



6I

GÜDEK

Güvenlik Denetim Kontrol

BÖLÜM:

6- ANALİZ YÖNTEMLERİ

KONU:

6I- CPM- PERT-GANT-YÖNTEMLERİ

İçindekiler

CPM- PERT- GANT	2
CPM Kritik Yol Metodu	3
CPM ortak altı adımı	3
CPM ile cevaplanabilir sorular	3
CPM in avantajları	3
CPM sınırlamaları	4
CPM uygulanması	4
Proje ağının çizilme kuralları	4
CPM Şebeke diyagramında tanımlar ve kurallar,	5
CPM Şebeke diyagramının hazırlanışı	6
PERT metodu	7
CPM/PERT ortak altı adım	8
Kritik hattın bulunması	10
Kritik hattın bulunması	13
Acil durum plânlama değerleri tablo halinde gösterilmesi	14
GANT "General Agreement on Tariffs and Trade"	17
Gant grafik takip yöntemi	19
Gant Saha Çalışma Takip Yöntemi	19
BU PROJE SÜRESİNİN KISALTILMA KONUSU	21
Süre kısaltılması sonucu maliyetin hesaplanması	23
Varyans ve standart sapma	25
Normal dağılım gösteren veriler için kurallar	28

CPM- PERT- GANT

Bir tehlikenin bir kazanın veya bir olayın nedeni ve kök nedeni araştırmanın birçok yolları bulunmuştur. Bunların en çok kullanılanlarını sıralarsak,

- **BALIK KILÇIĞI** metodu, olayı (tehlike, kaza veya acil durum) meydana getiren sebeplerini, kök nedenlerini ayrı kompartmanlarda tek tek irdeleyerek ne gibi önlemler alınmasının gerektiğini belirlemesini sağlar, (6C- **Beyin fırtınası Balık kılçığı yöntemi**) dosyası ve (9C- **Balık kılçığı uygulaması**) dosyalarında geniş bir şekilde anlatılmıştır.
- **PARETO** analizi, bütün olayların içinde en fazla hasar veya kayıp olmasına neden olan olayların daha az önemde olan nedenlerden ayırmak için kullanılan ve buna göre daha az emekle daha büyük hasar meydana getirenlerin bulunmasını ve değerlendirilmesini sağlamak için (6C- **PARETO- SWOT analiz sistemi**) dosyasında anlatılmış, uygulaması ise (9A- **PARETO uygulama örneği**) dosyasında uygulama ile anlatılmıştır.
- **SWOT**, pareto yöntemi ile bulunup alınacak önlemler için öncelikle firmanın Güçlü ve “Zayıf yönleri tespit edilip daha sonra da eksiklerimiz için firma dışından karşılayabileceğimiz imkanlar için Fırsatlarımız ve Tehditlerimizin neler olduğunu bulmaktır. (6B- **PARETO- SWOT analiz sistemleri**) dosyasında daha geniş açıklaması bulunmakta, örnek uygulaması ise (9B- **SWOT uygulama örneği**) dosyasında gösterilmiştir.
- **CPM**, Önlemler için imkânlar bulunduktan sonra yapılacak çalışmaları en kısa zamanda en etkin bir şekilde insan kaynağını kullanarak sonuca varılabilecek plânlamanın yapılması önem kazanır. Burada kritik hat ve bolluklar bulunarak işin hedeflenen zamanda en kısa zamanda ve insan gücü ile plânlama yapılır.
- **PERT**, Bu CPM plânlamanın da kullanılan aktiviteler için belirlenen sürelerin gerçek değerde olmasının sağlamak için PERT metodu kullanılır. Not: bugün Primavera veya benzeri B/S programları piyasa kullanılmaktadır. Bu programların ana mantığını anlamak için CPM temel yapısını bilmekte yarar vardır.
- **GANTT** çizelgesi, grafik olarak hazırlanan CPM programının, sahada teknisyen, usta ve çalışanların yapacakları işleri kolay takip edebilmeleri için hazırlanan bu (çubuk)

plânıdır. Sahada çalışanları görevlendirilerek uygulayabilen bar şekline çevrilmiş Gant çizelgesinin sahaya verilmesi gerekir.

CPM Kritik Yol Metodu

Uzun süreli bir projeyi en uygun en ekonomik olarak başarıya ulaşmanın en uygun yolu Kritik yol metodudur. Bir projenin tamamlanma süresini belirleyen en uzun görev dizisini tanımlayarak, proje yöneticilerine yol gösterir. CPM ile faaliyet aktivitelerdeki aksamaların proje toplam süresine etkisinin hemen hesaplanabilmesi sağlar.

CPM ortak altı adımı

1. Proje ve önemli faaliyetleri tanımla,
2. Faaliyetler arası ilişkileri tanımla.
3. Öncelik (kendisinde önce gelen aktivite) ilişkilerini belirle,
4. Aktiviteler Ağını çiz,
5. Faaliyetler için yapılma süresi ve/veya maliyeti tahmini et,
6. Ağdaki en uzun yolu (kritik yol) hesapla ve belirle,

CPM ile cevaplanabilir sorular

- Proje ne zaman bitecek?
- Projedeki kritik faaliyetler ve işler neler?
- Kritik olmayan faaliyetler hangileri?
- Belirli bir zamanda projenin bitme olasılığı nedir?
- Proje, plâna göre ilerliyor mu?
- Plân ileride veya geride mi?
- Proje bütçenin üzerinde mi? Altında mı?
- Projeyi zamanında bitirebilmek için yeterli kaynak var mı?
- Eğer proje plânlanandan önce bitirmek isteniyorsa bu en az maliyet ile nasıl yapılabilir?

CPM in avantajları

- Proje yönetiminin kontrolü çeşitli aşamalarında kullanılabilir,

- Matematiksel olarak hesaplamalar kolay yapılabilir,
- Ağ gösterimi ile faaliyet ilişkileri görülebilir,
- Kritik yol ve gevşek zaman analizleri kolay hesaplanabilir,
 - Ağ projelerin belgelenmesi için önemli bir kaynak oluşturur,
 - Gecikme ve aksamalar görülür ve hemen önlemler alınır,
 - Sadece süreleri değil maliyetler de takip edilebilir.
 - Çok çeşitli projelerde ve sektörlerde uygulanabilir,

CPM sınırlamaları

- Proje faaliyetleri açık olarak tanımlanmalıdır. Birbirlerinden bağımsız olmalıdır ve proje yürütülürken ilişkiler değiştirilmemelidir,
- Öncelik ilişkileri belirli olmalıdır,
- PERT 'teki faaliyet zamanları Beta olasılık dağılımına uymalıdır. Bu dağılıma uyduğu doğrulanmalıdır.
- Süre tahminleri genelde öznel ve yöneticilerin görüşlerine bağlıdır. Bunun için aşağıda bahsedilen **Pert** metodundan faydalanabilir
- Kritik yola çok fazla odaklanması riski ile karşılaşılabılır.

CPM uygulanması

- CPM veya PERT uygulanabilmesi için projeyi oluşturan faaliyetlerin listesi gereklidir.
- Tüm faaliyetler bittiğinde proje de biter.
- Her faaliyet için ondan önce bitmesi gereken faaliyetlerin (öncül faaliyetler) listesi verilmelidir.
- Öncelik ilişkilerini içeren Proje Ağı hazırlanmalıdır burada bağlantı şemasında aktiviteler oklarla gösterilmiştir.

Proje ağının çizilme kuralları

- 1) Düğüm 1, projenin başlangıcını ifade eder ve düğüm 1'den çıkan bağlantılar önceliği olmayan faaliyetlerdir.
- 2) Projenin bitişini ifade etmek üzere bir bitiş düğümü ilave edilmelidir.

- 3) CPM ağında, düğümler öyle numaralandırılmalıdır ki; herhangi bir faaliyetin bittiğini gösteren düğüm her zaman faaliyetin başladığı düğümden daha büyük numara ile ifade edilmelidir.
- 4) Bir faaliyet, birden fazla bağlantılı aktivite ile gösterilemez.
- 5) İki düğüm sadece bir bağlantı ile birleştirilebilir.
- 6) Başlatılacak faaliyete öncül olabilecek biten bir faaliyet olduğunda ve aynı zamanda 4. ve 5. kurallara uymak için ağa sıfır süreli bir yapay (kukla- dami) faaliyetler eklenebilir.

CPM Şebeke diyagramında tanımlar ve kurallar,

- Oklar aktiviteleri,
- Düğümler olayları gösterir.
- Olay bir veya daha fazla aktivitenin başlaması veya tamamlanması olarak tanımlanır.
- Bir başlangıç ve bitiş düğümü bulunur,
- Her aktivite tek bir ok ile bir kez gösterilir,
- İki aktivite aynı başlangıç ve sonuç olayı ile gösterilemez,
- Bu durumda zaman değeri olmayan bir kukla aktivite kullanılır,
- Bir aktivite başlamadan önce, ilgili aktiviteler tamamlanmalıdır,
- Bu aktiviteyi hangi aktiviteler izleyeceği belirlenmelidir,
- Bu aktivitenin paralelinde hangi aktivitelerle birlikte olacağı belirlenmelidir.
- Öncelikle yapılacak faaliyetlerin listelenmesi, bu faaliyetlerin sıralanması, bu sıralamada her aktiviteye isim, kod verilir. Bunun için CPM/ Ortak adımların belirlenmesi gerekir.

CPM hazırlanışı ve grafiğinin çizilmesi

- 1) Projenin sınırları belirlenir ve önemli faaliyetleri tanımlanır, (aktivite olarak tanımlanır)
- 2) Faaliyetler arası ilişkiler tanımlanır, (hangi aktivite hangi aktiviteden sonra gelecek)
- 3) Öncelik ilişkileri belirlenir, (hangi aktivite hangi aktiviteden önce geleceği belirlenir)
- 4) Bu bilgiler çerçevesinde bir tablo hazırlanır (**Görsel 3C-10**)
 - a. Tabloda her aktiviteye alfabetik olarak sırayla ad verilir.

- b. Her aktivitenin tahmini süreleri (faaliyet zamanı) belirlenir.
- c. Aktivitelerin düğüm noktalarında hangi aktivitelerin birleşeceği belirlenir.
- d. Aktivitelerin tahmin edilen süreleri Pert sistemi ile en olası süre bulunur.

CPM Şebeke diyagramının hazırlanışı

	planlama konusu ACİL DURUM SİSTEM KURMA PROJELENDİRME CPM - Critical Path Method	Tarih:	Belge No:
--	---	--------	-----------

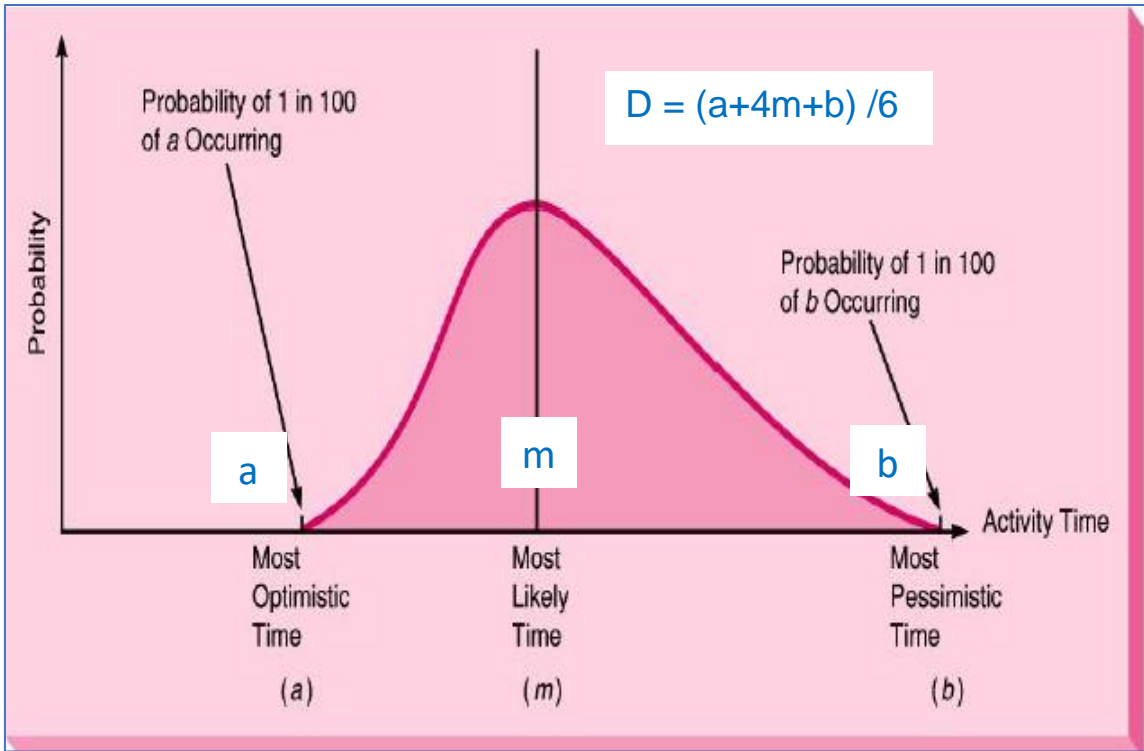
1-Aktiviteler

Aktivite Konusu	FAALİYET	ö. Faaliyet kodu	Faaliyet zamanı
A	Acil Durum Önlemi alınacak tehlikenin belirlenmesi	Başlangıç	1
B	Projede çalışacak ekibin belirlenmesi	A	3
C	Belirlenen tehlike çeşidinin önlem alınmazsa insanlara ve çevreye verceği zararın tespiti	B	2
D	Kazanın gerçekleşmesi durumunda olası hasar ve kayıpların kaza maliyeti hesabı	C	2
E	Çalışma ortamları ve bu ortamlarda çalışan sayısı	B	1
F	Çalışan özürülülerin tespiti kaçışta alınacak önlemler	E	1
G	Yapı plânının çıkarılması ve kaçış yollarının tespiti ve mesafe ve engellerin belirlenmesi	B	3
H	Binayı boşaltma süresi ve engeller ve alınacak önlemlerin belirlenmesi	G	2
İ	Acil Durum Ekibinin belirlenmesi ve görevlendirilmesi	H	3
J	Verilecek Eğitimlerin hazırlanması	H	5
K	Talimatların hazırlanması	J	2
L	Uyarı ve yönlendirme işaretlerini şekil çeşit ve asılacağı yerlerin işaretlenip asılması	H	5
M	Acil Durum Ekibinde görev alacak elemanların görev yetki ve sorumluluklarının yazılması	H	5
N	Eğitimlerin verilmesi	I	2
O	Uyarı ve yön levhalarının belirlenmesi ve yaptırılması yerlerine asılması	L	10
P	Tatbikat prosedürünün yazılması ilgililere imza karşılığı verilmesi	N, O	2
Q	Acil Durum toplantı sahasının belirlenmesi ve uygun hale getirilmesi	N, O	4
R	Tatbikatlarda kontrol ve ölçüm noktalarının belirlenmesi kontrol formlarının hazırlanması	N, O	2
S	Tatbikat sonucu raporlama için çeklist ve form hazırlanması	R	2
T	Acil Durum toplantı sahasını belirleyici ve yön levhalarının takılması	Q	2

PERT YÖNTEMİ

PERT metodu

PERT (Program Evaluation and Review Technique) Performans Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği anlamına gelir ve ABD Deniz Kuvvetleri tarafından geliştirilen bir tahmin yöntemidir. Bir tahmin her zaman belirli bir aralıkta belirli bir olasılıkla olan bir yaklaşımdır.



Görsel 3C-11

Burada aktivitelerin sürelerinin en olası süreleri hesaplama yöntemi anlatılmıştır.

Her aktivitenin en olası süresini bulmak için üç senaryo geliştirilir, Süresi belirlenecek aktivite için üç tahminde bulunulur.

- **İyimser (a)** – her şey sorunsuz engelsiz gerçekleşmesi halinde tahmini süre,
- **Gerçekçi (m)** – bilinen şartlarda gerçekleşme süresi olarak tahmin süresi,
- **Kötümser (b)** – olabilecek sorunların gerçekleşmesi halinde tahmini süre,

Her üç değerinde tahmin edilen tahmini süreler aşağıdaki formül ile en olası süre bulunur.

- Faaliyetin ortalama beklenen süresi: **$D = (a+4m+b) / 6$**

Örnek: Herhangi bir aktivite için düşünülen değerler şöyledir,

İyimser olarak **a= 3 gün,**

En kötümser tahmin **b= 15 gün,**

Düşünülen olabilir tahmin **m= 6 gün,** buna göre en olası süre kaç gündür.

$$D = (a+4m+b) / 6$$

Bu aktivenin en olası süre durumu için $D = (3 + 4 \times 6 + 15) / 6 = 7$ saat bulunur.

Hesaplanamayan her aktivite için bu sistem ile “en olası tahmin” süreler bulunabilir.

Aktivitelerde hesaplanabilir süreler doğrudan tabloya yazılabilir. (**Görsel 3C-10**)

PERT metoduna göre örnekte bakılan aktivitenin süresi 7 gün olarak hesaplanmıştır. Bu değer plânlamada kontrol edilen aktiviteye verilecek değerdir. Eyleme yönelik aktivitelerde zaman tahmini yapılan bir şebekede aktivite zaman tahminleri, PERT yönetimi eylem sürelerinin kestirilmesinde güçlük çekilen projelerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

(**Görsel 3C-11**)

Belirlenen bu değerlere göre Aktivite isimleri, faaliyetler, öncelik aktivitelerin faaliyet kodları, Pert metodu ile bulunan faaliyet zamanlarının yazıldığı tablo hazırlanır.

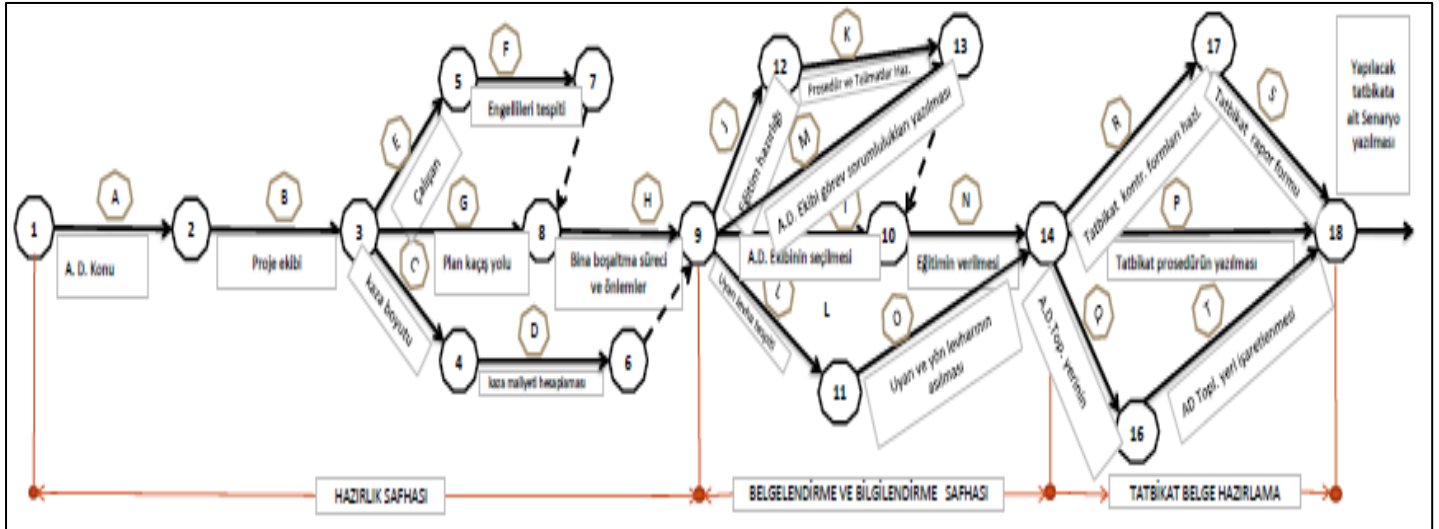
CPM/PERT ortak altı adım

Bilgiler (**Görsel 3C-10**) tablodaki hücrelere tamamı yazılır ve bu bilgilere göre çizilecek CPM diyagram aşağıdaki adımlar takip edilir.

- 1) Projeyi, sınırlarını belirle ve önemli faaliyetleri tanımla,
- 2) Faaliyetler arası ilişkileri tanımla. (Hangi faaliyet hangi faaliyetten sonra gelecek)
- 3) Öncelik ilişkilerini belirle, (hangi faaliyet hangi faaliyetten önce gelecek)
- 4) Aktiviteler Ağını çiz,
- 5) Faaliyetler için yapılma süresi ve/veya maliyeti tahmini et,
- 6) Ağdaki en uzun yolu (kritik yol) hesapla ve belirle,

Belirlenen bu Aktivitelere ve durumlarına göre CPM Ağı çizilir, (**Görsel 3C-12**)

- Düğüm noktalarına sıra ile numara verilir,
- Her aktivitenin adı aktivite üzerine harflerle isimlendirilir,
- Aktiviteyi sırayla takip edebilmek için üzerlerine hangi aktivite olduğu yazılır,
- Faaliyetler için yapıma süresi tahmin edilir,
- Bu tahminlerin doğruya yakın değerlerini bulmak için PERT yöntemi ile tek tek kontrol edilir. Bu yöntemin hesaplama örneği (**Görsel 3C-11**) de açıklanmıştır.
- Bu CPM uygulama dosyasını (**9D- CPM- Acil Durum hesaplama Örneği**) excel formatında (16 Sheet) dosyada görülebilir. Bu dosya (



Görsel 3C-12

Örnek olarak, (**9D- CPM- Acil Durum hesaplama Örneği**) Acil Durum sistemi kurma çalışması yapılmıştır.

Örnek olarak alınan proje çalışmalarında CPM ile öncelikle yapılacak adımların listesi çıkarılmış, aktiviteler isimlendirilip öncü ve devam eden aktivite bağlantıları tabloda belirtilmiştir. Buna göre (**Görsel 3C-12**) de görüldüğü gibi öncelikle her aktivitenin üzerine aktivitelerin ne olduğu yazılır genel kontrolden sonra,

Aktivitelere harflerle isimlendirilir hangi aktivite hangisinden sonra gelecek hangi aktivite ile bağlantısı yapılacak bağlandığı kontrol edilir, bitiminde kendisinden sonra aktivite ile bağlantısı olmayan aktivite, (Dami- Kukla) aktivite olarak bitim düğümüne bağlanır. Düğüm

noktasına bağlanmamış aktivite olamaz. Düğüm noktaları sıra ile numaralandırılır. Aktiviteler sıralanması ve bağlantıları son olarak kontrol edilir.

Düğüm noktalarındaki ES ve EF değerleri ile LS ve LF değerleri yazılması için her düğüm noktasına hücreler Yapılır. (Görsel 3C-13a) bu hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Kritik hattın bulunması

CPM: Kritik Yol Yöntemi sisteminde kritik hattı belirlemek için faaliyetlerin tamamlanma zamanlarının belirlenmesi gerekir, bunun için her aktivitenin başlama ve bitiş zamanlarının belirlenmesi gerekir. Bunun için (Görsel 3C-13a) da görüldüğü gibi öncelikle

En erken başlama ve en erken bitirme değerlerini bulmak için her aktiviteden önceki **düğüm noktasındaki değeri en büyük olanı ile aktivite değeri toplanır.**

Düğüm noktasındaki sağdaki kare içine yazılarak devam edilir.

ES= En Erken Başlama,

EF= En Erken Bitirme değerlerinin bulunması:

A aktivitesi (0) dan başlar, süresi 1 olduğu için bitişi de $0+1=1$ olur,

B aktivitenin süresi 3 olduğu için B aktivitenin bitiş süresi $1+3= 4$ olur.

C aktivitesinin süresi 2 olduğu için bitiş süresi $4+2= 6$ olur,

D aktivitesinin süresi 2 olduğu için bitiş süresi $6+2= 8$ olur, bu aktiviteye bağlı başka aktivite olmadığı için D aktivitesi "Dami" vektörü ile 9 numaralı düğüm noktasına bağlanır.

E aktivitesinin süresi 1 olduğu için $4+1= 5$ olur.

F aktivitesinin süresi 1 olduğu için $5+1= 6$ olur. F aktivitesi devamında başka aktivite olmadığı için "Dami" vektörü ile olarak 8 numaralı düğüm noktasına bağlanır.

Yine aynı 3 numaralı düğüm noktasına bağlı olan,

G aktivitesinin süresi 3 başlangıcı noktası olan 3 numaralı düğüm noktasında geline değer 4 olduğu için bu aktivitenin bitiş süresi $4+3= 7$ olur.

H aktivitesinin süresi 2 başlangıç noktasında değer 7 olduğu için $7+2= 9$ olur.

9 numaralı düğüm noktasında D aktivitesinden gelen değer 8, H aktivitesinden gelen değer ise 9 olduğu için iki değer yazılmıştır.

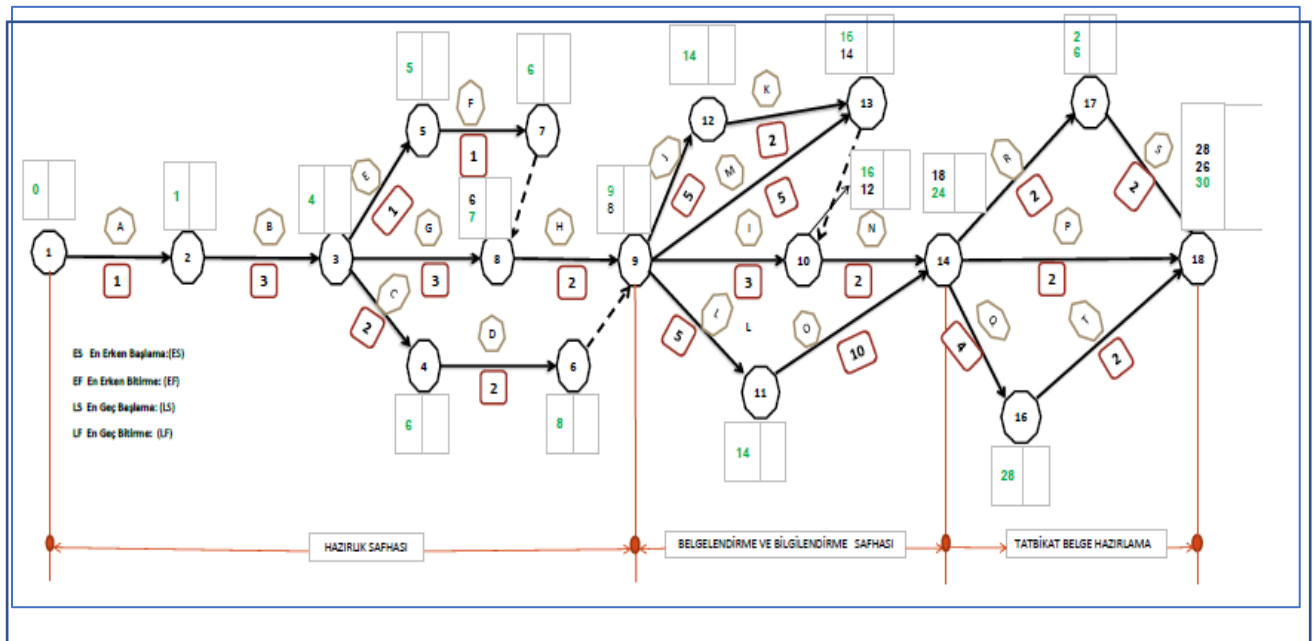
9 numaralı düğüm noktasına kadar yapılan bu işlemler diğer aktiviteler için de aynı yöntemle yapılır. En sonunda S aktivitesinden 28 değeri, P aktivitesinden gelen 26 değeri, T aktivitesinden gelen 30 değeri alır ve alt alta yazılır. (28, 26, 30)

Örneği aşağıda verilmiştir.

Burada bulunan değerler,

Her aktivitenin en erken ne zaman başlayabileceğini ve

En erken ne zaman bitirmesi gerektiğini belirtir. (Görsel 3C-13a)



Görsel 3C-13a

Burada da aktivitenin en geç ne zaman başlayabileceğini ve en geç ne zaman bitebileceğini belirtir. Bu işlemi hesaplamak için en son bitiş süresindeki en son bitiş zamanı alınır bu değerden ve her aktivitenin süresi çıkarılarak aktivite başlangıcındaki sağdaki kutucuğa yazılır. Bu işlemin devamında aktivitenin bitimindeki sağdaki kutucuktaki En küçük değer alınır ve bu değerden aktivitenin süresi çıkarılarak aktivite başlangıcındaki sağdaki kutucuğa yazılır.

Örneği aşağıda verilmiştir.

LS= En Geç Başlama:

LF= En Geç Bitirme: değerlerinin bulunması:

Bunun için (**Görsel 3C-13b**) de görüldüğü gibi bu kez en sondan hesaplamaya başlanır. Aktivitelerin bitim noktasında bulunan 28, 26, 30 değerlerinden en büyük olan 30 değeri alınarak başlanır. Bu değer projenin bitim süresidir.

Burada bu 30 değerinden aktivite süresi çıkarılarak geç başlama değeri birleşim noktasındaki kutunun sağındaki kutu içine kırmızı ile kaydedilir. Bu işlemlerde düğüm noktasındaki en küçük değerler alınır. Geriye doğru gelinirken aktivite değerleri çıkarılarak ilerlenir. S aktivitesinden başlayalım.

S aktivitesinin süresi 2 olduğu için $30-2=28$ olur. (17 numaralı düğüme 28 yazılır)

R aktivitesinin süresi 2 olduğu için $28-2=26$ olur. (14 numaralı düğüme 26 yazılır.)

P aktivitesinin süresi 2 olduğu için $30-2=28$ olur. (14 düğüm noktasına 28 yazılır)

T aktivitesinin süresi 2 olduğu için $30-2=28$ olur. (16 düğüm noktasına 28 yazılır)

Q aktivitesinin süresi 4 olduğundan $28-4=24$ olur. (14 düğüm noktasına 24 yazılır.)

14 numaralı düğüm noktasında 26, 28, 24 değerleri bulunmuş olur. Geri giderken 14 numaralı düğüm noktasındaki en **küçük değer olan 24 değeri** alınır.

N aktivite süresi 2 olduğu için $24-2=22$ olur. (10 düğüm noktasına 22 yazılır.)

Dami aktivitesi başlangıcına da 22 değeri yazılır.

I aktivite süresi 3 olduğu için $22-3=19$ olur. (9 numaralı düğüm noktasına 19 yazılır)

O aktivite süresi 10 olduğu için $24-10=14$ olur. (11 düğüm noktasına 14 yazılır)

L aktivite süresi 5 olduğu için $14-5=9$ olur. (9 numaralı düğüm noktasına 9 yazılır)

M aktivite süresi 5 olduğu için $22-5=17$ olur. (9 numaralı düğüm noktasına 17 yazılır)

K aktivite süresi 2 olduğu için $22-2=20$ olur. (12 numaralı düğüm noktasına 20 yazılır)

J aktivite süresi 5 olduğu için $20-5=15$ olur. (9 numaralı düğüm noktasına 15 yazılır)

9 numaralı düğüm noktasındaki 15, 17, 19, 9 değeri yazılmış olur. Geri giderken 9 numaralı düğüm noktasındaki en küçük değer olan 9 değeri alınır.

H aktivite süresi 3 olduğu için $7-3=4$ değeri bulunur. (3 düğüm noktasına 4 yazılır)

Dami aktivitesi başlangıcına da 7 değeri yazılır.

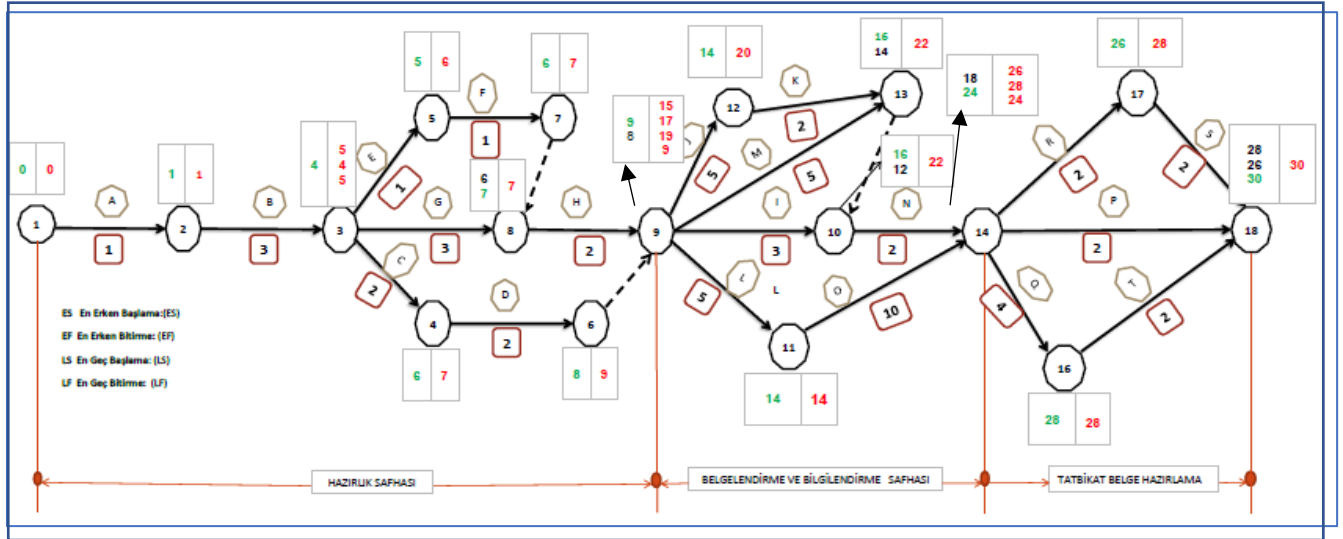
G aktivite süresi 2 olduğu için $9-2=7$ değeri bulunur. (8 düğüm noktasına 7 yazılır)

B aktivite süresi 3 olduğu için $4-3=1$ değeri bulunur. (2 düğüm noktasına 1 yazılır)

A aktivite süresi 1 olduğu için $1-1=0$ değeri bulunur. (1 düğüm noktasına başlangıçtır)

Dami (gölge) aktivite değerleri de başlangıcındaki değerleri alır. (Görsel 3C-13 b)

Düğüm noktalarına yazılan EF ile LS değerlerinin eşit olduğu yerlerden yani hiç bolluk olmayan düğüm noktalarından Kritik hattın geçtiği bilinmektedir.



Görsel 3C-13b

Kritik hattın bulunması

ES ve EF: en erken başlama ve en erken bitirme değerlerini bulmak için, düğüm noktasında sol kutucuktaki değere **aktivite değeri eklenerek** bir sonraki düğüm noktasına yazılır. Eğer düğüm noktasında birden fazla değer varsa **değerlerin en büyüğü** alınarak devam edilir.

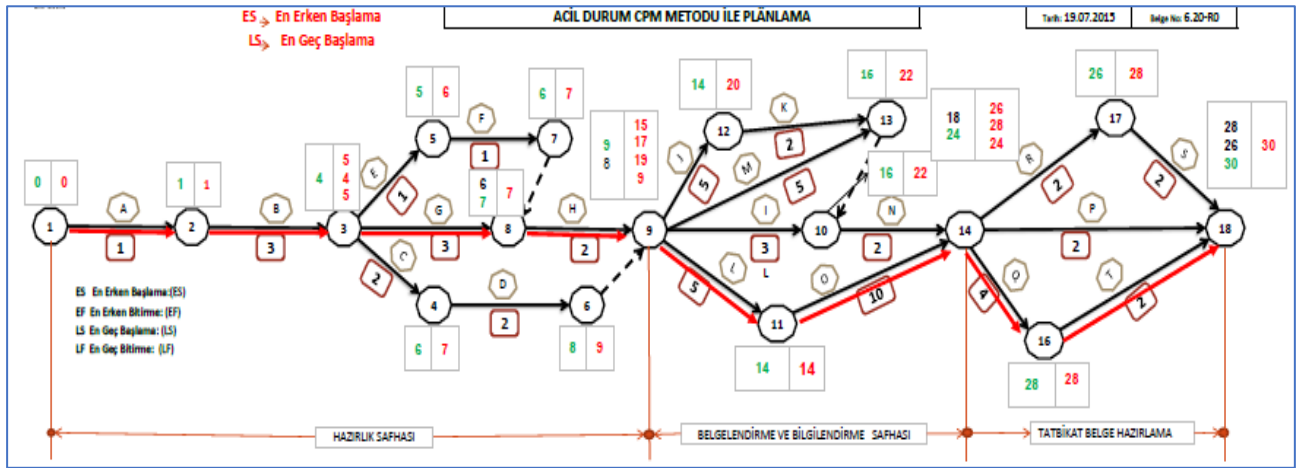
LS ve LF: en geç başlama ve en geç bitirme değerlerini bulmak için, düğüm noktasında sağdaki kutucuktaki değerden **aktivite değeri çıkarılarak** bir sonraki düğüm noktasına yazılır. Düğüm noktasında eğer birden fazla değer varsa **değerlerin en küçüğü** alınarak devam edilir.

Bütün bu işlemlerin ana hedefi bir projede “kritik hat ve bollukların bulunduğu aktivitelerin tespit edilmesidir. Böylece hangi işlemlerdeki süreler dikkat etmemiz hangi işlemlerdeki süre bolluklarını nasıl planlanacağı bulma imkânımız olur.

Aşağıda (Görsel 3C-13 c) de görüleceği gibi düğüm noktalarında en erken başlama ve en geç bitirme değerler eşit olan düğüm noktalarından **kritik hat** geçer. Bu kritik hat üzerinde bulunan aktivitelerde, çalışmalarda meydana gelen en küçük bir gecikme proje bitim süresinde de o kadar gecikmeye neden olur.

Burada görüleceği gibi **Kritik hat** Düğüm noktalarında EF ve LF değerleri aynı olan kritik hat noktalarından geçen hattır. Bu Düğüm noktaları ise 1, 2, 3, 8, 9, 11, 14, 16 ve 18 dir.

Burada kritik hat kırmızı hat olarak işaretlenmiştir. (Görsel 3C-13c)



Görsel 3C-13c

Bu görüntüler Excel olarak (9D- CPM- PERT- GANT uygulamaları) dosyasında her adım ayrı ayrı gösterilmiştir.

Acil durum plânlama değerleri tablo halinde gösterilmesi

Örnek olarak yapılan bu Acil Durum hazırlık projesinde CPM grafiğinde hazırlık çalışmasından sonra acil durum sisteminin kurulma süresinin 30 gün olarak bulunduğu görülmüştür.

Yapılan bu CPM çalışmasının sonucu tablo halinde (Görsel 3C-14) te verilmiştir. Burada “aktivite bolluk değerleri” kolonunda verilmiştir.

Kritik hat üzerinde olan aktiviteleri kırmızı ile gösterilmiştir. Diğer aktivitelerde olan bolluk süreleri ayrıca belirtilmiştir.

Kritik hat üzerinde bulunan aktiviteler kırmızı olarak işaretlenmiştir.

Dami (kukla) olan aktiviteler ise gri olarak işaretlenmiştir.

Diğer aktivitelerdeki bolluk değerleri düğüm noktasından düğüm noktasına olan **serbest bolluk süreleri** rakamsal olarak verilmiştir.

Yapılan plânlama sonucunda harcanan toplam Adam X Gün sayısı 59 olarak bulunmuş, CPM sistemi ile yapılan çalışmada projenin bitirilme süresini 30 gün olarak bulunmuştur.

En Erken Başlama: Bir eylemin başlayabileceği en erken gün veya tarihtir. (ES)

En Erken Bitirme: En erken başlama gün ve tarihinden başladığı varsayılan bir eylemin veya eylemlerin bitmesini izleyen ilk gündür. (EF)

En Geç Başlama: İzleyen eylemlerde bir gecikme olmaması için eylemin başlayacağı en geç gün veya tarihtir. (LS)

En Geç Bitirme: En geç başlama zamanında başladığı varsayılan bir eylemin kapsadığı tüm işlerin bitmiş olması gereken gün ve tarihtir. (LF)

Aşağıdaki faaliyetler CPM diyagramında proje bitirme süresi 30 gün olarak bulunmuştur	Düğüm noktaları	Öncelik aktivite	Aktivite adı	Faaliyet için harcanan AxS	ES en Erken başlama zamanı	EF en Erken bitiş zamanı	LS en geç başlama zamanı	LF en geç bitiş zamanı	Aktivite Bolluk Değerleri
Acil Durum Önlemi alınacak tehlikenin belirlenmesi	1 - 2	-	A	1	0	1	0	1	0
Projede çalışacak ekibin belirlenmesi	2 - 3	A	B	3	1	4	1	4	0
Belirlenen tehlike çeşidinin önlem alınmazsa insanlara ve çevreye vereceği zararın tespiti	3 - 4	B	C	2	4	6	4	6	1
Kazanın gerçekleşmesi durumunda olası hasar ve kayıpların kaza maliyeti hesabı	4 - 6	C	D	2	6	8	7	9	
Kukla (Dami)	6 - 9	C	KL	0	8	8	8	8	
Çalışma ortamları ve bu ortamlarda çalışan sayısı	3 - 5	B	E	1	4	5	4	5	3
Çalışan özürülülerin tespiti kaçışta alınacak önlemler	5 - 7	E	F	1	5	6	6	7	
Kukla (Dami)	7 - 8	F	KL	0	6	6	6	6	
Yapı plânının çıkarılması ve kaçış yollarının tespiti ve mesafe ve engellerin belirlenmesi	3 - 8	B	G	3	4	7	4	7	0
Binayı boşaltma süresi ve engeller ve alınacak önlemlerin belirlenmesi	8 - 9	G	H	2	7	9	7	9	0
Acil Durum Ekibinin belirlenmesi ve görevlendirilmesi	9 - 10	H	İ	3	9	12	13	16	10
Eğitimlerin verilmesi	10 - 14	I	N	2	16	18	22	24	
Verilecek Eğitimlerin hazırlanması	9 - 12	H	J	5	9	14	9	14	8
Talimatların hazırlanması	12 - 13	J	K	2	14	16	14	16	
Acil Durum Ekibinde görev alacak elemanların görev yetki ve sorumluluklarının yazılması	9 - 13	H	M	5	9	14	11	16	2
Kukla (Dami)	13 - 10	K, M	KL	0	16	16	16	16	
Uyarı ve yönlendirme işaretlerini şekil çeşit ve asılacağı yerlerin işaretlenip asılması	9 - 11	H	L	5	9	14	9	14	0
Uyarı ve yön levhalarının belirlenmesi ve yapılması yerlerine asılması	11 - 14	L	O	10	14	24	14	24	0
Tatbikat prosedürünün yazılması ilgililere imza karşılığı verilmesi	14 - 18	N, O	P	2	24	26	28	30	4
Tatbikatlarda kontrol ve ölçüm noktalarının belirlenmesi kontrol formlarının hazırlanması	14 - 17	N, O	R	2	24	26	24	26	2
Tatbikat sonucu raporlama için çeklist ve form hazırlanması	17-18	R	S	2	26	28	28	30	
Acil Durum toplantı sahasının belirlenmesi ve uygun hale getirilmesi	14 - 16	N, O	Q	4	24	28	24	28	0
Acil Durum toplantı sahasını belirleyici ve yön levhalarının takılması	16 - 18	Q	T	2	28	30	28	30	0
Toplam harcanan				59	AxS				

Görsel 3C-14

GANTT "General Agreement on Tariffs and Trade"

Henry Laurence Gantt 1861- 1919 Makine Müh. bilimsel yönetimci,

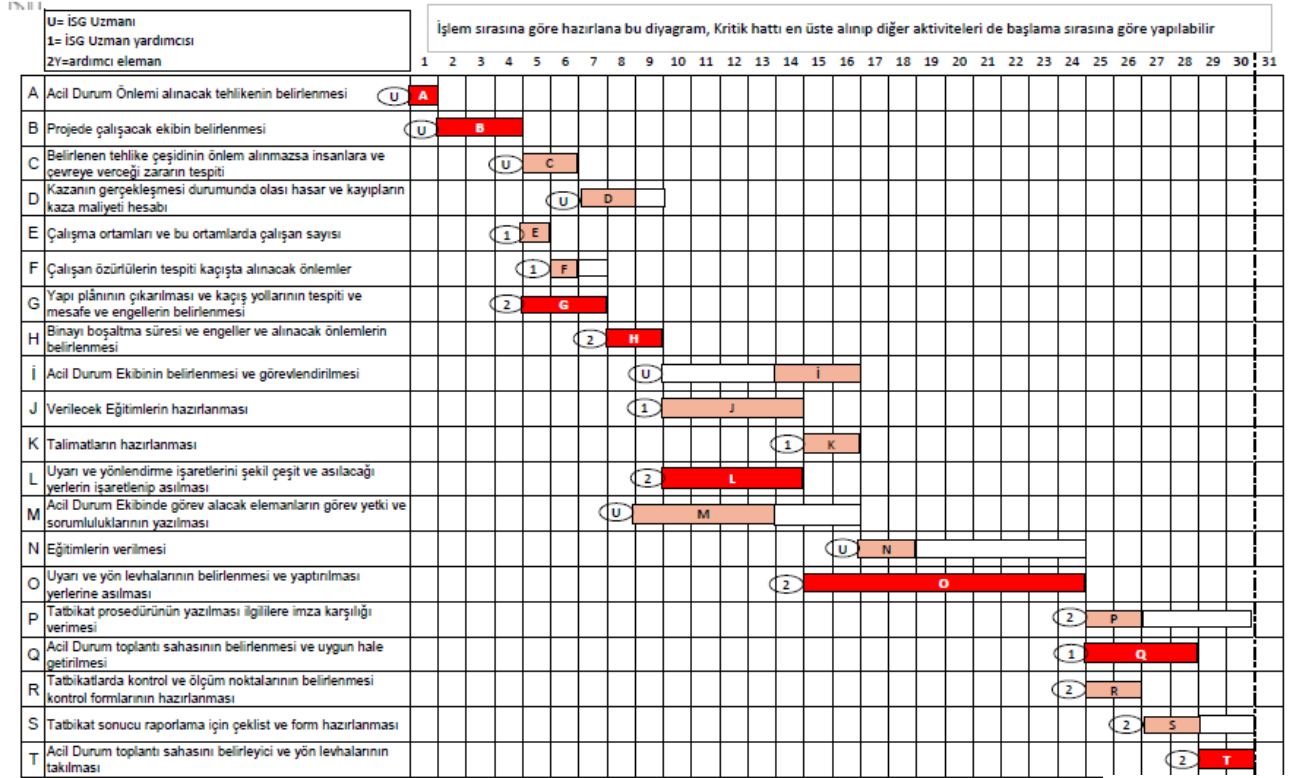
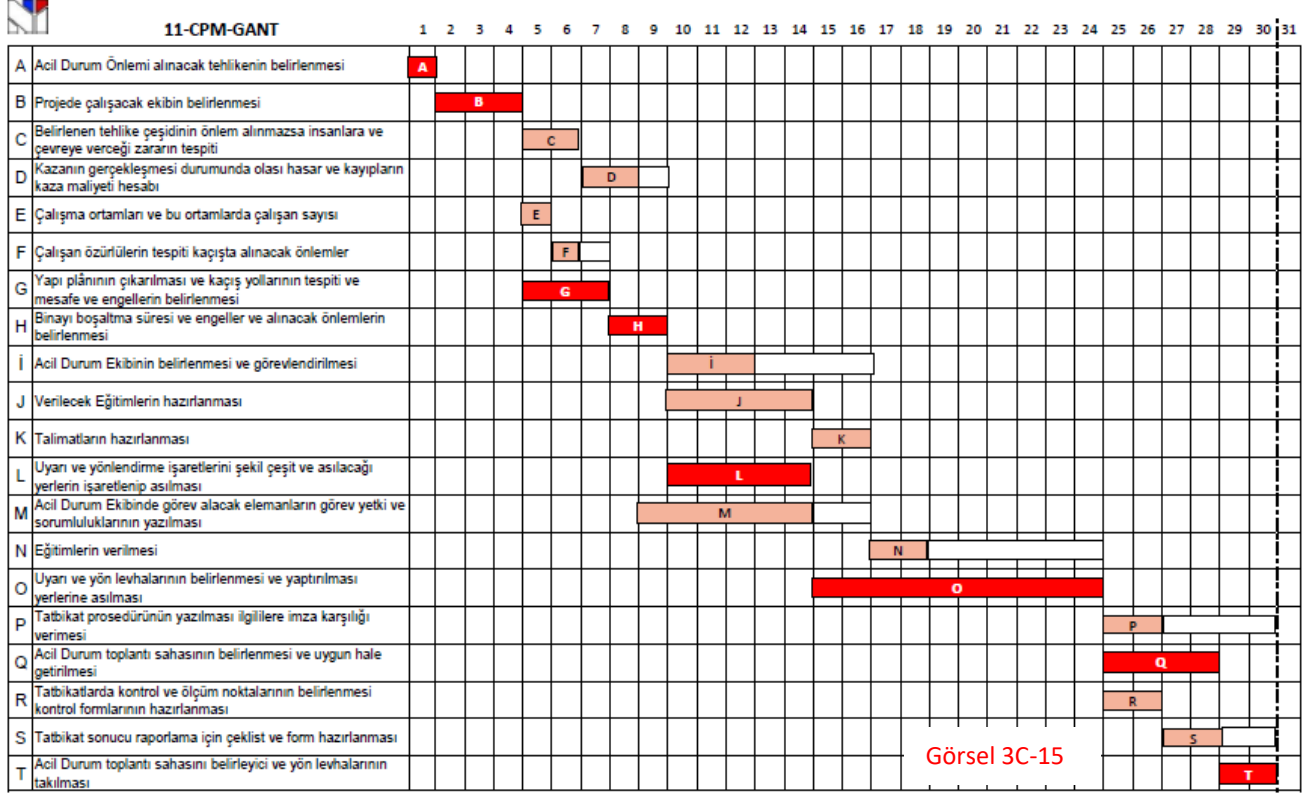
Gantt çizelgesi, Henry Gantt tarafından tasarlanan, iş yönetiminde zaman plânlamasını sağlamaya yönelik oluşturulmuş bir diyagramdır.

Acil Durum için uygulanan CPM sisteminin sahada çalışanların rahat bir şekilde takip ve uygulayabilmesi için aynı isimli ve kodlu aktivitelerin GANTT (çubuk diyagram) sistemi ile görünümü (Görsel 3C-15) de gösterilmiştir.

Gantt Şeması, proje yöneticileri için Projelerini plânlamak, projenin zamanlamasını ayarlamak, kaynakları belirlemek ve projenin yönetimini sağlamak amacıyla tasarlanan, bir işe başlamadan önce bir başka işin bitirilmesi gerektiği durumu gösteren bir diyagramdır.

- **İnsanın kaydı:** her çalışanın ne yapması gerektiğini ve ne yaptığını belirten verileri.
- **Günlük çalışma dengesi:** yapılan çalışmanın miktarını, süresini ve yapılması gereken ortalamayı. Gösterir. (Görsel 3C-16)
- **Görev Listesi:** Çizelgenin sol tarafında yer alır. Burada aktivitelerin yanlarına işin gereği gerektiren bilgi ve beceriye göre elamanlar belirlenerek aktivitelerin sol tarafına yazılmıştır. İşaretlenmiştir. (**U**= İGU), (**1**= Yrd 1), (**2**, Yrd 2) şeklinde işaretlenmiştir.
- **Zaman Çizelgesi:** çizelgenin sol tarafında aktiviteler, sağ tarafında takvim çizelgesi üzerinde, tarih, süre ve bolluk durumları görev çubukları ile gösterilir. Çubuğun konumu ve uzunluğu, görevin başlangıç tarihini, süresini ve bitiş tarihini yansıtır.
- **Deterministik¹ bir Yaklaşım** projenin farklı tarihlerde tamamlanma olasılıklarını hesaplamak, arada oluşacak aksamaların sonuca etkisini hemen görebilmek, zaman bolluklarını bularak insan, zaman ve makine plânlamaları daha ekonomik durum yaratma imkânlarını verir.
- **Serbest Bolluk:** Bir işin herhangi bir gecikme olmadan bitiminin ardından hemen diğer işin takip edilmesinin arasında geçen süre olduğu bilinmektedir. Başlama zamanının ne kadar ertelenebileceğini de ifade eder.
- **Aktivite bağlantıları:** Birbirine bağlı görevler var ise, Gantt çizelgesinde CPM grafiğinde görülen bağlantı özelliğini kullanarak birbirine bağlantıları da yapılabilir.

¹ **Determinizm:** Gereklilik, belirlenmiş kuralların değişmezliği.



Gant grafik takip yöntemi

Çalışmalarda işlerin takibi yapılırken Gant grafiği üzerinde günlük olarak takibi yapılır, bunun için yapılan çalışmalar, sahadan gelecek günlük raporları görev çubukları üzerinde başka bir renkte işaretlenerek günlük olarak takip edilir.

Gant diyagramında Kritik hat üzerinde olan aktiviteler kırmızı kutucuk diğer aktiviteler kahverengi olarak boyanmıştır. Bitimi ve devam eden aktivitenin başlangıcı rahat bulunup takip edebilmek için (Görsel 3C-16) aktivite harf ile belirtilip bollukları da gösterilerek çizilmiştir.

Gant Saha Çalışma Takip Yöntemi

Her çalışan ekip için "Üretim kartları" hazırlayıp her gün işin ne kadarının yapıldığını bu kartlarda gösterilir. Etkinlik durumu, plânlamayı takip eden yetkiliye her gün sonunda getirmesi gerekir, yetkilinin de getirilen bu bilgiler aksatmadan günlük olarak işlemesi gerekir.

Bu aktivitelerin teknik zorluğu ve önem durumlarına göre yukarıda görüldüğü gibi elamanları her aktivite yanına **U**: İSG profesyoneli, **1**= İSG Uzman yardımcısı, **2**= Yardımcı eleman belirten olarak her aktivite yanına yazılır. Bu durum grafik (Görsel 3C-16) de görülmektedir.

Böylece her aktivitenin hangi eleman tarafından yapılacağı planlanmış olur. Bu görevlendirmelerde hangi eleman ne kadar zaman işini bitireceği plânlanmış olur.

Harcanan AxG değerleri (Görsel 3D-17) de belirtilen tabloda görülmektedir.

Bu tabloda Aktivite adı, işlevi ve faaliyet süresi (zamanı) ile projede çalışanların harcadıkları süreler ve toplamları,

İSGU İş Güvenliği Uzmanı 18 gün,


Yrd 1 İSG yardımcısı eleman 15 gün,

Yrd 2 Yardımcı eleman 26 gün zaman harcamıştır.

Toplam harcanan zaman 59 gündür. (Bu proje süresi değildir sadece harcanan mesaidir)

Bu hesaplamalar Pareto bölümünde yapılan yöntem ve değerlere benzer şekilde elemanların bürüt saat maliyetleri ile projenin toplam AxS ve maliyeti hesaplanmıştır.

Bu durum (Görsel 3C-17) tabloda görülmektedir. Burada 3 eleman toplam 59 günlük bir mesai harcayarak Projeyi 30 günde bitirdiği görülmektedir.

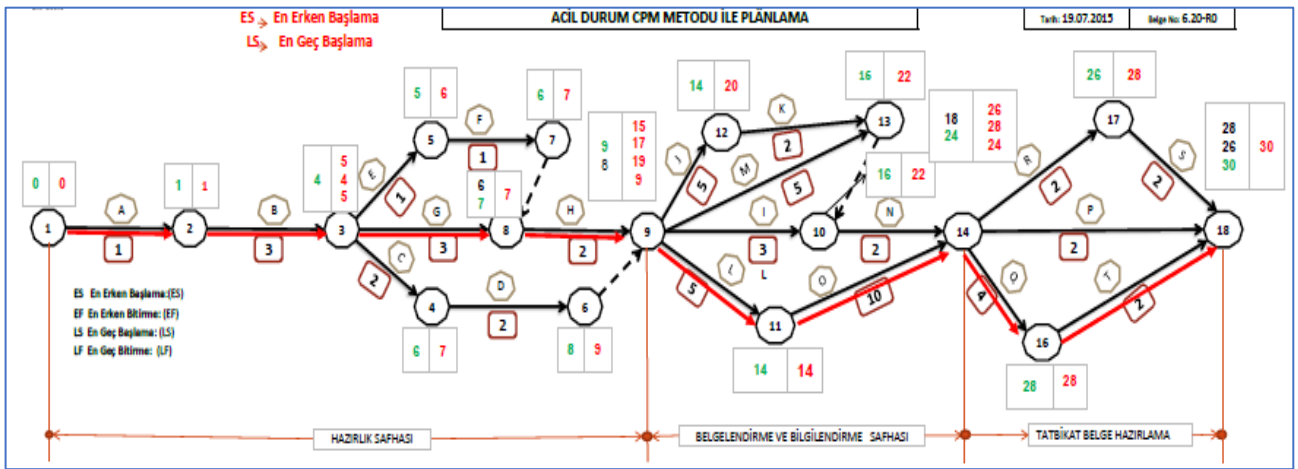
 planın konusu ÖRNEK, ACİL DURUM ZAMAN, MALİYET VE TEKNİK DURUM		Tarih: 19.07.2015		Belge No: 6.20-R0		
CPM Aktivite Adı	(Görsel 3C-20) deki CPM diyagramında Proje süresi toplam 30 gün görülmektedir.	Ön Faalyt kodu	Harcanan AxS zamanı	Sorumlular		
				18	15	26
FAALİYETLER			59	İSGU	Yrd. 1	Yrd.2
A	Acil Durum Önlemi alınacak tehlikenin belirlenmesi	-	1	1		
B	Projede çalışacak ekibin belirlenmesi	A	3	3		
C	Belirlenen tehlike çeşidinin önlem alınmazsa insanlara ve çevreye verceği zararın tespiti	B	2	2		
D	Kazanın gerçekleşmesi durumunda olası hasar ve kayıpların kaza maliyeti hesabı	C	2	2		
E	Çalışma ortamları ve bu ortamlarda çalışan sayısı	B	1		1	
F	Çalışan özürhüleri tespiti kaçışta alınacak önlemler	E	1		1	
G	Yapı plânının çıkarılması ve kaçış yollarının tespiti ve mesafe ve engellerin belirlenmesi	B	3			3
H	Binayı boşaltma süresi ve engeller ve alınacak önlemlerin belirlenmesi	G	2			2
İ	Acil Durum Ekibinin belirlenmesi ve görevlendirilmesi	H	3	3		
J	Verilecek Eğitimlerin hazırlanması	H	5		5	
K	Talimatların hazırlanması	J	2		2	
L	Uyarı ve yönlendirme işaretlerini şekil çeşit ve asılacağı yerlerin işaretlenip asılması	H	5			5
M	Acil Durum Ekibinde görev alacak elemanların görev yetki ve sorumluluklarının yazılması	H	5	5		
N	Eğitimlerin verilmesi	I	2	2		
O	Uyarı ve yön levhalarının belirlenmesi ve yaptırılması yerlerine asılması	L	10			10
P	Tatbikat prosedürünün yazılması ilgililere imza karşılığı vermesi	N, O	2		2	
Q	Acil Durum toplantı sahasının belirlenmesi ve uygun hale getirilmesi	N, O	4			4
R	Tatbikatlarda kontrol ve ölçüm noktalarının belirlenmesi kontrol formlarının hazırlanması	N, O	2		2	
S	Tatbikat sonucu raporlama için çeklist ve form hazırlanması	R	2		2	
T	Acil Durum toplantı sahasını belirleyici ve yön levhalarının takılması	Q	2			2

Görsel 3C-17

BU PROJE SÜRESİNİN KISALTIILMA KONUSU

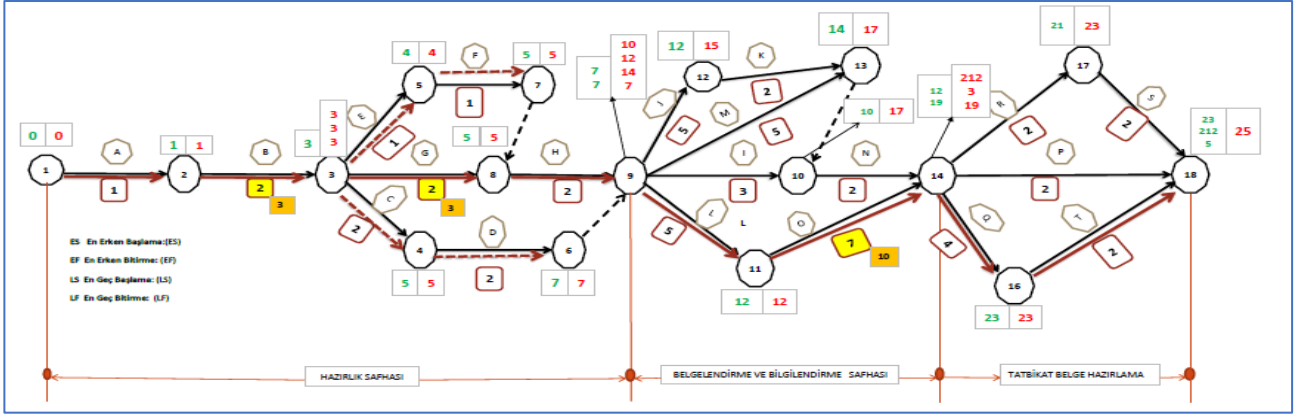
Yönetimden projenin 5 gün daha önce bitirilmesi istendiğinde kritik hat üzerinde hangi aktivitelere eleman takviyesi ile süre kısaltmasına gidilebileceği (Görsel 3C-18) araştırılır. Projenin bitirilme süresini kritik hat üzerinde ayarlamak gerekir. Takip edilecek yol,

- 1) Kısaltma ancak kritik hat üzerindeki aktivitelere sürelerinde yapılabilir, daha önce çıkarılmış olan CPM grafiği üzerinden kontrol edilir. (Görsel 3C-18)
- 2) Süre kısaltmaları, bolluğu olan aktiviteye bağlı olan "B", "G" ve "O" kritik hat üzerindeki aktivitelere kısaltma yapılabilir, bunun için,
 - a) Kritik hat Aktivitesi olan "B" nin bağlı olduğu "E" de ($6-5=1$), "C" de ($7-6=1$) bolluk var, burada "B" aktivitesinde 1 gün kısaltılabilir,
 - b) Kritik hat Aktivitesi olan "G" nin bağlı olduğu "H" aktivitesi ve "Dami" 1 günlük bolluk var, diğer "C" ve "D" aktiviteleri "Dami"ye bağlı, burada da 1 günlük bolluk var ve "G" aktivitesi 1 gün kısaltılabilir. Ancak bu kısaltmalar yapıldığında bu iki kol da kritik duruma girer. Yani bolluğu olmayan aktiviteler oluşuyor ve dikkat edilmesi gerekir.
 - c) Kritik hat üzerinde olan "O" aktivitesinde ($10-7=3$), burada da 3 günlük kısalma sağlanır.
 - d) Bu çalışmayı (Görsel 3C-19) da "B" aktivitesinde 3 yer 2 gün, "G" aktivitesinde 3 yerine 2 gün ve "O" aktivitesinde 10 yerine 7 gün yaparak istenen 5 günlük süre kısaltması sağlanmış olur.
 - e) Ancak çalışmada "E" ve "C" kollarında süre kritik hale geldiği görülür. Bu kollarla yapılacak çalışmalarda sürelerin kritik olduğu bilinciyle hareket edilir.



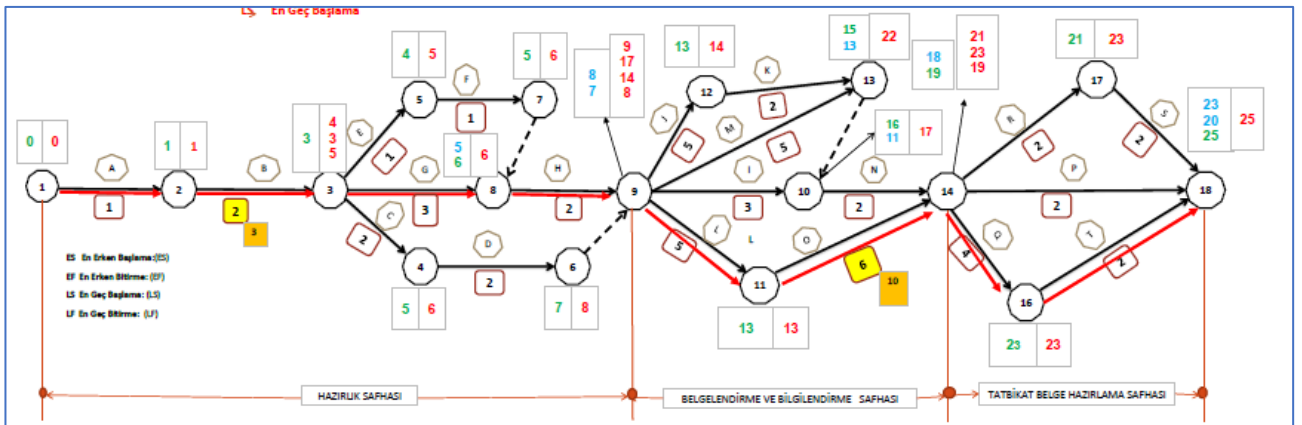
Görsel 3C-13c

Görsel 3C-18



Görsel 3C-19

- Yapılan bu süre kısaltmasında başka kritik hatlar meydana geldiği için başka bir yol daha denenebilir. Bunun için (Görsel 3C-20) de görülen CPM diyagramındaki uygun görülen aktivitelerde elaman takviyesi ile süre kısıtlaması çalışmalarına gidilebilir.
- Süre kısaltma işlemi Kritik hat üzerinde bulunan “B” aktivitesi ve “O” aktiviteler üzerinde süre kısaltılabilir araştırması yapılabilir.
- Yapılan araştırmada
 - “B” aktivitesinde elaman takviye ile süreyi 3 gün yerine 2 güne indirebiliriz,
 - “O” aktivitesinde de elaman takviyesi ile 10 günlük süreyi 7 güne indirebiliriz. Böylece istenen 5 günlük erken bitirmeyi sağlamış oluruz.
 - “B” ve “O” aktivitelerin yapılan çalışma ile değişen düğüm noktalarındaki ES- EF ve LS- LF değerleri yeniden hesaplanır. Bulunan değerler ilgili kutucuklara yazılır.
 - Projenin bitirme süresi 30 gün yerine 25 güne indirilmiştir.
 - Bu durum (Görsel 3C-20) de Kritik hat dışındaki diğer aktivitelerde herhangi bir kritik süre oluşmadan proje 5 gün erken bitirme durumu oluşmuştur.



Görsel 3C-20

Süre kısaltılması sonucu maliyetin hesaplanması

Bazı aktivitelerde eleman takviyesi ile yapılan süre kısaltılması sonucu projede çalışanlar harcadıkları "Adam X Gün" sayısı ile maliyette olan değişikliğin hesaplanması için öncelikle sarf edilen AxG değerlerine bakıldığında (**Görsel 3C-17**) de görüldü aşağıda verilmiştir.

İSGU İş Güvenliği Uzmanı 18 gün, (U)

Yrd 1 İSG yardımcı eleman 15 gün, (1)

Yrd 2 Yardımcı eleman 26 gün zaman harcamıştır. (2)

Toplam harcanan zaman 59 gün olduğu görülmektedir.

PROJE MALİYET MUKAYESESİ													
NOT: 19.07.2015 tarihinde yapılmıştı, bu günkü USD değerine göre yeni hesaplanır													
19.07.2015 tarihinde 2,68 TL/USD						19.07.2015 tarihinde 2,68 TL/USD							
Normal süre maliyeti						Hızlandırılmış süre maliyeti							
Proje Süresi	Eleman Yevmiyesi	450 TL	350 TL	250 TL	Toplam	Proje Süresi	Eleman Yevmiyesi	450 TL	350 TL	250 TL	Toplam		
30	Eleman maliyeti	8.100	5.250	6.500	19.850	25	Eleman maliyeti	7.650	6.650	5.750	20.050		
30	Harcanan süre	18	15	26	59	25	Harcanan süre	17	19	23	59		
FAALİYET ADI	Aktv. Süresi	Uzman	Yrd. 1	Yrd. 2	Aktivite maliyeti	FAALİYET ADI	Kısalan süre	Uzman	Yrd. 1	Yrd. 2	Aktivite maliyeti		
A	1	1			450	A		1			450		
B	3	3			1350	B	1	2		1	1150		
C	2	2			900	C		2			900		
D	2	2			900	D		2			900		
E	1		1		350	E			1		350		
F	1		1		350	F			1		350		
G	3			3	750	G				3	750		
H	2			2	500	H				2	500		
I	3	3			1350	I		3			1350		
J	5		5		1750	J			5		1750		
K	2		2		700	K			2		700		
L	5			5	1250	L				5	1250		
M	5	5			2250	M		5			2250		
N	2	2			900	N		2			900		
O	10			10	2500	O	4		4	6	2900		
P	2		2		700	P			2		700		
Q	4			4	1000	Q				4	1000		
R	2		2		700	R			2		700		
S	2		2		700	S			2		700		
T	2			2	500	T				2	500		
		59				19850			5				20050

Görsel 3C-21

"B" ve "O" aktiviteleri üzerinden süre kısaltma çalışmasında maliyeti hesaplayacak olursak.

"B" "**Projede çalışacak ekibin seçilmesi**" çalışması", bu aktivitede görevli "U" uzman yanına "YRD.2" yardımcı vererek, birlikte ekip çalışması ile 1 gün süre kazancı olur, harcanan AXG Uzman 3 gün yerine 2 gün, yanına 1 gün Yrd. Verilerek müşterek çalışma ile maliyet 1350 yerine 1150 TL olur ve **200 TL kazanç** olur. (**Görsel 3C-21**)

“O” “Uyarı ve yön levhalarının belirlenmesi ve yaptırılması yerlerine takılması” bu aktivitede görevi Yrd.2 10 gün çalışmasında yanına Yrd.1 yardımcı verilip müşterek çalışmaları ile süre 6 güne indirilebilir. Böylece 4 gün kazanç olur. Harcanan AxG maliyeti Yrd.2 ve Yrd.1 toplam maliyetleri 2500 TL yerine 2900 TL olur yani 400TL zarar olur. Projede genel durum 5 gün kazanç, 400-200=200 TL maliyet artar.

SONUÇTA: 5 günlük zaman kazanımı, 200 TL maliyet artımı olmuştur. (Görsel 3C-21)

Buradaki parasal değerler 2015 döviz kurlarına göre hesaplanmıştır. (Görsel 3C-21)

Aktivite lerin işlevleri tablo (Görsel 3C-22) görülmektedir.

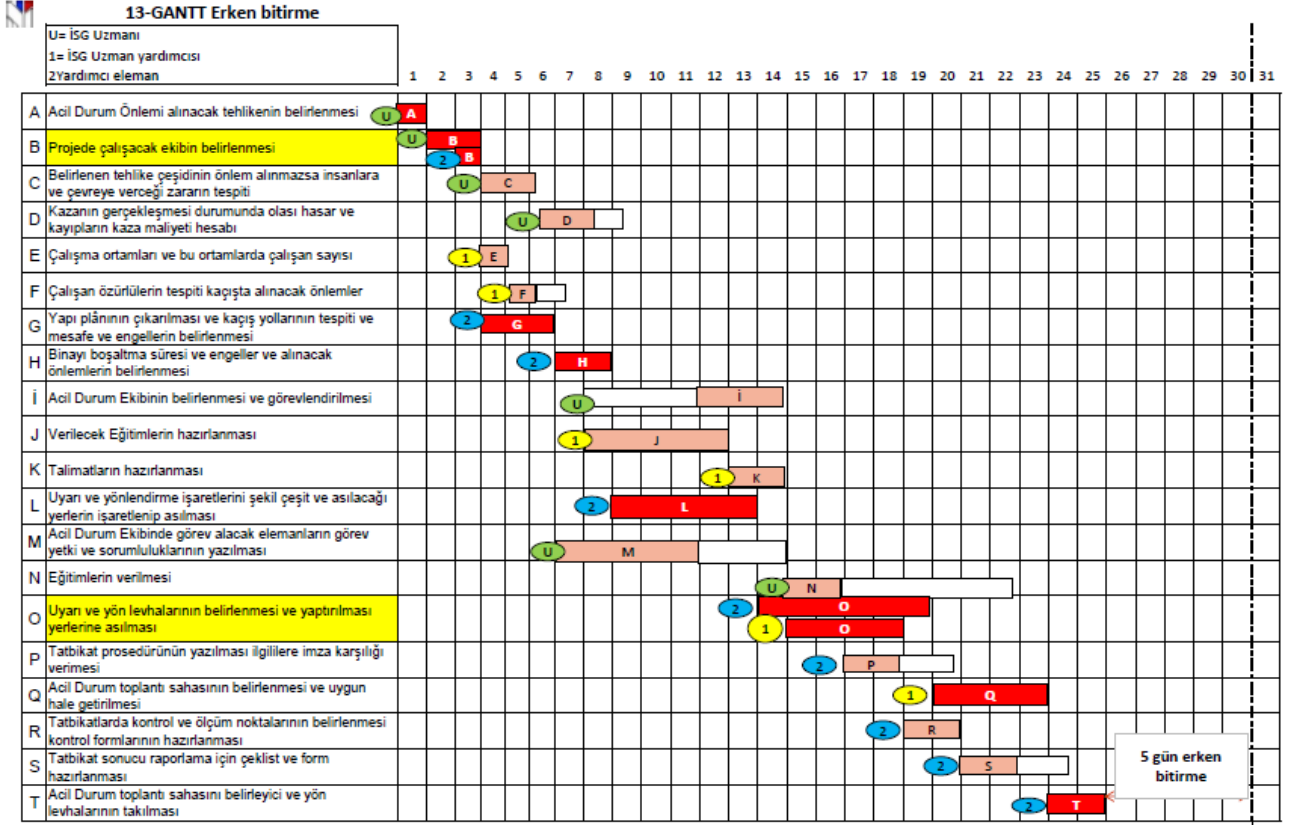
Bu çalışmalar (3C2 CPM- Acil Durum hesaplama Örneği) dosyada Excel formatında verilmiştir.

Aktivite Adı	AKTİVİTELER
A	Acil Durum Önlemi alınacak tehlikenin belirlenmesi
B	Projede çalışacak ekibin belirlenmesi
C	Belirlenen tehlike çeşidinin önlem alınmazsa insanlara ve çevreye vereceği zararın tespiti
D	Kazanın gerçekleşmesi durumunda olası hasar ve kayıpların kaza maliyeti hesabı
E	Çalışma ortamları ve bu ortamlarda çalışan sayısı
F	Çalışan özür lülerin tespiti kaçışta alınacak önlemler
G	Yapı plânının çıkarılması ve kaçış yollarının tespiti ve mesafe ve engellerin belirlenmesi
H	Binayı boşaltma süresi ve engeller ve alınacak önlemlerin belirlenmesi
I	Acil Durum Ekibinin belirlenmesi ve görevlendirilmesi
J	Verilecek Eğitimlerin hazırlanması
K	Talimatların hazırlanması
L	Uyarı ve yönlendirme işaretlerini şekil çeşit ve asılacağı yerlerin işaretlenip asılması
M	Acil Durum Ekibinde görev alacak elemanların görev yetki ve sorumluluklarının yazılması
N	Eğitimlerin verilmesi
O	Uyarı ve yön levhalarının belirlenmesi ve yaptırılması yerlerine asılması
P	Tatbikat prosedürünün yazılması ilgililere imza karşılığı verilmesi
Q	Acil Durum toplantı sahasının belirlenmesi ve uygun hale getirilmesi
R	Tatbikatlarda kontrol ve ölçüm noktalarının belirlenmesi kontrol formlarının hazırlanması
S	Tatbikat sonucu raporlama için çeklist ve form hazırlanması
T	Acil Durum toplantı sahasını belirleyici ve yön levhalarının takılması

Görsel 3C-22

Bu değişikli ği (Görsel 3C-23) de çalışan elaman yer değiştirmelerini GANT diyagramında görebiliriz.

Yeni 5 günlük süre kısaltma çalışmasının CPM diyagramı (Görsel 3C-23) te görebiliriz. Burada aktivitelerde çalışanlar statüleri renklendirilerek görülmektedir.

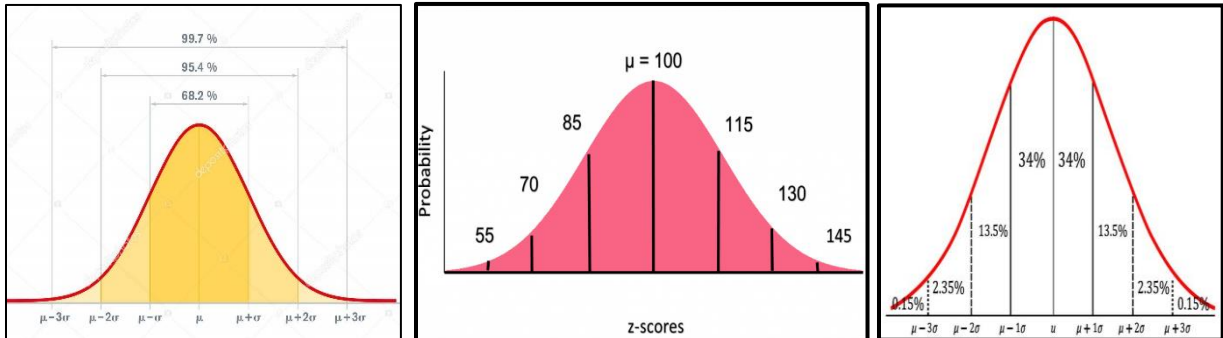


Görsel 3C-23

Bu çalışmalar (9D- CPM-PERT-GANTT uygulaması) dosyada Excel formatında hesap örneği ile gösterilmiştir.

Varyans ve standart sapma

Varyans değerlerin ne ölçekte veya ne derecede yaygın olduklarını tanımlamayı hedef alır.



Görsel 3C-24

Varyans, her bir verinin matematiksel ortalamadan farklı olduğu ortalama dereceyi ölçer. Veri setinin ortalama değer etrafındaki dağılımını ölçer, yani değişim analizi olarak, gerçekleşen ile hedeflenen veya bu yılın meydana gelen tehlikeler ile geçen yılın aynı tür tehlikelerin meydana gelme sayıları veya yıllık düşürülmesi hedeflenen tehlike sayısı ile düşürülen tehlike sayıları veya arzu edilen ve irdelenmesinde fayda görülen dönemler arasında değişimleri görme imkânı veren bir analizdir. Belirlenen hedeflerin gerçekleşen ile mukayese sonucunu verir.

Varyans Analizi- diğer adıyla **Anova (Analysis of variance)** istatistik bilim dalında, grup ortalamaları ve (gruplar içi ve gruplar arası *varyasyon* gibi) bunlara bağlı olan işlemleri analiz etmek için kullanılan bir istatistiksel modeller koleksiyonudur.

Varyans, veri olgularının nasıl dağıldığının ölçüsü içinde varyansını bulmak için,

- 1) Belirlenen periyotta meydana gelen olay sayı değerleri belirlenir,
- 2) Alınan bu olay veya kaza değerlerinin toplamı bulunur,
- 3) Alınan bu olay veya kaza değerlerinin matematik ortalaması bulunur,
- 4) Toplam değerden ortalama değer çıkarılır. (Madde 2- 3)
- 5) Bulunan bu değer karesi alınır, (Madde 2- 3)²
- 6) Hesaplamaya sokulan olay veya kaza (n) adedi bulunur,
- 7) Bulunan bu değerden 1 çıkarılır (n- 1) Bessel düzeltmesi yapılır,
- 8) Karesi alınan değer Madde 5 / (n- 1) değerine bölünür.

$$\text{Varyans} = (\text{Her olayın değer toplamı} - \text{ortalama})^2 / (n-1)$$

Örnek olarak aşağıdaki veriler ile varyasyon hesaplaması,

Veriler (7, 12, 8, 3, 2, 1, 2) ortalama $[7+12+8+3+2+1+2] = 35/7 = 5$

Toplanan sayı 35, Varyansı hesaplanan grup sayısı 7

$$\text{Varyans} = (\text{Her olayın değer toplamı} - \text{ortalama})^2 / (n-1)$$

$$35 - 5 = 30 \quad (30)^2 / (5-1) = (900) / (5-1) = 900/4 = 225^{1/2} \gg \sqrt{225} = 15$$

Belirlenen periyotlar veya muhtelif zamanlar içinde alınan verilerin değerler toplamı, veri sayılarına bölerek bulunan değer, o grubun matematiksel genel ortalama değerini verir. Bu grup değerlerin ortalama değerlerinin toplamının veri adedi 1 eksiğine bölünür.

Veriler Matematik ortalama

I- (3, 9, 5, 7) >>>>>>>>> [3+5+7+9] = 24/4 = 6

II- (7, 12, 8, 3, 9, 3) >>>> [7+12+8+3+2+1+2] = 35/7 = 5

III- (8, 11, 9) >>>>>>>>>> [8+11+9] = 28/3 = 7

Verilerin değer toplamı, 24+35+28 = 87

Verilerin ortalama toplamı,

$$6+5+7 = 18 \quad [87-18 = 69] \quad [(69^2) / (18-1) = 280] \quad \sqrt{280} = \underline{16,733}$$

Bir iş ortamında oluşan tehlikeler veya olan kazaların değerlendirilmesi için bulunan varyansın kare kökü standart sapma olarak adlandırılır; bunun ölçme birimi orijinal değişkenle aynı birimde olur.

$$\text{Varyans} = (\text{Her terimin toplamı} - \text{ortalama})^2 / (n-1)$$

Standart sapma, veri değerlerinin yayılımının özetlenmesi için kullanılan bir ölçüdür.

Matematik notasyonunda genel olarak, bir anakütle veya bir Rassal değişken dağılımı için standart sapma σ (eski Yunan harfi olan küçük sigma) ile ifade edilir;

Standart sapmanın, varyansın veri kümenizdeki tüm değerlerin yayılmasındaki tam değerine baktığı anlamına gelir.

Belli bir oluşan tehlikeleri veya meydana gelen kazalar için standart sapma değerini bilmek bir ortalama etrafında bu serinin ne kadar yayılım gösterdiğini anlamaktır.

Standart sapmanın büyük olması veri noktalarının ortalamadan daha uzak yayıldıklarını; küçük bir standart sapma ise ortalama etrafında daha çok yakın gruplaştıklarını gösterir.

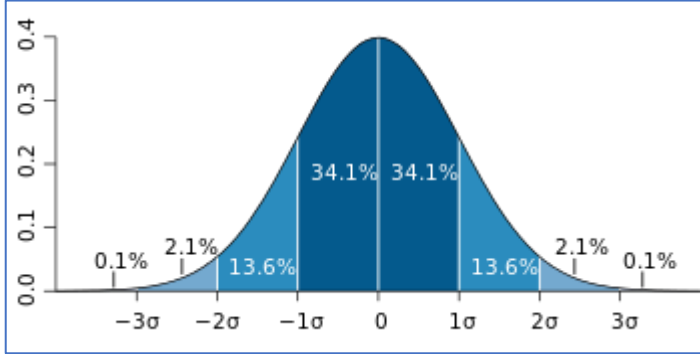
Fiziksel bilimlerde, tekrar tekrar yapılan araştırma, gözlem ve deneylerde alınan değerler ise gösterilen standart sapma olgusu ölçülmesindeki kesinlik ve doğruluğunu gösterir.

Oluşan tehlikeler veya meydana gelen kazaların olasılık tekrarı standart sapma yani Risklerin boyutunu temsil eder. Çünkü her tek bir oluşan tehlikenin veya meydana gelen kazanın Riskini tanımlar. Standart sapma ile tanımlanması ise alınacak önlemlerin

kararları için bir matematiksel temel sağlar. Eğer bir Tehlike daha yüksek kaza Riski taşıyorsa, daha üst değerde önlem almak gerekir.

Belirlenen dönemlerde her birimde oluşan tehlikelere karşı alınan önlemlerin kontrolünde tehlikeleri oluşmasında azalmalar, kazaların sıfır olması beklenen değerleri veriyorsa bu sonuçların yani varyansların karelerinin toplamının ortalamasının kare kökü, standart sapmadır ve Riski ölçer. Dönemsel karşılaştırma bu ölçülendirme ile yapılır.

Normal dağılım gösteren veriler için kurallar



Görsel 3C-25

Koyu mavi ortalamadan bir standart sapmadan daha düşük değerleri gösterir.

Normal dağılım için bu % 68,27 olur; (orta ile koyu mavi)

Ortalamadan iki standart sapma için % 95,5; (açık, orta ve koyu mavi için)

$$\text{Varyans: } \sigma^2 = [(m- a) / (n-1)]^2$$

$$\text{Standart sapma: } \sigma = (m- a) / 6$$

- Z: projenin belli bir sürede tamamlanma olasılığı
- T: projenin programlanan süresi,
- T_c: projenin beklenen bitirilme süresi
- σ_c: standart sapmayı
- $Z = (T - T_c) / \sigma_c$

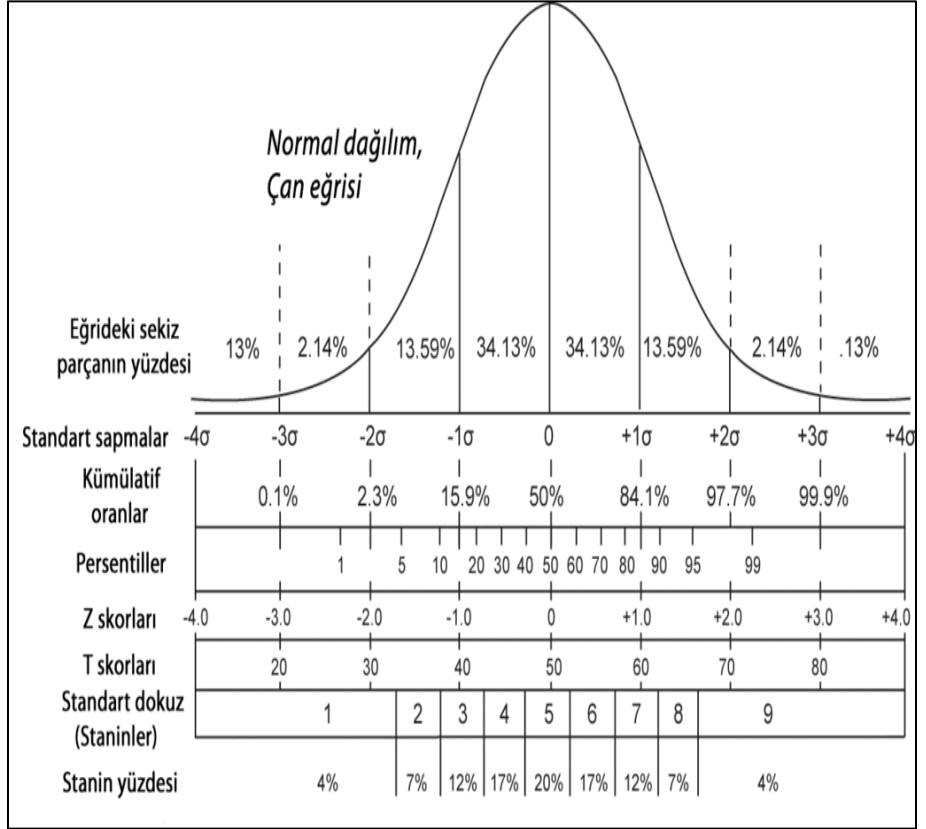
https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Standard_deviation.svg

Pratikte, çok zaman verilerin yaklaşık olarak bir normal dağılım gösteren anakütleden geldiği varsayılır. Bu varsayıma göre değerler yaklaşık %68,27 olasılıkla ortalamadan eksi ve artı bir standart sapma noktalarının arasında bulunur; ortalamadan artı ve eksi 2 standart sapma noktaları arasında %95,45 olasılıkla ve ortalamadan artı ve eksi 3 standart sapma noktaları arasında %99,73 olasılıkla bulunur.

Bu 68-95-99.7 kuralı veya bir *empirik kural* olarak bilinir.

Güvenlik aralıkları şöyle gösterilebilir:

σ	%68,26894921371
2σ	%95,44997361036
3σ	%99,73002039367
4σ	%99,99366575163
5σ	%99,99994266969
6σ	%99,99999980268
7σ	%99,99999999974



Standart sapmanın hesaplanması için bir başlangıç noktası olarak hesaplanır.

- Örneklemi analiz ederken paydada "n" yerine "n-1" kullanmaya Bessel düzeltmesi adı verilir. Örneklem, tüm ana kitlenin sadece bir tahminidir ve örneklemin ortalaması bu tahmine uyacak eğilimdedir.
- Sık sık meydana gelen kaza veya olayların şiddetinin değişkenliği standart sapmaları bularak Çan eğrisinin dikliği veya yaygınlığı ile meydana gelen tehlikelerin belirli bir sorundan mı, kontrolsüzlükten mi olduğu düşünülerek araştırma buna göre yapılır ve önlemler alınır. Eğer eğri yayvan ise, meydana gelen olayların tesadüfi durumlardan kaynaklandığı düşünülerek bu olayların neler olduğu saptanmaya çalışılır. Kazaları önlemenin tek yolu meydana oluşan tehlikelerin kök nedenlerini bularak önlem almak gerekir.
- Varyans: $\sigma^2 = [(m- a) /6]^2$
- Standart sapma: $\sigma = (m- a) /6$
- Z: projenin belli bir sürede tamamlanma olasılığı
- T: projenin programlanan süresi,



- T_c : projenin beklenen bitirilme süresi
- σ_c : standart sapmayı
- $Z = (T - T_c) / \sigma_c$

https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Standard_deviation.svg