



T.C.
DOĞUŞ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EKİP PLANLAMA YÖNETİMİNİN BİR MUAYENE
KURULUŞU İÇİN GELİŞTİRİLMESİ**
Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan
MUTEBER AHSEN ATEŞ

İstanbul, 2022



T.C.
DOĞUŞ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EKİP PLANLAMA YÖNETİMİNİN BİR MUAYENE
KURULUŞU İÇİN GELİŞTİRİLMESİ**
Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan
MUTEBER AHSEN ATEŞ
20192101074
0000 – 0003 – 3917 - 5687

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Özay ÖZAYDIN

İstanbul, 2022

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Ekip Planlama Yönetiminin Bir Muayene Kuruluşu İçin Geliştirilmesi ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

MUTEBER AHSEN ATEŞ

17/05/2022



YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI

Doküman No	FR.1.26
Yürürlük Tarihi	1.11.2017
Revizyon Tarihi	4.12.2020
Revizyon No	2
Sayfa	1 / 1

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Tarih : 17/05/2022

Anabilim/Anasanat Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Öğrencinin Adı Soyadı : MUTEBER AHSEN ATEŞ

Öğrenci No : 20192101074

Tez Danışmanının Adı Soyadı :Dr. Öğr. Üyesi Özay ÖZAYDIN

İkinci Tez Danışmanının Adı Soyadı :

Tezin Başlığı : Ekip Planlama Yönetiminin Bir Muayene Kuruluşu İçin
Geliştirilmesi

Doğuş Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin 32.Maddesi uyarınca yapılan değerlendirmeler sonunda;



**tezin kabul
edilmesine**



**tezde düzeltme
verilmesine**



**tezin
reddedilmesine**

oy birliği / oy çokluğu ile karar verilmiştir. Gereği için arz olunur.

Danışman Üye

Üye

Üye

Üye

Üye

Anabilim/Anasanat Dalı Başkanı Onayı:

Doğuş Üniversitesi ("Üniversite") olarak kişisel verilerinizin güvenliği hakkında azami hassasiyet göstermekteyiz. Üniversite olarak, Üniversite ile ilişkili tüm şahıslara ait her türlü kişisel verinin 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ("KVKK")'na uygun olarak işlenmesine ve gizliliğinin sağlanmasına büyük önem vermekteyiz. Anayasa m.20/3 ile tanınan "kişisel verilerinizin korunmasını isteme" hakkınızın bilincinde olarak, KVKK kapsamında tanımlı "Veri Sorumlusu" sıfatıyla, kişisel verilerinizi mevzuata uygun şekilde işlemekteyiz. Daha geniş açıklama için Doğuş Üniversitesi <https://www.dogus.edu.tr/hakkimizda/kisisel-verilerin-korunmasi>

As Doğuş University ("University"), we show maximum sensitivity about the security of your personal data. As a university, we attach great importance to the processing and confidentiality of all personal data of all individuals associated with the University in accordance with the Law No. 6698 on Protection of Personal Data ("KVKK"). Being aware of your right to "ask for the protection of your personal data" recognized by the constitution article 20/3, as "Data Controller" defined within the scope of KVKK, we process your personal data in accordance with the legislation. For a broader explanation you can visit <https://www.dogus.edu.tr/hakkimizda/kisisel-verilerin-korunmasi>

hakkımızda: about us kişisel-verilerin-korunmasi: protection of personal data

(Form No: FR-001, Revizyon Tarihi:30.09.2016, Revizyon No:00)

Adı ve Soyadı : Muteber Ahsen ATEŞ
Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Özay ÖZAYDIN
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans Tezi / 17.05.2022
Alanı : Mühendislik
Anahtar Kelimeler : Çizelgeleme, planlama, atama

ÖZET

EKİP PLANLAMA YÖNETİMİNİN BİR MUAYENE KURULUŞU İÇİN GELİŞTİRİLMESİ

Gerçekleştirilen tez çalışmasının hedefi, TÜRKAK'dan akredite A tipi bağımsız muayene kuruluşunun en önemli konularından biri olarak yer alan ekip planlama konusunun incelenerek, ekip planlama sürecinin ilk aşaması olarak gelen taleplerin departman bazında ayırım sağlanarak mühendislere atama işlemi gerçekleştirilmektedir. Mevcut durum ile mühendislerin saha ve raporlama ofis çalışmalarının ataması sistematik olmadığı için atama sistemi IBM Ilog Cplex ile gerçekleştirilmektedir. Bir muayene kuruluşu için ekip planlama çalışması belirtilen performans kriterleri değerlendirilerek ekip planlama çalışmasının geliştirilmiştir.

Çizelgeleme yöntemleri ele alınarak yapılan çalışmaların, günümüzde maliyet ve zaman analizleri göz önünde bulundurularak belirli kısıtlar ve yöntemler doğrultusunda optimizasyonu sağlamaktadır. Ekip planlama çalışması matematiksel kısıtlar doğrultusunda maksimum faydayı sağlanması amaçlanmıştır.

Bu veriler doğrultusunda bir muayene kuruluşu için işgücü rotalama ve çizelgeleme matematiksel modeller ile ele alınarak çizelgeleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Ekip planlama çalışmaları geliştirilerek, optimal atama yapıldığı verisine ulaşılmıştır.

Bu tez çalışmasından bir muayene kuruluğu veya işlerin sabit geldiği bir kuruluş için mühendislerin veya alışanların IBM Ilog Cplex'e istinaden performans kriterleri değeriendirilerek optimal çözüme ulaşmamızı sağlamaktadır. Farklı firmalar da çalışanları için bu tip performans kriterleri belirlenmesinde iyileştirme yapması durumunda bu tez çalışmasından faydalanarak en iyi çözüme ulaşmasını sağlamaktadır. Bu alışma İstanbul ilinde bir muayene kuruluşunun vardiyalara iş gücünü dengeli dağıtarak mühendislerin memnuniyetini ve verimliliğinin arttırılması hedef alınmıştır.



Name and Surname : Muteber Ahsen ATEŞ
Supervisor : Asst. Prof. Özay ÖZAYDIN
Degree and Date : Master Thesis / 17.05.2022
Major : Engineering
Key Words : Scheduling, planning, assignment

ABSTRACT

ONE OF TEAM PLANNING MANAGEMENT DEVELOPMENT FOR THE INSPECTION ORGANIZATION

The aim of the thesis work carried out is to examine the team planning issue, which is one of the most important issues of the A-type independent inspection body accredited by TÜRKAK, and the assignment process to the engineers is carried out by ensuring the separation of the requests received as the first stage of the team planning process on a departmental basis. As the current situation and the assignment of field and reporting office work of engineers is not systematic, the assignment system is carried out with IBM Ilog Cplex. The team planning study for an inspection organization was developed by evaluating the specified performance criteria.

It provides optimization of the studies carried out by considering scheduling methods, in line with certain constraints and methods, considering cost and time analyzes today. Team planning work is aimed to provide maximum benefit in line with mathematical constraints.

In line with these data, workforce routing and scheduling for an inspection organization were handled with mathematical models and a scheduling study was carried out. Team planning studies have been developed and the data has been reached that the optimal assignment has been made.

From this thesis study, it enables us to reach the optimal solution by evaluating the performance criteria of engineers or employees based on IBM Ilog Cplex for an inspection organization or an organization where things are stable. If different companies make improvements in determining such performance criteria for their employees, they make use of this thesis to reach the best solution. In this study, it is aimed to increase the satisfaction and productivity of engineers by distributing the work force of an inspection company to shifts in a balanced way in Istanbul.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZET

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ..... iii

KISALTMALAR..... iv

GİRİŞ..... 1

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Literatür Taraması..... 2

İKİNCİ BÖLÜM

MUAYENE KURULUŞU

2.1. Muayene Kuruluşu.....10

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MUAYENE KURULUŞU EKİP PLANLAMA

TEMEL KAVRAMLAR VE TANIMLAR

3.1. Muayene Kuruluşu Ekip Planlama Temel Kavramlar ve Tanımlar.....12

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MUAYENE KURULUŞU EKİP ROTASYONU OLUŞTURMA

4. 1. Muayene Kuruluşu Ekip Roasyonu Oluşturma.....18

BEŞİNCİ BÖLÜM

MUAYENE KURULUŞU OPTİMAZYONU

5.1. Muayene Kuruluşu Optimazsyonu.....	37
5.2. Varsayımlar.....	38
5.3. Notasyonlar.....	38
5.3.1. İndisler.....	38
5.3.2. Karar Değişkenleri.....	42
5.3.3. Model.....	42
5.3.4. Amaç Fonksiyonu.....	43
5.3.5. Kısıtlar.....	43
5.3.6. Modelin Uygulanması.....	44
5.3.7. Modelin Sonucu.....	44
SONUÇ.....	48
KAYNAKÇA.....	50
EKLER.....	52

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 1.	İş Emri.....	12
Tablo 2.	Ölçüm Departmanı, Parametreleri, Süreleri, Kısıtları ve Meslek Koşulu.....	13
Tablo 3.	Elektrik Mühendisi 1 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	18
Tablo 4.	Elektrik Mühendisi 2 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	19
Tablo 5.	Elektrik Mühendisi 3 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	21
Tablo 6.	Elektrik Mühendisi 4 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	22
Tablo 7.	Makine Mühendisi 1 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	23
Tablo 8.	Makine Mühendisi 2 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	26
Tablo 9.	Makine Mühendisi 3 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	28
Tablo 10.	Makine Mühendisi 4 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	30
Tablo 11.	Kimya Mühendisi 1 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	33
Tablo 12.	Kimya Mühendisi 2 İçin Örnek Ölçüm İçeriği.....	34
Tablo 13.	Planlama İçeriği (Günler/İş Grubu/ İhtisaslar/ Değer).....	39
Tablo 14.	Personelin Atanan Görevleri.....	45
Tablo 15.	Toplam Atanamama Değerleri.....	46

KISALTMALAR

KKP:	Kurumsal Kaynak Planlama
KKPÇ:	Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeme
KYPÇ:	Kaynak Yatırımlı Proje Çizelgeleme
TÜRKAK:	Türk Akreditasyon Kurumu
TS:	Türk Standardı
EN:	European Norm (Avrupa Normları)
ISO:	International Organization for Standardization
dk.:	Dakika

GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamında TS EN ISO/IEC 17020:2012 ve TS EN ISO/IEC 17025:2017 standartlarına bağlı olarak işletme büyüklüğü ve sektör farkı gözetmeden geniş bir yelpazede, deneyimli ekibi ile müşterilerinin taleplerine etkin bir biçimde cevap verebilmeyi ve duyduğu sorumluluk gereği müşterileri nezdinde güven duygusu yaratabilmeyi temel ilkesi olarak benimseyerek tüm faaliyetlerinin bağımsızlığını ve müşteri bilgilerinin gizliliğini kesin olarak taahhüt etmektedir. Elektrik ve makine departmanlarına ait ölçümlerin her yıl yapılması zorunluluğu esas kabul edilerek, laboratuvar departmanına ait ölçümler ise her 4 yılda bir tekrar edilmesi gerekmektedir. Ayrıca tesis içerisinde herhangi bir değişiklik veya doğal afet olması durumunda periyodik kontrollerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı pazar payının büyük ve yoğun olduğu bir segmenttedir.

Günümüzde farklı sektörlerde de yer alan problemlerden biri olan ekip planlama çalışmasına çeşitli kısıtlar göz önünde bulundurularak Moda Enerji firması tarafından planlanan muayene programı eksiksiz tamamlanacak şekilde muayene periyodik kontrol görevlerine atanması olarak tanımlanmaktadır. Yakıt maliyetleri, firmanın saha ulaşım maliyetini etkilediği için muayene firmaları tarafından ekonomik boyutta her geçen gün önemli olarak yer almaktadır. Optimal atama yapılarak en iyi planlama çalışmasına ulaşılması hedeflenmektedir.

Saha çalışmaları mühendisler için oldukça yoğun program olarak düşünüldüğü için motivasyonlarının yüksek olması gerekmektedir. Düşük motivasyon olması, esnek çalışma saatlerine uyumsuzluktan kaynaklı olarak işten ayrılmalara yol açmaktadır. İşten ayrılmaları en aza indirebilmek, motivasyonu arttırmak, atama işleminin sistematik matematiksel model yardımı ile saha ve ofis çalışmalarını gerçekleştirerek rapor yazımı konusunda da katkı sağlayarak optimum algoritma düşünülerek maksimum verimi sağlamayı hedef almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Literatür Taraması

Ekip planlama çalışmaları yapabilmek adına incelediğim tezlerin ve makalelerin sonucuna istinaden ulaşım sektörü, sağlık sektörü, turizm sektörü, eğitim sektörü, hizmet sektörü, organizasyon sektörü, montaj sektörü gibi birçok alanda çizelgeleme yöntemi kullanılmaktadır.

Bir metal fabrikası için iş çizelgeleme yazılımı hazırlayabilmek için gantt diyagramlarından yararlanılmaktadır. Hangi işleme ne zaman başladığını, ne kadar süre harcadığını ve hangi işlemlerin eş zamanlı olduğunu net şekilde görebilmemizi sağlamaktadır. Yazılımda C# dilini kullanarak Access veri tabanında kıyaslama yaparak en doğru yöntemin seçimini kolaylaştırmaktadır.

Sürekli gelişen teknoloji ve firmaların devamlılığını sürdürebilmeleri için ürün veya hizmeti daha kaliteli ve daha ekonomik sunmaları gerekmektedir. Ekip planlama yönetimi yapabilmek için öncesinde faaliyetlerin karmaşıklığını çözebilmek adına ürün veya hizmetlerin istenilen zamanda ve istenilen miktarda üretimi sağlayacak programlama ve çizelgeleme çalışmaları yapılmaktadır. [4]

Hizmet sektöründe saha operasyonları bölümünde yapılan gözlemler sonucunda işgücü rotalama ve çizelgeleme matematiksel modeller ile ele alınarak çizelgeleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Saha operasyonlarında yeteneklerine ve konumlarına göre, uygun teknisyen ekiplerinin ve iş listelerinin optimizasyonel olarak belirli kısıtlar ve matematiksel modeller doğrultusunda kabul edilen kalitede ve zamanda çözüme ulaşmasını sağlamaktadır. [11]

Üretim gerçekleştirilen bir firmada iş planlanması yapılırken tüm işler içerisindeki en son işin tamamlanma zamanını en küçüklemeyi amaçlamaktadır. [4]

İşler arasında bağıllık gösterilirken öncüllük ve ardıllık ilişkisi ele alınmaktadır ve işlerinde bağlı olup olmadığı tespit edilmektedir. Bu sebeple işlerin ekiplere göre çizelgeleme çalışması yapılmasında amaç önceliklerine göre ağırlıklandırılmış tamamlanma süresinin en küçüklemesidir. [11]

Üretim planlama yöntemlerinden çizelgeleme yöntemi kullanılmaktadır. Çizelgeleme kuramı, üretim faaliyetlerinde üretim çizelgeleme faaliyetlerinin; kısıtlı kaynak kullanılarak ve zaman dikkate alınarak hangi işlemlerin hangi sırayla atanmasına karar vermede yardımcı bir atanma süreci olarak yer almaktadır. [4]

Çizelgeleme yöntemi, kaynak kısıtlı proje çizelgelemesi ve makine çizelgelemesi olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Kaynak kısıtlı proje çizelgelemesi, bir projenin oluşturulması için kısıtlı kaynaklardan yer almaktadır. Faaliyet süreleri deterministiktir. Faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için gerekli birim zaman kaynak kullanımı sabittir. Kaynak kullanımı yarıda kesilemez, ara verilemez veya başlatılan bir faaliyet iptal edilemez. Makine çizelgelemesi öncelik ilişkisi bulunmadan ürünün belirli işlemler doğrultusunda rotayı takip etmesi gerekmektedir. [4]

Ulaştırma sektöründe metro istasyon işletmelerinde şeflerin vardiyalarının hedef programa ile çizelgeleme yöntemi matematiksel model ILOG Cplex optimizasyon programı kullanılarak doğru kişinin doğru işi doğru zamanda yaparak işgücünün verimli kullanılmasını sağlayabilmek, hizmetin aksamadan sürekliliğini sağlayabilmek için raylı sistemlerde çalışma planlanmasının oluşturulmasında fayda sağlamaktadır.

İş çizelgelemesi, işin zamanında teslim edilmesini, bekletilmelerin azaltılması gibi olanaklar sağlamaktadır. Personel çizelgelemesi de işin veya hizmetin zamanında yerine getirilmesini, kullanıcılarının beklentilerinin azaltılması gibi olanaklar sağlamaktadır. Personel çizelgelemesi tüm sektörlerde olduğu gibi muayene kuruluşlarında da önem arz etmektedir. [5]

Personel çizelgeleme işlemi gerçekleştirilirken eş zamanlı rotalama takip edilmektedir. Konumlandırma kararını etkilemektedir. [2]

Personel çizelgelemesinde personelin verimini artırmakla beraber sistemin sürekliliğini, müşteri memnuniyetinin artmasını ve hizmetin daha kısa sürede yararlanmasını sağlamaktadır. [5]

Gerçekleştirilecek hizmetlerin sıralanması ve zamanlanması, personel ve iş arasındaki denge kuramı, hizmetin gecikmesiz olarak gerçekleştirilmesi, personelin

yasal haklarının korunması, iş güvenliği gibi konular iyi bir çizelgeleme ile çözülebilmektedir. [5]

Vardiya çizelgeleme, personel çizelgelemesinin özel hali olarak çalışma koşullarına ve yasal düzenlemelere bağlı olarak vardiyalara adaletli ve sistemi bir şekilde çalışma plan oluşturulmasıdır. Haftalık, aylık veya yıllık olarak hazırlanmaktadır ve personellerin özel istek ve izinleri göz önünde bulundurularak atama çalışması planlarına ek olarak değerlendirilebilmektedir. [5]

Hedef programlama yöntemi genellikle karar vericileri başarmak istediği çok sayıda hedef olması durumunda kullanılmaktadır. Çizelgeleme ve planlama çalışmalarında yardımcı olmaktadır. Hedef programlama da amaç fonksiyonu tek bir amacı sağlamaktan çok birden çok hedefi sağlamayı hedeflemektedir. Amaç fonksiyonunda hedef kısıtlarına eklenen sapma değişkenlerinin toplamının en küçük olması amaçlanmaktadır. [5]

KKP çalışma kapsamında projelerin bitiş zamanını ele alarak projenin toplam tamamlanma süresini en küçükleme ve bunu insan kaynağını verimli ve etkin şekilde kullanılmasını hedef olarak uygulamaktadır. [1]

KKP için belirtilen kriterlerin/girdilerin tam, doğru ve eksiksiz girilmesi işletme için çıktılar/sonuçlar daha anlaşılır ve net bir proje planlaması çalışması oluşturmaktadır. [1]

Kaynak kapasitelerin değişkenlik göstermesi proje çizelgelemede KYPÇ, klasik KKPÇ olarak tanımlanmaktadır. [1]

Kurumsal kaynak planlaması bizlere en erken ve en geç başlama ve bitiş tarihlerini vermektedir. Bu projede kısıtlı kaynaklı olan adımlar bizler için kritik adım olarak tanımlanmaktadır. [1]

Belirsizlik altında proje riskleri veya risk durumları, proje yöneticisinin farklı değerlendirilmesine karşı alternatif çizelgeleri ortaya çıkarmaktadır. [1]

Proje tamamlanma süresinin zamanın en küçükleme hedef alınarak proje tamamlanma süresinin en küçükleme insan kaynağının en etkin şekilde kullanıldığını belirtilmektedir. [1]

KKP kullanan işletmelerde proje planlarının hazırlanması ve belirli modüller yardımıyla projenin uyarlanması sürecinde yardımcı olmaktadır. [1]

Çok amaçlı kurumsal kaynak planlaması uyarlama projelerinin insan kaynağı kısıtı belirsizlik altında çizelgeme yapılması proje yöneticisinin belirli riskler doğrultusunda projeye ait girdilerin karar değişkenleri belirlenerek belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Belirli faktörler ele alınması ve değerlendirilmesi durumunda insan kapasitesinin en etkin olmasını hedeflemektedir.

Elektrikli araçla periyodik teknisyen rotalama ve istasyon yeri seçim probleminde karma tam sayılı programlama ile problemlerin çözümü için değişkenler belirli karşılaştırma analizleri sezgisel yöntemin optimum çözümü bulabildiğini ve CPLEX çözücüsünden en faydalı sonuçlar çıktığı sonucuna varmaktadır.

Personel çizelgeme bir işletmenin istihdam ettiği personeller için zaman çizelgelerini yaratma süreci olarak belirtilmektedir. Coğrafi konumlar ele alınarak farklı zaman dilimlerinde farklı tecrübe gerektiren işlemler için çizelgeleme oldukça önemli rol oynamaktadır. [2]

Personel çizelgeme için işin tamamlanma zamanı, maliyeti, atanan personel sayısı için işin zaman süreci, gerekiyorsa takım oluşturma, dinlenme süreleri, kişinin yeterlilik ve becerileri dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. [2]

Havayolu şirketlerinde uçuş planları ve rotaları simülasyonu ile optimum yolun bulunması için çizelgeleme ile en uygun maliyetli güzergâhlı uçuş optimize edilmektedir. Arena programı kullanılmaktadır. Farklı modüllerde atama çalışması yaparak çıkan kaynak sonuçlarından en etkin sonucu veren replication bölümü seçilmektedir.

Organizasyon sektöründe personel çizelgeme problemi için 0-1 tam sayılı programlama kullanılarak modelin oluşturulması ve sonrasında belirli kısıtlar, parametreler ve değişkenler doğrultusunda personel yetkinlikleri göz önünde bulundurularak pozisyonlara atama sağlanmaktadır.

Organizasyon sektöründe personellerin yetkinlik ve becerilere istinaden organizasyon planlanması yapılmaktadır. Sistematiik olarak ele alınması planlama sürecinin personel memnuniyetini artmasını sağlamaktadır. Çünkü karar değişkenleri

sürekli kesikli hale dönüşmesi durumunda optimizasyon tekniklerinden 0-1 tam sayılı programlama modeli ele alındığı tespit edilmektedir. [10]

Sağlık sektöründe hemşire çizelgeme için 0-1 hedef programlama yöntemi ile çözüm geliştirilmektedir. Mevcut durum ve modeller doğrultusunda, özellikle istenilen talepler göz önünde bulundurularak hedefteki sapmalar minimize edilerek matematiksel olarak çizelgeleme yöntemi tercih edilmektedir.

Sağlık sektörü için çalışma saatlerinin sürekli değişmesi ve dengesiz iş yüklerinin önüne geçebilmek adına çizelgeme yöntemi kullanılmaktadır. Bu sebeple hemşireler arasında iş yükü dağılımı optimize edilerek sağlanmaktadır. [7]

Müşteri memnuniyetini maksimum seviyede tutabilmek amacıyla personel gereksinimlerinin belirli sistematik olarak hazırlanması gerekmektedir. [7]

Belirli kısıtlar doğrultusunda hizmet kalitesini ve verimlilik arttırabilmek için vardiya sistemlerini verimli çalışma saatleri hazırlanmaktadır, çizelgeme elde edilmektedir. [7]

Fiziki şartların tamamının doğru şekilde planlanarak kaliteli hizmetlerin sunulması için gerekli olan işlemler için doğru zamanda doğru kişi tarafından gerçekleştirilmesinde yarar sağlamaktadır. Çizelgeme yapılırken mutlaka hizmetin kalitesine ve verimliliği oldukça önemli yer almaktadır. [7]

Çizelgeme hedef programlama yöntemiyle vardiya düzensizliklerini ortadan kaldırmak amacıyla personel isteklerini ön plana alarak atama problemleri kullanılmaktadır. [7]

Havayolu işletmesi için ele alınması durumunda rotalama olaylarının yönetimi, ekip çizelgeme, uçak çizelgeleme ve uçuş çizelgeme olarak yer almaktadır. Rotalama, belli bir alandan belli bir alana en uygun yolu bulması olarak değerlendirilmektedir. Uygunluk kriterleri zaman ve yol uzunluğuna bağlı değişiklik göstermektedir. Havayolu işletmesinde mevsim şartları da oldukça etkilemektedir. Temel amaç belirli kısıtlar altında en küçükleyen zamanı kullanmaktadır. [6]

En küçükleyen zamanı bulabilmek için minimum maliyet ve maksimum verimlilik adı altında temel amaç fonksiyonu da rol oynamaktadır. Maksimum kar

dikkate alınarak çizelgeleme yapılmaktadır. Bu şekilde olması durumunda etkin rol sağlamış olacaktır. [6]

Sağlık sektöründe hemşire çizelgeme problemi için karar destek sistemi uygulaması kullanılarak karma tam sayılı programlama modeli oluşturulması ve sonrasında belirli kısıtlar, parametreler ve değişkenler doğrultusunda minimum maliyet ile maksimum verimliliği elde edebilmek adına optimize sonuca ulaşılmaktadır.

Yasal yükümlülükler dikkate alınarak optimizasyon yöntemini kullanarak uygun çözümü elde etmeyi amaçlamaktadır. [8]

Personel çizelgeleme yapılırken, kişi sayısı yapılan işe bağlı olarak kısıtlanmalıdır. Kişisel istekler ve izinler doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. [8]

Personel çizelgeme işlemi yapılırken hemşireler arasında dengeli ve adil dağılım yapılırken hastalar bakımından da maksimum memnuniyeti sağlamayı 0-1 tam sayılı matematiksel programlama modeli ele alınarak GAMS yardımıyla mevcut ve önerilen durumlar hakkında kriterler göz önünde bulundurularak çizelgeme yöntemi kullanılmaktadır.[12]

Performansların artırılması, mesailerin azaltılması ve maksimum faydayı sağlayabilecek şekilde çizelgeme hastane verimliliğini artırarak maliyetlerin düşmesinde etkin rol oynayacaktır. [12]

Vardiya planlaması, yüksek talep, yoğun işgücü kullanımı ve maliyet gibi nedenlere bağlı olarak en optimal seviyede tutularak maksimum etkinliği sağlamayı amaçlamaktadır. [3]

Hemşirelerin vardiyalarının eşit şekilde planlanması ve atanması için ILOG Cplex optimizasyonundan yararlanarak matematiksel modeller kullanılmaktadır. Gereksiz fazla mesaileri kaldırarak işgücü planlanmasının en iyi hizmeti sunmayı amaçlamaktadır. [14]

Sağlık sektöründe personel çizelgeme yöntemi ile nöbet çizelgeleme problemleri çözülmektedir. Sezgisel yöntemler veya matematiksel modeller kurularak çözümlere dayanmaktadır. [8]

Montaj sıralarında planlama sistemlerinin bir optimizasyon içerisinde oluşması montaj adımlarının planlanmasında yarar sağlamaktadır. Ağırlık kriterlerine ve alt montaj serbestlik derecesi kriterlerine göre optimizasyon yapılmaktadır. Optimizasyon kriterlerinden ikisi de montaj sırasındaki planlamanın optimizasyonunu sağlamaktadır.

Montaj sırasında planlama sistemlerinin ağırlık kriterlerine göre ele alınmasında süreyi kısaltmak ve işlemi kolaylaştırmak için ağırlığı yüksek parçadan ağırlığı düşük parçaya doğru montajın yapılması gerektiği belirtilmektedir. [9]

Montaj sırasında planlama sistemlerinin alt montaj serbestlik derecesi kriterlerine göre ele alınmasında parçaları bir arada tutabilmenin daha kolay olduğu belirtilmektedir. [9]

Konaklama işletmelerinde optimal vardiya sistemlerini geliştirmek amacıyla doğru işgücü planlaması, yüksek verimlilik sağlamaktadır. [3]

Turizm sektöründe konaklama işletmelerinde doğru işgücü planlaması vardiya çizelgemi yapabilmek için otel işletmelerinin amaç fonksiyonu ve model kısıtları çerçevesinde WINQSB paket programında belirli kısıtlar ve veriler veri tabanına aktararak çözüme ulaşılmaktadır. Maliyet ve verimlilik doğrudan olumlu olarak etkilenmektedir.

Talebe karşılık verecek şekilde işletmelerin uygun işgücü planları doğrultusunda personel gereksinimleri değişiklik göstermektedir. İşgücü planlaması, işletmeler açısından verimliliği, buna bağlı olarak kar oranını etkilemektedir. Verimliliğin artırılmasında işgücünü ideal sayıda ve pozisyonda tayin edilmesi gerekmektedir. [3]

Proje planlamasında kritik yollar ele alınarak genetik algoritma tabanlı projenin zaman maliyet analizi ele alınmaktadır. Öncüllük ve ardılık ilişkileri göz önünde bulundurularak proje planlama ve çizelgelemede kritik yolların ve kritik faaliyetlerin proje tamamlanma süresini oluşturmaktadır.

Genetik algoritmada optimize edilmiş bir zaman çizelgesi oluşturularak tüm kısıtların sağlandığı sınav programı oluşturulmaktadır. Bu durumda daha az sınıf ve gözetmen yer alması ve çakışan sınavların olmaması gibi durumlar sağlanmaktadır. [15]

Eğitim sektöründe sınav çizelgeme genetik algoritma oluşturularak problemin belirli kısıtlar çerçevesinde çözülmesini sağlamaktadır. Program C# dilinde yazılarak veri tabanından yararlanılmaktadır.

Proje çizelgelemede matematiksel modeller oluşturularak optimizasyon işlemi gerektiren konularda en iyi çözüm amaçlanmaktadır. Project Management Institute (PMI) kitabına göre projelerin kesin başlangıç ve kesin bitiş tarihleri olmak zorundadır. Projelerde planlama çalışması zaman, maliyet ve performans sınırları içerisinde olmak üzere tüm projeyi kapsamaktadır. Bu adımların hesaplanan matematiksel modeller ile aynı sürede ve istenilen ölçüt de tamamlanması projenin başarılı bir proje olduğunu göstermektedir. [13]

Gantt şemaları ile projelerin hangi aşamadan nasıl yol aldıklarını, zaman içerisinde ilerleyişini ve düzeltilmesi gerektiği noktalarda önlem alınmasını işin adımlarındaki faaliyetlerin gösterilmesini sağlamaktadır. [13]

Çizelgeleme, firmaların karar verme işlemlerine yol göstermede ışık tutmaktadır. Zaman ekseninde gösterebilmek için gantt diyagramlarından faydalanılmaktadır. Herhangi bir süreçte üretim aşamasındaki her işlemin üretim merkezlerinde ne kadar süre harcadıklarını, üretim merkezleri arasındaki rota ve hangi işlemin ne zaman işlem görmeye başladığı ve tamamlandığı incelenmektedir. [4]

Farklı sektörlerde gerçekleştirilen çizelgeleme, ekip planlama çalışmaları farklı yöntemler ile optimal sonuçlar verildiği görülmektedir. Amaç fonksiyonunda hedef kısıtlarına eklenen sapma değişkenlerinin toplamının en küçük olması amaçlanmaktadır. Gantt diyagramları ile zamana bağlı değişiklik gösteren faaliyetlerin zaman ekseninde gösterilmesi karar verme açısından önem arz etmektedir. Farklı yazılım sistemleri kullanılarak matematiksel modeller ile optimum verimi sağlayacak şekilde atamaları gerçekleştirilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

MUAYENE KURULUŞU

2.1. Muayene Kuruluşu

İş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamında TS EN ISO/IEC 17020:2012 ve TS EN ISO/IEC 17025:2017 standartlarına bağlı olarak TÜRKAK'dan akredite A tipi bağımsız muayene kuruluşu olan Moda Enerji Mühendislik Hizmetleri Dış Tic. Ltd. Şti. güvenli çalışma ortamında olmanız için yıllık periyodik ölçüm, kontrol ve muayene hizmetlerini kalite parametrelerine uygun olarak gerçekleştiren raporlama faaliyetini gerçekleştirmektedir.

Sektöründe pazar liderliği ile önde olan Moda Enerji firması hizmet kalemlerinin fazla olması ve talepleri tam kapsamla karşılayabilmesi durumundan kaynaklı müşteri memnuniyet seviyesinin yüksek olduğu, hızlı reaksiyon alabilen ve güçlü saha ekibi ile sektördeki tehditleri geride bırakarak sunulan hizmetlerin yasal zorunluluk olması fırsatından yararlanarak uluslararası geçerliliği olan periyodik kontrol hizmetini sağlamaktadır.

Muayene kuruluşu içerisinde yer alan üç ölçüm parametresi olan elektrik, makine ve laboratuvar ölçümleri olmak üzere tüm parametreleri kapsamaktadır. Bu sebeple müşterilerimizin gelen tüm talepleri karşılayabilmekteyiz.

Ölçüm süreleri TS EN ISO/IEC 17020:2012 ve TS EN ISO/IEC 17025:2017 standartlarına bağlı olarak belirlenmiştir ve standartlara bağlı olarak uygulanmaktadır. Aynı zamanda standartların belirlemiş olduğu zorunlu meslek koşulunda göz önünde bulundurularak saha ekip planlanması yapılmaktadır. Saha ölçüm çalışmaları haftanın beş iş günü olarak günlük azami 7 saat, maksimum 8 saat olmak üzere 420-480 dakika olarak şirket politikası olarak belirlenmiştir.

Kısıtlar; ölçüm süresi, ölçüm parametresi, meslek koşulu ve ölçüm departmanı yer almaktadır.

Elektriksel ve mekanik ölçüm ve muayenelerin yıllık periyodik olarak tekrarlanması ile ilgili İş ekipmanlarının Kullanımında sağlık ve güvenlik şartları yönetmeliği referans alınmaktadır.

Laboratuvar ölçümleri ile ilgili olarak da İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analiz Laboratuvarları Hakkında Yönetmelik kapsamında aşağıda belirtilen hükümler dahilinde periyotlar belirlenerek çalışmalar gerçekleştirilir.

İş ekipmanlarının kullanımında sağlık ve güvenlik şartları yönetmeliği kapsamında yapılması zorunlu kılınan elektrik ve makine kapsamındaki ölçümler ve muayeneler her yıl yapılmaktadır.

İş hijyeni ölçüm, test ve analiz laboratuvarları hakkında yönetmelik kapsamında yapılması zorunlu kılınan laboratuvar kapsamında ölçümler 4 yılda bir olarak yapılmaktadır.

Tesis içerisinde herhangi bir değişiklik yapılması durumunda periyodik kontrollerin tekrarlanması gerekmektedir. Periyodik kontrolleri gerçekleştirirken elektrik ölçümleri için kullanılan termal kamera, çok fonksiyonlu iç tesisat cihazı, yangın algılama dedektörü test cihazı, duman dedektörü test cihazı, makine ölçümleri için kullanılan şerit metre, lazer metre, anemometre, kumpas, manometre, laboratuvar ölçümleri için kullanılan termal konfor cihazı, lüks metre, dozimetre, ses seviyesi ölçer, toz örnekleme pompası, anlık gaz pompası, titreşim seviyesi ölçümü ve elektromanyetik alan ölçüm cihazları TÜRKAK'dan akredite kalibrasyon firmalarından kalibre edilerek periyodik kontroller gerçekleştirilmektedir. Akredite bağımsız firmalardan gerçekleştirildiği için ölçüm kısıtlarının doğru olduğu kabul edilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MUAYENE KURULUŞU EKİP PLANLAMA
TEMEL KAVRAMLAR VE TANIMLAR

3.1. Muayene Kuruluşu Ekip Planlama Temle Kavramlar ve Tanımlar

Muayene kuruluşu için müşterilerimizin iş sağlığı ve güvenliği uzmanı tarafından gelen talepler planlama departmanına iletilerek planlama departmanında ölçüm parametreleri elektrik, makine ve laboratuvar ölçümleri olmak üzere üç ayrı departmana ayrılmaktadır. Moda Enerji firmasında elektrik periyodik kontrollerini gerçekleştirebilmek adına dört elektrik mühendisi, makine periyodik kontrollerini gerçekleştirebilmek adına dört makine mühendisi ve laboratuvar periyodik kontrollerini gerçekleştirebilmek adına iki kimya mühendisi görev almaktadır.

Gelen talepler, şirket bünyesinde çalışan mühendislerimize iş emri adı altında mühendislerimize mail yolu ile iletilmektedir. İş emrine ait format tablo 1.'de aşağıda yer almaktadır.

Tablo 1. İş Emri

Firma Adı	Firma 1
Firma Adresi	 ÜMRANİYE/ İSTANBUL
Firma Yetkilisinin Adı Soyadı	Asel ÜZÜM
Firma Yetkilisinin İletişim Bilgisi (GSM)	05** *** ** **
Yapılacak Ölçüm Adetleri	Topraklama Direnci Ölçümü – 34 Adet Artık Akım Devre Kesici Testi (Açma Akımı ve Açma Zamanı) – 4 Adet Elektrik Panosu Kontrolleri – 3 Adet

	Termografik Muayene – 32 Adet Katodik Koruma Ölçümü – 1 Adet Jeneratör Ölçümü – 2 Adet Elektrik Ekipman Testi (PAT Testi) – 12 Adet
Teklif No	TK.PK.22.00001
Ölçümü Gerçekleştirecek Mühendis	Elektrik Mühendisi 1

Çalışma süresi 4857 sayılı İş Kanunu Madde 63'e göre haftada en çok 45 saat olarak belirlenmiştir. Moda Enerji firmasında çalışma günleri pazartesi, salı, çarşamba, perşembe ve cuma olarak belirlenmiştir. [19]

Firmamızda yer alan ölçümlerin içeriğinin elektrik, makine ve laboratuvar alanları olarak ayrılarak ölçüm parametrelere istinaden ilgili kısıtlar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

Tablo 2. Ölçüm Parametrelerinin Belirlenmesi ve Kısıtların Oluşturulması

<u>Ölçüm</u> <u>Departmanı</u>	<u>Ölçüm</u> <u>Parametreleri</u>	<u>Ölçüm</u> <u>Süreleri</u> <u>(Dakika)</u>	<u>Kısıtlar</u>	<u>Meslek</u> <u>Koşulu</u>
<u>Laboratuvar</u>	Gürültü Seviyesi Ölçümü (Ortam)	Minimum 15 dk.	$x1 \geq 15$	Kimya Mühendisi
	Gürültü Seviyesi Ölçümü (Kişisel Maruziyet)	Minimum 30 dk.	$x2 \geq 30$	Kimya Mühendisi
	Aydınlatma Seviyesi Ölçümü	2 dk.	$x3 = 2$	Kimya Mühendisi

	Termal Konfor Seviyesi Ölçümü	Minimum 60 dk.	$x4 \geq 60$	Kimya Mühendisi
	Toz Seviyesi Ölçümü (Kişisel Maruziyet)	Minimum 120 dk.	$x5 \geq 120$	Kimya Mühendisi
	Toz Seviyesi Ölçümü (Ortam)	Minimum 15 dk.	$x6 \geq 15$	Kimya Mühendisi
	Anlık Gaz Ölçümü	2 dk.	$x7 = 2$	Kimya Mühendisi
	Dedektör Tüp Gaz Ölçümü	5 dk.	$x8 = 5$	Kimya Mühendisi
	Titreşim Seviyesi Ölçümü (El-Kol Maruziyeti)	Minimum 1 dk.	$x9 \geq 1$	Kimya Mühendisi
	Titreşim Seviyesi Ölçümü (Tüm Vücut Maruziyeti)	Minimum 9 dk.	$x10 \geq 9$	Kimya Mühendisi
	Elektromanyetik Alan	Minimum 6 dk.	$x11 \geq 6$	Kimya Mühendisi
<u>Elektrik</u>	Topraklama Direnci Ölçümü	6 dk.	$x12 = 6$	Elektrik Mühendisi
	Artık Akım Devre Kesici Testi (Açma Akımı ve Açma Zamanı)	2 dk.	$x13 = 2$	Elektrik Mühendisi

	Yıldırımdan Korunma Sistemlerinin Kontrolleri	45 dk.	x14=45	Elektrik Mühendisi
	Elektrik Panosu Kontrolleri	5 dk.	x15=5	Elektrik Mühendisi
	Termografik Muayene	3 dk.	x16=3	Elektrik Mühendisi
	Katodik Koruma Ölçümü	30 dk.	x17=30	Elektrik Mühendisi
	Jeneratör Ölçümü	45 dk.	x18=45	Elektrik Mühendisi
	Elektrik Ekipman Testi (PAT Testi)	3 dk.	x19=3	Elektrik Mühendisi
	Yangın Algılama Sistemi	60 dk.	x20=60	Elektrik Mühendisi
<u>Makine</u>	Yangın Tesisatı Sistemi	60 dk.	x21=60	Makine Mühendisi
	Boylar	90 dk.	x22=90	Makine Mühendisi
	Kazan	60 dk.	x23=60	Makine Mühendisi
	Kompresör	60 dk.	x24=60	Makine Mühendisi
	Hidrofor	60 dk.	x25=60	Makine Mühendisi
	Genleşme Tankı	60 dk.	x26=60	Makine Mühendisi

	Basınçlı Kaplar	60 dk.	$x_{27}=60$	Makine Mühendisi
	Otoklav	60 dk.	$x_{28}=60$	Makine Mühendisi
	Sanayi Gazı Depolama Tankları	45-90 dk.	$90 \geq x_{29} \geq 45$	Makine Mühendisi
	Vinç	60 dk.	$x_{30}=60$	Makine Mühendisi
	Platform	45 dk.	$x_{31}=45$	Makine Mühendisi
	Transpalet	45 dk.	$x_{32}=45$	Makine Mühendisi
	Araç Kaldırma Lifti	30 dk.	$x_{33}=30$	Makine Mühendisi
	Forklift	45 dk.	$x_{34}=45$	Makine Mühendisi
	Caraskal	45 dk.	$x_{35}=45$	Makine Mühendisi
	Mobil Vinç	60 dk.	$x_{36}=60$	Makine Mühendisi
	Buhar Jeneratörü	60 dk.	$x_{37}=60$	Makine Mühendisi
	Rampa	20-30 dk.	$30 \geq x_{38} \geq 20$	Makine Mühendisi
	Havalandırma ve Klima Tesisatı	60-180 dk.	$180 \geq x_{39} \geq 60$	Makine Mühendisi

	Yürüyen Merdiven/Bant	60-120 dk.	$120 \geq x \geq 40$	Makine Mühendisi
	Makine ve Tezgâh	15-25 dk.	$25 \geq x \geq 15$	Makine Mühendisi
	Sabit İniş Mahalline Hizmet Veren Kaldırma Ekipmanları	30-60 dk.	$60 \geq x \geq 30$	Makine Mühendisi

Tablo 2’de ölçüm parametrelerinin belirlenmesi ve kısıtların oluşturulmasında fayda sağlamaktadır ve planlama çalışmasında önemli rol oynamaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MUAYENE KURULUŞU EKİP ROTASYONU OLUŞTURMA

4.1.Muayene Kuruluşu Ekip Rotasyonu Oluşturma

Planlama departmanına gelen 80 adet firma talebinin elektrik, makine ve ortam olmak üzere, 32 adet elektrik talebi, 32 adet makine talebi ve 16 adet laboratuvar talebi olarak ayrılmaktadır.

Her mühendis için rotasyon oluşturulan ölçüm parametreleri aşağıdaki gibi yer almaktadır.

Tablo 3. Elektrik Mühendisi 1 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Topraklama Direnci Ölçümü	6	34	204
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Artık Akım Devre Kesici Testi (Açma Akımı ve Açma Zamanı)	2	4	8
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Yıldırımdan Korunma Sistemlerinin Kontrolleri	45	0	0

Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Elektrik Panosu Kontrolleri	5	3	15
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Termografik Muayene	3	32	96
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Katodik Koruma Ölçümü	30	1	30
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Jeneratör Ölçümü	45	2	90
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Elektrik Ekipman Testi (PAT Testi)	3	12	36
Elektrik Mühendisi 1	Firma 1	Yangın Algılama Sistemi	60	0	0
Genel Toplam					479

Tablo 4. Elektrik Mühendisi 2 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Topraklama Direnci Ölçümü	6	28	168

Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Artık Akım Devre Kesici Testi (Açma Akımı ve Açma Zamanı)	2	3	6
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Yıldırımdan Korunma Sistemlerinin Kontrolleri	45	1	45
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Elektrik Panosu Kontrolleri	5	3	15
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Termografik Muayene	3	0	0
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Katodik Koruma Ölçümü	30	0	0
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Jeneratör Ölçümü	45	2	90
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Elektrik Ekipman Testi (PAT Testi)	3	48	144
Elektrik Mühendisi 2	Firma 9	Yangın Algılama Sistemi	60	0	0
Genel Toplam					468

Tablo 5. Elektrik Mühendisi 3 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Topraklama Direnci Ölçümü	6	25	150
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Artık Akım Devre Kesici Testi (Açma Akımı ve Açma Zamanı)	2	17	34
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Yıldırımdan Korunma Sistemlerinin Kontrolleri	45	4	180
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Elektrik Panosu Kontrolleri	5	11	55
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Termografik Muayene	3	16	48
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Katodik Koruma Ölçümü	30	0	0
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Jeneratör Ölçümü	45	0	0

Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Elektrik Ekipman Testi (PAT Testi)	3	0	0
Elektrik Mühendisi 3	Firma 17	Yangın Algılama Sistemi	60	0	0
Genel Toplam					467

Tablo 6. Elektrik Mühendisi 4 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Topraklama Direnci Ölçümü	6	0	0
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Artık Akım Devre Kesici Testi (Açma Akımı ve Açma Zamanı)	2	0	0
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Yıldırımdan Korunma Sistemlerinin Kontrolleri	45	4	180

Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Elektrik Panosu Kontrolleri	5	0	0
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Termografik Muayene	3	0	0
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Katodik Koruma Ölçümü	30	2	60
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Jeneratör Ölçümü	45	4	180
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Elektrik Ekipman Testi (PAT Testi)	3	0	0
Elektrik Mühendisi 4	Firma 25	Yangın Algılama Sistemi	60	0	0
Genel Toplam					420

Tablo 7. Makine Mühendisi 1 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Yangın Tesisatı Sistemi	60	1	60

Makine Mühendisi 1	Firma 33	Boyer	90	2	180
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Kazan	60	2	120
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Kompresör	60	1	60
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Hidrofor	60	1	60
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Genleşme Tankı	60	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Basınçlı Kaplar	60	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Otoklav	60	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Sanayi Gazı Depolama Tankları	90	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Vinç	60	0	0

Makine Mühendisi 1	Firma 33	Platform	45	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Transpalet	45	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Araç Kaldırma Lifti	30	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Forklift	45	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Caraskal	45	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Mobil Vinç	60	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Buhar Jeneratörü	60	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Rampa	30	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Havalandırma ve Klima Tesisatı	180	0	0

Makine Mühendisi 1	Firma 33	Yürüyen Merdiven/Bant	120	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Makine ve Tezgah	25	0	0
Makine Mühendisi 1	Firma 33	Sabit İniş Mahalline Hizmet Veren Kaldırma Ekipmanları	60	0	0
Genel Toplam					480

Tablo 8. Makine Mühendisi 2 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Yangın Tesisatı Sistemi	60	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Boylar	90	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Kazan	60	1	60
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Kompresör	60	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Hidrofor	60	2	120

Makine Mühendisi 2	Firma 41	Genleşme Tankı	60	2	120
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Basınçlı Kaplar	60	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Otoklav	60	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Sanayi Gazı Depolama Tankları	90	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Vinç	60	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Platform	45	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Transpalet	45	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Araç Kaldırma Lifti	30	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Forklift	45	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Caraskal	45	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Mobil Vinç	60	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Buhar Jeneratörü	60	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Rampa	30	0	0

Makine Mühendisi 2	Firma 41	Havalandırma ve Klima Tesisatı	180	1	180
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Yürüyen Merdiven/Bant	120	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Makine ve Tezgah	25	0	0
Makine Mühendisi 2	Firma 41	Sabit İniş Mahalline Hizmet Veren Kaldırma Ekipmanları	60	0	0
Genel Toplam					480

Tablo 9. Makine Mühendisi 3 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Yangın Tesisatı Sistemi	60	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Boylar	90	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Kazan	60	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Kompresör	60	0	0

Makine Mühendisi 3	Firma 49	Hidrofor	60	1	60
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Genleşme Tankı	60	1	60
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Basınçlı Kaplar	60	1	60
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Otoklav	60	1	60
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Sanayi Gazı Depolama Tankları	90	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Vinç	60	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Platform	45	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Transpalet	45	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Araç Kaldırma Lifti	30	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Forklift	45	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Caraskal	45	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Mobil Vinç	60	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Buhar Jeneratörü	60	0	0

Makine Mühendisi 3	Firma 49	Rampa	30	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Havalandırma ve Klima Tesisatı	180	1	180
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Yürüten Merdiven/Bant	120	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Makine ve Tezgah	25	0	0
Makine Mühendisi 3	Firma 49	Sabit İniş Mahalline Hizmet Veren Kaldırma Ekipmanları	60	0	0
Genel Toplam					420

Tablo 10. Makine Mühendisi 4 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Yangın Tesisatı Sistemi	60	1	60
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Boyer	90	1	90

Makine Mühendisi 4	Firma 57	Kazan	60	1	60
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Kompresör	60	1	60
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Hidrofor	60	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Genleşme Tankı	60	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Basıncılı Kaplar	60	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Otoklav	60	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Sanayi Gazı Depolama Tankları	90	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Vinç	60	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Platform	45	0	0

Makine Mühendisi 4	Firma 57	Transpalet	45	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Araç Kaldırma Lifti	30	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Forklift	45	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Caraskal	45	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Mobil Vinç	60	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Buhar Jeneratörü	60	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Rampa	30	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Havalandırma ve Klima Tesisatı	180	0	0
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Yürüyen Merdiven/Bant	120	0	0

Makine Mühendisi 4	Firma 57	Makine ve Tezgah	25	8	200
Makine Mühendisi 4	Firma 57	Sabit İniş Mahalline Hizmet Veren Kaldırma Ekipmanları	60	0	0
Genel Toplam					470

Tablo 11. Kimya Mühendisi 1 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Gürültü Seviyesi Ölçümü (Ortam)	15	2	30
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Gürültü Seviyesi Ölçümü (Kişisel Maruziyet)	30	5	150
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Aydınlatma Seviyesi Ölçümü	2	15	30
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Termal Konfor Seviyesi Ölçümü	60	2	120
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Toz Seviyesi Ölçümü (Kişisel Maruziyet)	120	1	120

Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Toz Seviyesi Ölçümü (Ortam)	15	2	30
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Anlık Gaz Ölçümü	2	0	0
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Dedektör Tüp Gaz Ölçümü	5	0	0
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Titreşim Seviyesi Ölçümü (El-Kol Maruziyeti)	1	0	0
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Titreşim Seviyesi Ölçümü (Tüm Vücut Maruziyeti)	9	0	0
Kimya Mühendisi 1	Firma 65	Elektromayetik Alan	6	0	0
Genel Toplam					480

Tablo 12. Kimya Mühendisi 2 İçin Örnek Ölçüm İçeriği

Mühendis	Firma Adı	Ölçüm İçeriği	Ölçüm Süresi (Dakika)	Adet Bilgisi	Toplam Ölçüm Süresi (Dakika)
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Gürültü Seviyesi Ölçümü (Ortam)	15	0	0

Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Gürültü Seviyesi Ölçümü (Kişisel Maruziyet)	30	0	0
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Aydınlatma Seviyesi Ölçümü	2	0	0
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Termal Konfor Seviyesi Ölçümü	60	1	60
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Toz Seviyesi Ölçümü (Kişisel Maruziyet)	120	3	360
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Toz Seviyesi Ölçümü (Ortam)	15	3	45
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Anlık Gaz Ölçümü	2	0	0
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Dedektör Tüp Gaz Ölçümü	5	0	0
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Titreşim Seviyesi Ölçümü (El- Kol Maruziyeti)	1	0	0
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Titreşim Seviyesi	9	0	0

		Ölçümü (Tüm Vücut Maruziyeti)			
Kimya Mühendisi 2	Firma 72	Elektromayetik Alan	6	0	0
Genel Toplam					465

80 adet gelen taleplerin, 4 elektrik mühendisi, 4 makine mühendisi ve 2 kimya mühendisi olmak üzere 10 saha mühendisimize ayrılarak toplamda 8 iş günü olarak planlama çalışması yapılmaktadır. Veriler yukarıdaki gibi verildikten sonra iş emrinin mail atılması ile mühendislerimize ulaşmaktadır ve ölçümler tamamlanmaktadır.

Her mühendis için rotasyon oluşturulan ölçüm parametreleri aşağıdaki gibi yer almaktadır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

MUAYENE KURULUŞU OPTİMİZASYONU

5.1. Muayene Kuruluşu Optimizasyonu

Çalışma süresi 4857 sayılı İş Kanunu Madde 63'e göre haftada en çok 45 saat olarak belirlenmiştir. [19] Moda Enerji firmasında çalışma günleri pazartesi, salı, çarşamba, perşembe ve cuma olarak belirlenen saha ölçüm çalışmaları haftanın beş iş günü olarak günlük azami 7 saat, maksimum 8 saat olmak üzere 420-480 dakika olarak şirket politikası olarak belirlenmiştir. Satış departmanından onaylanan talepler elektrik, makine ve laboratuvar olmak üzere planlama departmanına ulaşmaktadır. Ulaşan verilere istinaden gelen talepler, saha mühendislerine departmanları bazında aynı yetkinliklere sahip oldukları için rastgele atama yapılmaktadır. Bu atamanın sistematik olarak atanması için IBM Ilog Cplex'den yararlanarak talepleri ve ihtiyaçları en optimal sonucu vermektedir. [20]

Problemin çözümünde olması gereken kısıtlar incelenerek zorunlu kısıtların, esnekliğin olmadığı, kısıtlardan birinin sağlanmaması durumunda problemin çözülemeyeceğini belirtilen kısıtlardır.

Model, uygulama yapılan muayene kuruluşu yapısına bağlı olarak kısıtlarla ilgili gerekli düzenlemeler yapılarak yeniden yapılandırılmıştır ve çizelge uzunluğu 5 gün (1 hafta) varsayılmıştır. Modele ilişkin notasyon tanımlamaları aşağıda açıklanmıştır.

Matematiksel modelin günümüzdeki sorunları daha net yansıtabilmesi için kişi sayısı, ihtisaslar, müsaitlik durumu göz önünde bulundurularak bir muayene kuruluşu için gelen talepler doğrultusunda en verimli planlamayı yapabilmemiz adına IBM Ilog Cplex'i kullanarak matematiksel çözüme dayanarak atama sisteminin gerçekleştirilmesi için tasarlanmıştır. [20]

Bu tanımlanan doğrultuda planlamanın düzensiz olması, üst üste aynı kişinin atanması ve fazla mesai yapılmadan gelen talebi belirlenen mühendislerin belirli kapasite ve sınırlar içerisinde ayrıntılı olarak belirtilmek zorundadır.

Planlamalar, iş sağlığı ve güvenliği uzmanının belirlediği adetler doğrultusunda bir mühendisin gerçekleştirebileceği ölçümlere istinaden müşterin taleplerinin gerçekleştirerek optimal bir atama sistemi içerisinde gerçekleştirilmektedir.

Gelen talepler, mühendislerimize planlama departmanı aracılığıyla atanarak müşterin tesisine ulaşarak çalışmaların gerçekleştirilmesi ve tüm ihtiyaçları karşılamak yönündedir.

Müşteri ihtiyaçlarına istinaden iş sağlığı ve güvenliği uzmanından gelen talepleri karşılama durumunda gelen ölçümlerin değişmesi durumunda en geç bir hafta öncesinde bilgilendirme yapmak zorundadır. Çünkü ölçümler bir haftalık olarak sisteme yüklendiği için herhangi bir değişiklik yapılamamaktadır.

Mühendislerin, saha çalışmaları gerçekleştirilmesi ve dengeli olarak ofis de rapor yazımında destek sağlamaları optimal sonucu verebilmek için gelen ani talepleri sisteme yüklendiği için en erken bir hafta sonraya programa alınabilmektedir.

5.2.Varsayımlar

Müşterilerin talep ve ihtiyaçları, iş sağlığı ve güvenliği uzmanı tarafından gelmektedir.

Müşterilerin bulunduğu konum, mühendislerimize eşit mesafede olduğu kabul edilmektedir.

5.3.Notasyonlar

5.3.1. İndisler

gundegrupsay =3

gunkisigrupsay =2

w: Günler w=Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma

J: İhtisaslar j=Elektrik, Makine, Kimya, Raportör

S: İş Grubu s=1,2,3

P: Kişiler p=E1, E2, E3, E4, E5, M1, M2, M3, M4, M5, K1, K2, K3 K4

Kişi İhtisas:

{<"E1" {"Elektrik", "Raportör"}> <"E2" {"Elektrik", "Raportör"}> <"E3" {"Elektrik", "Raportör"}> <"E4" {"Elektrik", "Raportör"}> <"E5" {"Elektrik", "Raportör"}> <"M1" {"Makine", "Raportör"}> <"M2" {"Makine", "Raportör"}> <"M3" {"Makine", "Raportör"}> <"M4" {"Makine", "Raportör"}> <"M5" {"Makine", "Raportör"}> <"K1" {"Kimya", "Raportör"}> <"K2" {"Kimya", "Raportör"}> <"K3" {"Kimya", "Raportör"}> <"K4" {"Kimya", "Raportör"}>}

Müsait olmama durumu: {<"E1" "Pazartesi">}

Planlama: R_{wsj} planlama içeriği w günleri s is grubu j ihtisaslara göre değerlerin verilmesi

Tablo 13. Planlama İçeriği (Günler/İş Grubu/ İhtisaslar/ Değer)

Günler (Boyut 5)	İş Grubu (Boyut 3)	İhtisaslar (Boyut 4)	Değer
Pazartesi	1	Elektrik	2
Pazartesi	1	Makine	1
Pazartesi	1	Kimya	2
Pazartesi	1	Raportör	1
Pazartesi	2	Elektrik	2
Pazartesi	2	Makine	2
Pazartesi	2	Kimya	1
Pazartesi	2	Raportör	1
Pazartesi	3	Elektrik	2
Pazartesi	3	Makine	2
Pazartesi	3	Kimya	1
Pazartesi	3	Raportör	1
Salı	1	Elektrik	2
Salı	1	Makine	3

Salı	1	Kimya	1
Salı	1	Raportör	1
Salı	2	Elektrik	3
Salı	2	Makine	2
Salı	2	Kimya	2
Salı	2	Raportör	1
Salı	3	Elektrik	2
Salı	3	Makine	1
Salı	3	Kimya	1
Salı	3	Raportör	1
Çarşamba	1	Elektrik	3
Çarşamba	1	Makine	2
Çarşamba	1	Kimya	1
Çarşamba	1	Raportör	1
Çarşamba	2	Elektrik	3
Çarşamba	2	Makine	2
Çarşamba	2	Kimya	1
Çarşamba	2	Raportör	1
Çarşamba	3	Elektrik	2
Çarşamba	3	Makine	2
Çarşamba	3	Kimya	1
Çarşamba	3	Raportör	1
Perşembe	1	Elektrik	2
Perşembe	1	Makine	3

Perşembe	1	Kimya	2
Perşembe	1	Raportör	1
Perşembe	2	Elektrik	2
Perşembe	2	Makine	2
Perşembe	2	Kimya	1
Perşembe	2	Raportör	1
Perşembe	3	Elektrik	2
Perşembe	3	Makine	2
Perşembe	3	Kimya	1
Perşembe	3	Raportör	1
Cuma	1	Elektrik	3
Cuma	1	Makine	1
Cuma	1	Kimya	1
Cuma	1	Raportör	1
Cuma	2	Elektrik	2
Cuma	2	Makine	2
Cuma	2	Kimya	1
Cuma	2	Raportör	2
Cuma	3	Elektrik	2
Cuma	3	Makine	2
Cuma	3	Kimya	2
Cuma	3	Raportör	1

5.3.2. Karar Değişkenleri

X_{wspj} = w. Günde s iş grubuna p kişinin j ihtisasının atama yapılması

Atama [gunler][isgrubu][kisiler][ihtisaslar]

Y_{wsj} = w. Günde s iş grubuna j ihtisasının atanamamış vasıflı işçi sayısı

Atanamama[gunler][isgrubu][ihtisaslar]

P_{min} = Atanan minimum görev sayısı (Dengeli dağıtım için)

$$P_{min} = \sum_{w=1}^5 card(gunler) * gunkisigrupsay$$

P_{max} = Atanan maksimum görev sayısı (dengeli dağıtım için)

$$P_{max} = \sum_{w=1}^5 card(gunler) * gunkisigrupsay$$

B_{wsp} = w. Günde s iş grubuna p kişinin atanarak bir görevde çalışmaya başlaması

basla[gunler][isgrubu][kisiler]

T = w. Günde s grubuna göre müsait olan bir p kişisi

Personel[gunler][isgrubu] in 0..card(kişiler)

M_{wsp} = w. Günde s iş grubuna göre p kişilerinden bir görevde bir kişinin müsait olup olmadığının göstergesi

musaitlik[gunler][isgrubu][kisiler]

H_{wspj} = w. Günde s iş grubuna p kişinin j ihtisasının toplam atanamayan gruptaki ihtisas sayısı (planlanamayan görevler)

Top_Atanamama = sum(w in gunler, s in isgrubu, j in ihtisaslar)
atanamama[w][s][j];

5.3.3. Model

P_{min} = Atanan minimum görev sayısı (Dengeli dağıtım için)

P_{max} = Atanan maksimum görev sayısı (dengeli dağıtım için)

H_{wspj} = w. Günde s iş grubuna p kişinin j ihtisasının toplam atanamayan gruptaki ihtisas sayısı (planlanamayan görevler)

Top_Atanamama = sum(w in gunler, s in isgrubu, j in ihtisaslar)
 atanamama[w][s][j];

Ceza= w günde bir kişi için birplanlanan bir firmanın yapılamayan görevlendirmeleri için ceza verilmesi

$$C_{wg} = \text{card}(\text{gunler}) * \text{gunkisigrupsay}$$

5.3.4. Amaç Fonksiyonu

Önce ceza almamak için atama yapmalı sonra dengeye bakmalı

$F_{\min}$ = Önce ceza almamak için atama yapılmalıdır ve sonra dengeye bakılmalıdır.

$$F_{\min} = \text{Top_Atanamama} * \text{Ceza} + (P_{\max} - P_{\min})$$

$$F_{\min} = \sum (B_{wsj} C_{wg}) \quad \sum (P_{\max} - P_{\min})$$

5.3.5. Kısıtlar

$$\sum P_{ws} = \sum s - \text{gunkisigrupsay} + 1 \leq s \quad (1)$$

$$\sum P_{ws} = \sum M_{wsj} \quad (2)$$

$$\sum X_{wspj} \leq \sum P_{ws} \quad (3)$$

$$\sum M_{wsp} \leq \sum B_{wkp} \quad (4)$$

$$1 - \sum B_{wsp} \leq \sum B_{wkp} \quad (5)$$

$$\sum X_{wspj} = \sum M_{wsp} \quad (6)$$

$$\sum X_{wspj} + \sum Y_{wsj} \geq \sum R_{wsj} \quad (7)$$

$$\sum X_{ws(tp)k} = 0 \quad (8)$$

$$\sum X_{wspj} = \text{gunkisigrupsay} \quad (9)$$

$$\sum X_{wspj} = 0 \quad (10)$$

$$\sum X_{wspj} \leq 1 \quad (11)$$

$$\sum X_{w1pk} \leq 1 - \sum X_{(w-1)gundegrupsay} \quad (12)$$

$$\sum X_{wspj} \geq 1 \quad (13)$$

$$\sum X_{wspj} \geq P_{max} \quad (14)$$

IBM Ilog Cplex matematiksel modele göre mühendislerin ataması talepleri ve ihtiyaçları karşılamaktır. [20] Kısıt (1), bir vardiyadaki mevcut personel sayısı önceki "gunkisigrupsay" vardiyalarında işe başlayan personel sayısının toplamına eşittir. Kısıt (2), bir vardiyadaki personel sayısı mevcut toplam kişi sayısına eşittir. Kısıt (3), bir vardiyada çalışan toplam kişi sayısına, vardiyadaki personel sayısından küçüktür veya eşittir. Kısıt (4), bir kişi k vardiyasında başlarsa, sonraki gunkisigrupsay vardiyalarında müsait olacaktır. Kısıt (5), bir kişi başlamışsa, sonraki gunkisigrupsay vardiyalarının hiçbirinde tekrar "başlayamaz". Kısıt (6), Bir kişi müsaitse, ona bir iş atanmalıdır. Kısıt (7), her vardiyada atanan kişi sayısı ve atanamayan kişini sayının toplamı, planlanan kişi sayısının toplamından büyüktür veya eşittir. Kısıt (8), her vardiyada atanan kişi sayısı ihtisasını içermiyorsa sifıra eşittir. Kısıt (9), herkes 8 saatten fazla çalışmamalıdır, bu durumda 2 vardiya çalışmalıdır. Kısıt (10), müsait olmayan kişi o gün atanamaz. Kısıt (11), her kişi her vardiyada yalnızca bir görev alabilir. Kısıt (12), bir kişi gece vardiyasındaysa ertesi gün vardiyada sabaha atanamaz. Kısıt (13), her vardiyada en az bir elektrik, bir makine, bir kimya ve bir raportör bulunur. Kısıt (14), bir kişinin iş yükü pmin ve pmax ile sınırlıdır.

5.3.6. Modelin Uygulanması

Adım 1: Bir muayene kuruluşu için IBM Ilog Cplex'e modeli formülü edilmesi.

Adım 2: Amaç fonksiyonu ve kısıtların belirlenmesi

Adım 3: Modelde atanmayan personel kalmaması için uzlaşan çözümün elde edilmesi

Adım 4: Optimal çözüm elde edilmesi

5.3.7. Modelin Sonucu

Oluşturulan modelin etkinliği ve geçerliliği, gerçek durumların modele olabildiğince olduğu kadar doğru şekilde yansıtılmasına bağlı olarak gözükmektedir.

Modelin girdisi personel, müsaitlik durumu, günler ve ihtiyaçlar ele alınarak IBM Ilog Cplex ile çözümü ile mühendislerin atama çizelgesi oluşturulmuştur. Modelin planlama ve atama çalışmalarını iş süreçlerinin etkinliği ve etkililiği kontrol edilerek stratejik fonksiyonlar ile notasyonlar, kısıtlar ve karar değişkenlerini ele alarak atanamayan bir kişinin kalmaması ve minimum ceza alınarak ilerlenmektedir.

Veri dosyasındaki verilere istinaden modelin kısıtlar, değişkenler ve parametreler ile modellerin IBM Ilog Cplex çözümü ile amaç fonksiyonunda ceza almamak adına toplam atanamama, ceza, atanan minimum görev sayısı ve atanan maksimum görev sayısı ile sonuçlandırılmaktadır.

Toplam atanamama sonucunda ceza atanacağı için toplam atanamamanın sıfır olması amaçlanmaktadır. Bir kişiye atanan maksimum görev sayısı ile bir kişiye atanan minimum görev sayısı arasındaki fark alınarak toplam atanamam ve cezanın çarpımı ile bu farkın çarpılması sonucunda amaç fonksiyonunun minimum sonucu vermektedir.

Tablo 14. Personelin Atanan Görevleri

Personeller	Toplam Değer / Atanan Görevler
E1	8
E2	8
E3	8
E4	8
E5	10
K1	8
K2	9
K3	9
K4	8
M1	8
M2	8
M3	10

M4	8
M5	8
Genel Toplam	118

Tablo 14’de yer alan bir personelin maksimum görev sayısı 10 ve bir personelin minimum görev sayısı 8 olarak hesaplanmıştır. Toplam atanamama tablo 15’de yer almaktadır.

Tablo 15. Toplam Atanamama Değerleri

Günler	Toplam Değer
Pazartesi	0
Salı	0
Çarşamba	0
Perşembe	0
Cuma	0
Genel Toplam	0

Ceza değerini hesaplayabilmemiz için w günde bir kişi için bir planlanan bir firmanın yapılamayan görevlendirmeleri için ceza verilmesi olarak belirtilmektedir.

$$C_{wg} = \text{card}(\text{gunler}) * \text{gunkisigrupsay}$$

Bir kişi için planlana firma sayısı gunkisigrupsay 2 değerini almaktadır. Günler 5 gün olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple ceza 10 olarak hesaplanmaktadır.

$F_{\min}$, amaç fonksiyonunu hesaplayabilmek için, toplam atanamama (B_{wsj}) sıfır değerini almaktadır. Ceza değeri (C_{wg}), 10 değerini almaktadır. $P_{\max}$, bir personel için atanan maksimum görev, tablo 14’e göre 10 değerini almaktadır. $P_{\min}$, bir personel için atanan maksimum görev, tablo 14’e göre 8 değerini almaktadır.

Amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$F_{\min} = \sum (B_{wsj} C_{wg}) \quad \sum (P_{\max} - P_{\min})$$

Yukarıda elde edilen verilere istinaden amaç fonksiyonu 2 değerini vermektedir.

Karar vericinin etkin çözüme ulaşması atama çalışması gerçekleştirirken yönünün belirlenmesini sağlar ve optimal sonuca ulaşmasında yarar sağlar.

Ayrıca atama aşamasında, mühendislerin sayısını ihtiyaç doğrultusunda belirtilerek toplam atanamama durumunu sıfır olacak şekilde minimum amaç fonksiyonunu çözüme kavuşturarak optimal çözüme ulaşılmaktadır.

Modelin verileri, parametreleri, kısıtları, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve çözümleri ekte yer almaktadır.

Önerilen modelin temel avantajı karar veren kişinin optimal çözüm doğrultusunda sistematik çerçeveden modele bakarak atama işlemini gerçekleştirmedir. Atanamayan personelin kalmamasını amaçlamaktadır.

IBM Ilog Cplex matematiksel modelin çözüme ulaşması karar verme sürecini kolaylaştıran sistematik bir çerçeve sağlamaktadır.

Ele alınan çözüm yaklaşımı, karar vericinin atama işlemini sağlamasında kolaylık sağlamaktadır.

SONUÇ

İş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamında TS EN ISO/IEC 17020:2012 ve TS EN ISO/IEC 17025:2017 standartlarına bağlı olarak işletme büyüklüğü ve sektör farkı gözetmeden endüstriyel tesisler ve fabrikalardan, üretim atölyelerine; havalimanları, otoyol, tünel, konut ve benzeri farklı ölçeklerdeki şantiyelerden, şalt tesisleri ve üretim tesislerine; liman, depolama tesisleri ve lojistik merkezlerinden, raylı sistemler, metro ve benzeri ulaşım sistemlerine; ofis, rezidans ve konutlardan, alışveriş merkezine uzanan geniş bir yelpazede, deneyimli ekibi ile müşterilerinin taleplerine etkin bir biçimde cevap verebilmeyi ve duyduğu sorumluluk gereği müşterileri nezdinde güven duygusu yaratabilmeyi temel ilkesi olarak benimseyerek tüm faaliyetlerinin bağımsızlığını ve müşteri bilgilerinin gizliliğini kesin olarak taahhüt etmektedir. Elektrik ve makine departmanlarına ait ölçümlerin her yıl yapılması zorunluluğu esas kabul edilerek, laboratuvar departmanına ait ölçümler ise her 4 yılda bir tekrar edilmesi gerekmektedir. Ayrıca tesis içerisinde herhangi bir değişiklik veya doğal afet olması durumunda periyodik kontrollerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı pazar payının büyük ve yoğun olduğu bir segmenttedir. Bu maddelerin göz önünde bulundurularak da mühendislerin her gün 5 iş gününü de sahada geçirmesi mühendislerimizin için oldukça yoğun bir programa tabii kaldığı gözükmemektedir.

İş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamında gerçekleştirilen periyodik kontrollerin planlanmasında sahadaki elektrik, makine ve kimya mühendislerimizin, gelen taleplerin elektrik, mekanik ve laboratuvar olarak ayrılması durumunda kullanılan 5 gün saha çalışmalarında yoğun çalışma temposundan kaynaklı olarak mühendislerin işten çıkmaları oldukça fazla olduğu için mühendislerimizin işten ayrılmalarını engelleyebilmek adına IBM Ilog Cplex ile matematiksel model çalışması yapılarak mühendislerimizin atamaları düzenli olarak yapılmıştır. Önerilen model gelen talep ve ihtiyaçlar doğrultusunda dengelenmiştir ve atamalar daha düzenli yapılmıştır.

Önerilen modelin temel avantajı karar veren kişinin optimal çözüm doğrultusunda sistematik çerçeveden modele bakarak atama işlemini gerçekleştirmedir. Atanamayan personelin kalmamasını amaçlamaktadır.

Müşteri taleplerinin hızla artması, giderek artan taleplerin olmasıyla planlamanın modelin optimizasyonunu sağlayarak atama işleminde sorunsuz ilerlemeyi hedef almaktadır.

Bu tez çalışmasından bir muayene kuruluğu veya işlerin sabit geldiği bir kuruluş için mühendislerin veya çalışanların IBM Ilog Cplex'e istinaden performans kriterleri değerlendirilerek optimal çözüme ulaşmamızı sağlamaktadır. Farklı firmalar da çalışanları için bu tip performans kriterleri belirlenmesinde iyileştirme yapması durumunda bu tez çalışmasından faydalananarak en iyi çözüme ulaşmasını sağlamaktadır. Bu çalışma İstanbul ilinde bir muayene kuruluşunun vardiyalara iş gücünü dengeli dağıtarak mühendislerin memnuniyetini ve verimliliğinin artırılması hedef alınmıştır.

İleri aşamalarda, farklı performans kriterleri de ele alınarak 4 ihtisasın dışında diğeri ihtisas eklendiğı zaman bir muayene kuruluşu genelinde uygulama yapılabilir ve mühendislerin istekleri göz önüne alınarak çizelgeleme yapılabilir.

Müşteri taleplerinin hızla artması, giderek artan taleplerin olmasıyla planlamanın bir model üzerinden optimizasyonu sağlanarak atama işleminin yapılması firma için de ayrıca zaman kazandıracaktır ve etkin çözüm ile firmanın ilerlemesi ve büyümesi için önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] K. Subulan, “Çok Amaçlı Kurumsal Kaynak Planlaması Uyarlama Projelerinin İnsan Kaynağı Kısıtı ve Belirsizlik Altında Çizelgelenmesi.” *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 35, Sayı 3, ss. 1469-1485, 2020.
- [2] M. Erdem, “*Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi.*” *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, özel sayı, 2020
- [3] G. Manap Davras, “Konaklama İşletmelerinde Alternatif Vardiya Çizelgeleme Modeli.” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 19, Sayı 3, ss. 471-489, 2017
- [4] T. Kaçar ve M. O. Olgun, “Bir Metal Fabrikası İçin İş Çizelgeleme Yazılımı Hazırlanması.” *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi [BŞEÜ] Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1, ss. 421-443, 2020
- [5] A. Yelek, T. Eren, Ş. Gür ve H. M. Alakaş, “Metro İstasyon İşletme Şeflerinin Vardiyelerinin Hedef Programlama ile Çizelgelenmesi.” *Demiryolu Mühendisliği*, Sayı 10, ss. 17-30, 2019
- [6] İ. Orbak ve A. Y. Orbak, “Havayolu Şirketleri Uçuş Planları ve Rotaları Simülasyon ile Optimum Yolun Bulunması.” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 25, Sayı 1, ss. 435-454, 2020
- [7] M. Şahiner, M. S. Aktürk, S. Ünlüsoy, N. Bedir, E. Varlı, T. Eren, “Hemşire Çizelgeleme İçin Model Önerisi: Örnek Uygulama.” *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, Cilt 6, Sayı 2, ss. 62-80.
- [8] E. Geçici ve M. G. Güler, “Hemşire Çizelgeleme Problemi İçin Bir Karar Destek Sistemi Uygulaması.” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 26, Sayı 4, ss. 749-757, 2020.

[9] C. Sinanoğlu ve H. Rıza Börklü, “Montaj Sırası Planlama Sistemlerinde Bir Optimizasyon Yaklaşımı.” *Makine Tasarım ve İmalat Dergisi*, Cilt 4, Sayı 3, ss. 155-172, 2002

[10] S. Koçtepe, N. Bedir, T. Eren, Ş. Gür, “Optimizasyon Görevlileri İçin Personel Çizelgeleme Probleminin 0-1 Tam Sayılı Programlama ile Çözümü.” *İşletme ve Yönetim Dergisi*, Cilt 2, Sayı 1, ss. 25-46, 2018.

[11] B. G. Kutayer, G. Bilgin, E. Yücel ve G. Kuyzu, “Öncelik Seviyelerine Sahip Çoklu Yetenek Gerektiren İşler İçin Ekip Oluşturma, Çizelgeleme ve Rotalama.” *Dokuz Eylül Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 20, Sayı 60, Eylül, 2018.

[12] S. D. Karayel, E. Atmaca, “Özel Bir Hastane İçin Hemşire Çizelgeleme Problemi.” *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, Cilt 21, Sayı 2, ss. 111-132, Aralık 2017.

[13] H. Özköse ve C. Gencer, “Proje Planlama ve Çizelgelemede Genetik Algoritma Tabanlı Bir Yöntem İle Kritik Yolun – Proje Tamamlanma Zamanının Tespiti ve Zaman – Maliyet Analizi.” *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 10, Sayı 20, ss. 278-300, 2019.

[14] M. S. Aktürk, E. Varlı ve T. Eren, “Tam Gün Vardiyalı ve Özel İzin İstekli Hemşire Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama İle Çözümü.” *Kırıkkale Üniversitesi*, Cilt 2, Sayı 2, Temmuz 2017

[15] S. Taştan ve H. Suvay Eker, “Genetik Algoritma ile Sınav Çizelgeleme.” *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 21, Sayı 2, 2020

Patent / Standart

[16] TS EN ISO/IEC 17020:2012 Standardı

[17] TS EN ISO/IEC 17025:2017 Standardı

[18] İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete, 29.12.2012

Web Sayfası

[19] İş Kanuna İlişkin Çalışma Süreleri Yönetmeliği Erişim Adresi:
<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5447&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>

[20] IBM Ilog Cplex

<https://www.ibm.com/tr-tr/products/ilog-cplex-optimization-studio>



EKLER

Ek-1: Moda Enerji Mühendislik Hizmetleri Dış Ticaret Limited Şirketi 17020 Akreditasyon Sertifikası

	TÜRK AKREDİTASYON KURUMU
AKREDİTASYON SERTİFİKASI	
A tipi Muayene Kuruluşu olarak faaliyet gösteren,	
MODA ENERJİ MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ DİŞ TİC. LTD. ŞTİ.	
19 Mayıs Mah. Büyükdere Cad. No:16 K.6/11 Şişli 34000 İSTANBUL / TÜRKİYE	
TÜRKAK tarafından yapılan denetim sonucunda TS EN ISO/IEC 17020:2012 Standardına göre Ek'te yer alan kapsamlarda akredite edilmiştir.	
Akreditasyon No	: AB-0347-M
Akreditasyon Tarihi	: 30 Mart 2017
Revizyon Tarihi / No	: 26 Mart 2021 / 04
Bu Sertifika, yukarıda açık adı ve adresi yazılı Kuruluşun TS EN ISO/IEC 17020:2012 Standardına, ilgili Yönetmelik ve Tebliğlere uygunluğunu sürdürmesi halinde, 29 Mart 2025 tarihine kadar geçerlidir.	
	G. Banu MÜDERRİSOĞLU Genel Sekreter
Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) ISO/IEC 17020 alanında Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile çok taraflı anlaşma (MLA/MRA) imzalamıştır.	

F701-640 -90 312 410 32 00 - www.turkak.org.tr

Ek-2: Moda Enerji Mühendislik Hizmetleri Dış Ticaret Limited Şirketi
17020 Akreditasyon Kapsamı

Akreditasyon Sertifikası Eki (Sayfa 1/4)

Akreditasyon Kapsamı

 Muayene TS EN ISO/IEC 17020 AB-0347-M	MODA ENERJİ MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ DİŞ TİC. LTD. ŞTİ. Akreditasyon No: AB-0347-M Revizyon No: 04 Tarih: 26 Mart 2021		
	A tipi Muayene Kuruluşu Adresi : 19 Mayıs Mah. Büyükdere Cad. No:16 K:6/11 Şişli 34000 İSTANBUL/TÜRKİYE Tel : 0212 220 98 85 Faks : 0212 220 98 86 E-Posta : info@modaenerji.com.tr Website : www.modaenerji.com.tr		
Muayene Alanı		Muayene Türü	Standard / Şartname
6.A.1 Elektrik Tesisatı 6.A.1.1. Topraklama Tesisatı		A.Periyodik Kontrol	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği
1. Kaldırma ve İletme Makineleri 1.A.1. Vinç - 1.A.1.1. Gezer Köprülü Vinç - 1.A.1.2. Portal Vinç - 1.A.1.3. Monoray Vinç - 1.A.1.4. Mobil Vinç - 1.A.1.5. Kule Vinç 1.A.2. Caraskal 1.A.3. Platform - 1.A.3.1. Yükseltilebilen Seyyar İş Platformu - 1.A.3.3. Asılı Erişim Donanımı - 1.A.3.4. Sütunlu Çalışma Platformu 1.A.4. Taşıt Kaldırma Donanımı 1.A.6. Kriko 1.A.7. Çektirme - 1.A.7.1. Halatlı Çektirme - 1.A.7.2. Zincirli Çektirme 1.A.8. Transpalet 1.A.9. İstif Makinesi 1.A.10. Forklift 1.A.14. Sabit İniş Mahaline Hizmet Veren Makine 1.A.11. Yürüyen Merdiven 1.A.12. Yürüyen Bant		Periyodik Kontrol	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği

Ek-3: Moda Enerji Mühendislik Hizmetleri Dış Ticaret Limited Şirketi
17025 Akreditasyon Sertifikası

	TÜRK AKREDİTASYON KURUMU
AKREDİTASYON SERTİFİKASI	
Deney Laboratuvarı olarak faaliyet gösteren,	
MODA ENERJİ MÜHENDİSLİK HİZM.VE DİŞ TİC.LTD.ŞTİ	
19 MAYIS MAHALLESİ BÜYÜKDERE CAD.NO:16/11 ŞİŞLİ İSTANBUL / TÜRKİYE	
TÜRKAK tarafından yapılan denetim sonucunda TS EN ISO/IEC 17025:2017 Standardına göre Ek'te yer alan kapsamlarda akredite edilmiştir.	
Akreditasyon No	: AB-1578-T
Akreditasyon Tarihi	: 11 Haziran 2020
Bu Sertifika, yukarıda açık adı ve adresi yazılı Kuruluşun TS EN ISO/IEC 17025:2017 Standardına, ilgili Yönetmelik ve Tebliğlere uygunluğunu sürdürmesi halinde, 10 Haziran 2024 tarihine kadar geçerlidir.	
	
G. Banu MÜDERRİSOĞLU Genel Sekreter	
Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) ISO/IEC 17025 alanında Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile çok taraflı anlaşma (MLA/MRA) imzalamıştır.	

1701-040 +90 312 410 82 00 - www.turkak.org.tr

Ek-4: Moda Enerji Mühendislik Hizmetleri Dış Ticaret Limited Şirketi
17025 Akreditasyon Kapsamı

Akreditasyon Sertifikası Eki (Sayfa 1/2)

Akreditasyon Kapsamı

 TÜRKAK Taati TS EN ISO/IEC 17025 AB-1578-T	MODA ENERJİ MÜHENDİSLİK HİZM.VE DİŞ TİC.LTD.ŞTİ Akreditasyon No: AB-1578-T Revizyon No: 00 Tarih: 11.06.2020	
	Deney Laboratuvarı Adresi : 19 MAYIS MAHALLESİ BÜYÜKDERE CAD.NO:18/11 ŞİŞLİ İSTANBUL/TÜRKİYE	
	Tel : 02122209885 Faks : 02122209886 E-Posta : info@modaenerji.com.tr Website : www.modaenerji.com.tr	
Deneyi Yapılan Malzemeler / Örnekler	Deney Adı	Deney Metodu (Ulusal, Uluslararası standartlar, işletme içi metodlar)
İş Hijyeni Gürültü	Çevresel Gürültü Düzeyinin Tespiti (İş Yeri Ortam Gürültüsü Ölçümü)	TS 9315 ISO 1996-1 TS 9315 ISO 1996-1/T1
İş Hijyeni Gürültü	Çevresel Gürültü Düzeyinin Tespiti (İş Yeri Ortam Gürültüsü Ölçümü)	TS ISO 1996-2 TS ISO 1996-2/T1
İş Hijyeni Gürültü	Çalışma Ortamında Maruz Kalınan Gürültünün Ölçülmesi	TS EN ISO 9612
İş Hijyeni Gürültü	Kişilerin Maruz Kaldığı Gürültü Düzeyinin Ölçülmesi ve İşitme Kayıplarının Tespiti	TS 2607 ISO 1999
İş Hijyeni Aydınlatma	İş Yerlerindeki Aydınlatma / Işık Şiddeti Düzeyinin Ölçümü	COHSR-928-1-ILG-039
İş Hijyeni Termal Konfor	Termal Çevrenin Ergonomisi İçin WBGT (Yaş-Hazne Küre Sıcaklığı) İndeksi Kullanılarak ısı Stresinin Değerlendirilmesinin	TS EN ISO 7243
İş Hijyeni Termal Konfor	Orta Dereceli Termal Ortamlar İçin PMV ve PPD İndislerinin Tayini, Termal Rahatlık İçin Şartların Belirlenmesi	TS EN ISO 7730
İş Hijyeni Toz Ölçümü	Toplam ve Solunabilir Tozun Tayini Örnekleme: Pompa ile Filtreye Numune Alma Analiz: Gravimetrik	HSE-MDHS 14/3
İş Hijyeni Dedektör Tüple Anlık Gaz Ölçümü	Zehirli Gaz veya Buhar Konsantrasyonlarının Tayini (Karbonmonoksit (CO), Oksijen (O ₂), Karbondiyoksit (CO ₂)) Örnekleme ve Ölçüm: Dedektör Tüple Anlık Ölçüm	ASTM D 4490-96
İş Hijyeni Anlık Gaz Ölçümü	Oksijen (O ₂)Tayini Örnekleme ve Ölçüm: Elektrokimyasal Hücre Metodu	NIOSH-NMAM 6601

Ek-5: Moda Enerji Mühendislik Hizmetleri Dış Ticaret Limited Şirketi
İsgüm Belgesi

	T.C. ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
T.C. ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI	
İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM, TEST VE ANALİZ YETERLİK BELGESİ	
Belge No	: 301
Düzenleme Tarihi	: 20.10.2021
Laboratuvar Adı	: Moda Enerji Mühendislik Hiz. Dış. Tic. Ltd. Şti.
Adres	: 19 Mayıs Mah. Büyükdere Cad. No: 16/11 Şişli/İstanbul
Yukarıda açık adı ve adresi belirtilen kurum/kuruluş 24/01/2017 tarih ve 29958 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analiz Laboratuvarları Hakkında Yönetmeliğe göre Ek Liste'de belirtilen kapsamda aşağıda belirtilen tarihler arasında ölçüm, test ve/veya analiz yapmaya ve bu çerçevede rapor hazırlamaya yetkilidir.	
BELGENİN	
BAŞLAMA TARİHİ	: 20.10.2021
BİTİŞ TARİHİ	: 20.10.2025
EK: PARAMETRE LİSTESİ (3 Sayfa)	
Cafer UZUMKAYA Bakanlık Genel Müdür	

Ek-6: Elektrik Tesisat Test Cihazı Kalibrasyon Sertifikası



TDB KALİBRASYON HİZMETLERİ A.Ş.
Atatürk Oto Sanayi Sitesi 2. Kısım 20. Sokak No:846 Maslak / İstanbul
T: 0212 978 78 00 F: 0212 978 78 00 E: info@tdbkalibrasyon.com.tr

Kalibrasyon Sertifikası Calibration Certificate



AB-0176-K
21-03669
02-21

Cihazın Sahibi / adresi: MODA ENERJİ MÜH.HİZ.DİŞ.TİC.LTD.ŞTİ
Customer / Address: 19 Mayıs Mah.Büyükdere Cad.No:16 Gümülcine Apt.İK:6 D:11 ŞİŞLİ / İSTANBUL

İstek Numarası: D-211282
Order No:

Makina / Cihaz: Multifunction Tester
Instrument / Device:

İmalatçı: Fluke
Manufacturer:

Tip: 1653
Type:

Seri Numarası: 2981078 / ME-C.1.01-2
Serial Number:

Kalibrasyon Tarihi: 23.02.2021
Date of Calibration:

Sertifikanın Sayfa Sayısı: 4
Number of Pages:

Bu kalibrasyon sertifikası, Uluslararası Birimler Sisteminde (SI) tanımlanmış birimleri realize eden ulusal ölçüm etandartlarına izlenebilirliği belgeler.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the unit of measurement according to the International System of Units (SI).

Kalibrasyon laboratuvarı olarak faaliyet gösteren TDB KALİBRASYON HİZMETLERİ A.Ş., TÜRKAK'tan AB-0176-K dosya numarası ile TS EN ISO/IEC 17025:2012 standardına göre akredite edilmiştir.

TDB KALİBRASYON HİZMETLERİ A.Ş. accredited by TÜRKAK under registration number AB-0176-K for TS EN ISO/IEC 17025:2012 as calibration laboratory.

Türk Akreditasyon Kurumu(TÜRKAK) kalibrasyon sertifikalarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanınma antlaşmasını imzalamıştır.

The Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for the Accreditation(EA) and of the International Laboratory Accreditation (ILAC) for the Mutual recognition of calibration certificates.

Ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon metotları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.

The measurements, the uncertainties with confidence probability and calibration methods are given on the following pages which are part of this certificate.

Mühür / Kase
Seal



Yayın Tarihi
Publication Date

23.02.2021

Kalibrasyon Yapan
Calibrated by

FURKAN TEKİNDAL
00010470
Dijital İmza

Onaylayan / Tarih
Approval / Date

AYBIKE GÖKTAŞ / 23.02.2021
00006982
Dijital İmza

Bu sertifika, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. Bu sertifika 5070 sayılı elektronik imza kanununa göre güvenli mobil imza ile imzalanmıştır. Teftiş için karekod, karekod okuyucu ile okutulabilir. Dijital imzasız sertifikalar geçersizdir.

This certificate shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. This certificate is signed using secure digital signature according to article of law, number 5070. For confirmation, read the QR Code using QR Code reader. Calibration certificates without digital signature are not valid.

LF07001

Ek-7: Çok Fonksiyonlu Ölçüm Cihazı Kalibrasyon Sertifikası

 testo KALİBRASYON LABORATUVARI Suba Mah. Vels Demiri Sok. 3. Blok Kat:5 D:3-5-6 Şişli/İstanbul Tic. Sic. No: 271015 Tel: 0212 217 01 55 E-posta: info@testo.com.tr http://www.testo.com.tr		 TÜRKAK AKREDİTASYON BİRLİĞİ AB-0028-K			
KALİBRASYON SERTİFİKASI Calibration Certificate					
		<table border="1"> <tr> <td>AB-0028-K</td> </tr> <tr> <td>HK2703</td> </tr> <tr> <td>11-21</td> </tr> </table>	AB-0028-K	HK2703	11-21
AB-0028-K					
HK2703					
11-21					
Cihazın Sahibi <i>Customer</i>	Muda Enerji Mühendislik Hizmetleri Dış Tic. Ltd. Şti. 19 Mayıs Mahallesi Büyükdere cad. No:16/11 Şişli/İSTANBUL				
Kayıd Numarası <i>Registration No.</i>	305561				
Arz edilen Service <i>Installation</i>	Testo 4051				
İnşaatlar <i>Installation</i>	Hotwire Hız Probu				
Tip <i>Type</i>	Çok Fonksiyonlu Ölçüm Cihazı				
Model ve Seri Numarası <i>Model and Serial Number</i>	Cihaz: 1860 1405	4896042040720			
Kalibrasyon Tarihi <i>Date of Calibration</i>	18.11.2021				
Sertifikanın Toplam Sayfa Sayısı <i>Number of total pages of the Certificate</i>	3				
Bu kalibrasyon sertifikası, Uluslararası Birimler Sisteminde (SI) tanımlanmış birimleri realize eden ulusal ölçüm standartlarına izlenebilirliği belgeler. This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the unit of measurement according to the International System of Units (SI). Kalibrasyon laboratuvarı olarak faaliyet gösteren TESTO Kalibrasyon Laboratuvarı, TÜRKAK'tan AB-0028-K ile TS EN ISO/IEC 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. TESTO Kalibrasyon Laboratuvarı accredited by TÜRKAK under registration number AB-0028-K for TS EN ISO/IEC 17025:2017 as Calibration Laboratory Türk Akreditasyon Kurumu(TÜRKAK) kalibrasyon sertifikasının tanınabilirliği konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği(EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği(ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşması imzalamıştır. Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) is a member in the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and in the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of calibration certificates Ölçüm sonuçları, genişlemenin ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon nezdindeki bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmektedir. The measurement size uncertainties with confidence or probability and associated methods are given on the following pages which follow part of this certificate					
		Tarih <i>Date</i> 18.11.2021			
Kalibrasyonu Yapan <i>Calibrated by</i> M. Kerem SAĞIR		Onaylayan <i>Approved</i> K. Emre SAKI			

Bu sertifika, laboratuvarın yanlış işlemi olmadıkça kesmen kopyalanamaz çoğaltılamaz.
 This certificate shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory.
 Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Ek-8: Lüksmetre Cihazı Kalibrasyon Sertifikası

 PROTOS KALİBRASYON ÖLÇÜM EĞİTİM VE DANIŞMANLIK HİZMETLERİ TİCARET LTD. ŞTİ. KALİBRASYON LABORATUVARI Mehmet Akif M. Tavakgöyülli Cd. No: 1507 Ümraniye İSTANBUL		 TESEVİYE TS EN ISO 17025 AB-0078-K
Kalibrasyon Sertifikası <i>Calibration Certificate</i>		AB-0078-K 300/P18211 08-20
Cihazın Sahibi/ adresi <i>Customer / address</i>	: MODA ENERJİ MÜH. HİZM. DİŞ. TİC. LTD. ŞTİ. 19 Mayıs Mah. Büyükdere Cad. No: 16/11 Şişli/İstanbul	
İstek Numarası <i>Order No.</i>	: 1429/2020	
Makine/Cihaz <i>Instrument/Device</i>	: Lüksmetre	
İmalatçı <i>Manufacturer</i>	: EXTECH	
Tip <i>Type</i>	: EasyView™ 31	
Seri Numarası <i>Serial Number</i>	: 170500267 (ME-C.3.2-4)	
Kalibrasyon Tarihi <i>Date of Calibration</i>	: 14.08.2020	
Sertifikanın Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the Certificate</i>	: 3	
Bu kalibrasyon sertifikası, Uluslararası Birimler Sisteminde(SI) tanımlanmış birimleri realize eden ulusal ölçüm standartlarına izlenebilirliği belgeler. <i>This calibration certificate documents the traceability to national standards which realize the unit of measurement according to the International System of Units (SI).</i>		
Kalibrasyon laboratuvarı olarak faaliyet gösteren PROTOS, TÜRKAK'tan AB-0078-K ile TS ISO IEC 17025: 2017 standardına göre akredite edilmiştir. <i>PROTOS accredited by TÜRKAK under registration number AB-0078-K for TS ISO IEC 17025: 2017 as Calibration Laboratory"</i>		
Türk Akreditasyon Kurumu(TÜRKAK) kalibrasyon sertifikalarının tanınırlığı konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği(EA) ile Çok Taraflı Anlaşma ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği(ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşması imzalamıştır. <i>Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) is a signatory to the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement (MLA) and to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA) for the recognition of calibration certificates</i>		
Ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon memnuniyetleri bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. <i>The measurements, the uncertainties with confidence probability and calibration results are given on the following pages which are part of this certificate.</i>		
Mühür/Kaşe <i>Seal</i>	Yayınlandığı Tarih <i>Date</i>	Kalibrasyonu Yapan <i>Calibrated by</i>
	17.08.2020	Kadir Balcan FIRAT
		Onaylayan <i>Approval</i>
		Kadir Balcan FIRAT
Bu sertifika, laboratuvara yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. <i>This certificate shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory.</i>		
		FR708.02.01 rev02/30.03.2019

Ek-9: Gürültü Dozu Ölçer Cihazı Kalibrasyon Sertifikası

		PENTA OTOMASYON ve Endüstriyel Ürünler San. Tic. Ltd. Şti. Kınalı Mahallesi Faah Cđ. No:6 Pk. 34692 Üsküdar - İSTANBUL Tel: 0216 323 63 47 - Fax: 0212 243 63 41 e-posta: info@pentakalibrasyon.com.tr web: www.pentakalibrasyon.com.tr		 Kalibrasyon TS EN ISO 17025 AB-0113-K
		Kalibrasyon Sertifikası <i>Certificate of Calibration</i>		AB-0113-K A-2002933/37 09-20
Cihazın Sahibi / Adresi <i>Customer / Address</i>		: MODA ENERJİ MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ TAAR.VE DİŞ.TİC.LTD.ŞTİ. ESİNTİPE MAHALLESİ TİCİLER SİTESİ ŞENLİK SOK.NO:4 KILIÇ AP.İ.D-1 ŞİŞİ İSTANBUL		
İstek Numarası <i>Order No</i>		: 2002933		
Makine / Cihaz <i>Instrument / Device</i>		: Gürültü dozu ölçer		
İmalatçı <i>Manufacturer</i>		: EXTECH		
Tip <i>Type</i>		: SL400		
Seri Numarası <i>Serial Number</i>		: 190800008		
Penta Kodu <i>Penta Code</i>		: 2002933/37	Euanter No	: ME-C.3.03-7
Kalibrasyon Tarihi <i>Date of Calibration</i>		: 17.09.2020		
Sertifika Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the certificate</i>		: 4		
Bu kalibrasyon sertifikası, Uluslararası Birim ve Sistemlerde (SI) tanımlanmış ölçülerle gerçekleştirilen ölçümlerle ilgili standartlara tabiidir. Bu kalibrasyon sertifikası, ölçümün doğruluğunu ve kalibrasyonun uluslararası standartlara uygun olduğunu göstermektedir. The measurement is carried out with reference to the SI units and the calibration is carried out according to the international standards. The measurement is carried out with reference to the SI units and the calibration is carried out according to the international standards. Kalibrasyon laboratuvarı olarak faaliyet gösteren Penta Otomasyon, TÜRKAK'tan AB-0113-K ve TS EN ISO 17025:2017 standardına göre akredite edilmiştir. Penta Otomasyon accredited by TÜRKAK with certificate number AB-0113-K & TS EN ISO 17025:2017 as Calibration Laboratory. Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) kalibrasyon sertifikalarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı anlaşmalar imzalamıştır. The Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) is a signatory to the mutual recognition agreements of the international cooperation bodies - Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.				
Mühür <i>Seal</i>	Yayınlandığı Tarih <i>Date</i>	Kalibrasyonu Yapan <i>Calibrated by</i>	Onaylayan / İmza <i>Approved / Signature</i>	
	17.09.2020	İpek TÜRK	Aladdin DÜŞAK	
Tel: 0 216 323 63 47 Fax: 0 212 243 63 41 web: www.kalibrasyonlaboratuvarlari.com.tr e-mail: info@pentakalibrasyon.com.tr Bu sertifikadaki sonuçlar, cihazın kalibrasyon tarihindeki durumuna ilişkin olup, bu sertifikayı, laboratuvarın yazılı bir onayından sonra kullanılmamalıdır. The results in this certificate refer to condition of the instrument on the date of calibration. This certificate shall not be re-used without prior written approval of the laboratory. Calibration certificate without approval is not valid. TR-18/15 / Rev. S1 / 19.02.2020				

Ek-10: IBM Ilog Cplex Dat Dosyası

gundegrupsay=3;

gunkisigrupsay=2;

gunler={ Pazartesi, Sali, Carsamba, Persembe, Cuma };

ihtisaslar= {elektrik, makine, kimya, raportor};

kisiler= {E1, E2, E3, E4, E5, M1, M2, M3, M4, M5, K1, K2, K3, K4};

planlama = [

[[2,1,2,1], [2,2,1,1], [2,2,1,1]],

[[2,3,1,1], [3,2,2,1], [2,1,1,1]],

[[3,2,1,1], [3,2,1,1], [2,2,1,1]],

[[2,3,2,1], [2,2,1,1], [2,2,1,1]],

[[3,1,1,1], [2,2,1,2], [2,2,2,1]]

];

musaitdegil = {<E1, Pazartesi>};

kisiihtisas = {

<E1, {elektrik, raportor}>,

<E2, {elektrik, raportor}>,

<E3, {elektrik, raportor}>,

<E4, {elektrik, raportor}>,

<E5, {elektrik, raportor}>,

<M1, {makine, raportor}>,

<M2, {makine, raportor}>,

<M3, {makine, raportor}>,

<M4, {makine, raportor}>,

<M5, {makine, raportor}>,

<K1, {kimya, raportor}>,
<K2, {kimya, raportor}>,
<K3, {kimya, raportor}>,
<K4, {kimya, raportor}>,
};



Ek 11: IBM Ilog Cplex Mod Dosyası

```
int gundegrupsay = ...; // Bir gündeki görev sayısı

int gunkisigrupsay = ...; // Bir kişinin bir günde kaç görev alacağı

range isgrubu = 1..gundegrupsay;

{string} ihtisaslar = ...; // Gereken ihtisas tipleri

{string} gunler = ...; // İş günleri seti

{string} kisiler = ...; // Personel seti

int planlama[gunler][isgrubu][ihtisaslar] = ...; // Her bir iş grubunda gerekli bir
ihtisasa sahip kişi sayısı (planlama)

// Veri Yapısı

tuple isgrup {

    key string p;

    string w;

}

tuple kihtisas {

    key string p;

    {string} s;

}

{kihtisas} kisiihtisas = ...; // Bir çalışanın sahip olduğu ihtisaslar

{isgrup} musaitdegil = ...; // Her bir personelin müsait olmama bilgisi

int Penalty = card(gunler)*gunkisigrupsay; // Yapılamayan görevlendirmeler
için ceza

//*****Değişkenler*****

dvar boolean atama[gunler][isgrubu][kisiler][ihtisaslar]; // İş grubuna atama
değişkeni
```

```

dvar int atanamama[gunler][isgrubu][ihtisaslar] in 0..maxint; // Bir iş
grubunda atanamamış vasıflı işçi sayısı

dvar int Pmin in 0..card(gunler)*gunkisigrupsay; // Atanan minimum
görev sayısı (dengeli dağıtım için)

dvar int Pmax in 0..card(gunler)*gunkisigrupsay; // Atanan maksimum
görev sayısı (dengeli dağıtım için)

dvar boolean basla[gunler][isgrubu][kisiler]; // Bir görevde çalışmaya
başlayan kişiler

dvar int Personel[gunler][isgrubu] in 0..card(kisiler); // Bir görev için müsait
olan personel

dvar boolean musaitlik[gunler][isgrubu][kisiler]; // Bir görevde bir
kişinin müsait olup olmadığının göstergesi

// Toplam atanamayan gruptaki ihtisas sayısı (Planlanamayan görevler)
dexpr int Top_Atanamama =
sum(w in gunler, s in isgrubu, j in ihtisaslar) atanamama[w][s][j];

/*****Model*****/

minimize Top_Atanamama*Penalty + (Pmax-Pmin);

// Önce ceza almamak için atama yapmalı sonra dengeye bakmalı

subject to {

// Bir firmadaki mevcut personel sayısı, bir kişi için planlanan firmada işe
başlayan personel sayısının toplamına eşittir.

forall(w in gunler, s in isgrubu)

ct1:

Personel[w][s] == sum(i in isgrubu: s-gunkisigrupsay+1 <= i <= s, j in
kisiler) basla[w][i][j];

```

// Bir firmadaki personel sayısı müsait durumu olup atanan mevcut personel sayısının toplamına eşittir.

ct2:

forall(w in gunler, s in isgrubu)

Personel[w][s] == sum(j in kisiler) musaitlik[w][s][j];

// Bir firmadaki çalışan personel sayısı, bir firmaya atanan personel sayısından küçüktür veya eşittir.

forall(w in gunler, s in isgrubu)

ct3Personel:

sum(p in kisiler, j in ihtisaslar) atama[w][s][p][j] <= Personel[w][s];

ct4:

forall(w in gunler, s in isgrubu, p in kisiler) {

// Bir personel k firmasında başlarsa, sonraki bir günde görev alacağı firmada müsait olacaktır.

ct5:

forall(k in isgrubu: s-gunkisigrupsay+1 <= k <= s)

musaitlik[w][s][p] >= basla[w][k][p];

// Bir personel başlamışsa, sonraki bir gündeki görevlerde hiçbirinde tekrar "başlayamaz".

ct6:

forall(k in isgrubu: s+1 <= k <= s+gunkisigrupsay-1)

1-basla[w][s][p] >= basla[w][k][p];

}

// Bir personel müsaitse, ona bir iş atanmalıdır.

ct7:

forall(w in gunler, s in isgrubu, p in kisiler)

```

sum(j in ihtisaslar) atama[w][s][p][j] == musaitlik[w][s][p];

// Her firmada, bir görev türüne atanan personel sayısı ve doldurulmayan
alanın toplamı, planlanan görevlerden ve kişilerden büyük veya eşit olmalıdır.

forall(w in gunler, s in isgrubu, j in ihtisaslar)

ctAtanamama:

sum(p in kisiler)

atama[w][s][p][j] + atanamama[w][s][j] >= planlama[w][s][j];

forall(w in gunler, s in isgrubu, t in kisihtisas, k in ihtisaslar: k not in t.s)

atama[w][s][t.p][k] == 0;

// Herkes bir günde kaç görev alacağından fazla çalışmamalıdır (Bu durumda
2 firmada)

forall(w in gunler, p in kisiler)

ctIsgrubu:

sum(s in isgrubu, j in ihtisaslar)

atama[w][s][p][j] <= gunkisigrupsay;

// Müsait olmayan personel o gün atanamaz.

forall(<p,w> in musaitdegil, s in isgrubu, j in ihtisaslar)

atama[w][s][p][j] == 0;

// Her personel her firmada yalnızca bir görev alabilir.

forall(w in gunler, s in isgrubu, p in kisiler)

ctGorevler:

sum(j in ihtisaslar)

atama[w][s][p][j] <= 1;

// Bir personel bir firmada görevlendirildiyse ertesi gün görevlendiren diğer
firmaya atanamaz.

forall(p in kisiler, k in ihtisaslar) {

```

```

        atama["Sali"][4][p][k]    <=    1    -    sum(j    in    ihtisaslar)
atama["Pazartesi"][gundegrupsay][p][j];

        atama["Carsamba"][4][p][k]    <=    1    -    sum(j    in    ihtisaslar)
atama["Sali"][gundegrupsay][p][j];

        atama["Persembe"][4][p][k]    <=    1    -    sum(j    in    ihtisaslar)
atama["Carsamba"][gundegrupsay][p][j];

        atama["Cuma"][4][p][k]    <=    1    -    sum(j    in    ihtisaslar)
atama["Persembe"][gundegrupsay][p][j];

    }

    //Her firmada en az bir elektrik, bir makine, bir kimya ve bir raportor
    bulunur.

    forall(w in gunler, s in isgrubu, j in ihtisaslar)
    ctihtisaslar:

        sum(p in kisiler) atama[w][s][p][j] >= 1;

    // Bir personelin iş yükü pmin ve pmax ile sınırlıdır.

    forall(p in kisiler)

        Pmin <= sum(w in gunler, s in isgrubu, j in ihtisaslar) atama[w][s][p][j];

    forall(p in kisiler)

        sum(w in gunler, s in isgrubu, j in ihtisaslar) atama[w][s][p][j] <= Pmax;

    }

```

Ek 12: IBM Ilog Cplex Çözüm Dosyası

// solution (optimal) with objective 2

// Quality Incumbent solution:

// MILP objective 2,0000000000e+00

// MILP solution norm |x| (Total, Max) 4,37000e+02 1,30000e+01

// MILP solution error (Ax=b) (Total, Max) 0,00000e+00 0,00000e+00

// MILP x bound error (Total, Max) 0,00000e+00 0,00000e+00

// MILP x integrality error (Total, Max) 0,00000e+00 0,00000e+00

// MILP slack bound error (Total, Max) 0,00000e+00 0,00000e+00

//

atanamama = [[0

0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]]

[[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]]

[[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]]

[[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]]

[[0 0 0 0]

```

[0 0 0 0]
[0 0 0 0]]];

Pmax = 10;

Pmin = 8;

Personel = [[6 12 6]

[7 10 5]

[7 13 6]

[8 8 6]

[7 10 7]]];

basla = [[[0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0]

[0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1]

[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]]

[[1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0]

[0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1]

[0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0]]

[[1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0]

[0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0]

[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]]

[[1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1]

[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]

[0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0]]

[[1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1]

[0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0]

[0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0]]];

musaitlik = [[[0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0]

```

```

[0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1]
[0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1]]
[[1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0]
[1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1]
[0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1]]
[[1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0]
[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0]
[0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0]]
[[1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1]
[1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1]
[0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0]]
[[1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1]
[1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 1]
[0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0]]];

```

```

atama = [[[[0 0 0 0]
[1 0 0 0]
[0 0 0 0]
[0 0 0 0]
[1 0 0 0]
[0 0 0 0]
[0 0 0 1]
[0 1 0 0]
[0 0 0 0]
[0 0 0 0]
[0 0 0 0]

```

[0 0 1 0]

[0 0 1 0]

[0 0 0 0]]

[[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[1 0 0 0]

[1 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 1]

[0 1 0 0]

[0 0 0 1]

[0 0 1 0]

[0 0 0 1]

[0 0 1 0]

[0 0 0 1]]

[[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 1 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 1]]]

[[[1 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 1 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 1 0]

[0 0 0 1]

[0 0 0 0]]

[[1 0 0 0]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 1 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 1]
 [0 0 1 0]
 [0 0 1 0]
 [0 0 1 0]
 [[0 0 1 0]]
 [[0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 1]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 1 0]]]
 [[[1 0 0 0]
 [1 0 0 0]

[0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 1]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 1 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [[1 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [0 0 0 1]
 [1 0 0 0]
 [0 0 0 1]
 [0 1 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 1 0]
 [0 0 1 0]
 [0 0 0 1]

[0 0 0 0]]

[[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 1]

[0 0 0 0]

[0 0 1 0]

[0 0 0 0]]]

[[[1 0 0 0]

[0 0 0 1]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]
 [0 0 1 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 1 0]]
 [[0 0 0 1]
 [1 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 1 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 1]]
 [[0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 1 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 1]

[0 0 0 0]]]

[[[1 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 1 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 1]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 0 0]

[0 0 1 0]]

[[1 0 0 0]

[0 0 0 1]

[0 0 0 0]

[1 0 0 0]

[1 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 1]
 [0 0 1 0]]
 [[0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [1 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 1 0 0]
 [0 0 0 0]
 [0 0 0 1]
 [0 0 1 0]
 [0 0 1 0]
 [0 0 0 0]]];