

**DEMİRYOLLARINDA KULLANILAN HAT KAPASİTESİNİ BELİRLEYEN
METODLARIN İNCELENMESİ VE SİRKECİ-HALKALI HAT KESİMİ İÇİN
UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Eray YAVUZARSLAN

(501950207011)

98404

Tezin enstitüye verildiği tarih : 31 Mayıs 1999
Tezin savunulduğu tarih : 18 Haziran 1999

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Oral TÜMAY
Diğer jüri üyeleri : Prof. Dr. İnal Seçkin
Prof. Dr. Güngör Evren

(Handwritten signatures of Prof. Dr. Oral TUMAY, Prof. Dr. İnal Seçkin, and Prof. Dr. Güngör Evren)

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince yönlendirici fikirlerinden yararlandığım ve yakın ilgisini gördüğüm tez yöneticim Sn. Prof. Dr. Oral TÜMAY başta olmak üzere , çalışmamda kaynak temini ve sonuçların değerlendirilmesi konusunda değerli fikirlerinden yararlandığım Yıldız Teknik Üniversitesi öğretim görevlilerinden Sn. Doç. Dr. İsmail ŞAHİN 'e , tezimin düzenlenmesi konusunda her türlü desteği veren Sn. İnşaat Müh. Selçuk TÜRKSOY ve Teknik Ressam Cenk TURGUT 'a , ayrıca bana bilgi temini konusunda yardımlarını esirgemeyen TCDD I . İşletme Teknik ve İdari personeline teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Haziran 1999

Eray YAVUZARSLAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
KISALTMALAR	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
SEMBOL LİSTESİ	X
ÖZET	XII
SUMMARY	XIV
1. GİRİŞ	1
2. HAT KAPASİTESİ ÜZERİNE GENEL ESASLAR	3
2.1. Hat ve hat sayısı :	3
2.2. Hat kapasitesi :	3
2.2.1. Kabul edilebilir gecikme :	5
2.2.2. Hareket zamanı karakteristikleri :	5
2.2.3. Kontrol karakteristikleri :	6
2.2.4. Terminal karakteristikleri :	7
2.2.5. Malzeme ve bakım-onarım standartları :	8
2.2.6. Sistem elemanlarının interaktif etkisi :	8
2.3. Hat bloğu kavramı :	8
2.4. Öne geçme (siding) kesimleri :	9
2.5. Makas değiştirme kesimleri (switching)	10
2.6. Hat üzerinde çalıştırılan trenlerin birbirini takip durumları :	11
2.6.1. Aynı hızdaki trenlerin birbirini takip etmesi :	12
2.6.2. Düşük hızdaki bir treni yüksek hızlı bir trenin takip etmesi durumu :	14
3. DRS VE CTC SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNİN TANITIM VE KARŞILAŞTIRILMASI	19
3.1. GİRİŞ :	19
3.2. DRS (DÜĞME İDARELİ SİSTEM) SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ :	19
3.2.1. İç tesisat :	20
3.2.2. DIŞ TESİSAT :	21
3.2.3. Tesisatın kullanılması :	22
3.3. CTC (CENTRALIZED TRAFFIC CONTROL-MERKEZİ TRAFİK KONTROL) SİSTEMİ:	25
3.3.1. CTC sisteminin işleyişi :	27
3.3.1.1. Telefon sistemi :	27
3.3.1.2. Pano sistemi :	27
3.3.1.3. Sinyal sitemi ve şekilleri :	28
3.3.1.4. Sinyal renk bildirileri :	29
3.4. SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI :	30
4. UIC (ULUSLARARASI DEMİRYOLLARI BİRLİĞİ) MASTER PLANINA GÖRE KAPASİTENİN TAYİNİ	33
4.1. GİRİŞ :	33
4.2. Metodun Prensipleri :	33
4.3. Hesap metodu :	34
4.3.1. Temel bilgilerin tanımları :	34

4.3.1.1. Kapasite :	34
4.3.1.2. Hat :	35
4.3.1.3. Hat sektörü :	35
4.3.1.4. Hattın determinant sektörü (Belirlenmiş sektörü):	36
4.3.2. Kapasitenin formüle edilerek hesaplanması :	36
4.3.3. Referans periyodu (T) :	36
4.3.4. Minimum tren takip aralığı zamanının ortalama süresi (t_{fm}):	37
4.3.5. Seyir programına bağlı metod :	37
4.3.5.1. Takip aralıklarının belirlenmesi :	38
4.3.4.2. Tek yönlü işletmede minimum tren takip aralıkları süresinin hesabı	40
4.3.4.3. Çift yönlü işletmede minimum tren takip aralığı süresinin hesabı :	45
4.3.4.4. Grafik metodun tatbiki :	48
4.3.5. Seyir programına bağlı olmayan metod :	48
4.3.6. Extra zaman toleransı (t_r):	50
4.3.7. Ek zaman t_{zu} :	50
4.3.8. TEK YÖNDE İŞLETİLEN HATTIN BİR BÖLÜMÜNÜN KAPASİTE HATTI ÖRNEKLERİ :	51
4.3.8.1. Takip aralıklarının ortalama süresi (t_{fm})' nin hesabı :	52
4.3.9. UIC KODUNUN SİRKEÇİ-HALKALI ARASI BANLİYÖ GÜZERGAHINA UYGULANMASI :	65
5. DETERMİNİSTİK YÖNTEMLE KAPASİTE HESABININ YAPILMASI	77
5.1. Giriş :	77
5.2. Bu yöntemle çift hatlı (tek yönlü) işletmelerde minimum izleme sürelerinin hesaplanması :	77
5.2.1. Grafik yöntem :	77
5.2.2. Hesap yöntemi :	80
5.3. Tek hatlı-iki yönlü işletmede minimum izleme süresinin hesabı :	83
5.3.1. Grafik yöntem :	84
5.3.2. Hesap yöntemi :	84
5.4. Ortalama minimum izleme süresi :	87
5.4.1. Çift hatlı – tek yönlü işletmede ortalama minimum izleme süresi :	87
5.4.1.1. Orere bağlı yöntem :	88
5.4.1.2. Orerden bağımsız yöntem :	88
5.5. Tampon süre :	89
5.5.1. İzleme gecikmelerinin sınırlandırılması için gerekli tampon sürenin belirlenmesi:	90
5.6. Güzergah başlangıcındaki gecikmelerin ortalaması :	91
5.7. Güzergah başlangıcındaki gecikmeye rastlama olasılığı :	92
5.7.1. İzin verilen izleme gecikmelerinin toplamı :	92
5.8. Gerekli ortalama tampon sürenin grafik olarak elde edilmesi :	92
5.9. Gerekli ortalama tampon sürenin hesap yoluyla elde edilmesi :	94
5.10. Karşılaşmaların sıklığını sınırlamak için ortalama tampon sürenin hesabı :	94
5.11. Hesap kapasitesinin hesabı :	98
5.12. Özel durumlardaki hat kapasitesinin hesabı :	98
5.13. Minimum hat kapasitesinin hesabı :	99
5.14. Çalışmaları nedeniyle sınırlandırılmış hat kapasitesinin hesabı :	101
5.15. Saatlik hat kapasitesinin hesabı :	104
5.16. Sabit Tampon Süreli Saatlik Hat Kapasitesinin Hesabı :	106

5.17. BU YÖNTEM YARDIMIYLA HALKALI-SİRKECİ ARASI KAPASİTE	
HESABININ YAPILMASI :	108
5.17.1. Minimum izleme sürelerinin bulunması :	110
5.17.2.Ortalama minimum izleme süresinin hesabı :	113
6. SONUÇ VE ÖNERİLER :	123
KAYNAKLAR	127
EKLER	128
ÖZGEÇMİŞ	158



KISALTMALAR

UIC	: Union Internatinal des Chemins defer (Uluslararası demiryolları Birliği)
DRS	: Düşme Rehberli Sistem
CTC	: Centralized Traffic Control (Merkezi Trafik Kontrol)
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
MGD	: Makas Grup Düşmesi
Bkz.	: Bakınız.

TABLolar LİSTESİ :

	<u>Sayfa no:</u>
Tablo 4.1. Tek istikamette işletildiğinde ard arda giden tren takip aralıklarının matrisi.....	: 38
Tablo 4.2. Her iki istikamette işletildiğinde arka arkaya gelen tren takip aralıklarının listesi.....	: 40
Tablo 4.3. Yolların hazırlanması ve iptali ile blok bölüm tertibatlarındaki makasların işaretlere otomatik olarak bağlanması için gereken zamanlar.....	: 45
Tablo 4.4. Seyahat sürelerinin sınıflanması.....	: 52
Tablo 4.5. 12 saatlik tren işletim listesi.....	: 53
Tablo 4.6. Minimum tren takip aralığı matrisi.....	: 54
Tablo 4.7. A-B arasını kat etme süreleri.....	: 55
Tablo 4.8. Seyahat süresi $t_{1s(A)}$ 'nin bulunması.....	: 56
Tablo 4.9. Seyahat süresi $t_{1s(B)}$ 'nin bulunması.....	: 56
Tablo 4.10. Seyahat süresi t_{1R} 'nin bulunması.....	: 57
Tablo 4.11. Yardımcı değerler tablosu.....	: 58
Tablo 4.12. Minimum tren takip aralığı zamanlarının tablosu.....	: 59
Tablo 4.13. Minimum tren takip aralığı değerlerinin en son bulunan tablosu.....	: 60
Tablo 4.14. Meşguliyet zamanı matrisi.....	: 61
Tablo 4.15. Minimum izleme sürelerinin en büyük değerlerinin toplu olduğu tablo.....	: 62
Tablo 4.16. Model alınan sürelerle göre tren adetlerinin dağılım tablosu.....	: 62
Tablo 4.17. Seyir programından bağımsız metoda göre minimum izleme süreleri tablosu.....	: 63
Tablo 4.18. Trenlerin orer diyagramına göre dağılımı.....	: 66
Tablo 4.19. Model trenler.....	: 67
Tablo 4.20. Posta mevkiini kat etme süreleri.....	: 67
Tablo 4.21. Tren sayılarının matrisi.....	: 68
Tablo 4.22. Trenin $t_{1s(A)}$ değeri tablosu.....	: 69
Tablo 4.23. $t_{1s(B)}$ 'nin değerleri tablosu.....	: 70
Tablo 4.24. $t_{1R(B)}$ 'nin model trenlere göre değerlerinin tablosu.....	: 71
Tablo 4.25. Yardımcı değerler tablosu.....	: 71
Tablo 4.26. Minimum tren takip aralığı zamanları tablosu.....	: 72
Tablo 4.27. Minimum takip aralığı zamanlarının maksimum Değerleri tablosu.....	: 73
Tablo 4.28. Meşguliyet zamanı matrisi.....	: 73
Tablo 4.29. Seyir programından bağımsız minimum izleme Sürelerinin bulunması.....	: 75

Tablo 5.1. Trafiğin zayıf olduğu saatlerde trenlerin büyük tampon Sürelerinin tesadüfi yığılşmaları durumunda T_c (dak) Tren sayısının L_1 hat kapasitesine bağılı olarak bulunması.....	:	102
Tablo 5.2. Trafiğin zayıf olduğu saatlerde , trenlerin küçük tampon Sürelerinin tesadüfi yığılşmaları durumunda T_c (dak.) Süresi içindeki n_{cn} tren sayısının L_{min} hat kapasitesine Olarak bulunması.....	:	103
Tablo 5.3. Minimum izleme değerleri tablosu.....	:	113
Tablo 5.4. Gecikmeler tablosu.....	:	115
Tablo 5.5. Minimum izleme sürelerinin tablosu.....	:	119
Tablo 5.6. Minimum izleme sürelerinin tablosu.....	:	122



ŞEKİLLER LİSTESİ :

	Sayfa no:
Şekil 2.1. Bloklara göre sinyalizasyon durumları.....	: 11
Şekil 2.2. Aynı hızdaki katarların birbirlerini takip etmesi.....	: 13
Şekil 2.3. Yavaş katarı hızlı katarın takip etmesi.....	: 16
Şekil 2.4. Hızlı katarı yavaş katarın izlemesi.....	: 18
Şekil 3.1. Blok sinyallerin görünümü.....	: 23
Şekil 3.2. Sirkeci-Halkalı arası giriş ve çıkış sinyallerinin görünüşü.....	: 24
Şekil 3.3. CTC yönetmeliğine göre sinyalizasyon şekilleri.....	: 31
Şekil 4.1. Hat kapasitesinin gösterimi.....	: 35
Şekil 4.2. Tren takip aralıklarının kategorileri yada her iki yönde işletmede minimum tren takip aralıklarının süresi.....	: 39
Şekil 4.3. Minimum tren takip aralıklarının şematik gösterimi.....	: 42
Şekil 4.4. Minimum tren takip aralığı süresinin ($t_{f(bb)}$) gösterimi.....	: 46
Şekil 4.5. Minimum tren takip aralığı süresinin ($t_{f(ab)}$) gösterimi.....	: 47
Şekil 4.6. Minimum tren takip aralığı süresinin ($t_{f(aa)}$) gösterimi.....	: 48
Şekil 4.7. Hat kapasitesi tayini durumunun hattın parçalarının işgalinin periyotları arasındaki aralıklarının diyagramatik olarak gösterimi.....	: 49
Şekil 4.8. Hattın belirlenmiş parçasının şematik gösterimi.....	: 52
Şekil 4.9. Elverişsiz hattın durumu.....	: 65
Şekil 5.1. Söz sahibi minimum izleme sürelerinin elde edilmesi.....	: 78
Şekil 5.2. Minimum izleme süresi.....	: 79
Şekil 5.3. İşgal yolu ve işgal süresi.....	: 81
Şekil 5.4. Minimum izleme süreleri.....	: 85
Şekil 5.5. H akışkanlık derecesinin elde edilmesi için monogram.....	: 93
Şekil 5.6. $H, \bar{U}, W_g$ 'ye bağlı olarak negatif üssel dağılmış tampon süreler için tampon süre katsayısının elde edilmesi.....	: 95
Şekil 5.7. Fonksiyonun değişimi.....	: 97
Şekil 5.8. Özel durumlardaki L hat kapasitesinin hesabı.....	: 100
Şekil 5.9. Saatlik hat kapasitesi.....	: 105
Şekil 5.10. $H, \bar{U}, W_g$ 'ye bağlı olarak sabit tampon süreleri için tampon süre katsayısının elde edilmesi.....	: 107
Şekil 5.11. Otomatik blok sistemde işgal yolu ve işgal süresi.....	: 111

SEMBOLLER:

B	: İşgal süresi
B_c	: Tüm işgal sürelerinin toplamıdır.
$\sum_{x=1}^2 Z_{ix}$	: Katarın 2 kantonuna geçmesi için gerekli süre
i	: Önceki trenin seyahat süresinin sınıflaması
J	: Sonraki trenin seyahat süresinin sınıflaması
L	: Hat sektörünün kapasitesi
L_{min}	: Minimum hat kapasitesi
L_{st}	: Saatlik hat kapasitesi
L_{stc}	: Sabit tampon süreli saatlik hat kapasitesi
l_A	: A istasyonun boyu
l_B	: B istasyonun boyu
L_{st}	: Saatlik kapasiteleri
H	: Akışkanlık derecesi
$\bar{F}_{zkr}$	: Tüm trenlerin söz sahibi karşılaşma kesimindeki ortalama seyir seyir süresidir.
n_c	: Bu süre içerisinde seyir eden trenlerin sayısıdır.
n_{ij}	: Tren takip aralıklarının sayısı
N_g	: Gerçek işletme koşullarında bir gün içerisinde rastlanan, seyir hizmeti bakımından , aynı düzendeki tren izleme durumlarının sayısıdır.
N_e	: Geciken tren sayısı
N_d	: d'gün içerisinde incelenen tren sayısı
p_m	: Güzergah başlangıcındaki gecikmeler
P_f	: Güzergah başlangıcındaki gecikmeler ile güzergah kesiminde olan gecikmelerin neden olduğu , izin verilen izleme gecikmeleri toplamı
λ	: Katar boyu
τ_{kik}	: i katarının bulunduğu kanton başı sinyalinin kapanma süresini gösterir. (bu esnada i katarının $l_{\tau_{kik}}$ mesafesi kadar ilerlediği kabul edilir.)
τ_{ajk}	: Arkadaki j katarı için önündeki kanton başının açılma süresini gösterir . (j katarının bu kanton başından sinyalin açılma süresine tekabül eden bir mesafe)
τ_{aii}	: i katarı için hat açma süresi
Z_{yil}	: 1. Kantona i katarının yaklaşma süresi
V_i	: i katarının hızı
Z_{ix}	: i katarının hat seyahat süresi
Z_{bik}	: i katarının B istasyonu öncesi son kantonu terk etmesi anından B , istasyonunda durma anına kadar geçen süre

V	: Trenin hızı
$V_{i\text{ort}}$	: i katarının ortalama hızı
τ_{kik}	: i katarı için B istasyonu öncesi hat kapama süresi
τ_{ajk}	: j katarı için B istasyonu öncesi hat açma süresi
$k-1$	
$\sum_{x=1} Z_{jix}$	: A istasyonu sonrası 1. Kanton başından B istasyonu öncesi son kanton başına kadar j katarının net seyahat süresi
Z_{yj1}	: 1. Kantona j katarının yaklaşma süresi
τ_{aj1}	: 1. Kantona j katarı için açma süresi
τ_{kik}	: i katarının geçirdiği kanton başındaki sinyalin kapanma süresi
τ_{aj1}	: j treni için A istasyonundan sonraki ilk kanton başındaki sinyali açma süresi
Z_{yj1}	: j treninin A istasyonundan sonraki 1. Kantona yaklaşma süre
T	: Referans periyodu
t_{fm}	: Minimum tren takip aralığı zamanında ortalama zaman
t_r	: Extra zaman sınırı
t_{zn}	: Ek zaman
t_{fij}	: İki seyir süresi sınıflaması arasında trenlerin minimum takip aralığı süresi
t_{1R}	: Açık bölümdeki seyir süresi
t_1	: Tren sefer süresi
t_f	: A istasyonu minimum tren takip aralığının süresi
t'_f	: B istasyonu minimum tren takip aralığının süresi
t'_{bk}	: İstasyon B'deki makaslama zamanı
z	: Ortalama minimum izleme süresi
w_e	: Güzergah başlangıcındaki gecikmelere rastlama olasılığı
q	: Tampon süre katsayısı
$\bar{U}$	: İletim faktörü
α	: Orantı faktörüdür
$\bar{W}_{kd}$	: Karşılaşmadan dolayı olan rastlama olasılığı
$r_{erf(kr)}$	: Ortalama tampon süre
w_g	: Aynı düzendeki tren izleme durumlarına rastlama olasılığı

DEMİRYOLLARINDA KULLANILAN HAT KAPASİTESİNİ BELİRLEYEN METODLARIN İNCELENMESİ VE SİRKECİ-HALKALI HAT KESİMİ İÇİN UYGULAMALARI

ÖZET

Demiryollarında kapasite , hat durumu , bakım-onarım hizmetleri , sinyalizasyon durumu , hat yapı ve üst yapının bütünleştiği bir kavramdır. Hat üzerinde işletilen trafiğin akışının uygun şekilde yapılması ve hattın taşıyabileceği tren sayısının bulunması ile birlikte kapasite artırımının nasıl sağlanacağı günümüzde özellikle gelişmiş ülkeler için bir araştırma konusudur. Bu tez içersinde kapasite hesap yöntemlerinden UIC kodu ve bilinen klasik deterministik yöntemin bir kıyaslanması yapılmıştır. Mevcut hatlardan Sirkeci-Halkalı arası kapasite değerleri irdelenmiş ve hattın yeterli olup olmadığı araştırılmıştır. Bu bağlamda tez çalışması 6 bölümden oluşturulmuştur.

Birinci bölümde , genel bir giriş yapılmış ve kapasite konusunda dünya demiryollarından ve ülkemizden örnekler verilmiştir.

İkinci bölümde kapasitenin genel bir tanımı ile kapasiteyi etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur. Ayrıca sinyalizasyon durumuna göre bloklara ayrılmış hat üzerinde minimum tren takip aralıklarının klasik olarak bulunmasından söz edilmiştir.

Üçüncü bölümde , kapasite hesabı için esas alınan Sirkeci-Halkalı arası banliyö hattı sinyalizasyon sistemi olan DRS ile Halkalıdan sonra Kapıkuleye kadar olan CTC sinyalizasyon sistemlerinin bir kıyaslaması yapılmıştır.

Dördüncü bölüm içersinde , Uluslar arası demiryolları birliğinin kapasite hesabı için sunduğu UIC kodu , bir örnekle sunulmuş ve Sirkeci – Halkalı banliyö hattına uygulanmıştır.

Beşinci bölüm deterministik yöntemle kapasite hesabından bahsedilmiş ve Sirkeci-Halkalı banliyö hattının kapasitesi hesaplanmıştır.

Altıncı bölüm genel bir değerlendirmenin yapıldığı bölümdür. Bu bölümde Halkalı-Sirkeci arası banliyö hattının kapasitesi çıkan sonuçlara göre yorumlanmış ve kapasitenin artırılması için önerilerde bulunulmuştur.



INVESTIGATION OF THE METHODS THAT DETERMINE THE LINE CAPACITY OF RAILWAYS AND APPLICATIONS FOR SIRKECI-HALKALI LINE SECTION

SUMMARY

This thesis presents a study on the subject of capacity. Capacity is such a subject that all world states give significant priority. So in this respect, a number of studies have been conducted by world railways on increasing capacity. The issues concerning increasing the number of trains operating on a single line and putting into operation the trains in the various categories on the same line have been significantly emphasized since the beginning of the century. Positive developments have been achieved on this issues thanks to the improvements in technology and extension of automation systems.

The line capacities of the tracks are determined based on the following factors:

- Structural factors:
 - Railway and signal plants.
- Operational factors:
 - Minimum train headway times,
 - Mixture of successive trains,
 - Direction checks in operating in both directions,
 - Frequency and gratitude of train headways in similar format,
 - Frequency and gratitude of stopping times,
 - Quality criteria demanded for operational running,
 - Period allocated for structural works in running schedule,
 - Non-operational period of the track in the night-time.

The factors above apply to all lines whether operating in a single direction or both directions.

Within this thesis, the introductory part where the studies conducted by world railways on the issue of capacity are given, is followed by the part two where the principles of and factors influencing the capacity are evaluated. Furthermore, the latter part gives a calculation for duration of train headway times with classical methods.

In the part three, CTC and DRS signaling systems that are most-widely used by Turkish railways, are compared. A DRS signaling system is available on the line between Sirkeci and Halkalı which was taken as basis for capacity calculation and the line between the Soğuksu Station which is just before Halkalı, and the border is operated with CTC system. These two systems are basically same but involve significant differences with respect to operation, which is the main theme of this part. DRS System is the one with button-switching, based on human control and a number of tools such as wireless, phone and telex are used to communicate within the control mechanism. Computer network is not extensive enough. It is one of the old systems of TCDD which involves an error margin based on the mood of engine-driver and arranger. CTC signaling system is completely based on a automation system. It is controlled by a central system. Its control table is quite modern with respect to that of DRS system. Human control is so little, if not, in signaling system. Therefore, the error risk is comparatively low.

In addition to individual explanations concerning CTS and DRS systems, there is also a part for comparisons and proposals. In this part, a basic comparison between CTC and DRS systems is given and their respective effects on capacity are evaluated.

UIC code which is taken as basis for capacity calculations by International Railways Association and its explanations are included in the part four. The world railways are able to obtain most accurate values from the capacity calculations with the help of this method which is more sensitive than any others. UIC code is based on modeling

and takes into account the most inconvenient section of the line, not the entire line for capacity calculation, as with the classical deterministic method. The most inconvenient section is in general chosen as the line between two successive stations, wherein the distance between the stations is the highest. The availability of an intermediate block post between the stations considered, is quite important with respect to continuity of the calculation. Average duration of minimum train headway time, taking into account the UIC code is

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij} \cdot t_{fij})}{\sum n_{ij}} \quad [1]$$

where A is the first station, B is the intermediate block post of the nature of interim station and C is the last station in the inconvenient section. And also i and j represent the previous and next trains respectively while n is the number of trains. In this case, the average duration of minimum train headway time is calculated based on the journey times of the both trains running on the line.

The line capacity is calculated by

$$L = \frac{T}{(t_{fm} + t_r + t_{zu})} \quad [2]$$

taking into account the UIC code.

Furthermore, the suburb railway track between Sirkeci and Halkalı which is one of the available lines of TCDD is examined as a sample and the track between Bakırköy and Yeşilköy on the same line is taken as the most inconvenient section according to UIC code. Yeşilyurt station is taken as the interim one.

For the purpose of comparison, capacity calculations are made according to classical deterministic method in the part five. This method covers a system in which basic

formulas formerly used by world railways and currently used by TCDD to calculate the capacity, take part. This method is also based on modeling. The duration of minimum headway time of trains modeled thereby, is calculated for the entire line, the capacity of which is to be measured. It means that the inconvenient section is considered as the entire line. In this respect, the duration of minimum train headway time is taken into account with three different categories of headway:

1. Headway of the trains with the same journey times
2. Headway of the trains, wherein the faster train is the previous one
3. Headway of the trains, wherein the faster train is the next one.

The minimum train headway time can also be calculated by graphical method. According to this method, stairs for stopping times are formed on the graphs of model trains taken over the running schedule. The minimum headway times are determined by intersecting the stairs for stopping times formed thereby with the highest block of the next successive train provided that the block of previous train will be on the top.

The calculations made according to these cases, take part in the thesis.

The capacity of line is

$$L = \frac{T}{\bar{z} + \bar{t}_{erf}} \quad [3]$$

where T is the time period, z is the average duration of minimum headway time and $\bar{t}_{erf}$ is the average stopping time. With the help of this formula, the capacity is calculated for a given period of time.

On the Sirkeci-Halkalı railway track, computations are made with the same method. The duration of minimum headway time is determined with graphical method by forming and approximating stairs for stopping times for each train.

In the last part six, a general evaluation on the suburb track between Sirkeci and Halkalı which is taken as basis for the issue of capacity and calculations whereof, is given. The capacity values obtained by UIC code and deterministic method are compared and interpreted.



1. GİRİŞ

Kapasite , bütün dünya demiryollarınca üzerinde önemle durulan ve uzun yıllardan beri araştırmaların yapıldığı bir konudur. Trenin çelik raylar üzerinde hareketiyle başlayan demiryolu sisteminde , alt yapı ve üst yapı problemlerinin çözülmesinden hemen sonra insanoğlu, bu yapı üzerinde hareket ettirebileceği tren sayısını düşünmeye başlamıştır. Demiryolunun keşfinden günümüze kadar gelen süreç içerisinde, çalıştırabilecek trenin hat üzerinde hareketinin nasıl sağlanacağı ve hangi kurallar içerisinde bu trenlerin çalıştırılacağı sürekli araştırılmıştır.

Günümüzde hat kapasitesi modern teknoloji içerisinde gerek trenlerin yüksek hızlara ulaştırılması , gerekse trafik akışını sağlayan sinyalizasyon ve iletim ağının bilgisayar kontrollü tam elektronik hale getirilmesi ile çok yönlü arttırılabilir olmuştur. Bu sebeple , hem düşük hızlı , hem de yüksek hızlı trenler çalıştırılabilmektedir.

Kapasite kavramı , USA , Kanada , Fransa , İngiltere ve Almanya gibi demiryolu konusunda ciddi bir ilerleme kaydetmiş ülkelerin sürekli üzerinde durdukları bir konudur. Bu konuda özel ekipler tarafından ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Kapasitenin arttırılması için gerekli mali yatırımlar yapılmış ve geliştirilmesi kaçınılmaz olan demiryolları için ekonomik olarak hiçbir masraftan kaçınılmamıştır. Özellikle Kanada devlet demiryolları kapasite konusunda , daha detaya indirgeyerek yük kapasitesi ve yolcu kapasitesi olarak çalışmalar yapmıştır. Yol güzergahının 16.000 mili üzerinde yoğun bir yük ve yolcu taşımacılığı yapılmaktadır. Bu bağlamda tren başına düşen yolcu sayısı ve yük miktarına göre kapasite irdelenmiş ve belirli bir zaman periyodu içerisinde bir noktadan bir başka noktaya taşınan yolcu ve yük miktarı olarak ele alınmıştır. Yapılan istatistikler sonucu yolun %5 milinde yıllık 20 grosston , %10'unda yıllık 18 grosston ve bu yolun % 23'ünde ise yıllık 12 grosstondan fazlasının taşındığı ortaya çıkmıştır. Bu değerler de kapasite açısından dünya demiryolları arasında oldukça iyidir. [1]

Kapasite konusunda geleneksel görüş , kapasitenin birim zamanda hat üzerinde işleyebilecek tren sayısı olduğu şeklindedir. Bu sebeple hat üzerinde işleyen tren sayısının bulunması için bir takım yöntemler geliştirilmiştir. Gelişen teknoloji ve bilgisayar sisteminin kurulması ile bu yöntemler oldukça hassas bir hale getirilmiştir. Uluslararası demiryolları birliğince irdelenerek modern bir hale sokulan ve UIC kodu adı altında toplanan yöntem yardımıyla , hat kapasitesi hesaplanabilmektedir.

UIC kodu tek hatlı veya çift hatlı her demiryolu için uygulanabilir. Bu vesileyle pratik bir kullanım içermektedir. Hattın yeterli veya yetersiz olmasının tespiti için oldukça hassas bir çalışmayı içerir. [2]

Ülkemizde bilindiği üzere demiryollarına gerekli önem verilmemiştir. Cumhuriyetin ilk yılları ile başlayan demiryolu seferberliği , daha sonraki yıllarda aynı şevk ve hızla götürülememiş ve hatta bir siyasi meta benzetmesiyle gelen hükümetler tarafından iyice dışlanmıştır. Avrupa ülkeleri ile beraber başlayan bu rekabet , geçen yıllar içerisinde hak ettiği öneme ulaşamamıştır. Özellikle otomotiv sanayinin desteklenmesi ile karayoluna verilen önemin artması sonucu demiryolu iyice dışlanmıştır. Bu yüzden yıllardan beri siyasi iktidarlardan her hangi bir bütçe ayrılmaması demiryollarına yatırım yapılmasını engellemiş ve gerek yük , gerekse yolcu taşımacılığında önemli gelişmeler sağlanamamıştır.

Mevcut hatlar üzerinde , kapasitenin yeteri kadar üzerinde durulmaması ve gelişmelere paralellik sağlayacak yatırımların yapılamaması sebebiyle iyi bir işletim sağlanamamaktadır.

Kapasite , hat kavramı ile bütünleşmiş bir kavramdır. Hattın servis hizmetleri , bakım-onarım hizmetleri , personel ikmaline izin verecek nitelikte olması ve gerek alt yapının gerekse üst yapının yeter nitelikte olması , hat üzerinden geçecek tren sayısını da oldukça etkilemektedir. Bu bağlamda temelde kapasitenin artırılması için neler yapılması gerektiği düşünülmelidir.

2. HAT KAPASİTESİ ÜZERİNE GENEL ESASLAR

2.1. Hat ve hat sayısı

Hat, başlangıç ve bitişi olan bir demiryolu güzergahıdır. Bu da tek yönlü ve iki yönlü olarak ikiye ayrılır. Geliş-gidiş aynı hat üzerinden yapılıyorsa tek hatlı, geliş-gidiş ayrı hatlardan yapılıyorsa çift hatlıdır.

Demir yollarında bugüne kadar çeşitli sayılarda hatlar uygulanmıştır. Fakat dünya demir yollarının büyük kısmı tek hatlıdır. Hat sayısı kapasitenin belirlenmesinde oldukça önemli bir etkidir. Tek hatlı çift yönlü güzergahların işletilmesi, çift hatlı tek yönlü güzergahların işletilmesine nazaran daha zordur. Çünkü bu hatların üzerinde işleyen trenlerin sayısının gidiş geliş olarak fazla olması işletilmesini de zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla hat sayısı ne kadar fazlaysa hat kapasitesi de o kadar artacak ve işletme kolaylığı da sağlanmış olacaktır. Fakat maliyet göz önünde bulundurulursa , ekonomik açıdan optimum hat sayısının bulunması, yani , ihtiyacı karşılayabilecek minimum hat sayısının belirlenmesi gerekmektedir.

2.2. Hat kapasitesi

Hat kapasitesi bir başka anlamıyla hattın taşıma kabiliyeti ve bir hat kesimi üzerinde belirli bir zaman aralığı içerisinde çalışan trenlerin tür, cins , performansına göre ayırt edilmeden bir yönde alınan sayısıdır. Bir başka deyişle demiryolu hattının taşıyabileceği tren sayısıdır. Bu bağlamda kapasiteyi , ana hatlar , triaj istasyonları, lokomotiflerin motor güçleri, yük arabaları, servis yetenekleri , iletişim ağı ve diğer özellik ve elamanın birbirleriyle etkileştiği bir sistem olarak görebiliriz. Bahsedilen zaman aralığı ise , 1 saat ile 24 saat arasında değişen bir periyodu kapsamaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere kapasite , hat uzunluğu, hız , tren uzunluğu ve zaman periyodu gibi çeşitli etkenlere bağlıdır.

Kapasitenin belirlenmesi için iki temel sebep vardır. Bunlardan birincisi , bütün bileşenlerin belirli bir düzen içersinde çalışmasını ve dengeye oturtmak için gerekli fiziksel önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Yük ve yolcu taşımacılığının belirli bir düzen içersinde çalışmasının ve buna uygun olarak yük taşımacılığının ülke sınırları içersinde koordineli bir şekilde temini, öncelikle bakım ve onarım ile diğer servis hizmetlerinin hızlı , yaygın bir hale getirilmesi ve iletişim sisteminin en uygun şekilde yapılandırılması ile mümkün olur. İkinci sebep ise , kapasite ölçümlerinin ortaya çıkardığı temel trafik projelerinin ekonomik yönden uygun tarzda koordine edilmiş ana yatırımlar ile planlanmasının gerekliliğidir.

Dünya demir yollarında kapasiteye farklı bakışlar söz konusudur. Bir görüşe göre kapasite , verilen bir zaman periyodu ölçüsü içersinde ve belirli sayıdaki trenlerin karışık gruplar halinde yaptıkları hizmet sonucu hattın belirli bir kısmının taşıdığı gross ton miktarıdır. Benzer bir kapasite anlayışı , yolcu taşınması için de geçerlidir. Miktarlar, ton mil yada yolcu mil olarak da tespit edilebilir. Bu görüş fazla yaygın olmamakla birlikte yük ve yolcu kapasitesini göstermektedir ve hattın tren kapasitesiyle bir ilgisi yoktur. Özellikle bu görüş banliyö hatlarının dışında kalan kesimler için daha yaygındır. Çünkü tren sayısının hat kapasitesinin altında kaldığı yük ve yolcu taşınmasının daha önemli olduğu kesimlerde kapasite tayini farklı bir görüş arz eder.

Hat kapasitesinin tayininde tren gecikmelerinin de önemli bir etkisi vardır. Dolayısıyla kapasitede , tren gecikmelerindeki kabul edilebilen standartları aşmadan hat üzerinde hareket edebilen tren sayısı esas alınmalıdır.

Kapasitenin , birbiri ile ilişkilendirilmiş bir çok faktörün birleşimi olduğu ve her kabul edilen faktörün , maliyetin belirlenmesinde etkili olacağı esası kabul edilmelidir. Bu bağlamda ciddi ve koordineli bir planlamanın yapılması gerekmektedir. [3]

Hat kapasitesinin ortaya çıkarılmasında ele alınacak faktörleri sıralarsak;

- Kabul edilebilir gecikmeler
- Hareket zamanı karakteristikleri

- Kontrol karakteristikleri
- Terminal karakteristikleri
- Malzeme ve bakım-onarım standartları
- Sistem elemanlarının interaktif etkileri

2.2.1. Kabul edilebilir gecikme

Sinyalizasyon , buluşma , makine arıza , seyir durumu, ısıtıcı arızaları , vagon arızaları , üst yapı onarımı ve yenilenmesi ile trenin raydan çıkmasına bağlı gecikmeler söz konusudur. Kabul edilebilir gecikmeler ise , hattın maksimum kapasiteye ulaşması sonucunda ele alınabilecek bir tür standart kullanımıdır. Kabul edilebilir gecikmeler , başlangıç zamanından bitişe kadar tren hareketi için verilen maksimum zaman ile hareket için gerekli olan minimum zaman arasındaki farktır. İzin verilen maksimum zaman , hareket için belirlenen zamandan yada bir çok seyir raporu ayrıntılarından ortaya çıkarılan bir karardır. Minimum hareket zamanı ise , hava durumu , hattın elverişli olması , mürettebat durumu ve diğer trenlerin geçilmediği ideal durum altında kat edilen yol alma zamanının minimum değeridir. Bunların yanı sıra tren karşılaşmaları sebebiylede gecikmeler olabilir. Bu tip gecikmelere buluşma gecikmeleri denir ve bu gecikmeler istasyon veya siding bölgelerinde gerçekleşir. Hat parçası üzerinde trenlerin ortalama buluşma (karşılaşma) gecikmelerinin belirli tipleri , kabul edilebilir gecikme sınırları arasında tutulduğu zaman , kapasite sınırları aşılr. [3]

2.2.2. Hareket zamanı karakteristikleri

Hareket zamanı tren tarafından meşgul edilen hattın işgal süresidir. Aynı zamanda hareket zamanı araştırılırken , istasyon , makas değiştirme ve sinyalizasyon sisteminin bulunduğu noktalar arasındaki uzunlukların ölçülmesi sonucu mesafe zaman karakteristikleri daha detaylı oluşturulabilir ve tren çizelgeleri rahatlıkla çıkarılabilir. [3]

Hareket zamanı oldukça önemlidir. Çünkü kapasitenin bulunması için yapılacak hesaplarda önemli bir faktördür. Hareket zamanının belirlenmesi hat üzerinde

hareket eden trenlerin işgal ettiği süreler ile bulunur. Hareket zamanının belirlenmesinde ortaya çıkarılan etkenler aşağıda sunulmuştur :

1. Tren karakteristikleri ; Bunlar ton başına beygir gücü , tren uzunluğu , yuvarlanma direnci karakteristikleri ve fren yeteneğidir.
2. Hat karakteristikleri ; Bunlar eğim , eğrilik , sürtünme etkisinin hat yüzeyindeki etkisi , hız limitlerinin etkili olduğu hat kalitesi karakterleridir.
3. Hız limitlerini etkileyen sinyalizasyon karakterleri
4. Emniyet tertibatı ve tren hareket metodlarını etkileyen çalışma kuralları
5. Mesafe

2.2.3. Kontrol karakteristikleri

Kontrol sistemleri kapasiteyi direkt etkileyen faktörlerdir. Çünkü dolaylı olarak hattın hızını etkiler ve karar verme mekanizması etken olduğu için tren gecikmelerinin kontrolünü sağlar. Kontrol sistemlerinin kalitesinin yüksek olması ile kapasite düzeyi artırılabilir. Kontrol karakteristiklerinin belirlenmesinde kontrol mekanizmalarının etkisi büyüktür. Bu sebeple kontrol mekanizmalarını tanıtmakta fayda vardır.

Üç temel kontrol mekanizması üzerinde durulmuştur :

1. Zaman çizelgesi ve tren düzeni : Tren hareketlerinin dispeçerler tarafından kontrol edilip , düzenlendiği durumdur. Dispeçerler, tren mürettebatının verdiği sinyalleri ve demiryolu boyunca istasyonlardaki telgraf operatörleri tarafından verilen bilgileri dikkate alır. Yönlendirme bu bilgiler ışığında yapılır.
2. Otomatik Blok sinyalleri : Bu sistem , blok olarak isimlendirilen hat sektöründe , trenlerin durumlarını otomatik olarak sinyaller yardımıyla belirleyen ve zaman çizelgesine aktaran bir sistemdir. Otomatik blok sistemi ile trenlerin düzenlenmesini sağlar ve sunduğu avantajlar ile hattın kapasitesini olumlu yönde artırır.

3. Merkezi trafik kontrol : Tren hareketleri , yine otomatik sinyal sistemi ile sağlanır. Fakat bu sistem de merkezi kontrol söz konusudur. Trenlerin hareketi , dispeçerler tarafından merkezi bir bölgede elektronik monitörler ile yönetilir ve dispeçerler tarafından eğer istenirse otomatik makas değiştirme merkezi olarak uygulanabilir.

Temel sinyalizasyon sistemlerinden bahsederken TCDD 'nin uyguladığı sinyalizasyon sistemlerinden bahsetmekte fayda vardır.

- Mors sistemi : Telgraf ile yapılan haberleşme sistemine dayanıp , TCDD ' nin ilk kullandığı sistemdir. 2.625 km halen bu sistemle yönetilir.
- TMİ sistemi : Trafiğin merkezden dispeçerler tarafından telefon emirleri ile yönettiği bir sistemdir. 4.942 km ' lik hat bu sistemle yönetilmektedir.
- CTC sistemi : Trafiğin merkezden elektrikli sinyallerle yönetildiği bir sistemdir. 598 km ' lik bir hat parçası bu sinyalizasyon sistemi ile yönetilmektedir.
- DRS sistemi : Düğmeler ile idare edilen tesisat sistemidir. Sadece 28 km ' lik bir kesim bu sistemle yönetilmektedir.

2.2.4. Terminal karakteristikleri

Hat üzerinde bulunan terminallerin kalitesi de kapasiteyi etkilemektedir. Genel yük trenleri ile yolcu trenlerinin terminalde yakıt alma , bekleme ve mürettebat değişimlerini aynı parkurlarda yapmaları kapasiteyi oldukça olumsuz etkiler. Genişletilmiş bir terminal sistemi ile işletme zamanı küçültülebilir ve hat üzerindeki kabul edilebilir gecikme sınır değerleri arttırılabilir. Eğer kabul edilebilir gecikme değerleri arttırılırsa hat parçasının kapasitesi de düşer.

Trenlerin hareket ettiği zaman döngüsü içersinde terminallerin hareket kolaylığı açısından önemi büyüktür. Terminallerin hizmet yetenekleri hat kapasitesi artışını direk olarak etkiler. Çünkü tren, kapasitesi düşük bir terminale giremeyip dışarıda bekletiliyorsa, bu direk hattın kapasitesini etkileyecek ve hattın verimini düşürecektir. [3]

2.2.5. Malzeme ve bakım-onarım standartları

Malzeme temininin yetersiz olduğu ve bakım – onarım müdahalelerinin zamanında yapılmadığı demiryolu sistemlerinde verim düşük olur ve kapasite düşer. Öncelikle servis hizmetlerinin iyileştirilmesi ve yerinde müdahale yeteneğinin artırılması gerekmektedir.

2.2.6. Sistem elemanlarının interaktif etkisi

Hat kapasitesinin belirlenmesinde hattın birimlerinin birbirleri üzerindeki etkileri de dikkate alınmalıdır. Örneğin tek hatlı bir yolun bir kesimi çift hatlıya çıkarılırsa çift hatlı kesim tek hatlı kesimi olumlu olarak etkileyecek ve tüm kesim üzerinde kapasite artışına sebep olacaktır. Aynı benzetme sinyalizasyon sistemleri için de geçerlidir. Hattın bir kesiminin CTC diğer kesiminin DRS ile yönetilmesi durumunda DRS ‘den daha gelişmiş bir sistem olan CTC sistemi , DRS ‘ yi destekleyeceğinden yine kapasite olumlu olarak artacaktır.

2.3. Hat bloğu kavramı

Demiryolu kesimi gerek işletim kolaylığı gerekse idari kolaylıklar açısından daha ufak kesimlere ayrılır. Bu bağlamda hattın işletilmesi kolaylaştırılmış olur. Blok veya sektör kesimlerinin oluşturulmasında ana ve ara istasyonlar , sinyalizasyon şebekelerinin türü ve bulunduğu yerler ile trafiğin değişebileceği yerler göz önüne alınarak oluşturulur. Alınan blokların eşit aralıklarla olması işletim kolaylığı açısından ayrıca bir önem taşır. Sinyalizasyon şebekesinin türüne göre blok kesiminin işlerliği ve kullanım kolaylığı oldukça önem taşımaktadır. Blok sayısının fazla olması ile kapasite artışı ve düzenli işletim söz konusu olur. Yavaş tren ile hızlı trenin bir arada işletildiği hat kesimlerinde yol kapasitesini arttırmak ve meydana gelebilecek kazaları önlemek amacıyla blok sayısı , uyarma mesafesi , yavaşlama mesafesi ve emniyetle durma mesafesine göre ikaz işaretleri ile belirlenir.

Dolayısıyla kapasitenin artırılması blok sayısı artışı ile doğru orantılıdır.

2.4. Öne geçme (siding) kesimleri

Demiryolu güzergah kesimlerinde yavaş treni hızlı trenin izlemesi durumunda hızlı trenin yavaş yük trenini yakaladığı bölgelerde hızlı trenin öne geçmesi ve yavaş trenin sığınması için planlanan yol kesimleridir. Çift yönlü tek hatlı güzergahlarda tren buluşmalarının söz konusu olması durumlarında , trenlerden birisinin sığınabileceği yol kesimleri olarakta kabul edilir.

Öne geçme kesimleri makaslar ve öne geçme istasyonları ile sınırlandırılabilir. Öne geçme istasyonları öne geçecek olan treni içine alabilecek uzunlukta planlanmış olmalıdır. Siding'lerin trafiğin düzenlenmesi ve serbest akışın sağlanması üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Çünkü tren gecikmelerinin miktarı siding'lerin tren barındırma yetenekleri ile doğrudan ilgilidir. İyi planlanmamış bir siding yüzünden trenlerin işletilmesi oldukça zor olacağından kapasite düşer.

Demir yolu güzergahı üzerinde siding miktarının fazla olması da kapasiteyi artırır. Hat üzerinde işletim kolaylığı sağlayacağından güzergah üzerinde değişik tren türlerinin rahatlıkla çalıştırılmasına vesile olur. Siding'ler arasındaki hareket zamanının düşürülmesi (yani mesafenin azaltılması) ile çeşitli tren gruplarının karşılaşmaları emniyetle sağlanmış olacak ve yüksek hızlı trenlerin çalıştırılmasına sebep olacaktır. Bununla birlikte , hat üzerinde, birbirini geçme sorunu olmayan ve iki komşu siding arasında kat edilen zamandan daha düşük bir hareket zamanı ile birbirini takip eden tren kümeleri çalıştırılabilir. Yani arka arkaya yollanan birbirini geçme sorunu olmayan tren grupları , bir trenin bir sidingten diğer sidinge varana kadar harcayacağı zamandan daha küçük zaman aralıkları ile çalıştırılabilir. Bütün bu çalışmalarda kapasitenin artmasına sebep olur. Siding'lerin her iki yönde planlanması ile bu tren kümelerinin her iki yönde çalıştırılması kolay bir hal alır.

Hattın tıkanması, siding sayısının artırılması ile engelleneceği için trafiğin opsiyonel artışı sağlanmış olacaktır. Dolayısıyla kritik sektörlerde tren çalıştırılması daha kolay bir hal alacaktır. Bu sebeple en kısa güzergah kesimi önegeçme kesimi olarak kabul edilebilir.

Tren trafik akışları çiftli yada tekli siding durumlarına göre değişim gösterir. Hattın kapasitesi tekli yada çiftli siding durumlarına oldukça bağımlıdır denebilir. Çiftli

siding tek yönlü işletmede iki sidingden oluşurken , tekli siding tek bir sidingden oluşur. Bu durumda siding'lerin etkilerini birkaç önemli maddede toplayabiliriz.

1. Çiftli siding'ler ortalama tren gecikmelerinde , oldukça küçük bir etkiye sahiptir.
2. Çiftli siding'ler hattın maksimum kapasite kullanımını sağlar ve tren hareket modellerinden bağımsızdır.
3. Tekli siding'ler tren hareket modellerinden alternatif durumun olmadığı yerler için kapasiteyi kötüleştirir. Yani destekleyici bir alternatifi düşünülmediği tekli siding'lerde tıkanma olasılığı her zaman olacaktır

Bu durum gösteriyor ki oldukça kompleks hat hareketleri üzerinde bir düzenin sağlanması oldukça önem taşımaktadır.

2.5. Makas değiştirme kesimleri (switching)

Makas değiştirme bölgeleri trenlerin hat değiştirmeleri gereken kavşak bölgeleridir. Öne geçmelerin söz konusu olduğu bölgeler , istasyonların giriş ve çıkışları ve farklı türde trenlerin bulunduğu kavşak bölgeleri trenlerin makas değiştirmesi gereken yerlerdir. Bu sebeple demiryolu kesimi için makas değiştirme kesimleri oldukça önem taşımaktadır. Bu kesimlerin kalitesinin yüksek olması ve üzerinden geçen trafik yükünü karşılayacak niteliklere ve teknolojiye sahip olması gerekmektedir. Bu durum itibariyle makas değiştirme kesimleri kapasiteyi etkileyen güzergah bölgeleridir. Makas değiştirme kesimlerinin aksamadan çalışması ile kapasite olumlu olarak etkilenmektedir. Trenler beklemeden makas değiştirebilir ve bir çok tren türü bir arada işletilebilir.

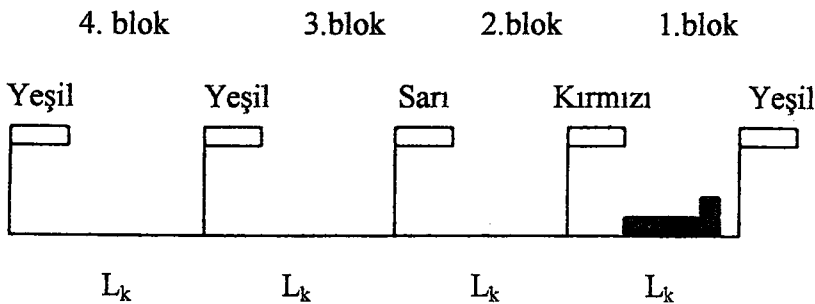
Makas değiştirmelerden kaynaklanan gecikmeler kabul edilebilir gecikme sınırlarını aşmadığı sürece kapasite artışında bir değişim olmaz. Bu durum itibariyle kapasitenin artırılmasının sağlanması için makas değiştirmelerden kaynaklanan gecikmelerin minimuma indirilmesi gerekmektedir. Makas değiştirme sürelerinin de azaltmaya gitme ise ancak uygulanan teknolojinin geliştirilmesi ile sağlanabilir. Bu da işletme kolaylığını sağlar.

2.6. Hat üzerinde çalıştırılan trenlerin birbirini takip durumları

Hat üzerinde bir çok tren grupları , çeşitli hızlar ile çalışırlar. Dolayısıyla, bu trenlerin performanslarıda farklıdır. Ancak katarlar hareket halinde bulunduklarından , daima değişen emniyet şartlarını oluşturabilecek görüş ve emniyetli takip mesafesini sağlayabilmek imkansız bir hal almıştır. Bu sebeple bir çok demiryolu şirketi, katarların seyirinde zaman aralığı yerine mesafe aralığını kullanmayı tercih eder.

Mesafe aralığına göre yapılan hesapta, hat daha önce bahsedilen blok denilen ve eşit olması hesap kolaylığı sağlayan çeşitli uzunluklara bölünür. Bu yöntemin esası ise bloklar içerisinde hiçbir zaman iki katarın aynı anda bulunmasına izin verilmemesidir. Böylece birbirini takip eden katarlar arasında ulaştıkları hızlara göre blok (kanton) boyları mesafesi üzerinden bir emniyet mesafesi bırakılabilir.

Genellikle tren takibinin emniyetli sağlanması için , blok sistemi kullanılır. Bu sistemde genel olarak sinyalizasyon bloklar yardımıyla sağlanır. İlk bloğa giren tren için ilk bloğun başında kırmızı yanar. Bu birinci blokta tren olduğunu gösterir. İkinci bloğun başında ise ışık sarıdır. Bu da makinist için dikkat uyarısıdır. Çünkü ikinci bloğa giren trenin makinistinin bundan önceki kantonda tren olabileceği düşüncesi ile hız ayarlaması yapması gerekmektedir. Üçüncü blok başında ise ışık yeşil olmalıdır. Bu durumda tren üçüncü bloğa rahatlıkla girebilir. Dördüncü blokta hız ayarlaması yapmaya gerek yoktur. Bundan sonraki bloklarda ışık yeşildir. Bu durum şekil 2.1 ' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Bloklara göre sinyalizasyon durumları

Emniyet açısından tren işletiminde , blok sistemi en kullanışlı sistemdir. Çünkü arkadaki trenin hızı ne olursa olsun , blok girişlerindeki sinyalizasyon yardımıyla hız kontrolü yapılabilmektedir.

Trenlerin takipleri 3 şekilde oluşmaktadır. Bunlar ;

1. Aynı hızdaki trenlerin birbirini takibi
2. Düşük hızlı treni yüksek hızlı trenin izlemesi
3. Yüksek hızlı treni yavaş trenin izlemesi durumlarıdır.

2.6.1. Aynı hızdaki trenlerin birbirini takip etmesi

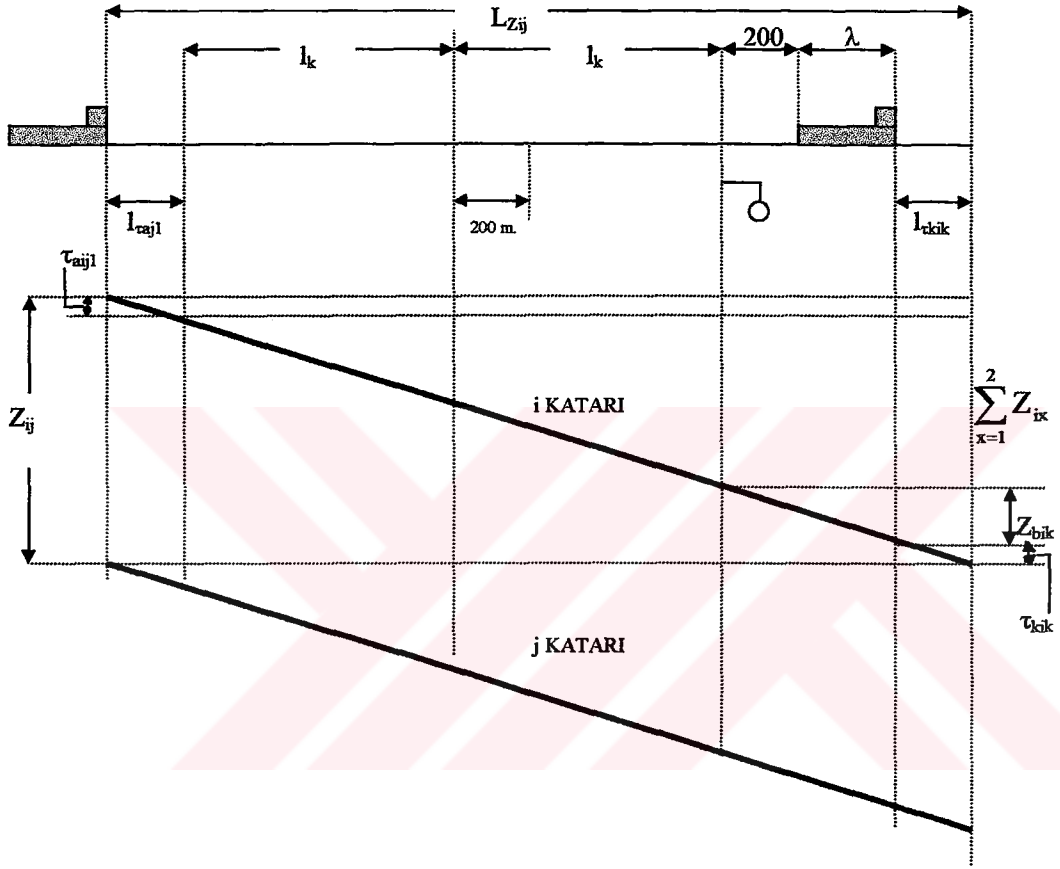
Takip durumlarında en basit hal olarak istasyonlar arası bloklara ayrılmış ve katarları hep aynı hızda hareket eden ve birbirini geçme ihtimali olmayan trenler olarak düşünülmelidir. Blok sistemindeki herhangi bir halde , hattın herhangi bir kesiminde hat kabiliyeti yani o kesiminden günde geçen katar sayısı , birbiri ardına geçen katarların geçiş zamanları arasındaki zaman farkına bağlıdır. Bu zaman farkına da “katar takip zamanı” denir.

Manevra zamanından başka , istasyonlarda yol isteme zamanları da alınır. Bu da istasyonlar arasındaki iletim sistemine bağlıdır. Ancak verilen bu blok aralıkları trenlerin hiçbir gecikme yapmayacağı kabulü ile verilir. Bu yüzden katar takip zamanı içerisinde gecikme süreleri yoktur. Ama gerçekte bu durum imkansızdır. Arızalardan , tamirat ve yenilemelerden dolayı bir takım gecikmeler olabilir.

Temel olarak aşağıdaki formül baz alınarak takip süresi çıkarılabilir. Bu bağlamda daha sağlıklı sonuca varılabilir. Bu durum şekil 2.2 ‘de gösterilmiştir.

$$Z_{ij} = \sum_{x=1}^2 Z_{ix} + Z_{bik} + \tau_{kik} + \tau_{ajl} \quad (2.1)$$

$$\sum_{x=1}^2 Z_{ix} = \text{Katarın 2 kantonuna geçmesi için gerekli süre}$$



Şekil 2.2. Aynı hızdaki katarların birbirini izlemesi durumu

Z_{bik} = Öndeki i katarının bulunduğu kantona girmesinden sonra bu kantonun başından itibaren $200+\lambda$ kadar ilerde bulunması için geçen süre

$$Z_{bik} = \frac{60 \times (0,2 + \lambda)}{V} \quad (\text{dak.}) \quad (2.2)$$

V = trenin hızı

λ = Katar boyu

τ_{kik} = i katarının bulunduğu kanton başı sinyalinin kapanma süresini gösterir. (bu esnada i katarının $l_{\tau_{kik}}$ mesafesi kadar ilerlediği kabul edilir.)

τ_{ajl} = arkadaki j katarı için önündeki kanton başının açılma süresini gösterir. (j katarının bu kanton başından sinyalin açılma süresine tekabül eden bir mesafe)

2.6.2. Düşük hızdaki bir treni yüksek hızlı bir trenin takip etmesi durumu

Katar hızları değişken olduğundan arkadan gelen bir hızlı trenin öndeki yavaş treni belli bir noktada geçmesi gerekmektedir. Böyle bir geçiş ancak öne geçme (siding) noktalarında yada istasyonlarda yapılır. Bu sebeple yavaş trenin arkadan gelen tren tarafından yakalandığı anda yavaş trenin kendini önegeçme noktasına atması gerekmektedir. Bu sebeple arkada hareket eden hızlı trenin de , önde giden yavaş treni emniyetle takip etmesi gerekmektedir. Çünkü blok aralıkları içerisinde gerektiğinde yavaşlayabilmelidir.

Yavaş treni hızlı trenin takibi durumunda şekil 2.3. ' deki durum geçerli olur. Çünkü A istasyonundan kalkan yavaş tren B istasyonuna vardığı zaman onu takip eden hızlı trenin en uygun mesafede tutulması ile elde edilen minimum takip süresinin hat kapasitesini arttırması sağlanır. Bu noktada işletmede yavaş ile hızlı trenin arka arkaya çalıştırılması , emniyetli güvenli bir hal alır.

Önüne geçme teker teker veya birkaç katardan oluşan demetler halinde yapılır. Bu durumlar itibariyle minimum izleme süreleri de bekleme durumları göz önünde alınarak değişken olabilir. Bu durumlarda da yavaş giden katar ile hızlı giden katarın hızlarına göre emniyetli bir minimum takip aralığının belirlenmesi gerekmektedir.

Blok sisteminde ki sinyalisasyon sistemi itibariyle , öndeki trenin bloğa girmesi ile arkadan gelen trenin ilk iki blok ta yeşil daha sonraki blok ta sarı ve son bloktada kırmızı uyarısı ile karşılaşması gerekmektedir. Böylece arkadan takip eden tren hızını ona göre ayarlayacak ve gerektiğinde emniyetli bir şekilde duracaktır. Önde giden yavaş trenin siding ‘ e girmesi ile hızlı tren öne geçecek ve yoluna devam edecektir.

Klasik kapasite hesabı için aşağıdaki hesaplar baz alınmalıdır. Şekil 2.3 ‘de bu formülün şematik gösterimi vardır.

$$Z_{ij} = \tau_{ail} + Z_{yil} + \sum_{x=1}^k Z_{ix} + Z_{bik} + \tau_{kik} + \tau_{ajk} + \tau_{yik} - \sum_{x=1}^k Z_{jx} - Z_{yjl} - \tau_{ajl} \quad (2.3)$$

τ_{ail} = i katarı için hat açma süresi

Z_{yil} = 1. Kantona i katarının yaklaşma süresi

$$Z_{yil} = \frac{60 \times (I_A - \lambda) \times 1/2}{V_i} \quad (\text{dak.}) \quad (2.4)$$

V_i = i katarının hızı

I_A = A istasyonunun boyu

λ = katar boyu

Z_{ik} = i katarının hat seyahat süresi

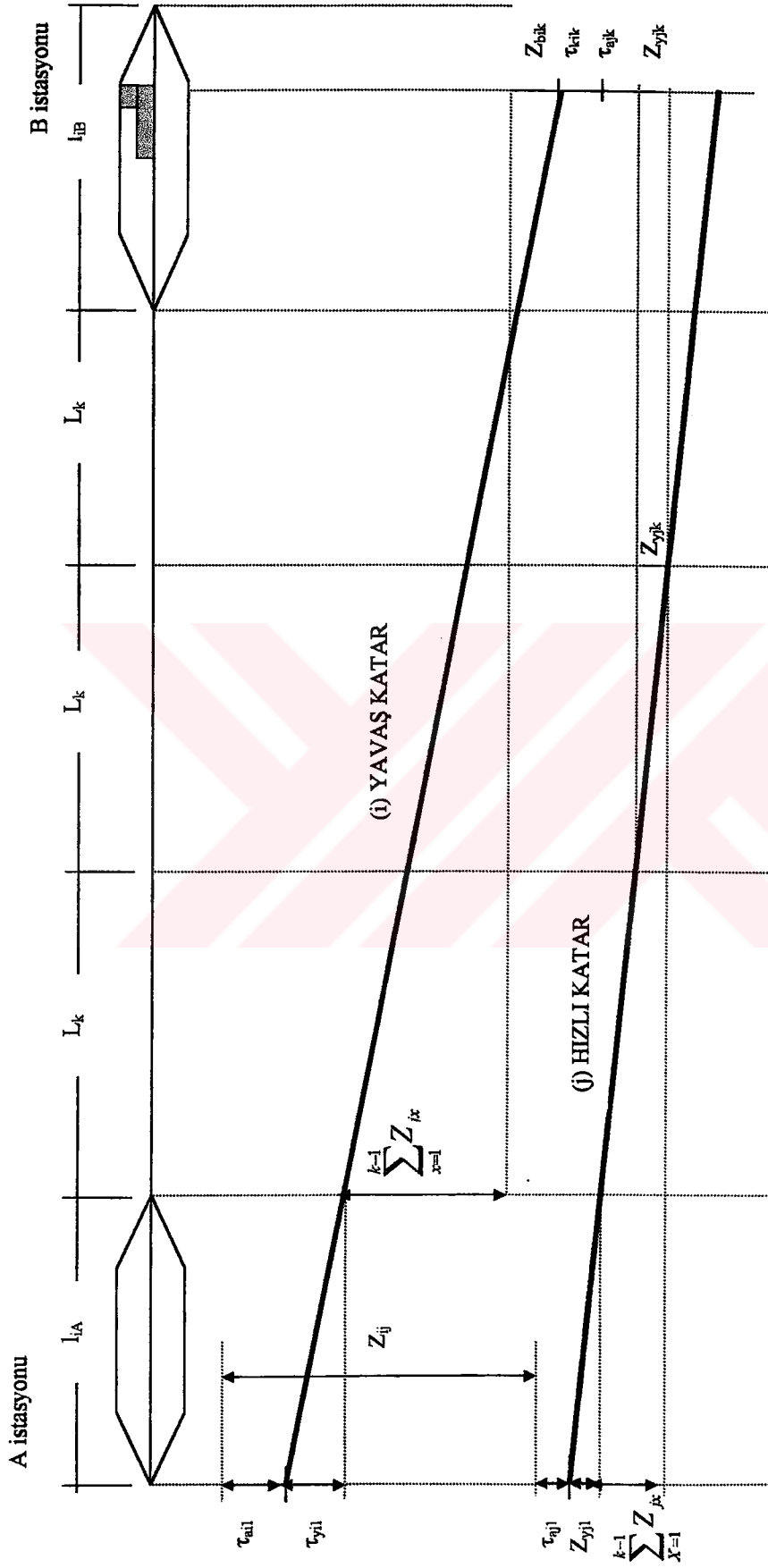
Z_{bik} = i katarının B istasyonu öncesi son kantonu terk etmesi anından B , istasyonunda durma anına kadar geçen süre

$$Z_{bik} = \frac{60 \times (I_B + \lambda) \times 1/2}{V_{iort}} \quad (\text{dak.}) \quad (2.5)$$

I_B = B istasyonunun boyu

V_{iort} = i katarının ortalama hızı

τ_{kik} = i katarı için B istasyonu öncesi hat kapama süresi



Şekil 2.3. Yavaş katarı hızlı katarın takip etmesi

τ_{ajk} = j katarı için B istasyonu öncesi hat açma süresi

$\sum_{x=1}^{k-1} Z_{jx}$ = A istasyonu sonrası 1. Kanton başından B istasyonu öncesi son kanton

başına kadar j katarının net seyahat süresi

Z_{yj1} = 1. Kantona j katarının yaklaşma süresi

τ_{aj1} = 1. Kantona j katarı için açma süresi

2.1.1. Yüksek hızlı treni yavaş hızlı trenin izleme durumları

Bu durumlar diğer izleme durumlarına göre nisbeten daha az sorunlu durumlardır. Önde giden trenin her hangi bir olağan dışı bir gecikmeye maruz kalmaması ile bir karşılaşma ve öne geçme durumu söz konusu değildir. Bu sebeple Yüksek hızlı trenden sonra yavaş trenin gönderilmesi en çok arzu edilen durumdur. Çünkü emniyeti oldukça fazladır. Fakat yinede uygulamada sadece böyle bir durumla karşılaşmak mümkün değildir.

Bütün bu olumlu şartlara rağmen güvenliğin tam anlamıyla sağlanması için hızlı tren ikinci bloğu geçtikten sonra yavaş tren harekete geçirilmelidir. Yani yavaş katar 3. Blok içersine girmiş olmalıdır. Bu işletme kolaylığı açısından da gereklidir.

Bütün bu teorik izleme durumlarında istasyon boyları da önemlidir. Özellikle öne geçmelerin söz konusu olduğu durumlarda daha öncede belirtildiği üzere istasyonların ve öne geçme yerlerinin uzunluklarının trenleri içine alacak yeterlikte olmaması ile çeşitli olumsuzluklar yaşanabilir ve bundan da kapasite oldukça olumsuz etkilenebilir.

Bu bağlamda aşağıdaki formül baz alınmalıdır. Şekil 2.4 'de bu durum gösterilmiştir.

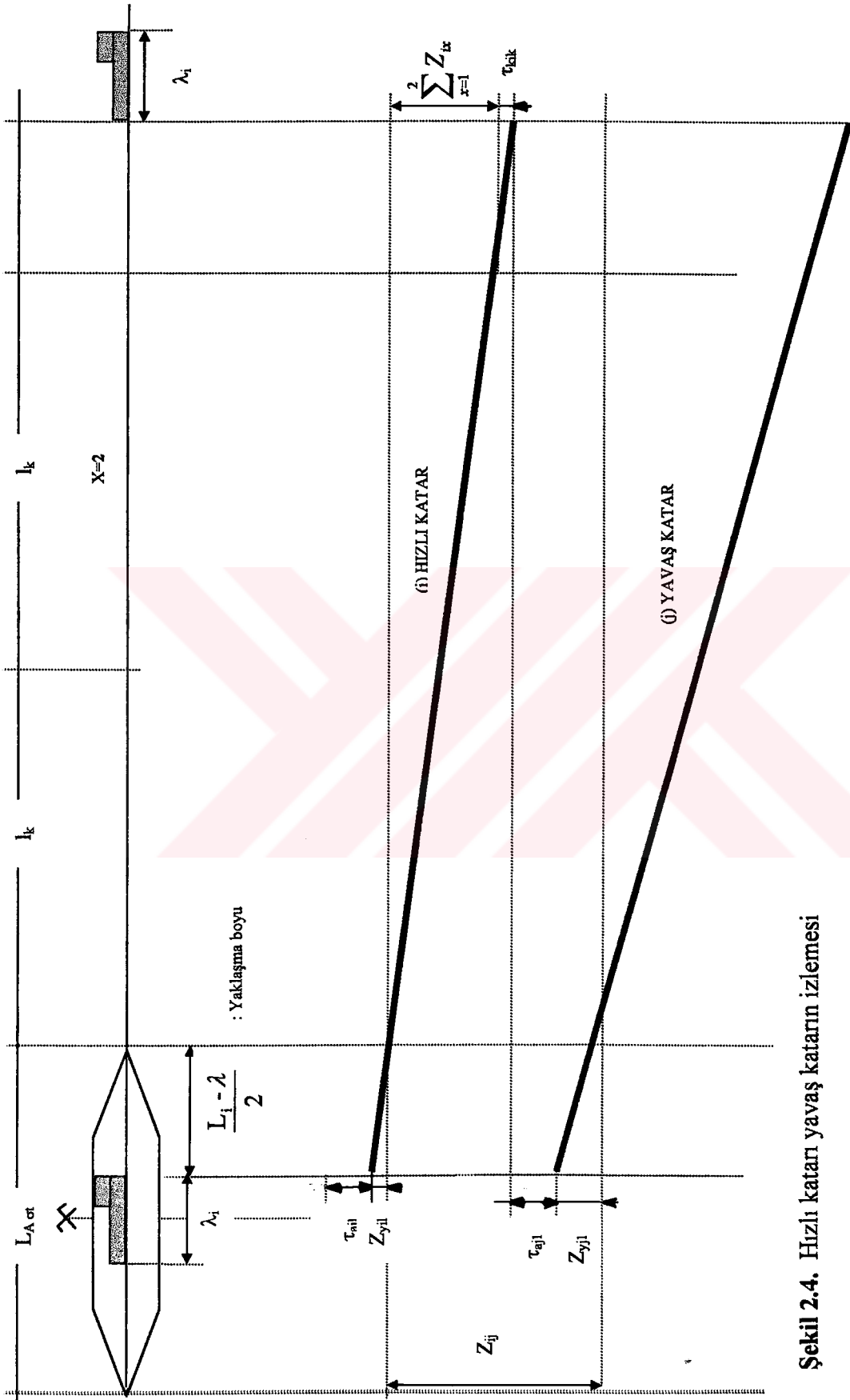
$$Z_{ij} = \sum_{x=1}^2 Z_{ix} + Z_{yj1} + \tau_{kik} + \tau_{aj1} \quad (2.6)$$

$\sum_{x=1}^2 Z_{ix}$ = i katarının iki kanton boyunu aşması için geçirdiği süre

τ_{kik} = i katarının geçirdiği kanton başındaki sinyalin kapanma süresi

τ_{aj1} = j treni için A istasyonundan sonraki ilk kanton başındaki sinyali açma süresi

Z_{yj1} = j treninin A istasyonundan sonraki 1. Kantona yaklaşma süresi



Şekil 2.4. Hızlı katarı yavaş katarın izlemesi

3. DRS VE CTC SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNİN TANITIM VE KARŞILAŞTIRILMASI

3.1. GİRİŞ

Bu bölümde DRS ve CTC sinyalizasyon sistemlerinden bahsedilecek ve mekanizma olarak temel farklılıklar anlatılacaktır. Ayrıca kapasite hesabı için temel alınan Sirkeci-Halkalı banliyö güzergahı için uygulanabilirlik açısından DRS ve CTC sinyalizasyon sistemlerinin bir kıyaslanması yapılacaktır.

3.2. DRS (DÜĞME İDARELİ SİSTEM) SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ

Temelde düğmelerle idare edilen tesisat sistemidir. Bu işletme sisteminin uygulandığı bölgelerde , gar ve istasyonlarda bulunan ve bölgesel kumanda masalarından idare edilen elektrikli sinyaller yardımıyla makaslar ve özel emirle tren , makine ve diğer demiryolu vasıtalarının trafik tanzimi ve trafiğin düzenli akışının sağlanması söz konusudur. Bu amaçla , gar , istasyon , durak ve bloklarda kullanılan , ışıklı sinyallerin türlü hallerdeki görünüşleri ile bunların taşıdığı anlamlar çerçevesinde yönetimi bu sinyalizasyonun temelini oluşturur. İnsan kontrollü bir sistem olup düğmeler yardımıyla idare edilir.

DRS sistemi TCDD 'nin kullandığı oldukça eski sistemlerden olup , hat ve işletme kabiliyetinin artırılması , her türlü taşımanın daha süratli yapılması , mevcut araçlardan en çok yarar sağlanması en az personel ile trafiğin düzenlenmesi ve ilgili personele bu bölgedeki sinyallerin görünüşlerine göre nasıl hareket edeceklerinin gösterilmesi suretiyle , ekonomik ve emniyetli bir işletme sisteminin uygulanması temel amaçlarıdır.

İki kısımdan oluşur :

A- İç tesisat ,

B- Dış tesisat ,

3.2.1. İç tesisat

Genel olarak yönetimin yapıldığı tesisat grubudur. Bunlar , gar kumanda kulelerinde ve diğer istasyonların hareket memurluğunda bulunan kumanda masaları , özel odalara kurulmuş röle tesisleri ve akümülatör odaları , haberleşme (istasyonları arası) araçları olarak kabaca belirtilebilir.

Kumanda masaları ; Tren , makine ve diğer demiryolu vasıtalarının gar ve istasyonlara kabul ve redleri ve manevraları için luzümlü seyir yollarının tanziminde kullanılan ve kumanda ettiği kesimdeki hatların , makasların ve sinyallerin şematik bir minyatürünü ihtiva eden , tren , makine ve diğer demiryolu vasıtalarının hareketlerini , ışıklarla vazifeli memura gösteren bir tesistir. Burada kumanda bölgesi kumanda masasının içinde bulunduğu blok ile bir önceki ve bir sonraki blokları kapsar. Bu durum hattın elverişliliğine göre farklılık gösterebilir.

Bu masa ile görevli memur hat üzerindeki durumu gösteren ikaz işaretlerini alır. Örneğin , izole edilmiş hatların üzerinde , tren , makine , vagon veya diğer bir demiryolu vasıtası bulunduğu zaman bu hatta tekabül eden kumanda masasındaki hat krokisi üzerindeki ışıklar kırmızı , hat üzerinde bir şey bulunmadığı zaman ise sarı ışık vermek suretiyle yanarlar.

Tesisata bağlı olup izole edilmemiş hatlarda ise , üzerinde makine , vagon veya başka bir demiryolu vasıtası bulunsun bulunmasın , bu hatlara tekabül eden kumanda masasındaki hat krokisi üzerindeki ışıklar daima kesik sarı ışık vermeğe devam ederler.

Kumanda masasının idare ettiği bölgedeki sinyallerde , kumanda masası üzerine minyatür sinyal halinde yerleştirilmiştir. Sinyalin kapalı durumu kırmızı , açık durumu yeşil ışıkla gösterilir. Manevra işareti verebilecek tertibata haiz esas sinyaller, manevraya müsaade edildiğini küçük mavi bir ışıkla , sinyalin açılması

mümkün olamayan arıza hallerde , trenlerin yedek sinyallerle kabul ve sevklerin küçük üçgen şeklinde sarı bir ışıkla bildirirler.

Röle tesisleri ve akümülatör odaları ; Kumanda düğmesi ile kumanda edilen araç arasında bağlantıyı sağlayan bir geçiş aracıdır. Röle tesisleri çok hassas olup , toz ve pislikten çok çabuk zarar gördüğünden özel bölmelere konurlar. Bu tesislerin bakımı periyodik olarak yapılır. Akümülatörlerde aynı hassasiyette olamalarda her istasyon için özel odalarda muhafaza edilirler.

Hat üzerinde haberleşme önemlidir. Haberleşme araçları iki kısma ayrılırlar :

- 1) Yalnız trafik emniyeti ile ilgili haberleşme ayrılmış ve daima merkez memurunun kontrolü altında bulunan merkez (regülatif)telefon
- 2) İstasyonların birbirleri ile olan diğer haberleşmelerini sağlayan (otosellektif) telefonlardır.

3.2.2. DIŞ TESİSAT

Makaslar ; DRS sistemi için makaslar ikiye ayrılır :

- Tesisata bağlı olmayan makaslar
- Tesisata bağlı olan makaslar

Makasların kullanılmasından kısaca bahsedecek olursak , tesisata bağlı makaslar kumanda masasında bulunan ait olduğu makas düğmesi ile MGD (Makas Grup Düğmesi) düğmesine beraber basmak suretiyle hareket ettirilir. Bunu için kumanda masasının mevzii işletmeye alınmış makas kilitlerinin çözülmüş ve o yol ile ilgili sinyalin kapatılmış olması şarttır. Makaslar 380 Volt trifaze şehir ceryanı ile çalışan motorlar ile donatılmıştır. Kumanda masalarındaki düğmelere basılarak , röleler aracılığıyla bu motorlar çalıştırılır ve makaslara 6-7 saniye içinde istenen yön verilmiş olur. Makas iğne uçları arzu edilen yönde yaslanma rayına iyice oturuncaya kadar kumanda masasındaki makas gösterge lambaları yanıp söner. İyice oturduğunda normal şekilde sürekli yanmaya başlarlar . O zaman makas tanzim edilmiş olur.

Tesisata bağı olmayan makaslar , klasik elle kumanda edilen makaslardır. Bu tip makas sistemi sinyalizasyon sistemini dışında olup tamamen insan kontrollü idaresi yapılmaktadır. Makasların kumanda masasındaki hali ile sahadaki durumlarının paralellik sağlanması için kontrolün oldukça iyi yapılması gerekmektedir.

Sinyaller ; Sinyaller hat için belirlenmiş özel sinyal şekilleri ile idare edilir. Bunları gündüz ve gece ışık sinyalleri gün ışığında ve karanlıkta aynı şekil ve renkte ışık gösteren sinyallerdir. DRS işletim sisteminde tip olarak sinyaller 3 ‘ e ayrılır:

a) Giriş sinyalleri : Giriş yapılan kesimlerde barınma yolu bulunan istasyonların giriş sinyalleri 4 lamba , barınma yolu bulunmayan istasyonların giriş sinyalleri 3 lamba olarak dizayn edilir.

Ayrıca halkalı garlarından sonra blok bulunmadığı için bu garların giriş sinyalleri üç lambalı olup yeşil lamba yoktur.

b) Çıkış sinyalleri : Çıkış sinyalleri iki kısımda incelenebilir. Yine barınma yolu ile ilgili çıkış sinyali 4 lambadır. Cari yol çıkış sinyali 3 lambalıdır.

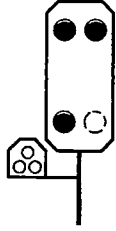
Sirkeci gardaki tesisata bağı yolların çıkış sinyalinden başka birde genel gar çıkış sinyali vardır. Buda yine 3 lambadır.

c) Blok sinyalleri : Bu sinyaller tren kabiliyetini arttırmak vesilesiyle istasyonlar arasına konulmuştur. Yalnız hareket halindeki trenler tarafından düzenlenir ve 3 lambadır.

Sinyal örnekleri şekil 3.1 ve şekil 3.2 ‘de sunulmuştur.

3.2.3. Tesisatın kullanılması

Kumanda masası üzerinde yapılması istenen bir hareket daima çift düğmeye basmak suretiyle temin edilir. Bundan amaç , düğmelerden herhangi birine farkında olmayarak temas edildiğinde bu düğmeye bağı bir tesisin hareketini önlemektir.

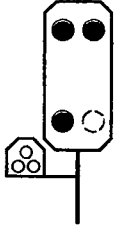


Ön sinyal görünüşü:
kırmızı

Sinyal önünde DUR
(Blok bölgesi üzerinde tren var.)

Mateakip sinyal görünüşü:
Belli değil

İşarete göre hareket edilecek.

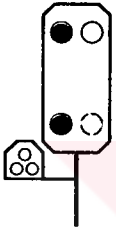


Ön sinyal görünüşü:
yeşil

Sürat tahtiti yapmadan yol serbest.

Mateakip sinyal görünüşü:
yeşil, sarı 1,
(sarı1-sarı2) veya (yeşil-sarı2)
olabilir.

İşarete göre yol serbest.

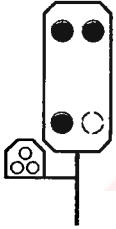


Ön sinyal görünüşü:
sarı 1.

Tahtiti süratle yol serbest.

Mateakip sinyal görünüşü:
kırmızı

Trenlere DUR



Blok bölgesinde tren olmadığı
halde arıza sebebiyle kapalı:

Sinyal önünde DUR.

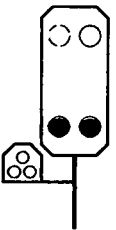
Telefon yedek sinyal talep et,
sonra yavaşça **DİKKAT** ilerle.



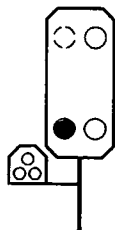
Sinyal önünde DUR.
Blok sinyalini besleyen ceryanın
kesilmesi sebebiyle
sinyal sönük:

Sönük blok sinyalinin yedegini
kullanmak mümkün olmadığından
telefonla YOL talep et.

Sirkeci Garın özelliğine göre giriş sinyalinin görünüşü:

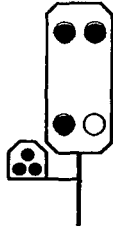


Sirkeci Garın yolcu yollarına
(1-6) giriş serbest.



Garın marşandiz sirkeci
yollarına giriş serbest.

ŞEKİL 3.1: Blok Sinyallerin Görünüşü

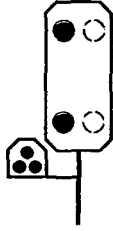


Ön sinyal görünüşi:
(yeşil-sarı2)

Tali hatta giriş serbest.

Mateakip sinyal görünüşi:
yeşil, sarı1,
(sarı1-sarı2) veya
(yeşil-sarı2) olabilir.

İşarete göre yol serbest.

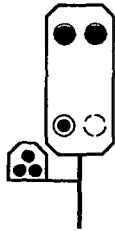


Ön sinyal görünüşi:
(sarı1-sarı2)

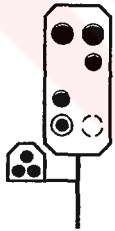
Tali hatta ihtiyatla giriş serbest.

Mateakip sinyal görünüşi:
kırmızı

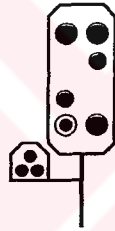
Trenlere DUR.



Cari hat çıkış
sinyalleri



Tali hat çıkış
sinyali

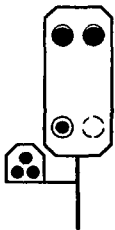


Ön sinyal görünüşi:
kırmızı

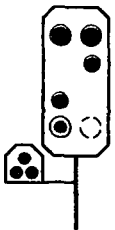
Trenlere ve manevralara DUR.

Mateakip sinyal görünüşi:
Belli değil

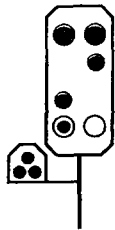
İşarete göre hareket edilecek.



Cari hat çıkış
sinyalleri



Tali hat çıkış
sinyali



Ön sinyal görünüşi:
Cari hatta yeşil
Tali hatta(yeşil-sarı2)

Çıkış serbest manevralara DUR.

Mateakip sinyal görünüşi:
yeşil, sarı1,
(sarı1-sarı2) veya
(yeşil-sarı2) olabilir.

İşarete göre yol serbest.

ŞEKİL 3.2: Sirkeci Halkalı Arası Giriş ve Çıkış Sinyallerinin Görünüşi
(TCDD' YE Ait DRS Yönetmeliğinden Alınmıştır.)

Bir treni istasyona kabul etmeden evvel trenin gireceği yolun serbest olmadığı kumanda masasından kontrol edilir. Yolun serbest olduğu , trenin alınacağı yola ait sarı ışıkların yanması ile belli olur. Trenin alınacağı yola ait giriş makası “makaslar” kısmında anlatıldığı gibi en uygun olarak geçit verecek şekilde tanzim edilir.

Bütün ön çalışmalar yerine getirildikten sonra giriş sinyal düğmesi ile trenin alınacağı yola ait yol düğmesine birlikte basılır. Kumanda masası üzerinde o yola ait giriş sinyalindeki kırmızı ışık söner ve yeşil ışık yanar. Yeşil ışığın yanması hareket memuruna giriş sinyalinin açıldığını bildirir. Trenin gireceği yolun kilitlendiğini bildirmek üzere minyatür giriş sinyali yanında yuvarlak bir sarı ışık yanar. Bu ışık tabii durumda sönmüştür.

Lokomotifin ilk dingili izole devreye basar basmaz giriş sinyali kapalı duruma geçer. Sinyalin kapalı duruma geçmesi kumanda masasından o sinyale ait yeşil ışığın kırmızıya çevrilmesi ile anlaşılır.

Trenin makaslarda geçişi ve istenilen yola girişi bu makaslara ve yola ait sarı ışıkların kırmızıya çevrilmesi ile anlaşılır.

DRS işleyiş olarak pek pratik olmasada kontrollü işletim ile düzenli bir tren akışının sağlandığı bir idare şeklidir. Dünya demiryollarında örneğine çok az rastlanmakla birlikte TCDD ‘ nin hatları arasında sadece Sirkeci-Halkalı arasındaki banliyö tren hattında mevcuttur.

3.3. CTC (CENTRALIZED TRAFFIC CONTROL-MERKEZİ TRAFİK KONTROL) SİSTEMİ

Sınırları belirli bir demiryolu bölgesi içindeki tren hareketlerinin kontrolü ve yönlendirilmesine ait işlerin , kontrol yetkisi ile donatılmış bir merkezde bulunan tren dispeçerinin , trafik kontrol sistemi kanalıyla , istasyon ve sidinglerin uç noktalarında bulunan ve uzaktan kontrol edilebilen makas ve sinyallerin kullanılması ile gerçekleştirildiği bir sistemdir. Amacı demiryolunu emniyetli , hızlı , etkin verimli ve ekonomik işletmek maksadıyla demiryolu trafiğini modern ve güvenilir şekilde elektrikli sinyallerle merkezden düzenlemektir. TCDD ‘ de son yıllarda yaygınlaştırılan bu sistem tamamen bilgi iletişim ağına dayanmaktadır. Tren

dispeçeri , kontrol ettiği bölge içindeki personel ile telsiz ve telefon aracılığıyla haberleşir ve CTC panosu yardımıyla bölgedeki hatların işgal durumunu , sinyallerin görünüşü ve makasların pozisyonunu da ışıklı göstergeler yardımıyla gözler. CTC sisteminin , tren hareketlerine ait doğru ve sürekli bir bilgi sunması sebebiyle , dispeçere , bölgenin etkin kontrolü için önemli bir araç verilmiş olur.

Bölgedeki tren için yol tanzimi yapmak gerektiğinde , dispeçer önündeki klavye yardımıyla gerekli kontrol mesajını ileterek bu işlemi gerçekleştirir. Dispeçer klavyenin tuşlarına uygun bir sırada bastığı takdirde , kontrol sistemi dijital elektrik sinyalleri üreterek , bunları iletişim hattı üzerinden yola gönderir. Bu sinyaller ilgili donanımlar tarafından algılanır ve işlenir. Yol tanzimi gerçekleştirildikten sonra , yeni duruma ait bilgi arazideki donanım tarafından merkeze aynı yolla iletilir ve CTC panosundaki ilgili ışıklı , gösterge uyarılır.

CTC ilk uygulandığında , tek hatlı demiryollarında işletilen trenlerin gecikmelerini azaltarak hat kapasitesini arttırmıştır. Sistem özellikle trafiğin yoğun olduğu ve karmaşık hat yapısına sahip demiryollarında (çift ve çok hatlı) oldukça etkindir. Sistem , tren hareketleri hakkında sürekli yenilenen bilgi sunduğundan , dispeçer potansiyel çatışmaları belirler ve uygulanabilir karşılaşma ve önegeçme planları hazırlar. Sistemin merkezi kontrol özelliği , yol tanzimi yapan elamanlara olan gereksinimi kaldırmıştır. Bu durum , insan hatalarından doğan kazalarda büyük ölçüde azaltmıştır.

Ayrıca CTC’de sinyalizasyon şebekesi iki yönlü *banalizasyona izin verecek şekilde yerleştirilmiştir. Yani çift hatlı bölgelerde her iki hat üzerindeki sinyaller her iki yönüde kumanda edecek şekil de yerleştirilir.

CTC sisteminin kontrolü altındaki bölgenin sınırları genişleyip trafik yoğunluğu arttıkça , tren dispeçerlerinin iş yükü de artmıştır. Geleneksel sisteminde , dispeçer bir mesaisinin %80’nini bilgi alma ve kayıt tutma , kalan kısmını ise plan hazırlama ve tren hareketlerinin kontrolü için harcar. Ancak günümüzde bu yükü hafifletmek için yeni bilgisayar programları geliştirilmeye çalışılmaktadır.

* Çift hatlı kesimlerde geliş hattından gidiş , gidiş hattından geliş sağlayarak trenlerin iki yönlü çalıştırılmasına banalizasyon denir.

3.3.1. CTC sisteminin işleyişi

CTC sisteminin işleyişini birkaç noktadan ele almakta fayda vardır. CTC sistemi , birkaç sistemin bir arada çalıştırılarak bir sonuca varıldığı bir sistem olduğu için öncelikle alt sistemler halinde incelemekte fayda vardır.

3.3.1.1. Telefon sistemi

Sistemin güvenliğinin sağlanması için 3 tip telefon sistemi yerleştirilmiştir.

- 1) Bölge içersinde trenlerin trafiği ile ilgili konuşmaların yapılması için , yol boyu telefonlar kullanılmıştır. Bu telefonlar , hat boyunca güvenilir kilitli çelik kutulara konulmuş olup , kilit açılarak konuşma yapılır.
- 2) İstasyonlarda ise manevra ve istasyon hizmetlerinde kullanılmak üzere ayrıca manyetolu manevra telefonları bulunmaktadır. Bu telefonlar istasyon panosunu kullanan memur ile manevracılar arasındaki haberleşmeyi sağlar.
- 3) Bakım ve onarım hizmetleri ile tesisler arasındaki haberleşmeyi sıhhatli sağlamak için , bakım telefonu kullanılır.

Bu bağlamda dispeçerle yapılacak bütün konuşmalar merkezdeki bir ses alma cihazının bandına otomatik olarak kaydedilir.

3.3.1.2. Pano sistemi

Panolar CTC sisteminde işleyiş açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda panolar iki önemli başlık altında incelenebilir .

A) Kumanda Merkezi panosu : Kumanda merkezi panosu , sinyaller içeren demiryolu şebekesinin küçük ölçekli şematik bir kopyasından ibaret olup demiryolu üzerindeki tren , sinyal , makas ve yolların durumlarının uygun ışıklarla gösterildiği değişebilir mozaik parçalardan meydana gelmiştir. Pano üzerinde , kumanda sinyaller ve yol kesimleri coğrafik olarak belirlenmiştir. Kumandalı sinyal izlenimleri , yol kapalı ise karanlık veya sönük (bu herhangi bir koyu renkte olabilir), tanzim edilmiş ise yeşildir. Ana hat makas ray devrelerinin meşguliyetleri ayırt edilebilecek özel bir seslede tanımlanabilir. Tanzim edilmiş yolun durumu

panoda tanzimli yolun girişinden çıkışına kadar tamamı beyaz ışıık ile aydınlanır. Makas uyuşmazlığı , açılmış bir yola karşı yönden yol tanzim isteğı ve benzeri bütün engelleyici şartlarda pano üzerinde gün ışığı yanar söner olarak yanar ve aynı anda panodaki alarm zili çalar.

B) İstasyon kumanda masası

İstasyon kumanda masası , her istasyonda sisteme bağılı yol , sinyal , makas ve diğler araçların yer aldığı istasyonun küçük ölçekli şemasının bulunduğı masadır.

3.3.1.3. Sinyal sitemi ve şekilleri

Bütün sinyalizasyon sistemlerinde olduğı gibi CTC sinyalizasyon sisteminde de ışıklı sinyaller oldukça büyük önem taşımaktadır. Özellikle merkezi kumandalı bir işleyişe sahip olduğı için , sinyalizasyonların ne anlama geldiğı ve nasıl yönetildiğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda 5 sinyal çeşidi ile açıklama yapılabilir:

- 1) **Giriş sinyalleri** : İstasyon ve sidinglerdeki giriş sinyalleri sapmasız ve sapmalı bildiri verdiklerinden dörtlü yüksek sinyaller olup , kumandalıdır. Sinyalde en alttan başlamak üzere 4 adet , sarı , kırmızı , yeşil ve sarı lambalar sıra ile bulunur.
- 2) **Çıkış sinyalleri** : İstasyon ve sidinglerin hattı cariden çıkış sinyalleri tek hatlı carili bölgelerde üç lambalı yüksek sinyallerdir. Barınma hatlarında çıkışlar cüce sinyaller ile sağlanır. Çıkış sinyalleri yüksekte olmasa cücede olsa hepsi kumandalıdır.
- 3) **Blok sinyalleri** : İstasyon ve sidingler arasındaki blokların girişine konulmuş yüksek sinyallerdir. Blok sinyaller kendinden bir sonraki sinyalin durumuna göre renk bildirisi verirler.
- 4) **Yaklaşma sinyalleri** : Her istasyon ve sidingin giriş sinyalinden bir önceki otomatik blok sinyalıdır.
- 5) **Koruma sinyali** : Terminal istasyonlarından giriş sinyalinden bir önceki kumandalı blok sinyalıdır.

3.3.1.4. Sinyal renk bildirileri

Sinyal renk bildirileri ve anlamları makiniste hitap eden bir dille aşağıda sunulmuştur.

- 1) Yüksek ve cüce sinyalde kırmızı ışık : Bloğa girmek yasaktır.
- 2) Yüksek sinyalde yeşil ışık : Normal hızla ilerle , önde en az iki blok boştur.
- 3) Yüksek sinyalde sarı ışık : İlk sinyalde duracak şekilde ilerle girilecek blok boştur. Fren mesafesinden daha kısa olan bir blok girişindeki sinyal sarı gösteriyorsa , bir önceki sinyalde de sarı görünür.
- 4) Yüksek sinyalde sarı üzeri yeşil ışık; Makaslardan saparak izin verilen hızla ilerle, en az iki blok boştur.
- 5) Cüce sinyalde yeşil ışık : Makaslardan saparak izin verilen hızla ilerle , önde en az iki blok boştur.
- 6) Cüce sinyalde yanar söner yeşil ışık : Blok tesisata bağlı olmayan yoldan çıkacak tren için serbesttir. Sapma yolu üzerinde son çıkış makasına kadar sınırlı seyirle ilerle , yanar söner sinyalin bulunduğu tesisata bağlı olan yoldaki trenler için blok kapalıdır. En az iki blok boştur.
- 7) Yüksek sinyalde sarı üzeri sarı ışık : Makaslardan saparak izin verilen hızla ve ilk sinyal önünde durabilecek şekilde ilerle , girilecek blok boştur.
- 8) Cüce sinyalde sarı ışık : Makaslardan saparak izin verilen hızla ilerle , girilecek blok boştur.
- 9) Cüce sinyalde yanar söner kırmızı ışık : Blok tesisata bağlı olmayan yoldan çıkacak tren için serbesttir. Sapma yolu üzerinde sınırlı seyirle, ilk sinyal önünde durabilecek şekilde ilerle , yanar söner sinyalin bulunduğu tesisata bağlı yol için blok kapalı olup , bu yolda bulunan tren yanar söner sinyali geçemez. Girilecek boşluk doludur.

10) Yüksek cüce sinyalde sarı üzeri kırmızı ışık : Sınırlı seyirle (bir engel vagon veya trenle karşılaşılabilceğinden derhal durabilecek şekilde) ilerle , girilecek blok meşgul olabilir.

11) Cüce sinyalde yanar söner sarı üzeri yanar söner kırmızı ışık : Bir sinyalsiz yoldan , sinyalli bir yol üzerinden geçerek , diğer sinyalsiz yola çıkılacağından sınırlı seyirle ilerle.

12) Yüksek ve cüce sinyalde yanar söner kırmızı ile birlikte yanar söner yeşil ışık :

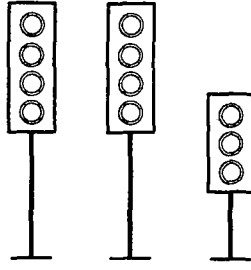
Dispeçerin vereceği izin ile, istasyonlardaki manevralar , istasyon kumanda masasından yönetildiğinde istasyondaki bütün sinyaller bu şekilde yanar.

Çeşitli sinyal tipleri şekil 3.3. ' te sunulmuştur.

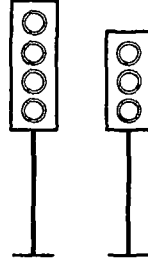
3.4. SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Demiryolu işletmeleri diğer ulaştırma sistemleri ile aynı pazarı paylaşmak zorunda olduklarından , pazar payını arttırmak için teknik gelişimi sağlamak zorundadırlar. Demiryolu trafik kontrol sistemi bu gelişimin oldukça önemli bir parçasıdır. Bu bağlamda eleman kullanımı daha aza indirgenerek , otomasyonun ağırlıklı olarak kullanıldığı sistemler geliştirilmektedir.

DRS ve CTC sistemleri temelde aynı fakat işleyiş tarzı çok farklı olan sinyalizasyon şebekesi içermektedir. Bu sebeple sistemlerin kullanım kolaylığı oldukça değişim göstermektedir. DRS (Düğme kumandalı sistem) TCDD ' nin oldukça eskiden beri kullandığı emniyetli sistemlerden olup sinyalizasyon olarak belirli bir tren kapasitesine kadar güvenli bir şekilde hizmet vermektedir. Ancak belirli bir kapasite sınırının üzerine çıkılması ile sistemin aksaklıklara yol açtığı ve tren işletmenin zorlaştığı kabul edilmelidir. Bilgisayar bu sistem içinde yoktur. DRS sisteminde sinyalizasyon istasyonlardan veya sinyalizasyon kulelerinden yönetilmektedir. İstasyonlarda bulunan kumanda masaları yardımıyla ancak 3 blok (yani istasyonun bulunduğu blok , bir önceki ve bir sonraki bloklar) idare edilebilmektedir. Bu sistem itibariyle hat parçalara bölünmüş ve kısım kısım idare edilmektedir. Sistem merkezden kontrollü olmadığı için aksaklık olma ihtimali yüksektir. Ayrıca sistem



Yüksek ve cüce sinyalde kırmızı



Yüksek sinyalde yeşil



Cüce sinyalde yanar söner yeşil üzeri, yanar söner kırmızı



Yüksek sinyalde sarı üzeri yeşil



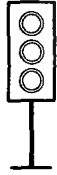
Yüksek sinyalde sarı üzeri sarı



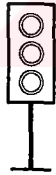
Yüksek ve cüce sinyalde sarı üzeri kırmızı



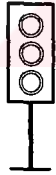
Cüce sinyalde yeşil



Cüce sinyalde sarı



Cüce sinyalde yanar söner yeşil



Cüce sinyalde yanar söner sarı üzeri yanar söner kırmızı



Cüce sinyalde yanar söner kırmızı



Yüksek sinyalde sarı



Yüksek sinyalde kırmızı üzeri yeşil



Cüce sinyalde yeşil üzeri kırmızı



Cüce sinyalde yanar söner sarı

ŞEKİL 3.3 : CTC Yönetmeliğine göre sinyalizasyon şekilleri

içersinde dispeçer ile kulenin iyi bir uyumu olmalıdır. Dolayısıyla insan kontrollü bir yapıya sahip olması vesilesiyle , insan duyularına dayandığından , DRS ‘ de , hata yapma marjı yöneten kişilerin psikolojik yapılarına göre artış göstermektedir. Ayrıca makaslar tesisata bağlı ve bağlı olmayan olarak iki türdür ve özellikle tesisata bağlı olmayan makaslar elle kontrollü olması

vesilesiyle kapasiteyi olumsuz etkilemektedir.Bununla birlikte DRS sistemi banalizasyon işleminin hat üzerinde sıhhatli bir şekilde çalıştırılmasına izin vermemektedir. Sinyalizasyon sistemi konum itibariyle sadece tek bir yönden gelen trene göre yerleştirildiğinden banalizasyon işlemi tamamen duyulara bağlı olarak insan kontrollü olarak yapılabilmektedir.

CTC, tek hatlı demiryollarında işletilen trenlerin gecikmelerini azaltarak hat kapasitesini arttırmıştır. Karmaşık hat yapısına sahip demiryollarında oldukça etkin olarak kullanılmaktadır. Sistem , tren hareketleri hakkında sürekli yenilenen bilgi sunduğundan , karşılaşma ve önegeçme planları rahatlıkla çıkarılabilir. Sistemin merkezi kontrol özelliği , yol tanzimi yapan elamanlara olan gereksinimi kaldırmıştır. CTC sistemi tamamen merkezi bir sistem olup , tamamen otomasyona dayanmaktadır . Bu durum da hata marjını oldukça düşürmenin yanı sıra , iletim ağının güçlü olması ile kaza yapma olayında en aza indirmektedir. Sinyalizasyon sisteminin uygun şekilde yerleştirilmesinden dolayı hat üzerinde sıhhatli bir banalizasyon yapılabilir. Hat bir bütün olarak kontrol edilmekte olup , kumanda masaları yardımıyla tamamen bilgisayara dayanan bir sinyalizasyon sistemi mevcuttur. Bu vesileyle hat üzerinde , makas değiştirme ve kanal bölgeleri bilgisayar kontrollü olarak işletilir.

Bu üstün nitelikleri itibariyle CTC , DRS ‘nin geliştirilmiş modeli olarak algılanabilir. Bu durum itibariyle DRS sisteminin yaşattığı olumsuzlukları ortadan kaldırmak için hatların CTC sistemine geçirilmesi gerekmektedir.

4. UIC (ULUSLARARASI DEMİRYOLLARI BİRLİĞİ) MASTER PLANINA GÖRE KAPASİTENİN TAYİNİ

4.1. GİRİŞ

U.I.C. (Uluslararası Demiryolları Birliği) Altyapı Master Planının içeriğine göre şebeke, kendine özgü hattın geliştirilmesi ve ona verilecek toplam meblağın belirlenmesi için bilinen evrensel prensipleri tespit etmeyi gerekli kılmaktadır. Maliyetleri tespit edilen hatların , demiryolları tarafından uygulanan tanınmış evrensel prensiplerinden bir tanesi , hat kapasitesinin belirli bir düzen içerisinde belirlenmesidir.

Demiryolları tarafından şu anda kullanılan metodların çeşitliliği , herhangi bir demiryolunun gerçek ve doğru sınırlarını evrensel ve ortak bir çerçevede belirlemeyi imkansız kılmaktadır. Bu yüzden hat kapasitesini belirleyen resmi ve geçerli bir metod gerekmektedir.

Bu araştırmada farklı demiryollarındaki hatların bölümlerinin kapasiteleri arasında karşılaştırma yapmak için sağlanması gereken durum ve şartlar açıklanacak ve demiryolu teşkil edilmesinde oluşabilecek sorunlar ile benzer problemlerin de çözümünde kullanılacak yaklaşımlar ve ölçümlerde bahsedilecektir. Uluslar arası trafikte kullanılacak hat kapasitelerinin birlikte hesaplanmasında bu metodun uygulanması demiryollu işletmeleri tarafından tavsiye edilmiştir.

4.2. Metodun Prensipleri

Metod aşağıdaki kriterler baz alınarak geliştirilmiştir.

- Metod , şartları ne olursa olsun bütün demiryolları tarafından uygulanabilmektedir. Bu sebepten dolayı , veri işlem malzemesi kullanımı gerekmektedir.
- Metod , gereksiz emek ve harcamalardan uzaktır.
- Kapasite bu metodla belirlenirken, dikkate alınan hatlardaki bütün tren hareketlerinin parametreleri mutlaka hesaba katılmalıdır. Ayrıca , çeşitli kategorilerdeki trenlerin birbirine göre boyutları da hesaba katılmalıdır.
- Metod , blok bölümlerinin içindeki , bölgelerdeki ve iyi bir sinyalizasyon olduğu yerlerdeki şartları mutlaka içermelidir.

4.3. Hesap metodu

4.3.1. Temel bilgilerin tanımları

4.3.1.1. Kapasite

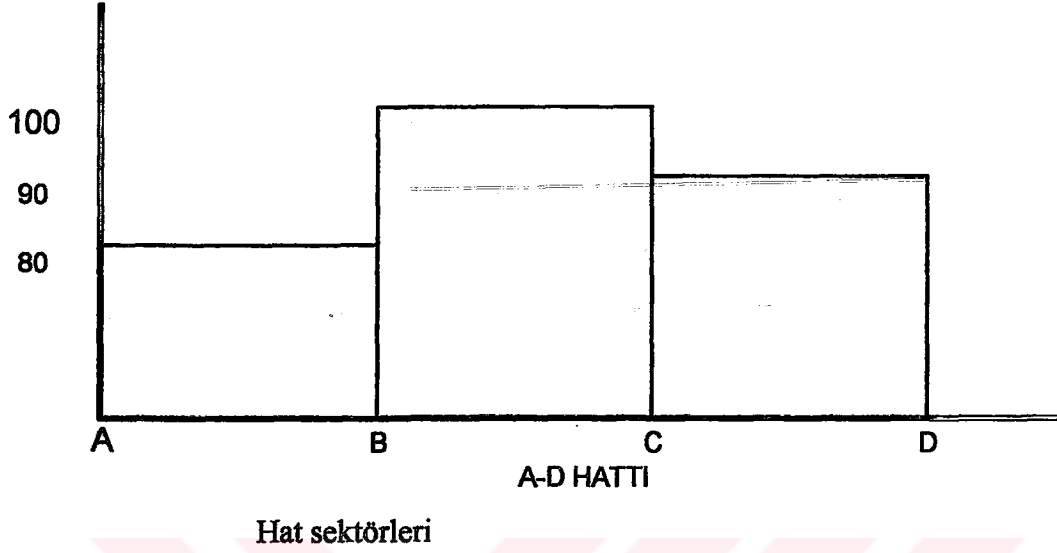
Bir demiryolunun kapasitesi , her hattan işletilmesi mümkün olabilecek belirli bir zamanda geçebilen tren sayısı olarak tanımlanır. Hesaba katılması gerekenler :

1. Belirli işletme ve teknik şartlar
2. Dikkat edilmesi gereken kesin nitelik kriterleri

olarak belirtilebilir.

Bir hattın kapasitesi hat bölümü (sektörü) içindeki hattın belirlenmiş parçasının belirli bir periyotla karşılayabileceği tren sayısı olarak tanımlanır. Bu bağlamda temel alınan grafik şekil 4.1. de sunulmuştur. AD ana hat olmak üzere B blok posta mevkii esası altında 3 kısım ele alınmıştır : AB , BC , CD . Y ekseni hattın kapasite değişimini X ekseni ise hattın mesafe değişimini göstermektedir.

Hat kapasitesi (tren/ gün)



Şekil 4.1. Hat kapasitesinin gösterimi

4.3.1.2. Hat

Bir hat iki büyük istasyon arasındaki kesimdir. Genellikle birkaç sektörün (hat kesimi) birleşimidir.

4.3.1.3. Hat sektörü

Bir hat sektörü, arka arkaya gelen iki istasyon arasında ve /veya kavşak yerleri yada yolun birleşim yerleri arasında uzanır. Sektör oluşumundan etkilenmeyen büyüklükler :

- Tren sayısı (- + % 10)
- Trenlerin çeşitli kategorilerinin birbirlerine göre değişen boyutları olarak söylenebilir.

4.3.1.4. Hattın determinant sektörü (Belirleyici sektörü)

Hat parçası ard arda iki istasyon arasında ya da biri diğerinden sonra olan kavşaklarda ya da geçilen istasyon ve/veya kavşak yerleri ile birleşim noktaları arasında uzanır.

Belirleyici hat parçası , verilen hat bölümü içindeki en küçük kapasiteye sahip parçadır.

4.3.2. Kapasitenin formüle edilerek hesaplanması

Bir hat bölümünün kapasitesinin hesabı , hat bölümünün karakteristiklerini dikkate almak için ek süreye ve belirleyici hat parçasına bağlı olan verilere dayanarak yapılır.

Determinant sektörü (Belirlenmiş sektör) genellikle en uzun işletme zamanı bulunan ve içinde en yüksek, minimum tren takip aralığı zamanının (t_{fm}) ortalama değerinin bulunduğu noktadır. Bu hesaplamalar trenin önü esas alınarak yapılmıştır.

$$L = \frac{T}{t_{fm} + t_r + t_{zu}} \quad (\text{dakika cinsinden}) \quad (4.1)$$

L = Hat sektörünün kapasitesi

T = Referans periyodu

t_{fm} = Minimum tren takip aralığı zamanı

t_r = Extra zaman sınırı

t_{zu} = Ek zaman

4.3.3. Referans periyodu (T)

Genel olarak herhangi bir koşul göze alınmaksızın kapasite bir tam gün için gösterilir ve bütün güne oranlanır. (1440 dak.) Hat bölümünün belirli zirve saatlerdeki işgalinin belirlenmesinde çok büyük önem taşıyan etkenlerden biride saatlik kapasitedir. Saatlik kapasitenin gösterimi pik saatlerdeki hat kısmının yoğunluğunun

değerinin biçilmesinde oldukça önem taşır. Hesaplamalar günün belirli periyotları için yapılır.

Bu durumda , extra zaman sınırının değeri bütün yada bir gün için hesaplanmış ortalama saatlik kapasiteden daha büyük saatlik kapasite, bu yolla hesaplansın diye azaltılabilir.

Tren sayılarında büyük değişimler varsa veya gün içersinde seyir yapan trenlerin farklı kategorilerdeki seyirlerinde birbirlerine göre boyut değişimi söz konusu ise , yada hat 24 saat işletilmiyorsa azaltma oldukça önem taşır.

4.3.4. Minimum tren takip aralığı zamanının ortalama süresi (t_{fm})

Minimum tren takip aralığı zamanı t_f , ard arda gelen iki tren arasında hesaba katılması kesinlikle gerekli zaman olarak tanımlanabilir. Bu arada minimum tren takip aralığı zamanının ortalama süresi , hat bölümü üzerinde hareket eden bütün trenlerin takip aralıklarından hesaplanan ortalama minimum takip aralığı zamanıdır.

Hesabı basitleştirmek amacı ile 2 veya en çok 4 sefer süresi elde etmek için az çok aynı seyir süresine sahip olan trenler seyir süreleri sınıfları olarak gruplanır. Bu bağlamda trenlerin fiili hareket programı söz konusu olduğunda her seyir süresi sınıflaması için tren takip aralığı sayıları hesaplanır ve bu bir matrise dönüştürülür.

Bu metod seyir programına bağlıdır. Fakat bazı hallerde bağlı olmayabilirde.

4.3.5. Seyir programına bağlı metod

Bu metodun temel olarak kurulumu seyir programına bağlıdır ve minimum tren takip aralığı süresinin ortalama süresi (t_{fm}), trenlerin bütün minimum takip aralığı zamanlarının ortalamasıdır. t_{fm} bu formül ile hesaplanır :

- Bir yönde işletme :

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij} \times t_{fj})}{\sum n_{ij}} \quad (4.2)$$

n_{ij} = Tren takip aralıklarının sayısı

t_{ij} = iki seyir süresi sınıflaması arasında trenlerin minimum takip aralığı süresi

- İki yönde işletme :

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij(aa)} \times t_{fij(aa)}) + \sum (n_{ij(ab)} \times t_{fij(ab)}) + \sum (n_{ij(bb)} \times t_{fij(bb)}) + \sum (n_{ij(ba)} \times t_{fij(ba)})}{\sum n_{ij}}$$

(4.3)

n_{ij} = Tren takip aralıklarının sayısı

t_{ij} = İki seyir süresi sınıflaması arasında , trenlerin minimum takip aralığı süresi

4.3.5.1. Takip aralıklarının belirlenmesi

Hesabı basitleştirmek amacıyla , 2 veya en çok 4 sefer süresi sınıflaması elde etmek için az çok aynı seyir süresine sahip olan trenler , seyir süreleri kategorileri olarak gruplandırılır.

Trenlerin fiil hareket programı söz konusu olduğunda her seyir süresi sınıflaması için tren takip aralığı sayıları hesaplanır ve de bu netice bir matriste toplanır.

a) BİR YÖNDE İŞLETME İŞLEMİ

3 sınıflamalı seyahat süreli trenlerin takip aralığı sayısının nasıl hesaplandığı Tablo 4.1 ' deki matriste gösterilmektedir :

Tablo 4.1. Tek istikamette işletildiğinde ard arda gelen tren takip aralıklarının matrisi:

SONRAKİ TREN				ÖNCEKİ TREN
	1	2	3	
1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	
2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	
3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	

n_{ij} = Takip aralıkları sayısı

$\dot{I}$ = Önceki trenin seyahat süresinin sınıflaması

J = Sonraki trenin seyahat süresinin sınıflaması

B) HER İKİ YÖNDE İŞLETME

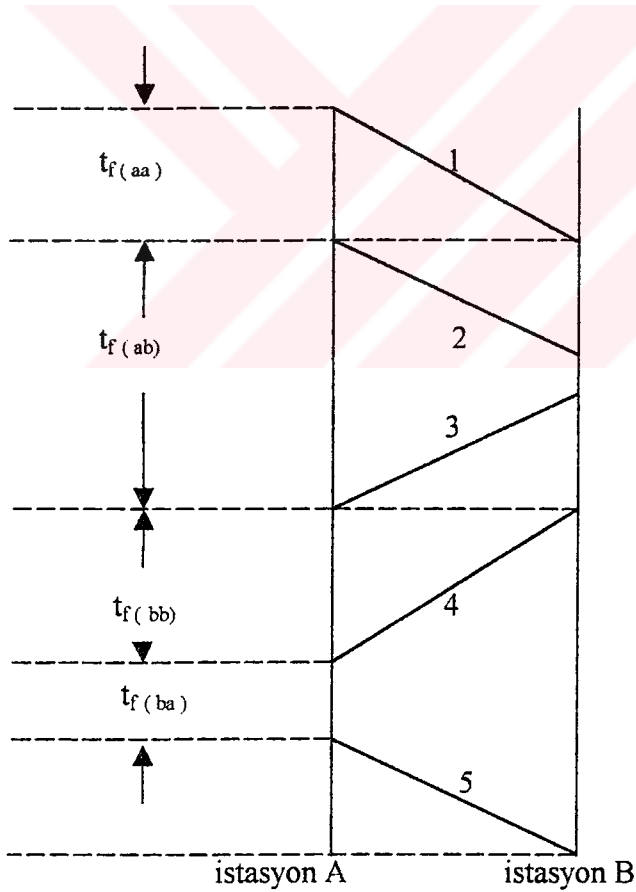
Tren takip aralıklarının 4 farklı kategorilerindeki işletim sonuçlarının metodu şekil 4.2 ' de gösterilmiştir.

Bu şekil üzerinde ,

t_f = Minimum tren takip aralığı süresi

Yönler $\overline{AB} \cong a$

$\overline{BA} \cong b$



Şekil 4.2. Tren takip aralıklarının kategorileri ya da her iki yönde işletimde minimum tren takip aralıklarının süresi

Her iki yönde hareket eden trenlerin 3 sınıfa göre hareket zamanlarının matrise indirgenmesi söz konusudur.

3 sınıflamalı, seyir süreleri her iki istikamette işletim yapıldığındaki tren takip aralığının bir örneği aşağıdaki matriste verilmiştir. Matriste AB yönündeki seyir sürelerinin sınıflanması (+) ve BA yönündeki sefer sürelerinin ise (-) olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Her iki istikamette işletildiğinde arka arkaya gelen tren takip aralıklarının matrisi :

n_{+3-3}	n_{+3-2}	n_{+3-1}	önceki tren	3	n_{+3+1}	n_{+3+2}	n_{+3+3}
n_{+2-3}	n_{+2-2}	n_{+2-1}		2	n_{+2+1}	n_{+2+2}	n_{+2+3}
n_{+1-3}	n_{+1-2}	n_{+1-1}		1	n_{+1+1}	n_{+1+2}	n_{+1+3}
sonraki tren					sonraki tren		
-3	-2	-1			1	2	3
n_{-1-3}	n_{-1-2}	n_{-1-1}	önceki tren	-1	n_{-1+1}	n_{-1+2}	n_{-1+3}
n_{-2-3}	n_{-2-2}	n_{-2-1}		-2	n_{-2+1}	n_{-2+2}	n_{-2+3}
n_{-3-3}	n_{-3-2}	n_{-3-1}		-3	n_{-3+1}	n_{-3+2}	n_{-3+3}

4.3.4.2. Tek yönlü işletmede minimum tren takip aralıkları süresinin hesabı

Farklı minimum tren takip aralıkları (t_{fi}) sürelerinin hesaplanması seyahat süresi t_i hattın determinant sektörü (belirlenmiş sektörü) üzerindeki trenlerin farklı kategorileri ve tren uzunluğuna göre yapılır. Seyir programında izin verilen durma zamanı da seyir süresi içinde kabul edilir.

İşletmenin tek yönlü olduğu durumlarda hesaplama, matristeki birbirini takip eden her tren için minimum tren takip aralığının süresinden yapılır. Bu durum Şekil 4.1'dedir.

Bu bağlamda bir takım değerlendirme ölçütleri vardırki bunlar hesaplamalar da dikkate alınır.

- İlk uyarı sinyalinin görülebilme noktası ile seyahat süresinin ölçüm noktası arasında alınan seyir süresi $=t_{ls}$.
- Hat sektöründe seyir süresi, iki önemli noktanın ölçüleri arasında alınır. $=t_i$

- Açık bölümdeki seyir süresi (blok sinyal + tren uzunluğundan katarın emniyetli mesafesi) = t_{IR}
- Yolların hazır hale getirilmesi veya iptali için ve blok tertibatları içersindeki makasların işaretlere otomatik olarak bağlanması için gereken zaman = t_b
- Kalkış düzenine geçmek ve kalkışa izin vermek için gerekli zaman (yanlızca ilk istasyonda duran trenler için) = t_a

Bütün bu terimlerin grafik olarak açıklaması şekil 4.3 ' te sunulmuştur.

Orta blok mevkiini içine almayan bir hat parçası için , minimum tren takip aralıklarının sayısını veren formül :

$$t_f = t_{II(AC)} + t_b + t_a \quad (\text{dak.}) \quad (4.4.)$$

Gelecek trenin A istasyonunda hiç durmadan geçmesi ile görülebilirlik noktasına ulaştığında , A istasyonuna giriş uyarı sinyali yanar. Bu durumda hat açiktır gösterir.

$$t_f = t_{II(AC)} + t_b + t_{IS2(A)} \quad (\text{dak.}) \quad (4.5.)$$

Hat parçası orta blok mevkiilerinden oluştuğu durumda , bu hattaki bütün blok işaretleri , A istasyonunun minimum tren takip aralığı sürelerinin hesaplanması için mutlaka dikkate alınmalıdır. Hesap için minimum tren takip aralıklarının en büyük süresi esas alınır.

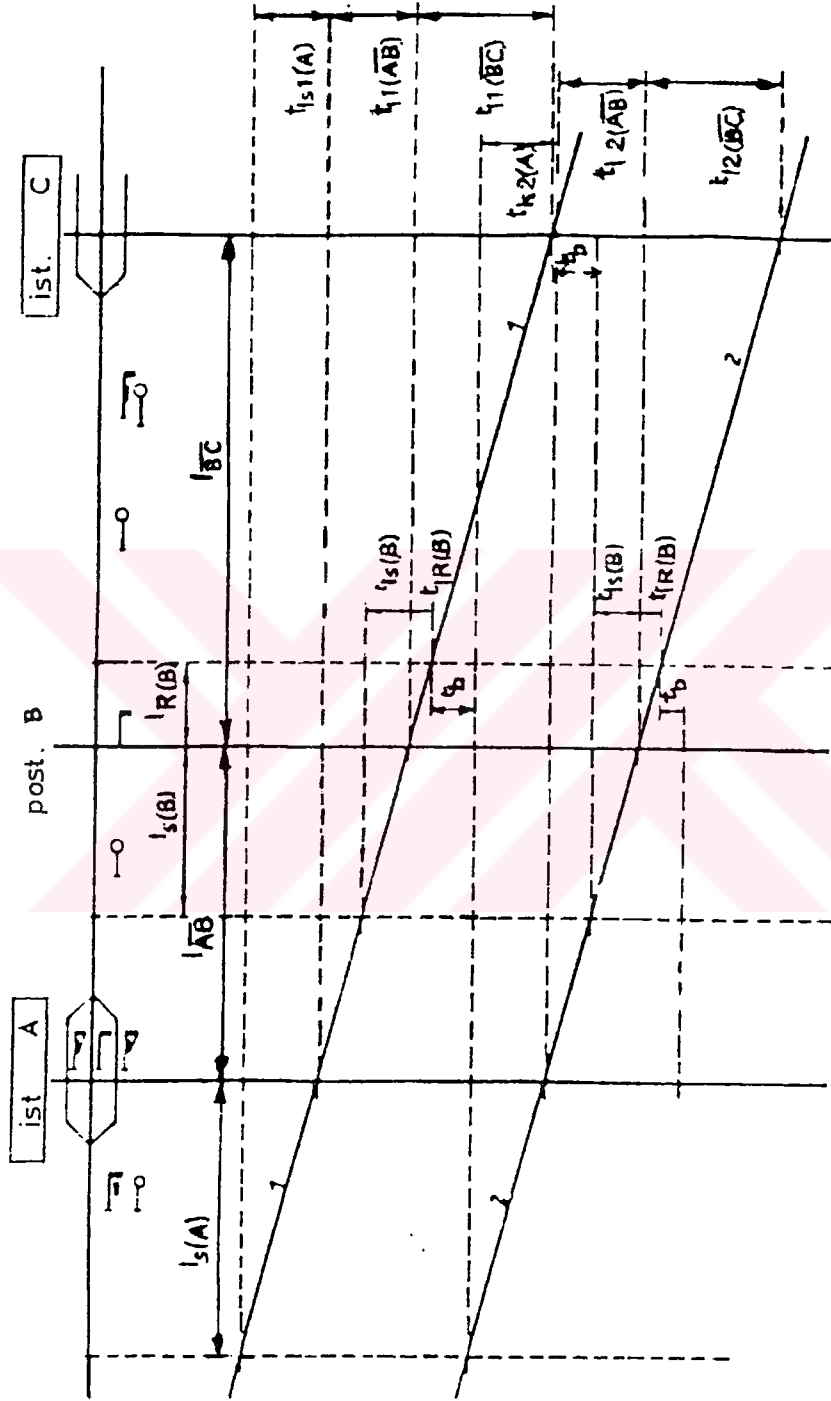
Kendi çıkış işaretine bağlı olarak A istasyonu için minimum tren takip aralığı zamanının süresi :

Sonraki tren , A istasyonunda duruyorsa:

$$t_f = t_{II(AB)} + t_{IR1(B)} + t_b + t_a \quad (\text{dak.}) \quad (4.6.)$$

Eğer sonraki tren A istasyonunda durmadan geçerse ,

$$t_f = t_{II(AB)} + t_{IR1B} + t_b + t_{IS2(A)} \quad (\text{dak.}) \quad (4.7.)$$



Şekil 4.3. Minimum tren takip aralıklarının şematik olarak gösterimi

B blok mevkiinin blok işaretine bağlı olarak , A istasyonu için minimum tren takip aralığı zamanının süresi :

$$t_f = t_{11} (AC) + t_b - (t_{12} (AB) - (t_{1s2} (B))) \quad (\text{dak.}) \quad (4.8.)$$

Önceki formülde farklı terimler aşağıdaki gibi saptanır:

Hat parçasındaki seyir süresi = t_1

t_1 ' in değeri hareket programından alınır. Eğer bu değer , mevcut blok mevkiileri için kısmi seyir süresini işaret etmiyorsa bu değerler tüm hat parçasındaki seyir süresi bazında karşılıklı olarak enterpole edilmelidir. Bunu sonucu olarak formül 4.9 çıkar.

$$t_{1(AB)} = \frac{t_{1(AC)} \times l_{1(AB)}}{l_{1(AC)}} \quad (4.9)$$

Sonraki seyir süresinin ölçüm noktası ve görülebilirlik noktasının arasındaki seyir süresi = t_{1s}

Hareket programına göre eğer bir tren blok bölümünde veya bir hat parçasının başlangıcında yer almış olan ölçüm noktasından durmaksızın geçecekse , ilk ikaz işareti , makinist treni yavaşlatmadan evvel herhangi bir tedbire başvurmadan “ hat açıktır “ pozisyonunda olmalıdır.

Mesafe l_s iki kısımdan oluşmaktadır :

- Görülebilirlik noktası ile ilk ikaz işareti arasındaki mesafe :

Hızdaki tren hareketi $V \leq 80 \text{ km / h}$: 200 m.

Hızdaki tren hareketi $V > 80 \text{ km / h}$: 500 m.

- Uyarı sinyali ile yakınındaki ölçü noktası arasındaki mesafe :

Bu değer demiryollarının tespit ettiği sinyal diyagramından alınmalıdır. Seyir sürelerinin sınıflarından uygun olanlarının enterpolasyonu ile formül 4.9 ‘ dan yerine konularak hesaplanabilir. Görülebilirlik noktası seyahat zamanı,

Açık bölümdeki seyir süresi = t_{1R}

Bazı demiryollarında güvenlik amacıyla , sonraki blok kısım açılmadan önce tren , işarettten itibaren belirli bir mesafe girmiş olmalıdır.

Açık kısım (Temiz sektör) iki uzunluktan oluşur :

- 1- **Blok sinyalinden itibaren emniyetli olarak çıkış mesafesi** : Bu değer sinyal diyagramından alınmalıdır ve belirli istasyonlarda sıfır olabileceği göz önüne alınmalıdır.
- 2- **Tren uzunluğu** : Bütün hesaplar trenin ön tarafı esas alınarak yapılır, dolayısıyla her bir trenin mevcut alanı emniyetle terk etmesi esas alınır. Bu durum itibariyle tren hızlarına göre bir standart uzunluk kabulü yapılabilir.

$V \leq 80$ km / saat hızda tren hareketi için : 700 m.

$V > 80$ km / saat hızda tren hareketi için : 400 m.

Açık bölüm dışına çıkılan zamanlar t_{1R} , seyahat sürelerinin uygun sınıflarının enterpolasyonundan faydalanılarak formül 4.9 ile hesaplanır. Yolların hazırlanması ve iptali ile blok makaslarındaki tertibatların işaretlere otomatik olarak bağlanması için gereken zaman t_b :

Güvenlikli bir işletmede , her trenden önce ve sonra bir “ bekleme süresi (oyalanma zamanı)” hazırlanması gereklidir. Bu değerler demiryolu işletiminin doğrudan tetkik edilmesi ile tayin edilmelidir.

Her demiryolunun işaretlerini , makasların hareketlerine otomatik olarak bağlamak ve demiryolu seyrini ve blokların kontrolünü sağlamak için kilitleme sistemi geliştirilmiştir.

Yolların kurulumu ve iptali için aynı zamanda blok sektör tertibatlarındaki makasların işaretlere otomatik olarak bağlanması için gerek duyulan yaklaşık zamanlar tablo 4.3. ' te sunulmuştur.

Tablo 4.3. Yolların hazırlanması ve iptali ile blok bölüm tertibatlarındaki makasların işaretlere otomatik olarak bağlanması için gereken yaklaşık zamanlar :

	Mekanik kilitleme kutusu	Tam gecikmeli kilitleme kutusu.	Kişisel kontrol panelli tam gecikmeli sinyal kutusu
Büyük ist.	1.5 dak.	1.0 dak	0.3 dak
Küçük ist.	1.0 dak.	0.5 dak.	0.0 dak.
Blok post.	0.5 dak.	-	-

Hareket emrini vermek ve almak için gerekli zaman t_a :

İstasyonda duran bir tren için , trenin hareketine kadar , akış işaretinin “ hat açıktır” pozisyonunu gösterdiği andan itibaren sayılan başka bir zaman faktörünün mutlaka verilmesi gerektiği görüşü hakimdir. Bu faktör istasyon müfettişleri ve görevlileri için hat açıktır işaretinin verilmesi ile serbest bırakma yada engelleme kararını vermesini sağlayacaktır. Bu değer yaklaşık olarak 0.4 alınabilir.

4.3.4.3. Çift yönlü işletmede minimum tren takip aralığı süresinin hesabı

Tek yönde işletilen durumda tatbik edilen hesabın prensipleri aynı zamanda her iki yönde işletilen minimum tren takip aralıklarının süresi hesabı için de kullanılır.

Her iki istikamette işletim için olan minimum tren takip aralığı zamanlarının 4 kategorisi aşağıdaki bağıntılar yardımıyla bulunur :

a) Minimum tren takip aralığının süresi ($t_{f(aa)}$)

Her iki yönde işletmede minimum tren takip aralığının bu kategorisi aynı istikamette ard arda iki trenin hareketleri arasındaki minimum zaman olup , tek yönde işletmeyle benzer özellikler taşımaktadır.

A istasyonunun minimum tren takip aralıkları süresi hesabı için Formül (4.4) , (4.5) (4.6) , (4.7) , (4.8) ‘ deki eşitlikler kullanılmalıdır.

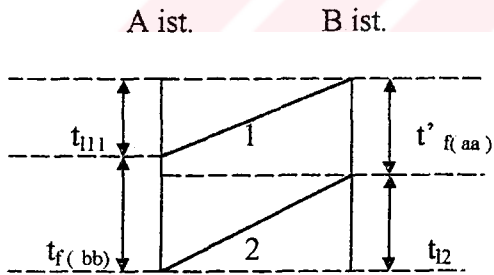
b) Minimum tren takip aralığı süresi $t_{f(bb)}$

$t_{f(aa)}$ ’ nın bulunuşundaki gibi şekil 4.4 üzerinde aynı yöndeki iki trenin varışları arasındaki minimum zaman, $t_{f(bb)}$ ’ ye eşit kabul edilmiştir. Yani $t_{f(aa)}$ için olan değere eşit kabul edilmiştir.

t_l = Tren sefer süresi

t_f = A istasyonu minimum tren takip aralığının süresi

t'_f = B istasyonu minimum tren takip aralığının süresi



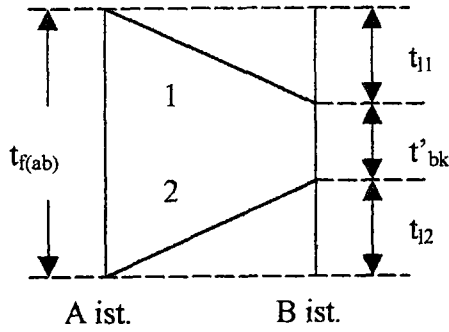
Şekil 4.4. Minimum tren takip aralığı süresinin ($t_{f(bb)}$) gösterimi :

$$t_{f(bb)} = t'_{f(aa)} + t_{l2} - t_{l1} \quad (4.10.)$$

B istasyonu için (karşı yöndeki) minimum tren takip aralığının süresi ($t'_{f(aa)}$) aynı zamanda formül (4.4) , (4.5) , (4.6) , (4.7) , (4.8) ‘ deki eşitliklerden yararlanılarak bulunabilir.

c) Minimum tren takip aralığı ($t_{f(ab)}$)

Minimum tren takip aralıklarının bu kategorisi (bir tren kalkışı ile diğerinin vardığı an arasındaki minimum zaman), şekil 4.5 ' te ifade edilmiştir.



Şekil 4.5. Minimum tren takip aralığı zamanının ($t_{f(ab)}$) gösterimi :

t'_{bk} = istasyon B'deki
makaslama zamanı

t_l = Trenin sefer süresi

$$t_{f(ab)} = t_{l1} - t'_{bk} + t_{l2} \quad (4.11.)$$

Makaslama zamanı (t'_{bk}), istasyon B için iki türlü alınır :

Sonraki trenin istasyon B de durması durumunda ;

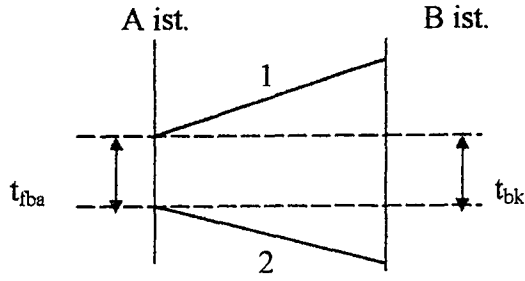
$$t'_{bk} = t'_b + t_a \quad [\text{dak.}] \quad (4.12.)$$

Sonraki trenin istasyon B de durmadan geçmesi durumunda ;

$$t'_{bk} = t'_b + t_{ls2} \quad [\text{dak.}] \quad (4.13.)$$

d) Minimum tren takip aralığı süresi $t_{f(ba)}$

Minimum tren takip aralığı süresinin bu kategorisi (bir tren varışı ile karşı istikametteki diğer trenin kalkışı arasındaki süre) A istasyonu için makaslama zamanına karşılık gelir. Bu durum şekil 4.6 'da ifade edilmiştir.



Şekil 4.6. Minimum tren takip aralığı sürelerinin ($t_{f(ba)}$) gösterimi

Her iki yönde işletim için olan minimum tren takip aralığının süresi hesaplamasının zaman faktörleri , tek yönlü işletmedekiyle aynı yöntemle tayin edilir. Formül (4.12) ve (4.13) A istasyonu için tatbik edilir.

4.3.4.4. Grafik metodun tatbiki

Minimum tren takip aralığı zamanlarının süresi aynı zamanda diyagramla hesaplanır. Bu durum rayın işgal süresi, belirlenmiş bir hat parçasındaki her bir tren hareketi için tayin edilir. Aynı istikamette birbirinin ardından harekete geçen iki trenin belirli zaman içinde aldığı yolların karşılık geldiği bölgeler kesişmeden daha önce ayrılmalıdır. Her iki takip aralığı için , minimum süre hattın parçasının başında , ilk trenin bu parçadaki ray işgal periyodunun başı ile sonraki trenin aynı periyodunun başı arasındaki boşluk olarak okunabilir. Bu durum şekil 4.7 üzerinde gösterilmiştir.

4.3.5. Seyir programına bağlı olmayan metod

Eğer ele alınan hat için henüz mevcut olmayan , fakat öngörülen şartlara uyumlu hazırlanan hareket programı varsa , ard arda gelen trenlerin takip aralığı için rastgele bir yöntem seçilir. Burada her seyir süresi sınıflamasındaki trenlerin sayısının bilinmesi önemlidir.

$$t_{fm} = \frac{\sum n_i \times n_j \times t_{fij}}{\sum n_i \times n_j}$$

i = bir önceki tren

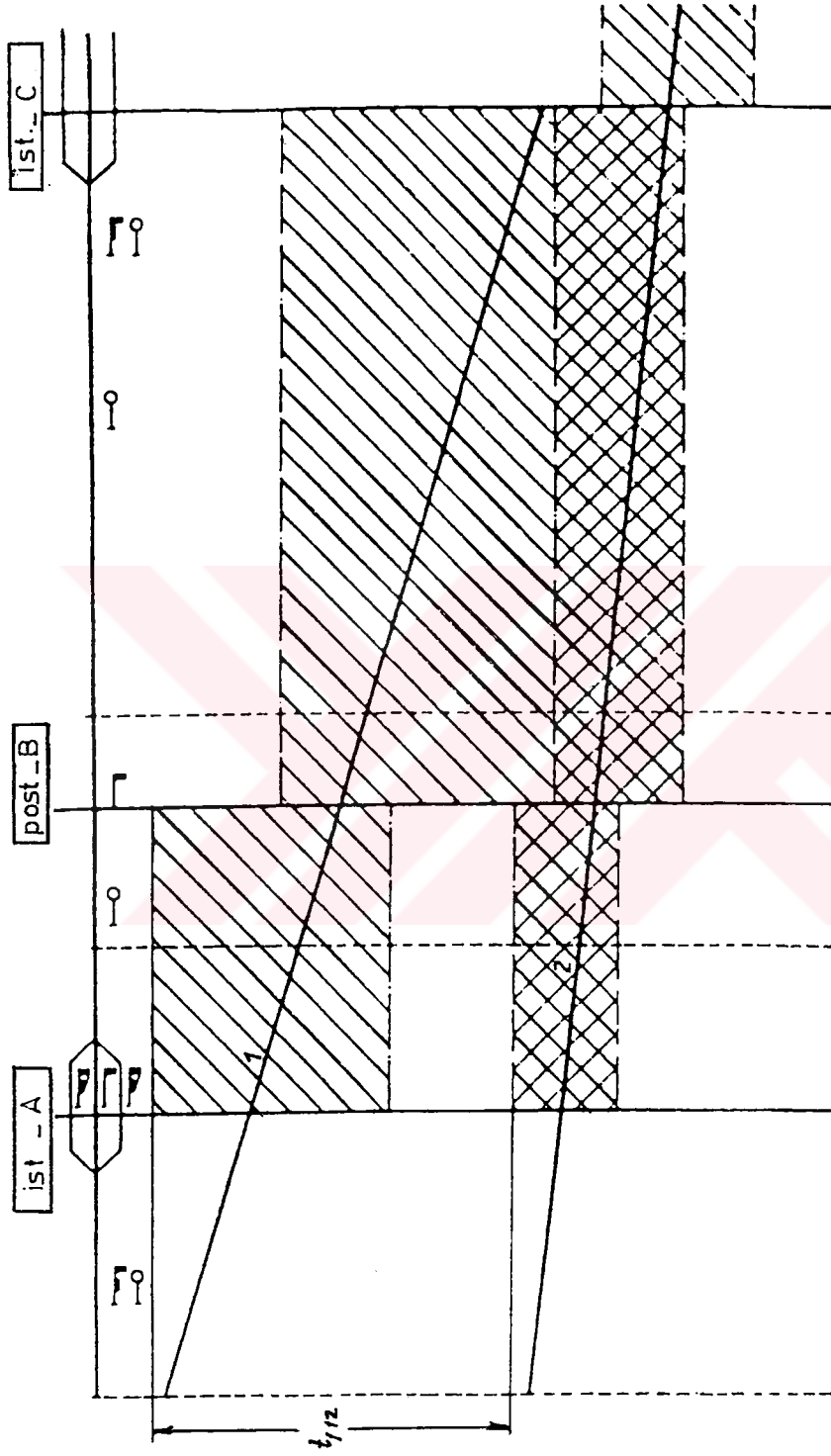
j = sonraki tren

(dak./tren)

$n_i n_j$ = seyir süresi sınıflamaları

(4.14.)

içindeki trenlerin sayısı



Şekil 4.7. Hat kapasitesi tayini durumunun hattın parçalarının işgalinin periyotları arasındaki aralıkların diyagramatik olarak gösterimi

t_{fij} = Seyir süresinin iki farklı sınıflaması için

minimum tren takip aralılarının süresi

4.3.6. Extra zaman toleransı (t_r):

Extra zaman payı t_r , gecikmeden oluşan riskleri en aza indirmek için izin verilen ve her minimum tren takip aralığı için geçerli olan bir “ nefes alma boşluğu” olarak isimlendirilebilir. Bu extra zaman payının tren hattının işlemesi ve bu işleyişin kalitesi açısından oldukça büyük etkisi vardır. Öte yandan extra zaman payı çok tutulduğu takdirdeyse hattın işletme kapasitesi düşer. Extra zaman payı minimum tren takip aralığının süresi ile hesaplanır. Bu süreç hesaplanırken , hem belirlenmiş hat parçasının uzunluğu , hem de yolun kat eden trenlerin hızları göz önünde bulundurulur.

Bu konuyla ilgili demiryolu işletmelerinin bir takım çalışmaları mevcuttur. Bu deneylerde alınabilecek maksimum doluluk oranı $N = \% 60$ gibi belirlenmiştir.

Servis hizmetleri ancak böyle bir varsayım ile düzeyli bir kaliteye ulaşabilir. Buna göre extra zaman payı

$$t_r = 0,67 \cdot t_{fm} \quad (4.15)$$

Saatlik kapasitenin hesaplanması ile belirlenmiş hat parçasının $N = \% 75$ olduğu varsayımıyla , en kısa extra zaman sınırı , saatlik kapasite açısından şöyledir :

$$t_r = 0,33 \cdot t_{fm} \quad (4.16)$$

4.3.7. Ek zaman t_{zu} :

Ek zaman t_{zu} her tren aralığı sonrası için izin verilen zaman periyodudur ve bütün hat bölümlerindeki veya bir hattın belirli bir parçasındaki ulaşım hizmetlerinin daha kaliteli olması için gereklidir. Bir tren hattının 40 ayrı bölümünde yapılan araştırmalar şunu göstermiştir : Hat parçalarının sayısı ne kadar fazla ise , belirlenmiş parça için hesaplanmış değer ile ilgili hat bölümünün kapasitesi o kadar düşük olur.

Bu deneyler sırasında , doğrulayıcı bir kat sayı olarak hattın her bir sektör başına 0,25 km/tren oranı uygulanmıştır. Buna göre t_{zu} şöyle olur :

$$t_{zu} = a + 0.25 \quad (\text{dak/tren}) \quad (4.17)$$

a = Bir hattın parçalarının toplam sayısı (bir hat 4 parçaya bölünmüş ise $a=4$)

4.3.8. TEK YÖNDE İŞLETİLEN HATTIN BİR BÖLÜMÜNÜN KAPASİTE HATTI ÖRNEKLERİ

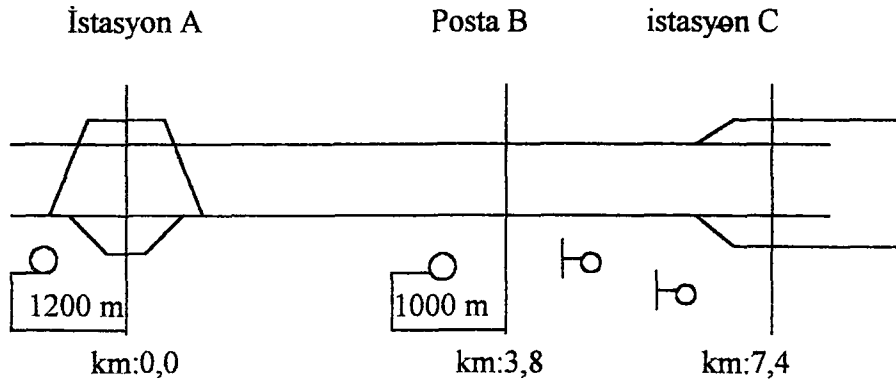
Burada temel olarak bir örnek üzerinde durulmuş olup , teoriye uygunluğunun irdelenmesi bakımından açıklayıcı niteliktedir.

1) Hattın sektörünün karakteristikleri ;

Bölüm uzunluğu	= 36,9 km
Sektörlerin sayısı	= 7
Bir ara blok mevkiini içeren hattın determinant sektör sayısı	= 4
Determinant sektör mesafesi	= 7,4 km
İstasyon A- mevki B arası	= 3,8 km
Mevkii B – İstasyon C arası	= 3,6 km

Hattın determinant sektörünün şematik diyagramı aşağıda verilmiştir. A-B-C istikametindeki hat için yapılan hesaplama , karşı yön için hesaplamada esas alınarak yapılacaktır. Sayısal verileri sınırlamak için hesaplama 12 saat için yapılır.

Hattın mevcut durumu şekil 4.6'da şematize edilerek gösterilmiştir. Bu durum itibarıyla aradaki B istasyonu sadece banliyö veya posta trenlerinin durduğu posta istasyonudur.



Şekil 4.6. Hattın belirlenmiş parçasının şematik gösterimi

4.3.8.1. Takip aralıklarının ortalama süresi (t_{fm})' nin hesabı

A. Hareket (Seyir) programına bağlı metod

Hesaplarda seyir programına bağlı olarak çalışılmıştır.

A .1. Tren takip aralığı sayısının belirlenmesi

Hareket programı temel alınarak , kronolojik düzen içinde ve seyir süreleri ile “ A ist. – B mevkii – C ist.” İstikametindeki trenlerin bir listesi yapılır. Sınıflandırma “seyahat süresi” kolonun en fazla değerinin bulunduğu sıra ile seyahat süresi sınıflaması kolonunun en fazlası yaklaşık olarak eşit alınır. Tablo 4.4 ‘ te bu durum gösterilmiştir. Amaç trenlerin A-B kesimini kat etme sürelerinin modellenmesidir.

Tablo 4.4. Seyahat sürelerinin sınıflanması

Seyahat süresi	Seyahat süresi sınıfı
- 5,5 dak.	4,5 dak.
5,6-7,5 dak.	6,5 dak.
7,6 - dak.	8,5 dak.

8 tane 6,5 , 22 tane 4,5 ve 26 tane 8,5 bulunan sıralama yan sayfada alınmıştır. Birbirini takip eden trenlerden aynı sınıflı olanlar sayılarak , buradan birini takip sayılarının belirlendiği ayrı bir matrise geçilmiştir. Bu durum tablo 4.5. tedir.

Tablo 4.5. 12 saatlik tren işletim listesi

Seyahat süresi	Seyahat süresi sınıfı	Seyahat süresi	Seyahat süresi sınıfı	Seyahat süresi	Seyahat süresi sınıfı	Seyahat süresi	Seyahat süresi sınıfı
8,0	8,5	9,0	8,5	6,5	6,5	9,0	8,5
4,6	4,5	9,0	8,5	4,5	4,5	4,1	4,5
4,5	4,5	7,0	6,5	10,0	8,5	5,0	4,5
3,7	4,5	8,0	8,5	4,1	4,5	11,0	8,5
4,5	4,5	8,0	8,5	4,5	4,5	4,5	4,5
5,0	4,5	8,0	8,5	8,0	8,5	8,0	8,5
4,5	4,5	8,0	8,5	4,5	4,5	8,0	8,5
6,5	6,5	8,0	8,5	4,5	4,5	4,5	4,5
9,0	8,5	10,0	8,5	10,5	8,5	7,5	6,5
9,0	8,5	9,0	8,5	6,5	6,5	9,0	8,5
10,0	8,5	8,0	8,5	4,5	4,5	4,5	4,5
8,0	8,5	7,0	6,5	4,5	4,5	4,7	4,5
6,5	6,5	7,0	6,5	4,2	4,5	8,0	8,5
4,5	4,5	8,0	8,5	5,0	4,5	8,0	8,5

Altı çizili seyir süreleri A istasyonunda duran trenleri gösteriyor. C istasyonunda duran trenlerin hesaplamaya etkisi yoktur.

Bu liste ile tren takip aralıklarını gösteren matris oluşturuldu. Listedeki son tren ile ilk tren arasında bir takip aralığı olduğu dikkate alınmalıdır. Bu nedenle takip aralıklarının ve hareket eden trenlerin sayısı aynı olacaktır. Tablo 4.6 bu matrisi göstermektedir. Bu matris sonraki trenin A istasyonunda durması ve transit geçmesi baz alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 4.6. Minimum tren takip aralığı matrisi :

Sonraki tren								
t ₁ dak.	4,5		6,5		8,5		Toplam	Önceki tren
	Durma	Geçme	Durma	Geçme	Durma	Geçme		
4,5	-	12	1	1	6	2	22	
6,5	-	3	-	1	-	4	8	
8,5	-	7	2	3	-	14	26	

$$\Sigma = 56$$

A.2.Özel minimum tren takip aralığı zamanlarının hesaplaması

Hattın determinant sektöründe bir blok postası vardır. Bu sebeple [6] , [7] , [8] , [9] ‘ daki formüller kullanılır. Hesaplama gözetim altındaki hatlara özgü olan aşağıdaki değerlere bağlıdır.

A istasyon hattının sektör uzunluğu = istasyon C 7,4 km

A istasyon blok parçasının uzunluğu = Posta B 3,8 km

Blok parçası üzerindeki seyahat süresi $t_{AB} = (t_{AC} \cdot l_{AB}) / l_{AC}$ (4.9) yardımıyla çıkarılır :

$$(3,8 \cdot 4,5) / 7,4 = 2,31 \text{ dak. } , (3,8 \cdot 6,5) / 7,4 = 3,37 \text{ dak. } , (3,8 \cdot 8,5) / 7,4 = 4,36 \text{ dak. }$$

Bu değerler aynı zamanda orantı ile oluşturulabilir ve 7,4 km ‘ yi 4,5 -6,5- 8,5 tam değerlerin de kat ettiği kabul edilerek sonuca varılabilir. Bu sonuçlar tablo 4.7 ‘ te toplanmıştır.

Tablo 4.7. A-B arasını kat etme süreleri :

$t_{l(AC)}$	4,5	6,5	8,5	Dak.
$t_{l(AB)}$	2,31	3,37	4,36	Dak.

Görünebilirlik noktası : Ölçüm noktası ile çıkış ikaz işareti arasındaki mesafe 1200 m. 'dir.

A istasyonu için

Çıkış ikaz işaretinin görünebilirlik noktası için aşağıdaki değerler seçilirse :

$t_l = 4,50$ dak. : 500 m.

$t_l = 6,5$ dak
 $t_l = 8,5$ dak } 200 m.

Seyahat süresi : $t_{ls(A)}$ için görünebilirlik noktası toplam olarak alınırsa ;

Tablo 4.8 ortaya çıkar.

$1200+500 = 1700$ m. $t_l = 4,5$ dak için

$1200+200 = 1400$ m. $t_l = 6,5$ dak ve $t_l = 8,5$ dak için alınmıştır

Yine orantı yardımıyla ,

$$(1,7 \cdot 4,5) / 7,4 = 1,03 \text{ dak.}$$

$$(1,4 \cdot 6,5) / 7,4 = 1,23 \text{ dak.}$$

$$(1,4 \cdot 8,5) / 7,4 = 1,61 \text{ dak.}$$

Tablo 4.8. Seyahat süresi $t_{1s(A)}$ 'nın bulunması :

t_1	4,5	6,5	8,5	dak
t_{1s}	1,03	1,23	1,61	dak

Görülebilirlik noktası : Ölçüm noktası ile blok ikaz işareti arasındaki mesafe 1000 m.

Yine her bir model tren için yukarda verilen değerler baz alınıp B posta mevkii içinde aynı hesabı yaparsak ;

$$1000+500 = 1500 \quad 4,5 \text{ dak.}$$

$$1000+200 = 1200 \quad 6,5 \text{ dak.}$$

$$1000+200 = 1200 \quad 8,5 \text{ dak.}$$

A istasyonu için olan blok ikaz işaretinin görülebilirliğinin noktası için seyahat süresi $t_{1s(B)}$ tablo 4.9 ' de verilmiştir.

Orantı yardımıyla ,

$$(1,5 \cdot 4,5) / 7,4 = 0,91 \quad (1,2 \cdot 6,5) / 7,4 = 1,05 \quad (1,2 \cdot 8,5) / 7,4 = 1,38$$

Tablo 4.9. Seyahat süresi $t_{1s(B)}$ 'nin bulunması:

t_1	4,5	6,5	8,5	Dak
t_{1s}	0,91	1,05	1,38	dak

B posta mevkii açık bölümü : Güvenli mesafe 200 m.

Trenlerin uzunluğu :

Tren uzunluğu verilen örnekte model trenlere göre aşağıdaki gibi alınmıştır.

$t_1 = 4,5 \text{ dak.} \rightarrow 400 \text{ m.}$

$6,5 \text{ dak.} \rightarrow 400 \text{ m.}$

$8,5 \text{ dak.} \rightarrow 700 \text{ m.}$

Sefer süresi $t_{1R(B)}$ (açık bölümdeki seyir süresi)

Katarın önü baz alınarak emniyetle yapacağı seyahat olarak düşünülürse ;

Tablo 4.10 ortaya çıkar.

$200+400 = 600 \text{ m.}$

$200+700 = 900 \text{ m.}$

Yine orantı yardımıyla ,

$(0,6*4,5) / 7,4 = 0,36$

$(0,6*6,5) / 7,4 = 0,53$

$(0,9*8,5) / 7,4 = 1,03$

Tablo 4.10. Seyahat süresi t_{1R} 'in bulunması :

t_1	4,5	6,5	8,5	dak
t_{1R}	0,36	0,53	1,03	dak

A istasyonu yolunun düzenlemesi ve iptali için gerekli zaman ve B blok postası kilitleme sistemi fonksiyonu için $t_{1b} = 0,5 \text{ dak.}$ Hareket iznini vermek ve almak için gerekli zaman $t_a = 0,4 \text{ dak}$ ise t_f 'inin hesaplamasına tablo 4.11' deki yardımcı tablo fayda sağlayabilir. (minimum takip aralığı)

Burada 5 maddeden oluşan minimum takip aralıklarının verilerinin hesaplandığı tablo oluşturulur. Bu tablo 4.11 'de daha önce bulunan değerler kullanılmaktadır.

Tablo 4.11. Yardımcı değerler tablosu:

t1	4,5	6,5	8,5
I : $t_{1(AB)}+t_{1R(B)}+t_b+t_a$	3,57	4,76	6,29
II : $t_{1(AB)}+t_{1R(B)}+t_b$	3,17	4,36	5,89
III : $t_{1s(A)}$	1,03	1,23	1,61
IV : $t_{1(AC)}+t_b$	5,00	7,00	9,00
V : $t_{1(AB)}-t_{1s(B)}$	1,40	2,32	2,98

Bütün tablodaki değerler yanlarında numaralar yazılı olan formüller baz alınarak hesaplanmıştır.

Data hesaplanması :

-I : A istasyonundan B postasına kadar blok bölüm boyunca yapılan tren yolculuğu sırasında geçen süredir. Bu süreye A'dan kalkacak olan bir sonraki trenin kalkış zamanına kadar geçen süre dahildir.

-II+III : A istasyonundan B mevkii'ne kadar blok bölüm boyunca yapılan seyir sırasında geçen süredir. Bu sürece bir sonraki trenin kalkabilirsın işaretini gördüğü an ile A istasyonundaki ölçüm noktasına kadar geçen süreçte dahildir.

-IV-V : A ile C istasyonu arasındaki seferde geçen süre ile B blok sinyalinin gördüğü nokta arasında geçen süreç alınabilir. Bu değerler baz alınarak , minimum tren takip aralığı zamanları , A istasyonundan B blok postasına geçen süre hesaplanabilir.

Bütün tablo değerler yandaki numaralı formüller baz alınarak çıkarılmıştır. Örneğin 4.5 dakika için,

$$\text{I} : t_{1(AB)}+t_{1R(B)}+t_b+t_a = 2,31+0,36+0,5+0,4 = 3,57$$

$$\text{II} : t_{1(AB)}+t_{1R(B)}+t_b = 2,31+0,36+0,5+0,4 = 3,17$$

$$\text{III} : t_{1s(A)} = 1,03$$

$$\text{IV} : t_{1(AC)} + t_b = 4,5 + 0,5 = 5,00$$

$$\text{V} : t_{1(AB)} - t_{1s(B)} = 2,31 - 0,91 = 1,40$$

A.3. Minimum tren takip aralığı zamanlarının tablosunun oluşturulması

Bu durum direk tablo 4.12’de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Minimum tren takip aralığı zamanlarının tablosu:

Sonraki tren										
t1	4,5			6,5			8,5			
	A da durma	A'da geçme	Posta B	A'da durma	A'da geçme	Posta B	A'da durma	A'da geçme	Posta B	
4,5	-	<u>4,20</u>	3,60	<u>3,57</u>	<u>4,4</u>	2,68	<u>3,57</u>	<u>4,78</u>	2,02	Önceki tren
6,5	-	5,39	<u>5,60</u>	-	<u>5,59</u>	<u>4,68</u>	-	<u>5,97</u>	4,02	
8,5	-	6,92	<u>7,60</u>	-	<u>7,12</u>	6,68	-	<u>7,50</u>	6,02	
	I	II+III	IV-V	I	II+III	IV-V	I	II+III	IV-V	

4,5-6,5-8,5 dak ‘larına karşılık gelen her bir sütun için; Şekil 4 .9’dan 1. Sütun I nolu 2.sütun II+III nolu , 3. Sütun ise IV-V nolu data hesaplaması baz alınarak yapılmıştır.

Örneğin ;

4,5 dak. 2. Sütun için , tablo 4.8 ‘den alınan değerler itibariyle,

$$3,17 + 1,03 = 4,2 \quad 4,36 + 1,03 = 5,39 \quad 5,89 + 1,03 = 6,92 \text{ çıkar.}$$

4,5 dak. için yine 3. sütun baz alındığında,

$$5-1,4 = 3,60 \quad 7-1,40 = 5,60 \quad 9-1,40 = 7,60 \text{ çıkar.}$$

6,5 dak için 1. Sütun 3,57 çünkü durma var.

6,5 dak için 2. Sütun baz alınırsa ,

$$3,17+1,23=4,4 \quad 4,36+1,23=5,59 \quad 5,89+1,23= 7,12 \text{ çıkar.}$$

6,5 dak. için 3. Sütun baz alınırsa ,

$$5-2,32 = 2,68 \quad 7-2,32 = 4,68 \quad 9-2,32 = 6,68 \text{ çıkar.}$$

Tablodaki bütün değerler dak cinsinden verilmiştir.

Bu tablo temel alınarak minimum tren takip aralığı zamanları , A istasyonu ve B blok postası arasında hesaplanabilir(tablo 4.12).Her bir altı çizili rakkamlar , hesaplar sonucu ortaya çıkan ve gelecek trenin blok sinyalinin hat boş durumunu göstermesi için blok sinyal B ‘nin görülebileceği bir noktada beklemesi ile alınan en uzun takip aralığı süresidir. Sadece A istasyonu için bakıldığında, tablo 4.13 çıkar. Bu durum itibariyle tablo 4.12 ‘ daki 4,5-6,5-8,5 sınıflarına karşılık gelen satırlardan en büyük değerler alınarak yeni matrise gidilmiştir.

Bu matris aynı zamanda minimum tren takip aralığı değerlerinin maksimumlarının toplandığı matristir. Bu değerlerin toplamı alındığı zaman tren sayısına oranlanarak minimum tren takip aralığı zamanının ortalama değerini bulmuş oluruz.

Tablo 4.13. Minimum tren takip aralığı değerlerinin en son bulunan tablosu:

t_i		Sonraki tren					
		4,5		6,5		8,5	
		A istasyonunda durma	A istasyonunda geçme	A istasyonunda durma	A istasyonunda geçme	A istasyonunda durma	A istasyonunda geçme
önceki tren	4,5	-	4,2	3,57	4,4	3,57	4,78
	6,5	-	5,6	-	5,59	-	5,97
	8,5	-	7,6	6,68	7,12	-	7,5

Bu tablo itibariyle sadece A ‘ da duran ve geçen trenler alınmış ve posta mevkii önemsenmemiştir.

Sonuç olarak tablo 4.6 ile tablo 4.13 ‘ın çarpılması sonucu yeni süreler çıkar. Yine A istasyonu için tablo 4.14 çıkar .

Tablo 4.14. Meşguliyet zamanı matrisi:

Sonraki tren							Öndeki tren
t_1	Durma	Geçme	Durma	Geçme	Durma	Geçme	
4,5	-	50,40	3,57	4,40	21,42	9,56	
6,5	-	16,80	-	5,59	-	23,88	
8,5	-	53,20	13,36	21,36	-	105,00	

Toplam = 328,54

Minimum ortalama tren takip aralığı süresi, daha önce verilmiş olan formül 4.2 ‘ ye göre şöyle hesaplanır.

$$t_{fm} = 328,54 / 56 \text{ tren} = 5,87 \text{ dak/tren}$$

B. Seyir programından bağımsız metod

Seyir programından bağımsız olarak ortalama tren takip aralığı zamanı ise formül [14] ile hesaplanır. Bilinen seyir süresi sınıflamaları baz alınarak “minimum takip aralığı süresi” t_{fm} ’inin uygulanan programa bağlı olarak değerini gösteren tablo 10 ‘de gösterilmiştir. Bu örnekte 17 istasyonunda hiç durmadan geçen trenler göz önüne alınarak “minimum tren takip aralığı süreleri” bulunmuştur. Seyir programına bağımlı metodların hepsinde 3 tip seyahat süresi sınıfının tren sayısı n olarak kabul edilmiştir. Bu durum tablo 4.15 ‘ te dir.

Tablo 4.15. Minimum izleme sürelerinin en büyük değerlerinin toplu olduğu tablo

	4,5	6,5	8,5
4,5	4,20	4,40	4,78
6,5	5,60	5,59	5,97
8,5	7,60	7,12	7,50

3 sınıftaki trenlerin toplam sayıları 4.16 nolu tabloda verilmiştir.

Tablo 4.16. Model alınan sürelerle göre tren adetlerinin dağılım tablosu:

t1	4,5	6,5	8,5	dak.
n	22	8	26	tren

Son olarak yeni bir tablolama yapılarak matriste trenler arası basit bir istatistik ile hesap yapabiliriz. Bu istatistik bir tablo halinde tablo 4.17 'de sunulmuştur.

Tablo 4.17. Seyir programından bağımsız metoda göre minimum izleme süreleri tablosu :

n ₁	.	n ₂	t _{fi}	
22	.	22	4,2	2032,80
22	.	8	4,40	774,40
22	.	26	4,78	2734,16
8	.	22	5,60	985,60
8	.	8	5,59	357,76
8	.	26	5,97	1241,76
26	.	22	7,60	4347,20
26	.	8	7,12	1480,96
26	.	26	7,50	5070,00
Toplam =		3136	-	19024,64

Bu sonuç itibariyle ortalama minimum tren takip aralığı ;

$$t_{fm} = \frac{19024,64}{3136} = 6,07 \text{ dak/tren}$$

C. HATTIN KAPASİTESİNİN HESABI

Kapasite “L” formül 1 ile hesaplanır. t_{fm} seyir programına bağlı metod ile 5,87 dak çıkmıştı.

$$t_r = 0,67 \cdot 5,87 = 3,93 \text{ dak/tren}$$

$$t_{zu} = 7 \cdot 0,25 = 1,75 \text{ dak /tren}$$

$$L = 720 / (5,87 + 3,93 + 1,75) = 720 / 11,55 = 62 \text{ tren/12 saat gibi çıkar}$$

Bir gün için bu değer 124 tren/gün olur.

Saatlik kapasite extra zaman toleransına bağlıdır.

$$t_r = 0,33 \cdot t_{fm}$$

$$t_r = 0,33 \cdot 5,87 = 1,94 \text{ dak/ tren}$$

$$L_h = 60 / (5,87 + 1,94 + 1,75) = 6,28 \text{ tren / saat}$$

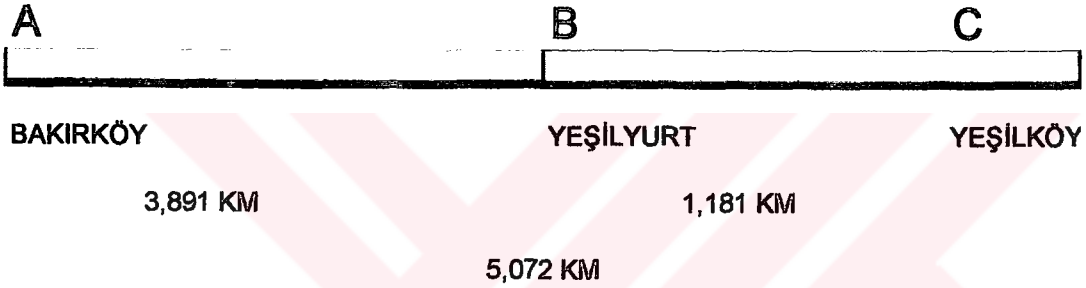
Dolayısıyla saatlik kapasite $L_h = 6,28$ tren / saat çıkmış olur.

Bütün gün üzerinden hesap yapılan , daha önceki ortalama saatlik kapasite , yalnızca

$$L_h = 5,20 \text{ tren / saat çıkar.}$$

4.3.9. UIC KODUNUN SİRKECİ-HALKALI ARASI BANLİYÖ GÜZERGAHINA UYGULANMASI

Sirkeci-Halkalı arası banliyö güzergahı 27,631 km'lik bir kesim olup 18 istasyondan oluşmaktadır. Bunların 8 tanesi ana istasyon 10 tanesi ise ana hat trenlerinin durmadığı sadece banliyö trenlerinin durduğu banliyö istasyonudur. İstasyonlar arası bloklar DRS sinyalizasyon sistemi ile yönetilmekte olup bu sistemde makinistin kontrolünü gerektirmektedir. Bu durum itibariyle UIC koduna uygun olarak en olumsuz kapasitenin meydana geleceği sektör kesiminin alınarak onun üzerinde hesapların yapılması esasına göre şekil 4.9 oluşturulmuştur.



Şekil 4.9. Elverişsiz hattın durumu

Bakırköy – Yeşilköy arasındaki yaklaşık 5,072 km'lik kesim hat üzerindeki en uzun sektör olup , en elverişsiz olarak alınmıştır. UIC kodunda açıklanan örneğe uygunluğu esas alınan bu kesim , iki ana istasyon ve bir banliyö (posta mevkii) istasyonundan oluşmaktadır. Bakırköy ve Yeşilköy istasyonlarında sadece anahat trenleri durmaktadır. Aynı zamanda bu istasyonlarda DRS sisteminin yönetildiği kumanda masaları da mevcuttur. DRS sisteminin esas gereği istasyonlarında içinde bulunduğu 3 blok , bu kumanda masalarından yönetilmektedir. Dolayısıyla Yeşilyurt istasyonu sinyalizasyonlarla bölünmüş ve ana istasyonlardan yönetilen bir blok içindedir . Bununla birlikte sadece banliyö trenlerinin yolcu indirip bindirme işlemlerini yaptıkları bir ara duraktır. Orer diyagramından trenlerin saat sıralamasına göre arka arkaya sıralanması tablo 4.15 de gösterilmiştir. Bu tablo üzerinden model trenlerin oluşturulması UIC kodundaki açıklamalar itibariyle ele alınmıştır.

Birbirine en yakın süreler ortalamalar alınarak bulunmuş ve kat etme sürelerine göre kategorilere ayrılmıştır. Dolayısıyla 4 model tren tipi oluşturulmuştur. Bunlar 5 dak. ,6 dak. ,7 dak. , 8 dak. da hareket eden trenler olarak alınmıştır.

Tablo 4.18 ‘ den alınan değerler (AC) süreleri olarak kabul edilmiştir. Hesaplar bu esasa göre devam ettirilmiştir.

Tablo 4.18. Trenlerin orer diyagramına göre dağılımı

TRENLERİN SEYİR DURUMLARI

**	80150	7dk
**	80002	7dk
**	84882	8dk
**	84052	7dk
**	80004	7dk
**	80006	7dk
**	80008	7dk
**	80010	7dk
**	80012	7dk
**	80014	7dk
**	80016	7dk
**	80018	7dk
**	80020	7dk
**	80022	7dk
**	80024	7dk
**	80026	7dk
**	80028	7dk
**	81712	7dk
**	80030	7dk
**	80032	7dk
**	80034	7dk
**	80036	7dk
**	80038	7dk
**	80040	7dk
**	80042	7dk
**	80044	7dk
**	80046	7dk
**	80048	7dk
**	80050	7dk
**	80052	7dk
**	83058	6dk
**	80054	7dk
**	80056	7dk
**	80058	7dk
**	80060	7dk
**	80062	7dk
**	80064	7dk
**	80066	7dk
**	80068	7dk
**	80070	7dk
**	80072	7dk
**	80074	7dk
**	80076	7dk
**	80078	7dk

**	80080	7dk
**	80082	7dk
**	83154	7dk
**	80084	7dk
**	81722	6dk
**	80086	7dk
**	80088	7dk
**	80090	7dk
**	80092	7dk
**	80094	7dk
**	80096	7dk
**	80098	7dk
**	80100	7dk
**	80102	7dk
**	80104	7dk
*	81602	5dk
**	80106	7dk
**	80108	7dk
**	80110	7dk
**	80112	7dk
**	80114	7dk
**	80116	7dk
**	80118	7dk
**	80120	7dk
**	80122	7dk
**	80124	7dk
**	80126	7dk
**	80128	7dk
**	80130	7dk
**	80132	7dk
**	80134	7dk
**	80136	7dk
**	81032	7dk
**	80138	7dk
**	83156	7dk
**	80140	7dk
**	80142	7dk
**	80144	7dk
**	83052	7dk
**	80146	7dk
**	80148	7dk
**	81022	6dk
**	80150	7dk

toplam 86 tren

- ** olanlar hem A hemde C istasyonunda duranlar
- * olanlar sadece A da duranlar
- İşaretsiz olanlar ise transit geçiyorlar
- Ayrıca bütün banliyöler B de duruyor.

Tablo 4.19. Model trenler :

$T_{(AC)}$	5	6	7	8
------------	---	---	---	---

Model trenler mevcut hat üzerinde orer diyagramından bulunmuştur. Diyagram üzerinde trenlerin bu hattı kat etme süreleri oldukça yakın olduğundan model trenler oldukça kolay çıkarılmıştır. Bu durum tablo 4.18 ‘ dedir.

Bu durumda A istasyonu ile B istasyonu arasındaki kat etme süreleri yine

$t_{AB} = (t_{AC} \cdot l_{AB}) / l_{AC}$ formülü yardımıyla oluşturulan tablo 4.20 ‘ye bakılırsa ;

$$5 \times 3,891 / 5,072 = 3,83$$

$$6 \times 3,891 / 5,072 = 4,602$$

$$7 \times 3,891 / 5,072 = 5,37$$

$$8 \times 3,891 / 5,072 = 6,137$$

Tablo 4.20. Posta mevkiini kat etme süreleri :

$t_{(AC)}$	5	6	7	8
$t_{(AB)}$	3,83	4,602	5,37	6,137

Bu değerler AB ile AC arası mesafeler oranlanarak bulunmuştur.

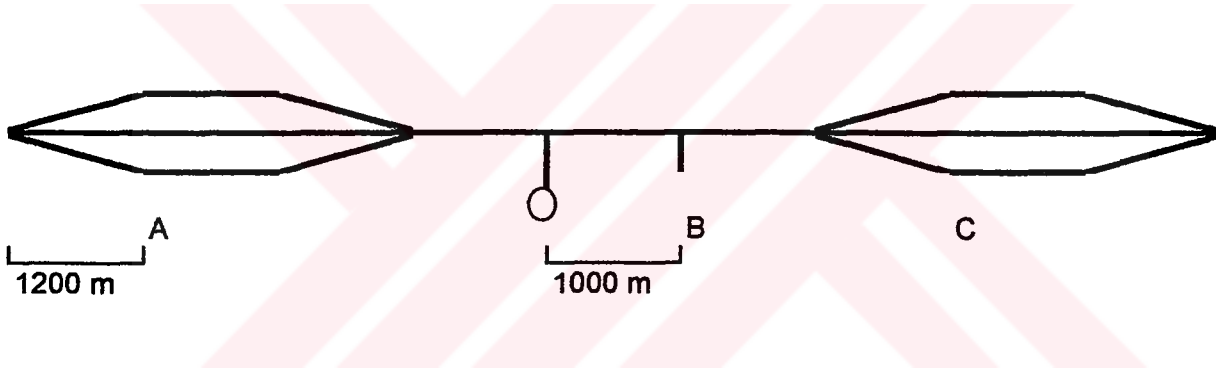
Yine 4.3.4 ‘ de anlatıldığı itibariyle A istasyonun da durmalar önemlidir. Bu sebeple A istasyonunda duran ve durmadan geçen trenlerin sayıları model trenlere göre bir tablo halinde 4.21 ‘de düzenlenmiştir.

Tablo 4.21. Tren sayılarının matrisi

Önceki tren	Sonraki tren							
	5		6		7		8	
	Durma	Geçme	Durma	Geçme	Durma	Geçme	Durma	Geçme
5	-	-	-	-	1	-	-	-
6	-	-	-	-	3	-	-	-
7	1	-	-	3	71	5	1	-
8	-	-	-	-	-	1	-	-

A istasyonunda trenler 2 dak. kaybediyor. Toplam 86 tren hat üzerinde hareket etmektedir ve bunlar, 24 saatlik zaman periyoduna yayılmıştır.

Şekil 4.8’de istasyonların konumları kabaca gösterilmiştir.



Şekil 4.8. UIC koduna göre mevcut hattın yerleşimi :

Seyahat süresi : $t_{1s(A)}$

Görünebilirlik Noktası : Ölçüm noktası ile çıkış ikaz işareti arasındaki mesafe 1200m. ‘dir. Çıkış ikaz işaretinin A noktası için görünebilirlik noktası UIC kodu baz alınarak aşağıdaki gibidir;

$t_1 = 5,00$ dak. $\rightarrow$ 500 m.

$t_1 = 6,00$ dak. $\rightarrow$ 200m.

$t_1 = 7,00$ dak. $\rightarrow$ 200 m.

$t_1 = 8,00$ dak. $\rightarrow$ 200 m.

Yine UIC koduna göre baz alınan toplam görünebilirlik noktası bulunursa ;

toplam değerler:

$$1200 + 500 = 1700 \text{ m.} \quad 5 \text{ dak için}$$

$$1200 + 200 = 1400 \text{ m.} \quad 6, 7, 8 \text{ dak için olur.}$$

ve yine oran – orantı yardımıyla tablo 4.22 oluşturulursa ;

$$1,7 \times 5 / 5,072 = 1,67 \text{ dak.} \quad 1,4 \times 7 / 5,072 = 1,93 \text{ dak}$$

$$1,4 \times 6 / 5,072 = 1,66 \text{ dak.} \quad 1,4 \times 8 / 5,072 = 2,21 \text{ dak.}$$

Tablo 4.22. Trenin $t_{1s(A)}$ değeri tablosu :

t_1	5	6	7	8
t_{1s}	1,67	1,66	1,93	2,21

B postası ;

Görünebilirlik noktası : Ölçüm noktası ile blok ikaz işareti arasındaki mesafe 1000m alınmıştır. (UIC kodu baz alınmıştır.)

B postası için olan blok ikaz işaretinin görülebilirliğinin noktası seyahat süresi $t_{1s(B)}$

Tablo 4.23’de oluşturulmuştur.

$$1000 + 500 = 1500 \text{ m.} \quad 5 \text{ dak. için}$$

$$1000 + 200 = 1200 \text{ m.} \quad 6, 7, 8 \text{ dak. için}$$

$$1,5 \times 5 / 5,072 = 1,47 \text{ dak} \quad 1,2 \times 7 / 5,072 = 1,65 \text{ dak.}$$

$$1,2 \times 6 / 5,072 = 1,42 \text{ dak.} \quad 1,2 \times 8 / 5,072 = 1,89 \text{ dak.}$$

Tablo 4.23. $t_{1s(B)}$ 'nin değerleri tablosu

t_1	5	6	7	8
t_{1s}	1,47	1,42	1,65	1,89

B postası açık bölümü : Güvenli mesafe 200 m.'dir. Yine bu değer UIC kodu baz alınarak verilmiştir.

Tren uzunluğu :

Tren uzunlukları TCDD ' den alınmış bilgiler olup , temelde ihtiyaa göre değişen özelliktedir.

$t_1 = 5$ dak. 156 m. Express trene ait tren uzunluğudur.

$t_1 = 6$ dak. 156 m. Hızlı yk trenine ait uzunluktur.

$t_1 = 7$ dak. 136 m. Banliyö trenlerin uzunluğudur.

$t_1 = 8$ dak. 160 m. Yavaş yk treninin uzunluğudur. Değişkendir.

Banliyöler 2 dizin halinde 3 trenden oluşan gruplar olarak yollanır . Bu banliyöler E 8000 tipi olarak adlandırılırlar.

Trenlerin güvenli açık bölüme girme mesafeleri :

$200+156=356$ m. 5,6 dak.

$200+136=336$ m. 7 dak.

$200+160=360$ m. 8 dak.

Bu bağlamda tablo 4.24 oluşturulursa,

$$0,356 \times 5 / 5,072 = 0,35 \quad 0,336 \times 7 / 5,072 = 0,46$$

$$0,356 \times 6 / 5,072 = 0,36 \quad 0,360 \times 8 / 5,072 = 0,58$$

Tablo 4.24. $t_{IR(B)}$ 'nin model trenlere göre değerlerinin tablosu

t_1	5	6	7	8
$t_{IR(B)}$	0,35	0,36	0,46	0,56

Bu durum itibariyle; A istasyonu yolunun düzenlemesi ve iptali için gerekli zaman ve blok postası kilitleme sistemi fonksiyonu için $t_b = 0,5$ dak. Hareket iznini vermek ve almak için gerekli zaman $t_a = 0,4$ dak. t_r 'nin hesaplanmasına tablo 4.25 'deki yardımcı tablo fayda sağlayabilir.

Tablo 4.25. Yardımcı değerler tablosu:

t_1	5	6	7	8
$t_{I(AB)} + t_{IR(B)} + t_b + t_a$	5,08	5,862	6,739	7,603
$t_{I(AB)} + t_{IR(B)} + t_b$	4,68	5,462	6,33	7,203
$t_{IS(A)}$	1,67	1,66	1,93	2,21
$t_{I(AC)} + t_b$	5,5	6,5	7,5	8,5
$t_{I(AC)} - t_{S(B)}$	2,36	3,182	3,72	4,247

Tablo hücrelerindeki değerler t_1 sütununda yazılan formüller itibariyle hesaplanmıştır.

Örneğin 5 dakikalık model tren için hesaplırsak ,

I. $t_{I(AB)} + t_{IR(B)} + t_b + t_a = 3,83 + 0,35 + 0,5 + 0,4 = 5,08$

II. $t_{I(AB)} + t_{R(B)} + t_b = 3,83 + 0,35 + 0,5 = 4,68$

III. $t_{IS(A)} = 1,67$

$$IV. t_{1(AC)} + t_b = 5 + 0,5 = 5,5$$

$$V. t_{1(AC)} - t_{S(B)} = 3,83 - 1,47 = 2,36$$

Bu değerlerin oluşturulması UIC kodunda baz alınan örnekteki değerler ışığında yapılmıştır.

Bu durumda trenlerin A istasyonun da durma ve geçme durumlarına göre ve UIC kodunun ışığında tablo 4.25 ' deki data açıklamasında yer alan verilere göre yeni bir tablo oluşturulmuştur. Dolayısıyla A istasyonu ve B blok postası arasındaki hareket eden trenlerin minimum tren takip aralığı değerleri bulunmuş ve tablo 4.26'ya aktarılmıştır.

Tablo 4.26. Minimum tren takip aralığı zamanları tablosu

t1	SONRAKİ TREN											
	5			6			7			8		
	A ist. Durma	A ist. Geçme	posta B	A ist. Durma	A ist. Geçme	posta B	A ist. Durma	A ist. Geçme	posta B	A ist. Durma	A ist. Geçme	posta B
5	-	-	3,14	-	-	2,318	5,08	-	1,78	-	-	1,253
6	-	-	4,14	-	-	3,318	5,862	-	2,78	-	-	2,253
7	6,739	-	5,14	-	7,99	4,318	6,239	8,26	3,78	8,54	-	3,253
8	-	-	6,14	-	-	5,318	-	9,133	4,78	-	-	4,253
	I	II+III	IV-V	I	II+III	IV-V	I	II+III	IV-V	I	II+III	IV-V

ÖNDEKİ TREN

Örneğin bu tabloda durma ve geçmeler II+III baz alınarak 7 dak sütunu üzerinde tablo 4.26'den hesaplanırsa ;

İlk iki satırda tren olmadığı için boştur. Ondan sonraki satırlar için ,

$$6,33 + 1,93 = 8,26$$

$$7,203 + 1,93 = 9,133 \quad \text{çıkar.}$$

IV-V Hesaplanırsa ,

$$5,5 - 3,72 = 1,78 \quad 7,5 - 3,72 = 3,78$$

$$8,5 - 3,72 = 4,78 \quad 6,5 - 3,72 = 2,78$$

Bu durumda tablo 4.26 ‘ten satırlardaki en büyük değerler alınırsa aşağıdaki maksimum değerler tablosu tablo 4.27 oluşturulabilir.

Tablo 4.27. Minimum takip aralığı zamanlarının maksimum değerler tablosu

	5	6	7	8
5	3,14	2,318	5,08	1,253
6	4,14	3,318	5,862	2,253
7	6,739	7,99	8,26	8,54
8	6,14	5,318	9,139	4,253

Buradan yola çıkılarak tablo 4.21 ile tablo 4.26 ‘daki değerler model trenlere göre çarpılırsa tablo 4.28 çıkar.

Tablo 4.28. Meşguliyet zamanı matrisi

	Sonraki tren							
	5		6		7		8	
	Duran	Geçen	Duran	Geçen	Duran	Geçen	Duran	Geçen
5	-	-	-	-	5,08	-	-	-
6	-	-	-	-	17,586	-	-	-
7	6,739	-	-	23,97	586,46	41,3	8,54	-
8	-	-	-	-	-	9,133	-	-

Öndeki tren

Toplam = 698,08

Bu değeri hatta işleyen tren sayısına bölersek ,

$$t_{fm} = \frac{698,08}{86 \text{ tren}} = 8,12 \text{ dak/tren}$$

bu hesap itibariyle minimum takip aralığı çıkartılmış oldu. Bu bağlamda UIC koduna göre ekstra zaman toleransı ,

$$t_r = 0,67 \times 8,12 = 5,44 \text{ dak/tren} \quad \text{çıkartılır.}$$

Hat üzerinde Halkalı'dan Sirkeci'ye her bir ana istasyon arasını bir sektör olarak kabul edersek 8 tane çıkar. Dolayısıyla 8 tane sektör kabulüyle ek zaman ;

$$t_{zu} = 8 \times 0,25 = 2,00 \text{ dak / tren} \quad \text{çıkartılır.}$$

Buradan kapasite bulunursa ;

$$L = \frac{1440}{(8,12 + 5,44 + 2,00)} = 92,54 \text{ tren}$$

bu değerler 24 saat üzerinden alınmıştır. Çünkü hat 24 saatlik bir periyot halinde çalıştırılmaktadır. Yukarıda ki sonuç itibariyle hat üzerinde çalıştırılan tren sayısının hattın taşıyabileceği tren sayısından daha az olduğu kanaatine varabiliriz.

Hesapların kontrolü mahiyetinde UIC kodunda anlatıldığı üzere Seyir programından bağımsız yöntemle minimum izleme süresi bulunabilir.

Seyir programından bağımsız minimum izleme sürelerinin bulunuşu tablo 4.29'dadır. Her bir tren için öndeki tren ve takip eden tren olarak minimum izleme süreleri tablo 4.27 'de mevcuttur. Basit bir istatistik yöntem uygulanmıştır. Tablo 4.27 ' ten alınan değerler yardımıyla oluşturulan tabloda satırlardaki değerler birbirleriyle çarpılmış ve tren tipine göre minimum izleme süreleri bulunmuştur. Daha sonra bütün değerlerin genel bir toplamı alınıp yine toplam tren sayısına bölünmüştür. Tablo 4.29'da çıkan sonuç minimum tren takip aralığı sürelerinin ortalama değeridir.

Tablo 4.29. Seyir programından bağımsız minimum izleme sürelerinin bulunuşu

	n_1	n_2	t_{fi}	
5x5	1	1	3,14	3,14
5x6	1	1	2,138	2,38
5x7	1	76	5,08	368,08
5x8	1	1	1,253	1,253
6x5	1	1	4,14	4,14
6x6	1	1	3,318	3,318
6x7	1	76	5,862	445,512
6x8	1	1	2,253	2,253
7x5	76	1	6,739	512,164
7x6	76	1	7,99	607,24
7x7	76	76	8,26	47709,76
7x8	76	1	8,54	649,04
8x5	1	1	6,14	6,14
8x6	1	1	5,318	5,318
8x7	1	76	9,139	694,564
8x8	1	1	4,253	4,253
	Toplam	6232	toplamlam	51018,555

Bu bağlamda t_{fm} ' in bulunuşu aşağıdadır.

$$t_{fm} = \frac{51018,555}{6232} = 8,18 \text{ dak.}$$

Dolayısıyla kapasitenin bulunmasında etken olan t_{fm} değerlerinde seyir programına bağlı ve seyir programından bağımsız metodlarda da yaklaşık değerler bulunmuştur. Bu bağlamda her iki metod itibariyle kapasite değerinin değişmeyeceği ispatlanmış olmaktadır.



5. DETERMİNİSTİK YÖNTEMLE KAPASİTE HESABININ YAPILMASI

5.1. Giriş

Bu yöntem yine UIC koduna benzeyen fakat temelde Almanların UIC kodundan da önce kullandıkları bir yöntem olup ve TCDD'nin günümüzde kapasiteyi hesaplamak için baz aldıkları esasların daha detaylı ele alınmış halidir.

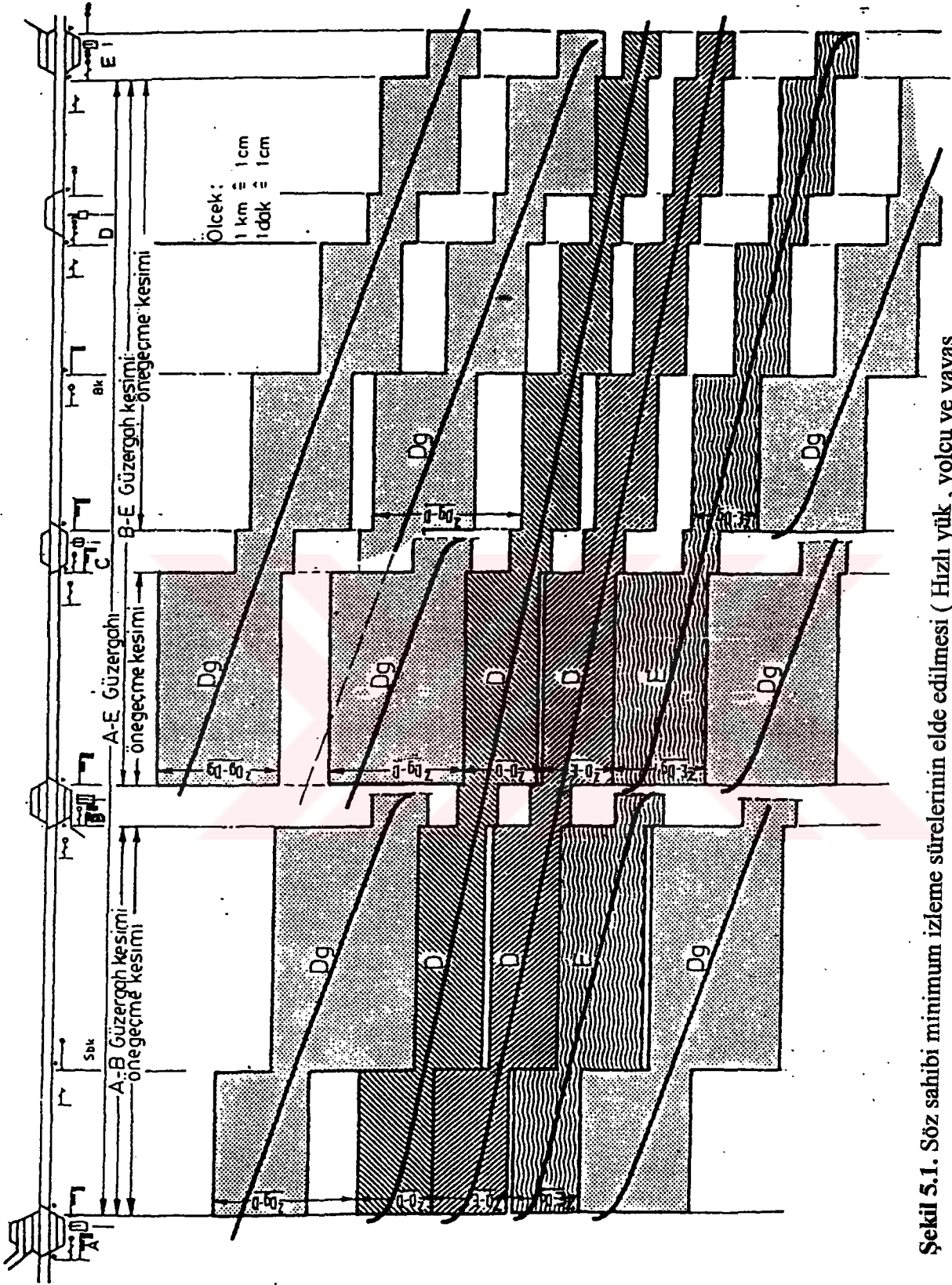
5.2. Bu yöntemle çift hatlı (tek yönlü) işletmelerde minimum izleme sürelerinin hesaplanması

Bu süre grafik olarak ve hesap yöntemiyle olmak üzere iki yöntemle hesaplanır.

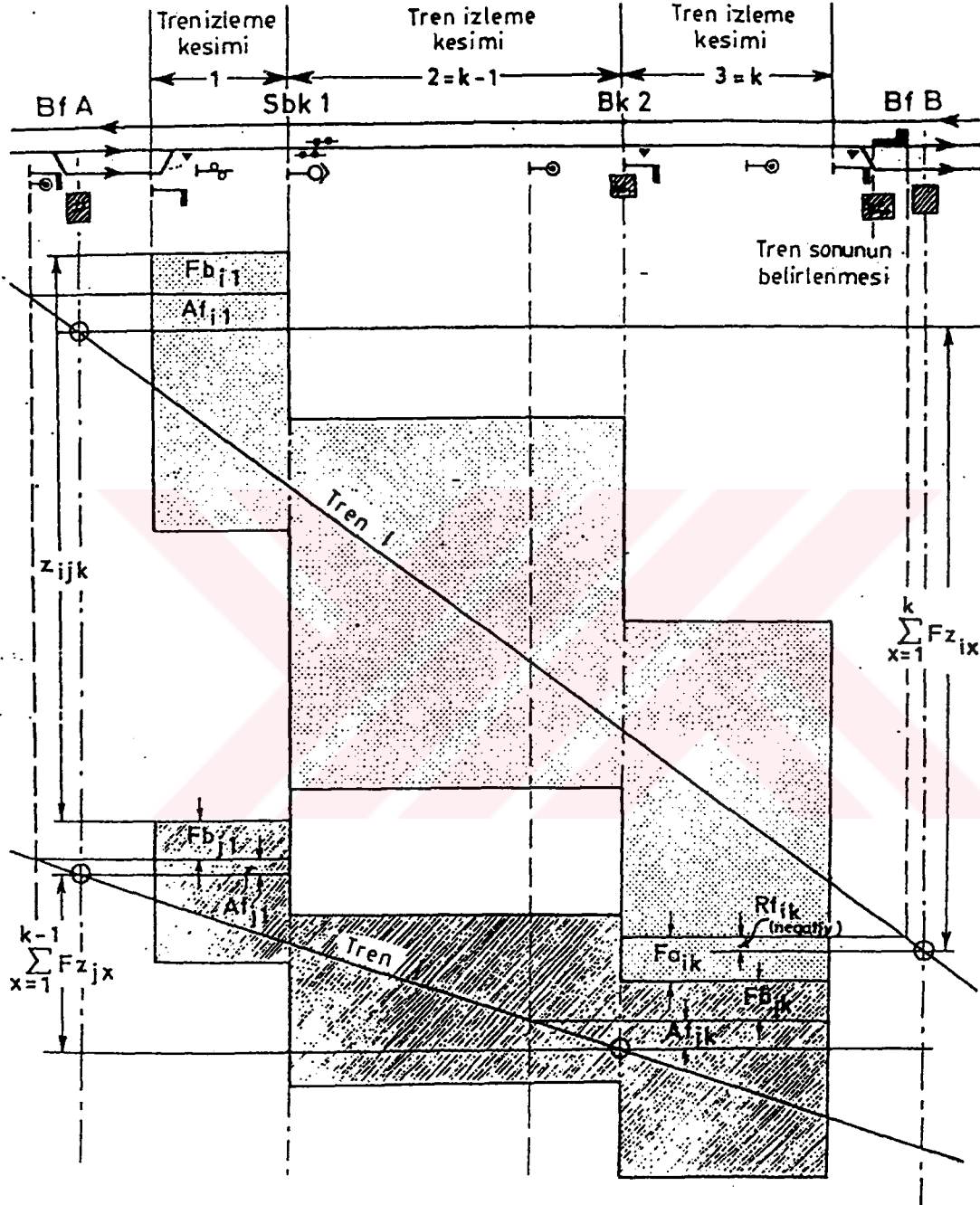
5.2.1. Grafik yöntem

Bu yöntemde her bir katar türü grubu için bir işgal süresi merdiveni oluşturulur. Her bir katar türü grubunun işgal süresi merdivenleri birbirlerine temas edinceye kadar kaydırılır. Bu kaydırma oldukça hassas yapılmalıdır.

Bir güzergah kesimi başlangıcındaki minimum izleme süresi, bir çok önegeçme (siding) kesimleri olan ve trenlerin sırasının değiştiği güzergah kesimlerinde , öndeki trenin hattı ilk işgal ettiği sürenin başlangıcından bunu izleyen trenin ilk işgal süresi başlangıcına kadar geçen süre olarak tanımlanır. (Bkz. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2)



Şekil 5.1. Söz sahibi minimum izleme sürelerinin elde edilmesi (Hızlı yük , yolcu ve yavaş yük trenlerinin sembolik gösterimi)



Şekil 5.2. Minimum izleme süresi

5.2.2. Hesap yöntemi

Tüm mevcut izleme durumları için minimum izleme süresi, her bir tren izleme kesimi için işgal süresi merdivenlerinin zijk farkından formül 5.1 ile elde edilebilir. Bu yöntem işletmelerde pratik olarak kullanılan bir yöntemdir.

Bu yöntemin esası aşağıdadır :

$$Z_{ijk} = F_{bil} + A_{fil} + \sum_{x=1}^k F_{zix} + R_{fik} + F_{aik} + F_{bik} + A_{fjk} - \sum_{x=1}^{k-1} F_{zjx} - F_{bjl} - A_{fjl}$$

Bütün süreler dakika cinsindendir. (5.1)

Her tren izleme kesiminin (bloğun) işgal süresi kutusunun (basamağının) yüksekliği şekil 5.3 ' de gösterilmiştir ve aşağıdaki sürelerin toplamından oluşur :

$$F_b + A_f + F_z + R_f + F_a$$

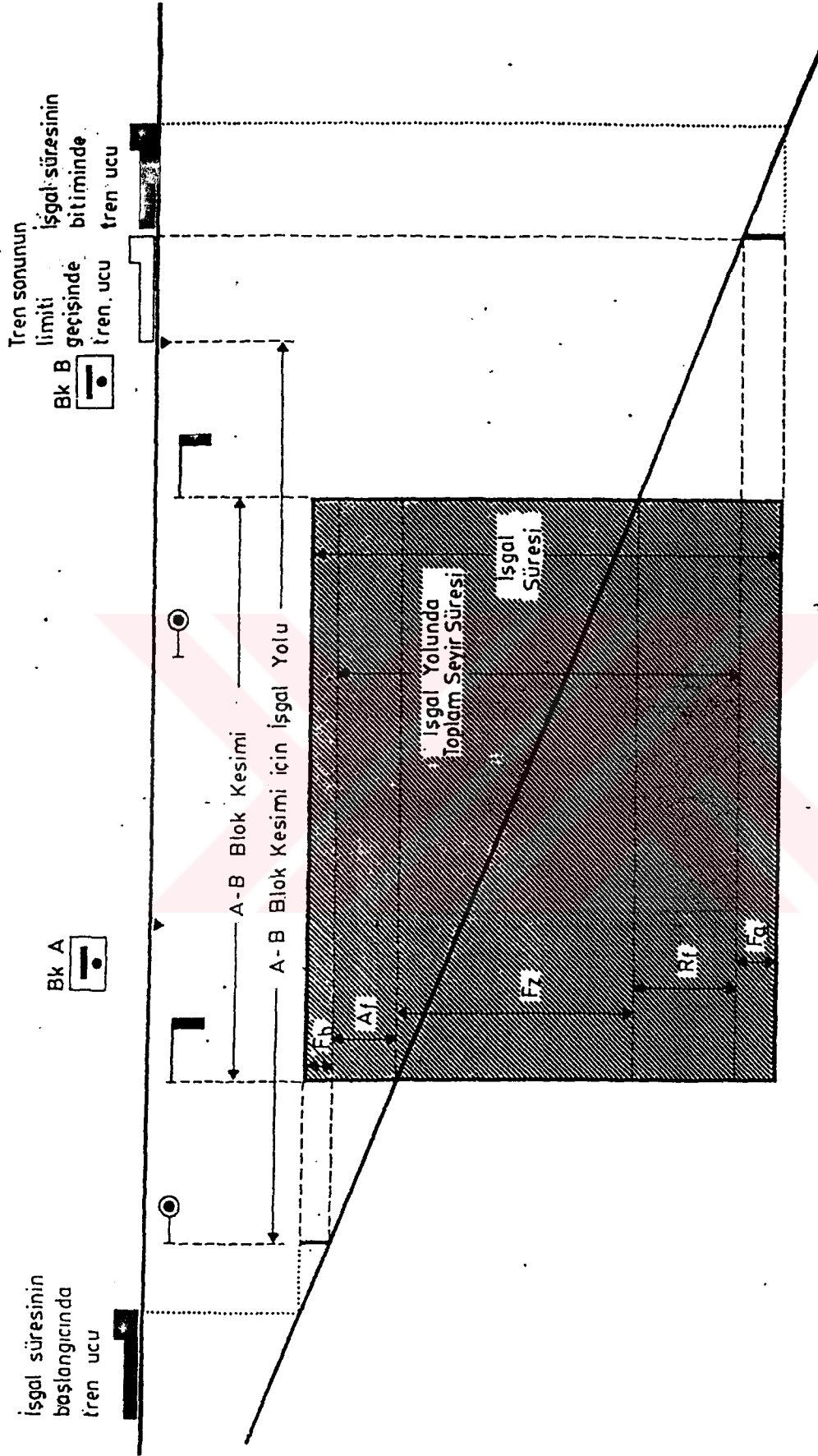
- F_b

Bu süre görevlilerin bir kabul yolunun hazırlanması için görüş birliğine varmaları yani karar vermeleri anından, kabul yolunun sinyalinin girişe açılmasına kadar geçen süre yada sinyalin yeşile dönüşüne kadar geçen süredir.

İşgal yolunun girişe hazırlanma süresi içinde görüş süresi de vardır ki bu süre , tren ucunun ön sinyale gelmeden önceki yol düzenlemesinin hesaba katılması için gerekli süre olup makinistin frenleme ile hız kısıtlaması yapmaması için gereklidir.

- A_f

Bu süre tren ucunun ön sinyal yada duruş noktasından ona ait olan ana sinyale kadar geçen seyir süresidir.



Şekil 5.3. İşgal yolu ve işgal süresi (Ana sinyal yerine göre toplam seyir süresinin dağılımı)

- F_z

Bu süre bir trenin belirli bir kesim seyir etmesi için geçen süredir. İşgal yolu içerisinde duran trenler için seyir süresinin içerisinde frenleme , durma ve hızlanma süreleri de katılmalıdır.

- R_f

Bu süre tren ucunun ana sinyalden geçmesi ile tren sonunun limit yerinden geçmesi arasındaki süredir. Limit yerinin durumuna göre bu süre değişik değerler alabilir.

- F_a

bu süre tren sonunun limit noktasından geçişinden sonra kumanda merkezi hizmetleri için geçen süredir.

Açıklamalara formül 5.1 'deki semboller ile devam edersek ;

- Z_{ijk}

k adet tren izleme kesimine sahip güzergah yada öne geçme (siding), öndeki i treni ile bunu bağımsız olarak izleyen j treninin işgal süresi basamakları arasındaki farktır.

- F_{bi}

Birinci tren izleme kesiminin i treni için hazırlanma süresidir.

- A_{fi}

İ treninin birinci izleme kesimine yaklaşım seyir süresidir.

- $\sum_{x=1}^k F_{zix}$

i treninin güzergah yada önegeçme (siding) kesiminin başlangıcından k. İzleme kesiminin sonuna kadar olan net seyir süresidir.

- R_{fik}

i treninin k. Tren izleme kesimini boşaltma süresi .

- F_{aik}

k. tren izleme kesiminde i treni için yapılan yol tanziminin çözülme süresidir.

- F_{bjk}

k. tren izleme kesiminin j treni için hazırlama süresi.

- A_{fjk}

j. trenin k. Tren izleme kesimine yaklaşım seyir süresidir.

- $\sum_{x=1}^{k-1} F_{zjx}$

j treninin güzergah yada önegeçme kesiminin başlangıcından (k-1). Tren izleme kesiminin sonuna kadar olan net seyir süresidir.

- F_{bjj}

Birinci tren izleme kesiminin j treni için hazırlama süresidir.

- A_{fji}

j treninin birinci tren izleme kesimine yaklaşım seyir süresidir. (bkz. şekil 5.2)

5.3. Tek hatlı-iki yönlü işletmede minimum izleme süresinin hesabı

İki yönlü işletmedeki minimum izleme süreleri, yalnızca bir güzergah kesiminin karşılaşma bölgeleri için hesaplanır ki, buda trenlerin seyirlerinin her iki yönde olan süreleri toplamının maksimumudur.

İki yönlü işletmelerdeki işletme koşulları karşılaşma olanaklarına da bağlıdır. Dolayısıyla, öndeki trenin güzergahı işgal ettiği son an ile bunu izleyen trenin güzergahı işgal ettiği son an arasındaki süre minimum izleme süresi olarak alınır.

Karşılaşmalı tüm tren izleme durumlarında plana uygun işletmeden sapmalar olacağı kabul edilmelidir. Ozerde hiçbir duruş gösterilmemiş olsa bile eşit yada daha üstünlüklü bir i treninden sonra seyredecek olan bir j treni karşılaşma istasyonunda durur .Önegeçme durumundaki minimum izleme süresinin hesabında önegeçen trenin th frenleme süresinin hesaba katılması gerekir.

Karşılaşma kesiminin sonundaki karşılaşma istasyonu yalnızca bir karşılaşma hattına sahipse, bu hattın , öne geçme durumlarının %50' sinde karşılaşma yapan bir tren tarafından işgal edilmiş olabileceği beklenmektedir. Böylece yavaş trenin bir sonraki karşılaşma istasyonuna kadar önden seyretmesi gerekir.

5.3.1. Grafik yöntem

Grafik yöntem ile minimum izleme süresinin elde edilmesinde esas alınacak karşılaşma kesiminde her bir katar türü grubu için işgal süresi merdiveni oluşturmak gerekir.

Her bir yön için her bir katar türü grubunun işgal süresi merdivenleri temas edinceye kadar birbirlerine yaklaştırılabilir. Karşılaşma kesiminin sonundaki minimum izleme süresi , izleyen trenlerin seyir yönüne bağlı olarak öndeki trenin hattı son işgal anının bitimi ile bunu izleyen trenin hattı son işgal anının bitimi arasındaki süre olarak okunabilir.

Esas alınan karşılaşma kesiminin sonundaki karşılaşma istasyonunda yalnızca tek bir karşılaşma hattı varsa işgal süresi basamakları bir sonraki karşılaşma istasyonuna kadar devam eder. Bu şekilde öne geçmenin işgal edilmiş bir karşılaşma istasyonundan bir sonrakine aktarımının minimum izleme süresine etkisi elde edilebilir. Bu durum şekil 5.4 'te ifade edilmiştir.

5.3.2. Hesap yöntemi

Karşılaşma kesimlerindeki minimum izleme süreleri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$Z_{ijk} = F_{bjl} + A_{fjl} + b \sum_{x=1}^K F_{zjx} + R_{fjk} + F_{ajk} + R_{fil} + F_{ail} + F_{zil} - b \sum_{x=1}^k F_{zix} - R_{fik} - F_{aik}$$

[dak.] (5.2.)

- Z_{ijk}

k adet tren izleme kesimine sahip karşılaşma kesiminde, önde giden i treni ile bunu izleyen j treninin işgal süresi basamakları arasındaki fark.

- F_{bjl}

Birinci tren izleme kesiminin j treni için hazırlanma süresidir.

- A_{jl}

j trenin birinci tren izleme kesimine yaklaşım seyir süresi

- b

Öne geçme olanağı göz önünde bulunduran düzeltme faktörüdür.

Bir karşılaşma hattı bulunan karşılaşma istasyonlarındaki öne geçme durumlarında $b=1,5$; karşılaşmasız veya önegeçmesiz izleme durumlarında yada çok sayıda yan hattı bulunan karşılaşma istasyonlarındaki öne geçmelerde $b=1,0$ alınır.

- $\sum_{x=1}^k F_{zjk}$

j trenin karşılaşma kesiminin başlangıcında k kesimine kadar olan net seyir süresidir.

- $R_{\eta k}$

j treninin k tren izleme kesimini boşaltma süresidir.

- F_{ajk}

K tren izleme kesiminde j treni için yapılan yol tanziminin çözülme süresidir.

- $R_{\eta l}$

i trenin birinci tren izleme kesimini boşaltma süresidir.

- F_{ail}

Birinci tren izleme kesiminde i treni için yapılan yol tanziminin çözülme süresidir

- F_{zil}

İ trenin birinci tren izleme kesimindeki net seyir süresidir.

- $\sum_{x=1}^k F_{zix}$

i trenin karşılaşma kesimi başlangıcından k tren izleme kesiminin sonuna kadar olan net seyir süresidir.

- R_{nk}

İ trenin k. Tren izleme kesimini boşaltma süresidir

- F_{aik}

K tren izleme kesiminde i treni için yapılan yol tanziminin çözülmesidir.

Pozitif z_{ijk} değerlerinin en büyüğü incelenen karşılaşma kesimi ve dolayısıyla güzergah kesimi için esas alınacak minimum izleme süresini verir. Karşılaşmalı tren izleme durumlarında i treni için $k=1$ alınır. Böylece eşitliğin ikinci tarafı, karşılaşma kesimi yalnızca bir tren izleme kesimiymiş gibi sıfır olur.

5.4.Ortalama minimum izleme süresi

5.4.1. Çift hatlı – tek yönlü işletmede ortalama minimum izleme süresi

Ortalama minimum izleme süresi orere bağlı veya orerden bağımsız bir yöntemle elde edilebilir.

Bunların açıklaması kısaca yapılırsa ;

5.4.1.1. Orere bağılı yöntem

i ve j katar türü grupları arasındaki izleme durumlarının n_{ij} sayısı ve bunlara ait z_{ij} minimum izleme sürelerinden güzergah kesiminin B işgal süresi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$B = \sum_{i,j=1}^m n_{ij} \cdot z_{ij} \quad [\text{dak/gün}] \quad (5.3)$$

Burada ,

$i - i$ katar türü önde giden treni

$j - j$ katar türü grubunun önde giden treni

n_{ij} i ve j katar türü grupları arasındaki katar izleme durumlarının sayısıdır.

z_{ij} i ve j katar türü grupları arasındaki minimum izleme süresidir.

m katar türü gruplarının sayısı

Son izleme durumu , günün son treni ve gelecek günün ilk trenini içerir. B işgal süresi ve trenlerin sayısı olan N ' den ortalama minimum izleme süresi z aşağıdaki formülle elde edilir.

$$Z = \frac{B}{n} \quad [\text{dak/tren}] \quad (5.4)$$

5.4.1.2. Ozerden bağımsız yöntem

İncelenen hat için henüz orer mevcut değil ise değişik tren izleme durumlarına tesadüfen karşılaşıacağı kabul edilir. Bu durumda , yalnızca her bir katar türü grubunun tren sayılarının bilinmesi gerekir. Daha sonra tüm minimum izleme sürelerinin ağırlıklı ortalaması aşağıdaki formülle bulunur :

$$Z = \frac{\sum_{i,j=1}^m n_i \cdot n_j \cdot z_{ij}}{\sum_{i,j=1}^m n_i \cdot n_j} \quad [\text{dak/tren}] \quad (5.5)$$

n_i ve n_j – i ve j katar türü gruplarının tren sayılarını gösterir.

5.5. Tampon süre

Güzergahın hat kapasitesinin tespitinde göz önünde bulundurulması gerekir. Bunun için, minimum izleme süreleri arasındaki zaman boşlukları belirli büyüklükte olmalıdır. Tampon süre adı verilen zaman boşluklarının görevi, izleme gecikmelerini sınırlamak ve tren izleme durumlarının oluşturulması sırasında karşılaşılan zorlukları onların demet durumlarını göz önünde bulundurarak kabul edilebilir ölçülerde sınırlamaktır.

Orerdeki tren durumları negatif üssel olarak dağılır. Bu dağılımın ortalama değeri :

$$r = \frac{T - B}{n} \quad (5.6)$$

Burada ,

T günlük işletme süresi (dak/gün)

n bir günde tren yada tren izleme durumlarının sayısı

B bir günde işgal süresi (dak/gün)

Hat kapasitesinin hesabındaki ortalama tampon süre , belirli kriterlere göre talep edilen işletme kalitesi sağlanacak şekilde belirlenmelidir. Bu durumda r değeri talep edilen ortalama tampon süresi olup r_{erf} olur. Bu durumda hat kapasitesi:

$$L = \frac{T}{Z + r_{\text{erf}}} \quad (\text{tren/gün}) \quad (5.7)$$

5.5.1. İzleme gecikmelerinin sınırlandırılması için gerekli tampon sürenin belirlenmesi

Gerekli ortalama tampon sürenin büyüklüğü aşağıdakilere bağlıdır ($\bar{r}_{\text{erf}(q)}$):

- Ortalama minimum izleme süresi ($\bar{z}$)
- Aynı düzendeki tren izleme durumlarına rastlama olasılığı (w_g)
- Güzergah başlangıcındaki gecikmeler (p_m)
- Güzergah başlangıcındaki gecikmelere rastlama olasılığı (w_e)
- Güzergah başlangıcındaki gecikmeler ile güzergah kesiminde olan gecikmelerin neden olduğu , izin verilen izleme gecikmeleri toplamı (p_f)

Aynı düzendeki tren izleme durumlarına rastlama olasılığı aşağıdaki formülle elde edilebilir.

$$W_g = N_g / N \quad (5.8)$$

N_g = Gerçek işletme koşullarında bir gün içersinde rastlanan, seyir hizmeti

bakımından , aynı düzendeki tren izleme durumlarının sayısıdır.

Yalnızca bir gündeki her bir katar türü grubuna ait tren sayıları biliniyorsa bu durumda W_g , minimum izleme sürelerinin bir matrisinden aşağıdaki formülle elde edilir.

$$W_g = \frac{\sum_{i=1}^m n_i^2}{\sum_{i,j=1}^m n_i \cdot n_j} \quad (5.9)$$

Böylece tüm tren izleme durumlarının N toplam sayısı içindeki aynı düzendeki katar türü gruplarının tren izleme durumlarının miktarı , tren izleme durumları için w_g olasılığını verir.

Genelde n_i^2 , her bir katar türü grubu içinde seyir hizmeti bakımından aynı düzende birbirini izleyen trenlerin sayılarından elde edilebilir.

5.6. Güzergah başlangıcındaki gecikmelerin ortalaması

Bir güzergah işletme alışkanlığı, güzergah başlangıcındaki gecikmelerin büyüklüğü ve sıklığının artmasıyla azalır. En olumsuz işletme durumu olarak tamamen tesadüfi işletme olaylarının bulunduğu durum kabul edilir. Bu minimum kapasite olarak tanımlanır. (L_{min}) . Tüm güzergah kesimlerinde aynı işletme kalitesi istendiğinde güzergahtan güzergaha değişen bu gecikmeleri göz önünde bulundurmak gerekir.

Ayrıca her bir trenin tarifieden sapma göstererek ne kadarlık bir gecikmeyle hizmet yerine vardığı işletme ile ilgili yayınlardan çıkartılmalıdır.

Güzergah kesiminde oluşan seyir kayıpları (tren izlemeleri ile oluşanların dışındakiler) güzergah başlangıcındaki gecikmelere eklenmelidir.

Güzergah başlangıcındaki gecikmeleri elde etmek için yaklaşık 1000 tren geçişini içeren ve genellikle kapasiteyi en uygun şekilde belirleyecek bir süreç alınır. Olağan üstü işletme koşullarındaki günler dikkate alınmaz. Bu zaman süreci içinde elde edilen bu gecikmelerin N_e sayısına bölünür ve böylece ortalama p_m gecikmesi elde edilir.

$$P_m = P / N_e \quad [\text{dak/gecikmiş tren}] \quad (\text{formül 5.10})$$

İlk P_m hesaplamasından sonra ($6xp_m$) 'den büyük olan gecikmeler atılır ve yeni bir P_m hesaplanır.

5.7. Güzergah başlangıcındaki gecikmeye rastlama olasılığı

W_e , güzergah başlangıcındaki gecikmeye rastlama olasılığı, N_e gecikme durumlarının, hesap süreci olarak alınan 4 gün içinde seyreden trenlerin N_d sayısına bölünmesi ile elde edilir.

$$W_e = N_e / N_d \quad [\text{gecikme sayısı} / \text{tren}] \quad (5.11)$$

5.7.1. İzin verilen izleme gecikmelerinin toplamı

Güzergah kesimi bölgesindeki yığılma kapasitesi gözönünde bulundurularak, izleme gecikmelerinin toplamı $P_f = 200$ dakika/gün olarak sınırlandırılmaktadır.

5.8. Gerekli ortalama tampon sürenin grafik olarak elde edilmesi

Gerekli ortalama tampon süre olan $\bar{r}_{eff(q)}$ 'nın belirlenmesi için 5.5.1 bölümünde sözü edilen faktörlerin ilişkileri tampon süre katsayısının (q) elde edilebilmesi için bir diyagram üzerinde gösterilmiştir.

Bundan sonra H akışkanlık derecesinin bulunması uygundur.

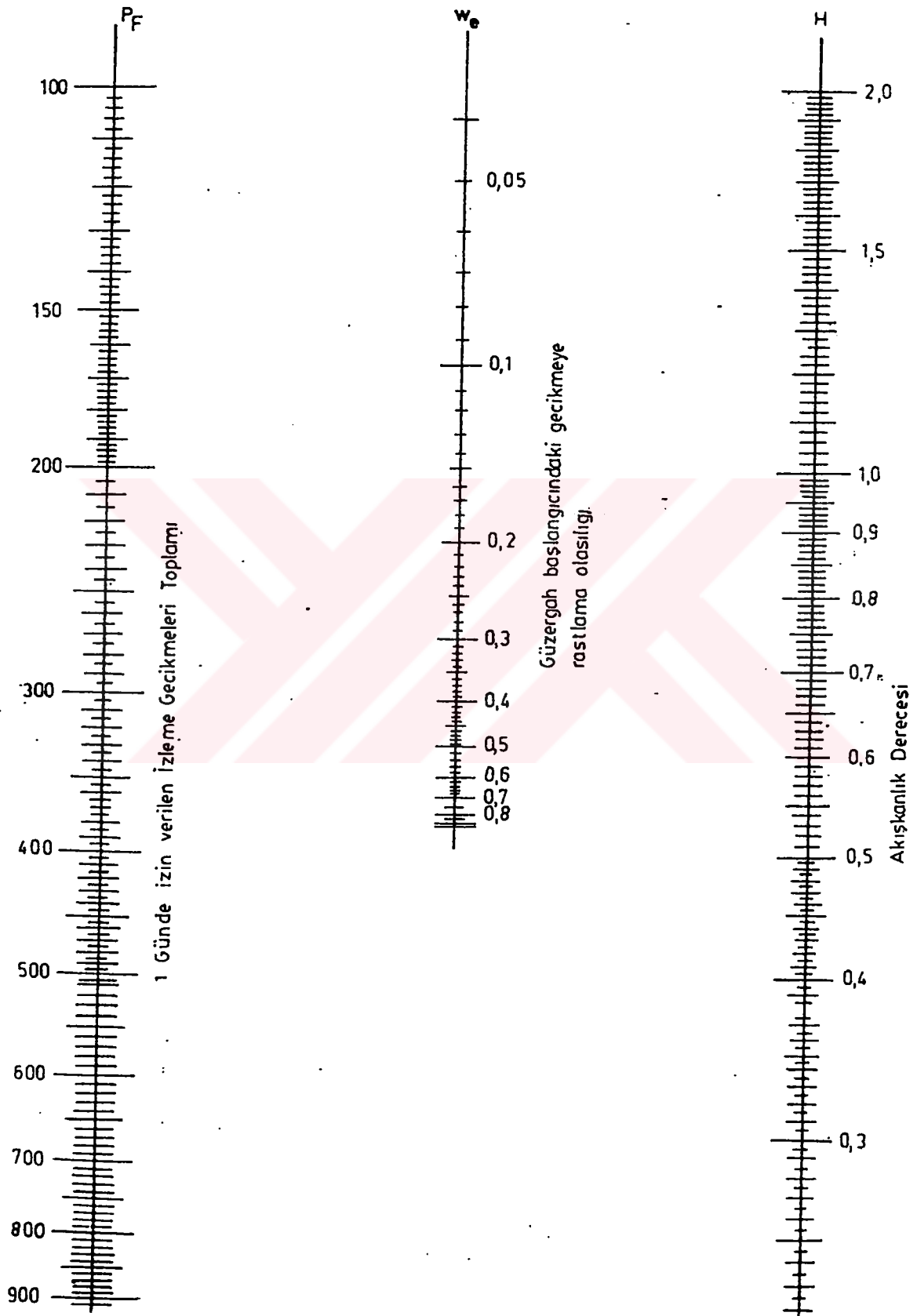
İlk olarak H akışkanlık derecesi :

$$H = \frac{P_F}{T \cdot (W_e - W_e^2/2)} \quad (5.12)$$

Aynı zamanda şekil 5.5 'daki grafiklerde bulunur.

Formülü ile ve $\bar{U}$ iletim faktörü :

$$\bar{U} = \bar{z} / P_m \quad (5.13) \text{ formülü ile elde edilir.}$$



Şekil 5.5. H akışkanlık derecesinin elde edilmesi için monogram

H akışkanlık derecesi özel olarak yapılmış bir nomogramdan elde edilir. H akışkanlık derecesi tablodaki grafiğin apsisinin her iki koluna taşınır. Her iki noktadan birer düşey çıkılır , bu düşeylerin $\bar{U}$ iletim faktörü eğrilerini kesim noktalarından apsise paraleller çizilir. Bu paraleller q_0 ve q_1 ordinatlarını keserler. Bulunan noktalar birleştirilir. Bu noktaları birleştiren doğrunun w_g değerinden çıkılan dikle kesim noktasından q tampon süre katsayısı değeri okunabilir. Şekil 5.6' de gösterilmiştir.

“q” tampon süre katsayısı,

$$\bar{r}_{\text{erf}} = q \cdot \bar{z} \quad [\text{dak/tren}] \quad (5.14)$$

formülüne konularak buradan gerekli ortalama tampon süre elde edilir.

5.9. Gerekli ortalama tampon sürenin hesap yoluyla elde edilmesi

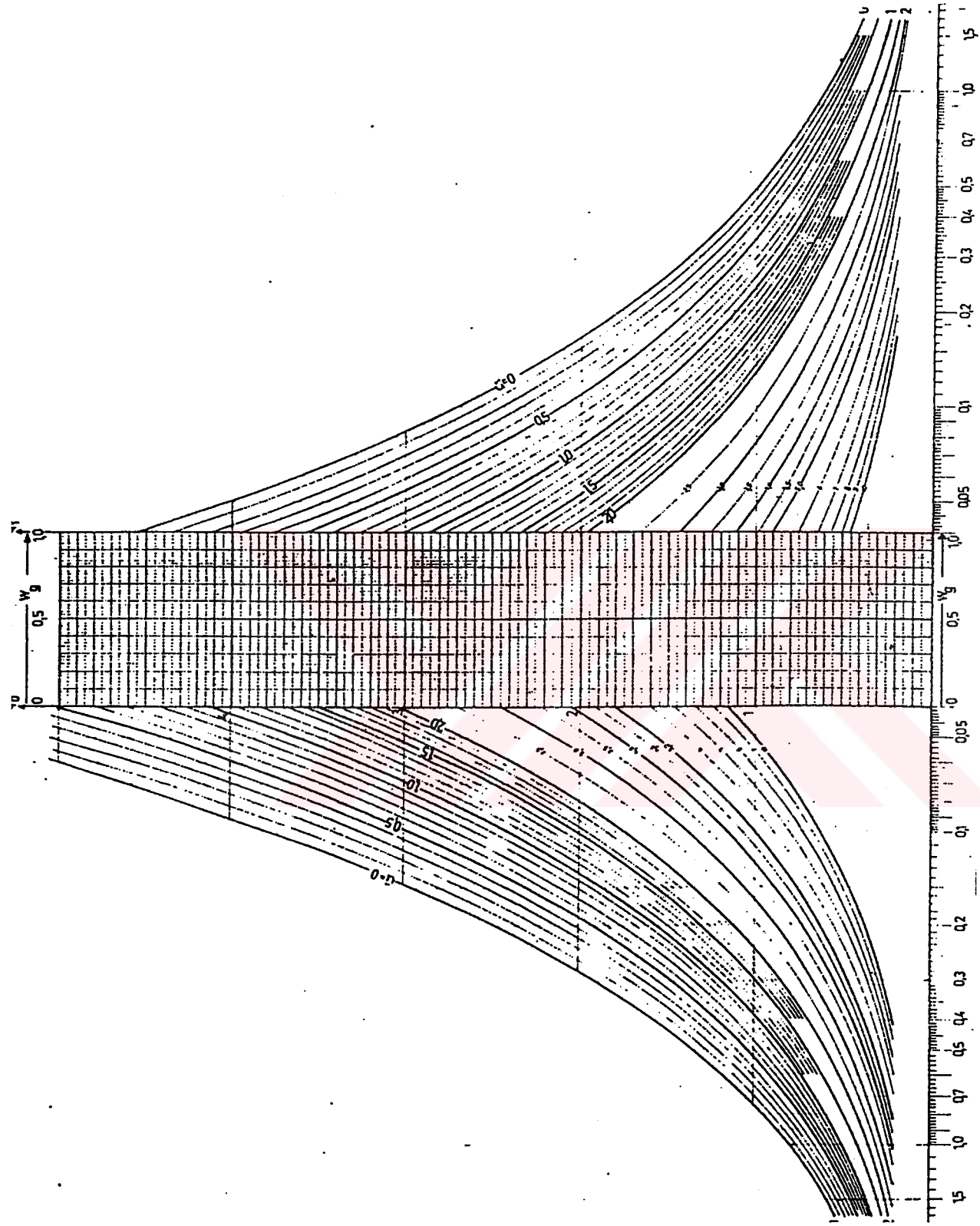
“q” tampon süre katsayılarının negatif üssel olarak dağılmış olan tampon sürelerden elde edilmesini sağlayan tabloda ; H akıcılık derecesi değerleri, $\bar{U}$ iletim faktörleri ve w_g 0'dan 1'e kadar q tampon süre katsayıları arasındaki ilişkiler gösterilmiştir

Tablodan $\bar{U}$ satırından , H değerine karşılık gelen q değerleri $w_g = 1$ ve $w_g = 0$ için elde edilebilir. $\bar{U}$ ve H ' ın ara değerleri için enterpolasyon yapılabilir. Bu değerler aşağıdaki formülde q_1 ve q_0 yerine konur ve gerekli ortalama tampon süre bulunur.

$$\bar{r}_{\text{erf}} = \bar{z} \cdot [q_0 - w_g \cdot (q_0 - q_1)] \quad [\text{dak/tren}] \quad (5.15)$$

5.10. Karşılaşmaların sıklığını sınırlamak için ortalama tampon sürenin hesabı

Tek hatlı iki yönlü işletmede , güzergah başlangıcındaki seyrek ve küçük gecikmelerden ötürü, buna göre hesaplanan gerekli ortalama tampon süre ,



Şekil 5.6. H , $\bar{U}$, Wg 'ye bağlı olarak negatif üssel dağılmış tampon süreler için tampon süre katsayısının elde edilmesi

karşılaşmaları ve bu nedenle meydana gelecek seyir süresi kayıplarının sınırlamak için yeterli olmayabilir.

Bu sınırlama ek bir kalite gereksinimine karşıt olup bu da tren karşılaşmalarındaki tampon sürelerin tarifeye uygun karşılaşmaların ortalama olarak her seferinde ikinci karşılaşma istasyonunda gerçekleşmesini sağlayacak büyüklükte olmasını gerektirir.

Bunu sağlamak için gerekli ortalama tampon süre $\bar{r}_{erf(kr)}$ aşağıdaki formülle elde edilebilir :

$$\bar{r}_{erf(kr)} = 2. \bar{F}_{zkr} / \alpha \quad (5.16)$$

burada ,

$\bar{F}_{zkr}$; Tüm trenlerin söz sahibi karşılaşma kesimindeki ortalama seyir seyir süresidir.

α ; Orantı faktörüdür ve Şekil 5.7 ' deki α diyagramından elde edilir.

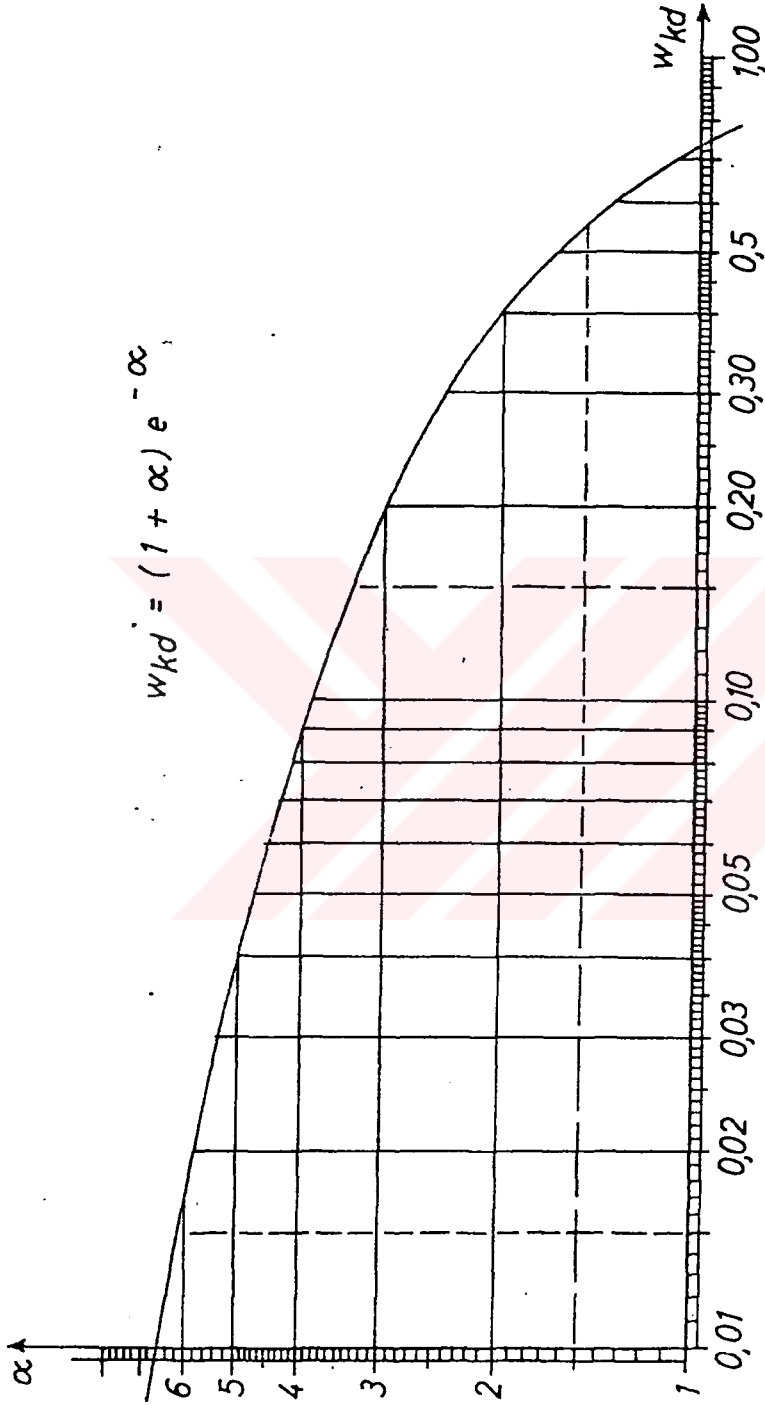
Karşılaşmadan dolayı olan rastlama olasılığı olan W_{kd} ,

$$W_{kd} = \frac{1}{2} [1 - n_h / (N \cdot K)]^2 \quad (5.17)$$

Formülü ile hesaplanır.

Burada ;

n_h – Güzergah kesiminde N adet trenin her birinin bir günde K karşılaşma istasyonlarındaki duruş sayısını gösterir.



Şekil 5.7. Fonksiyonun değişimi $\alpha = f(w_{kd})$

Bu durumda gerekli ortalama tampon süresi $\bar{r}_{\text{erf}(q)}$ ' nun $\bar{r}_{\text{erf}(kr)}$ ' ye eşit yada bundan büyük olması gerekir.

5.11. Hat kapasitesinin hesabı

Hesap yada grafik yöntemiyle elde edilen gerekli ortalama tampon süre ($\bar{r}_{\text{erf}(q)}$) aşağıdaki formülde yerine konularak bir güzergah kesiminin L hat kapasitesi elde edilir.

$$L = \frac{T}{\bar{z} + \bar{r}_{\text{erf}}} \quad (5.18)$$

Tek hatlı iki yönlü işletmede $\bar{r}_{\text{erf}(q)}$ ortalama tampon süre yada $\bar{r}_{\text{erf}(kr)}$ karşılaşma kesimi için gerekli tampon süreden büyük olanı bu formüle konarak hat kapasitesi hesaplanır. Dolayısıyla hat kapasitesinin en olumsuz durumu hesaplanmış olur.

5.12. Özel durumlardaki hat kapasitesinin hesabı

Kendi hat kapasitelerinin altında bir trafiğe sahip olan güzergah veya kavşaklara bağlanan kesimler için tampon süreler işletmenin akıcılığına göre hesaplanamaz. Çünkü, bu durumlarda güzergah başlangıcındaki gecikmelerin saptanması mümkün değildir.

Bu durumlarda orer hazırlanmasında karşılaşılan güçlükler kalite kriteri olarak esas alınır ve trenlerin farklı dizi düzenlerinin etkileri ile işletme yönetiminin kalitesini etkisi ihmal edilir.

Orerin hazırlanması sırasında demet sıklıkları nedeniyle karşılaşılan zorluklar göz önünde bulundurulmaz. Bunların , orerin uygulanması sırasında uygulanması gerekir.

Bu bekleme kuyrukları için kalite sınırı olarak pratikte günde bir kez ve $n_w = 8$ trenden oluşan bir demete rastlanması esas alınır. Bu demetin güzergah kesiminden

ortalama minimum izleme süresinin maksimum 7 katı kadarlık bir zaman süreci içerisinde geçmesi gerekir.

Belirli bir $\bar{z}$ ortalama minimum izleme süresi ve n_w kalite faktörü için L hat kapasitesi Şekil 5.8 'den okunabilir.

5.13. Minimum hat kapasitesinin hesabı

Minimum hat kapasitesi L_{min} hat kapasitesinde olduğu gibi grafik yada hesap yoluyla elde edilebilir.

Gerekli ortalama tampon süre $\bar{r}_{erf(w)}$ 'nin hesaplanmasında iletim faktörü $\bar{U}=0$, güzergah başlangıcındaki gecikmeye rastlama olasılığı $w_e=1$ olarak alınır ve ; akışkanlık derecesi ise ,

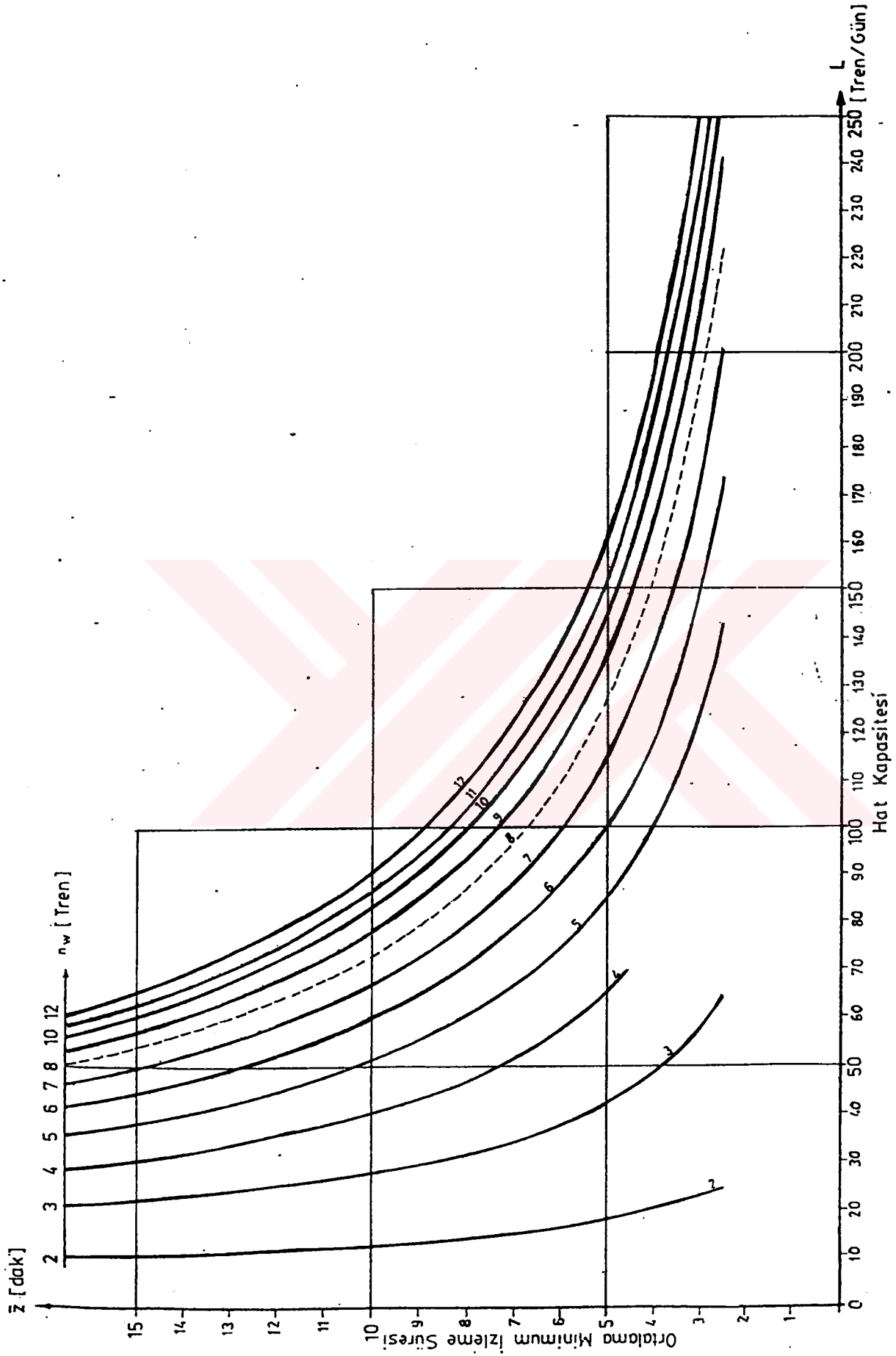
$$H = \frac{P_F}{T \cdot 1/2} \quad (5.19)$$

Böylece $P_F = 200$ [dakika / tren] için gerekli ortalama tampon süre :

$$\bar{r}_{erf} = \bar{z} \cdot (1,99 - 0,54 \cdot w_g) \quad [\text{dakika} / \text{tren}] \quad (5.20)$$

formülünden , minimum hat kapasitesi ise ,

$$L_{min} = \frac{T}{\bar{z} + \bar{r}_{erf(w)}} \quad [\text{tren} / \text{gün}] \quad (5.21)$$



Şekil 5.8. Özel durumlardaki L hat kapasitesinin hesabı

5.14. Çalışmaları nedeniyle sınırlandırılmış hat kapasitesinin hesabı

Yılın belirli zamanlarında bakım nedeniyle iki hatlı güzergahlarda kesim kesim iki yönlü işletme uygulanır. İki yönlü işletmelerde bu zaman süreci içerisinde hat kapasitesi de azalır.

Bu türlü işletme şekilleri yalnızca trafik yoğunluğunun zayıf olduğu saatlerde büyük tampon sürelerin tesadüfi yığılmasından sınırlandırılmamış seyir koşullarında t_c [dakika] süresi içerisinde tek hatlı kesimde her iki yönde seyir etmesi gereken trenlerin n_{ct} sayısı hesaplanabilir.

İki yönlü işletmede işletme akışkanlığının , küçük tampon sürelerinin yığılması durumunda tek yönlü işletmelerdeki normal maksimum saatler sırasındaki akışkanlıktan daha kötü olmadığı düşüncesinden hareket edilirse n_{ct} adet tren t_c süresi içerisinde iki yönlü işletmede seyir edebilecektir.

Tek hatta inme durumundaki kapasite kaybı böylece $(n_{ct} - n_{ctu})$ olur. Bu da her iki yöndeki hat kapasitelerine dağıtılır ve bir yöndeki kayıpta $(n_{ct} - n_{ctu}) / 2$ kadar olur.

Minimum izleme sürelerinin , seyir edilmesi gereken en uzun tek hatlı kesim için ve her iki yönde hesaplanması gerekir. İki yönlü işletmedeki ortalama minimum izleme süresi $\bar{z}_c$ için kesin bir belirleme – hesaplama mümkün olmadığı zaman işletme orer planının işgal sürelerinden elde edilebilir.

Bu durumlar için tablolar tablo 5.1 ve 5.2 ‘ de sunulmuştur.

Bu durumda ;

$$\bar{z} = B_c / n_c \quad [\text{dakika / tren}] \quad (5.22)$$

burada ;

B_c Tüm işgal sürelerinin toplamıdır.

n_c Bu süre içerisinde seyir eden trenlerin sayısıdır.

Tablo 5.1. Trafiğin zayıf olduğu saatlerde trenlerin büyük tampon sürelerinin, tesadüfi yığılşmaları durumunda T_c (dak.) süresi içindeki ncı tren sayısının L_1 hat kapasitesine bağlı olarak bulunması.

T_c	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
0	187	77	45	30	22	17	14	11	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3	3	2
1	278	120	72	50	37	30	24	20	17	14	13	11	10	9	8	7	6	6	5	5
2	360	158	96	67	51	40	33	28	25	21	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7
3	437	194	120	84	64	51	42	35	30	26	23	21	18	17	15	14	13	12	11	10
4	509	228	141	101	77	61	51	43	37	32	28	25	23	21	19	17	16	14	13	12
5	576	262	163	116	88	71	59	50	43	38	34	30	27	24	22	20	19	17	16	15
6	643	293	184	131	101	81	67	57	50	43	38	34	31	28	26	24	22	20	19	18
7	710	324	205	146	112	90	75	64	55	49	44	39	35	32	29	27	25	23	21	20
8	773	355	224	161	125	100	84	71	62	54	48	44	39	36	33	30	28	26	24	23
9	840	386	245	176	136	110	92	78	68	60	53	48	43	39	36	33	31	29	27	25
10	902	418	264	191	148	119	99	85	74	65	58	52	47	43	40	37	34	31	29	27
11	965	449	285	205	158	129	108	92	80	71	63	57	51	47	43	40	37	34	32	30
12	-	478	304	220	170	138	115	99	86	76	68	61	55	51	46	43	40	37	35	32
13	-	506	323	234	181	147	123	106	92	81	72	66	59	54	50	46	43	40	37	35
14	-	538	342	248	193	157	131	113	98	86	77	70	64	58	53	49	46	43	40	37
15	-	566	362	262	204	166	139	119	104	92	82	74	68	62	57	53	49	45	42	40
16	-	595	381	276	215	175	147	126	110	97	87	78	71	65	60	56	52	48	45	42
17	-	624	400	290	226	184	154	133	116	102	92	83	75	69	63	59	54	51	47	45
18	-	653	418	304	237	193	162	139	122	108	96	87	79	73	67	62	58	54	50	47
19	-	682	437	318	248	202	170	146	127	113	101	92	83	76	70	65	60	57	53	50
20	-	710	456	331	259	211	178	152	133	118	106	96	87	80	74	68	64	59	55	52
21	-	739	475	346	270	220	185	159	139	123	111	100	91	84	77	71	66	62	58	54
22	-	768	493	359	280	229	193	166	145	129	115	104	95	87	80	74	69	65	61	57
23	-	797	512	373	292	238	200	172	151	134	120	108	99	91	84	78	72	67	63	60
24	-	823	530	386	302	247	208	179	157	139	125	113	103	94	87	81	75	70	66	62
25	-	852	549	401	313	256	215	185	163	144	130	117	107	98	91	84	78	73	68	64
26	-	881	566	414	324	265	223	192	169	149	134	121	111	101	94	87	81	76	71	67
27	-	907	586	427	335	274	230	199	174	155	139	126	114	105	97	90	84	78	74	69
28	-	936	603	442	346	282	238	205	180	160	144	130	119	109	100	93	87	81	76	72
29	-	965	622	455	356	291	245	212	186	165	148	134	123	112	104	96	90	84	79	74
30	-	-	640	468	367	300	253	218	191	170	153	138	126	116	107	100	93	87	81	77
31	-	-	658	481	377	309	261	225	197	175	158	143	130	120	110	103	96	89	84	79
32	-	-	677	496	388	318	268	232	203	180	162	147	134	123	114	106	99	92	86	81
33	-	-	694	509	398	326	276	238	209	185	167	151	138	127	117	109	101	95	89	84
34	-	-	712	522	410	335	283	244	214	191	171	155	142	130	121	112	104	98	92	86
35	-	-	731	535	420	344	291	251	220	196	176	160	146	134	124	115	107	101	94	89
36	-	-	749	548	431	353	298	257	226	201	181	164	150	137	127	118	110	103	97	91
37	-	-	767	562	442	362	306	264	231	206	185	168	154	141	131	121	111	106	100	94
38	-	-	784	576	452	370	313	270	237	211	190	172	157	145	134	125	116	109	102	96
39	-	-	803	589	463	379	320	277	243	216	195	176	161	148	137	126	119	111	105	99
40	-	-	821	602	473	388	328	283	249	221	199	181	165	152	140	131	122	114	107	101
41	-	-	838	616	484	397	335	290	254	227	204	185	169	156	144	134	125	117	110	103
42	-	-	856	629	494	406	343	296	260	231	208	189	173	159	147	137	128	119	112	106
43	-	-	-	642	505	414	350	302	266	237	213	193	177	163	150	140	130	122	115	108
44	-	-	-	655	516	422	357	309	271	242	218	198	181	166	154	143	134	125	117	111
45	-	-	-	668	525	431	365	316	277	247	222	202	185	170	157	146	136	128	120	113
46	-	-	-	682	536	440	372	322	283	252	227	206	188	173	160	149	139	130	123	116
47	-	-	-	695	546	449	380	328	289	257	231	210	192	177	164	152	142	133	125	118
48	-	-	-	708	557	458	387	335	294	262	236	214	196	180	167	155	145	136	128	120
49	-	-	-	721	567	466	394	341	300	267	240	218	200	184	170	158	148	139	130	123
50	-	-	-	734	578	474	402	347	306	272	245	223	204	188	174	161	151	141	133	125
51	-	-	-	748	588	483	409	354	311	277	250	227	208	191	177	165	154	144	135	128
52	-	-	-	761	599	492	416	360	317	282	254	231	212	195	180	168	157	147	138	130
53	-	-	-	774	610	501	424	367	323	288	259	235	215	198	184	171	160	150	141	133
54	-	-	-	787	619	510	431	373	328	292	264	240	219	202	187	174	162	152	143	135
55	-	-	-	800	630	518	439	379	334	298	268	244	223	205	190	177	165	155	146	138
56	-	-	-	-	640	526	446	386	340	302	273	248	227	209	194	180	168	158	148	140
57	-	-	-	-	651	535	453	392	345	308	277	252	231	213	197	183	171	161	151	142
58	-	-	-	-	661	544	461	398	351	313	282	256	234	216	200	186	174	163	154	145
59	-	-	-	-	672	552	468	405	356	318	286	260	239	220	204	189	177	166	156	147
60	-	-	-	-	682	561	475	412	362	323	291	264	242	223	207	192	180	169	159	150
61	-	-	-	-	692	570	483	418	367	328	295	269	246	227	210	196	183	171	161	152
62	-	-	-	-	703	578	494	424	373	333	300	273	250	230	213	199	186	174	164	155
63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	-	-	-	-	713	586	497	430	379	338	305	277	254	234	217	202	188	177	166	157

Tablo 5.2. Trafik'in zayıf olduğu saatlerde , trenlerin küçük tampon sürelerinin tesadüfî yığınlaşmaları durumunda T_c (dak.) süresi içindeki n_{cu} tren sayısının L_{min} hat kapasitesine bağlı olarak bulunması

T_c n_{cu}	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	11	8	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
2	23	18	14	12	11	10	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6
3	49	31	24	20	17	15	14	13	12	11	11	10	10	9	9	9	9	8	8	8
4	74	45	34	28	24	21	19	17	16	15	14	13	13	12	12	11	11	11	10	10
5	101	60	44	36	31	27	24	22	20	19	18	17	16	15	15	14	14	13	13	12
6	130	76	56	45	38	33	30	27	25	23	22	20	19	18	18	17	16	16	15	15
7	163	94	67	54	46	39	36	32	30	27	26	24	23	22	20	20	19	18	18	17
8	192	110	80	64	53	46	41	37	34	31	29	28	26	25	24	23	22	21	20	19
9	226	127	91	72	60	53	47	42	38	36	33	31	29	28	27	25	24	23	22	22
10	259	144	104	82	68	59	52	47	43	40	37	35	33	31	29	28	27	26	25	24
11	293	163	115	91	76	66	58	52	46	44	41	38	36	34	32	31	30	29	27	26
12	-	180	128	101	84	73	64	56	52	48	45	42	40	37	36	34	33	31	30	29
13	-	199	141	110	92	80	70	63	57	52	49	46	43	40	38	37	35	34	32	31
14	-	218	154	120	100	86	75	68	62	57	53	49	46	44	41	39	38	36	35	33
15	-	235	166	131	108	93	82	73	67	61	57	53	49	47	44	42	40	39	37	36
16	-	254	179	140	116	100	88	79	71	65	61	56	53	50	47	45	43	41	40	38
17	-	274	192	150	125	106	94	84	76	70	65	60	56	53	50	48	46	44	42	40
18	-	293	206	161	132	114	99	89	81	74	69	64	60	57	54	51	49	46	44	43
19	-	312	219	170	141	121	106	94	85	78	72	68	63	60	56	54	51	49	47	45
20	-	331	232	189	149	127	112	100	90	83	76	71	67	63	60	56	54	51	49	48
21	-	350	245	191	157	134	118	105	95	87	81	75	70	66	62	59	56	54	52	50
22	-	370	259	202	165	142	124	110	100	92	85	79	73	69	66	62	59	57	54	52
23	-	391	272	211	174	149	130	116	105	96	89	82	77	73	68	65	62	59	57	54
24	-	410	286	222	182	155	136	121	110	100	93	86	80	76	72	68	65	62	59	57
25	-	430	299	232	191	162	142	127	115	105	96	90	84	79	75	71	67	64	62	59
26	-	451	314	242	199	170	148	132	119	109	101	94	88	82	78	74	70	67	64	61
27	-	470	326	253	207	177	154	137	124	114	105	97	91	85	81	77	73	70	67	64
28	-	490	341	263	216	184	160	143	129	118	109	101	95	89	84	80	76	72	69	66
29	-	511	354	274	225	191	167	149	134	122	113	105	98	92	87	82	78	75	71	69
30	-	530	368	284	233	198	173	154	139	127	117	108	102	95	90	85	81	77	74	71
31	-	552	382	295	242	206	180	160	144	132	121	112	105	98	93	88	84	80	77	73
32	-	571	395	305	250	213	186	165	149	136	125	116	109	102	96	91	86	82	79	76
33	-	593	410	316	258	220	192	170	154	140	129	120	112	105	99	94	89	85	81	78
34	-	-	424	326	267	227	198	176	159	145	133	124	115	108	102	97	92	88	84	80
35	-	-	437	337	276	234	204	182	164	149	137	127	119	111	105	100	95	90	86	83
36	-	-	451	348	284	242	211	187	159	154	141	131	122	115	108	103	97	93	89	85
37	-	-	466	359	293	249	217	193	163	158	146	135	126	119	111	105	100	95	91	87
38	-	-	480	368	301	256	223	198	173	163	150	139	129	121	115	108	103	98	94	90
39	-	-	493	379	310	263	229	203	183	167	154	142	133	125	117	111	106	101	96	92
40	-	-	507	390	319	270	236	209	188	172	158	146	137	128	121	114	108	103	99	95

n_{ci} 5.2' teki tablodan elde edilebilir.

Her iki yöndeki hat kapasitesinin toplamı ,

$$L_I = L_{gidiş} + L_{geliş} \quad [\text{tren / gün}] \quad (5.23)$$

Bu değer T_c sütununda aranır. Eğer L_I değeri tablodaki değerlerin arasında kalırsa buna en yakın ve daha büyük değer aranmalıdır. Böylece tablonun sol kenarından n_{ci} alınabilir.

n_{ci} değeri ekte sunulan n_{ci} tablosundan elde edilebilir. Burada T_c sütununda $L_{min II}$ 'ye karşıt gelen değer aranır. İki yönlü işletmedeki minimum hat kapasitesi ($L_{min II}$) tek yönlü işletmede olduğu gibi $\bar{z}_c$ ve aynı P_F değerleri kullanılarak hesaplanabilir.

$L_{min II}$ değeri tablodaki değerler arasında kalırsa daha küçük olan değer alınır ve tablonun sol kenarından n_{ci} bulunur. Buradan sınırlandırılmış hat kapasitesi :

$$L_{e(Bau)} = L - \frac{n_{ci} - n_{ci}}{2} \quad (5.24)$$

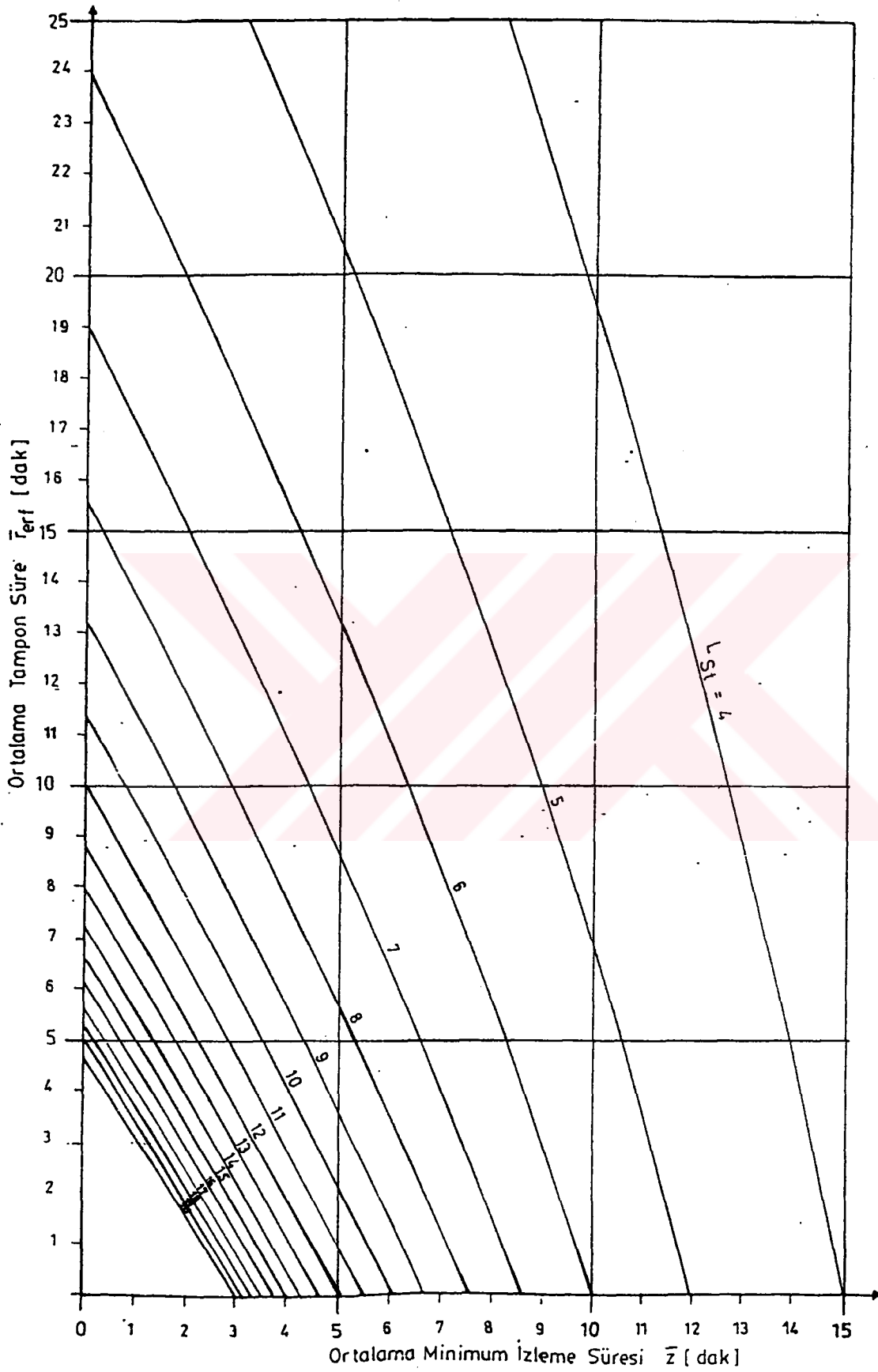
formülünden hesaplanır.

Eğer işletme kalitesinden tamamıyla vazgeçilirse, sınırlandırılmış hat kapasitesi için bir üst sınır değeri aşağıdaki formülden elde edilebilir:

$$L_{e(Bau)max} = L - \frac{N_{ci} - (T_c / \bar{z}_c)}{2} \quad [\text{tren/gün}] \quad (5.25)$$

5.15. Saatlik hat kapasitesinin hesabı

Olerde ve işletme sırasında genellikle negatif üssel dağılmış tampon süreler oluşur. Bu durumda ayrıca bekleme kuyruklarına veya küçük tampon süre demetlerine rastlanır. Bu demetlemenin düzenine göre , belirli yoğunluktaki kümeleşmenin hangi istatistiksel riziko ile aşılabacağı saptanabilir.



Şekil 5.9. Saatlik hat kapasitesi $L_{st} = f(\bar{r}_{erf}, \bar{z})$

Bu riziko $\sigma = 1/24$ olarak alındığında , muhtemelen bu yoğunluğun her 24.demetine yada yaklaşık günde 1 saatine karşılık gelir.

$\bar{r}_{\text{erf}}$ ve $\bar{z}$ parametrelerinden (L_{st}) saatlik kapasiteleri ekte sunulan saatlik kapasite grafiğinden okunabilir. Bu şekil 5.9 ' dadır.

$$L_o = 60 / (\bar{z} + r_{\text{erf}}) \quad [\text{tren / saat}] \quad (3.35)$$

5.16. Sabit Tampon Süreli Saatlik Hat Kapasitesinin Hesabı

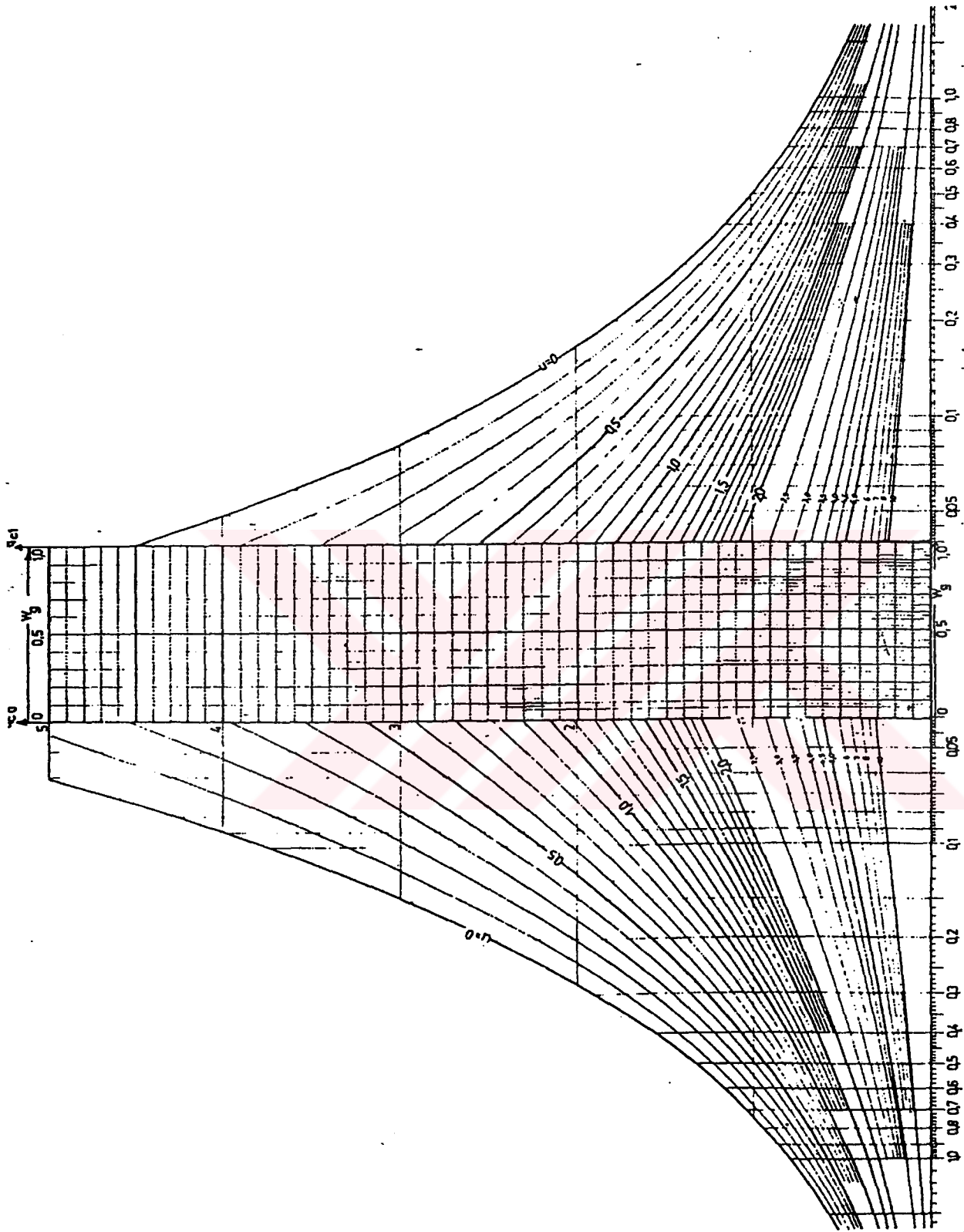
Sabit tampon süreli saatlik hat kapasitesi (banliyölerde olduğu gibi) negatif üslü dağılmış tampon sürelerde olduğu gibi benzer şekilde elde edilir.

Sabit tampon süre durumundaki tampon süre sayısı olan q_o 'yi elde etmek için Şekil 5.10'daki diyagram kullanılabilir. Banliyölerde genellikle düzgün bir dizi durumu ($w_g=1$) ön koşul olur , bunun dışında özel dizi düzenlemeleri saptanır.

Saatlik hat kapasitesi aşağıdaki formülden elde edilir.

$$L_{\text{st}} = 60 / (\bar{z} + r_{\text{cerf}}) \quad [\text{tren / saat}] \quad (3.35)$$

Şehirlerarası ve banliyö trenlerinin karışık olarak işletildiği hat kesimlerinde genellikle negatif üssel dağılmış tampon süreleriyle hesap yapılır. Aksi halde sabit tampon süreleri belirlenebilir.



Şekil 5.10. H , $\bar{U}$, W_g 'ye bağlı olarak sabit tampon süreleri için tampon süre katsayısının elde edilmesi

5.17. BU YÖNTEM YARDIMIYLA HALKALI-SİRKECİ ARASI KAPASİTE HESABININ YAPILMASI

Halkalı-Sirkeci banliyö hattı yaklaşık 28 km ve 8 ana istasyon (yani anahat trenlerinin durabileceği donanımına sahip istasyonlar) ve 10 tanede sadece banliyölerin durduğu istasyonlardan oluşmaktadır. UIC kodunda hesaplar en elverişsiz kabul edilebilecek bir güzergah parçasından yola çıkılarak yapılmıştır. Dolayısıyla hattın bir kesiminden tüm kesimin kapasitesi çıkarılmış olmaktadır. Fakat deterministik yöntem yardımıyla yapılan hesaplarda hattın bütünü için hesap yapılmaktadır. Yani en elverişsiz kabul edilen parçası yerine hattın bütünü esas alınarak kapasite hesaplanmaktadır.

Araştırma esasları ;

- | | | |
|-----------------|---|--|
| Banliyöler | - | 45-50 km/h değişen hızlara sahiptirler. Güzergahı 45 dakikada katetmektedirler. |
| 84882 | - | Yavaş yük treni olup 60 km/h hız yapmaktadır. Güzergahı 118 dakikada katetmektedir. Buda hattı oldukça olumsuz etkilemektedir. Çünkü tren her istasyonda oldukça uzun bir şekilde durmakta zaten gece saatleri olan bu saatlerde başka hiçbir trenin çalışmasına müsaade etmemektedir. |
| 81712 , 81722 , | - | Bu trenler 90 km /h hıza sahip express yolcu trenleridir. Bunlar sırasıyla güzergahı 43,38,38,45, |
| 81602 , 81032, | | |
| 81022 | | 38 dakikalarda kat ederler ve değişken zamanlarda güzergahı katettikleri için bir model tren alınması |

gereklidir.

84052,83154 - Bu trenler 60km/h yapabilen hızlı yük trenleridir. Bu
83156,83052 trenlerinde güzergahı kat etme süreleri değişkendir ve
83058 dolayısıyla model tren gerektirmektedir. Süreleri
sırasıyla ; 38,45,50,39,50 dakikadır.

Bu bilgiler ışığı altında trenlerin her bir grubu için model trenler bulunması gerekmektedir. Trenlerin sınıflarına göre gruplara ayırdıktan sonra güzergahı kat etme süreleri göz önüne alınarak bir model tren oluşturulacaktır. Buradan da anlaşılacağı gibi 4 tip tren vardır.

Model trenler

Express trenler : Bu trenler içersinde sürelerin aritmetik ortalaması alınıp bu değere en yakın, kapasiteyi belirleyecek model tren 81602 nolu express tren çıkar.

$$(43+38+38+45+38)/5 = 40 \text{ dak.} \longrightarrow 81602$$

Hızlı yük trenler : Yine aynı yöntem uygulanırsa , 83052 nolu hızlı yük treni çıkar.

$$(38+45+50+39+50)/5 = 44 \text{ dak.} \longrightarrow 83052$$

Banliyöler üzerinde direk üzerinde işlem yapmadan model tren kabul edebiliriz.

Ayrıca yavaş yük trenini de hesap kolaylığı açısından ve hızları eşit olduğundan hızlı yük kategorisine dahil edebiliriz. Böylece hattı 24 saat çalıştırmış oluyoruz.

Bu vesile ile 3 sınıf tren üzerinde çalışmamız gerekmektedir.

Bu model trenlerin hesaplanmasında esas alınan özellikleri maddeler halinde sunarsak ;

1. Katar türleri aşağıdaki esaslara göre sınıflandırılmıştır :

- Seyir şekli ve tren uzunluğu birbirinden çok farklı olmayan trenler.
- Ortalama seyir süreleri birbirine göre % 10 ‘dan daha az farklı olan trenler
- Tren sayıları toplam tren sayısının % 5 ‘inden az olan katar türleri benzer katar türü olarak kabul edilir.

2. Her bir katar türü sınıfı için bir model tren belirlenmesi aşağıdaki esasa göre yapılır:

- Seyir süresi ortalama seyir süresine en yakın olan ve en çok tekrarlanan tren, model tren olarak alınır.

5.17.1. Minimum izleme sürelerinin bulunması

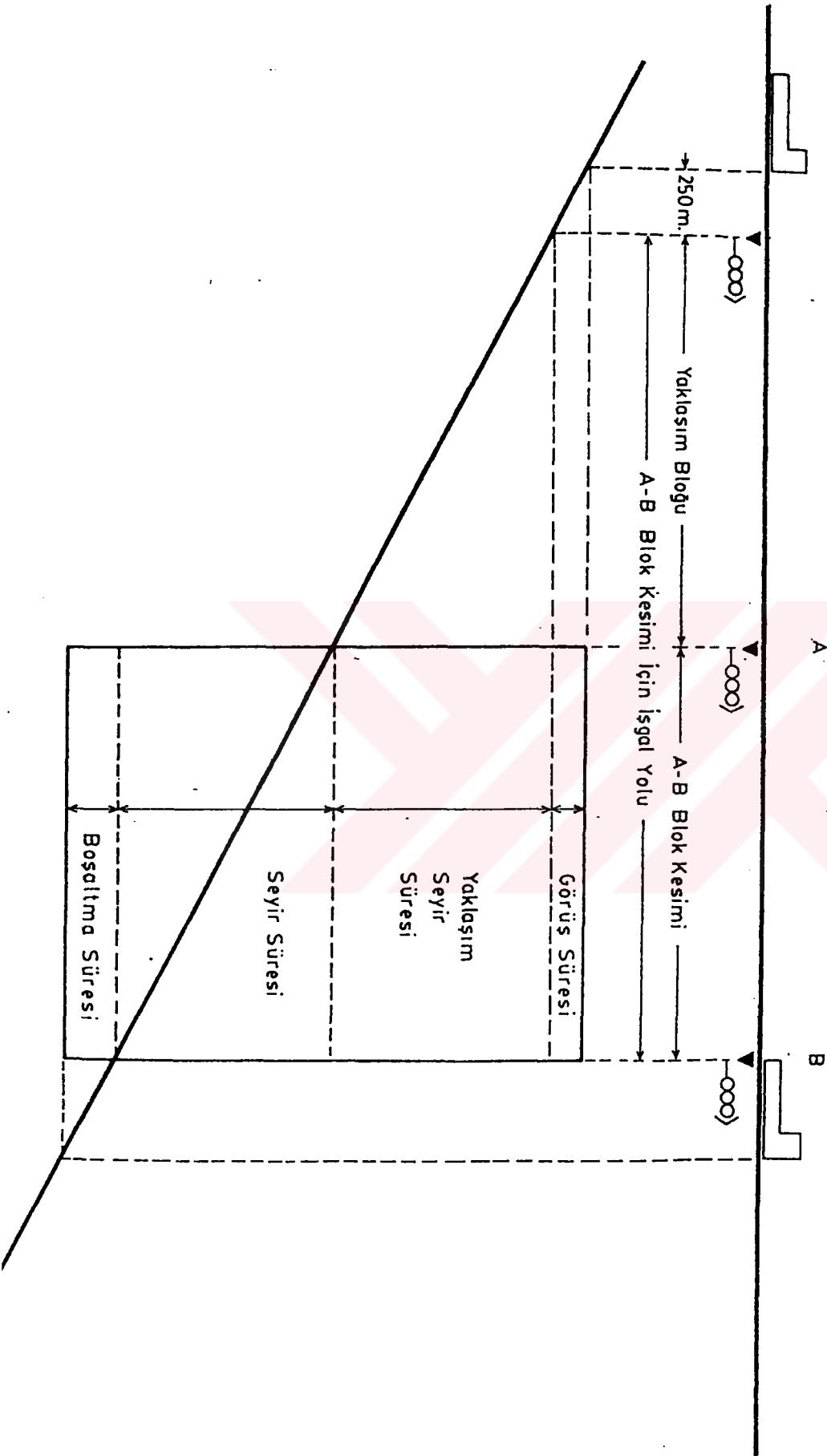
Minimum izleme sürelerinin bulunmasının iki şekilde olabileceği daha önce belirtilmişti. Bunlar grafik yöntem ve hesap yöntemidir. Biz ise bu hattın kapasite hesabını grafik yöntemle yapmayı uygun bulduk.

Öncelikle belirlenmiş olan katar türü grupları için işgal süresi basamakları oluşturulmuştur. Bunun açıklaması Şekil 5.11 ‘ e uygun olarak aşağıda yapılmıştır.

Bu kesime ait orer diyagramından tren izleme durumları sayılarak saptanmış ve minimum izleme süresi tablosunun satırına işlenmiştir. Minimum izleme süreleri tablosunun (n_i) sütunun ve (n_j) satırı içine her bir katar türü grubuna ait trenlerin sayısı not edilmiştir. Son tren izleme durumu , günün en son treni ile bunu izleyen günün ilk trenini içermektedir.

Daha önce belirtildiği gibi hattımız özellikle Soğuksu ara istasyonuna kadar DRS ile yönetilmektedir. Dolayısıyla hattın büyük bir bölümü DRS sistemi ile yönetildiği ortaya çıkmıştır. DRS sisteminin açıklaması Bölüm 3’ de sunulmuştur. Soğuksu istasyonundan itibaren Halkalı istasyonu dahil olmak üzere Kapıkuleye kadar bütün güzergah CTC ile yönetilmektedir.

Buna göre , istasyon giriş-çıkış sinyalleri arasında bir blok kabulünden yola çıkılarak işgal süresi basamakları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur :



- **Görüş süresi (F_b) ;**

Yaklaşım bloğunun sinyalinin 250 metre gerisinden başlayıp bu sinyale kadar olan süredir.

- **Yaklaşım seyir süresi (A_f) ;**

İşgal merdiveni oluşturulacak trenin , işgal süresi basamağı oluşturulacak bloktan önceki bloktaki seyir süresi (Yaklaşım bloğu seyir süresi)

- **Seyir süresi (F_z);**

İşgal merdiveni oluşturulacak trenin, işgal süresi basamağı oluşturulacak bloktaki seyir süresi.

- **Boşaltma süresi (R_f);**

İşgal merdiveni oluşturulacak trenin, uzunluğuna bağlı olarak , işgal süresi basamağı oluşturulacak bloğu terk etme süresidir.

Aoutocad yardımıyla hasas ölçekli çizilen trenlerin orer diyagramları birbirlerine en uygun şekilde yaklaştırılarak minimum izleme süreleri bulunmuştur. Birbirini izleyen trenlerden arkadaki trenin diyagramı öndeki trenin diyagramına ölçekli ekranda yaklaştırılarak çakıştığı nokta itibariyle zaman eksenin de okunan değer minimum izleme süresi olarak alınmıştır. Yani süreler hesaplanırken , anahat trenlerinin istasyonlar arası orer hızları ile, banliyö trenlerinin durakları arası orer hızları göz önünde bulundurulmuştur. Böylece model trenlerin tümü için işgal süresi basamaklarının alt ve üst sınır değerleri hesaplanarak, mevcut bütün izleme şekillerine ait işgal süresi basamakları , birbirine değince ye kadar kaydırılmıştır. Her bir tren izleme durumu için minimum izleme süreleri, güzergah kesiminin yada önegeçme kesiminin başlangıcından , onu izleyen trenin hattı ilk işgal süresinin başlangıcına kadar olan zaman dilimi olarak alınıp minimum izleme süreleri tablosunun satırına işlenmiştir. Bu durum şekil 5.11 ' de sunulmuştur.

5.17.2.Ortalama minimum izleme süresinin hesabı

Ortalama minimum izleme süresi $\bar{z}$ orere bağlı yöntemle göre güzergah kesiminin B işgal süresi ve tüm trenlerin N sayısından elde edilir. Bunun için minimum izleme süreleri tablo halinde sunulmuştur. Burada grafik yöntem kullanılmıştır.

Bunun için minimum izleme süreleri tablosundan (a) ve (b) satırlarındaki işlem sonuçları (c)'ye aktarılmıştır. (c) satırındaki değerlerin toplamı , güzergah kesiminin işgal süresi olup, bu değer tüm trenlerin sayısına bölünmüş ve ortalama minimum izleme süresi bulunmuştur. Bu durumu gösteren şekiller şekil 5.12'den 5.23'e kadar tez sonunda eklerde sunulmuştur .

Tablo 5.3. Minimum izleme değerleri tablosu

Öndeki tren n_i \ Arkadaki tren n_j		5	6	75	
express	5			5,00	a
				5,65	b
				28,25	c
hızlı yük	6			6,00	a
				6,15	b
				36,90	c
banliyö	75	5,00	6,00	64,00	a
		12,26	10,13	8,95	b
		61,30	60,78	572,80	c
N=86		61,30	60,78	637,95	B= 760,03

a=tren takip sayısı

b=minimum tren takip aralığı süresi

c=toplam minimum takip aralığı süresi (bu değer a ile b 'nin çarpımıdır.)

Burada B işgal süresi bütün değerlerin toplamıdır. Buradan ortalama minimum izleme süresine geçecek olursak ;

$$\bar{z} = \frac{B}{N} = \frac{760}{86} = 8,84 \quad \text{çıkar.}$$

Tampon sürenin elde edilmesi

Gerekli ortalama tampon süre ($\bar{r}_{\text{erf}(q)}$), $\bar{z}$ ortalama minimum izleme süresinden başka aşağıdaki faktörlere bağlıdır :

- Benzer düzendeki tren izleme durumlarına rastlama olasılığına (w_g),
- Güzergah başlangıcındaki ortalama gecikmeye (p_m),
- Güzergah başlangıcındaki gecikmeye rastlama olasılığına (w_e),

P_F izleme gecikmelerinin toplamı için bir günde izin verilen maksimum değer 200 dakika ile sınırlandırılmıştır.

Minimum izleme süreleri tablosundan benzer düzendeki tren izleme durumlarının N_g sayısı saptanmıştır. Bu değer ve tüm trenlerin sayısı formülde yerine konmuş ve benzer düzendeki tren izleme durumlarına rastlama olasılığı elde edilmiştir.

$$W_g = N_g / N = 64 / 86 = 0,74$$

Yük treninin gecikmesi dahil olmak üzere toplam gecikme = 2846 dakika çıkmıştır.

Toplam sefer yapan tren sayısı ise bu günler içerisinde = 758 adet olmuştur.

Bu durum tablo 5.4 ' de gösterilmiştir.

Tablo 5.4. Gecikmeler tablosu

Sirkeci-Halkalı güzergah kesimi

Zaman dilimi : 1-10/11/1998

Gün : 1/11/1998

Tren no	Sapma +/-	Gecikme dak.	Tren no	Sapma +/-	Gecikme dak.	Tren no	Sapma +/-	Gecikme dak.
80006	015	015	80078	002	002	80138	002	002
80010	002	002	80080	002	002	80140	002	002
80012	002	002	80082	002	002	80142	005	005
80016	005	005	80084	010	010	80144	002	002
80020	002	002	80086	005	005	80146	002	002
80024	002	002	80088	005	005	80148	005	005
80026	002	002	80090	002	002	81022	007	007
80030	002	002	80092	005	005	81032	005	005
80034	002	002	80094	002	002	81602	010	010
80036	002	002	80096	002	002	81712	003	003
80038	002	002	80098	002	002	81722	012	012
80040	002	002	80100	002	002	83058	008	008
80042	002	002	80102	002	002	-	-	-
80044	002	002	80106	002	002	-	-	-
80046	002	002	80108	005	005	Vs.	Vs.	Vs.
80048	002	002	80110	005	005			
80050	005	005	80112	002	002			
80052	005	005	80114	002	002			
80056	002	002	80118	005	005			
80058	002	002	80120	005	005			
80060	002	002	80122	002	002			
80066	005	005	80124	002	002			
80068	002	002	80126	005	005			
80070	005	005	80128	002	002			
80072	002	002	80130	002	002			
80074	002	002	80132	005	005			
80076	002	002	80134	002	002			

Bu tarihler arasında 10 günlük gecikme bedeli alınmıştır. Bu değer bu tarihler içerisinde çalışan 758 tren için 2846 dak. olarak kaydedilmiştir.

İstatistik olarak $6x p_m$ ' den büyük gecikme yapan trenlerin atılması kuralına bu değerden büyük gecikme yapan tren olmadığı için uyulmamıştır. Bu yüzden hat için $N_e = N_d$ olmuştur.

Dolayısıyla ortalama gecikme ;

$$P_m = P / N = 2846 / 758 = 3,75 \quad \text{çıkar.}$$

$$W_e = N_e / N_d = 1 \text{ olarak çıkar. Çünkü birbirine eşittir.}$$

Bir gündeki izleme gecikmelerinin toplamının $P_F = 200$ dakika olduğu belirtilmişti. Aynı zamanda işletmenin bir tam gün boyunca yani 24 saat boyunca olduğu kabulünü yapılırsa ,

$$P_F = \frac{24 \times 60}{1440} \times 200 = 200 \text{ dakika (bir tam gün için)}$$

Buna göre H akıcılık derecesi bir sonraki sayfadaki formülle elde edilmiştir.

$$H = \frac{P_F}{1140. (W_e - W_e^2/2)} = \frac{200}{1440 \times (1 - 1^2/2)} = 0,28$$

$$H = 0,28 \text{ çıkar.}$$

Ü iletim faktörü aşağıdaki formülle bulunmuştur.

$$\bar{U} = \frac{\bar{z}}{P_m} = \frac{8,84}{3,75} = 2,35$$

$\bar{U} = 2,35$ çıkar.

Dolayısıyla akıcılık derecesi $H = 0,28$, iletim faktörü $\bar{U} = 2,35$ ve benzer düzenlilik derecesi $w_g = 0,74$ olmak üzere eklerde verilen q negatif üssel dağıtılmış tampon süreleri katsayıları tablosundan kesiştirilerek 0,53-0,63 arasında enterpolasyon yardımıyla $q = 0,56$ çıkar.

Bu tampon süre katsayısı $q = 1,23$ aşağıdaki formülde yerine konursa ;

$$\bar{r}_{\text{erf}(q)} = \bar{z} \cdot q = 8,84 \cdot 0,56 = 4,95 \text{ dakika/tren}$$

Buradan çıkan verileri hat kapasitesi formülünde yerine yazacak olursak,

$$L = \frac{T}{\bar{z} + \bar{r}_{\text{erf}(q)}} = \frac{1440}{8,84 + 4,95} = 105 \text{ tren çıkar.}$$

Dolayısıyla bu da hattın kapasitesinin sağlandığını göstermektedir.

5.17.3. Minimum hat kapasitesinin hesabı

$L_{\min}$ 'nin hesabı için ortalama minimum izleme süresinden başka , aynı düzendeki tren izleme durumlarına rastlama olasılığı w_g değerine gereksinim vardır. Bu değer 0,74 tür.

Daha önce anlatıldığı üzere $\bar{U} = 0$ ve $W_e = 1$ kabulü ile gerekli ortalama tampon süre $r_{\text{erf}(w)}$ 'nin hesabı için H akışkanlık derecesi bulunursa;

$$H = \frac{P_F}{T \cdot \frac{1}{2}} = \frac{200}{720} = 0,277$$

Buradan $\bar{r}_{\text{erf}(w)}$ değeri bulunursa ,

$$\bar{r}_{\text{erf}(w)} = \bar{z} \cdot (1,99 - 0,54 \cdot W_g) = 8,84 \cdot (1,99 - 0,54 \cdot 0,74) = 14,0591$$

Buna göre minimum hat kapasitesinin hesabı yapılacak olursa ;

$$L_{\min} = \frac{1440}{8,84 + 14,095} = 62,78 \text{ adet tren çıkar.}$$

Böylece hattın tam gün yani 24 saat kullanıldığı göz önüne alınırsa , bu durumda çıkacak olan kapasite değerleri bulunmuştur.

Hat kapasitesinin mevcut şartlar altında olumsuz koşullarda yeniden hesaplanması uygun olur.

5.17.4.Yavaş yük treninin kaldırılması ile kapasite hesabının yapılması

Hat üzerinde çalışan yavaş yük treni kapasiteyi oldukça olumsuz etkilemektedir. Bütün istasyonlarda büyük süreler de beklediği için Sirkeci Halkalı arasını 118 dakikada katetmekte olup trenin çalıştığı bu saatler arasında başka hiçbir tren çalıştırılmamaktadır.

Kapasitenin en uygun şekilde tespit edilmesi için bir alternatif olarak yavaş yük treninin işlediği zamanların dışında kalan hattın kapasitesinin hesabının yapılması uygun görülmüştür.

Bu bağlamda yavaş yük treninin çalıştığı zaman aralığının dışında kalan zaman 1155 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu arta kalan zaman içersinde express yolcu trenleri yük trenleri ve banliyöler mevcuttur.

Aynı şekilde Auotocad yardımıyla ölçekli olarak çizilen diyagramlardan minimum takip süreleri bulunup tablo 5.5 'de yerine konulursa ;

Tablo 5.5. Minimum izleme süreleri tablosu

	arkadaki tren	express	hızlı yük	banliyö	
öndeki tren	$n_i \setminus n_j$	5	5	75	
express	5			5,00	a
				5,65	b
				28,25	c
hızlı yük	5			5,00	a
				6,15	b
				30,75	c
banliyö	75	5,00	5,00	64,00	a
		12,26	10,13	8,95	b
		61,30	50,65	572,80	c
N=85		61,30	50,65	631,80	B= 743,75

Buradan yine $\bar{z}$ bulunursa ,

$$\bar{z} = \frac{744}{85} = 8,75$$

$N_g = 64$ tür. (Benzer düzendeki tren izleme durumlarının sayısı)

Benzer düzendeki tren izleme olasılığı ;

$$W_g = 64 / 85 = 0,75 \text{ çıkar.}$$

Güzergah başlangıcından ortalama gecikme ;

Yavaş yük treninin dahil olmadığı toplam gecikme 748 dir.

$$P_m = 2696 / 748$$

Gecikmeye rastlama olasılığı ;

$$W_e = N_e / N_d = 1$$

Bir gündeeki gecikmelerin toplamının $P_F = 200$ dakika olduğu belirtilmişti . yine işletmeni 1155 dakika çalıştığı kabulü ile ;

$$P_F = \frac{1155}{1440} \times 200 = 160,4 \text{ dakika çıkar.}$$

Buna göre H akışkanlık derecesi ;

$$H = \frac{160,4}{1155 \cdot (1 - 1^2/2)} = 0,277 \approx 0,28 \text{ olur.}$$

Ü iletim faktörü ise ;

$$\bar{U} = \bar{z} / P_m = 8,75 / 3,61 = 2,42 \text{ çıkar.}$$

$W_g = 0,75$ olarak daha önce bulunmuştu . Yine eklerde bulunan negatif üssel dağılmış tampon süreleri katsayıları (q) tablosundan $\bar{U}=2,42$ ve $H=0,28$ değerlerinin kesiştiği 0,53-0,63 arasından , enterpolasyon ile $q=0,55$ çıkar.

$$\bar{r}_{\text{erf}(q)} = \bar{z} \cdot q = 8,75 \cdot 0,55 = 4,81 \text{ dakika /tren}$$

Buradan L kapasite hesabına geçerse ;

$$L = \frac{1155}{(8,75 + 4,81)} = 85,177 \text{ tren çıkar.}$$

Buradan da yavaş yük treninden arta kalan zaman aralığında hattın maksimum kapasiteyle kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Hat üzerinde yavaş yük treni önemli lojistik noktalarda durduğu ve malzeme teminini sağladığı sebebiyle seferleri iptal olamamaktadır. Bundan dolayı bu trenin işletilmediği saatler maksimum kapasiteyle kullanılmaktadır.

5.17.5. Hatta sadece banliyö trenlerinin çalıştırılması durumunda kapasite hesabı

Hat üzerinde banliyö trenlerinin harici sadece 5 adet express tren 5 adette hızlı yük treni çalışmaktadır. Yavaş yük treninin çalıştığı zaman periyodunu almadan arta kalan zaman aralığında sadece banliyö trenlerinin çalıştırılması durumunu ele alırsak (bu durum bir anlamdan da öneri niteliği taşımaktadır) oldukça önemli bir alternatif sunmuş oluruz.

Güzergah ta sadece banliyö trenlerinin çalıştırılması durumunda , $N = 75$ tren olur.

Bu durumda N_g 'de 75 tren olacağı için ;

$$W_g = 75 / 75 = 1$$

Banliyö trenleri hat üzerinde aynı 10 günlük periyot içersin de 678 adet tren olarak toplam 2133 dak. gecikme yapmıştır. Dolayısıyla ;

$$P_m = 2133 / 678 = 3,14 \quad \text{çıkarak.}$$

Buradan $W_e = 1$ olacağı için

Yine günlük 200 dakikadan fazla gecikmenin olamayacağı kabulü ile

$$P_F = 200 \cdot 1155 / 1440 = 160,4 \text{ dak.} \quad \text{çıkarak.}$$

Akışkanlık derecesi ;

$$H = 160,4 / (1155 \cdot 1/2) = 0,28 \quad \text{çıkarak.}$$

Tablodan banliyö trenin banliyö treni takip etmesi durumunda çıkan minimum izleme süreleri ve bunun devamında $\bar{z}$ değeri bulunmuştur. Tablo 5.6'da yerine konursa minimum izleme süreleri çıkarılabilir. Bu bağlamda esas alınan değerler eklerde verilmiştir.

Tablo 5.6 Minimum izleme süreleri tablosu

	arkadaki tren	express	hızlı yük	banliyö	
öndeki tren	$n_i \setminus n_j$	5	5	75	
express	5				a
					b
					c
hızlı yük	5				a
					b
					c
banliyö	75			75,00	a
				8,95	b
				671,25	c
N=75				671,25	B= 671,25

$$\bar{z} = 671,25 / 75 = 8,95$$

İletim faktörü ;

$$\bar{U} = 8,95 / 3,14 = 2,85 \text{ çıkar.}$$

Banliyö trenleri aynı tür olup ve sabit tampon süreli hareket ettiklerinden eklerdeki sabit tampon süreli q_c tablosundan enterpolasyon yardımıyla $H= 0,28$ ve $\bar{U}=2,85$ kesişim noktasından (0,43 ve 0,37 arasından) $q_c = 0,388$ olarak çıkar. Direk $\bar{r}_{\text{eff}}$ ' i bulursak ;

$$\bar{r}_{\text{eff}} = 8,95 \cdot 0,388 = 3,47 \text{ çıkar.}$$

Kapasite değeri ise ;

$$L = \frac{1155}{(8,95 + 3,47)} = 92,995 \text{ tren çıkar.}$$

Bu sonuç itibariyle işletmeye kapalı olan gece saatleri dışında sırf banliyö trenin çalıştırılması ile 92 trene kadar çıkılabiliyor.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER :

Halkalı – Sirkeci arası tren hattı temelde Sirkeci istasyonu İstanbul başlangıcı olmak üzere yaklaşık 28 kilometrelik bir güzergah kesimini içermektedir. Bu güzergah kesimi üzerinde 5 adet express, 5 adet hızlı yük treni , 1 adet yavaş tren ve 75 adet banliyö işlemektedir. Bundan dolayı hat temelde Banliyö hattı olarak çalışmaktadır.

Hattın banliyö güzergahı olarak çalıştırılmasından dolayı hatta express trenlerin sık olarak çalıştırılması oldukça güçleşmiştir. Zaman aralığı olarak takribi 10 dak. da bir banliyö trenleri çalıştırılmıştır. Bu sebeple hat üzerinde Banliyö tren saatleri içersinde diğer trenlerin çalıştırılması oldukça güçleşmiştir.

Hat tam kapasiteyle çalıştırılmak durumunda kalmıştır. Bütün bunların yanı sıra hatta banliyölerin çalışmadığı saatler olan gece saatleri boyunca işletilen Yavaş yük treni kapasiteyi olumsuz etkilemektedir. Bu saatler içersinde başka türden hiçbir tren çalıştırılmamaktadır. Bu bağlamda , sınıra giden diğer yük trenlerinin pek çoğu Halkalı istasyonundan sonra çalıştırılmaktadır. Gece saatlerinde çalıştırılan yavaş yük treni tamamen logistik bir amaç taşımaktadır. Bu trenle önemli askeri istasyonlara ve demiryolunun kendi ikmallerini gidermek için malzeme temini yapılmaktadır. Bu sebepten dolayı trenin gecikme sürelerinin düşürülmesi hiçbir şekilde düşünülemez.

Hattın kapasitesi iki yöntemle hesaplanmıştır. Bunlardan birincisi UIC kodudur. Bu koda göre biraz daha detaylı bir çalışma yapılmış olup hattın en elverişsiz kesiminden geçebilecek maksimum tren sayısı hesaplanmıştır. Sirkeci-Halkalı arasında en elverişsiz kesim olarak Bakırköy-Yeşilköy arası seçilmiştir. Mesafe olarak en uzun araklıkları iki ana istasyondur ve bu iki istasyon arasını kat etme süreleri baz alınmıştır. Bununla birlikte UIC kodundaki örneğe benzer olarak arada Yeşilyurt banliyö istasyonunu içermektedir. Banliyö istasyonunda sadece banliyöler

durmakta , diğer iki istasyonda uzun hat trenleri dahil bütün trenler durmaktadır. Yapılan hesaplar sonucunda 24 saatlik periyot içerisinde maksimum 92 tren çalıştırılabileceği ortaya çıkmıştır.

İkinci kapasite sonucu deterministik yöntemlerle yapılmıştır. Bu yöntem genel klasik kapasite hesabı yöntemidir. UIC kodundaki yöntemden farklı olarak en elverişsiz kesim yerine hattın tümü esas alınarak trenlerin Sirkeci'den Halkalı'ya kat etme süreleri baz alınmıştır. Bu bağlamda yapılan hesaplar sonucunda 4 model tren çıkartılmış ve hattın kapasitesi 24 saatlik periyot için 105 tren olarak çıkartılmıştır. Ancak hat üzerinde çalıştırılan yavaş yük treninin lojistik önemi daha önce bahsedilmişti. Bu trenin kaldırılması kesinlikle mümkün olmadığı için bu trenin işletildiği saatlerin dışında kalan saatler baz alınarak hatta ne kadar tren çalıştırılabileceğine bakıldı ve 85 tren çıkarıldı. Bu sonuç itibarıyla yavaş yük treninin çalıştırılmadığı saatlerde hattın maksimum kapasiteyle çalıştırıldığı ortaya çıkmıştır. Çünkü bu saatler dışında kalan 1155 dakikalık periyot içerisinde yoğun olarak banliyö trenleri çalıştırılmakta ve hat maksimum değere ulaştırılmaktadır.

Hatta banliyö tren sayısının yoğun olarak işletilmesinden dolayı, hat üzerinde sadece banliyö trenlerinin çalıştırılması durumunu da dikkate almıştık. Burada amaç hatta sadece banliyö trenlerinin çalıştırılması ile yük ve yolcu trenlerinin Halkalı istasyonundan sonra işletilmesi gibi bir durum esas alınmıştır. Dolayısıyla sınırdan gelen trenler Halkalı'ya kadar gelecekler ve yük ve yolcusunu boşalttıktan sonra tekrar geri dönecekler ve Sirkeci'ye ancak banliyö trenleri işletilecektir. Bu durumda hatta 92 adet banliyö treni çalıştırılabilir. Banliyö trenleri , gece saatleri hariç 1155 dak. çalıştırılmakta ve çalıştırılan banliyöler yine aynı düzen içerisinde 10 ' ar dakikalık aralıklar ile işletilmektedir. Aynı özellik gösteren banliyö trenlerinin hattı kat etme süreleri de aynıdır.

Hat üzerinde gecikmeler genel olarak hat bakım - onarım durumları , bekleme (yani önegeçme durumları) , tren bozulması gibi durumlardan kaynaklanmaktadır. Bu gecikmeler dolayısıyla da hat tam kapasite ile kullanıldığından dolayı trenlerin işletilmesinde bir takım olumsuzluklar yaşanmaktadır.

Alt yapının da yetersiz olduğu göz önüne alındığında hattın tam kapasite ile çalıştırılması oldukça güçleşmiştir.

Hat Sirkeci - Halkalı arasında DRS sinyalizasyon sistemi ile işletilmektedir. Bu kesimin dışında kalan yani Halkalı'dan sonra Çerkezköy ve Kapıkule istasyonlarına kadar olan kesimin tamamı daha modern bir sinyalizasyon sistemi olan CTC ile yönetilmektedir. Çünkü Banliyö hatlarına nazaran express trenlerin kontrolü CTC sistemi ile daha kolay olmaktadır. CTC sistemi DRS ' ye nazaran daha modern bir sistem olduğu daha önce anlatılmıştır.

DRS sistemi temelde insan kontrollü yani düğmelere dayanan bir sistemi içerdiğinden bir takım kullanım aksaklıklarına sebep olmaktadır. Ayrıca sistemin kuruluşu oldukça eskidir. Bu sebepten dolayı sürekli bakım gerektirmekte ve yer yer gecikmelere sebebiyet vermektedir. Fakat bütün bunların yanı sıra sistem işleyişi olarak CTC ile benzerlik taşıdığından dispeçerler ve makinistler arası düzenli çalışma ile işletme maksimum kapasiteyle çalıştırılabilir.

CTC sistemi ile banalizasyon oldukça kolay bir şekilde olmakla birlikte DRS sistemi ile pek mümkün olamamaktadır bu yüzden hattımız için banalizasyon önerisini yapamamaktayız. CTC işletme sisteminde sinyalizasyon sistemi her hat için iki yönde işletim olacakmış gibi her iki yöne de yerleştirilir. Dolayısıyla hattın sağ kesiminde birbiriyle ters şekilde duran sinyalizasyon sistemi görülür. Böylece aynı hat üzerinde hem gelen tren için hem de giden tren için kolay bir işletim sağlanmış olur. Böylece çift hatlı demiryolunda karşı hattaki trenin diğer hatta aktarılması ve işletilmesi kolay olur.

DRS sistemin de böyle bir kolaylık yoktur. Bu işletim sistemini dezavantajlarından biri de budur. Her iki yönlü sinyalizasyon sistemi kurulmamıştır. Elle kumandalı sistem olduğu için Sirkeci-Halkalı arasında , sinyalizasyonlar sadece bir yön için yani ya gidiş yada geliş için konulmuştur. Bu sebepten dolayı hat banalizasyona elverişli değildir. Fakat olağan üstü durumlarda insan kontrollü banalizasyon yapılabilir. Bu da kazaların olmasına sebep olmaktadır. Çünkü karşı yönden gelen trenin korunması için oldukça dikkat ve yoğunlaşma gerektiren bir sistemdir.

Hattın kullanımı, yoğun olduğu saatlerde tam kapasiteyle kullanılmasından dolayı her hangi bir ilave sefer yapılamamasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla Sirkeci – Halkalı arasında maksimum kullanımla çalışılmasının sıhhatli yapılması ve özellikle hat üzerinde banalizasyonun rahat yapılması için CTC sistemine geçiş özellikle savunulmaktadır.

Güzergahın hat kapasitesinin belirlenmesinde işletme kalitesinin göz önünde bulundurulması gereklidir. Bunun için , işletme akıcılığına göre hesaplanan , minimum izleme süreleri arasındaki zaman boşlukları yeterli büyüklükte olmalıdır. Tampon süre denilen zaman boşluklarının görevi , izleme gecikmelerini sınırlamak ve tren izleme durumlarının oluşturulması sırasında karşılaşılan rahat çözümlenektir.

Tampon süreyi belirleyen , ortalama minimum izleme süresi ile benzer düzendeki tren izleme durumları işletme için belirlidir. Bunların değişimi katarlar ve sinyalizasyon sistemi ile direk olarak ilgilidir. Bu iki faktörün olumlu yönde değişimi maliyeti oldukça yüksek yatırımlar gerektirmektedir. Yapılacak en uygun iyileştirme gecikme sürelerinin ve sayısının azaltılmasıdır.

KAYNAKLAR :

- [1] A . F . JOPLIN , 1995 .RAIL CAPACITY PLANNING (Canada)**
- [2] UIC CODE –405R ,1979 . INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS (France)**
- [3] C.L.KEHR, C.D.KLOER AND A.N.PAI INDUSTRIAL ENGINEERING SECTION NORTHERN INC. ESTIMATING RAILROAD LINE CAPACITY 1978- ST. PAUL MINNESOTA**
- [4] BRUX, GUNTHER UND FEIGE, GÜNTER,1976.-ZUR LEISTUNGSFAHIGKEIT VON EISENBAHNSTRECKEN**
- [5] DEUTSCH BUNDESBahn , 1974.- RICHTLINIEN FÜR DIE ERMITTLUNG DER LEISTUNGSFAHIGKEIT VON STRECKEN**
- [6] DEUTSCH BUNDESBahn, 1972.- RICHTLINIEN FÜR DIE ERMITTLUNG VON SPERRZEITEN**
- [7] HEISTER, GERT, 1978.- DAS VERSPATUNGSNIVEAU ZWEIFLEISIGER EISENBAHNSTRECKEN**
- [8] TCDD , 1994.CTC VE DRS SİNYALİZASYON YÖNETMELİĞİ**

EKLER



Tablo B.1. Negatif üssel dağılımı ş tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

M	U	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
		WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0
1.00	0.95	2.70	0.46	1.79	0.53	1.39	0.45	1.14	0.40	1.00	0.36
1.50	1.20	2.77	0.46	1.85	0.53	1.44	0.46	1.20	0.42	1.03	0.36
2.00	1.36	2.66	0.73	1.91	0.56	1.49	0.50	1.24	0.44	1.07	0.40
2.50	1.12	3.06	0.77	1.98	0.62	1.54	0.53	1.28	0.47	1.11	0.45
3.00	1.19	3.06	0.82	2.05	0.66	1.60	0.56	1.34	0.50	1.16	0.45
3.50	1.27	3.16	0.86	2.13	0.70	1.67	0.60	1.39	0.53	1.21	0.46
4.00	1.36	3.33	0.94	2.22	0.75	1.74	0.64	1.45	0.57	1.26	0.46
4.50	1.46	3.47	1.01	2.32	0.81	1.82	0.69	1.52	0.61	1.32	0.47
5.00	1.58	3.63	1.09	2.43	0.88	1.91	0.75	1.60	0.68	1.39	0.48
5.50	1.73	3.81	1.19	2.56	0.96	2.01	0.82	1.69	0.74	1.47	0.49
6.00	1.89	4.01	1.31	2.70	1.05	2.13	0.90	1.79	0.79	1.56	0.50
6.50	2.09	4.24	1.45	2.87	1.16	2.27	0.99	1.91	0.84	1.66	0.51
7.00	2.34	4.54	1.62	3.07	1.30	2.43	1.11	2.04	0.86	1.79	0.52
7.50	2.64	4.84	1.83	3.31	1.46	2.62	1.25	2.21	0.91	1.93	0.53
8.00	3.02	5.10	2.05	3.61	1.66	2.80	1.43	2.42	1.01	2.12	0.54
8.50	3.51	5.60	2.42	3.98	1.94	3.16	1.66	2.68	1.17	2.35	0.55
9.00	4.11	6.20	2.85	4.46	2.29	3.55	1.95	3.01	1.33	2.61	0.56
9.50	4.89	7.05	3.17	4.83	2.55	3.90	2.21	3.27	1.52	2.87	0.57
1.00	5.74	8.13	3.52	5.71	3.15	4.56	2.69	3.88	1.77	3.42	0.58
1.10	5.74	8.43	4.00	5.81	3.21	4.64	2.74	3.95	1.82	3.48	0.59
1.20	5.92	8.82	4.09	5.92	3.28	4.73	2.80	4.02	1.87	3.54	0.60
1.30	6.02	9.17	4.17	6.02	3.35	4.81	2.86	4.09	1.92	3.60	0.61
1.40	6.12	9.52	4.26	6.13	3.42	4.90	2.92	4.17	1.97	3.67	0.62
1.50	6.30	9.02	4.35	6.25	3.49	4.99	2.98	4.25	2.02	3.74	0.63
1.60	6.40	9.22	4.45	6.36	3.57	5.09	3.05	4.33	2.07	3.81	0.64
1.70	6.58	9.42	4.54	6.49	3.65	5.19	3.11	4.42	2.12	3.89	0.65
1.80	6.68	9.62	4.64	6.62	3.73	5.29	3.18	4.50	2.17	3.97	0.66
1.90	6.87	9.72	4.75	6.75	3.81	5.40	3.25	4.60	2.22	4.05	0.67
2.00	6.97	9.82	4.85	6.89	3.90	5.51	3.33	4.69	2.27	4.13	0.68
2.10	7.17	10.12	4.96	7.03	3.98	5.63	3.40	4.79	2.32	4.22	0.69
2.20	7.45	10.62	5.08	7.18	4.08	5.75	3.48	4.89	2.37	4.31	0.70
2.30	7.65	10.82	5.32	7.33	4.17	5.87	3.56	5.00	2.42	4.41	0.71
2.40	7.85	11.12	5.44	7.66	4.27	6.14	3.64	5.11	2.47	4.51	0.72
2.50	8.05	11.32	5.57	7.84	4.37	6.28	3.73	5.23	2.52	4.61	0.73
2.60	8.25	11.62	5.70	8.02	4.58	6.42	3.82	5.35	2.57	4.72	0.74
2.70	8.45	11.82	5.84	8.21	4.69	6.58	3.91	5.48	2.62	4.83	0.75
2.80	8.65	12.12	5.98	8.41	4.80	6.74	4.00	5.61	2.67	4.94	0.76
2.90	8.85	12.42	6.13	8.62	4.92	6.90	4.10	5.74	2.72	5.05	0.77
3.00	9.05	12.72	6.28	8.83	5.04	7.08	4.21	5.88	2.77	5.16	0.78
3.10	9.25	13.02	6.44	9.05	5.17	7.26	4.31	6.03	2.82	5.27	0.79
3.20	9.55	13.42	6.60	9.29	5.30	7.44	4.53	6.33	2.97	5.48	0.80

Tablo B.2. Negatif üssel dağılımı tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

H =	0.11		0.12		0.13		0.14		0.15		0.16		0.17		0.18		0.19		0.20	
	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0
10.00	0.26	0.58	0.24	0.54	0.23	0.51	0.22	0.48	0.21	0.46	0.20	0.44	0.20	0.42	0.19	0.40	0.18	0.38	0.18	0.37
9.50	0.27	0.60	0.26	0.56	0.24	0.53	0.23	0.50	0.22	0.48	0.22	0.45	0.21	0.43	0.20	0.41	0.19	0.40	0.19	0.38
9.00	0.28	0.62	0.27	0.58	0.26	0.55	0.25	0.52	0.24	0.50	0.23	0.47	0.22	0.45	0.21	0.43	0.20	0.41	0.20	0.40
8.50	0.30	0.65	0.29	0.61	0.27	0.57	0.26	0.54	0.25	0.52	0.24	0.49	0.23	0.47	0.22	0.43	0.20	0.43	0.21	0.44
8.00	0.32	0.68	0.30	0.64	0.29	0.60	0.28	0.57	0.27	0.54	0.26	0.52	0.25	0.49	0.24	0.47	0.23	0.45	0.22	0.44
7.50	0.34	0.71	0.32	0.67	0.31	0.63	0.30	0.60	0.28	0.57	0.27	0.54	0.26	0.52	0.25	0.50	0.24	0.48	0.24	0.46
7.00	0.36	0.74	0.35	0.70	0.33	0.66	0.32	0.63	0.30	0.60	0.29	0.57	0.28	0.54	0.27	0.52	0.26	0.50	0.26	0.48
6.50	0.39	0.78	0.37	0.74	0.34	0.69	0.34	0.66	0.33	0.63	0.31	0.60	0.30	0.57	0.29	0.55	0.28	0.53	0.28	0.51
6.00	0.42	0.83	0.40	0.78	0.36	0.74	0.37	0.70	0.35	0.67	0.34	0.64	0.33	0.61	0.32	0.58	0.31	0.56	0.30	0.54
5.50	0.46	0.88	0.44	0.83	0.42	0.78	0.40	0.74	0.38	0.70	0.37	0.68	0.36	0.65	0.35	0.62	0.33	0.60	0.32	0.58
5.00	0.51	0.94	0.48	0.88	0.46	0.84	0.44	0.79	0.41	0.76	0.41	0.72	0.39	0.69	0.38	0.67	0.37	0.64	0.36	0.62
4.50	0.56	1.00	0.53	0.95	0.51	0.90	0.49	0.85	0.47	0.81	0.45	0.78	0.43	0.75	0.42	0.72	0.41	0.69	0.39	0.67
4.00	0.63	1.09	0.60	1.02	0.57	0.97	0.54	0.92	0.52	0.88	0.50	0.84	0.48	0.81	0.47	0.78	0.45	0.75	0.44	0.72
3.50	0.71	1.18	0.67	1.12	0.64	1.06	0.61	1.01	0.59	0.96	0.57	0.92	0.55	0.88	0.53	0.85	0.51	0.82	0.50	0.79
3.00	0.81	1.30	0.77	1.23	0.73	1.17	0.70	1.11	0.67	1.06	0.65	1.02	0.63	0.98	0.60	0.94	0.59	0.91	0.57	0.86
2.50	0.94	1.45	0.89	1.37	0.85	1.30	0.81	1.24	0.78	1.19	0.75	1.14	0.73	1.09	0.70	1.05	0.68	1.02	0.66	0.98
2.00	1.10	1.64	1.05	1.56	1.00	1.48	0.96	1.41	0.92	1.35	0.89	1.30	0.85	1.25	0.83	1.20	0.80	1.16	0.77	1.12
1.50	1.12	1.67	1.07	1.58	1.02	1.50	0.98	1.43	0.94	1.37	0.90	1.31	0.87	1.28	0.84	1.22	0.81	1.17	0.79	1.14
1.00	1.14	1.69	1.09	1.60	1.04	1.52	1.00	1.45	0.96	1.39	0.92	1.33	0.88	1.28	0.85	1.23	0.83	1.19	0.80	1.15
0.50	1.16	1.71	1.11	1.62	1.06	1.54	1.01	1.47	0.97	1.41	0.93	1.35	0.90	1.30	0.87	1.25	0.86	1.23	0.83	1.19
0.00	1.18	1.74	1.13	1.65	1.08	1.57	1.03	1.49	0.99	1.43	0.95	1.37	0.92	1.32	0.89	1.27	0.87	1.25	0.85	1.20
1.70	1.21	1.76	1.15	1.67	1.09	1.59	1.05	1.52	1.01	1.45	0.97	1.39	0.93	1.34	0.90	1.25	0.88	1.24	0.86	1.21
1.20	1.23	1.78	1.17	1.70	1.11	1.61	1.07	1.54	1.02	1.47	0.99	1.41	0.95	1.36	0.92	1.31	0.90	1.28	0.88	1.24
0.70	1.25	1.82	1.19	1.72	1.13	1.64	1.09	1.56	1.04	1.50	1.00	1.44	0.97	1.38	0.93	1.33	0.90	1.28	0.88	1.24
0.20	1.27	1.85	1.21	1.75	1.15	1.66	1.11	1.59	1.06	1.54	1.02	1.46	0.99	1.40	0.95	1.35	0.92	1.30	0.89	1.26
0.00	1.30	1.87	1.23	1.78	1.17	1.69	1.13	1.61	1.08	1.56	1.04	1.46	1.00	1.43	0.97	1.37	0.94	1.33	0.91	1.28
1.50	1.32	1.90	1.25	1.80	1.19	1.72	1.15	1.68	1.10	1.57	1.06	1.51	1.02	1.45	0.99	1.40	0.96	1.35	0.91	1.28
1.00	1.35	1.93	1.28	1.83	1.22	1.74	1.17	1.67	1.12	1.59	1.08	1.53	1.04	1.47	1.01	1.42	0.99	1.37	0.95	1.33
0.50	1.37	1.97	1.31	1.86	1.25	1.77	1.19	1.69	1.14	1.62	1.10	1.56	1.06	1.50	1.04	1.44	0.99	1.37	0.96	1.35
0.00	1.40	2.00	1.33	1.90	1.27	1.80	1.22	1.72	1.17	1.65	1.12	1.58	1.08	1.52	1.05	1.47	1.01	1.42	0.98	1.37
1.70	1.43	2.03	1.36	1.93	1.30	1.83	1.24	1.75	1.19	1.68	1.15	1.61	1.11	1.55	1.07	1.45	1.03	1.44	1.00	1.40
1.20	1.46	2.07	1.39	1.96	1.32	1.87	1.27	1.78	1.22	1.71	1.17	1.64	1.13	1.58	1.09	1.52	1.08	1.49	1.04	1.45
0.70	1.49	2.11	1.41	2.00	1.35	1.90	1.29	1.81	1.24	1.74	1.19	1.67	1.15	1.60	1.11	1.55	1.10	1.52	1.06	1.47
0.20	1.52	2.14	1.44	2.03	1.38	1.93	1.32	1.85	1.27	1.77	1.22	1.70	1.17	1.63	1.13	1.58	1.12	1.55	1.09	1.50
0.00	1.55	2.18	1.47	2.07	1.41	1.97	1.35	1.89	1.30	1.80	1.24	1.73	1.20	1.68	1.16	1.61	1.14	1.58	1.11	1.53
1.50	1.58	2.22	1.50	2.11	1.43	2.01	1.37	1.92	1.33	1.84	1.27	1.76	1.23	1.70	1.18	1.64	1.14	1.58	1.13	1.56
1.00	1.62	2.26	1.54	2.15	1.46	2.04	1.40	1.95	1.35	1.87	1.30	1.80	1.26	1.76	1.21	1.67	1.17	1.61	1.16	1.59
0.50	1.65	2.31	1.57	2.19	1.49	2.08	1.43	1.98	1.37	1.91	1.32	1.83	1.28	1.78	1.22	1.70	1.19	1.64	1.18	1.62
0.00	1.68	2.35	1.60	2.23	1.53	2.13	1.46	2.03	1.39	1.94	1.35	1.87	1.30	1.80	1.23	1.73	1.22	1.68	1.18	1.62
1.70	1.72	2.40	1.64	2.28	1.56	2.17	1.49	2.07	1.43	1.98	1.38	1.87	1.32	1.83	1.25	1.77	1.24	1.71	1.21	1.65
1.20	1.76	2.45	1.67	2.32	1.59	2.21	1.53	2.11	1.47	2.02	1.41	1.91	1.36	1.87	1.31	1.81	1.27	1.74	1.23	1.69
0.70	1.80	2.50	1.71	2.37	1.63	2.26	1.56	2.16	1.50	2.07	1.44	1.94	1.39	1.91	1.34	1.84	1.30	1.78	1.24	1.72
0.20	1.84	2.55	1.75	2.42	1.67	2.31	1.60	2.20	1.55	2.11	1.47	2.03	1.42	1.95	1.37	1.88	1.33	1.82	1.29	1.76
0.00	1.88	2.61	1.79	2.47	1.70	2.36	1.63	2.25	1.57	2.16	1.51	2.07	1.45	1.99	1.40	1.92	1.36	1.86	1.32	1.80
1.50	1.92	2.66	1.83	2.53	1.74	2.41	1.67	2.30	1.60	2.20	1.54	2.12	1.49	2.04	1.44	1.97	1.39	1.90	1.35	1.84
1.00	1.97	2.72	1.87	2.58	1.78	2.46	1.71	2.35	1.64	2.25	1.58	2.16	1.52	2.08	1.47	2.01	1.42	1.94	1.38	1.88
0.50	2.01	2.78	1.91	2.64	1.82	2.52	1.75	2.40	1.68	2.30	1.61	2.21	1.55	2.13	1.50	2.06	1.45	1.99	1.41	1.92
0.00	2.06	2.85	1.96	2.70	1.87	2.57	1.79	2.46	1.71	2.36	1.65	2.27	1.59	2.18	1.54	2.10	1.49	2.03	1.44	1.97
1.70	2.11	2.91	2.00	2.76	1.91	2.63	1.85	2.52	1.76	2.41	1.69	2.32	1.63	2.23	1.57	2.15	1.52	2.08	1.48	2.02
1.20	2.16	2.98	2.05	2.83	1.96	2.70	1.87	2.58	1.80	2.47	1.73	2.37	1.67	2.29	1.61	2.21	1.56	2.13	1.51	2.06
0.70	2.21	3.05	2.10	2.90	2.00	2.76	1.92	2.64	1.84	2.53	1.77	2.43	1.71	2.34	1.65	2.26	1.60	2.18	1.55	2.12
0.20	2.26	3.12	2.15	2.97	2.05	2.81	1.97	2.69	1.88	2.59	1.81	2.49	1.75	2.40	1.67	2.32	1.63	2.24	1.58	2.17
0.00	2.32	3.21	2.20	3.04	2.10	2.93	2.01	2.77	1.93	2.66	1.86	2.56	1.79	2.46	1.73	2.38	1.67	2.30	1.62	2.22
1.50	2.37	3.29	2.26	3.12	2.15	2.97	2.06	2.84	1.95	2.73	1.90	2.62	1.83	2.54	1.77	2.44	1.72	2.36	1.66	2.28
1.00	2.43	3.37	2.31	3.20	2.21	3.05	2.11	2.94	2.03	2.80	1.95	2.69	1.88	2.59	1.82	2.50	1.76	2.42	1.70	2.34
0.50	2.49	3.46	2.37	3.29	2.26	3.13	2.16	2.99	2.08	2.87	2.00	2.76	1.93	2.66	1.86	2.57	1.80	2.48	1.75	2.40
0.00	2.56	3.55	2.43	3.37	2.32	3.22	2.22	3.07	2.13	2.95	2.05	2.83	1.98	2.74	1.91	2.64	1.85	2.55	1.75	2.47

Tablo B.3. Negatif üssel dağılımı tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

H	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30
q	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0
10.00	0.17	0.35	0.16	0.34	0.15	0.33	0.15	0.32	0.14	0.27
9.50	0.18	0.37	0.17	0.35	0.16	0.34	0.16	0.32	0.15	0.28
9.00	0.19	0.38	0.18	0.36	0.17	0.35	0.17	0.32	0.16	0.29
8.50	0.20	0.40	0.19	0.37	0.18	0.36	0.18	0.32	0.17	0.30
8.00	0.22	0.42	0.21	0.39	0.19	0.37	0.19	0.33	0.18	0.31
7.50	0.23	0.44	0.22	0.41	0.20	0.38	0.20	0.34	0.19	0.32
7.00	0.25	0.46	0.24	0.43	0.22	0.41	0.21	0.36	0.20	0.33
6.50	0.27	0.49	0.26	0.46	0.24	0.44	0.22	0.39	0.22	0.36
6.00	0.29	0.52	0.28	0.49	0.26	0.46	0.24	0.42	0.24	0.41
5.50	0.31	0.56	0.31	0.51	0.28	0.49	0.26	0.45	0.26	0.44
5.00	0.33	0.60	0.34	0.54	0.31	0.52	0.30	0.48	0.28	0.47
4.50	0.38	0.66	0.37	0.62	0.34	0.57	0.33	0.52	0.32	0.51
4.00	0.43	0.70	0.41	0.67	0.39	0.63	0.37	0.56	0.36	0.57
3.50	0.48	0.76	0.47	0.74	0.44	0.70	0.43	0.64	0.40	0.62
3.00	0.55	0.85	0.54	0.82	0.52	0.79	0.51	0.77	0.48	0.69
2.50	0.64	0.95	0.62	0.92	0.60	0.88	0.59	0.87	0.55	0.86
2.00	0.75	1.08	0.73	1.05	0.71	1.02	0.69	1.01	0.66	1.00
1.95	0.76	1.10	0.74	1.07	0.72	1.03	0.70	1.00	0.67	1.01
1.90	0.78	1.12	0.76	1.09	0.74	1.05	0.72	1.02	0.69	1.03
1.85	0.79	1.13	0.77	1.10	0.75	1.06	0.73	1.03	0.70	1.04
1.80	0.81	1.15	0.79	1.12	0.77	1.08	0.75	1.05	0.72	1.06
1.75	0.82	1.17	0.80	1.13	0.78	1.10	0.76	1.07	0.73	1.08
1.70	0.84	1.19	0.82	1.15	0.80	1.12	0.78	1.09	0.75	1.10
1.65	0.85	1.20	0.83	1.16	0.81	1.13	0.79	1.10	0.76	1.11
1.60	0.87	1.22	0.84	1.18	0.82	1.15	0.80	1.12	0.77	1.13
1.55	0.88	1.24	0.85	1.20	0.83	1.17	0.81	1.14	0.78	1.15
1.50	0.90	1.26	0.87	1.22	0.85	1.19	0.83	1.16	0.80	1.17
1.45	0.92	1.28	0.89	1.24	0.87	1.21	0.85	1.18	0.82	1.19
1.40	0.94	1.31	0.91	1.27	0.89	1.24	0.87	1.21	0.84	1.21
1.35	0.95	1.33	0.93	1.29	0.91	1.26	0.89	1.23	0.86	1.23
1.30	0.97	1.35	0.95	1.31	0.93	1.28	0.91	1.25	0.88	1.25
1.25	0.99	1.38	0.97	1.34	0.95	1.31	0.93	1.28	0.90	1.27
1.20	1.01	1.40	0.99	1.36	0.97	1.33	0.95	1.30	0.92	1.29
1.15	1.03	1.43	1.00	1.38	0.99	1.35	0.97	1.32	0.94	1.31
1.10	1.05	1.45	1.02	1.41	1.01	1.37	0.99	1.34	0.96	1.33
1.05	1.06	1.46	1.03	1.42	1.02	1.38	1.00	1.35	0.97	1.34
1.00	1.07	1.47	1.04	1.43	1.03	1.39	1.01	1.36	0.98	1.35
0.95	1.08	1.48	1.05	1.44	1.04	1.40	1.02	1.37	0.99	1.36
0.90	1.09	1.49	1.06	1.45	1.05	1.41	1.03	1.38	1.00	1.37
0.85	1.10	1.50	1.07	1.46	1.06	1.42	1.04	1.39	1.01	1.38
0.80	1.11	1.51	1.08	1.47	1.07	1.43	1.05	1.40	1.02	1.39
0.75	1.12	1.52	1.09	1.48	1.08	1.44	1.06	1.41	1.03	1.40
0.70	1.13	1.53	1.10	1.49	1.09	1.45	1.07	1.42	1.04	1.41
0.65	1.14	1.54	1.11	1.50	1.10	1.46	1.08	1.43	1.05	1.42
0.60	1.15	1.55	1.12	1.51	1.11	1.47	1.09	1.44	1.06	1.43
0.55	1.16	1.56	1.13	1.52	1.12	1.48	1.10	1.45	1.07	1.44
0.50	1.17	1.57	1.14	1.53	1.13	1.49	1.11	1.46	1.08	1.45
0.45	1.18	1.58	1.15	1.54	1.14	1.50	1.12	1.47	1.09	1.46
0.40	1.19	1.59	1.16	1.55	1.15	1.51	1.13	1.48	1.10	1.47
0.35	1.20	1.60	1.17	1.56	1.16	1.52	1.14	1.49	1.11	1.48
0.30	1.21	1.61	1.18	1.57	1.17	1.53	1.15	1.50	1.12	1.49
0.25	1.22	1.62	1.19	1.58	1.18	1.54	1.16	1.51	1.13	1.50
0.20	1.23	1.63	1.20	1.59	1.19	1.55	1.17	1.52	1.14	1.51
0.15	1.24	1.64	1.21	1.60	1.20	1.56	1.18	1.53	1.15	1.52
0.10	1.25	1.65	1.22	1.61	1.21	1.57	1.19	1.54	1.16	1.53
0.05	1.26	1.66	1.23	1.62	1.22	1.58	1.20	1.55	1.17	1.54
0.00	1.27	1.67	1.24	1.63	1.23	1.59	1.21	1.56	1.18	1.55
0.00	1.28	1.68	1.25	1.64	1.24	1.60	1.22	1.57	1.19	1.56
0.00	1.29	1.69	1.26	1.65	1.25	1.61	1.23	1.58	1.20	1.57
0.00	1.30	1.70	1.27	1.66	1.26	1.62	1.24	1.59	1.21	1.58
0.00	1.31	1.71	1.28	1.67	1.27	1.63	1.25	1.60	1.22	1.59
0.00	1.32	1.72	1.29	1.68	1.28	1.64	1.26	1.61	1.23	1.60
0.00	1.33	1.73	1.30	1.69	1.29	1.65	1.27	1.62	1.24	1.61
0.00	1.34	1.74	1.31	1.70	1.30	1.66	1.28	1.63	1.25	1.62
0.00	1.35	1.75	1.32	1.71	1.31	1.67	1.29	1.64	1.26	1.63
0.00	1.36	1.76	1.33	1.72	1.32	1.68	1.30	1.65	1.27	1.64
0.00	1.37	1.77	1.34	1.73	1.33	1.69	1.31	1.66	1.28	1.65
0.00	1.38	1.78	1.35	1.74	1.34	1.70	1.32	1.67	1.29	1.66
0.00	1.39	1.79	1.36	1.75	1.35	1.71	1.33	1.68	1.30	1.67
0.00	1.40	1.80	1.37	1.76	1.36	1.72	1.34	1.69	1.31	1.68
0.00	1.41	1.81	1.38	1.77	1.37	1.73	1.35	1.70	1.32	1.69
0.00	1.42	1.82	1.39	1.78	1.38	1.74	1.36	1.71	1.33	1.70
0.00	1.43	1.83	1.40	1.79	1.39	1.75	1.37	1.72	1.34	1.71
0.00	1.44	1.84	1.41	1.80	1.40	1.76	1.38	1.73	1.35	1.72
0.00	1.45	1.85	1.42	1.81	1.41	1.77	1.39	1.74	1.36	1.73
0.00	1.46	1.86	1.43	1.82	1.42	1.78	1.40	1.75	1.37	1.74
0.00	1.47	1.87	1.44	1.83	1.43	1.79	1.41	1.76	1.38	1.75
0.00	1.48	1.88	1.45	1.84	1.44	1.80	1.42	1.77	1.39	1.76
0.00	1.49	1.89	1.46	1.85	1.45	1.81	1.43	1.78	1.40	1.77
0.00	1.50	1.90	1.47	1.86	1.46	1.82	1.44	1.79	1.41	1.78
0.00	1.51	1.91	1.48	1.87	1.47	1.83	1.45	1.80	1.42	1.79
0.00	1.52	1.92	1.49	1.88	1.48	1.84	1.46	1.81	1.43	1.80
0.00	1.53	1.93	1.50	1.89	1.49	1.85	1.47	1.82	1.44	1.81
0.00	1.54	1.94	1.51	1.90	1.50	1.86	1.48	1.83	1.45	1.82
0.00	1.55	1.95	1.52	1.91	1.51	1.87	1.49	1.84	1.46	1.83
0.00	1.56	1.96	1.53	1.92	1.52	1.88	1.50	1.85	1.47	1.84
0.00	1.57	1.97	1.54	1.93	1.53	1.89	1.51	1.86	1.48	1.85
0.00	1.58	1.98	1.55	1.94	1.54	1.90	1.52	1.87	1.49	1.86
0.00	1.59	1.99	1.56	1.95	1.55	1.91	1.53	1.88	1.50	1.87
0.00	1.60	2.00	1.57	1.96	1.56	1.92	1.54	1.89	1.51	1.88
0.00	1.61	2.01	1.58	1.97	1.57	1.93	1.55	1.90	1.52	1.89
0.00	1.62	2.02	1.59	1.98	1.58	1.94	1.56	1.91	1.53	1.90
0.00	1.63	2.03	1.60	1.99	1.59	1.95	1.57	1.92	1.54	1.91
0.00	1.64	2.04	1.61	2.00	1.60	1.96	1.58	1.93	1.55	1.92
0.00	1.65	2.05	1.62	2.01	1.61	1.97	1.59	1.94	1.56	1.93
0.00	1.66	2.06	1.63	2.02	1.62	1.98	1.60	1.95	1.57	1.94
0.00	1.67	2.07	1.64	2.03	1.63	1.99	1.61	1.96	1.58	1.95
0.00	1.68	2.08	1.65	2.04	1.64	2.00	1.62	1.97	1.59	1.96
0.00	1.69	2.09	1.66	2.05	1.65	2.01	1.63	1.98	1.60	1.97
0.00	1.70	2.10	1.67	2.06	1.66	2.02	1.64	1.99	1.61	1.98
0.00	1.71	2.11	1.68	2.07	1.67	2.03	1.65	2.00	1.62	1.99
0.00	1.72	2.12	1.69	2.08	1.68	2.04	1.66	2.01	1.63	2.00
0.00	1.73	2.13	1.70	2.09	1.69	2.05	1.67	2.02	1.64	2.01
0.00	1.74	2.14	1.71	2.10	1.70	2.06	1.68	2.03	1.65	2.02
0.00	1.75	2.15	1.72	2.11	1.71	2.07	1.69	2.04	1.66	2.03
0.00	1.76	2.16	1.73	2.12	1.72	2.08	1.70	2.05	1.67	2.04
0.00	1.77	2.17	1.74	2.13	1.73	2.09	1.71	2.06	1.68	2.05
0.00	1.78	2.18	1.75	2.14	1.74	2.10	1.72	2.07	1.69	2.06
0.00	1.79	2.19	1.76	2.15	1.75	2.11	1.73	2.08	1.70	2.07
0.00	1.80	2.20	1.77	2.16	1.76	2.12	1.74	2.09	1.71	2.08
0.00	1.81	2.21	1.78	2.17	1.77	2.13	1.75	2.10	1.72	2.09
0.00	1.82	2.22	1.79	2.18	1.78	2.14	1.76	2.11	1.73	2.10
0.00	1.83	2.23	1.80	2.19	1.79	2.15	1.77	2.12	1.74	2.11
0.00	1.84	2.24	1.81	2.20	1.80	2.16	1.78	2.13	1.75	2.12
0.00	1.85	2.25	1.82	2.21	1.81	2.17	1.79	2.14	1.76	2.13
0.00	1.86	2.26	1.83	2.22	1.82	2.18	1.80	2.15	1.77	2.14
0.0										

Tablo B.4. Negatif üssel dağılmış tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

q	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40
u	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0
10.00	0.14	0.26	0.13	0.25	0.13	0.23	0.12	0.22	0.12	0.21
9.50	0.14	0.27	0.14	0.26	0.13	0.24	0.13	0.23	0.12	0.22
9.00	0.15	0.28	0.15	0.27	0.14	0.25	0.14	0.24	0.13	0.23
8.50	0.16	0.29	0.16	0.28	0.15	0.26	0.15	0.25	0.14	0.24
8.00	0.17	0.31	0.17	0.30	0.16	0.27	0.16	0.26	0.15	0.25
7.50	0.18	0.32	0.18	0.31	0.17	0.29	0.17	0.27	0.16	0.26
7.00	0.19	0.34	0.19	0.33	0.18	0.32	0.18	0.28	0.17	0.27
6.50	0.21	0.36	0.21	0.35	0.20	0.34	0.19	0.30	0.18	0.28
6.00	0.23	0.39	0.22	0.38	0.22	0.37	0.20	0.33	0.19	0.30
5.50	0.25	0.41	0.24	0.40	0.24	0.39	0.22	0.35	0.21	0.34
5.00	0.27	0.43	0.26	0.42	0.26	0.41	0.25	0.36	0.22	0.35
4.50	0.30	0.46	0.29	0.45	0.29	0.44	0.27	0.42	0.24	0.37
4.00	0.33	0.51	0.32	0.50	0.32	0.49	0.30	0.47	0.26	0.40
3.50	0.38	0.56	0.37	0.56	0.36	0.55	0.35	0.54	0.34	0.53
3.00	0.43	0.64	0.42	0.63	0.42	0.61	0.41	0.60	0.40	0.59
2.50	0.50	0.72	0.49	0.71	0.48	0.69	0.47	0.68	0.46	0.67
2.00	0.59	0.83	0.58	0.81	0.57	0.79	0.56	0.78	0.55	0.77
1.75	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76
1.50	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76
1.25	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76
1.00	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76
0.75	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76
0.50	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76
0.25	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76
0.00	0.61	0.85	0.60	0.84	0.59	0.83	0.58	0.82	0.57	0.76

Tablo B.6. Negatif üssel dağılımı tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

H	q	EK.B											
		0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62
10.00	0.10	0.17	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
9.50	0.10	0.16	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
9.00	0.11	0.16	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
8.50	0.12	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
8.00	0.12	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
7.50	0.13	0.20	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
7.00	0.14	0.22	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
6.50	0.15	0.23	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
6.00	0.16	0.24	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
5.50	0.16	0.26	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
5.00	0.18	0.28	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
4.50	0.20	0.30	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
4.00	0.21	0.32	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
3.50	0.22	0.33	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
3.00	0.24	0.36	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
2.50	0.27	0.40	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
2.00	0.31	0.44	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
1.50	0.36	0.50	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1.00	0.43	0.58	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
0.50	0.54	0.71	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
0.20	0.61	0.80	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
0.15	0.64	0.82	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
0.10	0.66	0.84	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
0.05	0.68	0.86	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
0.02	0.69	0.87	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
0.01	0.70	0.88	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
0.00	0.71	0.89	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
0.00	0.72	0.90	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
0.00	0.73	0.91	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
0.00	0.74	0.92	0.71	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
0.00	0.75	0.93	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
0.00	0.76	0.94	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
0.00	0.77	0.95	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
0.00	0.78	0.96	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
0.00	0.79	0.97	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
0.00	0.80	0.98	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
0.00	0.81	0.99	0.78	0.78	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
0.00	0.82	1.00	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
0.00	0.83	1.01	0.80	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
0.00	0.84	1.02	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
0.00	0.85	1.03	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
0.00	0.86	1.04	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
0.00	0.87	1.05	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
0.00	0.88	1.06	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
0.00	0.89	1.07	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
0.00	0.90	1.08	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
0.00	0.91	1.09	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
0.00	0.92	1.10	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.00	0.93	1.11	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
0.00	0.94	1.12	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
0.00	0.95	1.13	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
0.00	0.96	1.14	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
0.00	0.97	1.15	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
0.00	0.98	1.16	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
0.00	0.99	1.17	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
0.00	1.00	1.18	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

Tablo B.7. Negatif üssel dağılımş tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

n		0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.70
q		WG=1	WG=1	WG=1	WG=1	WG=1	WG=1	WG=1	WG=1	WG=1	WG=1
		0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.70
10.00	0.05	0.14	0.05	0.14	0.08	0.14	0.08	0.13	0.08	0.13	0.08
11.00	0.09	0.15	0.09	0.15	0.09	0.14	0.09	0.14	0.09	0.14	0.09
12.00	0.10	0.16	0.10	0.15	0.09	0.15	0.09	0.14	0.09	0.14	0.09
13.00	0.11	0.17	0.11	0.16	0.10	0.15	0.10	0.15	0.10	0.15	0.10
14.00	0.12	0.18	0.12	0.17	0.11	0.16	0.11	0.16	0.11	0.16	0.11
15.00	0.13	0.21	0.13	0.19	0.12	0.19	0.12	0.17	0.11	0.17	0.11
16.00	0.15	0.22	0.14	0.20	0.13	0.20	0.13	0.19	0.12	0.19	0.12
17.00	0.16	0.24	0.16	0.23	0.15	0.23	0.15	0.21	0.13	0.20	0.13
18.00	0.17	0.26	0.17	0.25	0.16	0.25	0.16	0.22	0.15	0.22	0.15
19.00	0.19	0.28	0.19	0.28	0.18	0.27	0.18	0.24	0.16	0.23	0.16
20.00	0.21	0.31	0.21	0.30	0.21	0.29	0.20	0.26	0.18	0.26	0.18
21.00	0.24	0.34	0.24	0.33	0.23	0.33	0.23	0.29	0.20	0.28	0.20
22.00	0.28	0.39	0.27	0.38	0.27	0.37	0.26	0.32	0.22	0.31	0.22
23.00	0.32	0.44	0.32	0.43	0.31	0.42	0.30	0.36	0.26	0.35	0.25
24.00	0.36	0.51	0.37	0.49	0.37	0.49	0.36	0.48	0.30	0.40	0.30
25.00	0.39	0.52	0.39	0.51	0.38	0.50	0.37	0.49	0.33	0.46	0.34
26.00	0.40	0.53	0.40	0.53	0.39	0.51	0.38	0.50	0.36	0.47	0.35
27.00	0.41	0.54	0.41	0.54	0.40	0.53	0.39	0.51	0.37	0.49	0.36
28.00	0.42	0.55	0.42	0.55	0.41	0.54	0.40	0.53	0.38	0.50	0.38
29.00	0.43	0.57	0.43	0.57	0.42	0.56	0.41	0.55	0.39	0.51	0.39
30.00	0.44	0.58	0.44	0.58	0.43	0.58	0.42	0.56	0.40	0.52	0.40
31.00	0.45	0.60	0.45	0.60	0.44	0.59	0.43	0.58	0.41	0.54	0.41
32.00	0.46	0.61	0.46	0.61	0.45	0.60	0.44	0.59	0.42	0.55	0.42
33.00	0.47	0.62	0.47	0.62	0.46	0.61	0.45	0.60	0.43	0.56	0.43
34.00	0.48	0.63	0.48	0.63	0.47	0.62	0.46	0.61	0.44	0.57	0.44
35.00	0.49	0.64	0.49	0.64	0.48	0.63	0.47	0.62	0.45	0.58	0.45
36.00	0.50	0.65	0.50	0.65	0.49	0.64	0.48	0.63	0.46	0.59	0.46
37.00	0.51	0.66	0.51	0.66	0.50	0.65	0.49	0.64	0.47	0.60	0.47
38.00	0.52	0.67	0.52	0.67	0.51	0.66	0.50	0.65	0.48	0.61	0.48
39.00	0.53	0.69	0.53	0.69	0.52	0.68	0.51	0.66	0.49	0.62	0.49
40.00	0.54	0.71	0.54	0.71	0.53	0.70	0.52	0.68	0.50	0.63	0.50
41.00	0.55	0.72	0.55	0.72	0.54	0.71	0.53	0.69	0.51	0.64	0.51
42.00	0.56	0.74	0.56	0.74	0.55	0.73	0.54	0.71	0.52	0.65	0.52
43.00	0.57	0.75	0.57	0.75	0.56	0.74	0.55	0.72	0.53	0.66	0.53
44.00	0.58	0.77	0.58	0.77	0.57	0.76	0.56	0.74	0.54	0.67	0.54
45.00	0.59	0.79	0.60	0.79	0.58	0.78	0.57	0.75	0.55	0.68	0.55
46.00	0.60	0.80	0.61	0.80	0.59	0.79	0.58	0.76	0.56	0.69	0.56
47.00	0.62	0.81	0.62	0.81	0.60	0.80	0.59	0.77	0.57	0.70	0.57
48.00	0.63	0.82	0.63	0.82	0.61	0.81	0.60	0.78	0.58	0.71	0.58
49.00	0.64	0.84	0.64	0.84	0.62	0.82	0.61	0.79	0.59	0.72	0.59
50.00	0.65	0.86	0.65	0.86	0.63	0.84	0.62	0.81	0.60	0.74	0.60
51.00	0.66	0.88	0.66	0.88	0.64	0.86	0.63	0.82	0.61	0.75	0.61
52.00	0.67	0.90	0.67	0.90	0.65	0.88	0.64	0.83	0.62	0.76	0.62
53.00	0.69	0.91	0.68	0.91	0.66	0.89	0.65	0.84	0.63	0.77	0.63
54.00	0.70	0.92	0.69	0.92	0.67	0.90	0.66	0.85	0.64	0.78	0.64
55.00	0.72	0.94	0.71	0.94	0.69	0.92	0.68	0.87	0.65	0.79	0.65
56.00	0.74	0.97	0.73	0.96	0.71	0.95	0.70	0.89	0.67	0.81	0.67
57.00	0.76	0.99	0.75	0.98	0.73	0.97	0.72	0.91	0.69	0.83	0.69
58.00	0.77	1.02	0.77	1.01	0.74	0.99	0.73	0.94	0.70	0.85	0.70
59.00	0.79	1.05	0.79	1.03	0.76	1.02	0.75	0.96	0.72	0.87	0.72
60.00	0.81	1.07	0.81	1.05	0.78	1.04	0.76	0.98	0.74	0.89	0.74
61.00	0.83	1.10	0.83	1.08	0.80	1.06	0.78	1.00	0.76	0.91	0.76
62.00	0.85	1.13	0.85	1.11	0.82	1.09	0.80	1.02	0.78	0.93	0.78
63.00	0.87	1.17	0.87	1.15	0.84	1.13	0.82	1.06	0.81	0.95	0.81
64.00	0.89	1.21	0.89	1.19	0.86	1.17	0.84	1.09	0.83	0.97	0.83
65.00	0.91	1.25	0.91	1.23	0.88	1.21	0.86	1.13	0.85	0.99	0.85
66.00	0.93	1.29	0.93	1.27	0.90	1.25	0.88	1.17	0.87	1.01	0.87
67.00	0.95	1.33	0.95	1.31	0.92	1.29	0.90	1.21	0.89	1.03	0.89
68.00	0.97	1.37	0.97	1.35	0.94	1.33	0.92	1.25	0.91	1.05	0.91
69.00	0.99	1.41	0.99	1.39	0.96	1.37	0.94	1.29	0.93	1.07	0.93
70.00	1.01	1.45	1.01	1.43	0.98	1.41	0.96	1.33	0.95	1.09	0.95
71.00	1.03	1.49	1.03	1.47	1.00	1.45	0.98	1.37	0.97	1.11	0.97
72.00	1.05	1.53	1.05	1.51	1.02	1.49	1.00	1.41	0.99	1.13	0.99
73.00	1.07	1.57	1.07	1.55	1.04	1.53	1.02	1.45	1.01	1.15	1.01
74.00	1.09	1.61	1.09	1.59	1.06	1.57	1.04	1.49	1.03	1.17	1.03
75.00	1.11	1.65	1.11	1.63	1.08	1.61	1.06	1.53	1.05	1.19	1.05
76.00	1.13	1.69	1.13	1.67	1.10	1.65	1.08	1.57	1.07	1.21	1.07
77.00	1.15	1.73	1.15	1.71	1.12	1.69	1.10	1.61	1.09	1.23	1.09
78.00	1.17	1.77	1.17	1.75	1.14	1.73	1.12	1.65	1.11	1.25	1.11
79.00	1.19	1.81	1.19	1.79	1.16	1.77	1.14	1.69	1.13	1.27	1.13
80.00	1.21	1.85	1.21	1.83	1.18	1.81	1.16	1.73	1.15	1.29	1.15
81.00	1.23	1.89	1.23	1.87	1.20	1.85	1.18	1.77	1.17	1.31	1.17
82.00	1.25	1.93	1.25	1.91	1.22	1.89	1.20	1.81	1.19	1.33	1.19
83.00	1.27	1.97	1.27	1.95	1.24	1.93	1.22	1.85	1.21	1.35	1.21
84.00	1.29	2.01	1.29	1.99	1.26	1.97	1.24	1.89	1.23	1.37	1.23
85.00	1.31	2.05	1.31	2.03	1.28	2.01	1.26	1.93	1.25	1.39	1.25
86.00	1.33	2.09	1.33	2.07	1.30	2.05	1.28	1.97	1.27	1.41	1.27
87.00	1.35	2.13	1.35	2.11	1.32	2.09	1.30	2.01	1.29	1.43	1.29
88.00	1.37	2.17	1.37	2.15	1.34	2.13	1.32	2.05	1.31	1.45	1.31
89.00	1.39	2.21	1.39	2.19	1.36	2.17	1.34	2.09	1.33	1.47	1.33
90.00	1.41	2.25	1.41	2.23	1.38	2.21	1.36	2.13	1.35	1.49	1.35
91.00	1.43	2.29	1.43	2.27	1.40	2.25	1.38	2.17	1.37	1.51	1.37
92.00	1.45	2.33	1.45	2.31	1.42	2.29	1.40	2.21	1.39	1.53	1.39
93.00	1.47	2.37	1.47	2.35	1.44	2.33	1.42	2.25	1.41	1.55	1.41
94.00	1.49	2.41	1.49	2.39	1.46	2.37	1.44	2.29	1.43	1.57	1.43
95.00	1.51	2.45	1.51	2.43	1.48	2.41	1.46	2.33	1.45	1.59	1.45
96.00	1.53	2.49	1.53	2.47	1.50	2.45	1.48	2.37	1.47	1.61	1.47
97.00	1.55	2.53	1.55	2.51	1.52	2.49	1.50	2.41	1.49	1.63	1.49
98.00	1.57	2.57	1.57	2.55	1.54	2.53	1.52	2.45	1.51	1.65	1.51
99.00	1.59	2.61	1.59	2.59	1.56	2.57	1.54	2.49	1.53	1.67	1.53
100.00	1.61	2.65	1.61	2.63	1.58	2.61	1.56	2.53	1.55	1.69	1.55

Tablo B.8. Negatif üssel dağılımı tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

M	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20
q	MG=1	MG=0	MG=1	MG=0	MG=1	MG=0	MG=1	MG=0	MG=1	MG=0
10.00	0.08	0.12	0.07	0.11	0.06	0.10	0.06	0.09	0.06	0.08
9.50	0.08	0.12	0.07	0.11	0.07	0.11	0.06	0.09	0.06	0.08
9.00	0.08	0.12	0.07	0.11	0.07	0.11	0.06	0.09	0.06	0.08
8.50	0.09	0.13	0.08	0.12	0.07	0.11	0.07	0.10	0.06	0.08
8.00	0.09	0.14	0.08	0.12	0.08	0.11	0.07	0.10	0.06	0.08
7.50	0.09	0.14	0.09	0.13	0.08	0.12	0.08	0.11	0.07	0.09
7.00	0.10	0.15	0.10	0.14	0.09	0.13	0.08	0.11	0.07	0.09
6.50	0.11	0.16	0.10	0.14	0.09	0.13	0.08	0.11	0.07	0.09
6.00	0.12	0.17	0.11	0.15	0.10	0.14	0.09	0.13	0.08	0.11
5.50	0.13	0.19	0.12	0.16	0.11	0.15	0.10	0.13	0.09	0.12
5.00	0.14	0.20	0.13	0.18	0.12	0.16	0.11	0.14	0.10	0.13
4.50	0.17	0.24	0.16	0.21	0.13	0.18	0.12	0.16	0.11	0.14
4.00	0.19	0.26	0.18	0.23	0.14	0.19	0.13	0.18	0.12	0.15
3.50	0.21	0.29	0.20	0.26	0.16	0.21	0.15	0.20	0.14	0.17
3.00	0.24	0.32	0.23	0.28	0.18	0.24	0.17	0.23	0.16	0.19
2.50	0.28	0.37	0.26	0.31	0.20	0.27	0.20	0.26	0.18	0.21
2.00	0.33	0.43	0.31	0.36	0.23	0.31	0.23	0.31	0.21	0.25
1.50	0.38	0.49	0.36	0.41	0.26	0.34	0.26	0.34	0.24	0.28
1.00	0.44	0.55	0.41	0.47	0.29	0.38	0.29	0.38	0.26	0.31
0.50	0.51	0.65	0.47	0.53	0.33	0.43	0.33	0.43	0.28	0.34
0.25	0.57	0.73	0.52	0.59	0.37	0.47	0.37	0.47	0.30	0.37
0.10	0.64	0.83	0.59	0.66	0.41	0.51	0.41	0.51	0.33	0.41
0.05	0.71	0.91	0.66	0.73	0.45	0.56	0.45	0.56	0.36	0.44
0.02	0.79	1.00	0.73	0.80	0.49	0.60	0.49	0.60	0.39	0.47
0.01	0.85	1.00	0.79	0.85	0.53	0.64	0.53	0.64	0.41	0.49
0.00	0.90	1.00	0.84	0.90	0.57	0.68	0.57	0.68	0.43	0.51
0.00	0.95	1.00	0.89	0.95	0.61	0.73	0.61	0.73	0.45	0.53
0.00	1.00	1.00	0.94	1.00	0.65	0.77	0.65	0.77	0.47	0.55
0.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.69	0.81	0.69	0.81	0.49	0.57
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.73	0.85	0.73	0.85	0.51	0.59
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	0.89	0.77	0.89	0.53	0.61
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	0.91	0.81	0.91	0.55	0.63
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.95	0.85	0.95	0.57	0.65
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89	0.99	0.89	0.99	0.59	0.67
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	0.61	0.69
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	0.63	0.71
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.65	0.73
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	0.75
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69	0.77
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	0.79
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.73	0.81
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.83
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	0.85
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.79	0.87
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	0.89
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83	0.91
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.93
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.95
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89	0.97
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.99
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tablo B.9. Negatif üssel dağılmış tampon sürelerin katsayılarını (q) veren tablo

H =	EK_B															
	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
q	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
1.000	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.050	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.100	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.150	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.200	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.250	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.300	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.350	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.400	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.450	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.500	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.550	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.600	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.650	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.700	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.750	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.800	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.850	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.900	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
1.950	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
2.000	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07

Tablo B.10. Sabit tampon sürelerin katsayılarını (q_c) veren tablo

H	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
u	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0
10.00	0.34	0.44	0.29	0.38	0.22	0.30	0.21	0.29	0.18	0.25
9.50	0.36	0.46	0.30	0.40	0.23	0.32	0.22	0.30	0.20	0.27
9.00	0.38	0.48	0.31	0.42	0.24	0.33	0.23	0.31	0.21	0.28
8.50	0.40	0.50	0.32	0.43	0.25	0.34	0.24	0.32	0.22	0.29
8.00	0.42	0.52	0.33	0.44	0.26	0.35	0.25	0.33	0.23	0.30
7.50	0.44	0.54	0.34	0.45	0.27	0.36	0.26	0.34	0.24	0.31
7.00	0.46	0.56	0.35	0.46	0.28	0.37	0.27	0.35	0.25	0.32
6.50	0.48	0.58	0.36	0.47	0.29	0.38	0.28	0.36	0.26	0.33
6.00	0.50	0.60	0.37	0.48	0.30	0.39	0.29	0.37	0.27	0.34
5.50	0.52	0.62	0.38	0.49	0.31	0.40	0.30	0.38	0.28	0.35
5.00	0.54	0.64	0.39	0.50	0.32	0.41	0.31	0.39	0.29	0.36
4.50	0.56	0.66	0.40	0.51	0.33	0.42	0.32	0.40	0.30	0.37
4.00	0.58	0.68	0.41	0.52	0.34	0.43	0.33	0.41	0.31	0.38
3.50	0.60	0.70	0.42	0.53	0.35	0.44	0.34	0.42	0.32	0.39
3.00	0.62	0.72	0.43	0.54	0.36	0.45	0.35	0.43	0.33	0.40
2.50	0.64	0.74	0.44	0.55	0.37	0.46	0.36	0.44	0.34	0.41
2.00	0.66	0.76	0.45	0.56	0.38	0.47	0.37	0.45	0.35	0.42
1.50	0.68	0.78	0.46	0.57	0.39	0.48	0.38	0.46	0.36	0.43
1.00	0.70	0.80	0.47	0.58	0.40	0.49	0.39	0.47	0.37	0.44
0.50	0.72	0.82	0.48	0.59	0.41	0.50	0.40	0.48	0.38	0.45
0.00	0.74	0.84	0.49	0.60	0.42	0.51	0.41	0.49	0.39	0.46
0.50	0.76	0.86	0.50	0.61	0.43	0.52	0.42	0.50	0.40	0.47
1.00	0.78	0.88	0.51	0.62	0.44	0.53	0.43	0.51	0.41	0.48
1.50	0.80	0.90	0.52	0.63	0.45	0.54	0.44	0.52	0.42	0.49
2.00	0.82	0.92	0.53	0.64	0.46	0.55	0.45	0.53	0.43	0.50
2.50	0.84	0.94	0.54	0.65	0.47	0.56	0.46	0.54	0.44	0.51
3.00	0.86	0.96	0.55	0.66	0.48	0.57	0.47	0.55	0.45	0.52
3.50	0.88	0.98	0.56	0.67	0.49	0.58	0.48	0.56	0.46	0.53
4.00	0.90	1.00	0.57	0.68	0.50	0.59	0.49	0.57	0.47	0.54
4.50	0.92	1.02	0.58	0.69	0.51	0.60	0.50	0.58	0.48	0.55
5.00	0.94	1.04	0.59	0.70	0.52	0.61	0.51	0.59	0.49	0.56
5.50	0.96	1.06	0.60	0.71	0.53	0.62	0.52	0.60	0.50	0.57
6.00	0.98	1.08	0.61	0.72	0.54	0.63	0.53	0.61	0.51	0.58
6.50	1.00	1.10	0.62	0.73	0.55	0.64	0.54	0.62	0.52	0.59
7.00	1.02	1.12	0.63	0.74	0.56	0.65	0.55	0.63	0.53	0.60
7.50	1.04	1.14	0.64	0.75	0.57	0.66	0.56	0.64	0.54	0.61
8.00	1.06	1.16	0.65	0.76	0.58	0.67	0.57	0.65	0.55	0.62
8.50	1.08	1.18	0.66	0.77	0.59	0.68	0.58	0.66	0.56	0.63
9.00	1.10	1.20	0.67	0.78	0.60	0.69	0.59	0.67	0.57	0.64
9.50	1.12	1.22	0.68	0.79	0.61	0.70	0.60	0.68	0.58	0.65
10.00	1.14	1.24	0.69	0.80	0.62	0.71	0.61	0.69	0.59	0.66
0.50	1.16	1.26	0.70	0.81	0.63	0.72	0.62	0.70	0.60	0.67
1.00	1.18	1.28	0.71	0.82	0.64	0.73	0.63	0.71	0.61	0.68
1.50	1.20	1.30	0.72	0.83	0.65	0.74	0.64	0.72	0.62	0.69
2.00	1.22	1.32	0.73	0.84	0.66	0.75	0.65	0.73	0.63	0.70
2.50	1.24	1.34	0.74	0.85	0.67	0.76	0.66	0.74	0.64	0.71
3.00	1.26	1.36	0.75	0.86	0.68	0.77	0.67	0.75	0.65	0.72
3.50	1.28	1.38	0.76	0.87	0.69	0.78	0.68	0.76	0.66	0.73
4.00	1.30	1.40	0.77	0.88	0.70	0.79	0.69	0.77	0.67	0.74
4.50	1.32	1.42	0.78	0.89	0.71	0.80	0.70	0.78	0.68	0.75
5.00	1.34	1.44	0.79	0.90	0.72	0.81	0.71	0.79	0.69	0.76
5.50	1.36	1.46	0.80	0.91	0.73	0.82	0.72	0.80	0.70	0.77
6.00	1.38	1.48	0.81	0.92	0.74	0.83	0.73	0.81	0.71	0.78
6.50	1.40	1.50	0.82	0.93	0.75	0.84	0.74	0.82	0.72	0.79
7.00	1.42	1.52	0.83	0.94	0.76	0.85	0.75	0.83	0.73	0.80
7.50	1.44	1.54	0.84	0.95	0.77	0.86	0.76	0.84	0.74	0.81
8.00	1.46	1.56	0.85	0.96	0.78	0.87	0.77	0.85	0.75	0.82
8.50	1.48	1.58	0.86	0.97	0.79	0.88	0.78	0.86	0.76	0.83
9.00	1.50	1.60	0.87	0.98	0.80	0.89	0.79	0.87	0.77	0.84
9.50	1.52	1.62	0.88	0.99	0.81	0.90	0.80	0.88	0.78	0.85
10.00	1.54	1.64	0.89	1.00	0.82	0.91	0.81	0.89	0.79	0.86
0.50	1.56	1.66	0.90	1.01	0.83	0.92	0.82	0.90	0.80	0.87
1.00	1.58	1.68	0.91	1.02	0.84	0.93	0.83	0.91	0.81	0.88
1.50	1.60	1.70	0.92	1.03	0.85	0.94	0.84	0.92	0.82	0.89
2.00	1.62	1.72	0.93	1.04	0.86	0.95	0.85	0.93	0.83	0.90
2.50	1.64	1.74	0.94	1.05	0.87	0.96	0.86	0.94	0.84	0.91
3.00	1.66	1.76	0.95	1.06	0.88	0.97	0.87	0.95	0.85	0.92
3.50	1.68	1.78	0.96	1.07	0.89	0.98	0.88	0.96	0.86	0.93
4.00	1.70	1.80	0.97	1.08	0.90	0.99	0.89	0.97	0.87	0.94
4.50	1.72	1.82	0.98	1.09	0.91	1.00	0.90	0.98	0.88	0.95
5.00	1.74	1.84	0.99	1.10	0.92	1.01	0.91	0.99	0.89	0.96
5.50	1.76	1.86	1.00	1.11	0.93	1.02	0.92	1.00	0.90	0.97
6.00	1.78	1.88	1.01	1.12	0.94	1.03	0.93	1.01	0.91	0.98
6.50	1.80	1.90	1.02	1.13	0.95	1.04	0.94	1.02	0.92	0.99
7.00	1.82	1.92	1.03	1.14	0.96	1.05	0.95	1.03	0.93	1.00
7.50	1.84	1.94	1.04	1.15	0.97	1.06	0.96	1.04	0.94	1.01
8.00	1.86	1.96	1.05	1.16	0.98	1.07	0.97	1.05	0.95	1.02
8.50	1.88	1.98	1.06	1.17	0.99	1.08	0.98	1.06	0.96	1.03
9.00	1.90	2.00	1.07	1.18	1.00	1.09	0.99	1.07	0.97	1.04
9.50	1.92	2.02	1.08	1.19	1.01	1.10	1.00	1.08	0.98	1.05
10.00	1.94	2.04	1.09	1.20	1.02	1.11	1.01	1.09	0.99	1.06
0.50	1.96	2.06	1.10	1.21	1.03	1.12	1.02	1.10	1.00	1.07
1.00	1.98	2.08	1.11	1.22	1.04	1.13	1.03	1.11	1.01	1.08
1.50	2.00	2.10	1.12	1.23	1.05	1.14	1.04	1.12	1.02	1.09
2.00	2.02	2.12	1.13	1.24	1.06	1.15	1.05	1.13	1.03	1.10
2.50	2.04	2.14	1.14	1.25	1.07	1.16	1.06	1.14	1.04	1.11
3.00	2.06	2.16	1.15	1.26	1.08	1.17	1.07	1.15	1.05	1.12
3.50	2.08	2.18	1.16	1.27	1.09	1.18	1.08	1.16	1.06	1.13
4.00	2.10	2.20	1.17	1.28	1.10	1.19	1.09	1.17	1.07	1.14
4.50	2.12	2.22	1.18	1.29	1.11	1.20	1.10	1.18	1.08	1.15
5.00	2.14	2.24	1.19	1.30	1.12	1.21	1.11	1.19	1.09	1.16
5.50	2.16	2.26	1.20	1.31	1.13	1.22	1.12	1.20	1.10	1.17
6.00	2.18	2.28	1.21	1.32	1.14	1.23	1.13	1.21	1.11	1.18
6.50	2.20	2.30	1.22	1.33	1.15	1.24	1.14	1.22	1.12	1.19
7.00	2.22	2.32	1.23	1.34	1.16	1.25	1.15	1.23	1.13	1.20
7.50	2.24	2.34	1.24	1.35	1.17	1.26	1.16	1.24	1.14	1.21
8.00	2.26	2.36	1.25	1.36	1.18	1.27	1.17	1.25	1.15	1.22
8.50	2.28	2.38	1.26	1.37	1.19	1.28	1.18	1.26	1.16	1.23
9.00	2.30	2.40	1.27	1.38	1.20	1.29	1.19	1.27	1.17	1.24
9.50	2.32	2.42	1.28	1.39	1.21	1.30	1.20	1.28	1.18	1.25
10.00	2.34	2.44	1.29	1.40	1.22	1.31	1.21	1.29	1.19	1.26
0.50	2.36	2.46	1.30	1.41	1.23	1.32	1.22	1.30	1.20	1.27
1.00	2.38	2.48	1.31	1.42	1.24	1.33	1.23	1.31	1.21	1.28
1.50	2.40	2.50	1.32	1.43	1.25	1.34	1.24	1.32	1.22	1.29
2.00	2.42	2.52	1.33	1.44	1.26	1.35	1.25	1.33	1.23	1.30
2.50	2.44	2.54	1.34	1.45	1.27	1.36	1.26	1.34	1.24	1.31
3.00	2.46	2.56	1.35	1.46	1.28	1.37	1.27	1.35	1.25	1.32
3.50	2.48	2.58	1.36	1.47	1.29	1.38	1.28	1.36	1.26	1.33
4.00	2.50	2.60	1.37	1.48	1.30	1.39	1.29	1.37	1.27	1.34
4.50	2.52	2.62	1.38	1.49	1.31	1.40	1.30	1.38	1.28	1.35
5.00	2.54	2.64	1.39	1.50	1.32	1.41	1.31	1.39	1.29	1.36
5.50	2.56	2.66	1.40	1.51	1.33	1.42	1.32	1.40	1.30	1.37
6.00	2.58	2.68	1.41	1.52	1.34	1.43	1.33	1.41	1.31	1.38
6.50	2.60	2.70	1.42	1.53	1.35	1.44	1.34	1.42	1.32	1.39
7.00	2.62	2.72	1.43	1.54	1.36	1.45	1.35	1.43	1.33	1.40
7.50	2.64	2.74	1.44	1.55	1.37	1.46	1.36	1.44	1.34	1.41

Tablo B.13. Sabit tampon sürelerin katsayılarını (q_c) veren tablo

m	u	EK_B									
		0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40
u		q _{c1}	q _{c2}	q _{c3}	q _{c4}	q _{c5}	q _{c6}	q _{c7}	q _{c8}	q _{c9}	q _{c10}
10.00	0.11	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
9.50	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
9.00	0.12	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
8.50	0.13	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
8.00	0.14	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
7.50	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
7.00	0.16	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
6.50	0.17	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
6.00	0.18	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
5.50	0.19	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
5.00	0.20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
4.50	0.21	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
4.00	0.22	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
3.50	0.23	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
3.00	0.24	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
2.50	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
2.00	0.26	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
1.50	0.27	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
1.00	0.28	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
0.50	0.29	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
0.00	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
0.50	0.31	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
1.00	0.32	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
1.50	0.33	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
2.00	0.34	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
2.50	0.35	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
3.00	0.36	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
3.50	0.37	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
4.00	0.38	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
4.50	0.39	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
5.00	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
5.50	0.41	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
6.00	0.42	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
6.50	0.43	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
7.00	0.44	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
7.50	0.45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
8.00	0.46	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
8.50	0.47	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
9.00	0.48	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
9.50	0.49	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
10.00	0.50	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55

Tablo B.14. Sabit tampon sürelerin katsayılarını (q_c) veren tablo

H	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50
U	$WG=1$	$WG=0$	$WG=1$	$WG=0$	$WG=1$	$WG=0$	$WG=1$	$WG=0$	$WG=1$	$WG=0$
10.00	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.12	0.09	0.12
9.50	0.10	0.14	0.10	0.14	0.10	0.14	0.09	0.13	0.09	0.12
9.00	0.11	0.15	0.10	0.14	0.10	0.14	0.10	0.13	0.09	0.12
8.50	0.11	0.15	0.11	0.15	0.11	0.15	0.10	0.13	0.10	0.13
8.00	0.12	0.16	0.12	0.16	0.11	0.15	0.11	0.14	0.10	0.14
7.50	0.13	0.17	0.12	0.16	0.11	0.15	0.11	0.14	0.11	0.14
7.00	0.14	0.18	0.13	0.17	0.12	0.16	0.12	0.15	0.11	0.14
6.50	0.15	0.20	0.14	0.19	0.13	0.18	0.12	0.16	0.11	0.14
6.00	0.16	0.21	0.15	0.20	0.14	0.19	0.13	0.17	0.12	0.16
5.50	0.17	0.23	0.16	0.22	0.15	0.20	0.14	0.18	0.13	0.17
5.00	0.19	0.25	0.18	0.24	0.16	0.22	0.16	0.21	0.16	0.21
4.50	0.21	0.27	0.20	0.26	0.18	0.24	0.18	0.23	0.17	0.23
4.00	0.23	0.30	0.22	0.29	0.20	0.26	0.19	0.25	0.19	0.25
3.50	0.26	0.34	0.25	0.33	0.22	0.29	0.22	0.28	0.21	0.27
3.00	0.30	0.39	0.29	0.37	0.25	0.32	0.25	0.32	0.24	0.31
2.50	0.35	0.44	0.34	0.43	0.30	0.37	0.28	0.36	0.28	0.35
2.00	0.42	0.52	0.41	0.51	0.36	0.42	0.33	0.41	0.32	0.40
1.75	0.43	0.53	0.42	0.52	0.37	0.43	0.34	0.42	0.33	0.41
1.50	0.44	0.55	0.43	0.53	0.38	0.44	0.35	0.43	0.34	0.42
1.25	0.45	0.56	0.44	0.54	0.39	0.45	0.36	0.44	0.35	0.43
1.00	0.46	0.57	0.45	0.55	0.40	0.46	0.37	0.45	0.36	0.44
0.75	0.47	0.58	0.46	0.56	0.41	0.47	0.38	0.46	0.37	0.45
0.50	0.48	0.60	0.47	0.58	0.42	0.48	0.39	0.47	0.38	0.46
0.25	0.49	0.61	0.48	0.59	0.43	0.49	0.40	0.48	0.39	0.47
0.00	0.50	0.62	0.49	0.60	0.44	0.50	0.41	0.49	0.40	0.48
1.50	0.51	0.63	0.50	0.61	0.45	0.51	0.42	0.50	0.41	0.49
1.25	0.52	0.65	0.51	0.62	0.46	0.52	0.43	0.51	0.42	0.50
1.00	0.53	0.66	0.52	0.63	0.47	0.53	0.44	0.52	0.43	0.51
0.75	0.54	0.68	0.53	0.64	0.48	0.54	0.45	0.53	0.44	0.52
0.50	0.56	0.69	0.55	0.66	0.49	0.56	0.46	0.54	0.45	0.53
0.25	0.57	0.71	0.56	0.68	0.50	0.57	0.47	0.55	0.46	0.54
0.00	0.58	0.72	0.57	0.70	0.51	0.58	0.48	0.56	0.47	0.55
1.50	0.59	0.74	0.58	0.71	0.52	0.59	0.49	0.57	0.48	0.56
1.25	0.60	0.76	0.59	0.73	0.53	0.60	0.50	0.58	0.49	0.57
1.00	0.61	0.78	0.60	0.75	0.54	0.61	0.51	0.59	0.50	0.58
0.75	0.62	0.80	0.61	0.77	0.55	0.62	0.52	0.60	0.51	0.59
0.50	0.63	0.81	0.62	0.78	0.56	0.63	0.53	0.61	0.52	0.60
0.25	0.64	0.82	0.63	0.79	0.57	0.64	0.54	0.62	0.53	0.61
0.00	0.65	0.83	0.64	0.80	0.58	0.65	0.55	0.63	0.54	0.62
1.50	0.66	0.84	0.65	0.81	0.59	0.66	0.56	0.64	0.55	0.63
1.25	0.67	0.85	0.66	0.82	0.60	0.67	0.57	0.65	0.56	0.64
1.00	0.68	0.86	0.67	0.83	0.61	0.68	0.58	0.66	0.57	0.65
0.75	0.69	0.87	0.68	0.84	0.62	0.69	0.59	0.67	0.58	0.66
0.50	0.70	0.88	0.69	0.85	0.63	0.70	0.60	0.68	0.59	0.67
0.25	0.71	0.89	0.70	0.86	0.64	0.71	0.61	0.69	0.60	0.68
0.00	0.72	0.90	0.71	0.87	0.65	0.72	0.62	0.70	0.61	0.69
1.50	0.73	0.91	0.72	0.88	0.66	0.73	0.63	0.71	0.62	0.70
1.25	0.74	0.92	0.73	0.89	0.67	0.74	0.64	0.72	0.63	0.71
1.00	0.75	0.93	0.74	0.90	0.68	0.75	0.65	0.73	0.64	0.72
0.75	0.76	0.94	0.75	0.91	0.69	0.76	0.66	0.74	0.65	0.73
0.50	0.77	0.95	0.76	0.92	0.70	0.77	0.67	0.75	0.66	0.74
0.25	0.78	0.96	0.77	0.93	0.71	0.78	0.68	0.76	0.67	0.75
0.00	0.79	0.97	0.78	0.94	0.72	0.79	0.69	0.77	0.68	0.76
1.50	0.80	0.98	0.79	0.95	0.73	0.80	0.70	0.78	0.69	0.77
1.25	0.81	0.99	0.80	0.96	0.74	0.81	0.71	0.79	0.70	0.78
1.00	0.82	1.00	0.81	0.97	0.75	0.82	0.72	0.80	0.71	0.79
0.75	0.83	1.01	0.82	0.98	0.76	0.83	0.73	0.81	0.72	0.80
0.50	0.84	1.02	0.83	0.99	0.77	0.84	0.74	0.82	0.73	0.81
0.25	0.85	1.03	0.84	1.00	0.78	0.85	0.75	0.83	0.74	0.82
0.00	0.86	1.04	0.85	1.01	0.79	0.86	0.76	0.84	0.75	0.83
1.50	0.87	1.05	0.86	1.02	0.80	0.87	0.77	0.85	0.76	0.84
1.25	0.88	1.06	0.87	1.03	0.81	0.88	0.78	0.86	0.77	0.85
1.00	0.89	1.07	0.88	1.04	0.82	0.89	0.79	0.87	0.78	0.86
0.75	0.90	1.08	0.89	1.05	0.83	0.90	0.80	0.88	0.79	0.87
0.50	0.91	1.09	0.90	1.06	0.84	0.91	0.81	0.89	0.80	0.88
0.25	0.92	1.10	0.91	1.07	0.85	0.92	0.82	0.90	0.81	0.89
0.00	0.93	1.11	0.92	1.08	0.86	0.93	0.83	0.91	0.82	0.90
1.50	0.94	1.12	0.93	1.09	0.87	0.94	0.84	0.92	0.83	0.91
1.25	0.95	1.13	0.94	1.10	0.88	0.95	0.85	0.93	0.84	0.92
1.00	0.96	1.14	0.95	1.11	0.89	0.96	0.86	0.94	0.85	0.93
0.75	0.97	1.15	0.96	1.12	0.90	0.97	0.87	0.95	0.86	0.94
0.50	0.98	1.16	0.97	1.13	0.91	0.98	0.88	0.96	0.87	0.95
0.25	0.99	1.17	0.98	1.14	0.92	0.99	0.89	0.97	0.88	0.96
0.00	1.00	1.18	0.99	1.15	0.93	1.00	0.90	0.98	0.89	0.97
1.50	1.01	1.19	1.00	1.16	0.94	1.01	0.91	0.99	0.90	0.98
1.25	1.02	1.20	1.01	1.17	0.95	1.02	0.92	1.00	0.91	0.99
1.00	1.03	1.21	1.02	1.18	0.96	1.03	0.93	1.01	0.92	1.00
0.75	1.04	1.22	1.03	1.19	0.97	1.04	0.94	1.02	0.93	1.01
0.50	1.05	1.23	1.04	1.20	0.98	1.05	0.95	1.03	0.94	1.02
0.25	1.06	1.24	1.05	1.21	0.99	1.06	0.96	1.04	0.95	1.03
0.00	1.07	1.25	1.06	1.22	1.00	1.07	0.97	1.05	0.96	1.04
1.50	1.08	1.26	1.07	1.23	1.01	1.08	0.98	1.06	0.97	1.05
1.25	1.09	1.27	1.08	1.24	1.02	1.09	0.99	1.07	0.98	1.06
1.00	1.10	1.28	1.09	1.25	1.03	1.10	1.00	1.08	0.99	1.07
0.75	1.11	1.29	1.10	1.26	1.04	1.11	1.01	1.09	1.00	1.08
0.50	1.12	1.30	1.11	1.27	1.05	1.12	1.02	1.10	1.01	1.09
0.25	1.13	1.31	1.12	1.28	1.06	1.13	1.03	1.11	1.02	1.10
0.00	1.14	1.32	1.13	1.29	1.07	1.14	1.04	1.12	1.03	1.11
1.50	1.15	1.33	1.14	1.30	1.08	1.15	1.05	1.13	1.04	1.12
1.25	1.16	1.34	1.15	1.31	1.09	1.16	1.06	1.14	1.05	1.13
1.00	1.17	1.35	1.16	1.32	1.10	1.17	1.07	1.15	1.06	1.14
0.75	1.18	1.36	1.17	1.33	1.11	1.18	1.08	1.16	1.07	1.15
0.50	1.19	1.37	1.18	1.34	1.12	1.19	1.09	1.17	1.08	1.16
0.25	1.20	1.38	1.19	1.35	1.13	1.20	1.10	1.18	1.09	1.17
0.00	1.21	1.39	1.20	1.36	1.14	1.21	1.11	1.19	1.10	1.18
1.50	1.22	1.40	1.21	1.37	1.15	1.22	1.12	1.20	1.11	1.19
1.25	1.23	1.41	1.22	1.38	1.16	1.23	1.13	1.21	1.12	1.20
1.00	1.24	1.42	1.23	1.39	1.17	1.24	1.14	1.22	1.13	1.21
0.75	1.25	1.43	1.24	1.40	1.18	1.25	1.15	1.23	1.14	1.22
0.50	1.26	1.44	1.25	1.41	1.19	1.26	1.16	1.24	1.15	1.23
0.25	1.27	1.45	1.26	1.42	1.20	1.27	1.17	1.25	1.16	1.24
0.00	1.28	1.46	1.27	1.43	1.21	1.28	1.18	1.26	1.17	1.25
1.50	1.29	1.47	1.28	1.44	1.22	1.29	1.19	1.27	1.18	1.26
1.25	1.30	1.48	1.29	1.45	1.23	1.30	1.20	1.28	1.19	1.27
1.00	1.31	1.49	1.30	1.46	1.24	1.31	1.21	1.29	1.20	1.28
0.75	1.32	1.50	1.31	1.47	1.25	1.32	1.22	1.30	1.21	1.29
0.50	1.33	1.51	1.32	1.48	1.26	1.33	1.23	1.31	1.22	1.30
0.25	1.34	1.52	1.33	1.49	1.27	1.34	1.24	1.32	1.23	1.31
0.00	1.35	1.53	1.34	1.50	1.28	1.35	1.25	1.33	1.24	1.32

Tablo B.15. Sabit tampon sürelerin katsayılarını (q_c) veren tablo

H = u	0.51		0.52		0.53		0.54		0.55		0.56		0.57		0.58		0.59		0.60	
	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0
10.00	0.08	0.12	0.08	0.12	0.08	0.12	0.08	0.11	0.08	0.11	0.06	0.11	0.08	0.11	0.06	0.11	0.08	0.11	0.08	0.11
9.50	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.06	0.12	0.08	0.11	0.08	0.11	0.08	0.11	0.08	0.11
9.00	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12
8.50	0.10	0.14	0.10	0.14	0.10	0.13	0.10	0.13	0.10	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.12
8.00	0.11	0.14	0.10	0.14	0.10	0.13	0.10	0.13	0.10	0.13	0.09	0.14	0.10	0.13	0.09	0.13	0.10	0.13	0.10	0.13
7.50	0.11	0.15	0.11	0.15	0.11	0.14	0.10	0.14	0.11	0.14	0.10	0.14	0.11	0.14	0.10	0.14	0.11	0.14	0.10	0.13
7.00	0.12	0.16	0.12	0.16	0.12	0.16	0.12	0.16	0.12	0.16	0.11	0.16	0.11	0.16	0.11	0.16	0.11	0.16	0.11	0.14
6.50	0.13	0.18	0.13	0.17	0.13	0.17	0.13	0.17	0.12	0.17	0.12	0.17	0.12	0.17	0.11	0.17	0.12	0.17	0.11	0.15
6.00	0.14	0.19	0.14	0.18	0.14	0.18	0.14	0.18	0.13	0.18	0.13	0.18	0.13	0.18	0.12	0.18	0.13	0.18	0.12	0.16
5.50	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.14	0.20	0.15	0.20	0.14	0.17
5.00	0.17	0.22	0.17	0.22	0.17	0.22	0.17	0.22	0.16	0.22	0.16	0.22	0.16	0.22	0.15	0.22	0.16	0.22	0.15	0.19
4.50	0.19	0.24	0.18	0.24	0.18	0.24	0.18	0.24	0.18	0.24	0.18	0.24	0.18	0.24	0.18	0.24	0.18	0.24	0.18	0.20
4.00	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.27	0.21	0.22
3.50	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.30	0.23	0.25
3.00	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.25
2.50	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.39	0.31	0.27
2.00	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.46	0.37	0.31
1.50	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.57	0.47	0.36
1.00	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.74	0.59	0.42
0.50	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	1.07	0.87	0.58
0.00	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	1.22	0.99	0.86

EK_B

Tablo B.16. Sabit tampon sürelerin katsayılarını (q_c) veren tablo

		EK B											
H	u	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70		
		WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1	WG=0	WG=1		
10.30	0.08	0.11	0.08	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10	0.07		
9.50	0.08	0.11	0.08	0.11	0.08	0.11	0.08	0.10	0.08	0.10	0.07		
9.00	0.08	0.12	0.08	0.11	0.08	0.11	0.08	0.11	0.08	0.11	0.08		
8.50	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.08	0.12	0.08		
8.00	0.10	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09		
7.50	0.10	0.14	0.10	0.14	0.10	0.13	0.10	0.13	0.10	0.13	0.09		
7.00	0.11	0.15	0.11	0.14	0.11	0.14	0.10	0.14	0.10	0.14	0.10		
6.50	0.12	0.16	0.12	0.15	0.11	0.15	0.11	0.15	0.11	0.15	0.11		
6.00	0.13	0.17	0.13	0.17	0.12	0.16	0.12	0.16	0.12	0.16	0.12		
5.50	0.14	0.18	0.14	0.18	0.13	0.18	0.13	0.17	0.13	0.17	0.13		
5.00	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.19	0.15	0.19	0.14	0.19	0.14		
4.50	0.17	0.22	0.17	0.22	0.16	0.21	0.16	0.21	0.16	0.20	0.16		
4.00	0.19	0.24	0.19	0.24	0.18	0.23	0.18	0.23	0.18	0.23	0.17		
3.50	0.21	0.27	0.21	0.27	0.20	0.26	0.20	0.26	0.20	0.25	0.20		
3.00	0.24	0.31	0.24	0.30	0.24	0.30	0.23	0.29	0.23	0.29	0.22		
2.50	0.28	0.36	0.28	0.35	0.28	0.35	0.27	0.34	0.27	0.34	0.26		
2.00	0.34	0.42	0.33	0.41	0.33	0.41	0.32	0.40	0.32	0.39	0.31		
1.95	0.34	0.43	0.34	0.42	0.33	0.41	0.33	0.41	0.32	0.39	0.32		
1.90	0.35	0.43	0.35	0.43	0.34	0.42	0.33	0.41	0.33	0.40	0.32		
1.85	0.36	0.44	0.35	0.44	0.35	0.43	0.34	0.42	0.33	0.41	0.33		
1.80	0.36	0.45	0.36	0.44	0.35	0.44	0.35	0.43	0.34	0.42	0.34		
1.75	0.37	0.46	0.37	0.45	0.36	0.44	0.35	0.43	0.35	0.43	0.34		
1.70	0.38	0.47	0.37	0.46	0.37	0.45	0.36	0.44	0.35	0.43	0.35		
1.65	0.38	0.47	0.38	0.47	0.37	0.46	0.37	0.45	0.36	0.44	0.35		
1.60	0.39	0.48	0.39	0.47	0.38	0.47	0.37	0.46	0.37	0.45	0.36		
1.55	0.40	0.49	0.40	0.48	0.39	0.48	0.38	0.47	0.37	0.46	0.37		
1.50	0.41	0.50	0.41	0.49	0.40	0.49	0.39	0.48	0.38	0.47	0.38		
1.45	0.42	0.51	0.41	0.50	0.40	0.50	0.40	0.49	0.39	0.48	0.39		
1.40	0.42	0.53	0.42	0.51	0.41	0.51	0.41	0.50	0.40	0.49	0.39		
1.35	0.43	0.54	0.43	0.52	0.42	0.52	0.42	0.51	0.41	0.51	0.40		
1.30	0.44	0.55	0.44	0.53	0.43	0.53	0.43	0.52	0.42	0.52	0.41		
1.25	0.45	0.56	0.45	0.54	0.44	0.54	0.44	0.53	0.43	0.53	0.42		
1.20	0.46	0.57	0.46	0.55	0.45	0.55	0.45	0.54	0.44	0.54	0.43		
1.15	0.47	0.59	0.47	0.57	0.46	0.57	0.46	0.56	0.45	0.56	0.44		
1.10	0.48	0.60	0.48	0.59	0.47	0.58	0.46	0.57	0.45	0.56	0.45		
1.05	0.50	0.61	0.49	0.60	0.48	0.59	0.47	0.58	0.46	0.57	0.46		
1.00	0.51	0.63	0.50	0.62	0.49	0.61	0.48	0.59	0.47	0.58	0.47		
0.95	0.52	0.65	0.51	0.63	0.50	0.63	0.49	0.61	0.48	0.60	0.48		
0.90	0.53	0.66	0.53	0.65	0.52	0.64	0.51	0.63	0.50	0.62	0.49		
0.85	0.54	0.68	0.54	0.66	0.53	0.66	0.52	0.65	0.51	0.63	0.50		
0.80	0.56	0.70	0.55	0.68	0.54	0.68	0.53	0.67	0.52	0.64	0.51		
0.75	0.57	0.72	0.57	0.70	0.55	0.69	0.54	0.68	0.53	0.66	0.53		
0.70	0.59	0.74	0.58	0.72	0.57	0.71	0.56	0.70	0.55	0.69	0.54		
0.65	0.60	0.76	0.60	0.74	0.58	0.73	0.57	0.72	0.57	0.71	0.55		
0.60	0.62	0.78	0.61	0.76	0.60	0.75	0.59	0.74	0.58	0.72	0.57		
0.55	0.63	0.80	0.63	0.79	0.62	0.78	0.60	0.76	0.59	0.74	0.58		
0.50	0.65	0.83	0.65	0.81	0.63	0.80	0.62	0.78	0.61	0.78	0.60		
0.45	0.67	0.85	0.66	0.83	0.64	0.82	0.63	0.81	0.62	0.78	0.61		
0.40	0.69	0.88	0.68	0.86	0.66	0.84	0.65	0.83	0.64	0.81	0.63		
0.35	0.71	0.91	0.70	0.89	0.69	0.86	0.67	0.85	0.65	0.83	0.65		
0.30	0.73	0.94	0.72	0.93	0.71	0.91	0.70	0.89	0.67	0.86	0.67		
0.25	0.75	0.97	0.74	0.95	0.73	0.94	0.71	0.92	0.71	0.91	0.69		
0.20	0.77	1.00	0.76	0.98	0.75	0.97	0.73	0.95	0.72	0.93	0.71		
0.15	0.80	1.04	0.79	1.03	0.78	1.02	0.76	0.99	0.74	0.95	0.73		
0.10	0.82	1.08	0.81	1.07	0.80	1.06	0.78	1.02	0.77	1.01	0.75		
0.05	0.85	1.12	0.84	1.11	0.83	1.09	0.80	1.06	0.81	1.03	0.77		
0.00	0.87	1.17	0.87	1.15	0.85	1.13	0.83	1.09	0.81	1.06	0.80		

Tablo B.17. Sabit tampon sürelerin katsayılarını (q_c) veren tablo

M	EK_B															
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
U	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
10.00	0.07	0.09	0.06	0.08	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07
9.50	0.07	0.10	0.07	0.09	0.06	0.09	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08
9.00	0.07	0.10	0.07	0.09	0.06	0.09	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08
8.50	0.07	0.10	0.07	0.09	0.06	0.09	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08
8.00	0.08	0.11	0.08	0.11	0.07	0.10	0.07	0.09	0.06	0.09	0.06	0.09	0.06	0.09	0.06	0.09
7.50	0.09	0.12	0.09	0.12	0.08	0.11	0.08	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10
7.00	0.10	0.13	0.10	0.13	0.09	0.12	0.09	0.11	0.08	0.11	0.08	0.10	0.07	0.10	0.07	0.10
6.50	0.11	0.14	0.11	0.14	0.10	0.13	0.10	0.12	0.09	0.12	0.09	0.11	0.08	0.11	0.08	0.11
6.00	0.11	0.15	0.11	0.15	0.10	0.14	0.11	0.13	0.10	0.14	0.11	0.13	0.10	0.14	0.11	0.13
5.50	0.12	0.16	0.12	0.16	0.11	0.15	0.12	0.14	0.11	0.15	0.12	0.14	0.11	0.15	0.12	0.14
5.00	0.13	0.18	0.13	0.18	0.12	0.16	0.13	0.15	0.12	0.16	0.13	0.15	0.12	0.16	0.13	0.15
4.50	0.15	0.19	0.14	0.18	0.14	0.18	0.15	0.17	0.14	0.18	0.15	0.17	0.14	0.18	0.15	0.17
4.00	0.17	0.21	0.16	0.20	0.17	0.21	0.18	0.20	0.17	0.21	0.18	0.20	0.17	0.21	0.18	0.20
3.50	0.19	0.24	0.18	0.23	0.19	0.24	0.20	0.23	0.20	0.24	0.20	0.23	0.20	0.24	0.20	0.23
3.00	0.21	0.27	0.21	0.26	0.22	0.27	0.23	0.26	0.23	0.27	0.23	0.26	0.23	0.27	0.23	0.26
2.50	0.25	0.31	0.24	0.30	0.26	0.31	0.27	0.31	0.27	0.31	0.27	0.31	0.27	0.31	0.27	0.31
2.00	0.30	0.37	0.29	0.34	0.30	0.35	0.31	0.35	0.31	0.35	0.31	0.35	0.31	0.35	0.31	0.35
1.50	0.33	0.40	0.33	0.39	0.34	0.40	0.35	0.40	0.35	0.40	0.35	0.40	0.35	0.40	0.35	0.40
1.00	0.37	0.45	0.37	0.43	0.38	0.44	0.39	0.44	0.39	0.44	0.39	0.44	0.39	0.44	0.39	0.44
0.75	0.40	0.48	0.40	0.46	0.41	0.47	0.42	0.47	0.42	0.47	0.42	0.47	0.42	0.47	0.42	0.47
0.50	0.44	0.52	0.44	0.50	0.45	0.51	0.46	0.51	0.46	0.51	0.46	0.51	0.46	0.51	0.46	0.51
0.25	0.48	0.56	0.48	0.54	0.49	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55
0.10	0.52	0.60	0.52	0.58	0.53	0.59	0.54	0.59	0.54	0.59	0.54	0.59	0.54	0.59	0.54	0.59
0.05	0.55	0.63	0.55	0.61	0.56	0.62	0.57	0.62	0.57	0.62	0.57	0.62	0.57	0.62	0.57	0.62
0.025	0.58	0.66	0.58	0.64	0.59	0.65	0.60	0.65	0.60	0.65	0.60	0.65	0.60	0.65	0.60	0.65
0.01	0.60	0.68	0.60	0.66	0.61	0.67	0.62	0.67	0.62	0.67	0.62	0.67	0.62	0.67	0.62	0.67
0.005	0.63	0.71	0.63	0.69	0.64	0.70	0.65	0.70	0.65	0.70	0.65	0.70	0.65	0.70	0.65	0.70
0.0025	0.66	0.74	0.66	0.72	0.67	0.73	0.68	0.73	0.68	0.73	0.68	0.73	0.68	0.73	0.68	0.73
0.001	0.69	0.77	0.69	0.75	0.70	0.76	0.71	0.76	0.71	0.76	0.71	0.76	0.71	0.76	0.71	0.76
0.0005	0.72	0.80	0.72	0.78	0.73	0.79	0.74	0.79	0.74	0.79	0.74	0.79	0.74	0.79	0.74	0.79
0.00025	0.75	0.83	0.75	0.81	0.76	0.82	0.77	0.82	0.77	0.82	0.77	0.82	0.77	0.82	0.77	0.82
0.0001	0.78	0.86	0.78	0.84	0.79	0.85	0.80	0.85	0.80	0.85	0.80	0.85	0.80	0.85	0.80	0.85
0.00005	0.81	0.89	0.81	0.87	0.82	0.88	0.83	0.88	0.83	0.88	0.83	0.88	0.83	0.88	0.83	0.88
0.000025	0.84	0.92	0.84	0.90	0.85	0.91	0.86	0.91	0.86	0.91	0.86	0.91	0.86	0.91	0.86	0.91
0.00001	0.87	0.95	0.87	0.93	0.88	0.94	0.89	0.94	0.89	0.94	0.89	0.94	0.89	0.94	0.89	0.94

Tablo B.18. Sabit tampon sürelerin katsayılarını (q_c) veren tablo

$H \cdot u$	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70
u	$HG=1$	$HG=0$	$HG=1$	$HG=0$	$HG=1$	$HG=0$	$HG=1$	$HG=0$	$HG=1$	$HG=0$
10.00	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05
9.50	0.05	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05
9.00	0.05	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05
8.50	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05
8.00	0.06	0.08	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06
7.50	0.07	0.09	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06
7.00	0.07	0.09	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.06	0.05	0.06
6.50	0.08	0.10	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.06	0.05	0.06
6.00	0.08	0.10	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.06	0.05	0.06
5.50	0.09	0.11	0.08	0.10	0.07	0.09	0.06	0.08	0.05	0.06
5.00	0.10	0.12	0.09	0.11	0.08	0.10	0.07	0.09	0.06	0.08
4.50	0.11	0.14	0.10	0.12	0.09	0.11	0.08	0.10	0.07	0.09
4.00	0.12	0.15	0.11	0.13	0.10	0.12	0.09	0.11	0.08	0.10
3.50	0.14	0.17	0.13	0.15	0.11	0.13	0.10	0.12	0.09	0.11
3.00	0.16	0.19	0.15	0.17	0.12	0.15	0.11	0.13	0.10	0.12
2.50	0.18	0.22	0.18	0.21	0.14	0.17	0.12	0.15	0.11	0.13
2.00	0.21	0.26	0.21	0.24	0.17	0.20	0.14	0.17	0.12	0.15
1.95	0.22	0.26	0.21	0.24	0.17	0.20	0.14	0.17	0.12	0.15
1.90	0.22	0.27	0.22	0.25	0.17	0.20	0.14	0.17	0.12	0.15
1.85	0.23	0.27	0.22	0.25	0.17	0.20	0.14	0.17	0.12	0.15
1.80	0.23	0.28	0.22	0.25	0.17	0.20	0.14	0.17	0.12	0.15
1.75	0.23	0.28	0.22	0.25	0.17	0.20	0.14	0.17	0.12	0.15
1.70	0.24	0.29	0.23	0.26	0.18	0.21	0.15	0.18	0.13	0.16
1.65	0.24	0.29	0.23	0.26	0.18	0.21	0.15	0.18	0.13	0.16
1.60	0.25	0.30	0.24	0.27	0.19	0.22	0.16	0.19	0.14	0.17
1.55	0.25	0.30	0.24	0.27	0.19	0.22	0.16	0.19	0.14	0.17
1.50	0.26	0.31	0.25	0.28	0.20	0.23	0.17	0.20	0.15	0.18
1.45	0.26	0.31	0.25	0.28	0.20	0.23	0.17	0.20	0.15	0.18
1.40	0.27	0.32	0.26	0.29	0.21	0.24	0.18	0.21	0.16	0.19
1.35	0.27	0.33	0.26	0.29	0.21	0.24	0.18	0.21	0.16	0.19
1.30	0.28	0.34	0.27	0.30	0.22	0.25	0.19	0.22	0.17	0.20
1.25	0.28	0.34	0.27	0.30	0.22	0.25	0.19	0.22	0.17	0.20
1.20	0.29	0.35	0.28	0.31	0.23	0.26	0.20	0.23	0.18	0.21
1.15	0.30	0.36	0.29	0.32	0.24	0.27	0.21	0.24	0.19	0.22
1.10	0.30	0.37	0.29	0.32	0.24	0.27	0.21	0.24	0.19	0.22
1.05	0.31	0.38	0.30	0.33	0.25	0.28	0.22	0.25	0.20	0.23
1.00	0.31	0.38	0.30	0.33	0.25	0.28	0.22	0.25	0.20	0.23
0.95	0.32	0.39	0.31	0.34	0.26	0.29	0.23	0.26	0.21	0.24
0.90	0.33	0.40	0.32	0.35	0.27	0.30	0.24	0.27	0.22	0.25
0.85	0.34	0.41	0.33	0.36	0.28	0.31	0.25	0.28	0.23	0.26
0.80	0.35	0.42	0.34	0.37	0.29	0.32	0.26	0.29	0.24	0.27
0.75	0.36	0.43	0.35	0.38	0.30	0.33	0.27	0.30	0.25	0.28
0.70	0.36	0.44	0.35	0.38	0.30	0.33	0.27	0.30	0.25	0.28
0.65	0.37	0.45	0.36	0.39	0.31	0.34	0.28	0.31	0.26	0.29
0.60	0.38	0.46	0.37	0.40	0.32	0.35	0.29	0.32	0.27	0.30
0.55	0.39	0.48	0.38	0.41	0.33	0.36	0.30	0.33	0.28	0.31
0.50	0.40	0.49	0.39	0.42	0.34	0.37	0.31	0.34	0.29	0.32
0.45	0.41	0.51	0.40	0.43	0.35	0.38	0.32	0.35	0.30	0.33
0.40	0.42	0.52	0.41	0.44	0.36	0.39	0.33	0.36	0.31	0.34
0.35	0.43	0.54	0.42	0.45	0.37	0.40	0.34	0.37	0.32	0.35
0.30	0.44	0.55	0.43	0.46	0.38	0.41	0.35	0.38	0.33	0.36
0.25	0.46	0.57	0.44	0.48	0.40	0.43	0.37	0.40	0.35	0.38
0.20	0.47	0.59	0.45	0.50	0.41	0.44	0.38	0.41	0.36	0.39
0.15	0.48	0.61	0.46	0.51	0.42	0.45	0.39	0.42	0.37	0.40
0.10	0.49	0.63	0.47	0.53	0.43	0.46	0.40	0.43	0.38	0.41
0.05	0.51	0.65	0.49	0.55	0.45	0.48	0.42	0.45	0.40	0.43
0.00	0.52	0.67	0.51	0.57	0.47	0.50	0.44	0.47	0.42	0.45

EK-B

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında İstanbulda doğan Eray Yavuzarslan , İlkokulu Gazi Osman Paşa ilkokulunda , Ortaokulu Üçşehitler ortaokulunda ve liseyi Vefa lisesinde okudu. 1990 yılında İ.T.Ü Sakarya mühendislik fakültesi inşaat mühendisliği bölümüne girdi. 1995 yılı Şubat döneminde buradan mezun olduktan sonra aynı yıl İTÜ Ulaştırma Anabilimdalına girmiştir.

