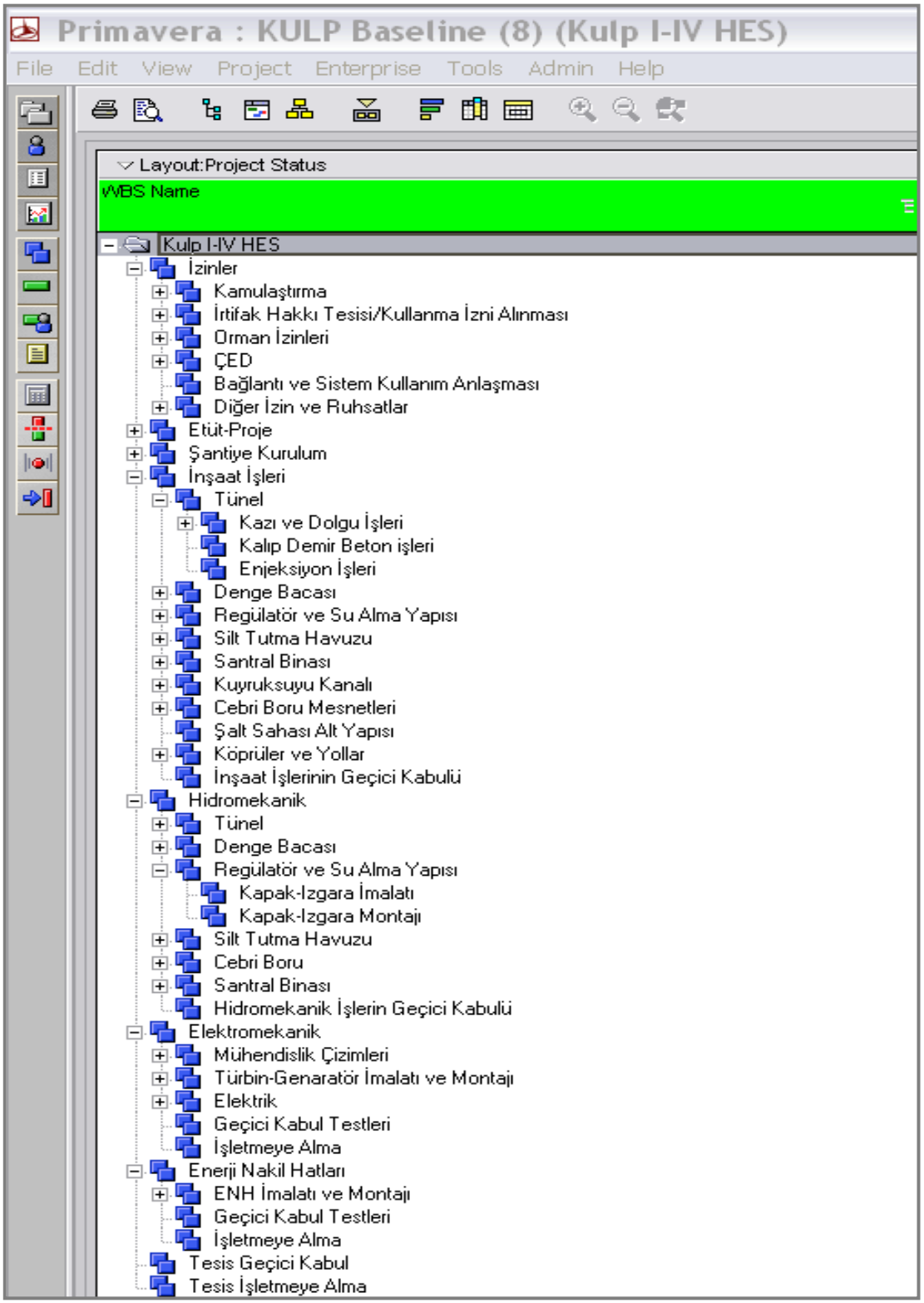
EK-2 Tepkisel proje çizelgeleme uygulama ve kontrol yapısı



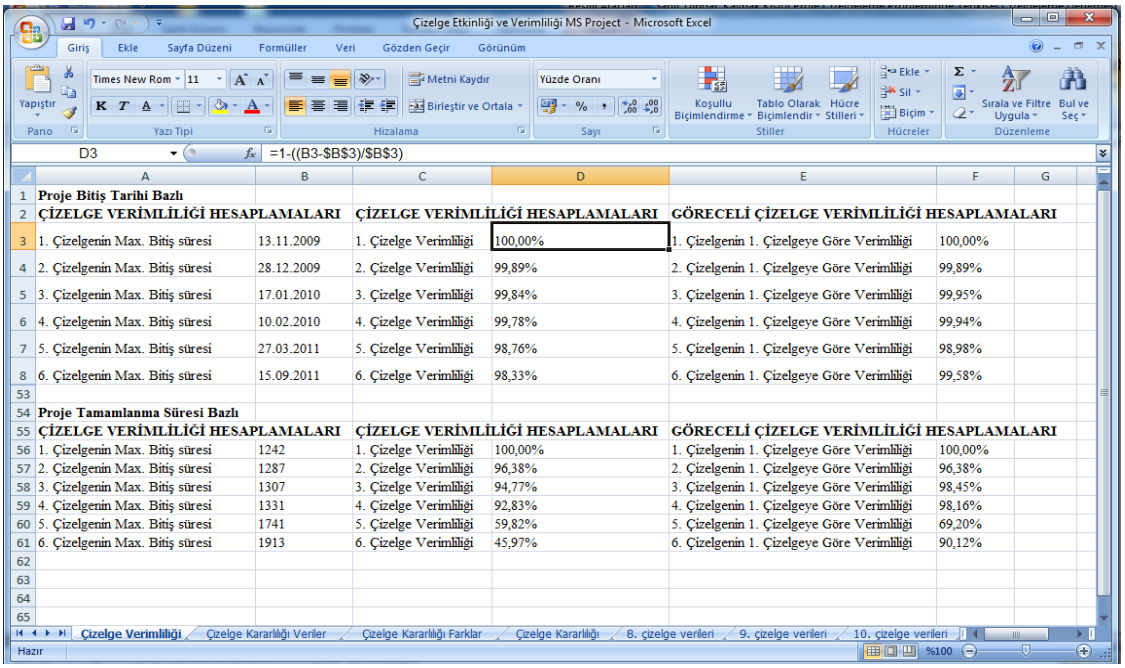
EK-3 Çekmece'nin (2009) çalışmasında elde ettiği sonuçlara ilişkin tablo

	Problem Boyutları		
Karşılaştırma Ölçütleri	30 Aktivite	60 Aktivite	120 Aktivite
Kaynak dağıtımında en iyi sonuçlar	%80 P6 %20 MS7	%67 P6 %13 MS7 %20 P6_MS7	%87 P6 %13 MS7
MS7'nin kaynbak dağıtımında kaynak düzgünleştirme yeteneği	%69 MS7 _standart %25 MS7_ID %6 MS7_standart & ID	%87 MS7_standart %13 MS7_ID	%73 MS7_standart %27 MS7_ID
P6 default ve P6 TF öncelik kurallarının kaynak dağıtım yeteneği	%67 P6 _TF %20 P6_Default %13 P6_TF & Default	%86 P6_ TF %7 P6_ Default %7 P6_ TF & Default	%73 P6_ TF %27 P6_ Default
P6 Default & P6 LFT öncelik kurallarının kaynak dağıtım yeteneği	%67 P6_ LFT %20 P6_ Default %13 P6_ LFT & Default	%87 P6_ LFT %23 P6_ LFT & Default	%100 P6_ LFT
P6 LFT ve P6 TF öncelik kurallarının kaynak dağıtım yeteneği	%47 P6_ TF %33 P6_ LFT & TF %20 P6_ LFT	%53 P6_ LFT %27 P6_ TF %20 P6_ LFT & TF	%73 P6_ LFT %20 P6_ LFT & TF %7 P6_ TF
MS7 ve MS Standart öncelik kuralı arasındaki en iyi sonuçlar	Ortalama fark anlamlı değildir	Ortalama fark anlamlı değildir	Ortalama fark anlamlı değildir
P6 ve P6 LFT öncelik kuralı arasındak en iyi sonuçlar	P6 LFT ıs not optimum solutions as best results of P6	Ortalama fark anlamlı değildir	Ortalama fark anlamlı değildir
P6 ve P6 TF öncelik kuralı arasındaki en iyi sonuçlar	P6 TF is not optimum solutions as best results of P6	P6 TF ıs not optimum…	P6 TF is not optimum…
P6 TF ve MS_standart öncelik kuralları arasındaki en iyi sonuçlar	Ortalama fark anlamlı değildir	Ortalama fark anlamlı değildir	Ortalama fark anlamlı değildir
P6 LFT ve MS_standart öncelik kuralı arasındaki en iyi sonuçlar	Ortalama fark anlamlı değildir	P6 LFT, MS_standart'tan iyi sonuç verir	P6 LFT, MS_standart'tan iyi sonuç verir
MS7 ve P6'nın en iyi sonuçları ile optimum çözümler	Optimum çözümler, MS7 ve P6'nın en iyi çözümlerinden iyidir.	Alt sınır çözümleri P6 ve MS7'nin en iyi çözümlerinden iyidir.	Alt sınır çözümleri P6 ve MS7'nin en iyi çözümlerinden iyidir.
Sezgısel çözümlerin üst sınır değerleri	Sezgısel çözümlerin üst sınırı, MS7 ve P6'nın en iyi çözümlerinden iyidir.	Sezgısel çözümlerin üst sınırı, MS7 ve P6'nın en iyi çözümlerinden iyidir.	Sezgısel çözümlerin üst sınırı, MS7 ve P6'nın en iyi çözümlerinden iyidir.

EK-4 Kulp I-IV HES projesinin iş kırılım yapısı (wbs)

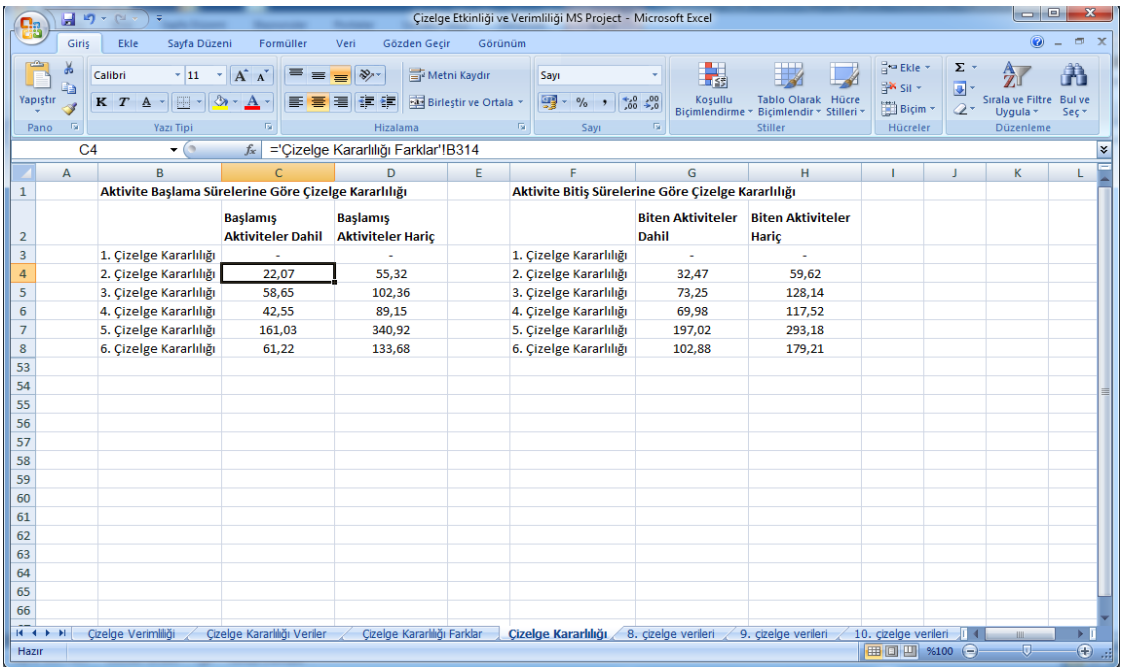


EK-5 Çizelge kararlılığı ve verimliliği hesaplama ekranı (MS Project Yazılımı verileri ile)



D3 =1-((B3-B3)/B3)

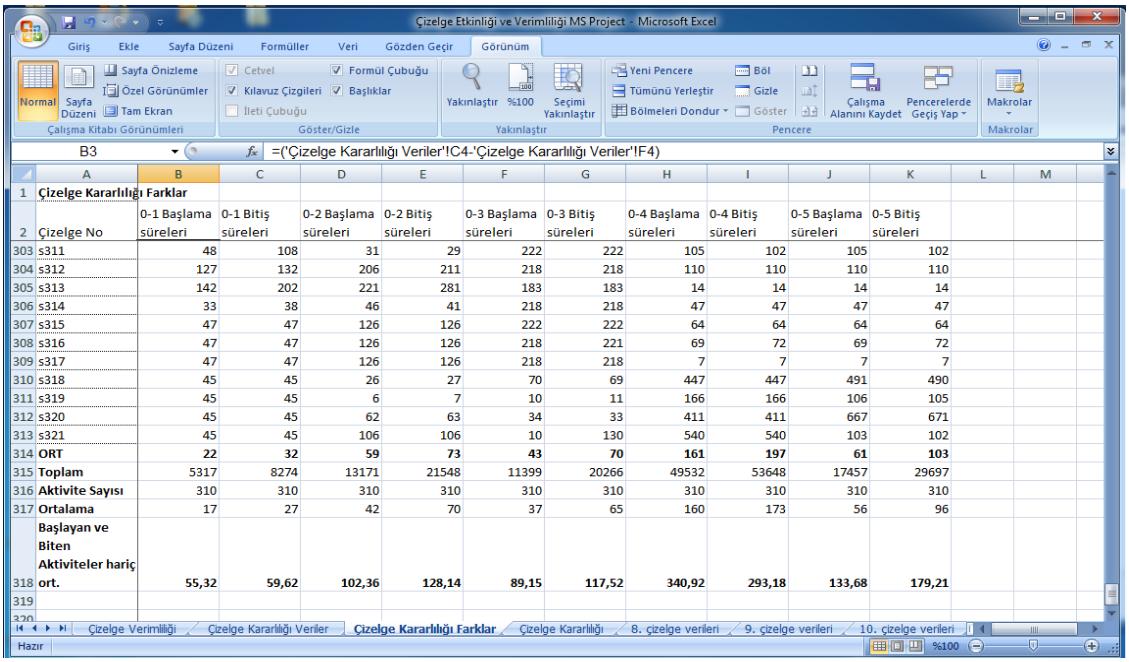
	A	B	C	D	E	F	G
1	**Proje Bitiş Tarihi Bazlı**						
2	**ÇİZELGE VERİMLİLİĞİ HESAPLAMALARI**		**ÇİZELGE VERİMLİLİĞİ HESAPLAMALARI**		**GÖRECELİ ÇİZELGE VERİMLİLİĞİ HESAPLAMALARI**		
3	1. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	13.11.2009	1. Çizelge Verimliliği	100,00%	1. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	100,00%	
4	2. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	28.12.2009	2. Çizelge Verimliliği	99,89%	2. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	99,89%	
5	3. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	17.01.2010	3. Çizelge Verimliliği	99,84%	3. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	99,95%	
6	4. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	10.02.2010	4. Çizelge Verimliliği	99,78%	4. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	99,94%	
7	5. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	27.03.2011	5. Çizelge Verimliliği	98,76%	5. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	98,98%	
8	6. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	15.09.2011	6. Çizelge Verimliliği	98,33%	6. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	99,58%	
53							
54	**Proje Tamamlanma Süresi Bazlı**						
55	**ÇİZELGE VERİMLİLİĞİ HESAPLAMALARI**		**ÇİZELGE VERİMLİLİĞİ HESAPLAMALARI**		**GÖRECELİ ÇİZELGE VERİMLİLİĞİ HESAPLAMALARI**		
56	1. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	1242	1. Çizelge Verimliliği	100,00%	1. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	100,00%	
57	2. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	1287	2. Çizelge Verimliliği	96,38%	2. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	96,38%	
58	3. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	1307	3. Çizelge Verimliliği	94,77%	3. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	98,45%	
59	4. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	1331	4. Çizelge Verimliliği	92,83%	4. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	98,16%	
60	5. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	1741	5. Çizelge Verimliliği	59,82%	5. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	69,20%	
61	6. Çizelgenin Max. Bitiş süresi	1913	6. Çizelge Verimliliği	45,97%	6. Çizelgenin 1. Çizelgeye Göre Verimliliği	90,12%	



C4 ='Çizelge Kararlılığı Farklar'!B314

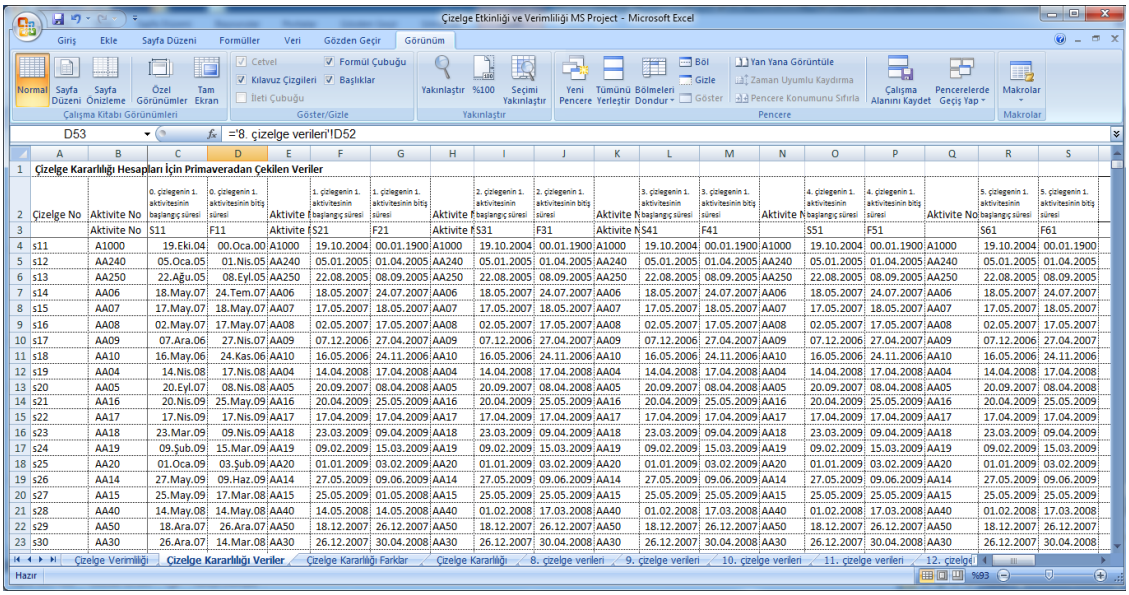
	B	C	D	E	F	G	H
1	**Aktivite Başlama Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı**				**Aktivite Bitiş Sürelerine Göre Çizelge Kararlılığı**		
2		**Başlamış Aktiviteler Dahil**	**Başlamış Aktiviteler Hariç**			**Biten Aktiviteler Dahil**	**Biten Aktiviteler Hariç**
3	1. Çizelge Kararlılığı	-	-		1. Çizelge Kararlılığı	-	-
4	2. Çizelge Kararlılığı	22,07	55,32		2. Çizelge Kararlılığı	32,47	59,62
5	3. Çizelge Kararlılığı	58,65	102,36		3. Çizelge Kararlılığı	73,25	128,14
6	4. Çizelge Kararlılığı	42,55	89,15		4. Çizelge Kararlılığı	69,98	117,52
7	5. Çizelge Kararlılığı	161,03	340,92		5. Çizelge Kararlılığı	197,02	293,18
8	6. Çizelge Kararlılığı	61,22	133,68		6. Çizelge Kararlılığı	102,88	179,21

EK-5 (Devam) - Çizelge kararlılığı ve verimliliği hesaplama ekranı (MS Project Yazılımı verileri ile)



B3 =('Çizelge Kararlılığı Veriler'!C4-'Çizelge Kararlılığı Veriler'!F4)

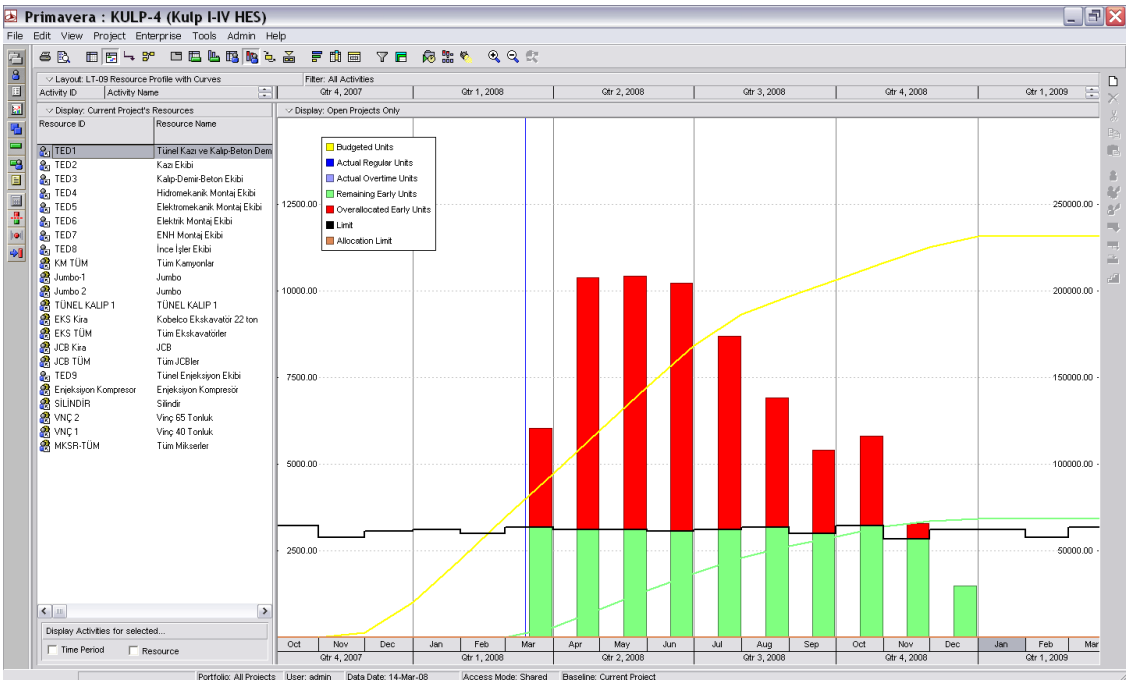
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	**Çizelge Kararlılığı Farklar**										
2	Çizelge No	0-1 Başlama süreleri	0-1 Bitiş süreleri	0-2 Başlama süreleri	0-2 Bitiş süreleri	0-3 Başlama süreleri	0-3 Bitiş süreleri	0-4 Başlama süreleri	0-4 Bitiş süreleri	0-5 Başlama süreleri	0-5 Bitiş süreleri
303	s311	48	108	31	29	222	222	105	102	105	102
304	s312	127	132	206	211	218	218	110	110	110	110
305	s313	142	202	221	281	183	183	14	14	14	14
306	s314	33	38	46	41	218	218	47	47	47	47
307	s315	47	47	126	126	222	222	64	64	64	64
308	s316	47	47	126	126	218	221	69	72	69	72
309	s317	47	47	126	126	218	218	7	7	7	7
310	s318	45	45	26	27	70	69	447	447	491	490
311	s319	45	45	6	7	10	11	166	166	106	105
312	s320	45	45	62	63	34	33	411	411	667	671
313	s321	45	45	106	106	10	130	540	540	103	102
314	**ORT**	**22**	**32**	**59**	**73**	**43**	**70**	**161**	**197**	**61**	**103**
315	**Toplam**	5317	8274	13171	21548	11399	20266	49532	53648	17457	29697
316	**Aktivite Sayısı**	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310
317	**Ortalama**	17	27	42	70	37	65	160	173	56	96
318	**Başlayan ve Biten Aktiviteler hariç ort.**	**55,32**	**59,62**	**102,36**	**128,14**	**89,15**	**117,52**	**340,92**	**293,18**	**133,68**	**179,21**
319											

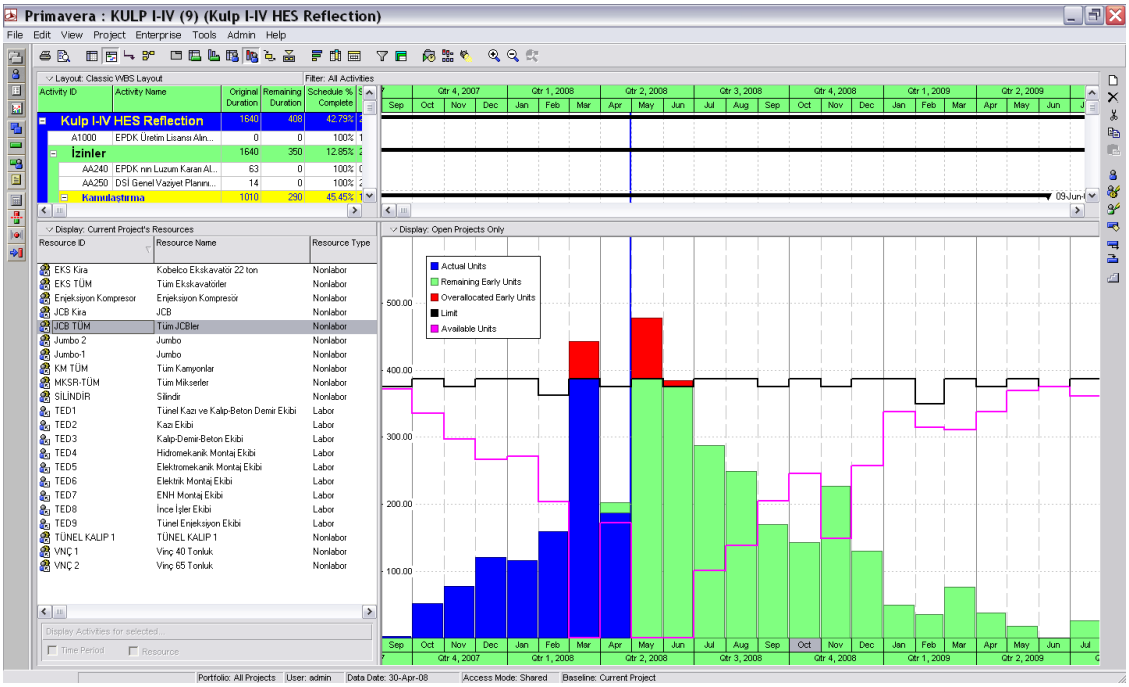


D53 ='8. çizelge verileri'!D52

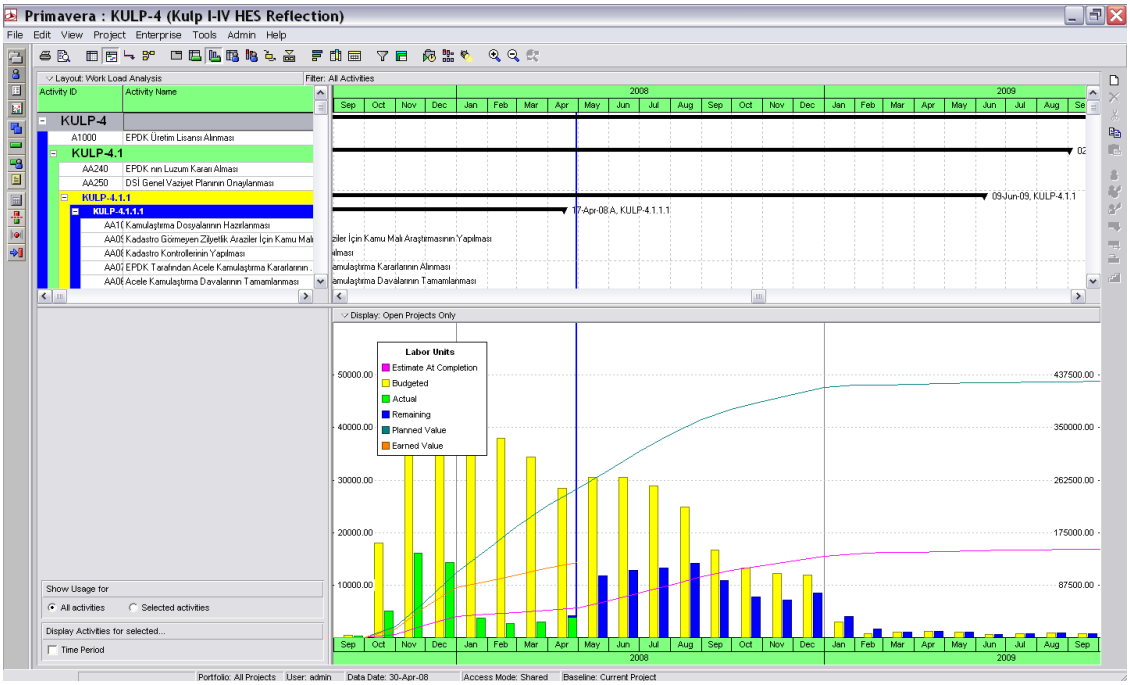
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	**Çizelge Kararlılığı Hesapları İçin Primaveradan Çekilen Veriler**																		
2	Çizelge No	Aktivite No	0. çizelgenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	0. çizelgenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	1. çizelgenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	1. çizelgenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	2. çizelgenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	2. çizelgenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	3. çizelgenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	3. çizelgenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	4. çizelgenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	4. çizelgenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite No	5. çizelgenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	5. çizelgenin 1. aktivitesinin bitiş süresi
3		Aktivite No	S11	F11	Aktivite N	S21	F21	Aktivite N	S31	F31	Aktivite N	S41	F41		S51	F51		S61	F61
4	s11	A1000	19.Eki.04	00.Oca.00	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900
5	s12	AA240	05.Oca.05	01.Nis.05	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005
6	s13	AA250	22.Ağu.05	08.Eyl.05	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005
7	s14	AA06	18.May.07	24.Tem.07	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007
8	s15	AA07	17.May.07	18.May.07	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007
9	s16	AA08	02.May.07	17.May.07	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007
10	s17	AA09	07.Ara.06	27.Nis.07	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007
11	s18	AA10	16.May.06	24.Kas.06	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006
12	s19	AA04	14.Nis.08	17.Nis.08	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008
13	s20	AA05	20.Eyl.07	08.Nis.08	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008
14	s21	AA16	20.Nis.09	25.May.09	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009
15	s22	AA17	17.Nis.09	17.Nis.09	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009
16	s23	AA18	23.Mar.09	09.Nis.09	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009
17	s24	AA19	09.Şub.09	15.Mar.09	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009
18	s25	AA20	01.Oca.09	03.Şub.09	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009
19	s26	AA14	27.May.09	09.Haz.09	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009
20	s27	AA15	25.May.09	17.Mar.08	AA15	25.05.2009	01.05.2008	AA15	25.05.2009	25.05.2009	AA15	25.05.2009	25.05.2009	AA15	25.05.2009	25.05.2009	AA15	25.05.2009	25.05.2009
21	s28	AA40	14.May.08	14.May.08	AA40	14.05.2008	14.05.2008	AA40	01.02.2008	17.03.2008	AA40	01.02.2008	17.03.2008	AA40	01.02.2008	17.03.2008	AA40	01.02.2008	17.03.2008
22	s29	AA50	18.Ara.07	26.Ara.07	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007
23	s30	AA30	26.Ara.07	14.Mar.08	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008

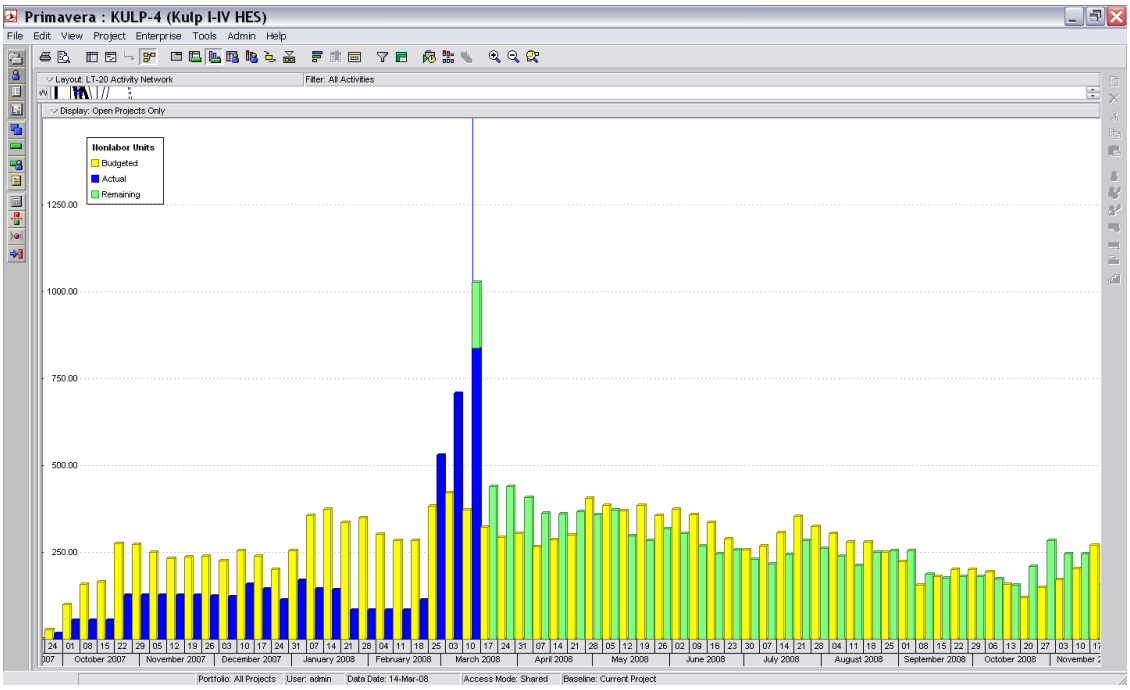
EK-6 Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinde LST kuralına göre kaynak dağıtımı sonrası elde edilen kaynak dağıtım grafikleri (Tünel kazı-demir-beton ekibi grafiği- JCB grafiği)



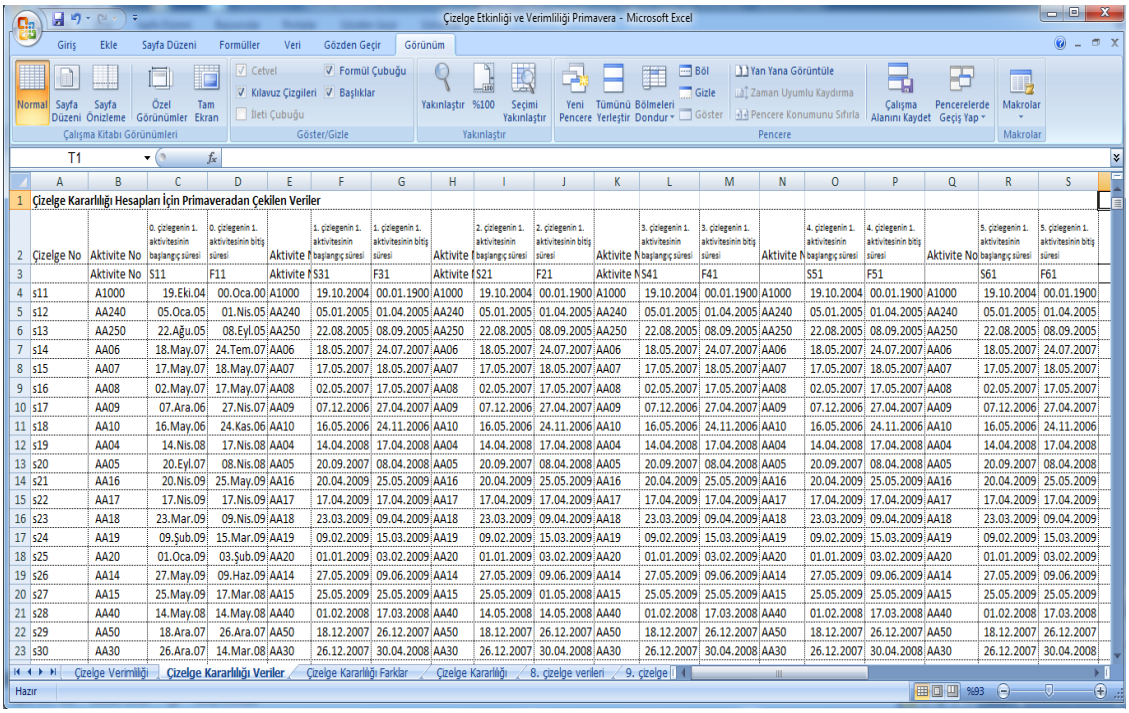


EK-7 Primavera yazılımında başlangıç çizelgesinin işçilikli ve işçilikli olmayan kaynaklarının toplamı bazında kaynak dağıtım grafiği



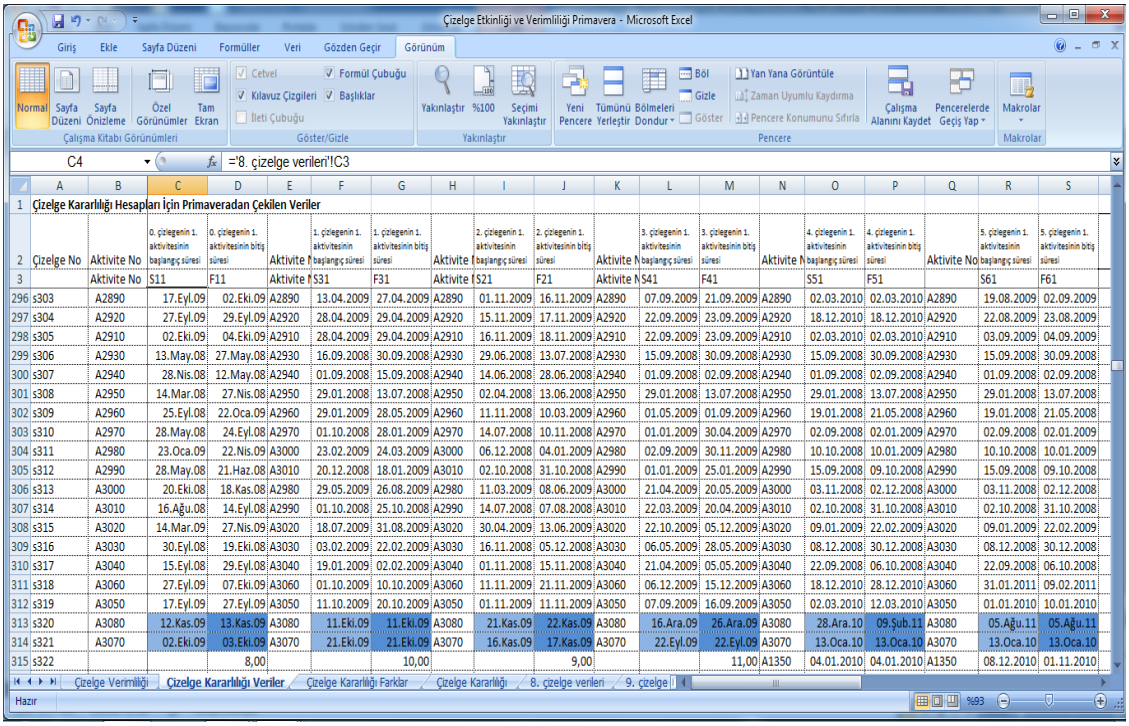


EK-8 Çizelge kararlılığı hesapları için Primavera yazılımından çekilen veriler



Çizelge Kararlılığı Hesapları İçin Primaveradan Çekilen Veriler

	Çizelge No	Aktivite No	0. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	0. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	1. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	1. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	2. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	2. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	3. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	3. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	4. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	4. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite No	5. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	5. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi
3		Aktivite No	S11	F11	Aktivite N	S31	F31	Aktivite N	S21	F21	Aktivite N	S41	F41		S51	F51		S61	F61
4	s11	A1000	19.Eki.04	00.Oca.00	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900	A1000	19.10.2004	00.01.1900
5	s12	AA240	05.Oca.05	01.Nis.05	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005	AA240	05.01.2005	01.04.2005
6	s13	AA250	22.Ağu.05	08.Eyl.05	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005	AA250	22.08.2005	08.09.2005
7	s14	AA06	18.May.07	24.Tem.07	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007	AA06	18.05.2007	24.07.2007
8	s15	AA07	17.May.07	18.May.07	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007	AA07	17.05.2007	18.05.2007
9	s16	AA08	02.May.07	17.May.07	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007	AA08	02.05.2007	17.05.2007
10	s17	AA09	07.Ara.06	27.Nis.07	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007	AA09	07.12.2006	27.04.2007
11	s18	AA10	16.May.06	24.Kas.06	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006	AA10	16.05.2006	24.11.2006
12	s19	AA04	14.Nis.08	17.Nis.08	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008	AA04	14.04.2008	17.04.2008
13	s20	AA05	20.Eyl.07	08.Nis.08	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008	AA05	20.09.2007	08.04.2008
14	s21	AA16	20.Nis.09	25.May.09	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009	AA16	20.04.2009	25.05.2009
15	s22	AA17	17.Nis.09	17.Nis.09	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009	AA17	17.04.2009	17.04.2009
16	s23	AA18	23.Mar.09	09.Nis.09	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009	AA18	23.03.2009	09.04.2009
17	s24	AA19	09.Şub.09	15.Mar.09	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009	AA19	09.02.2009	15.03.2009
18	s25	AA20	01.Oca.09	03.Şub.09	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009	AA20	01.01.2009	03.02.2009
19	s26	AA14	27.May.09	09.Haz.09	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009	AA14	27.05.2009	09.06.2009
20	s27	AA15	25.May.09	17.Mar.08	AA15	25.05.2009	25.05.2009	AA15	25.05.2009	01.05.2008	AA15	25.05.2009	25.05.2009	AA15	25.05.2009	25.05.2009	AA15	25.05.2009	25.05.2009
21	s28	AA40	14.May.08	14.May.08	AA40	01.02.2008	17.03.2008	AA40	14.05.2008	14.05.2008	AA40	01.02.2008	17.03.2008	AA40	01.02.2008	17.03.2008	AA40	01.02.2008	17.03.2008
22	s29	AA50	18.Ara.07	26.Ara.07	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007	AA50	18.12.2007	26.12.2007
23	s30	AA30	26.Ara.07	14.Mar.08	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008	AA30	26.12.2007	30.04.2008



Çizelge Kararlılığı Hesapları İçin Primaveradan Çekilen Veriler

	Çizelge No	Aktivite No	0. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	0. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	1. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	1. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	2. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	2. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	3. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	3. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite N	4. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	4. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi	Aktivite No	5. çizlegenin 1. aktivitesinin başlangıç süresi	5. çizlegenin 1. aktivitesinin bitiş süresi
3		Aktivite No	S11	F11	Aktivite N	S31	F31	Aktivite N	S21	F21	Aktivite N	S41	F41		S51	F51		S61	F61
296	s303	A2890	17.Eyl.09	02.Eki.09	A2890	13.04.2009	27.04.2009	A2890	01.11.2009	16.11.2009	A2890	07.09.2009	21.09.2009	A2890	02.03.2010	02.03.2010	A2890	19.08.2009	02.09.2009
297	s304	A2920	27.Eyl.09	29.Eyl.09	A2920	28.04.2009	29.04.2009	A2920	15.11.2009	17.11.2009	A2920	22.09.2009	23.09.2009	A2920	18.12.2010	18.12.2010	A2920	22.08.2009	23.08.2009
298	s305	A2910	02.Eki.09	04.Eki.09	A2910	28.04.2009	29.04.2009	A2910	16.11.2009	18.11.2009	A2910	22.09.2009	23.09.2009	A2910	02.03.2010	02.03.2010	A2910	03.09.2009	04.09.2009
299	s306	A2930	13.May.08	27.May.08	A2930	16.09.2008	30.09.2008	A2930	29.06.2008	13.07.2008	A2930	15.09.2008	30.09.2008	A2930	15.09.2008	30.09.2008	A2930	15.09.2008	30.09.2008
300	s307	A2940	28.Nis.08	12.May.08	A2940	01.09.2008	15.09.2008	A2940	14.06.2008	28.06.2008	A2940	01.09.2008	02.09.2008	A2940	01.09.2008	02.09.2008	A2940	01.09.2008	02.09.2008
301	s308	A2950	14.Mar.08	27.Nis.08	A2950	29.01.2008	13.07.2008	A2950	02.04.2008	13.06.2008	A2950	29.01.2008	13.07.2008	A2950	29.01.2008	13.07.2008	A2950	29.01.2008	13.07.2008
302	s309	A2960	25.Eyl.08	22.Oca.09	A2960	29.01.2009	28.05.2009	A2960	11.11.2008	10.03.2009	A2960	01.05.2009	01.09.2009	A2960	19.01.2008	21.05.2008	A2960	19.01.2008	21.05.2008
303	s310	A2970	28.May.08	24.Eyl.08	A2970	01.10.2008	28.01.2009	A2970	14.07.2008	10.11.2008	A2970	01.01.2009	30.04.2009	A2970	02.09.2008	02.01.2009	A2970	02.09.2008	02.01.2009
304	s311	A2980	23.Oca.09	22.Nis.09	A3000	23.02.2009	24.03.2009	A3000	06.12.2008	04.01.2009	A2980	02.09.2009	30.11.2009	A2980	10.10.2008	10.01.2009	A2980	10.10.2008	10.01.2009
305	s312	A2990	28.May.08	21.Haz.08	A3010	20.12.2008	18.01.2009	A3010	02.10.2008	31.10.2008	A2990	01.01.2009	25.01.2009	A2990	15.09.2008	09.10.2008	A2990	15.09.2008	09.10.2008
306	s313	A3000	20.Eki.08	18.Kas.08	A2980	29.05.2009	26.08.2009	A2980	11.03.2009	08.06.2009	A3000	21.04.2009	20.05.2009	A3000	03.11.2008	02.12.2008	A3000	03.11.2008	02.12.2008
307	s314	A3010	16.Ağu.08	14.Eyl.08	A2990	01.10.2008	25.10.2008	A2990	14.07.2008	07.08.2008	A3010	22.03.2009	20.04.2009	A3010	02.10.2008	31.10.2008	A3010	02.10.2008	31.10.2008
308	s315	A3020	14.Mar.09	27.Nis.09	A3020	18.07.2009	31.08.2009	A3020	30.04.2009	13.06.2009	A3020	22.10.2009	05.12.2009	A3020	09.01.2009	22.02.2009	A3020	09.01.2009	22.02.2009
309	s316	A3030	30.Eyl.08	19.Eki.08	A3030	03.02.2009	22.02.2009	A3030	16.11.2008	05.12.2008	A3030	06.05.2009	28.05.2009	A3030	08.12.2008	30.12.2008	A3030	08.12.2008	30.12.2008
310	s317	A3040	15.Eyl.08	29.Eyl.08	A3040	19.01.2009	02.02.2009	A3040	01.11.2008	15.11.2008	A3040	21.04.2009	05.05.2009	A3040	22.09.2008	06.10.2008	A3040	22.09.2008	06.10.2008
311	s318	A3060	27.Eyl.09	07.Eki.09	A3060	01.10.2009	10.10.2009	A3060	11.11.2009	21.11.2009	A3060	06.12.2009	15.12.2009	A3060	18.12.2010	28.12.2010	A3060	31.01.2011	09.02.2011
312	s319	A3050	17.Eyl.09	27.Eyl.09	A3050	11.10.2009	20.10.2009	A3050	01.11.2009	11.11.2009	A3050	07.09.2009	16.09.2009	A3050	02.03.2010	12.03.2010	A3050	01.01.2010	10.01.2010
313	s320	A3080	12.Kas.09	13.Kas.09	A3080	11.Eki.09	11.Eki.09	A3080	21.Kas.09	22.Kas.09	A3080	16.Ara.09	26.Ara.09	A3080	28.Ara.10	09.Şub.11	A3080	05.Ağu.11	05.Ağu.11
314	s321	A3070	02.Eki.09	03.Eki.09	A3070	21.Eki.09	21.Eki.09	A3070	16.Kas.09	17.Kas.09	A3070	22.Eyl.09	22.Eyl.09	A3070	13.Oca.10	13.Oca.10	A3070	13.Oca.10	13.Oca.10
315	s322			8,00			10,00			9,00			11,00	A1350	04.01.2010	04.01.2010	A1350	08.12.2010	01.11.2010

EK-9 Primavera ve MS Project'te belirlenen her bir öncelik kuralı seçilerek yapılan kaynak dağıtımlı çizelgeleme sonuçları

Önecelik Kuralları	Başlangıç Çizelgesi 14.03.2008		1. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008		2. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 30.04.2008		3. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2009		4. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.01.2010		5. Onarılmış/Yenilenmiş Çizelge 01.11.2010	
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
CPM (Kritik Yol Metodu) Çizelgeleme	20.09.2004	26.05.2009	20.09.2004	13.11.2009	20.09.2004	12.09.2009	20.09.2004	16.12.2009	20.09.2004	18.12.2010	20.09.2004	09.05.2011
MS Project Standart	20.09.2004	13.11.2009	20.09.2004	28.12.2009	20.09.2004	17.01.2010	20.09.2004	10.02.2010	20.09.2004	27.03.2011	20.09.2004	15.09.2011
Primavera LST	20.09.2004	08.10.2009	20.09.2004	21.10.2009	20.09.2004	22.11.2009	20.09.2004	26.12.2009	20.09.2004	09.02.2011	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LFT	20.09.2004	08.10.2009	20.09.2004	21.10.2009	20.09.2004	22.11.2009	20.09.2004	26.12.2009	20.09.2004	09.02.2011	20.09.2004	05.08.2011
Primavera TF	20.09.2004	03.01.2010	20.09.2004	17.11.2009	20.09.2004	28.01.2010	20.09.2004	04.01.2010	20.09.2004	09.02.2011	20.09.2004	05.08.2011
Primavera DEFAULT	20.09.2004	12.10.2009	20.09.2004	04.11.2009	20.09.2004	27.11.2009	20.09.2004	02.02.2010	20.09.2004	09.02.2011	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LFT+REMAİNİNG DURATİON	20.09.2004	15.01.2010	20.09.2004	20.11.2009	20.09.2004	01.01.2010	20.09.2004	15.01.2010	20.09.2004	09.02.2011	20.09.2004	05.08.2011
Primavera LST+LFT	20.09.2004	08.10.2009	20.09.2004	21.10.2009	20.09.2004	22.11.2009	20.09.2004	26.12.2009	20.09.2004	09.02.2011	20.09.2004	05.08.2011
Primavera FF+LST	20.09.2004	22.11.2009	20.09.2004	30.12.2009	20.09.2004	06.01.2010	20.09.2004	26.12.2009	20.09.2004	09.02.2011	20.09.2004	05.08.2011

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: DİNDAR, Sahil
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 29.11.1985 Ankara
Medeni hali	: Bekar
Telefon	: 0 (505) 214 07 46
e-mail	: sahilbahar@gmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği Bölümü	2007
Lise	İncesu Anadolu Lisesi	2003

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-2008	Bilban Grup	Satış Sorumlusu
2008-2008	ETC Ltd. Şti.	Üretim Planlama Mühendisi
2008-Devam Ediyor	Yıldızlar Grup	Enerji Proje Uzmanı Sistem Gelişim Uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce

İspanyolca

Yayınlar

-