

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Türkiye'de Ken, Elek, Ulaş;
Üye, Uyg. Araş;

Yüksek Lisans Tezi

Nurettin Abut

1988

R 152
78

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Türkiye’de Kentsel Elektrikli Ulaşım
Üyet’in Uygulanabilirlik Araştırması**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Nurettin ABUT

İstanbul — 1988

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : **2 152**
Alındığı Yer : **78**
Tarih : **Fen Bil. Enst.**
Fatura :
Fiatı : **8.5.1991**
Ayniyat No : **14.500.11**
Kayıt No : **1/3**
UDC : **47638**
Ek : **621.3 378.242**

YILDIZ
ÜNİVERSİTESİ
1937

**Türkiye'de Kentsel Elektrikli Ulaşım
Üyet'in Uygulanabilirlik Araştırması**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Nurettin ABUT



İÇİNDEKİLER

1. BÖLÜM: GİRİŞ -----	1
2. BÖLÜM: ÜYET SİSTEMİNİN TANITIMI -----	5
2.1. ÜYET İÇİN ÜST YOL -----	7
2.1.1. SEYR YOLU KİRİŞLERİ -----	9
2.1.2. SEYR YOLU MAKASLARI -----	14
2.1.3. DESTEK KOLONLARI -----	16
2.1.4. DESTEK KOLON TEMELLERİ -----	19
2.1.5. ÜST YÖL ELEMANLARININ MONTAJI -----	21
2.2. ÜYET SİSTEMİNDE İSTASYONLAR -----	22
2.3. SİSTEMİN YOLCU KABİNLERİ -----	26
2.4. ÜYET'DE TAHRİK SİSTEMLERİ -----	39
2.4.1. DA MOTORLU TAHRİK SİSTEMLERİ -----	41
2.4.1.1. ÖRNEK BİR DA MOTORU HESAP YÖNTEMİ-----	45
2.4.1.2. DA MOTORUNUN ELEKTRİK KUMANDA DEVRELERİ	60
2.4.2. LİNEER MOTORLU TAHRİK SİSTEMLERİ -----	65
2.4.2.1. LİNEER ASENKRON MOTORUN YAPISI -----	67
2.4.2.2. ÖRNEK BİR LİNEER MOTOR HESABI -----	75
2.4.2.3. LİNEER MOTOR ELEKTRİK KUMANDA DEVRELERİ	92
2.5. ÜYET'İN KONTROL VE KUMANDA SİSTEMLERİ -----	93
2.6. ÜYET'İN YARDIMCI İŞLETMELERİ-----	104
2.6.1. ENERJİ SAĞLAMA TESİSİ -----	104
2.6.2. BAKIM VE TAMİR ATELYELERİ -----	112
3. BÖLÜM: ÜYET'İN DİĞER YAKIN MESAFE ULAŞIM SİSTEMLERİYLE (METRO, TRAMVAY, TROLEYBÜS, HAFİF RAYLI SİSTEMLER, M.BAHN, PREMETRO, DİSESEL OTOBÜS VE MOTORLU OTOMOBİL GİBİ) KARŞILAŞTIRILMASI-----	114
4. BÖLÜM: SİSTEMİN KULLANIM ALANLARI -----	130
5. BÖLÜM: ÜYET'İN TÜRKİYE'DE UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMALARI -----	132

5.1. İZMİT KENTİNDEKİ MODEL UYGULAMA YOLU -----	134
5.2. İSTANBUL'DAKİ TRAFİK PROBLEMİNE BİR MODEL YOLDA ÜYET DENEME ÇALIŞMASI -----	138
5.2.1. KARADAN TAŞIMA ARAÇLARI -----	139
5.2.1.1. İETT OTOBÜSLERİ -----	139
5.2.1.2. HALK OTOBÜSLERİ -----	139
5.2.1.3. MINİBÜSLER -----	139
5.2.1.4. DOLMUŞLAR -----	139
5.2.2. RAYLI TAŞIMACILIK SİSTEMLERİ -----	140
5.2.2.1. BANLIYO -----	140
5.2.2.2. METRO -----	140
5.2.3. DENİZ TAŞIMA ARAÇLARI -----	140
5.2.4. TAŞIMA ARAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI -----	140
5.2.4.1. SEFER SAYISI VE YOLCU KAPASİTESİ -----	140
5.2.4.2. TRAFİK GÜVENLİĞİ -----	141
5.2.4.3. CADDE YÜZEYİNİN İŞGALİ -----	142
5.2.4.4. TAŞITIN TÜRÜNE GÖRE VERİMLİLİK -----	143
5.2.5. İSTANBUL TRAFİĞİNİN GELİŞMESİ -----	144
5.2.6. ŞEHİRİÇİ TRAFİĞİ ÇÖZÜM ARAŞTIRMASI -----	145
5.3. ÜYET'İN (RAYLI TAŞIMACILIĞI), ENERJİ EKONOMİSİ AÇISINDAN, ELEKTRİK ENERJİSİ DIŞINDA BAŞKA TÜR ENERJİLERLE ÇALIŞAN SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI	147
5.4. TAŞIMACILIKTA KULLANILAN SİSTEMLERİN AMPİRİK BİR İFADEYE GÖRE KULLANILMA GEREKLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI -----	153
5.5. S _e FAKTÖRÜ İÇİN SAYISAL BİR ÖRNEK VE SONUCU -----	162
SONUÇ -----	167
FAYDALANILAN KAYNAKLAR -----	170
ÖZGEÇMİŞ -----	175

Ö Z E T

Bu tezde, ilk bölümlerde kentsel ulaşım araçlarının kent trafiğine etkisi göz önüne alınarak, kentlerdeki toplu taşıma problemi incelenmiştir. Kent içi ulaşımındaki trafik probleminin çözümü için Türkiye'de uygulaması olmayan, üst yollu taşıma sistemi UYET teknik ve ekonomik olarak değerlendirilmiştir.

Daha sonraki bölümlerde; UYET'in, diğer toplu taşıma sistemleri olan ; dizel otobüs, otomobil ve tramvay, banliyö, metro premetro gibi hafif raylı taşıma sistemleriyle karşılaştırılması yapılmıştır.

UYET sisteminin Türkiye'de uygulanmasına örnek olarak, İzmit ve İstanbul'da iki ayrı model yol incelenmiştir. Diğer bölümlerde; toplu taşıma araçlarının hangi tür enerjiyle çalıştırılmasının optimum olacağına ilişkin, uzun bilimsel çalışmalar ve araştırmalar sonucu yeni bir bağıntı ortaya konulmuştur. Ayrıca bir kent için, hangi toplu taşıma sisteminin kullanılmasının bilimsel ve teknik olarak daha iyi olacağını gösteren yeni bir denklem oluşturulmuş ve örneklerle optimum çözümün doğruluğu kanıtlanmıştır.

SUMMARY

In the first part of this thesis traffic problems of mass transportation systems in urban area were searched. Economical, technical and satisfactory solution of transportation problem with ÜYET overhead cabin system, that are not applications in Turkey, have been researched.

It is the aim of the ÜYET development to create a means of transport that is track-bound and thus capable of being automated. It has a private right-of-way without any intersections which can be constructed with low capital investment and permits of rapid erection without lengthy obstruction of road traffic.

For the integrated mass transportation with ÜYET for towns of Turkey have been searched. There are two research road in this study. One of them is in İzmit and the other is in Istanbul.

In the other parts of this thesis a new original formula is came out at the result of long time researching studies. This formula have been determined energy kinds of mass transportation systems. Energy optimisation of transport system is determined by this formula.

In addition to this formula, an another original equation have been came out according to comfortable of transportation system. This equation have been proved with numerical examples.

YENİ BİR TOPLU TAŞIMA ARACI (OST YOLLU YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ: OYET)

I. BÖLÜM : GİRİŞ

Çağımızda nüfusun hızla artışı sonucunda yoğun şekilde şehirleşmeye gidilmektedir. Özellikle Türkiye'nin sanayileşmekte olması nedeniyle şehir ve kasabalar kalabalıklaşmakta, dolaşımıyla modern toplum hayatında problemler de beraberinde gelmektedirler. Şehir hayatı kalabalık olunca; yaşam, sağlık ve ekonomik bakımdan birçok problem ortaya çıkmaktadır. Özellikle nüfusun yoğun olduğu şehirlerde, işyerleri ve nüfus bakımından yoğun alanlar; gürültü, yer darlığı, şehir planlaması ve hayat akışı yönünden iç içe olamamaktadırlar. Bunun sonucu olarak da; nüfus bakımından yoğun alanlar veya sanayi yerleri şehir dışına taşınmaktadırlar.

Modern endüstrileşmenin doğal sonucu olan bu yerleşim farklılıkları, kalabalık nüfusa sahip şehirlerde hareket eden,gezen nüfus oranını daha da arttırmaktadır. Hareket eden bu yoğun insan kütlelerinin gerek işyerleri veya evlerine gidip gelmeleri, gerekse şehir içi seyahatleri en başta zaman, insan faktörü ve ülke ekonomisi gibi birçok faktör açısından önem kazanmaktadır.

Böyle gelişmiş ve gelişmekte olan bir bölgede yaşayan halkın seyahat edeceği yere gitmesi için seyahat araçlarından,konfor

ve ekonomiklik açısından en iyi olanını tercih edeceği açıktır. Böyle taşınan nüfustan dolayı şehir trafiğinin durumu da aynı oranda önem kazanmaktadır. Bu bakımdan mahalli idareler, bu seyahatlerin şehir trafiği açısından problem olmaması için önlemler alarak bireysel taşıma yerine toplu taşıma araçları sefere koymaktadırlar.

Ülke ve teknolojilerin gelişmesiyle dünyada enerji ihtiyacı da artmaktadır. Taşıma işleminde enerji önemli bir faktör olduğundan; ülke ekonomisi ve enerji harcama bakımından da taşıma araçlarının önemi artmaktadır. Taşıma araçlarında kullanılan enerji; var olan ve ucuz enerji ise büyük rahatlama, az bulunan ve pahalı türden ise ek yük getirmektedir.

Şehir içi ulaşımında trafik kargaşası ve bunun insan sağlığı ve psikolojisi üzerindeki olumsuz etkisi elektrikli toplu taşıma araçlarının düşünüldüğünü gerektirmektedir. Özel araba ve taşıt trafiğinin artması sonucunda şehir içi, duran ve hareket eden araçlarla kaplı duruma gelmekte, oto ve diğer parklarda yer bulmak güçleşmektedir. Zemin yolların ve caddelerin bu durumundan dolayı yakın mesafe taşınmasında yeraltı yolları düşünülmüş, fakat ekonomiye belli bir yük getirmesi nedeniyle şimdilik vazgeçilmiştir. Trafik yoğunluğunun bu durumuyla karşı karşıya kalan şehircilik ve trafik uzmanları ve toplu taşımacılar adeta havadan taşınmanın bile yollarını araştırmışlardır.

Yol trafiğinin böyle yoğunluğundan dolayı ikinci bir yol yapılarak bu ikinci yolun üstünde toplu taşıma yapılması da ekonomiklik ve doğal güzellik açısından şehircilikte gelişmiştir.

Bütün bu nedenler göz önüne alınarak trafik yönünden şehir trafiğini engellemeyecek, gürültüden dolayı olumsuz etkileri olmayacak, hız ve zaman kaybı bakımından var olan sistemlerden daha avantajlı, kuruluş ve işletme zorluğu olmayan, personel giderleri az, otomatik ve programlı işletmeye uygun,

enerji yönünden, hava kirliliği, doğal güzellik ve emniyet bakımından çok avantajlı UYET-Üst Yollu Yakın Mesafe Elektrikli Toplu Taşıma sistemi diye adlandırılan H-BAHN modeli 1970'li yıllarda Almanya'da tasarlanmış ve kurulması için deneme çalışmaları yapılmıştır. (6) Bilhassa dünya çapında yaşanan petrol krizi, bilim araştırmacılarını yeni enerji kaynakları bulmaya ve bunları kolay kullanılır duruma getirme çalışmalarına yöneltmiştir. Bunun doğal sonucu olarak elektrik enerjisi, özellikle taşımacılık alanında önem kazanmıştır. Trafik rahatlığı gibi avantajlarından dolayı elektrikli toplu taşıma tercih edilmeye başlanmıştır.

UYET'in kuruluşunun kısa süreli yapımının ucuz ve kolay olması da diğer taşıma sistemlerine göre tercih edilmesine neden olmaktadır. Hava ve çevre kirliliği bakımından hiçbir olumsuz etkisi olmamakla beraber, gürültülü olarak da insan sinirleri üzerine etkisi diğer sistemlere oranla yok denecek kadardır.

UYET Üst Yollu Yakın Mesafe Elektrikli Ulaşım Sistemi son derece modern bir sistem olup tamamen otomatik kumanda ile işletilmektedir. Bir modern hızlı yakın mesafe elektrik ulaşım sisteminden istenen; konfor, emniyet, sür'at gibi bütün nitelikler vardır (1).

Üst yollu bu taşıma sisteminde, yolun eğim ve eğrilik yarıçapına göre, tahrik düzeni ve tahrik şekli değiştirilebilmektedir.

UYET'in kurulmasına başka faktörler de neden olmuştur. Hemen hemen şehirlerdeki bütün yollarda zararlı egzoz dumanları çıkaran yanmalı motorlarla yapılan taşımacılık, kalabalık şehirlerde hava kirliliğini dayanılmaz hale getirmektedir. Ayrıca her gün artmakta olan karayolları araçları da bunu olumsuz yönde etkilemektedirler. Temel neden, yeterli toplu taşıma sistemlerinin işletmeye alınması iyi tasarlanmadıkça; hava kirliliği, trafik kazaları, cadde ve yollarda trafik tıkanma problemi gittikçe artacaktır (21).

Son zamanlarda yüksek kapasiteli yeraltı raylı kütle taşımacılık sistemi (metro)nin bu tip şehirlerin taşımacılık problemlerini çözebileceği tartışmaları yapılmaktaydı. Fakat fizibilite etüdüleri ülkenin kısa zamanda, altından kalkamayacağı yatırım masraflarının olacağını ortaya çıkarmaktadır (10).

Bu nedenler göz önüne alınarak; mevcut trafiği aksatmayacak, kuruluş masrafları büyük bir toplam ortaya çıkarmayacak modern, hızlı, kısa zamanda kurulabilecek bir sistem tasarlanmıştır. ÜYET Üst Yollu Yakın Mesafe Elektrikli Toplu Taşımacılık Sistemi bu amaçla geliştirilmiştir. Bu sistem taşımacılık problemlerinin daha kısa sürede, daha kolay çözümünü sağlayabilecektir (3).

2. BÖLÜM : ÜYET SİSTEMİNİN TANITIMI

Şehir merkezlerinde, artan nüfusla orantılı olarak yoğun yolcu taşımacılığı problemlerini çözmek üzere ekonomik taşımacılık olarak ortaya çıkan ÜYET Üst Yollu Yakın Mesafe Elektrikli Toplu Taşıma sistemi, bitişik veya tek olarak bulunan yolcu kabinlerinden oluşmuş yüksek seviyeli destekleme kolonlarına monte edilmiş, kapalı bir kirişe asılmış bir taşıma sistemidir.

ÜYET'in bir modeli olan H-Bahn yeni bir yakın mesafe ulaşım aracı olarak, şehir merkezleri ve orta büyüklükteki kentler için Siemens AG ve DÜWAG Uerdingen Vagon fabrikası tarafından ortaklaşa geliştirilmiştir.

Önce 180m. uzunluğundaki deney yolu DÜWAG'ın Dortmund'daki sahasında 1974 yılı sonunda işletmeye alınmış, sonraki gelişmeler sonucunda 1976'nın ikinci yarısından itibaren Erlangen'deki Siemens'in Araştırma Merkezinde yaklaşık 1,5 km uzunluğunda bir deney yolu düzenlenmiştir. Burada tam otomatik kumanda sistemleri ve lineer motorlu veya döner elektrik motorlu tahrik düzenleri denenmiştir. Bu deney yolu 5 makaslı inişli-çıkışlı, çeşitli eğrilik yarıçaplı, 3 duraklı, 6 taşıtlı ve bekleme salonundan oluşmuştur.

ÜYET'in amacı; raya bağlı otomatik kumandalı bir trafik aracı ortaya çıkarmaktır. Sistemin yolu; az giderle ve mevcut

trafiği uzun süre aksatmayacak şekilde kısa sürede kurula - bilmektedir (29) .

Genel olarak ÜYET sistemi aşağıdaki karakteristik niteliklere sahiptir:

- Normal zemin trafiğinden ayrı yolu, zemin trafiğinin olumsuz etkilerinden etkilenmeyecek yeterli sayıda üst yol hat sayısı, sık sık servise çıkma ve kısa seyahat süresi ile trafiği aksatmayacak başka bir trafik düzeyinin var olması.
- Şehir görünümüyle uyum içinde olması, dikkat çekmeyen kalıcı yapı ve çok iyi dinamik performans gösteren asma kabinlere sahip bulunması.
- Hattın kuruluş süresinin kısa olmasını ve maliyetini düşük tutan prefabrik imal edilmiş hat elemanlarının varolması.
- Kabin ölçülerinin yolcu sayısına göre çeşitliliği, 16 ile 80 yolcu (4 kişi/m²) için tek kabinler ve 356 yolcuya kadar taşıma kapasiteli kabin trenleri, bulunması, bir yönde saat başına 10.000 yolcudan fazla bir trafik hacmini kaldırabilecek kapasitede bir sistem olması.
- İyi korunmuş raylar, taşıt hızı ve hareket hattı için konmuş monitörlü güvenlik sistemi, tüm taşıtlarda kullanılan ve tehlike anında otomatik devreye giren yaylı frenler gibi donanım sayesinde sağlanan güvenli sistemlerinin bulunması.
- Modern haberleşme ve gözetleme (monitör) donanımıyla bir işletme kontrol merkezinden gözetlenebilen işletme imkanının varoluşu.
- Bütün donanımların, uzun bir servis ömrü ve küçük bakım için dizayn imkanının olması.

- İşletmenin hem otomatik hem de manüel olarak kontrol edilebilirliği.

Bu özelliklerin dışında, cer donanımı, raylar ve diğer parçalar işletme güvenliği için sudan korunmuşlardır.

UYET sisteminin ray kirişlerinin kasa kesiti; seyir yüzeyleri, donanımın diğer elemanları ve yolcu vagonlarının tahrik üniteleri, koruyucu bir kaplamayla korunurlar. Ray kirişleri, fabrikalarda uygun donatılmış olarak üretilirler. Daha sonra bunlar, çelik veya betonarme olan destekleme kolonları üzerine çabuk monte edilebilirler (30).

Yolcu vagonları Şekil: 2.12'de görülmekte olan kabin çeşitlerinden biri olabildiği gibi, mafsalla birleştirilen birden fazla kabinli olanları da kullanılmaktadırlar. Taşıtların işletmeye açıldığı yolda % 6'ya kadar olan eğimli güzergahlarda tahrik motoru olarak döner tekerlekli DA motorlar kullanılmaktadır. Hat eğimi % 15'e kadar olan güzergahlarda ise tahrik motoru olarak lineer asenkron motor kullanılmaktadır. Şekil: 2.21 ve Şekil: 2.33'den görüldüğü gibi, tahrik motorunun türüne göre sadece mekanik donanımda bazı değişiklikler vardır.

Otomatik çalışmalı bir hızlı taşıma sistemi; yüksek derece işletme güvenliği ve bütün elemanlar da güvenilebilir özellikte olacak şekilde dizayn edilir (3)(8).

2.1. UYET İÇİN ÜST YOL

Yüksek kapasite ve çekiciliği ile yeni bir hızlı yakın mesafe taşıma sistemi olan UYET'in en önemli niteliği kendine özgü seyr yoluna sahip olması ve cadde üzerindeki 2. düzleme yerleştirilmesidir. Üst seyr yolunun; taşıma kirişleri, destek kolonları ve temelleri gibi elemanlarının ekonomik boyutlandırılmasına özel bir önem göstermek gerekir. Çünkü

bunlar yatırım giderlerinin % 60'lık bir bölümünü oluşturmurlar.



Şekil: 2.1. ÜYET'in kabin ve yol görünüşü

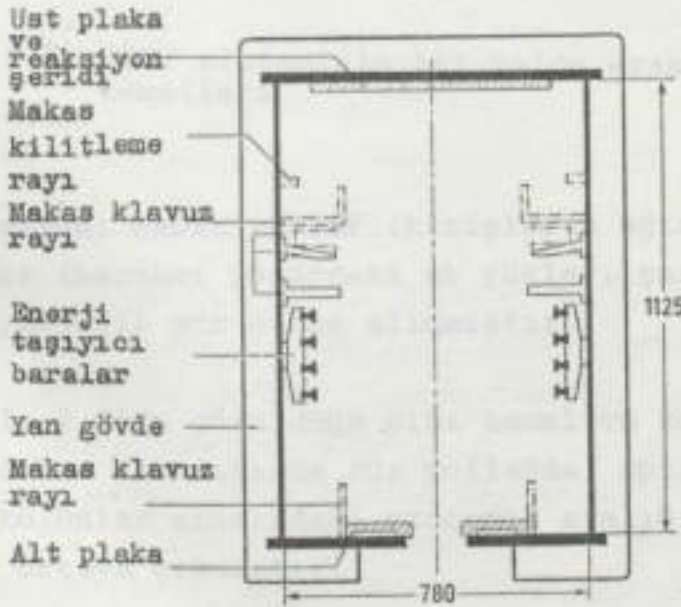
Seyr yolunun yapısı da, özellikle yerleşim bölgelerinden geçtiği yerlerde görünüş ve doğal güzellik açısından önem taşır. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi yerleşim bölgelerinden geçen seyr hattının en ideal görünen şekli, bölgenin fotoğraflarına montajlar yaparak elde edilebilir. Bu yüzden amaç, olabildiği kadar hoş ve güzel görünen bir tasarımı gerçekleştirmektir.

Bu konuda çeşitli görüşler öne sürülmüştür. İyi bir trafik düzenlemesi, bütün kentlerde binaların değerlerini arttırdığı halde, ev sahipleri ÜYET'in kurulmasıyla doğal güzellik, gürültü ve güvenlik açısından binalarının değerinin azalacağından endişe etmektedirler. En iyi ne şekilde uyabildiğini görebilmek için film montaj tekniği kullanılmalıdır (5).

2.1.1. SEYR YOLU KİRİŞLERİ

Askılı kabin sistemi olan ÜYET sisteminin tahrik ünitelerini içine alan, küçük dış boyutlu bir taşıma seyr yolu kirişi mümkün olmaktadır. Bu yol kirişlerinin alt bölümünde kabinlerin askı donanımı için bir yarık bulunmaktadır.

Tahrik sistem üniteleri; makasları hareket ettirip çalıştıran mekanizma ve hareketli bölümlerle taşıma yolu kirişlerinin iç bağlantıları arasındaki mekanik ve elektriksel güvenliği sağlamak için göz önüne alınan boyut ve ölçüler, yol kirişinin iç boyutlarını dizayn etmede önemli faktörler olduğu kabul edilir. Şekil: 2.2'de görüldüğü gibi tamamıyla kapalı kutu şeklindeki yol kirişinin 780 x 1125 mm'lik kesitine kiriş elemanlarının yerleştirilme şekli gösterilmektedir.

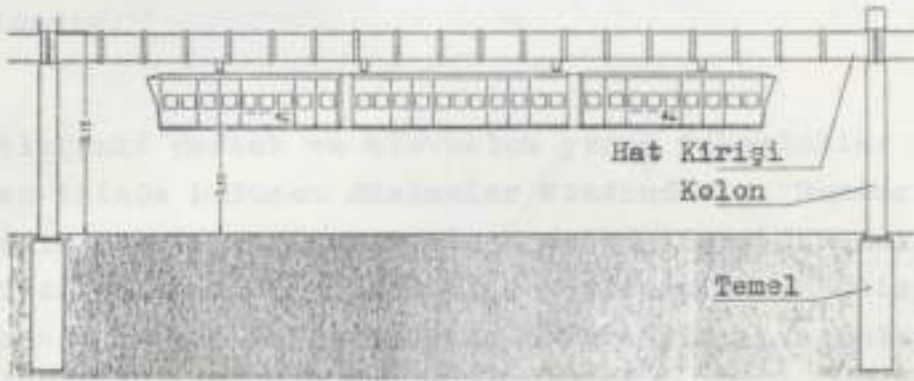


Şekil: 2.2. ÜYET üst yolunun kesit şekli

2 m aralıklı ve destek çatılı, tamamıyla metal kaplı kapalı kutu şeklindeki seyr yolu taşıma hattının, bütün sistem göz önüne alındığında en ekonomik çözüm olduğu ortaya çıkar. Takviyeli betondan yapılacak kirişler belki biraz daha ucuza imal edilebilir. Fakat böyle kirişler de makaslar ve eğriler

problem çıkartabilir. Ayrıca bunların, metal kirişlerden daha fazla olan ağırlığı ise; destek kolonlarının ve temellerinin dizaynına yapacağı etkiden dolayı, bu elemanların fiyatını arttıracaktır.

Bu kirişlerin konstrüksiyonunda esas olarak Federal Alman Demir yollarının, Çelik Demiryolu Köprüleri yönetmelikleri (DV 804 ve DV 848) alınmıştır.



Şekil: 2.3. UYET sisteminin iki kolon arasındaki kabin ve temelleri

Tasarımda; sabit yükler (kirişlerin ağırlığı) ve hareketli yükler (hareket yönündeki ek yükler, çarpaz yükler ve rüzgar yükleri) göz önüne alınmıştır.

Şekil: 2.3'de görüldüğü gibi temel ve kolon maliyetleri de göz önüne alındığında düz yollarda, optimizasyon sonucu olarak kolonlar arasındaki ekonomik aralığın yaklaşık 30 m. olduğu ortaya çıkmıştır.

Hassas titreşimler üzerinde yapılan incelemeler; seyahat rahatlığı için kirişin sapsmasına bir sınırlama getirilmesinin gerekli olmadığını göstermiştir. DIN 17100'e göre, St 52 çeliği için verilen basınçlar kullanılabilir. Bu çelik için: çekme kuvveti $52-62 \text{ kgf/mm}^2$, esneme noktası 36 kgf/mm^2 ve kırılma uzaması % 22 kullanılabilir. Bu özelliklerden dolayı,

daha kaliteli olan bu maddeyi kullanarak, kirişin sabit ağırlığını minimumda tutmak mümkündür.

Kirişler destekli olarak tasarlanmıştır. Yani kenetlenmeden iki destek üzerinde durmaktadır. Sıcaklık etkileri göz önüne alınarak hiçbir ek basınca meydan vermeyecek şekilde üretilmiş ve yataklar sırasıyla sürekli olarak biri sabit iken diğeri hareketli, diğeri hareketli iken öbürü sabit olabilecek şekildedir.

Taşıtlardaki destek ve klavuzluk yapan tekerlekler yol kiriş kutusu içinde bulunan düzlemler üzerindedir. Bunlar özel yön-temlerle ayarlanabilen raylar üzerinde hareket ederler. İç boyutlar ve sayahat yönündeki dalgalanmalardan dolayı kiriş yapısında hassas konstrüksiyon toleranslarının bulunması gerekmektedir.

Yol kirişinin iç yapısı da montaj yapılacak yere gelmeden tamamlanır.

Akım Taşıyıcı Raylar (Baralar)

Ust yol güvenlik sistemi için güvenlik anahtarı,
Kabinlerin pozisyonları için dipol magnetleri,
Hız profili denen dipol magnetleri ve
Makas hareket magnetleri
gibi parçalar, kiriş içinde kaynakla tutturulmuş saplamalara vidalanır. Yol kirişleri, montaj edilecek bölgeye; astar boyaları çekilmiş, prefabrik parçaların tümü hazır olarak taşınır.

Yol hat güzergahı düzenlemesinde, değişik istekleri karşılamak için değişik tipte birçok kirişe ihtiyaç vardır.

Bu kiriş çeşitleri genel olarak;

Düz kirişler,

Yay şeklindeki eğik kirişler,

Geçiş kirişleri,

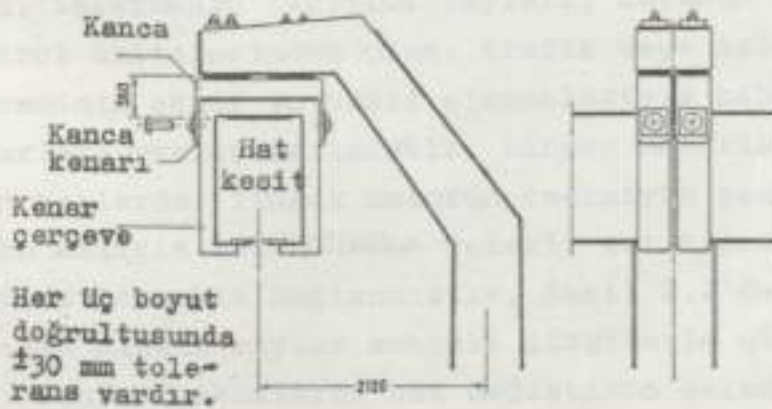
Makaslar, Eğimler ve eğim bağlantıları, Boşluk eğrileri (eğim veya eğim içi kavislerdeki geçişler), gibi bölümlere ayrılabilir.

Kirişler imal edilirken, var olan yerli kaynaklar göz önüne alınarak optimizasyon ve ekonomiklik bakımından en uygun giriş tipi seçilir.

Örneğin, bir sistemde 8 adet eğrilik yarıçapı göz önüne alınarak dizayn düşünülürse:

R: 30, 40, 60, 80, 100, 150, 250, 500 m'lik eğrilik yarıçapları olan hat kavisleriyle, hassas bir hat güzergahı dizayn etmek mümkündür (5).

ÜYET sisteminde seyr yolunun en küçük kavis çapı 30 m.dir. Kirişler birleştirilmiş çelikten yapılmıştır. Çelik destekli betondan da yapılabilir. Fakat bu tip bir giriş, ağır olacaktır. Dolayısıyla, daha sık aralıklarla destek gerektireceğinden ekonomik olmayacaktır. Kirişlerde 90° 'lik kavisler olabilmektedir. Fakat bu yerler için değişik tip kirişler kullanılır.



Şekil: 2.4. ÜYET yolunun kolon konsoluna yerleştirilmesi

Seyr yolu girişi içine aynı zamanda; Hareket klavuz rayları, Reaksiyon şeridi (Lineer motorlu tahrik sistemlerinde), Kont-

rol donanımına 3 fazlı elektrik enerjisi sağlayan hatlar, Kontrol fonksiyonları ve bilgi akışı için aktif alıcılar, pasif ileticiler (transmitterler) ve antenler yerleştirilir.

Seyr yolu kirişleri destek kolonlarının dirsek bölümüne monte edilir. Şekil 2.4'den görüldüğü gibi, içinde ray ve diğer donanım bulunan seyr yolu kirişleri, destek kollarının dirseklerine yerleştirilen kancalar aracılığıyla sütunlara monte edilir. Kancaların pozisyonu, kolonlarda kavis durumu ve söküp takılabilme için 30 mm.lik bir ayar durumu olacak şekilde yapılır. Bu kancalar, kolonlar dikilmeden yerleştirilir. Böylece ikinci defa vinç kullanılmasına gerek kalmaz. Kirişlerin sabitleştirme işinde sadece 4 bağlama gerekir.

Kiriş yüzeyinde, bükülmeleri önlemek için kaynaklı çelik konstrüksiyon destekler kullanılır. Lineer motorla tahrik edilen sistemlerde kirişin üst bölümü magnetik olarak geri çekilme etkisi gösterir. Çünkü lineer motor statoru üst kısımdadır.

Şekil 2.2'den görüldüğü gibi seyr yolu, kutu şeklindedir ve altında bir yarık bulunmaktadır. Bütün çevresi çelik plakalarla dikdörtgen şeklinde dizayn edilen ray kutusu ve çerçevesi ince plakalarla kaplanmıştır. Değiştirilebilir özellikte olan, işletmenin taşıyıcı rayları, kutunun alt bölümündedir. Kontrol ünitelerinden olan, trafik veya işletme kontrol sisteminin aktif ve pasif elemanlarıyla haberleşme anteni yan duvarlara yerleştirilmiştir. Lineer motorla tahrik yapılacak olan hatlarda; lineer motorun reaksiyon şeridi, kutu şeklindeki bu kirişin üst bölümüne yeterli ısı transferini yapabilecek şekilde kaynakla bağlanmıştır. Şekil 2.2'de sadece makaslarda çalışan klavuz raylar noktalı çizgilerle gösterilen elemanlardır. Bunlar makaslarda hat değiştirme anında görev yaparlar(6).

Kiriş kutusunun tavan altına kaynakla tutturulan ve tunçtan (Cu + Zn alaşımı) yapılmış olan şerit, lineer motor tahrik sistemlerinde reaksiyon şeridi olarak görev yapar. Yan duvar-

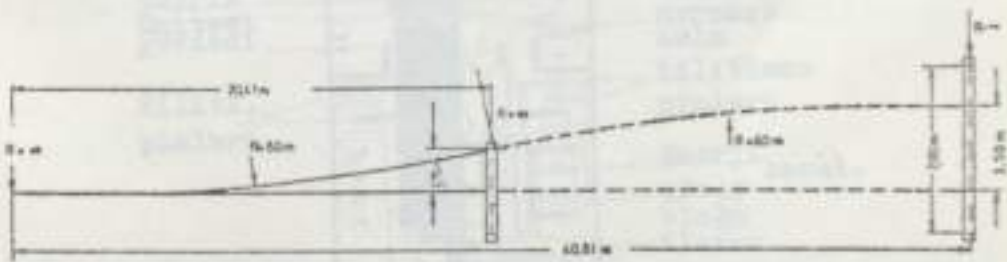
lar, donanımı dış etkilerden koruduğu gibi, taşıtları besleyen üç fazlı elektrik enerjisini, ileten akım raylarını da taşırlar. Bu rayların üst bölümündeki boşlukta; kabin bilgi aktarma sistemi, hız kontrol sistemleri, üst yol aktif ve pasif elemanları ile uygun haberleşme antenleri vardır.

Maksimum güvenceli statik ve dinamik yükleme ihtiyacı göz önüne alınacak biçimde, bu yüklere cevap veren, fakat aşırı şekilde gereksiz boyutlardan kaçınılarak, kirişin kutu boyut dizaynı yapılır (5).

2.1.2. SEYR YOLUNDAKİ MAKASLAR

Makaslar, kabinlerin hat değiştirmesinde görev yapan ray ve hat elemanlarıdır. Tam kapasiteyle çalışan araç için ani geçişlerde makasların önemi oldukça büyüktür. Makas yol kirişi, araçtaki makas kulavuz tekerlekleri ve klavuz yollar şeklindeki donanım ile donatılmıştır. Aracın tahrik donanımı makas boşluğundan geçerken yönlendirilir. Çünkü makas geçişinde bütün ağırlık, donanımın sadece tek tarafındaki destek tekerlekleri üzerine biner.

Makastaki tek taraflı istenmeyen yüklerden dolayı, uygun toleranslı yapım için özel dikkat gereklidir.

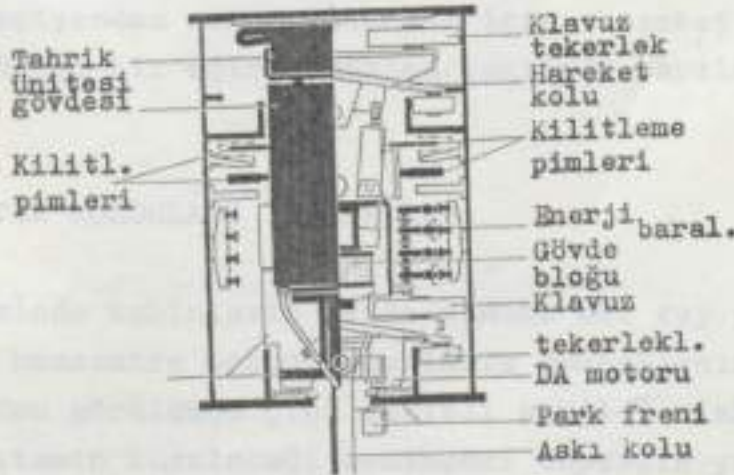


Şekil: 2.5. Paralel hatların makas noktasında birleşmesi

Demiryollarında olduğu gibi, makaslar özel mekanizmayla desteklenirler. Şekil 2.5'ten görüldüğü gibi makas yerlerindeki hatların, birleşme noktası yakınında paralel olması gerekiyorsa, bu hatlar arasında en az 3,5 m aralık olmalıdır (5).

Hem lineer motor tahrikinde ve hem de döner motor tahrikinde kullanıldığında; üst yol girişindeki makaslar, hareket dişli donanımlarıyla mekanik uyum içinde istenilen yönde hat değiştirilmesini sağlarlar.

Şekil 2.6'dan görüldüğü gibi, mekanik tipte olan hareket dişli donanımı yani tahrik donanımı, makaslarla uyum içinde çalışırlar. Mekanizmalara uygun olan giriş makasları hem taşıt ve hem de hattın durumuna göre istenildiği gibi yerleştirilmesi mümkündür. Şekil: 2.6'da kesit olarak tahrik Ünitesi bloğu görülmektedir. Birbirine çelik kollarla bağlanmış çelik çekerlek vasıtasıyla klavuzluk yapar. Bunlar, bir hareket donanım takımı oluşturur. Çelik tekerlek, teker izlerinin yan tarafındaki raylara klavuz olarak yardımcı olurlar. Yani harekete klavuz olarak yardımcı olurlar. Yani hareketin klavuz yola adaptesini sağlarlar. Aynı zamanda taşıtın önceden belirlenen çalışmasını korurlar. Herhangi bir tehlike olmadan taşıtın çalışmasının devamında taşıtı tutarlar. Üst klavuz rayların üzerinde bulunan ve giriş kasasına montajlı çelik çubuk, bu donanımı, makaslarda koruma görevi yapar.



Şekil: 2.6. Makastan geçişi gösteren tahrik ünitesi ve yol kesiti

Tahrik sistemi Ünitesinin sağında veya solunda yer değıştirilebilen ve kiriş kasasına monte edilmiş bu donanım taşıtın istenilen yönü seçmesine yarar. Kirişin sağı veya soluna yerleştirilen çelik mekanizma taşıtın makaslardan geçişinde tahrik Ünitesine yön verir. Ray hattına sabit olarak yerleştirilmiş saptırıcılar (deflektörler), makaslardan geçişlerde, bu çelik tekerleklerin pozisyonlarının doğruluğunu sağlarlar. Makaslardan güvenli geçişi sağlamak için, gerekli donanımı basitleştirmek amacıyla, taşıtın yönünü kontrol edecek donanım, yine ray hattına yerleştirilmiş ve hareket edebilir nitelikte olan saptırıcılar konmuştur. Bu saptırıcılar Şekil 2.58 de görülmektedir.

Makaslardan geçişte kilitleyici baralara ek olarak ÜYET makasları, doğrultucu mafsal tekerlekler kullanılarak desteklenmiş saptırıcı deflektörlerle donatılmıştır. Trenlerin çalışmasında olduğu gibi taşıt ve kabin hareketinde tekerleklerin düzgün (üniform) hareketini sağlamak amacıyla, rayların ayrılmaya başladığı yerin hemen ucuna hareketli saptırıcılar yerleştirilmiştir. Özellikle hareket edebilen saptırıcıların kilitlenmesi ve dikkatlice monitorlarla gözetlenmesinden başka ek bir güvenliğe gerek yoktur. Ana tekerleklerin makastan geçişinden sonra kalkması için, hareket raylarının kenarı pürüzsüz bir eğimli düzlem şeklinde yapılmıştır (5).

2.1.3. DESTEK KOLONLARI (DİREKLER)

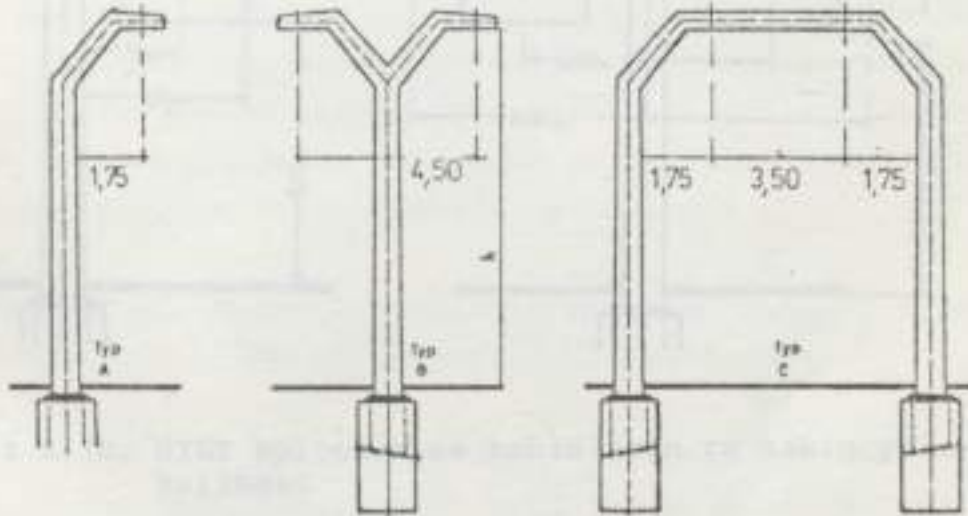
ÜYET sisteminde kabinlerin asılı olduğu üst ray yolu kirişi çelik veya konsantre beton kolonlarla desteklenir. Şekil 2.7a ve 2.7.b.'den görüldüğü gibi çeşitli şekilde olabilen tipleri vardır. Sistemin kurulacağı zemindeki toprağın yapısına göre temel yapısı belirlenir.

Bu yapı genelde, küçük bir platform şeklinde düzlemsel veya dik olarak kurulur. Bu destek kolonlarının normalde boyları

dokuz metre ve asılan kabinin alt kısmıyla sokak veya cadde zemini arasındaki mesafe 4,5 metre olur. Bununla beraber, engebeli ve eğimli zeminlerde veya lokal şartlarda sistemin uyumu için, daha uzun veya daha kısa kolonlar kullanılabilir.

Üst yol kirişi, temeldeki çökme ve bunun gibi etkilerin olumsuz sonuçlarının ortaya çıkması için bir süre beklendikten sonra, destek kolonlarına monte edilir. Bu montaj da uygun şartlarda yapılır. Dik olarak kurulan temel tipi 1,5 m. lik bir çapa sahiptir.

Şekil 2.7'den de görüldüğü gibi, değişik tiplerde yapılan destek kolonları, çelik veya güçlendirilmiş betondan olabilir. Çelikten yapılmış kolonlar, kesit olarak taşıyabileceği

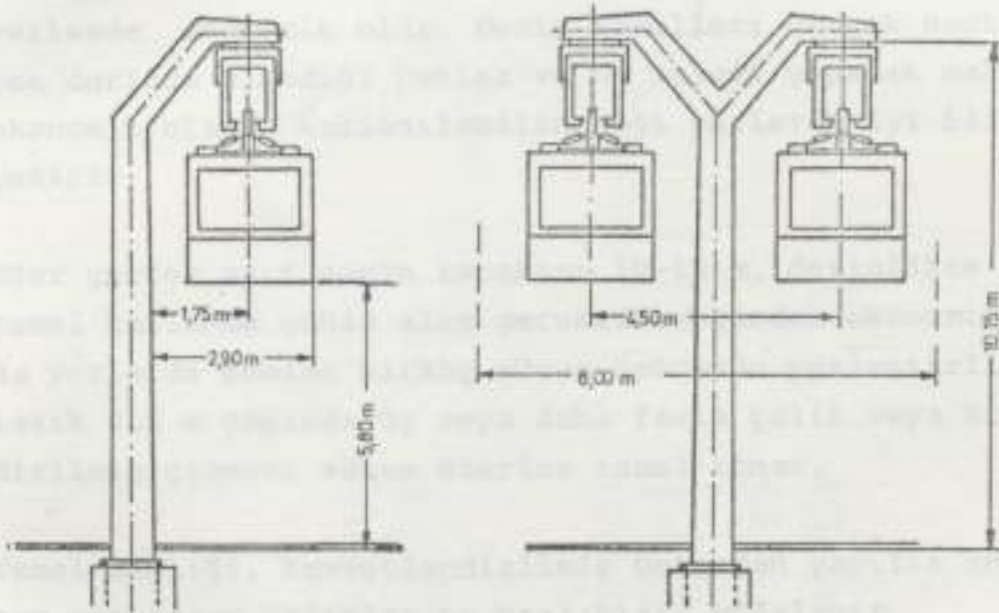


Şekil: 2.7a. ÜYET kolonlarının çeşitli tipleri

yüke göre, beton kolonlara oranla daha ince fakat daha pahalıdır. Her iki tipteki kolonların, sistemin kurulacağı şehirdeki lokal şartlara göre, seçimi yapılır. Sistemin her yerinde sadece bir tip yapıdaki kolonlar kullanılacağı gibi, her ikisi de beraber aynı sistemde kullanılabilir. Bunu tamamen bölgenin şartları belirler. Her iki tip kolonlar da dik temel veya geniş düz tipli temeller üzerine konulabilir. Bu

temel tipinin seçimini de bölgenin şartlarıyla toprağın durumu belirlerler.

Destekleme kolonları, giriş yüklerinden oluşan kuvvetlerden etkilenir ve bu kuvvetleri temeller yoluyla zemine iletirler. Çift raylı hatlar için; en ekonomik yapı, ölü yükler nedeniyle kolonun alt kısmında bükülme momentleri olmayan, T şeklindeki kolon tipidir.



Şekil: 2.7b. UYET kolonlarına kabinlerin ve kabin yolunun asılması

Değişik tipte olan bu kolonlar, yuvarlak ya da dikdörtgen kesitli olabilirler. Yuvarlak kesitli kolonların maliyeti üretim ve hammadde bakımından çelik tipte olanlardan daha düşüktür. Prefabrik olan çimentodan yapılan bu kolonların bakımı da daha az gider gerektirir.

Bununla beraber, aynı işi görececek çelik kolonlardan daha büyük boyutta kesite sahiptirler. Buna karşın, çelik kolonlar daha hafif ve montaj kolaylığı bakımından daha avantajlıdır.

Destek kolonları, ray hat kirişi ve kabinler ÜYET'in profilini oluştururlar. Taşıtın rayları arasındaki uzaklık; kabin yaylanma, deformasyonlar, tolerans, aşınma ve sürtünme eğilimleriyle sabit yapı arasında bırakılması gereken 150 mm.lik güvenlik açıklığı, bu faktörler tarafından belirlenir.

2.1.4. DESTEKLEME KOLON TEMELLERİ

Temeller esas olarak; düz veya derin temel tipinde olmaktadır. Düz temeller; az derinlikte sert zeminin bulunduğu yerlerde ekonomik olur. Derin temeller; gerçek sert zeminin çok derinde olmadığı yerler ve bu işlemi yapacak makinelerin ekonomik olarak kullanılabilineceği yerlerde iyi bir çözüm getirir.

Eğer gerçek sert zemin tabakası 10-15 m. derinlikte ise düz temel kullanma geniş alan gerektireceğinden ekonomik olmaz. Bu yerlerde zemine birkaç sütun üzerinde yerleştirilir. Yaklaşık 0,5 m çapında üç veya daha fazla çelik veya kuvvetlendirilmiş çimento sütun üzerine temel konur.

Temel başlığı, kuvvetlendirilmiş betondan yapılır veya çelikten yapılacak kolonlar bu başlıklara vidalanır.

Temelleri zemine yerleştirmeden önce zemin hakkında taşıma gücü ve mukavemetiyle ilgili bilgiler elde edilmelidir. Örneğin, DIN 1054'de bu konuda:

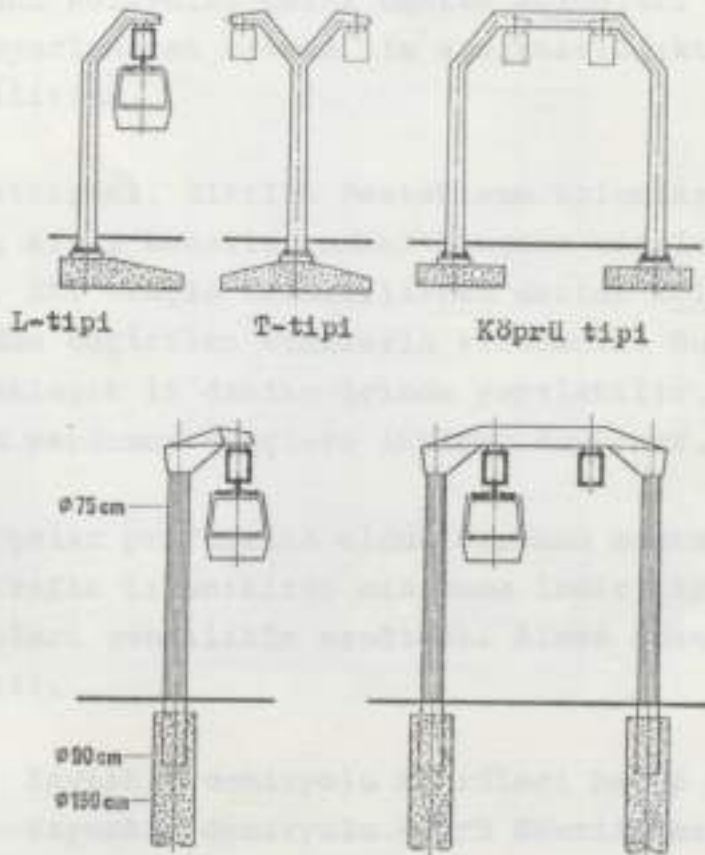
"İnşa planları hazırlanmadan önce, yani zemine oturacak yapı tipinin, temel derinliğinin, temel tipinin ve boyutlarının belirlenmeden önce, temel kazıklarının oturduğu zemin bilgileri elde edilmiş olmalıdır" denilmektedir.

Lokal deneyimler bilgi için yeterli olmazsa, zemin tabakasının tepisi, niteliği, derinliği, yatacağı ve kalınlığı; deney

çalışmaları, sondaj kuyuları ve ses deneyleri yapılarak tesbit edilmelidir.

Yapı prefabrike olacağından arazi araştırmasının hassas olması özellikle istenir. İnşa süresindeki kontroller diğer alışılmış kontrollardan daha geniş yapılır.

Şekil 2.8'de yuvarlak, düz ve dik şeklindeki temel tipleri görülmektedir. Bunun seçimi tamamen bölgenin zemin şartlarına bağlıdır.



Şekil: 2.8. Zemin yapısına göre seçilebilen kolon temel tipleri

2.1.5. ÜST YOL ELEMANLARININ MONTAJI

Çelik veya betonarme tipte seçilen destekleme kolonları, seçilen temel tipine göre, farklı şekilde monte edilirler. İstenilen yükseklikte kolonlar temel üzerindeki levhaya yerleştirilir. Konsol kirişleri halkalar vasıtasıyla ayarlanarak kolon ayağıyla kol boşluğuna enjeksiyon yapılır. Destek kolonları böylece 5-10 günlük bir beklemeden sonra yüklenebilir.

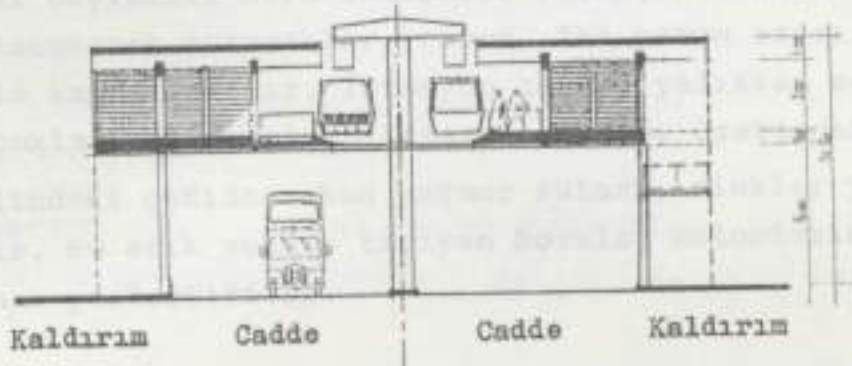
Çelik destek kolonlarının hafif olması ve birleştirme, vidalar ile güvenli olarak yapılabilirdiğinden, bu kolonların dikimi daha kolaydır. Çelik destek kolonları takoz ve krikolarla ayarlanarak civata ile sıkıştırıldıktan hemen sonra yüklenebilirler.

Üst yol kirişini, dikilen destekleme kolonlarına yerleştirmek için, kiriş kenarlarındaki mengene vidaları önceden hazırlanır. İki vinçle kaldırılırken destek kolonlarının deliklerinden geçirilen vidalarla vidalanır. Bu kaldırma ve montaj yaklaşık 15 dakika içinde yapılabilir. Yol kirişi ayağı için yardımcı vinçlere ihtiyaç duyulmaz.

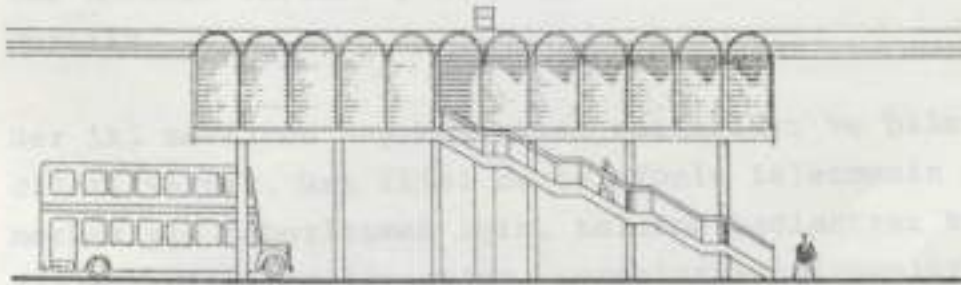
Bütün parçalar prefabrike olduklarından montaj sırasında alttaki trafik tıkanıklığı minimuma indirilir. Bu sistemde yük hesapları genellikle aşağıdaki Alman standartlarına göre yapılır (5).

DV 804	Kaynaklı demiryolu köprüleri hesap esasları
DV 848	Kaynaklı demiryolu köprü özellikleri
DIN 1072	Yol ve yaya köprüleri
DIN 1055	Binaların dizayn yükleri
DIN 1000	Çelik yapı ve inşası
DIN 4114	Bina yapımındaki çelik, kaideler şartları
DIN 50049	Materyal test deneyleri
DIN 1045	Beton ve güçlendirilmiş beton yapı dizaynı
DIN 1054	Temel toprağının kaldırabileceği yük
DIN 4014	Delik kütlelerin üretim, dizayn ve kaldırabileceği yük

pısı köprü şeklinde olup alttaki trafiği aksatmayacak biçimdedir. Merdivenler yolcuların kolayca çıkıp inebileceği şekilde yapılır. Kaldırımdan istasyona, yaşlılarla çocuk arabalarının da rahat çıkabileceği özellikte yürüyen merdiven yapılması mümkündür.



Şekil: 2.10. Çift hatlı bir ÜYET istasyonu kesiti



Şekil: 2.11. Bir ÜYET istasyonu ve altındaki trafik seviyesi durumu.

İstasyonun oturduğu platform ve köprüler, kuvvetlendirilmiş beton veya çelik köprü yollarından oluşmuşlardır. Her bir platform 6.5 - 9 m. genişliğinde ve 24 m. uzunluğundadır. Platformlar arası uzaklık 7 m.dir. Bu uzaklık, taşıtlar için güvenli bir mesafedir. Her bir platform (peron), Üzerin-

de iki sıra şeklindeki girişlerle desteklerden oluşur. Bu destekler çatıyı ayakta tutarlar. Şekil 2.9'dan görüldüğü gibi, peronlarda bulunan dört ayrı giriş-çıkış, kaldırım-istasyon yaya ulaşımını kolaylaştırır. 2,5 m genişliğindeki bu merdivenler, el tutacakları ile ikiye ayrılarak bir iniş diğeri çıkış olarak kullanılır. Dış duvarlarda pencere-ler olmamakla beraber asbestli çimento ile vantilatör konacak boşluklar bırakılmıştır. Peronlar önünde duvar veya el tutunacak tutacaklar yoktur. İki peron arası tel örgü-lerle kapatılmıştır. İstasyon zemini yalıtkan seramik veya kauçukla kaplanmıştır. İstasyon çatısı üzerindeki kıvrım şeklindeki çatıdan akan yağmur suları, oluklar yardımıyla atılır. Bu atık suları taşıyan borular kolonların içine veya dışına yerleştirilir.

İstasyon merdiven ve peronları elektrik aydınlatmasıyla donatılır. Taşıt üst yol kontrol donanımının bulunduğu bir donanım odası vardır. Her bir istasyon bulunan elektriksel güç odası merdiven altına yerleştirilmiştir. Bu odada ; bir dönüştürücü transformatör ve besleme gücüne kumanda eden anah-tar ünitesi vardır. Şalterlere buradan kumanda sinyali gön-derilir.

Her iki merdiven başında bilet satıcıları ve bilet toplayıcıları vardır. Her ikisi de telefonla işletmenin kontrol merkeziyle haberleşmek için, telefon bağlantısı kurabilmekte-dirler. Bilet toplayıcılar, peronlarda bulunanlara mikrafon kullanarak genel duyuru yapabilirler.

UYET istasyonları bölgesel durumlara ve gelişen trafik hac-mine uyabilmek için çeşitli dizaynlar için değiştirilebil-mektedirler. Her biri istasyonda; servis sahası, ray bölüm-leri için elektriksel güç sağlama donanımı, istasyon kompü-teri ve güvenlik donanımı vardır. Bina tipine göre yürüyen merdivenler konabileceği gibi yaşlı, çocuk ve hasta yolcu-ların hizmetine sunulmak için asansörler de yerleştirilebi-lir.

UYET istasyonlarında kullanılan donanımı şu kategorilerde özetlemek mümkündür (5).

Yolcuların kullandığı donanım; bunların başında hangi hat-
tın işletmede olduğunu gösteren iç aydınlatmalı bir yönlü
yol haritası, bir veya birden fazla seferde kullanılacak bi-
letleri satan makina. Bu biletler bölgedeki diğer ulaşım
sistemlerinde geçerli olabilecek tipte olabilirler. Aylık
veya yıllık abonman kartları gibidirler. Peronlarda boylu
boyuna bulunan ve yönleri gösteren işaret sinyalleri.

Araçlara girme veya girememe durumlarına göre bilet veya kart
zımba makinaları, yolcuların kullandığı donanımın başlıcaları-
dır.

İşletme donanımı; güvenlik nedeniyle özellikle tam otomatik
çalışmada, taşıt yaklaşıncaya kadar yaklaşmak isteyen yolcula-
rı koruyan otomatik kapının çalışması önemlidir. İstasyon pero-
nu bekleme salon çıkışında bulunan bu kapılar, araç istanyona
gelip durduktan sonra aracın kapısıyla beraber açılacak şekil-
de tetiklenen devreler vasıtasıyla çalışırlar. Araçlar hareket
etmeden önce bu kapılar kapanır. Böyle çalışma komutunu istas-
yon kompüteri verir. İstasyonlar kapalı devre TV sistemiyle do-
natılmıştır.

Ray ve İstasyon için elektrik enerjisi sağlama donanımı; İstas-
yon içinde ayrı bir bölüm şeklinde olup ve enerji sağlama dona-
nımı bulunan bir servis vardır. Bu servis, istasyon enerjisini
sağladığı gibi, istasyonla birleşen ray kısımlarının, anahtar-
lamaların kontrol donanımının, transformatorların vs. içinde
gerekli olan enerjiyi sağlarlar.

Enerji dağıtım gerilimi basamak basamak düşürülerek 3x380 V
veya 3x660 V karakteristik değerlerinde olan işletme gerilimi
elde edilir.

Küçük proses kompüterleri ve işletme kontrol merkeziyle bilgi

değişimini sağlayan devrelerle donatılmış olan bu kompüterlerin çevre donanımı beraber olarak istasyon sahasındaki bir bölmede bulunur (5,7).

2.3. SİSTEMİN YOLCU KABİNLERİ

UYET sisteminde değişik büyüklüklerde kabinler kullanılabilir. Tek kabinler; küçük kabin, orta boy kabin ve büyük boy kabinler olarak sınıflanabilir. Bununla beraber, bu tip kabinlerin kombinezonlarından oluşan birleştirilmiş kabinler de kullanılabilir. Şekil: 2.12'den de görüldüğü gibi, DA motor veya lineer asenkron motor tahrikli kabin tipleri, değişik boyutlarda olabilirler.



Şekil: 2.12. Çeşitli boyutlardaki UYET kabinleri

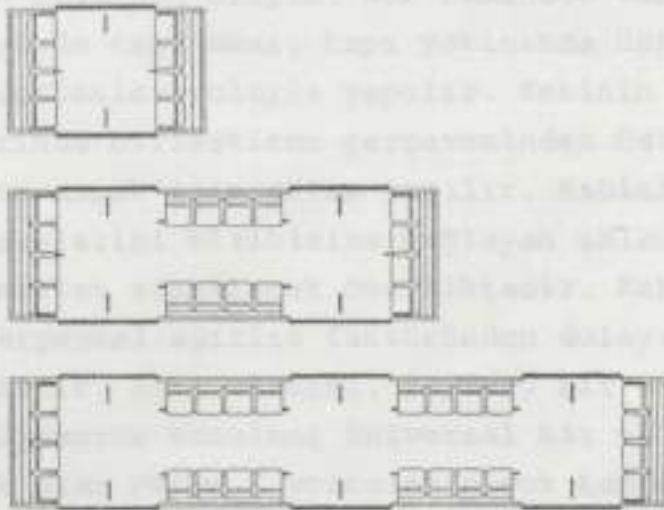
Standart tahrik sistemi Ünitesi ve kapı arası mesafesi UYET kabin sisteminin bir özelliğidir. En küçük taşıt bir tahrik Ünitesi ve her iki yanında birer kapıya sahiptir. Üte yandan en büyük taşıt tipi ise her iki tarafında üçer kapı ile donatılmıştır. Büyük tip araçlar, standart orta büyüklükteki kabin tiplerinin birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Yolcular kabin içinde boydan boya yürüyebilirler. Bu büyük tip araç, istasyonlarda, her uç kapısını da açarak durabilmektedir. Hangi tahrik tipinin kullanılacağını lokal şartlar belirler. Örneğin, eğimi % 15'e kadar olan yollarda lineer

asenكرون motorlu tahrik tercih edilebilir (3). UYET'in iyi özelliklerinden biri de kapı aralıklarının durumudur. Yani; taşıtın bir yanındaki giriş-çıkıştan merkez eksene olan uzaklığı her yerde aynıdır. Kapıların aynı aralıklarla konmuş olması istasyonlardaki güvenlik amacı içindir.

UYET kabin tasarımı, kabinin bütün tiplerle uyumlu birleşmesi göz önüne alınır. Bu uygulama, bataryaları taşıyan paletler, batarya doldurucuları ve kontrol-haberleşme-bilgi akışı donanımlarına da uygulanır. Aydınlatma cihazları ve ısıtma-havalandırma donanımı da standart üretilirler.

UYET sisteminin birleştirilmiş tip en küçük yolcu kabini 4/4 tipindedir. Bunun anlamı; kabinin her iki yanında da 4'er adet kapı bulunmaktadır. Universal bir çift kabin demektir.

Şekil: 2.13'ten görüldüğü gibi, iki son bölme ve bir de birleştirme çerçevesi vardır. Bu en küçük birim olan kabin tipinde, şekilden de görüldüğü gibi, 30 kişi oturabilmektedir. Ayakta ise 70 kişilik yolcu kapasitesi vardır. Ortalama 6 kişi/m² olur. Orta büyüklükteki bir kabin eklenmesiyle 10 oturan, 41 ayakta yolcu daha taşınabilir. Böylece 6/6 veya



Şekil: 2.13. 4/4 tipinde birleştirilmiş bir UYET kabini ve oturma yerleri.

8/8 tipinde kabin oluşturulur. Bu kabinlerin her birinde tahrik ünitesi vardır. Daha büyük tip taşıtlarda da baş ve sonu diğer kabine açılan orta tip kabinler aralara eklenebilir. Birleştirilmiş gövde birleştirme çerçevesi ve kabinin son duvarı yanından tahrik ünitesiyle asılmıştır (5).

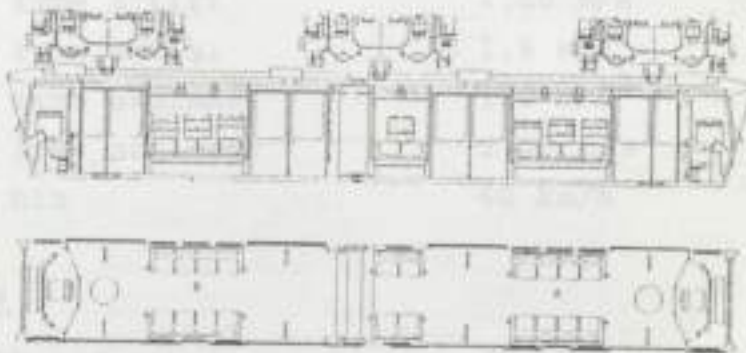
Şekil: 2.13'te görülen oturma düzeni en yüksek taşıma kapasitesini elde etmek için dizayn edilmiştir. Otomatik işletmede, yani sürücüsüz tahrik şeklinde, yolcu kapasitesi 4 kişi/m^2 ile 30 oturan, 70 ayakta yolcu kapasitesine uygun yapılabilir. Kapılar arasındaki pencerelerin önüne 4'er kişilik sıralar yerleştirilir. Aynı bu 4'lü sıralar son duvar penceresinin önüne konur. Gerektiğinde birleşme çerçevesinin içine daha fazla oturacak yerler eklenebilir.

Sürücü kontrolü için, taşıtın baş ve sonuna birer basit kontrol konsolu konur. Sürücü koltuğu, gidiş yönüne göre sağda ve kapıları göreceğ yönde olur. Sürücü pozisyonu, taşıtı her iki yönde hareket ettirmeye, terminal çevrimine gerek duymadan, uygun olacak şekilde düzenlenir.

Taşıtın mekanik bölümü; birleştirme çerçevesiyle, kabin bölümü, tahrik ünitesi ve asma elemanlarından oluşmuştur. Her bir kabin bölümü; taban, kenar duvarları, üst kaplaması ve bir arka duvardan oluşur. Her kabinde, tabandan asma elemanlarına yükün taşınması, kapı yakınında üstte bulunan yük taşıyıcı destekler yoluyla yapılır. Kabinin birleştirilecek taraflarında birleştirme çerçevesinden üst kısımda tahrik ünitesine asmak için eklem yapılır. Kabinleri ve birleştirme çerçevelerini birbirine bağlayan eklemler 3 ana eksenle bağlı hareket edebilecek özelliktedir. Kabinler ve birleştirme çerçevesi ağırlık faktöründen dolayı hafif metalden üretilmiştir. Askı sistemi, yaylar, bir travers ve bu traversin ortasına konulmuş universal bir eklemle oluşur. Pnömatik olan yaylar, yolcuların çok konforlu seyahatini sağlamak içindir. Bütün bu yaylar, yüke bağlı olarak gevşemeyen tipte sabit yere tutturulmuşlardır. Ayrıca yaylar,

taşıtta yuvarlanmaya karşı da direnç gösterirler, diğer bir anlatımla; yuvarlanmayı önlemek için kullanılırlar. Taşıt pozisyonunun stabil olması ve birleştirme çerçevesi asma tipinde olmasıyla tahrik ünitesinden korunmuş olur. Taşıt üstüne yatay olarak yerleştirilen yaylar ile birleştirme çerçevesi taşıtın stabil olmasına yardım eder. Hareket edebilen ekleme yerleştirilen kilitlenebilir hidrolik amortisörler kabinin ve birleştirme ve çerçevesinin yalpalanmasına engel olurlar. Virajlarda hareket eden taşıtlarda kilitlenen bu amortisörler, taşıtların sallanmalarını önlerler.

Şekil: 2.14'de iç bölümünde oturulacak yerleri, Şekil: 2.13'den farklı olarak dizayn edilmiş bir 4/4 tipi kabin görülmektedir. Bu tip bir kabin de, iki kabinin birleştirilmesinden oluşmaktadır. Böyle bir kabin için bazı özellikler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:



Şekil: 2.14. Birleştirilmiş bir kabinde tahrik üniteleri ve oturma planı

Genel Veriler:

Tipi	4/4
Tahrik Ünite sayısı	3
Herbir yandaki kapı sayısı	4
Kabin yapısı (Üretim)	Alüminyum

Boyutları

Kabin uzunluğu	16840 mm
Kabin genişliği	2312 mm
Kabin yüksekliği	2300 mm
Tahrik üniteleri arası mesafe	6143 mm
Kapılar arası mesafe	4095 mm
Kapı genişliği	1700 mm

Ağırlıklar

Boş kabin	6,900 t.
Tahrik ünitesi	5,910 t.
Toplam boş ağırlık	12,810 t.
Tüm toplam ağırlık (4 yolcu/m ² de 60 kg/yolcu)	18,210 t.
Tüm toplam ağırlık (6 yolcu/m ²)	20,310 t.
Tüm toplam ağırlık (8 yolcu/m ²)	22,420 t.

Performans:

Serviste ivme artışı	1,10 m/s ²
Maksimum ivme artışı	1,4 m/s ²
Serviste ivme azalması	1,0 m/s ²
Maksimum ivme azalması	2,75 m/s ²
Maksimum hız	60 km/h

Kapasite:

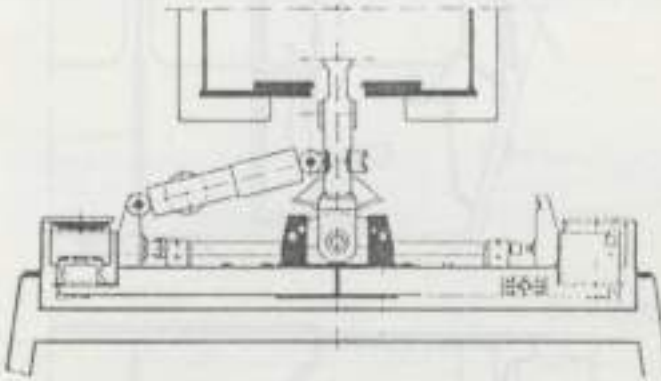
Oturulacak yer sayısı	20
Ayakta yolcu sayısı (4 yolcu/m ²)	70
Ayakta yolcu sayısı (6 yolcu/m ²)	105
Ayakta yolcu sayısı (8 yolcu/m ²)	140
Toplam yolcu sayısı	90-160

Kabin mekanik yapısı ise,özet olarak şu bölümlerden oluşur; kabin askı sistemi, kabin yapısı, kapılar, pencereler, taban, oturacaklar, sürücü bölmesi ve acil çıkış veya diğer deyişle kaçış sistemi.

Kabin Üniversal eklemler vasıtasıyla, ray üzerinde daha önce-
den projelene tahrik Ünitesindeki pimlere asılır. Gövde,
yaylar ve traverslerle desteklenir. Şekil: 2.15'de görünen
askı donanımı ve traversle bağlı olarak desteklidir.

Kabin konstrüksiyonu hafif ağırlıklı alüminyumdan yapılmıştır.
Kabin zemininde yük binmeyen bölümler ise preslenmiş fiber-
glass'dan yapılmıştır. Kapılar da üst üste getirilerek pres-
lenmiş fiber-glass tabakalardan yapılmıştır. Kaydırma pren-
sibiyle açılıp kapanırlar.

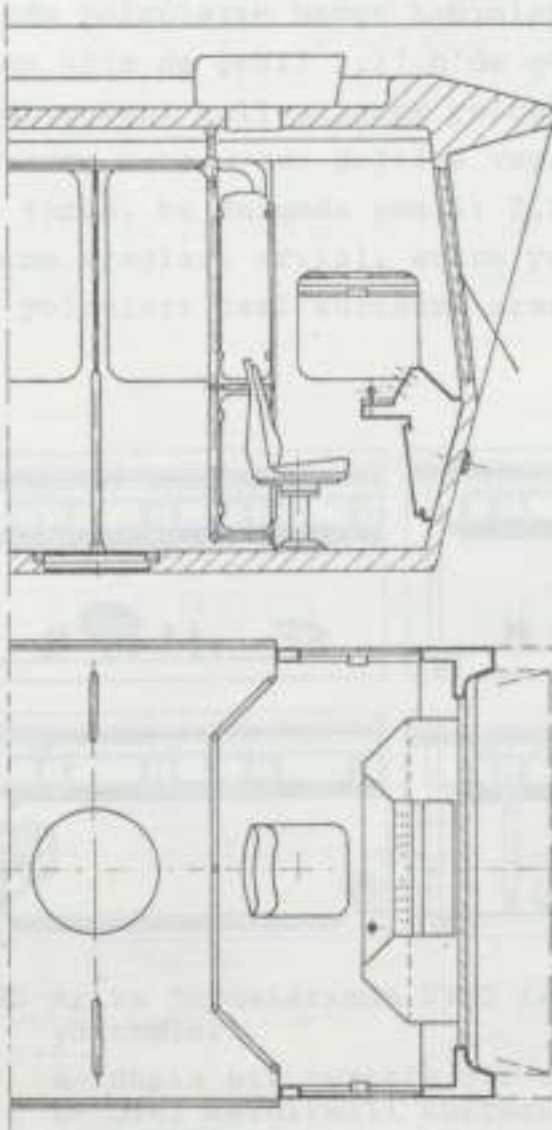
Bu kaydırma, taban ve tavandaki kaydırma kanalları ile kolay-
ca yapılabilir. Üstteki yuvarlak hava için bırakılan yollar
bir kapakla kaplanmıştır. Vantilatör ise bu havalandırma için
bırakılan yolların bulunduğu yerdedir. Pencerele, kabinin hareket



Şekil: 2.15. ÜYET kabininin yolun altından tahrik Ünitesine
bağlayan askı sistemi

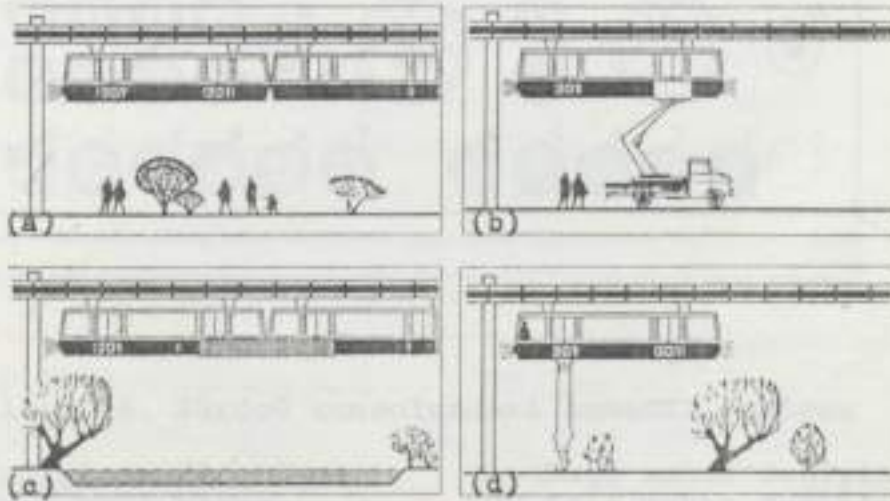
yönünde ön,arka ve yan taraflarına konmuştur. Pencerele,ha-
valandırma kapaklarıyla parçalı olarak açılabilir, ızgara
ve güneşliklerle korunur. Kabin içinde zemin bölümü akacak
sulardan korunması için hortumla akıtılacak biçimdedir. Oturu-
lacak yerler plastik kova biçimindedirler. Vantilasyon donanı-
mı oturacakların altında fakat ancak dışarıdan ulaşılabilcek
şekilde yerleştirilmiştir.

Sürücü kabini taşıtın en ön ve en arkalarına yolcu oturma yerlerinden bir bölme ile ayrılmış olarak yerleştirilmiştir. Şekil: 2.16'dan görüldüğü gibi, sürücü kontrol konsölüne bakacak şekilde oturur ve hareket yönünü izler. Ayrıca kabin içini ve kapı bölgelerini kontrol eder. Sürücüyü, fazla aydınlatmadan korumak için, kabini bir perde ile karartılabilir. Herhangi bir tehlike ve arıza durumunda; araç normal zeminde ise, diğer bir anlatımla; aracın alt tarafında nehir vs. yoksa, acil çıkış olarak kullanılan bir tüp vardır. Bu tüp kaymayı kolaylaştıran bir kumaştan, silindirik torba şeklinde yapılmış olup kabin alanından bir kapakla bu çıkış tüpüne girilir ve



Şekil: 2.16. UYET kabinindeki sürücü konsolu

aşağı doğru kayarak inilebilir. Bu yolu kullananları incitmeyecek kadar alt seviyedeki ağızından çıkılır. Ayrıca kabin yangın, ihtimaline göre, yangın söndürücülerle donatılmıştır. İstasyonlar arasında olan araçta arıza durumunda başka önlemler de alınmıştır. Bu iki istasyon arasında, tahrik ünitele -rinde olacak bir arıza anında, taşıt yavaşlar. Arızasız ünite varsa bunun yardımıyla taşıt bir sonraki istasyona alınır. Bütün tahrik ünitelerinin aynı anda arızalanması durumunda taşıt tamamen duracağından başka bir taşıt yardımıyla istasyona kadar çekilir. Bu durum Şekil 2.17'de görülmektedir. Şayet tehlikeli ve acil bir elektrik veya mekanik arıza varsa bu durumlarda yolcuların hemen kabinleri terketmesi gerekmektedir. Bunun için de Şekil 2.17.b'de görüldüğü gibi özel boşaltım merdivenleri kullanılarak yolcular kabinlerden alınır. Eğer yol durumu buna uygun değilse veya alt bölümde su vs. gibi engel varsa, bu durumda şekil: 2.17.c'de görülen özel ÜYET kurtarma araçları arızalı araca yanaşarak dış merdiven yardımıyla yolcuları özel kurtarma aracına alırlar. ÜYET sis-



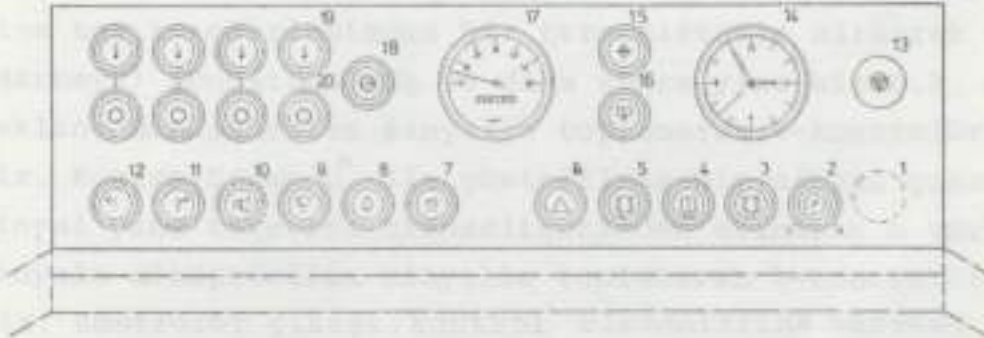
Şekil: 2.17. Arıza durumlarında ÜYET taşıtının acil yardım yöntemleri

- a- Başka bir taşıtla bir sonraki durağa itme
- b- Özel merdivenli kurtarma aracıyla yerden boşaltma
- c- Kurtarıcı yan merdivenli ÜYET taşıtına alma
- d- Acil çıkış tüpüyle boşaltma.

teminde dışarıdan yardım gelmeden de kurtarma yapabilen bir sistem olan özel tüp ile, Şekil 2.17.d'de görüldüğü gibi, kabin kendi kendine boşaltım işini gerçekleştirebilmektedir (5), (6).

Taşıtın kontrolü ve acil işletme için; bataryalar, taşıt kontrolü için anahtarlamayla değişebilen kitler, batarya dolurucular ve bir kısım havalandırma donanımı oturma yerleri altında kabin içinden yalıtılmış olarak yerleştirilmiştir.

Sürücü araç kontrolünü elle yapabildiği gibi gözlem ve danışmayla da yapabilir. Elle kumanda yapıldığında Şekil: 2.18'de görülen kontrol tablosu üzerinde bulunan çalıştırma/durdurma anahtarı ile araç çalıştırılıp durdurulabilir. Taşıtı önce - den belirlenen 0 ile 60 km/saat dolayında bir hızla işletmeyi sağlar. Araç, yolun her bir bölümünde müsaade edilen hız sınırıyla, referans hızına göre hareket eder. İstasyona girdiğinde kontrol donanımıyla "stop" pozisyonunda durdurulur.



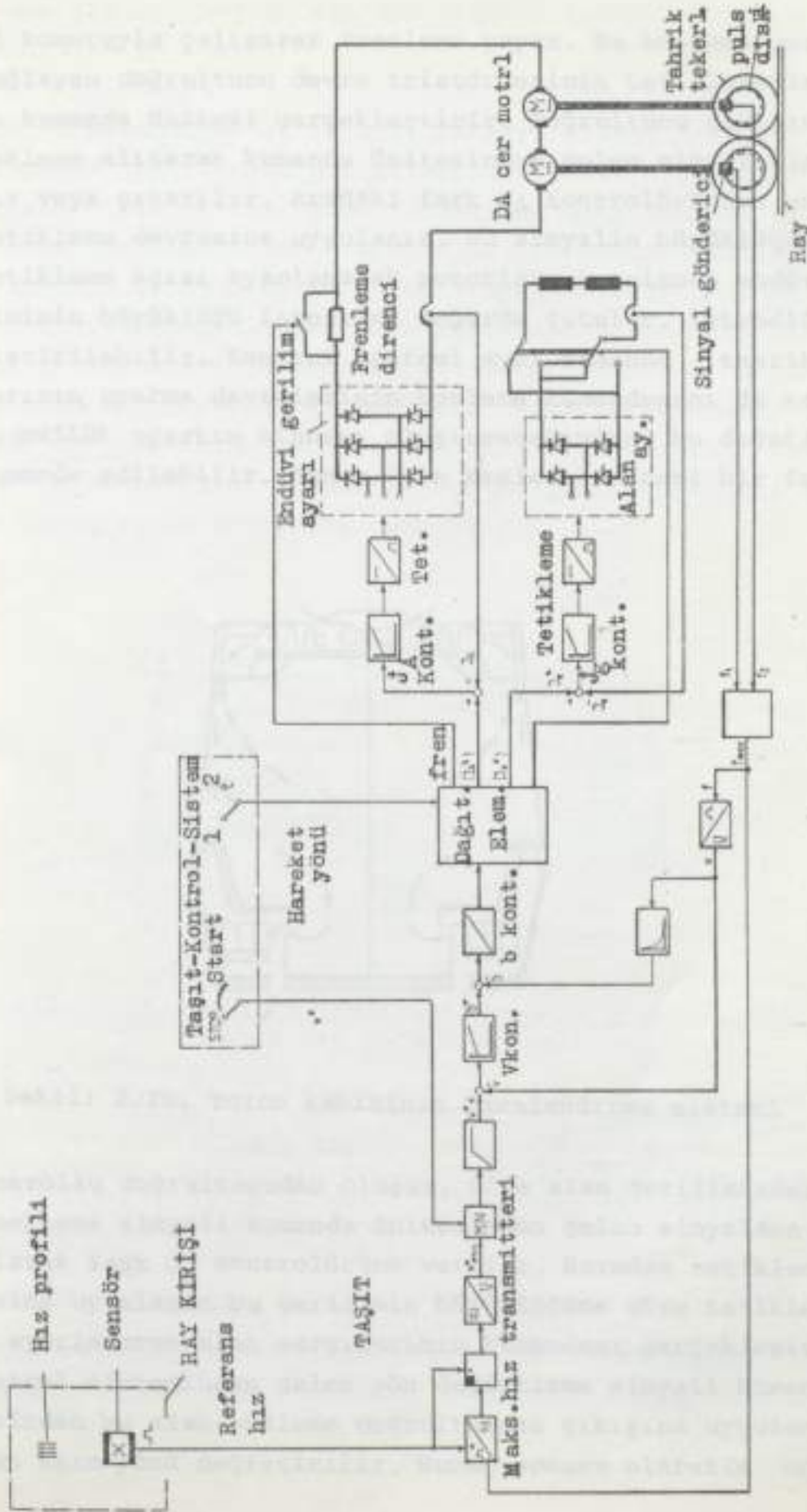
Şekil: 2.18. Sürücü konsolundaki kumanda tablosu

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1. Çalıştırma/Frenleme | 11- Sağa makas değişimi |
| 2. Araç açma-kapama | 12- Sola makas değişim |
| 3. Sağ kapıları açma | 13- Acil durma |
| 4. İki kenar kapılarını kapama | 14- Kronometre |
| 5. Sol kapıları açma | 15- Frenleme |
| 6. Alarm ışığı | 16- Batarya şarj arızası |
| 7. Acil çıkış | 17- Hız Ölçer |
| 8. Sürücü kabini aydınlatması | 18- Durma isteği |
| 9. Ön cam sileceği | 19- Arızalı kabin No. |
| 10. Genel duyurular | 20- Ayrılan kabin No. |

Gözlem ve danışma sonucuna göre işletmede yapılan fonksiyonların başlıcaları şunlardır; aydınlık kontrolü, kapıları kapama, kapıların kilitlemesinin gözetimi, önceden rota seçmek, kontrol konsolundaki yani paneldeki ekranla araç kontrol sisteminin kumandası, yolculara ait olan alanı gözetleme, istasyona girmeden istasyon isminin anonsu, kabin açılma komutunun başlatılması, radyo aracılığıyla kontrol merkeziyle haberleşmeyi sağlama. Şekil: 2.19'da, bir taşıtın kontrol sisteminin blok diyagramı görülmüyor.

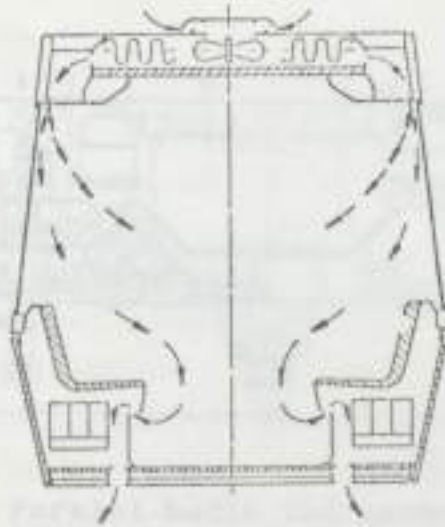
Blok diyagramda görüldüğü gibi taşıtın hareketi, hızı ve frenleme durumu geri beslemeli ve otomatik olarak yapılmaktadır. Hat girişi içinde bulunan bir gönderici referans bir hız alınarak hız transmitterinde maksimum bir sinyale dönüştürülür. Hız transmitteri taşıtın kontrol sisteminin içindedir. V_{maks} şeklinde yükseltilerek doğrultulmuş bu referans hız sinyali değerlendirme (karşılaştırmacısından) geçerek V-kontrolörüne verilir. Bu komparatörde, aynı zamanda taşıtın çalışma veya durmasına ait olan sinyal de beraber işlem görür. Bu iki sinyalin birleşmesinden oluşan V^* sinyali ile yine taşıt tekerleğinden bir transmitterle alınarak impuls'a (darbeye) dönüştürülmüş ve daha sonra yine bir D.A. sinyali şekline dönüştürülen sinyalle toplanarak v-kontrolörüne verilir. Kontrolörden b^* ile gösterilmiş bir sinyal çıkar. Bu sinyal yine tekerlek transmitterinden alınarak b türü bir sinyale dönüştürülen sinyalle toplanarak b-kontrolörüne verilir. Kontrolör çıkışı, kontrol elemanlarına hareket komutu veren ve aynı zamanda tristör tetikleme devrelerini besleyen kumanda Ünitesine verilir. Bu Üniteye aynı zamanda taşıt hareket yönünü belirleyen sinyal de verilerek taşıtın yönü tayin edilir.

D.A. motor tahriki kullanılan bir taşıtta D.A. motorlarının endüvi gerilimlerini sağlayan 3 fazlı 6 darbeli bir kontrol-lü köprü doğrultucu kullanılmaktadır. Köprü çıkışında frenleme direnci de seri bağlıdır. Frenleme anında kumanda Ünite-



Şekil: 2.19. Taşıt kontrol sisteminin blok diyagramı

si komutuyla çalışarak frenleme yapar. Bu besleme gerilimini sağlayan doğrultucu devre tristörlerinin tetiklemesini de gine kumanda ünitesi gerçekleştirir. Doğrultucu çıkışından örnekleme alınarak kumanda ünitesinden gelen sinyal ile toplanır veya çıkarılır. Aradaki fark J_A kontrolöründen geçerek tetikleme devresine uygulanır. Bu sinyalin büyüklüğüne göre tetikleme açısı ayarlanarak motorlara uygulanan endüvi geriliminin büyüklüğü istenilen değerde tutulur. İstendiğinde değiştirilebilir. Kontrol ünitesi aynı zamanda tahrik motorlarının uyarma devrelerinin besleme kumandasını da sağlar. Bu gerilim uyartım alanını oluşturacağından, bu değerle hız kumanda edilebilir. Bunun için besleme devresi bir fazlı

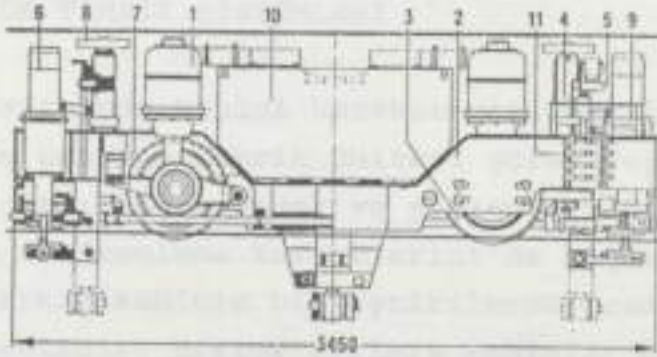


Şekil: 2.20. Yolcu kabininin havalandırma sistemi

kontrollü doğrultucudan oluşur. Gine alan geriliminden alınan örnekleme sinyali kumanda ünitesinden gelen sinyalden çıkartılarak fark J_e kontrolörüne verilir. Buradan tetikleme devresine uygulanan bu gerilimin büyüklüğüne göre tetikleme açısı ayarlanarak alan sargılarının kumandası gerçekleşir. Taşıt kontrol sisteminden gelen yön değiştirme sinyali kumanda ünitesinden bu alan besleme doğrultucusu çıkışına uygulanarak alan akım yönü değiştirilir. Bunun sonucu olarak DA motor

dönme yönleri değişeceğinden taşıtın hareket yönü değişmiş olur.

Araçta bulunan ± 24 V. D.A. batarya sistemi ve şarj donanımı şebeke beslemesinin kesilmesiyle, acil aydınlatma ve vantilatör için gerekli gücü sağlarlar. Aynı zamanda bu sistem, aracın kontrolü için gerekli enerjiyi sağlar. Kabindeki yolcuların bulunduğu bölüm sürekli aydınlatılır. Bir bölüm aydınlatıcı direkt olarak araç bataryasına doğrudan bağlıdır. Bunlar tanzistörle kontrol edilmekte olup ana hattaki bir arızada acil aydınlatma yaparlar. Aydınlatma kumandaları, opto elektronik devrelerle otomatik olarak açılıp kapanırlar. Kabinin ön ve arkasına yüksek aydınlık şiddeti değerine sahip alarm lambaları konmuştur.



Şekil: 2.21. Paralel bağlı iki serbest uyartımlı motor içeren bir tahrik ünitesi

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. DA tahrik motoru | 7. Esas teker askısı |
| 2. Bağlantı çerçevesi | 8. Sabitleştirme tekeri |
| 3. Çift flanşlı teker. | 9. Haberleşme donanımı |
| 4. | 10. Elektrik donanım kutusu |
| 5. | 11. Akım toplayıcı |
| 6. Yaylı fren | |

Kabin kapıları 3 fazlı motorlarla tahrik edilirler. Kapalı pozisyonda ise elektromekanik kilitleme ile tutulurlar. Oto-

matik kapı kontrolü da yine kontrol panelinden yapılır. Yol yönü, hat numarası ve gidilen yol, kontrol panelinden yolculara duyurulabilir. İstasyonlara girilmeden önce, istasyonun adı panelden yolculara anons edilebilir. Bu anons, teyp-bandan da yapılabilir.

Kabinlerdeki havalandırma sistemi ise, esas olarak kompresör ve evaporatör ile fan'dan oluşur. Şekil 2.20'den görüldüğü gibi, kompresör/kondenser ünitesi koltukların altında, far ile beraber evaporatör ise tavanda bulunur. Yolcu kabinlerinde, iki basamaklı kontrol cihazıyla ısı kontrolu yapılabileceği gibi sadece vantilatör de koymak mümkündür.

Bu sistem daha sonra kabinde hiçbir değişiklik yapmadan başka havalandırma sistemiyle değiştirilebilmektedir (5, 10).

2.4. ÜYET'DE TAHİRİK SİSTEMLERİ

Üst yollu sistemde kabini hareket ettirmek için, üst yol kafesi içinde bulunan tahrik ünitesi görev yapar. Bu ünite, yalnız araçları idare etmek ve yönlendirmek değil de gerekli olan çekme ve frenleme kuvvetlerini de sağlar. Bu tahrik üniteleri birkaç kabinin birleştirilerek tren gibi çalışmasına engel değildir. Birleştirilmiş kabinler bir pim ve üniversal bir mafsalla bu tahrik ünitelerine asılmıştır. Taşıt gövdesine giden elektrik kabloları pim merkezlerinden geçer. Çünkü, elektrik enerjisini taşıyan raylar (baralar), ray hattı ile beraber üst yolun içine yerleştirilmiştir. Şekil: 2.21'den görüldüğü gibi, tahrik ünitesinin iki temel tekerleği; bir uçta tahrik ünitesi çerçevesine, diğer uçtan da duran bloklarla desteklenmiş asma kollara bindirilmiştir. Döner motor tahrikinin kullanıldığı yerlerde, tahrik kutusu asma kolu görevi de görür. Dikey olarak yerleştirilen tahrik şaftıyla birlikte yürütme motoru, tahrik kutusu üstüne konmuştur. Askı kolu, tahrik kutusu ve tekerlekler, aşağıdan kaldırılabilir.

Döner motorlarla tahrik edilen sistemlerde tekerlekler, pre-fabrik olarak çelikten yapılmalıdır. Fakat lineer motor tahrik sistemlerinde bu tekerlekler gürültüyü azaltmak için plastik veya sert kauçuktan yapılabilir. Taşıtın idaresi; üst yol kirişi altındaki yarık bölüme uygun olarak yerleştirilen, ana tekerlek flanşları ve tahrik ünitesine konan dört adet stabil tekerlek tarafından yapılır. Düşük hızlarda, esas taşıyıcı tekerleklerin sabit durmayacağı ihtimaline karşılık, tahrik ünitesinin altına ek olarak tekerlekler konulabilir.

Frenleme için elektrikle kumandalı yaylar kullanılır. Bu yaylar tahrik ünitesinin her iki tarafına konulur. Fren klepelerini birleştiren pimler, en küçük tip kabinlerde, aynı zamanda destekleme pimi olarak da görev yapabilir. Makaslardan geçerken taşıtın gideceği yön, tahrik ünitesinin alt ve üstüne yerleştirilen ve bir mafsalla bağlı bulunan iki çift tekerlek yardımıyla seçilir. Bu sistemin dışında, daha önceki "makaslar" bölümünde anlatıldığı gibi makasların önünde makas geçişlerinde yardımcı olan hareketli deflektörler ray üzerine konulmuşlardır..

Makastan geçişte üst mafsaldaki tekerlek çifti; dönen tekerleklerin boşluğa düşmesine engel olurken, alt mafsala bağlı tekerlek çifti de taşıtı istenilen yöne yönlendirir.

ÜYET sistemindeki bütün çekici araçlarda aynı standart tahrik üniteleri vardır. Bunlar tahrik motorları ile donatılmıştır. Diğer bir karakteristik özellik de, bu araçlarda kapı aralıkları, standart olarak üniformdur. Tahrik ünitesi kabinden kolayca ayrılabilirdiği için, tahrik donanımı ve güç elektroniği devreleri ile güç anahtarları da; tahrik ünitesi kabini destekleme, araca gideceği yönü verme, tahrik ederek hareketini sağlama ve frenleme fonksiyonlarını içerir (5,28).

2.4.1. DA MOTURU İLE YAPILAN TAHİRİK SİSTEMLERİ

UYET taşıma sistemlerinde kullanılan tahrik motorlarından birçok konvansiyonel taşıma sisteminde de yararlanılmaktadır. Özellikle DA motorları elektrikli taşıma sistemlerinin çoğunda tahrik için kullanılmaktadırlar. Bu sistemde; döner motor tahriki kullanılan tahrik ünitelerinde doğru akım serbest uyartımlı motor kullanılmaktadır. İki adet serbest uyartımlı motorun, endüvileri kendi aralarında ve uyarma sargıları da ayrı olarak kendi aralarında seri bağlanmıştır. Bu bağlamada motorlar aynı niteliklere sahip olup aynı devirde dönerler (11).

Normal işletme şartlarında yani % 5 ile % 7'den daha fazla eğimli olmayan yollar da, konvansiyonel hafif raylı taşımacılıkta kullanılan döner tip doğru akım motorları ile yapılan tahrik şekli kullanılabilir. Bu tip tahrik şeklinde

Şekil 2.21'den görüldüğü gibi iki adet seri bağlı şönt motor kullanılmaktadır. Bu motorlar, taşıtı ilerleten ana tekerlekleri, tahrik Ünitesi aracılığıyla tahrik ederler. Bu tahrik şeklinin Lineer Motorlu tahrikle karşılaştırılması sonucunda döner motorlarla yapılan tahrik sisteminin daha verimli olduğu görülür. Lineer motorlarda reaktif güç problemi vardır. Döner motorlar daha iyi bir Güç/Ağırlık oranına sahiptirler. Tahrik sistemlerinden hangisi kullanılırsa kullanılsın, tahrik Ünitesinin dış boyutları Şekil: 2.21'den görüldüğü gibi, değişmemektedir. Döner Motorlar veya Lineer Asenkron Motor olması boyutu değiştirmiyor. Her iki tip tahrikte dış boyutlar, hattın yapısı gereği, konstrüksiyon olarak sabit kalmaktadır. Örneğin Şekil: 2.21'deki de motorlu tahrik Ünitesinde 2 adet 16 KW'lık doğru akım motoru beraber olarak; redüksiyon dişlisiyle, aynı Üniteyi tahrik etmektedirler. Dişli kutusunun koruyucusu, aynı zamanda ana tahrik tekerleklerini esnek olarak destekleyen askı kolları olarak da kullanılır. Her motorun havalandırması için birer fan, donanımın kutusu üzerine yerleştirilmiştir (5, 11).

Doğru akım motor kontrolü, Şekil: 2.19'da gösterildiği gibi, köprü bağlı tristör gruplarıyla yapılır. Bu tristörler tam dalga kontrollü doğrultucuları oluştururlar (8).

Şekil: 2.21'de görülen doğru akım motorlu tahrik ünitesine ait bazı özellikler aşağıdaki gibidir.

Boyutlar

Tamponlar arası uzunluk	3710 mm
Üst destek tekerlekleri arasındaki genişlik	780 mm
Ray üzerinden yükseklik	1080 mm
Tekerlek merkezleri arasındaki uzaklık	1700 mm
Tekerlek çapı	520 mm
Lastik yuvarlanma tekerlekleri arası uzaklık	260 mm
Ağırlık	1,97 ton

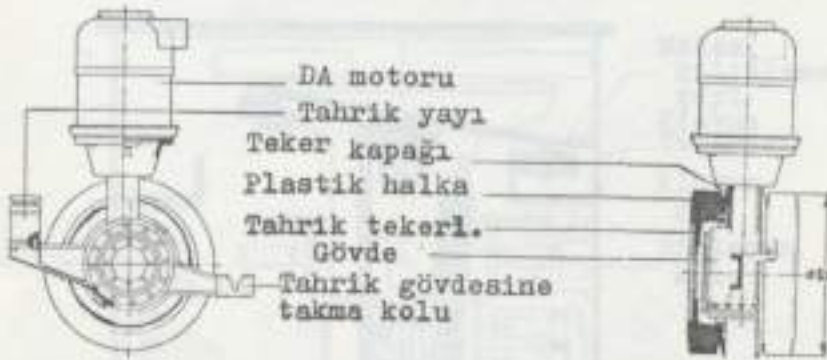
Tahrik motoru verileri

Ray barası gerilimi	415 V, 50 Hz
Motor sayısı	2 adet, seri bağlı
Dizayn tipi	DC, şönt sarımlı
Gerilim kademesi	440 V
Herbir motorun çıkış gücü	3630 d/d'da 27kw
Dişli oranı	1: 9,6
Tekerlek lastiği maddesi	Katı lastik

Tahrik ünitesinin, kaynaklı bir çerçeve ve aşağıdaki fonksiyonları gören mekanik bölümlerden oluştuğu söylenebilir. Yataklanmış destek tekerlekleri ve tahrik donanımı, klavuz ve stabilleştirme tekerlekleri, makaslar için oynak kollar, yaylı frenler ve askı dişlisi.

Şekil: 2.22'de iki kesiti bulunan resim, doğru akım motorlu tahrik sistemine, taşıyıcı tekerleklerin bağlanmasını göstermektedir. Tahrik sisteminin esas tekerlekleri destek olarak kullanıldığı gibi tahrik olayını da gerçekleştirirler. Bu tekerlekler, tahrik ünitesinin bir ucunda menteşe şeklin-

de duran, bloğa bağıdır. Diğer ucunda ise yay destekli olarak bağlanmıştır. Döner tahrik bölümüyle dişli kutusu, aynı zamanda destek olmaktadır. Taşıyıcı motor, dişli ünitesinin üst bölümüne bir mil ile yerleştirilmiştir. Destek tekerlekleri ise sert kauçuk veya plastik plastiklerden yapılmıştır. Tahrik ünitesinin her iki yanında bulunan 4 klavuz tekerleği, üst yol kirişinin yan şeritleri boyunca çalışarak klavuzluk yaparlar.



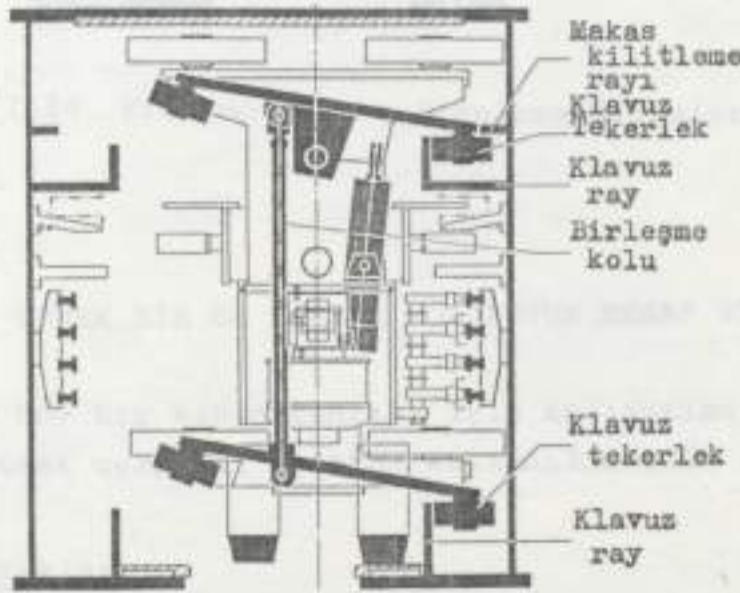
Şekil: 2.22. Doğruakım motorunun dikey olarak tekeri tahriki

Şekil: 2.23'de görülen doğru akım motoru ile tahrik edilen tahrik Ünitesinin enine kesitinden anlaşıldığı gibi, sistemin makas geçişinde çalışan mekanizması, dört koldan oluşur. Bunlar kendi aralarında biribiri ile bağlanmış olup, taşıttan aktif olarak çalıştırılabilirler.

Makaslardan geçiş anında, tahrik Ünitesinin sadece bir kenarındaki iki makas klavuz tekerleği, yol kirişinde bunlar için bulunan makas klavuz raylarına otururlar. Makaslardan geçişte, herhangi bir yanlışlık ve kazaya neden olacak durumun gerçekleşmemesi için, kirişin üst bölümünde bulunan klavuz tekerleğini kilitleyecek olan klavuz rayı, tekerleğin buradan çıkamayacağı uzunlukta yapılmıştır.

Esas tahrik tekerleklerinin her birinin hemen ardından elektrikle çalışan yaylı frenler konmuştur. Şekil: 2.24'den gö-

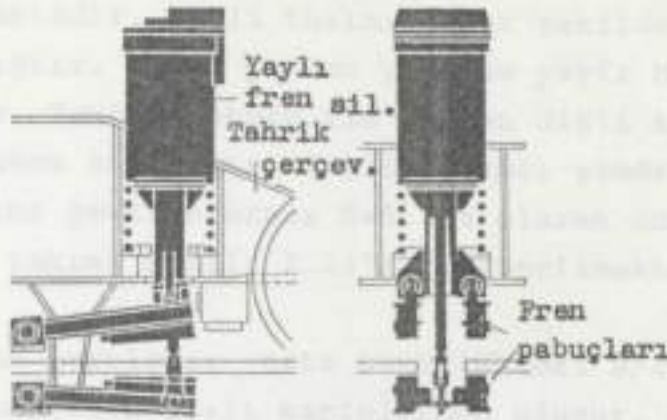
rüldüğü gibi, fren sistemi, diğer elektrikli konvansiyonel taşıma türlerindeki gibi tekerlek ray çiftini sürtünme yaptırmadan, fren mengeneleri vasıtasıyla frenleme kuvvetleriyle direkt olarak raya etkir. Böyle dizayn edilen frenleme sisteminin önemli özelliğinden biri de, fren dişlisinin otomatik ayarı ve makaslardan geçiş anında güvenilir olarak çalışmasıdır.



Şekil: 2.23. Tahrik Ünitesi elemanlarının makas geçişindeki konumları.

Acil anlarda ve park etmelerde kullanılan bu yaylı frenin, elektrikli kumandayla devreye alınıp çıkartılması imkânı vardır. Kontrol sistemi, yüke ve seyr karakteristiklerine göre, istenilen güvenlik ihtiyaçlarını ve hassaslıyetini sağlar. Dış besleme şebekesi enerjisi kesildiğinde, bu frenleme sistemi; herhangi bir hat kanalı v.s. gibi ek sisteme girmeden güvenli olarak çalışmasını sürdürür (5).

Kabinleri, tahrik Ünitesi ile bağlamak için, tahrik ünitesinin ortasında bulunan bir askı çubuğuyla bağlantı yapılır. Bu askı mili, ray girişinin altındaki ayırık bölümden geçerek kabinin üste asılmasını sağlar.



Şekil: 2.24. Fren motoru ve frenleme klepelerinin konumu

2.4.1.1. ÖRNEK BİR DA TAHİRİK MOTORUNUN HESAP YÖNTEMİ

2/2 orta boy bir kabin tahriki için kullanılan bir doğru akım serbest uyarımlı motorun kullanılmasında izlenecek yol.

Genel İstekler:

Doğru akım tahrik motoru, 2/2 orta büyüklükteki bir kabinin tahriki için uygun güçte olmalıdır. Motor, serbest uyarımlı doğru akım motoru tipinde olmalıdır. Boyutlandırmada, VDE 0535/1.69 "Demiryolları ve diğer taşıtlarda kullanılan elektrik makineleri için yönetmelikler"e uyulmalıdır. Motor dıştan havayla soğutulmalıdır. Aşırı ısınmaya karşı bir teknik koruma düzeni konulmalıdır. Motor ayrıca bir alternatif akım tako generatörüyle donatılmalıdır. Motor değişik tür akımlarda çalışabilecek ve iki yönlü işletmeye göre tahrik edilebilir olmalıdır.

Motordan İstenilenler:

Dinçildeki motorların yerleştirilmesi; tahrik motorları dış-

li takımı üzerine, taşıyıcı ve tahrik edici tekerlekler de dingil içine yerleştirilmişlerdir. Bu yerleştirme Şekil 2.21'de görülmektedir. Dişli takımı döner şekilde dingil gövdesine yataklanmıştır. Diğer yandan yük ise yaylı bir blok üzerinden alınmıştır. Tahrik motoru ile üstten dişli takımına dik bir eksen boyunca konmuştur. Dişli takımı; şimdiki taşıtlarda dişli takımı çevirme oranı $u=6,375$ olarak kullanılır. Ekse- nel dişli takımı Şekil: 2.23'de gösterilmektedir (9).

Yerleştirme şartları; orta büyüklükteki 2/2 kabini iki dingil ve dingillere asılı kabinlerden oluşur. Herbir dingilde, iki adet seri olarak bağlanmış elektrikli cer motoru bulunmaktadır. Cer motoru, taşıt işletmesinde; büyük sıcaklık alanına, nem'e, basınçlı suya, salınım ve darbeye belli sınırlar içinde cevap verebilecek nitelikte olmalıdır.

Sıcaklık alanı	-25 + 70 C°
Nem	DIN 400400'e uyan F sınıfı
Dokunma-yabancı cisimler	1 PR24 Koruma sınıfı DIN 400500
Suya karşı korunma	
salınım dayanıklılığı	$\ddot{a}= 30 \text{ m/s}^2$
Frekans alanı	6 - 60 Hz
Darbe büyüklüklerinin ekstrem değeri	12 Kg.

Motor Boyutları; Üst yol kirişinin önceden tesbit edilmiş boyutları ve buna bağlı olarak dingilin maksimum boyutu, yolun profili nedenleriyle aşağıda değerleri verilen maksimum motor boyutları korunmalıdır.

Motorun çapı	$\phi = 350 \text{ mm.}$
Motorun uzunluğu	$l = 410 \text{ mm.}$

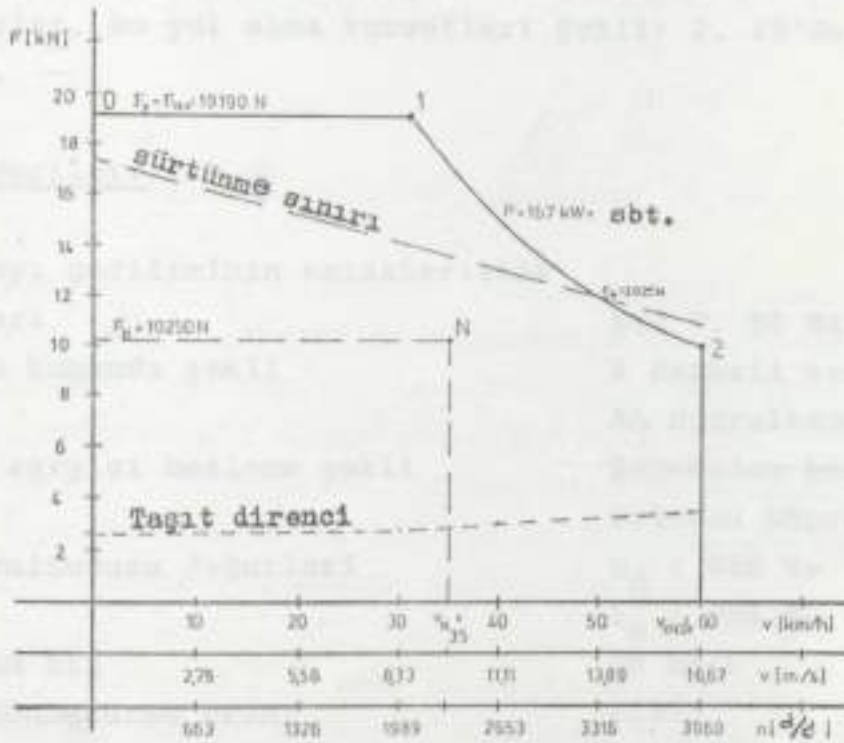
Motor kablosu; motor kablosu olarak yağ ve benzine dayanıklı, çok fleksibl kablolar kullanılabilir. Örneğin, NSG gibi bir kablo alınabilir. Serbest kablo uçları yaklaşık 1,5 m uzunluğunda olmalıdır (9).

Tako generatör; cer motorunun miline monte edilmelidir. Tako-generatör alternatif akım köprü bağlantısında doğrultmaç birimine bağlanmaya uygun olmalıdır. Doğru akım tarafından;

$$10 \text{ V} = 1000 \text{ dak}^{-1}$$

$$1 \text{ mC} = 1000 \text{ dak}^{-1}$$

değerleri karşılık gelmelidir.



Şekil: 2.25. DA Motoru için Cer kuvveti/hız diyagramı

Motorun boyanması; motor PVC tabanlı yapay bir lak ile, renk tonu RAL 7030 olan bir boyayla boyanabilir. Cer kuvveti diyagramı; Şekil: 2.25'de görülen cer kuvveti diyagramı aşağıdaki değerlere sahip taşıt tipinindir.

Taşıt tipi	2/2 AE
Taşıt ağırlığı	G = 10,9 t
Dinçil sayısı	2
Dinçil başına motor	2

Motor tipi	Doğru akım motoru
Nominal gerilimi	440 V=/motor
Çevirme oranı	$U = 6,375$
Tahrik tekerleği çapı	$d = 520$ mm.
$\mu_{u=0} = 0,16$	(V=0 km/h hızdaki sürtünme katsayısı)
$\mu_{u=50} = 0.1$	(V= 50 km/h hızdaki sürtünme katsayısı)

Teknik Veriler:

Teknik veriler, yol alma kuvvetlerinin belirlenmesine göre bulunurlar. Bu yol alma kuvvetleri Şekil: 2. 25'de gösterilmiştir.

Genel Veriler:

Akım rayı geriliminin karakteristik değerleri	660 V, 50 Hz, 3~
Gerilim kumanda şekli	6 darbeli tam kontrollü AA doğrultucusu
Uyarma sargısı besleme şekli	Şebekeden beslenen doğrultucu köprü.
AA doğrultucusu değerleri	$U_d : 880$ V= $I_d : 250$ A= 60 km/h
Maksimum hız	6,375
Dişli dönüştürme oranı	520 mm
Tahrik tekerleğinin çapı	2
Dinçil sayısı	2
Dinçil başına motor sayısı	Seri bağlama
Dinçil motorları arasındaki bağlantı	<410 mm
Maksimum olarak motor uzunluğu	<350 mm
Motor çapı	<100 kg (çalışmakta)
Motor ağırlığı	VDE 0530'e göre F sınıfı
İzasyon malzemesinin sınıfı	Dışarıdan soğutma
Soğutma şekli	serbest uyarımlı direnile frenleme
İşletme frenlemesi	Maksimum devirde <80 dB(A)
Gürültü durumu	Salınım şiddeti kademesi
Salınım durumu	DIN 45665'e göre N.

Nominal veriler

Nominal stator gerilimi 440 V
 Nominal akımı, nominal (sürekli) güç, nominal devir sayısı, nominal moment ve verim; motoru üreten firma tarafından verilen değerlerdir.

Sınır Değerleri

Maksimum stator gerilimi	440 V
Maksimum akım	223 A
Maksimum güç	42 kW
Maksimum moment	200 Nm

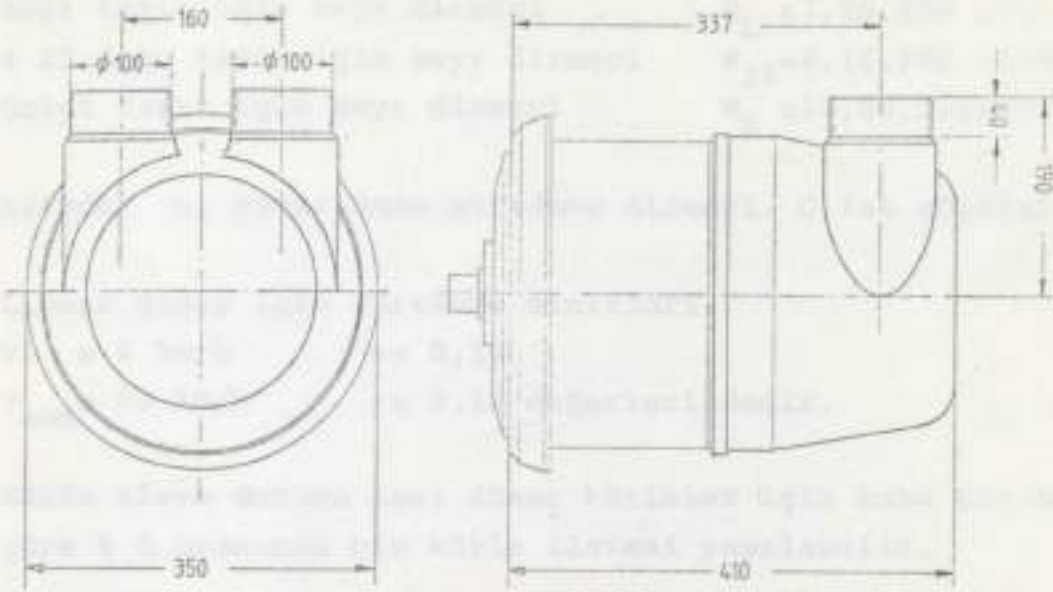
Patinaaj devir sayısı ise motor yapımcısı tarafından verilir.

Uyarma için veriler; maksimum uyarma akımı ve gerilimi, stator devresi selfi, uyarma devresi selfi ve soğuk dirençler olduklarından, bu veriler de motor yapımcısı tarafından verilir. Motorun güç kapasitesi, VDE 0535'e karşın gelmektedir. Motor, 0-1 bölgesinde tam uyarda artan stator gerilimiyle, 1-2 bölgesinde ise tam stator geriliminde uyarma alanı zayıflatılmaksızın tahrik edilir (28).

Eğriler, yolalma ve frenleme çalışmaları için ayrı ayrı "Devir sayısı-Moment karakteristikleri, $n=f(M)$ " eğrileri hazırlanabilir. Ayrıca yolalma ve frenleme çalışması durumlarında sabit verim eğrileri çıkartılabilir.

Sistemde kullanılan motor ve dişlilerin detaylı ve ölçekli resimleri hazırlanır. Örneğin, Şekil: 2.26'da bu örnek sistem için kullanılan DA serbest uyarımlı motorun kesit resmi görülmektedir.

Bununla beraber; 2/2 AE tipindeki orta boy bir kabinin doğru akım serbest uyarımlı motorlarla tahriki için; yol alma cer kuvvetlerinin, cer kuvveti diyagramlarının, yol alma eğrilerinin, ortalama ve efektif kaymanın da deneylerle belirlen-



Şekil: 2.26. DA tahrik motorunun kesit boyutları

mesi gerekir. Böyle bir sistem için, 8.3.1976 tarihinde Siemens'in Erlangen'deki laboratuvar deney yolunda yapılan deneyler sonucu bu eğriler çıkartılmıştır. Eğrilerin çıkarılmasında izlenecek yol aşağıdaki gibidir (11, 9).

2/2 AE Orta Boy Kabin İçin Yolalma Kuvvetlerinin Belirlenmesi:

Ağırlıklar:

Boş ağırlık	7250 kg
Dolu ağırlık	10890 kg
Ortalama ağırlık	8160 kg % 25 dolu
Yolcu ağırlığı 56 kişi x 65 kg/kişi	3640 kg (4 kişi/m ²) olur.

Seyr direnci; 250 N/t'luk bir yuvarlanma sürtünmesi direnci konulmuştur. Bu değer Erlangen deney sahasının birinci bölümünde 101 nolu taşıtta ölçülmüştür. Seyr direnci bulunacak olursa yuvarlanma sürtünme direnciyle ağırlık çarpılarak bulunacaktır.

$$W = \rho \cdot G$$

$$(2.1)$$

Boş taşıt için seyr direnci	$W_L = 7,25.250 = 1812,5 \text{ N}$
% 25 dolu taşıt için seyr direnci	$W_{25} = 8,16.250 = 2040 \text{ N}$
Dolmuş taşıt için seyr direnci	$W_B = 10,89.250 = 2722,5 \text{ N}$

Burada; ρ , yuvarlanma sürtünme direnci, G ise ağırlıktır.

Lineer gidiş için sürtünme sınırları,

$$\begin{aligned} V &= 0 \text{ km/h} & \mu &= 0,16 \\ V_{nom} &= 50 \text{ km/h} & \mu &= 0,10 \text{ değerlerindedir.} \end{aligned}$$

Kütle ilave durumu ise; döner kütleler için kaba bir hesaba göre % 8 oranında bir kütle ilavesi yapılabilir.

Tekerleğin yarı çapı;

Yeni	$r = 0,26 \text{ m}$
Eski	$r = 0,256 \text{ m}$
Yarı eskimiş	$r = 0,2575 \text{ m}$

Yolalma cer kuvvetleri çıkartılırken; taşıtın boş, kısmen dolu ve dolu olması halinde, $a_{max} = 1,4 \text{ m/s}^2$ 'lik bir ivmeye erişebilecek durumu göz önüne alınır. Bu boş taşıt için

$$F = a \cdot G \cdot r + W \quad (2.2)$$

denkleminde;

$$F_L = 1,4 \cdot 1,08 \cdot 7250 + 1812,5 = 12774,5 \text{ N}$$

$$F_L = 12775 \text{ N}$$

seçilir. Burada, r ek kütle katsayısıdır.

% 25 dolu olan taşıtta;

$$F_{25} = 1,4 \cdot 1,08 \cdot 8160 + 2040 = 14377,92 \text{ N}$$

$$F_{25} = 14380 \text{ N}$$

seçilir.

Taşıt tam dolu olduğunda:

$$F_B = 1,4 \cdot 1,08 \cdot 10890 + 2722,5 = 19188,18 \text{ N}$$

$$F_B = 19190 \text{ N}$$

seçilir.

Maksimum döndürme momenti; taşıtı $a = 1,4 \text{ m/s}^2$ 'lik bir ivme, $U = 6,375$ çevirme oranı ve $r = 0,255 \text{ m}$ tekerlek yarıçapı ile hızlandırmak için:

$$M_B = F \cdot r / U \quad (2.3)$$

denklemden

$$M_B = 19190 \cdot 0,255 / 6,375$$

$$M_B = 768 \text{ Nm}$$

gereklidir. Herbir motor başına moment, $M_B/2$ olur.

$$M_B = 768 / 4 = 192 \text{ Nm}$$

$$M_B = 200 \text{ Nm/motor}$$

seçilir.

$V_n = 50 \text{ km/h}$ nominal hızında cer kuvveti;

$$W_g = W_R + W_w \quad (2.4)$$

olan seyr direncini yenmek ve % 8 ek kütle katsayısıyla (τ), $s = \% 7,5$ 'lik bir eğimde hiçbir hız azaltılması olmadan gidebilmek için yeteri kadar büyük olmalıdır.

$V = 50 \text{ km/h}$ 'de rüzgar cer kuvveti (direnci)

$$W_{w50} = 2,5 (V_n / 3,6)^2 = 2,5 (50 / 3,6)^2 = 482,25 \text{ N}$$

$$W_{w50} = 482 \text{ N}$$

olmalıdır.

Toplam cer kuvveti:

$$\text{Boş taşıt} \quad W_{\text{toplam}} = 1812,5 + 482 = 2295 \text{ N}$$

$$\% 25 \text{ dolu} \quad W_{gt} = 2040 + 482 = 2525 \text{ N}$$

$$\text{Tam dolu} \quad W_{gt} = 2722,5 + 482 = 3205 \text{ N}$$

Bu değerlerde oluşan cer kuvvetleri ise:

$$\begin{aligned}
 \text{Boş taşıt} \quad F_{L50} &= 0,75 \cdot 1,08 \cdot 7250 \pm 2295 = 8167,5 \text{ N} \\
 &F_{L50} = 8170 \text{ N} \\
 \% 25 \text{ dolu} \quad F_{25_{50}} &= 0,75 \cdot 1,08 \cdot 8160 + 2525 = 9134,6 \text{ N} \\
 &F_{25_{50}} = 9135 \text{ N} \\
 \text{Tam dolu} \quad F_{B_{50}} &= 0,75 \cdot 1,08 \cdot 10890 + 3205 = 12025,9 \text{ N} \\
 &F_{B_{50}} = 12025 \text{ N}
 \end{aligned}$$

olur.

Bu cer kuvvetleriyle eğimli yolda gitmek mümkündür.

$F_{\max} = 19190 \text{ N}$ kuvvet birimi olarak hesaplarda $N (= 1 \text{ kgm/s}^2)$ kullanılıyor.

$V = 60 \text{ km/h}$ hızda cer kuvveti:

Bozulma durumlarında, örneğin gecikmeleri karşılayabilmek için, bu cer kuvveti; $W_g = W_R + W_w$ kuvvetini yenebilecek ve % 8 ek kütle katsayısıyla eğimleri geçebilen ivmeyi verebilecek kadar büyük olmalıdır.

$V = 60 \text{ km/h}$ 'da rüzgar cer kuvveti (direnci)

$$W_w = 2,5 (60/3,6)^2 = 695 \text{ N}$$

$$W_w = 695 \text{ N}$$

olur.

Toplam cer kuvveti:

$$\text{Boş taşıt} \quad W_t = 1812 + 695 = 2507 \text{ N}$$

$$\% 25 \text{ dolu} \quad W_t = 2040 + 695 = 2735 \text{ N}$$

$$\text{Tam dolu} \quad W_t = 2722 + 695 = 2417 \text{ N}$$

Şekil: 2.25'deki cer kuvveti diyagramlarından aşağıdaki kalıcı ivmeler bulunur.

$$\text{Boş taşıt} \quad a_{60_L} = F_{60} / (1,08 \cdot 7250 + 2507) = 10020 / 10337$$

$$a_{60_L} = 0,97 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} \% 25 \text{ dolu } a_{60_{25}} &= F_{60} / (1,08.816 + 2735) = 10020 / 11547,8 \\ a_{60_{25}} &= 0,87 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tam dolu } a_{60_B} &= F_{60} / (1,081.10890 + 3417) = 10020 / 15178,2 \\ a_{60_B} &= 0,66 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Tam dolu taşıt ile % 6,6'lık bir eğim çıkılabilir.

Cer Kuvveti Diyagramlarının Belirlenmesi:

Önceden verilen ve kısmen kabul edilen değerler:

Akım rayının besleme gerilimi	660 V, 50 Hz, 3
Motorların bağlaması	Dingil başına seri bağlama
Gerilim kumandası	Alternatif akım doğrultucu
Maksimum çıkış gerilimi	$U_d = 880 \text{ V}$
Maksimum motor gerilimi	$U = 440 \text{ V}$
Verim	$\eta_{\text{mot}} = 0,90$ (kabul)
	$\eta_{\text{dişli}} = 0,95$
	$\eta_{\text{toplam}} = 0,85$

Çevirme oranı	$U = 6,375$
Lastik tekerlek yarı çapı (eski)	$r = 0,255 \text{ m}$
Maksimum yol alma cer kuvveti	$F_{\text{max}} = 19190 \text{ N}$
Nominal hızda cer kuvveti	$F_{50} = 12025 \text{ N}$

Farklı hızlar için devir sayısı hesabı:

$V [\text{km/h}]$	10	20	30	40	50	60	70
$V [\text{m/s}]$	2,78	5,56	8,33	11,11	13,89	16,67	19,44
$n [\text{dak}^{-1}]$	663	1326	1989	2653	3316	3980	4642

Sürtünme sınırı:

$V = 0 \text{ km/h}$	$\mu = 0,16$	$F_0 = 17440 \text{ N}$
$V = 50 \text{ km/h}$	$\mu = 0,10$	$F_{50} = 10900 \text{ N}$

Şekil: 2.25'deki cer kuvveti eğrisi üzerindeki noktalar:

$V = 50$ km/h'deki maksimum elektrik gücü:

$$P = 2.V/3,6 = 12,025.50/3,6 = 167 \text{ kW}$$

Şekil: 2.25 eğrisinde 1.nolu noktadaki hız:

$$V = p.3,6/2(F) = 167.3,6/19,19 = 31 \text{ km/h}$$

$P = 167$ kW sabit gücündeki cer kuvveti eğrileri için farklı hızlarda elde edilen cer kuvvetleri ise:

$V[\text{km/h}]$	35	40	45	50	55	60
$ZP [\text{kN}]$	17,18	15,03	13,36	12,02	10,93	10,02

değerlerindedir.

$$\begin{aligned} I_{\max} &= P/U.\eta & (2.5) \\ &= 167\ 000/440.0,85 \\ &= 446 \text{ A} \end{aligned}$$

Bir taşıt için ise $I_{\max} = 446/2 = 223 \text{ A}$ olur.

Yolalma Eğrilerinin Belirlenmesi:

Genel kabuller; yolalma eğrilerinin hesaplanması için boş, %25 dolu tam dolu taşıt için $a_{\max} = 1,4 \text{ m/s}^2$ 'lik bir ivme belirlenmiştir. Rüzgar direnci, yolalma eğrilerinin hesaplanmasında programda göz önüne alınmıştır.

Boş taşıtın ağırlığı 7250 kg seyr direnci: 1812,5 N
Ek kütle katsayısı % 8

% 25 dolu taşıt ağırlığı 8160 kg seyr direnci: 2040 N

Tam dolu taşıt ağırlığı 10890kg seyr direnci: 2722,5 N'dir.

$a_{\max} = 1,4 \text{ m/s}^2$ ivmeli ve tam yüklü taşıtın yolalma eğrilerine göre; % 8 ek kütle katsayısı ve 2722,5 N'luk bir seyr direnciyle $F_B = 19190 \text{ N}$ 'luk maksimum bir yolalma cer kuvveti oluşur.

Yolalma işlemi $N_{\max} = 60 \text{ km/h'ye}$ kadar devam eder.

V [km/h]	V [m/s]	n [dak ⁻¹]	F [kN]
0	0	0	19,190
31	8,61	2056	19,190
35	9,72	2321	17,180
40	11,11	2653	15,030
50	13,89	3316	12,025
60	16,67	3980	10,020

Yolalma Diyagramlarının Kritiği, Ortalama ve Efektif Kaymalar:

Duraklararası mesafesi 577 m
Durma zamanı 30 s

$V_n = 50 \text{ km/h'lik}$ nominal hızına kadar, dolu taşıtın yolalma diyagramının değerlendirilmesi ve kritiği:

Hızlanma zamanı $t_a = 9,8 \text{ s}$
Hızlanma mesafesi $s_a = 74 \text{ m}$

Frenleme zamanı $t_b = 9,85 \text{ s}$
Frenleme yolu $s_b = 74 \text{ m}$

V_n ile hareket yolu $s_{50} = 429 \text{ m}$

V_n ile hareket süresi $t_{50} = 30,89 \text{ s}$

Toplam seyr süresi $t_{\text{top}} = 50,49 \text{ s}$

Ortalama ivme $a_{\text{ort}} = 1,30 \text{ m/s}^2$

Maksimum ivme $a_{\text{mak}} = 1,40 \text{ m/s}^2$

Sonuçta elde edilen F_{ort} ve F_{eff} değerleri:

Durma olmadan $F_{\text{ort}} = 11,60 \text{ kN}$

$F_{\text{eff}} = 12,93 \text{ kN}$

Durma olunca $F_{\text{ort}} = 7,28 \text{ kN}$

$F_{\text{eff}} = 10,24 \text{ kN dır.}$

$V = 60 \text{ km/h'lik}$ maksimum hıza kadar dolu taşıtın yol alma

diyagramlarının değerlendirilmesi:

$$\begin{aligned}
 t_a &= 13 \text{ s} \\
 s_a &= 123 \text{ m} \\
 t_b &= 13 \text{ s} \\
 s_b &= 123 \text{ m} \\
 s_{60} &= 331 \text{ m} \\
 t_{60} &= 19,86 \text{ s} \\
 t_{top} &= 45,86 \text{ s} \\
 a_{ort} &= 1,13 \text{ m/s}^2 \\
 a_{maks} &= 1,4 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Sonuçlardan elde edilen değerler:

Durma olmadan	$F_{ort} = 9,14 \text{ kN}$
	$F_{eff} = 11,42 \text{ kN}$
Durma olunca,	$F_{ort} = 5,53 \text{ kN}$
	$F_{eff} = 8,88 \text{ kN dur.}$

Bu sonuçlara göre elde edilen $f(s) = V$ karakteristik eğrisi zamana ve yola bağlı olarak Şekil: 2.27'de görülmektedir(9).

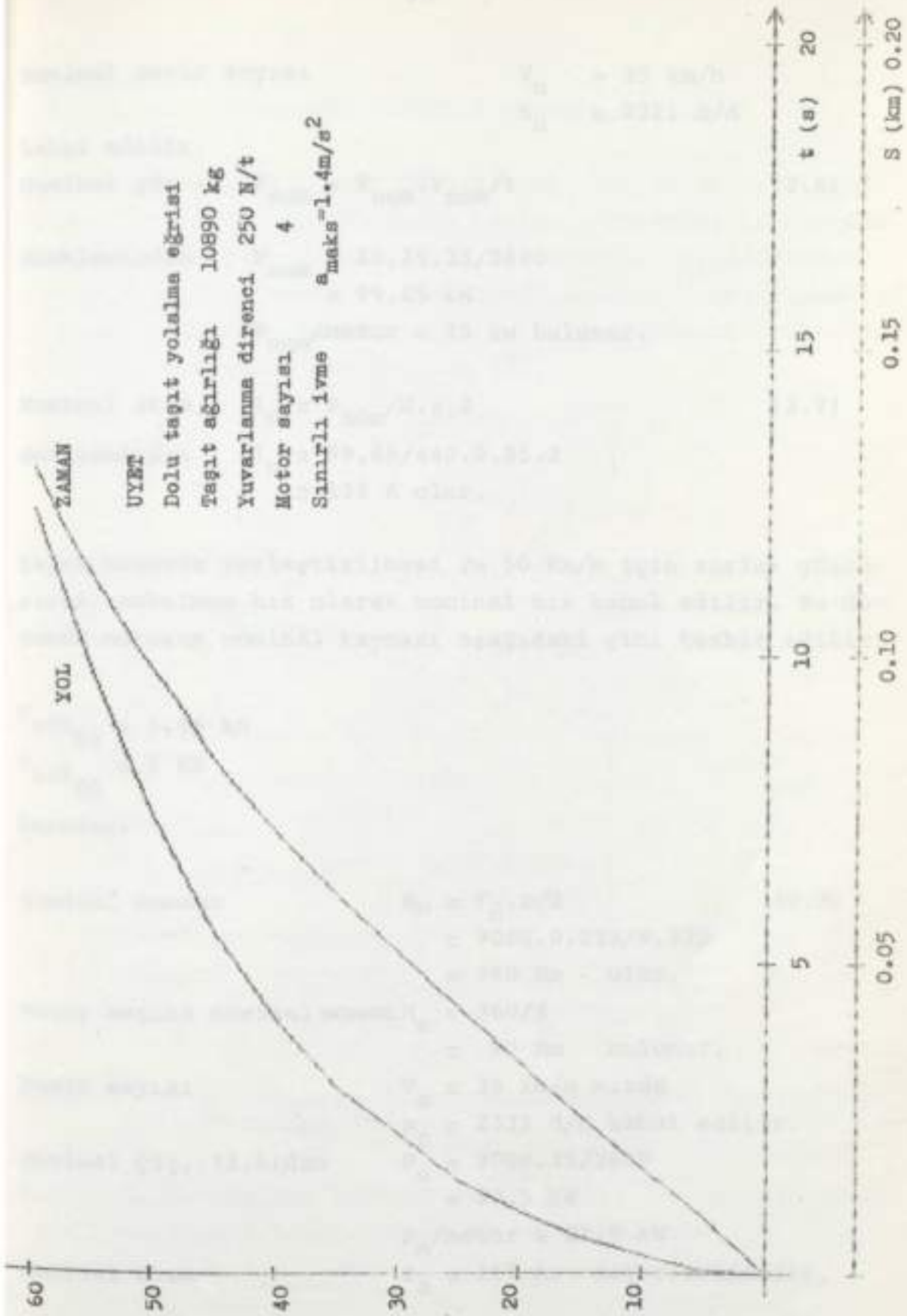
Motorun Nominal Noktasının Belirlenmesi:

Dolu taşıtın yolalma eğrisinin değerlendirilmesinden ortaya çıkan sonuçta efektif cer kuvveti:

$$F_{eff} = 10,25 \text{ kN}$$

olur. Bu efektif kuvvet, taşıt için nominal kayma olarak kabul edilir. Buradan gidilerek;

Nominal kayma	$F_{eff} = 10,25 \text{ kN} = F_n$
	$M_N = F_N \cdot r/U$
	$= 10250 \cdot 0,25 \text{ s}/6,375$
	$= 410 \text{ Nm}$
Motor başına nominal moment	$M_n = 410/4$
	$= 102,5 \text{ Nm}$



Şekil: 2.27. Dolu bir UYET taşıtı için yolalma eğrisi

Nominal devir sayısı

$$V_n = 35 \text{ km/h}$$

$$n_n = 2321 \text{ d/d}$$

kabul edilir.

Nominal güç $P_{nom} = P_{nom} \cdot V_{nom} / t$ (2.6)

denklemden $P_{nom} = 10,25 \cdot 35 / 3600$

$$= 99,65 \text{ kW}$$

$$P_{nom} / \text{motor} = 25 \text{ kW bulunur.}$$

Nominal akım $I_n = P_{nom} / U \cdot \eta \cdot 2$ (2.7)

denklemden $I_n = 99,65 / 440 \cdot 0,85 \cdot 2$

$$= 133 \text{ A olur.}$$

Şayet motorun yerleştirilmesi $V = 50 \text{ km/h}$ için zorluk gösterirse, maksimum hız olarak nominal hız kabul edilir. Bu durumda motorun nominal kayması aşağıdaki gibi tesbit edilir.

$$F_{eff_{60}} = 8,88 \text{ kN}$$

$$F_{eff_{60}} = 9 \text{ kN}$$

Buradan;

Nominal moment $M_n = F_n \cdot r / U$ (2.8)

$$= 9000 \cdot 0,255 / 6,375$$

$$= 360 \text{ Nm olur.}$$

Motor başına nominal moment $M_n = 360 / 4$

$$= 90 \text{ Nm bulunur.}$$

Devir sayısı $V_n = 35 \text{ km/h}$ hızda

$$n_n = 2321 \text{ d/d kabul edilir.}$$

Nominal güç, (2.6)dan $P_n = 9000 \cdot 35 / 3600$

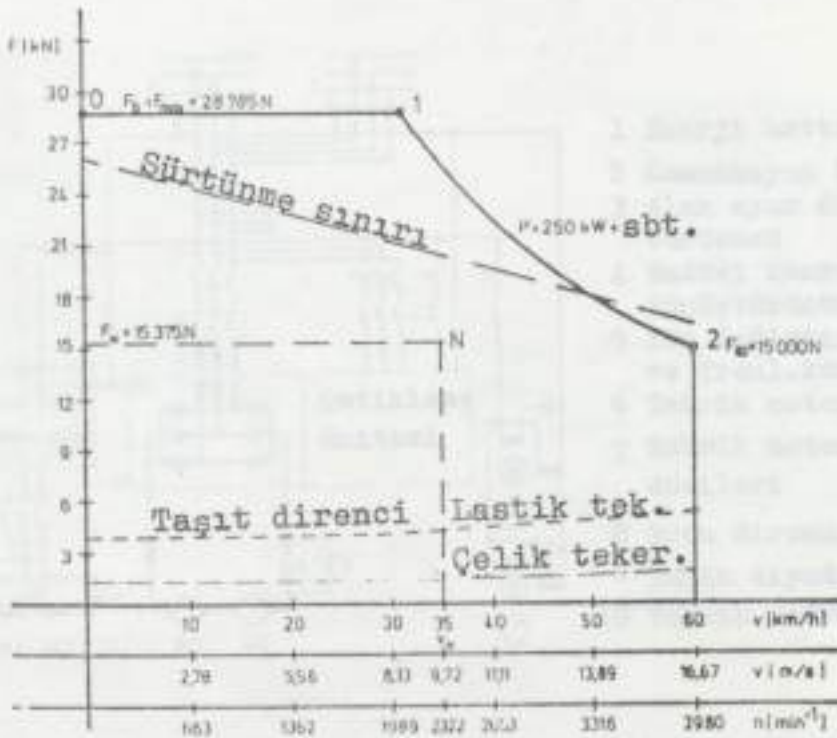
$$= 87,5 \text{ kW}$$

$$P_n / \text{motor} = 21,9 \text{ kW}$$

Nominal akım $I_n = 117 \text{ A.}$ değerlerindedir.

2.4.1.2. D.A. MOTORUNUN ELEKTRİK KUMANDA DEVRELERİ

Elektrik donanımı; tahrik ünitesindeki güç donanımı, kontrol dişlisini ve kabinin diğer yardımcı birimlerini içerir. Tahrik, doğru akım serbest uyarımlı motorla yapıldığından % 7 eğimli yola kadar olan eğimlerde kontrollü doğrultuculara gerek duyulmaz. Kontrolsüz diyotlu doğrultucular ile de kıyıcılar üzerinden beslenirler (8).

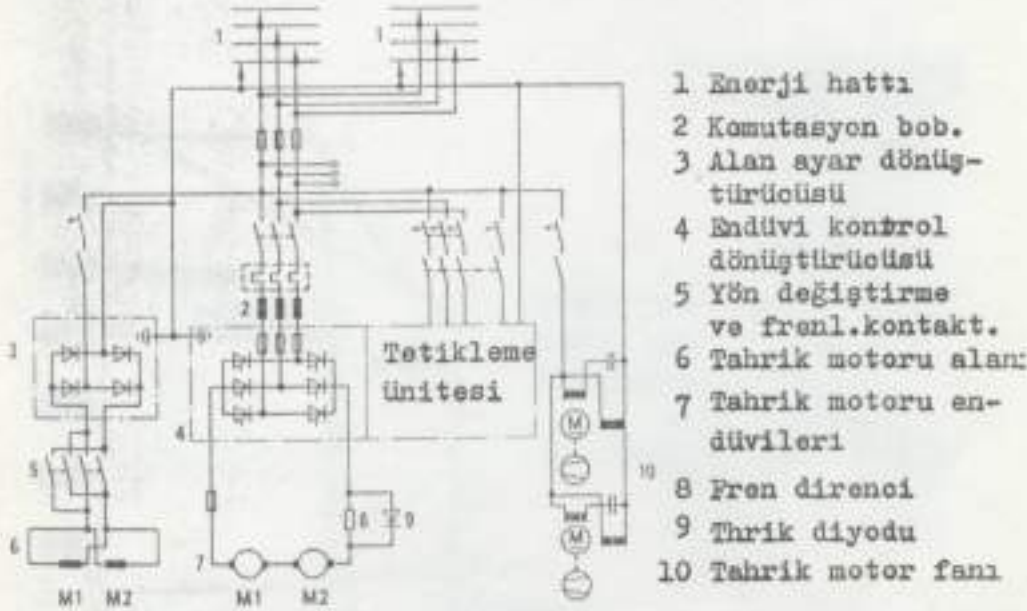


Şekil: 2.28. 4/4 tipinde DA motorlu bir taşıtın Cer kuvveti diyagramı (5)

Şekil: 2.28'deki cer kuvveti diyagramı bu tahrik sistemleri için çıkartılmış diyagramdır. Bu diyagram, aşağıdaki nite - liklerdeki bir taşıt içindir.

Tip dizaynı 4/4
Taşıt ağırlığı 12,8 t

Tahrik Ünitesi sayısı	3
Tahrik Ünitesindeki motor sayısı	2
Motor tipi	Doğu akım motoru
Gerilim kademesi (anma)	440 V= /motor
Dişli oranı	1/9,6
Ana tekerlek çapı (yeni)	d = 520 mm.
Sürtünme katsayısı	$\mu = 0,16$ $v=0$ $\mu_{v=50} = 0,10$

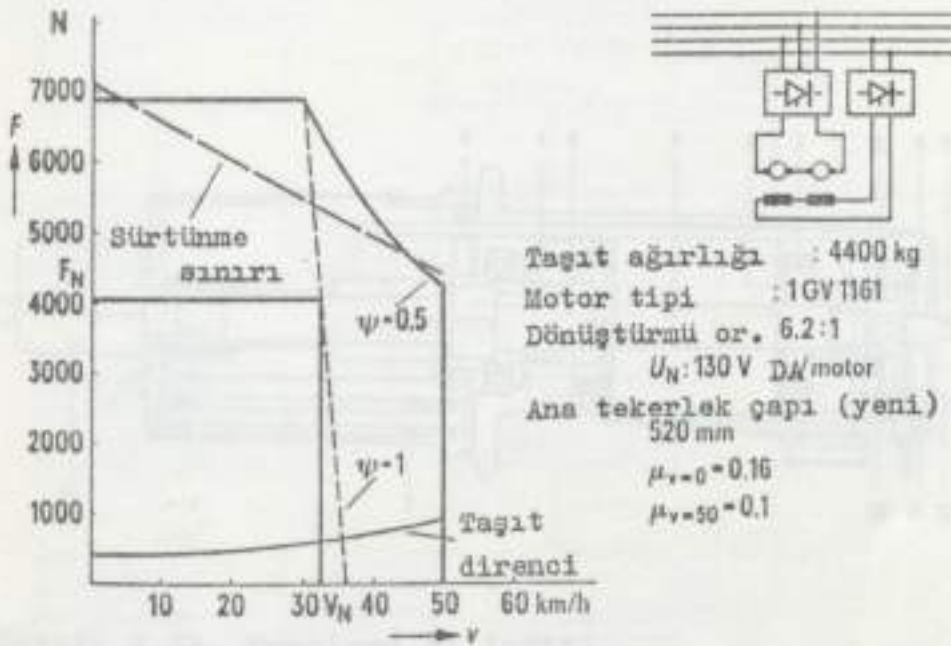


Şekil: 2.29. Bir DA motorunun statik kumanda devresi (5)

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1.a,b. Taşıma hattı baraları | 6. Devir yönü kontaktörü |
| 2.a,b. Komutasyon reaktörleri | 7. Motor uyarma alan sargısı |
| 3.Uyarma alanı tristör eviricisi | 8. Tahrik motor endüvileri |
| 4.Motor esas devresi eviricisi | 9. Frenleme direnci |
| 5.Havalandırma motor eviricisi | 10. Tahrik motor havalandırıcısı |

Tahrik için gerekli enerji akım raylarından akım toplayıcıları (akım alıcı) ile alınır. Ana sigortalar ve ana kontaktör üzerinden güç bölümüne geçer. Şekil: 2.29'dan güç devre-

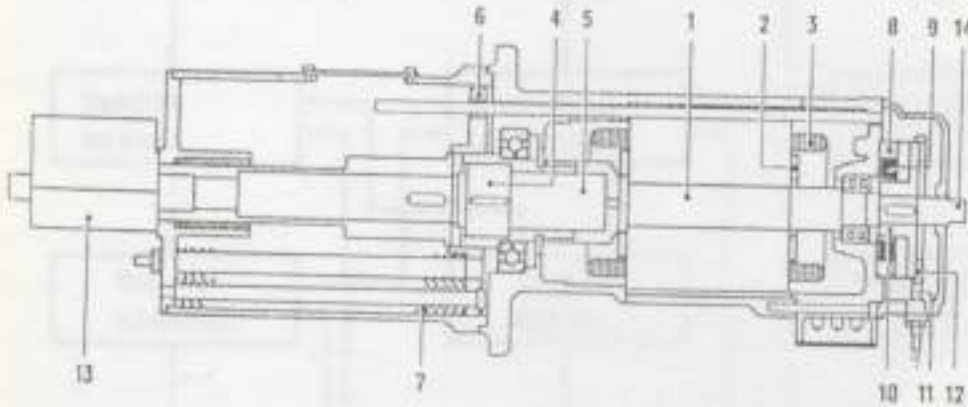
si görülmekte olan, rotorları seri bağlı iki D.A. motorunun kumandası, 6 darbeli tam kontrollü üç fazlı köprü doğrultucular ile yapılır. Rotora uygulanan gerilim, faz kesme metoduyla 0 V'dan maksimum değer olan yaklaşık 440 V'a kadar ayarlanabilir. Uyartım sargıları ise tek fazla yarı kontrollü doğrultucuyla akım yönünü değiştiren kontaktörler üzerinden beslenir. Frenleme anında, tam kontrollü tristörlü bu doğrultucu ünitesi evirici olarak çalışır. Yön değiştiren kontaktör ise devir yönünü değiştirme ve frenlemelerde kullanılır. K7 kontaklarıyla kısa devre edilebilen frenleme direnci, frenlemelerde akım sınırlayıcı olarak devreye girer (7,9).



Şekil: 2.30. İki DA motorlu taşıtın Cer kuvveti diyagramı(5)

Şalterler, anahtarlar ile donatılan konvertör, tahrik ünitesi içine yerleştirilir. Konvertör donanımı; endüvi geriliminin elde edilmesi ve alan kontrolünü yapan kontrollü doğrultucudan oluşur. Şalter ve anahtarlar ise, yardımcı kontaktörler, makas geçişlerinde çalışan kolların kontrolü ve acil fren kontrolü elemanlarından oluşan bir birimdir. Şekil: 2.30

da rotorları seri bağlı olan iki motorun prensip güç şeması ve bu serbest uyarımlı motorların tahrik ettiği taşıta ait cer kuvvet diyagramı görülmektedir. Birleşik kabinlerle oluşturulan taşıt 3 adet tahrik Ünitesine sahiptir. Başlangıçta 1 m/s^2 'lik bir yol alma ivmesiyle hareket eder. Bu ivme lineer motor ile tahrik şeklindeki sistemden iyi olmamakla beraber seyr direncini yenebilecek kadar iyi bir yol alma sağlayabilir. 7000 N'luk maksimum cer kuvvetiyle, $\mu = 0,16$ sürtünme katsayısı ve herbiri 4,4 ton olan tahrik Üniteleri tahrik edebilir. 50 km/h'lık hızda $\mu = 0,1$ sürtünme katsayısı ve 4400 N'luk cer kuvveti oluşur. Bu çalışma noktasına, % 50 uyarımla maksimum başlangıç akımıyla ulaşılır. Bu cer kuvveti 1 m/s^2 'lik başlangıç ivmesi oluşturur.



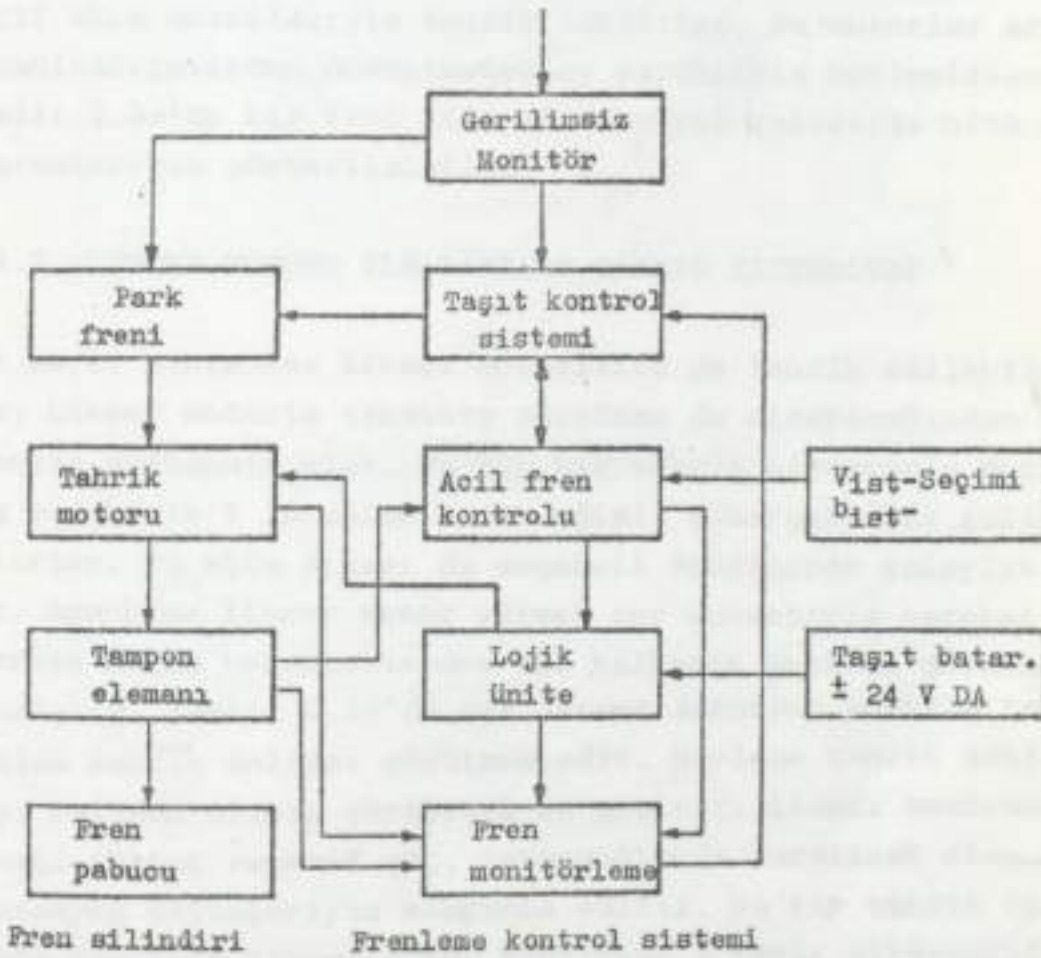
Şekil: 2.31. Frenleme silindiri

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. İçi boş mil | 8. } |
| 2. Frenleme motor rotoru | 9. } Park frenleri |
| 3. Frenleme motor statoru | 10. Park frenleri |
| 4. Küresel mil somunu | 11. Endüstitif transmitter |
| 5. Küresel tehlike somun | 12. Sayıcı disk |
| 6. Yay | 13. Tampon elemanı |
| 7. Yay kurma | 14. Elle çalıştırma |

Konverter donanımı ve anahtarlar ayrı bir kutu içinde tahrik Ünitesinin üstüne yerleştirilir. Bu dizayn, aradaki bağlantı

kablolarının kısa olması açısından avantajlıdır. Bu elektrikli donanım kutusu tamir ve bakım işlemleri için kolaylıkla hızlı bir şekilde değiştirilebilir.

DA motorlar basınçlı havayla soğutulurlar. Soğutucu fanlar, motorların arkasına, tahrik ünitesinin üstüne yerleştirilirler.



Şekil: 2.32. Frenleme sisteminin çalışma blok diyagramı

Taşıtın gerçek hızı, tahrik ünitesinin tekerleklerinden bir mil ile ve bunun ucuna yerleştirilen kodlayıcıyla ölçülür. Hız, ray hattında bulunan hız profilleriyle kabine ulaştırılır. Makaslardan geçişlerde, gidilecek yönün seçilmesinden

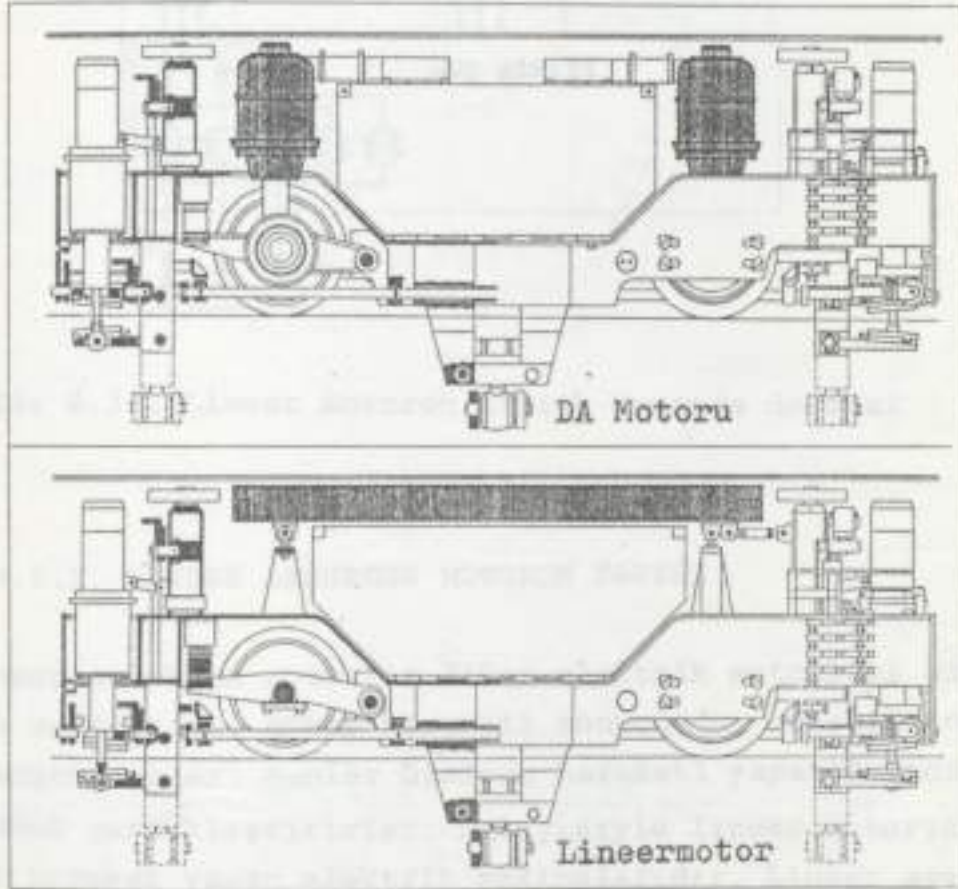
sonra, bu yöne yönlendirmeyi sağlayan hareket kolları bir elektromagnetik hareket ünitesiyle donatılmıştır. Bütün tahrik ünitelerindeki bu klavuz kolların pozisyonları bir sinyalle sürücüye bildirilmektedir. Sürücü bu sinyalle taşıtın hangi yöne gitmekte olduğunu izleyebilir.

Şekil: 2.31'de kesit resmi görülmekte olan fren sisteminde ana parça olan elektromagnetik yaylı fren silindirleri alternatif akım motorlarıyla tahrik edilirler. Bu motorlar aracın akümülatörlerinden dönüştürücüler yardımıyla beslenirler. Şekil: 2.32'de bir fren sisteminin nasıl çalıştığı blok diyagramlarıyla gösterilmiştir.

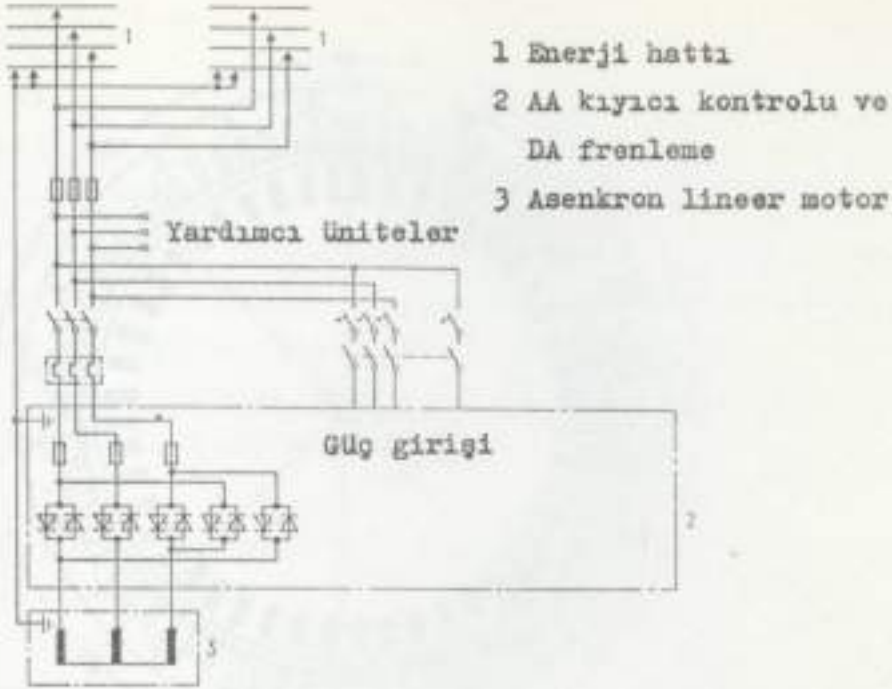
2.4.2. LINEER MOTORU İLE YAPILAN TAHRİK SİSTEMLERİ

Üst raylı sistemler lineer motorlarla da tahrik edilebilirler. Lineer motorla tahrikte sürtünme de olmayacağından bir avantaj sağlanmış olur. Bu tip bir tahrik sistemiyle donatılmış bir taşıt % 15 eğime kadar eğimli güzergahlarda kullanılabilirler. Bu eğim sınırı da engebeli arazilerde kolaylık sağlar. Asenkron lineer motor yüksek cer kuvvetiyle hareket ederken dönen tekerleklerden yük kalkacak şekilde düzenlenmiştir. Şekil: 2.33'de bir lineer asenkron motorla tahrik edilen tahrik ünitesi görülmektedir. Böylece tahrik şekli, seyr halinde oluşan gürültüyü de azaltır. Lineer motorun çekeceği yüksek reaktif güç, istasyonlarda kurulacak olan kompanzasyon üniteleriyle kompanze edilir. Bu tip tahrik sisteminde asenkron lineer motor kontrolü, 3 fazlı alternatif kıyıcısıyla gerilim kontrolü şeklinde yapılır. 3 fazlı kıyıcı; her fazda iki tristörün ters paralel bağlanmasıyla 6 tristörden oluşur. Şekil: 2.34'deki prensip güç şemasından görülmekte olan bu kıyıcıya, iki ayrı tristör grubundan (yine iki tristör ters paralel bağlanarak alternatif akım kıyıcısı oluşturulmuştur) oluşan ve dinamik frenleme duru-

mayla ters yönde dönmeyi sağlayacak faz yerlerini değiştirme devresi eklenmiştir. Bu devredeki tristör tetiklenerek iletime geçirildiğinde iki fazın yerlerini değiştirmiş olurlar. Böylece asenkron motorun devir yönü değiştirilmiş olur (3,24).



Şekil: 2.33. Aynı tahrik ünitelerinde DA ve Lineer motorun tahrik durumu (5)



Şekil: 2.34. Lineer motorun statik kumanda devresi

2.4.2.1. LINEER ASENKRON MOTORUN YAPISI

Lineer asenkron motorlar diğer elektrik motorları gibi elektrik enerjisini, dönme hareketi sonucunda, mekanik enerjiye dönüştürmezler. Bunlar öteleme hareketi yaparak enerji dönüşümünü gerçekleştirirler. Dolayısıyla lineer motorlar, doğrusal hareket yapan elektrik makinalarıdır. Lineer asenkron motor da diğer normal asenkron motorları gibi hareket eden ve duran; rotor ve statordan oluşmuştur. Yalnız lineer motorlarda, motor çapı sonsuz olduğundan dönme hareketi yerine doğrusal hareket yaparlar. Lineer motorlar segman motoruna benzerler (12)

Şekil: 2.35, 72 oluklu 8 kutuplu, üç fazlı bir asenkron motor şeklini göstermektedir. Bu motorun Şekil: 2.36'a'da görülen bir çift kutuplu bölümü göz önüne alınırsa; enerji verildiği zaman, 3 fazlı durumda olduğu gibi bu iki kutuptaki hava aralığında,



Şekil: 2.35. 8 kutuplu üç fazlı kısa devre rotorlu normal bir asenkron motor kesiti (12)



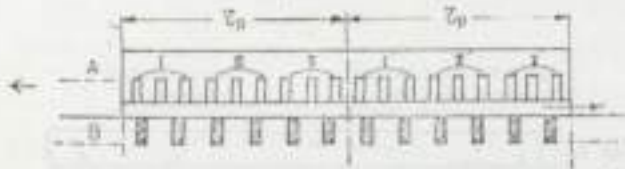
Şekil: 2.36a. Şekil: 2.35'deki motordan elde edilmiş üç fazlı bir segman asenkron motoru (12)

$$V_1 = 2 \cdot f_1 \cdot \tau_p \quad (2.9)$$

senkron hızında ilerleyen bir alan olur. Burada; τ_p , endüktör sargısının kutup taksimatıdır. Bu alandan ötürü rotorda bir gerilim endüklenir. Dolayısıyla rotor çubuklarında kuvvetler endüklenir. Bu makinalarda yalnız bir çift kutupta kuvvet endükleneneğinden önceki motorun dörtte biri kadar güce sahip olacaktır. Buradan görülebilir ki; statorun bir parçası ile de rotorda döndürme momenti endüklemek mümkün - dür. Böyle motorlara "Segman Motoru" denir.

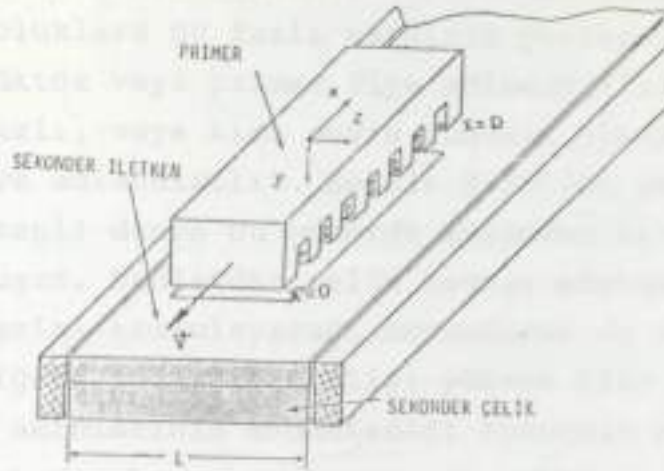
Motor çapı daha da büyütülüp $D_r = \infty$ olacak şekilde gerçekleştirilecek olursa Şekil: 2.36.b'deki gibi olur. Devrenin statorunun oluşturduğu alan, çapı sonsuz olan rotor çubuklarında gerilimler endükleyecek, kısa devre edilmiş çubuklardan akım akacaktır. Böylece Şekil 2.37'de prensip olarak gösterilen biçimde kuvvetler endüklenerek çubuklar alanda beraber hareket etmeye zorlanırlar.

Şekil: 2.36.b'deki A endüktörü sabitleştirilip Bendüvisi yataklanırsa, çubukları taşıyan B endüvisi alan yönünde hareket eder. Şayet B tesbit edilirse A ters yönde hareket eder.



Şekil: 2.36b. Her bir kutup kısmında 9 oluğu bulunan bir çift kutuplu üç fazlı lineer motor (12)

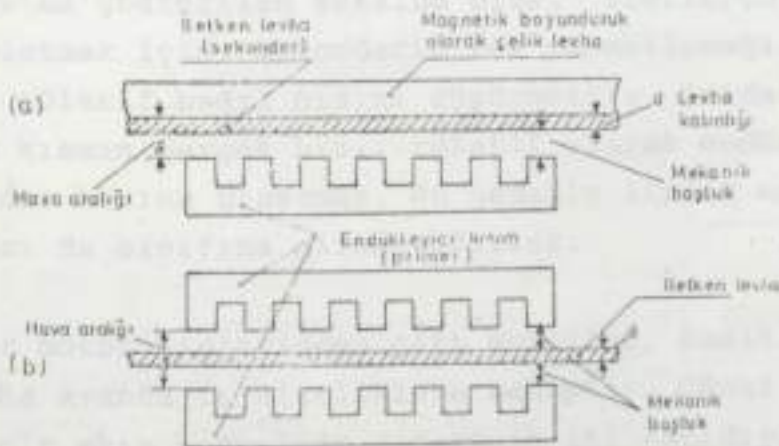
Sekonderi kısa devre çubuklu bir motor gibi değil de bir iletken kabul ederek girdap akımları oluşturulabilir. Uygulamadaki lineer motorlarda; sekonder, masif ve düz iletken



Şekil: 2.37. Primeri kısa tek yanlı lineer asenkron motor

bir levha olarak alınır. Böylece tamamen kısa devre rotorlu asenkron motor prensibiyle aynı olan "Lineer Asenkron Motor" elde edilmiş olur. Çalışma prensibi olarak, kısa devre çubuklu rotora sahip asenkron motor prensibinden hiçbir farkı yoktur.

Bu prensipte çalışan lineer motorların, özellikle elektrikli taşıma sistemlerinde, ÜYET'de olduğu gibi; kullanılması güncel bir olay haline gelmiştir. ÜYET'den başka magnetik yastıklı raylı taşıma tipinde de geniş kullanım alanı vardır.



Şekil: 2.38. Lineer asenkron motorun basit (a) ve çift motor(b) çeşitleri (12)

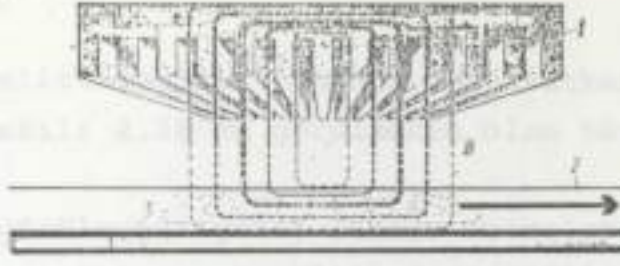
Lineer motorlar genel olarak iki bölümden oluşur. Birisi, üzerindeki oluklara üç fazlı sargının yerleştirildiği saç paketli endüktör veya primer diye adlandırılır. Diğeri ise iletken levhali, veya kısa devre çubuklu alanı; endüvi veya sekonder diye adlandırılır. Şekil: 2.38'den görüldüğü gibi endüktör düzenli denen bu motorda sekonder kısmı iki metal levhadan oluşur. Bunlardan çelik levha; statorda endüklenen akımın devresini tamamlayacağı boyunduruk da denen çelik levhadır. Diğeri ise, iletkenliği yüksek olan iletken levha olup primer akımlarının endüklediği Foucoult akımlarını taşır. Foucoult akımlarının oluşmasını sağlayan yalnız bu levhadır. Primer, burada da normal asenkron motorlarda olduğu gibi, hava aralığında sinüs şeklinde ve senkron hızla ilerleyen bir magnetik alan üretmektir.

V_1 hızında ilerleyen alan yönünde hareket edecek olan sekonder yani iletken levha V_1 'e göre daha düşük bir hızla hareket eder. Bu hız V_2 ile gösterilecek olursa, normal motorlardaki gibi bu hızlar arasında (12)

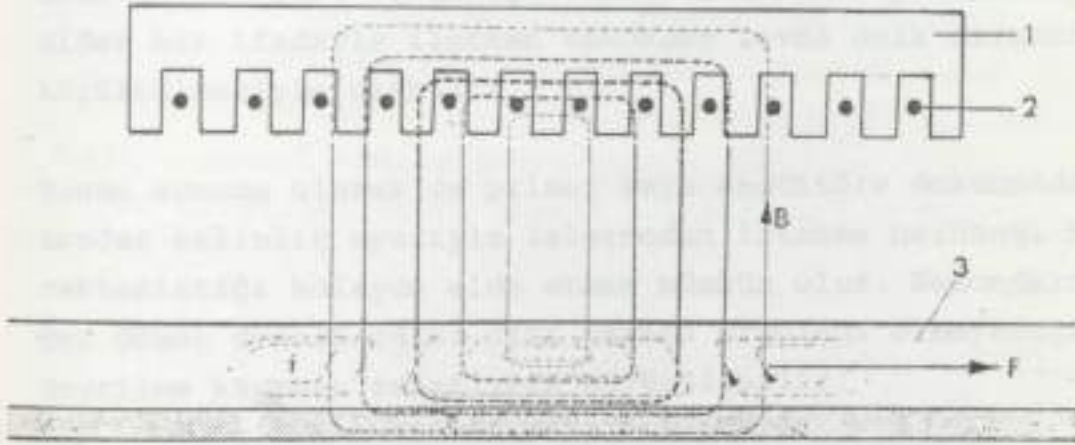
$$s = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \quad (2.10)$$

kadar bir kayma oluşur. Sonuçta, sekonder levhada $f_2 = s \cdot f_1$ frekanslı bir akım endüklenerek ilerleyen alanla, beraber sekonderin hareketini sağlar. Bu hareket Şekil: 2.39.a ve 2.39.b'de gösterilen şekilde olur. İlerleyen alan hızını yavaşlatmak için, sekonderin tek yapabileceği primere göre kendi rölatif bağıl hızını düşürmektir. Bundan dolayı endüklenen kısmın gerçek hızı, rölatif olarak endükleyen kısmın sekonder hızına ulaşamaz. Bu nedenle lineer endüksiyon motorları da sınıfına girmektedirler.

Lineer motor tiplerinden çift motorlar, basit motorlara göre daha avantajlı niteliklere sahiptir. Çünkü çift motordaki Foucoult akım yoğunluğu diğerinin iki katıdır. Bundan dolayı aynı konstrüksiyon ve aynı hava aralığında dört kat



Şekil: 2.39.a. Endüktörün perspektif olarak görünüşü ve endüksiyon çizgileri ile akım yoğunluğu çizgilerinin gidişi (12)



Şekil: 2.39b Şerit endüvilli lineer asenkron motorda girdap akımlarının elipse benzer çizgiler üzerinde dağılışı ve çekiş kuvvetinin oluşması. F: Elektromagnetik kuvvet, B: Endüksiyon, İ: Endüvi girdap akımları, 1: Stator sağ paketi, 2: Stator sargısı, 3: Şerit endüvi

fazla güç verirler. Bunu şöyle ayarlamak mümkündür; güç mümkündür; güç aynı kalırsa hava aralığı dört kat büyütülebilir. Bu büyük hava aralığı da özellikle taşıma sistemlerinde öteleme hareketi yaparken güvenli bir mekanik mesafeyi oluşturur (12).

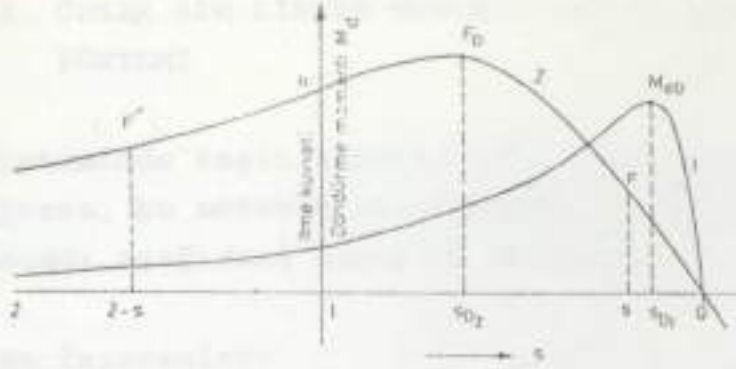
$$S_{D_2} = K. \frac{\delta}{d} \quad (2.11)$$

ifadesiyle belirtilebilir. Burada, d , iletken levha kalınlığı, δ ise, Şekil: 2.38'de görülmekte olan hava aralığıdır.

Bu ifadeden görüleceği gibi; lineer motorlardaki devrilme kayması S_{D_2} 'ye etki etmek, d 'nin değiştirilmesiyle mümkündür. Bunlar ters orantılıdır. Bunun temel nedeni d ile sekonderin omik direncinin değişmesidir. Lineer motorlardaki hava aralığının, diğer normal dönme hareketi yapan asenkron motorlardaki hava aralıklarından daha büyük olması sonucu, motorun devrilme kayması dönen motorların S_{D_1} devrilme kaymasından daha büyük olur. Bunu küçültmek ise d 'nin büyütülmesiyle diğer bir ifadeyle iletken sekonder levha omik direncinin küçültülmesiyle olabilir.

Bunun sonucu olarak da primer veya endüktöre dokunmadan sekonder kalınlık ayarıyla işletmeden istenen herhangi bir karakteristiği kolayca elde etmek mümkün olur. Sekonderde diğer dönen motorlardaki gibi ısınma problemi olmayacağından devrilme kayması rahatlıkla büyütülebilir.

Lineer motorların frenlemesi de, normal asenkron motorlarda olduğu gibidir. Şekil: 2.40'dan görüldüğü gibi hareket eden kısmın hızının senkron hızın üstüne çıkması durumunda; $s < 0$ olunca, itme kuvveti negatif olacağından, sekonder hareketi engellenmeye çalışılır. Bu durumda primerden şebekeye enerji verilir. Diğer bir frenleme imkanı da bir yönde çalışırken iki fazın yerinin değiştirilmesidir. Şekil: 2.34'deki iki alternatif akım kıyıcısı bu görevi yapar. s kaymasında F iletme kuvveti ile çalışan motor, fazlardan ikisi yer değiştirilince, yana iki faz sırası değiştirilme durumunda F itme kuvvetinden hayli büyük olan F' kuvveti, (2-5) kaymasıyla endüklenir. Hareket yönünün tersine etki ettiğinden motor çok büyük bir kuvvetle frenlenir. Elektrikli ulaşım sistemlerinde bu tür frenlemenin tercih edilmesinin nedeni;



ekil: 2.40. Normal bir asenkron motorun (1) karakteristiği ile (2) lineer asenkron motorun $F(s)$ karakteristiği (12)

alternatif akıma, tristörlerle çok kolay ve çok geniş bir bölgede kumanda edilebilmesidir. ÜYET sisteminde de lineer motor tahrik ünitelerinin frenlemesi bu yöntemle yapılır. Başka bir frenleme yöntemi de, çift kutup sayısını büyütme- tir. Bunun sonucunda; senkron hız büyüyeceğinden motor ya - vaşlayacaktır. Ayrıca doğru akımla frenleme vardır. Motor primer sargıları doğru akımla beslenerek bir frenleme sağla- nır (5,12).

Özellikle hızlı elektrikli ulaşım araçlarında yataksız, yani sürtünmesiz tahrik tercih edilmektedir. Bunun için taşıtların yataksız olması, diğer bir ifade ile; havada tutulması gerekir. Şimdiye kadar yapılan uygulamalarda; hava yastıkları veya mıknatıs yastıklar üzerinde tutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan mıknatıs yastık denen yöntem diğere - rinden daha avantajlıdır. Örneğin, 1971 ve 72 yılların da Al - manya'da Transrapid 02 denen taşıt üzerinde yapılan deneme - lerde; lineer motorla 31000 N'luk maksimum itme kuvveti ile 11300 kg ağırlıktaki taşıt 164 km/h maksimum hıza ulaşmıştır. Bununla karşılaştırılmak üzere aynı tahrikle Transrapid 03 denen başka bir taşıt üzerinde hava yastıklı taşıt tipi de - nenmiştir. 29000 N'luk bir maksimum itme kuvvetine sahip lineer motorla 9600 kg ağırlığındaki taşıt ancak 140 km/h maksimum hıza ulaşmıştır. Transrapid 02 taşıtı magnetik ola - rak asılmış, fakat Transrapid 03 taşıtı hava yastıklı olarak yapılmıştır. Görüldüğü gibi, magnetik yolla yataklanmaksızın hareket eden lineer motorlu taşıtlar daha avantajlıdırlar (12).

2.4.2.2. ÖRNEK BİR LINEER MOTORLU TAHRİK MOTORUNUN HESAP YÖNTEMİ

UYET sisteminde taşıt tahriki eğer lineer asenkron motor ile yapılıyorsa, bu motorun nitelikleri ve bazı hesaplarının nasıl olacağı aşağıdaki hususlar söylenebilir.

Motordan İstenenler:

Motorun dingile yerleştirilmesi; Şekil: 2.33'de görüldüğü gibi, motor dingildeki sürükleyici silindirler arasına yerleştirilir. Motorun yerleştirilecek olan yerinin boyutları önceden belirlenir. Sargı başlarının boyutları da belli olmalıdır. Boyut ölçülerinde mümkün olduğu kadar ± 2 mm'lik bir tolerans aşılmamalıdır.

Motorun kayma ve çekme kuvvetleri ölçebilmek için motor, gerekli ölçümleri yapabilecek aletlerle donatılmış başka bir taşıtta denenmelidir. Ölçümde uygun metod kullanılır. Ölçüm anındaki sıcaklığa, hassasiyete ve dayanıklılığa dikkat edilir. Motorun çevresi ısıyı dışarıya iletebilecek şekilde olmalıdır. Motorun dingile yerleştirilip çıkartılması için vinç ile kolayca yapılabilecek dizaynda olmalıdır. Yapım sırasında motorun ağırlığının askı sistemlerine olan etkisi gözönüne alınarak ve en az ağırlıktaki üretim planlanmalıdır. Motor soğutması, seyr sırasında güçlü bir hava akışıyla gerçekleşir. Sargıların soğutulması için de sargı başları soğutmaya uygun dizayna olmalıdır. Motor bağlantı kablosu ısıya ve yağa dayanıklı bulunmalıdır, kablo ve ek malzemeleri de bu nitelikte olmalıdır. Motor için $\delta_n = 12$ mm'lik nominal hava aralığı alınabilir. Dingil ve güzergah yapı toleransları için $\delta = 2$ mm azaltılıp $\delta_{max} = 30$ mm kadar büyütülebilir. Burada oluşan kayma sapmaları belirlenir. Böyle bir tahrik sistemiyle yarıçap ve yay uzunluğu göz önüne alınarak geçilebilecek kavisler aşağıdaki gibi sınırlanabilir.

	Uzunluk (m)	Yarıçap (m)
Boğar Taşıyıcısı	16	20
	21	40
	24	60
Makas Taşıyıcısı	21	40
	24	60
Kepen, Wonnen Taşıyıcısı	15	100

Stator sargılarının mekanik zorlanmalarından korunması gerekir. Motorun reaksiyon rayına dokunma tehlikesine karşı, saç paketine koruma bantları konur. Lineer asenkron motor için bu yolun iyi olması nedeniyle frenleme de göz önüne alınarak, sekonder taraf 3 mm Ms95 ($\chi = 33,3 \text{ sm/mm}^2$) den oluşur. Bu da yol taşıyıcısının üst boşluğuna nokta kaynakla tutturulur.

Seyr sırasında:

Nominal hız $V_{\text{nom}} = 50 \text{ km/h}$ ($V_{\text{senk}} = 59 \text{ km/h}$) olur. Şekil-2.4 1'de görülen eğri motorun cer kuvveti eğrisidir. Bu eğriden görüleceği gibi maksimum yol alma cer kuvveti,

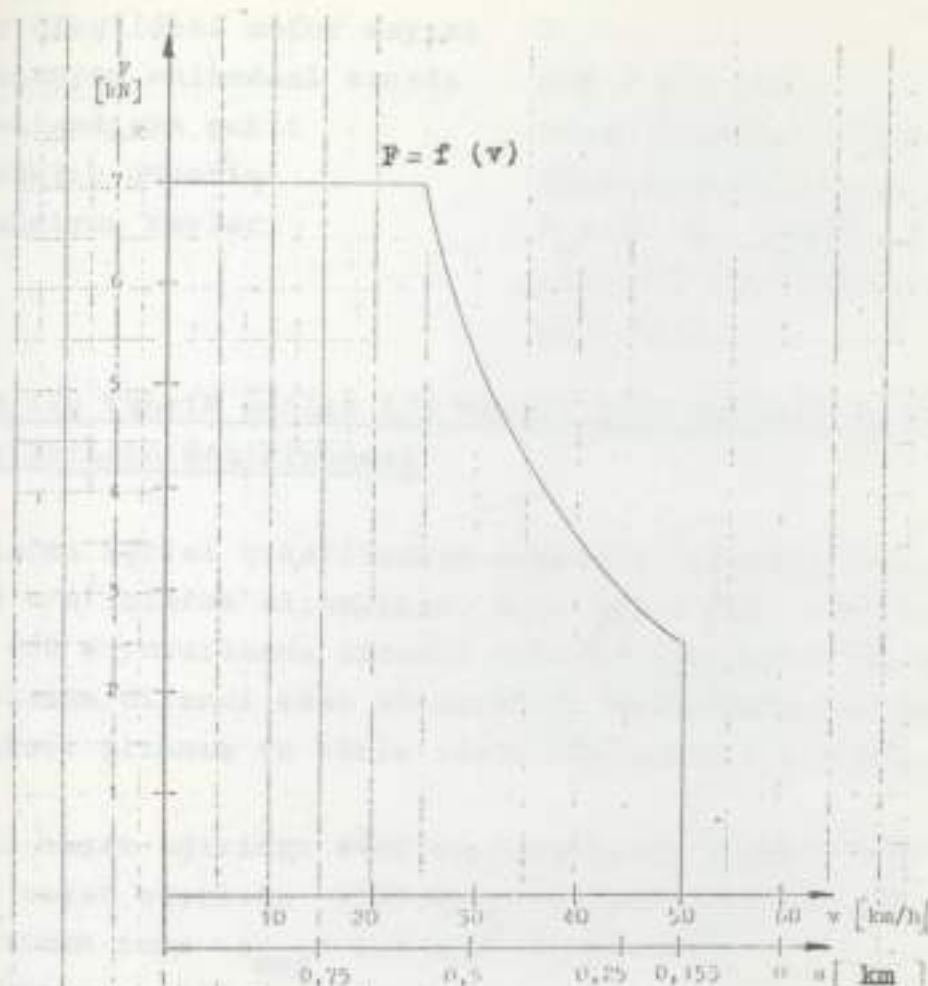
$$I_{\text{max}} = 7.0 \text{ kN}$$

değerindedir.

$V_n = 50 \text{ km/h}$ lık hızda $F_{50} = 2,5 \text{ kN}$ 'luk bir kalıcı cer kuvveti vardır.

Istasyonlar arası ortalama uzaklık 517 m alınırsa $P_{\text{ort}} = 2,11 \text{ kN}$ 'luk ortalama bir kayma cer kuvveti olur. Bu şartlarda durakların her birinde 30 s durulduğu kabul ediliyor. Sistem çalışır durumdayken motor sargılarında sıcaklık gözetimi yapılır. Lineer motorun $\cos \varphi$ güç faktörünü düzeltmek için iki yol vardır. Bunlardan biri, istasyonlara kompanzasyon grupları koyup motorla senkronize çalışmasını sağlamak ikincisi ise motor üzerine kompanzasyon grubu yerleştirilerek güç faktörü $\cos \varphi$ 'yi düzeltmektedir. (13)

Lineer asenkron motorun teknik verileri



Şekil: 2.41. Lineer asenkron motorun cer kuvveti diyagramı

Nominal gerilim

$$U_n = 380 \text{ V}$$

Frekans

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Nominal cer kuvveti

$$P_n = 2,5 \text{ kW}$$

Nominal hız

$$v_n = 50 \text{ km/h}$$

Nominal hava aralığı

$$\delta_n = 12 \text{ mm}$$

Kutupça başı bölümleri

Nominal akım

Devrilme kayması

$\cos \varphi$ güç faktörü

Nominal verim η_n

Motor ağırlığı

Motor boyutları

Yolalma akımı

Yolalma kuvveti

İmalatçı firma verileridir.

$$I_{A_{maks}} = 800 \text{ A}$$

$$F_{A_{maks}} = 7.0 \text{ kW}$$

Bir dingildeki motor sayısı	1
İzolasyon malzemesi sınıfı	VDE 0.535 (F)
Havalandırma şekli	Kendi kendine havalandırma
Sıcaklık gözetimi	Akım sargısında yapılır
Reaksiyon rayları	$F_e = 20$ mm $Ms95 = 3$ mm piriğten yapılır. Ray genişliği belirler.

LİM ile Tahrik edilen 1/1 Kabini İçin Deneylerle Yolalma Eğrilerinin Belirlenmesi

Yolalma eğrisi çıkarılırken maksimum hızlanma ivmesi $a_{maks} = 1/4 \text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Dolu taşıt için 4400 kg ağırlık ve 400 N yuvarlanma direnci 3350 kg ağırlıkta 300 N'luk yuvarlanma direnci esas alınmıştır. Hesaplarda rüzgar direnci dikkate alınmış ve kütle ilave katsayısı % 2 kabul edilmiştir.

Dolu taşıt ağırlığı 4400 kg yuvarlanma direnci 400 N

Boş taşıt ağırlığı 3350 kg yuvarlanma direnci 300 N

Maksimum ivme $a_{maks} = 1,4 \text{ m/s}^2$ ($1,45 \text{ m/s}^2$)

Ek kütle % 2

Yuvarlanma direnci 400 N, ek kütle katsayısı % 2 iken dolu

taşıtta

$$a_{maks} = \frac{Z - W}{M} \quad (2.12)$$

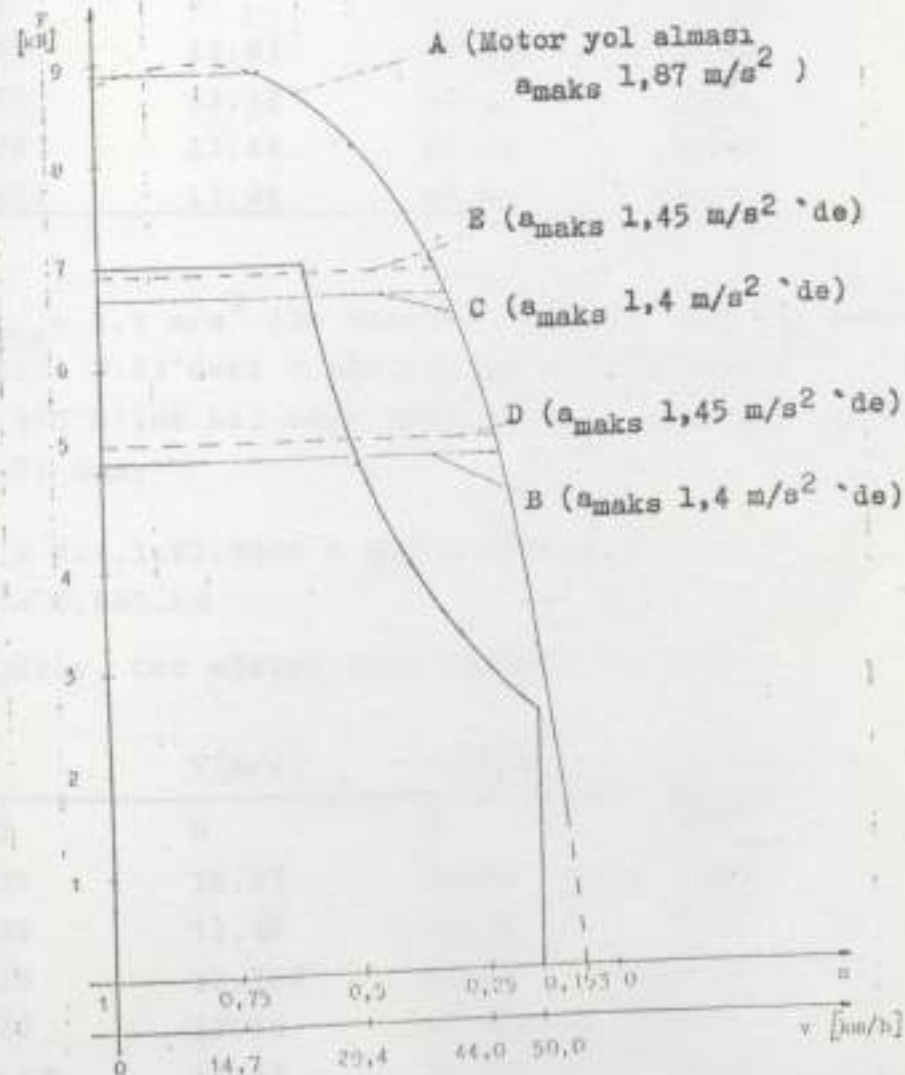
denkleminde;

$$a_{maks} = \frac{8800 - 400}{1,02 \cdot 4400}$$

$$a_{maks} = 1,87 \text{ m/s}^2 \text{ olur.}$$

Çer eğrisi için gerekli veriler:

s	V [m/s]	V [km/h]	F [kN]
1.0	0	0	8.90
0.68	5.24	18.88	8.90
0.5	8.19	29.5	8.13
0.35	10.63	38.3	7.0
0.25	12.27	44.2	5.5
0.153	13.88	50.0	3.17



Şekil: 2.42. Lineer motor tahrikli $a_{maks} = 1,87 \text{ m/s}^2$ ile sınırlı dolu bir UYET taşıtının cer kuvveti diyagramları

$a_{maks} = 1,4 \text{ m/s}^2$ ile sınırlı boş bir taşıtta yolalma eğrisi, Şekil 2.42'deki B eğrisinden görülmektedir.

2 ek kütle ve 300 N'luk bir seyr direncinde oluşan cer kuvveti; denklem (2.2) den;

$$F_L = 1,4 \cdot 1,02 \cdot 3350 + 300 = 5083,8 \text{ N} \\ = 5085 \text{ N}$$

seçilir. Cer eğrisi için gerekli veriler

S	V[m/s]	V[km/h]	F[kN]
1,0	0	0	5,085
0,23	12,61	45,43	5,085
0,20	13,10	47,20	4,45
0,18	13,43	43,38	4,00
0,153	13,88	50,00	3,17

$a_{maks} = 1,4 \text{ m/s}^2$ ile sınırlı dolu bir taşıtta yolalma eğrisi Şekil: 2.42'deki C eğrisinden görülmektedir. 2 ek kütle ve 400 N'luk bir seyr direncinde oluşan cer kuvveti, denklem (2.2) den;

$$F_B = 1,4 \cdot 1,02 \cdot 4400 + 400 = 6683,2 \text{ N} \\ = 6,685 \text{ kN}$$

seçilir. Cer eğrisi için gerekli veriler:

S	V[m/s]	V[km/h]	F[kN]
1,0	0	0	6,685
0,33	10,97	39,53	6,685
0,30	11,46	41,30	6,30
0,25	12,128	44,25	5,50
0,20	13,10	47,20	4,45
0,153	13,88	50,00	3,17

$a_{maks} = 1,45 \text{ m/s}^2$ ile sınırlı boş bir taşıt için yolalma eğrisi, Şekil: 2.42'deki D eğrisinden görülmektedir. 2 ek kütle ile ve 300 N'luk bir seyr direnciyle oluşan cer kuvveti, denklem (2,2) den;

$$F_L = 1,45 \cdot 1,02 \cdot 3350 + 300 = 5254,65 \text{ N}$$

$$F_L = 5,255 \text{ kN}$$

seçilir. Cer eğrisi için gerekli veriler:

S	V[m/s]	V[km/h]	F[kN]
1,0	0	0	5,255
0,24	12,45	44,84	5,255
0,20	13,10	47,20	4,450
0,10	13,43	48,36	4,050
0,153	13,88	50,00	3,170

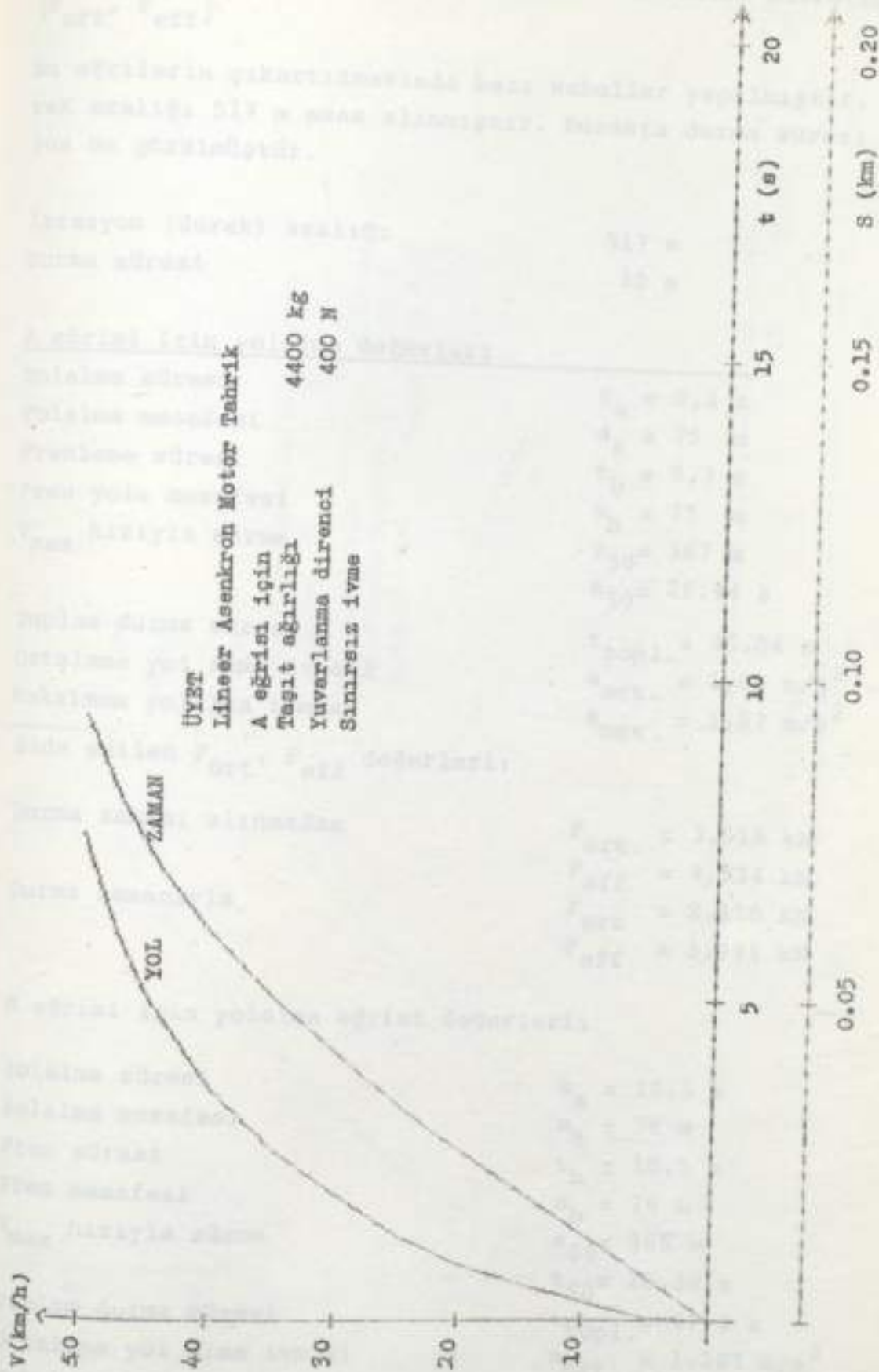
$a_{maks} = 1,45 \text{ m/s}^2$ ile sınırlı dolu bir taşıt için yolalma eğrisi, Şekil: 2.42'deki E eğrisinden görülmektedir. 2 ek kütle ile ve 400 N'luk bir seyr yuvarlanma direnciyle oluşan cer kuvveti, denklem (2.2) den;

$$F_B = 1,45 \cdot 1,02 \cdot 4400 + 400 = 6907,6 \text{ N}$$

$$F_B = 6,910 \text{ kN}$$

seçilir. Cer eğrisi için gerekli veriler:

S	V[m/s]	V[km/h]	F[kN]
1,0	0	0	6,910
0,34	10,81	39,94	6,910
0,30	11,46	43,30	6,300
0,25	12,28	44,25	6,500
0,20	13,10	47,20	4,450
0,153	13,80	50,00	3,170



Şekil: 2.43. Şekil: 2.42'deki A eğrisi için yolalma eğrisi

Yolalma Eğrileri ve Tahmini Ortalama - Effektif kuvvetler [F_{ort} , F_{eff}]

Bu eğrilerin çıkartılmasında bazı kabuller yapılmıştır. Durak aralığı 517 m esas alınmıştır. Durakta durma süresi 30s ön görülmüştür.

Istasyon (durak) aralığı	517 m
Durma süresi	30 s

A eğrisi için yolalma değerleri

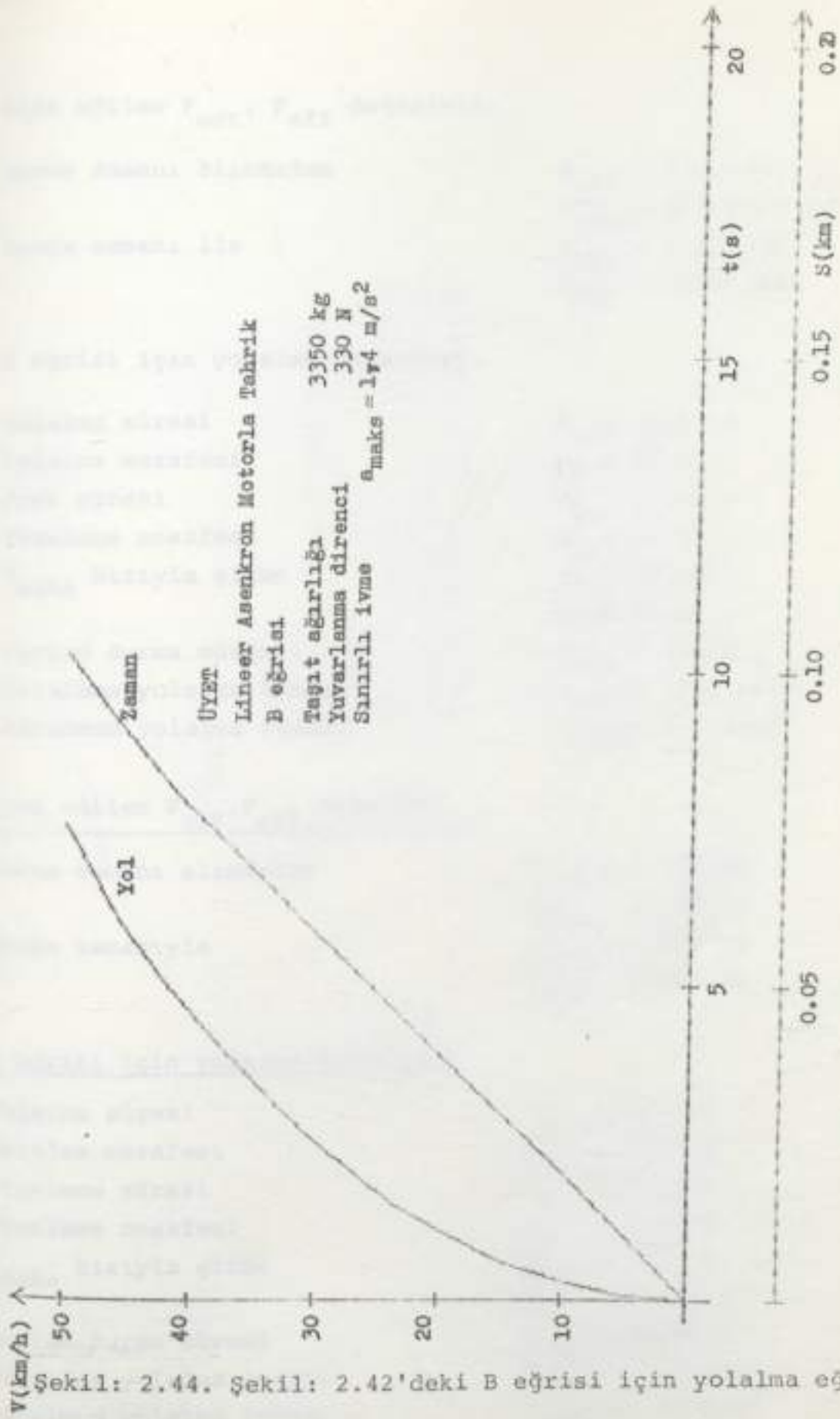
Yolalma süresi	$t_a = 9,3$ s
Yolalma mesafesi	$s_a = 75$ m
Frenleme süresi	$t_b = 9,3$ s
Fren yolu mesafesi	$s_b = 75$ m
V_{max} hızıyla sürme	$s_{50} = 367$ m
	$t_{50} = 26,44$ s
Toplam durma süresi	$t_{topl.} = 45,04$ s
Ortalama yol alma ivmesi	$a_{ort.} = 1,28$ m/s ²
Maksimum yolalma ivmesi	$a_{max} = 1,87$ m/s ²

Elde edilen F_{ort} , F_{eff} değerleri:

Durma zamanı alınmadan	$F_{ort.} = 3,515$ kN
	$F_{eff} = 4,834$ kN
Durma zamanıyla	$F_{ort} = 2,110$ kN
	$F_{eff} = 3,745$ kN

B eğrisi için yolalma eğrisi değerleri:

Yolalma süresi	$t_a = 10,5$ s
Yolalma mesafesi	$s_a = 76$ m
Fren süresi	$t_b = 10,5$ s
Fren mesafesi	$s_b = 76$ m
V_{max} hızıyla sürme	$s_{50} = 365$ m
	$t_{50} = 26,30$ s
Toplam durma süresi	$t_{topl.} = 47,3$ s
Ortalama yol alma ivmesi	$a_{ort.} = 1,267$ m/s ²
Maksimum yolalma ivmesi	$a_{max} = 1,4$ m/s ²



Elde edilen F_{ort} , F_{eff} değerleri:

Durma zamanı alınmadan

$$F_{ort} = 2,654 \text{ kN}$$

$$F_{eff} = 3,376 \text{ kN}$$

Durma zamanı ile

$$F_{ort} = 1,624 \text{ kN}$$

$$F_{eff} = 2,641 \text{ kN}$$

C eğrisi için yolalma değerleri:

Yolalma süresi

$$t_a = 11,05 \text{ s}$$

Yolalma mesafesi

$$s_a = 83 \text{ m.}$$

Fren süresi

$$t_b = 11,05 \text{ s}$$

Frenleme mesafesi

$$s_b = 83 \text{ m}$$

V_{maks} hızıyla gitme

$$s_{50} = 351 \text{ m}$$

$$t_{50} = 25,29 \text{ s}$$

Toplam durma müddeti

$$t_{top} = 47,39 \text{ s}$$

Ortalama yolalma ivmesi

$$a_{ort} = 1,16 \text{ m/s}^2$$

Maksimum yolalma ivmesi

$$a_{maks} = 1,4 \text{ m/s}^2$$

Elde edilen F_{ort} , F_{eff} değerleri

Durma zamanı alınmadan

$$F_{ort} = 3,376 \text{ kN}$$

$$F_{eff} = 4,336 \text{ kN}$$

Durma zamanıyla

$$F_{ort} = 2,067 \text{ kN}$$

$$F_{eff} = 3,393 \text{ kN}$$

D eğrisi için yolalma değerleri

Yolalma süresi

$$t_a = 10,2 \text{ s}$$

Yolalma mesafesi

$$s_a = 73,5 \text{ m}$$

Frenleme süresi

$$t_b = 10,2 \text{ s}$$

Frenleme mesafesi

$$s_b = 73,5 \text{ m}$$

V_{maks} hızıyla gitme

$$s_{50} = 370 \text{ m}$$

$$t_{50} = 26,67 \text{ s}$$

Toplam durma süresi

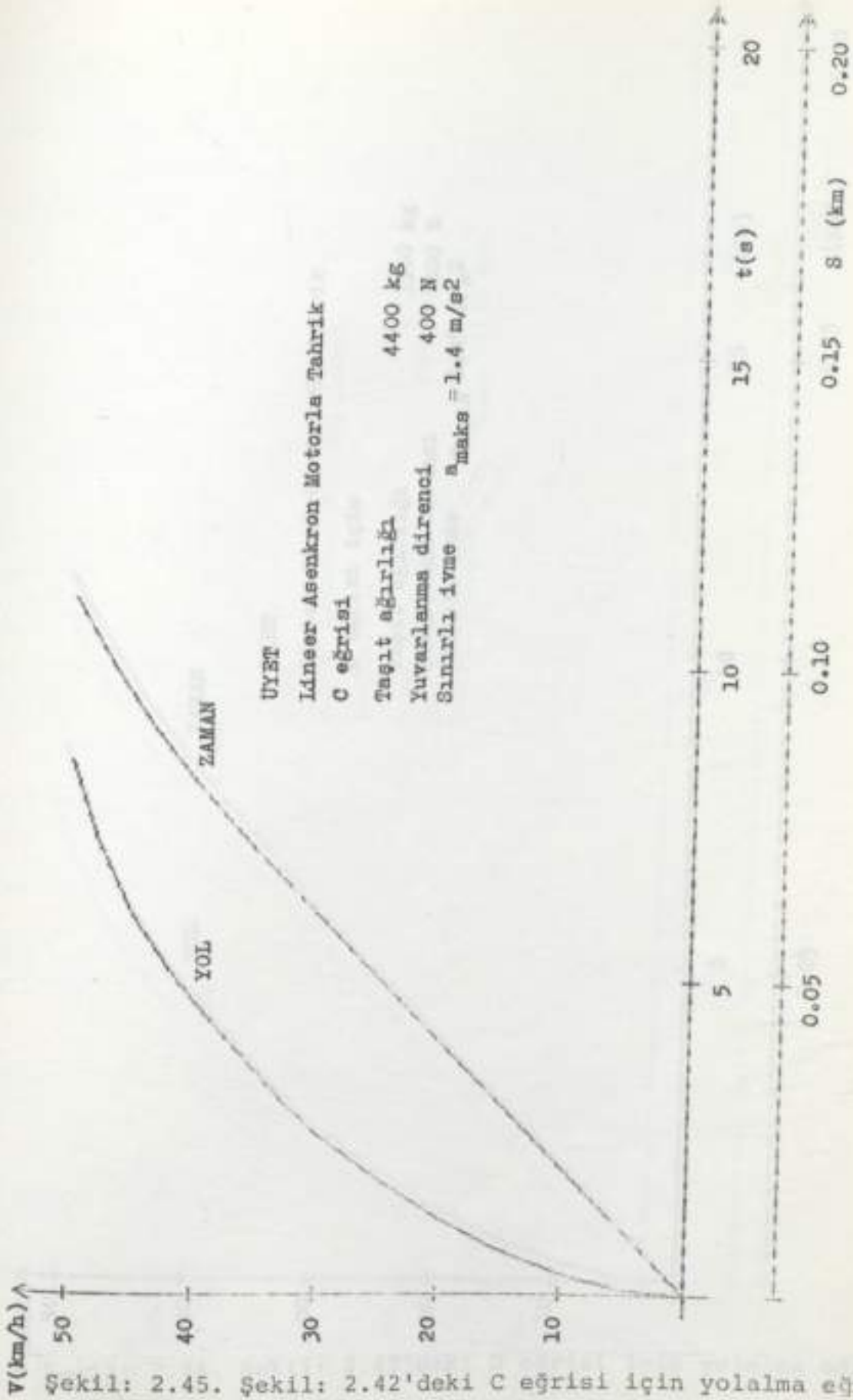
$$t_{topl} = 47,07 \text{ s}$$

Ortalama yolalma ivmesi

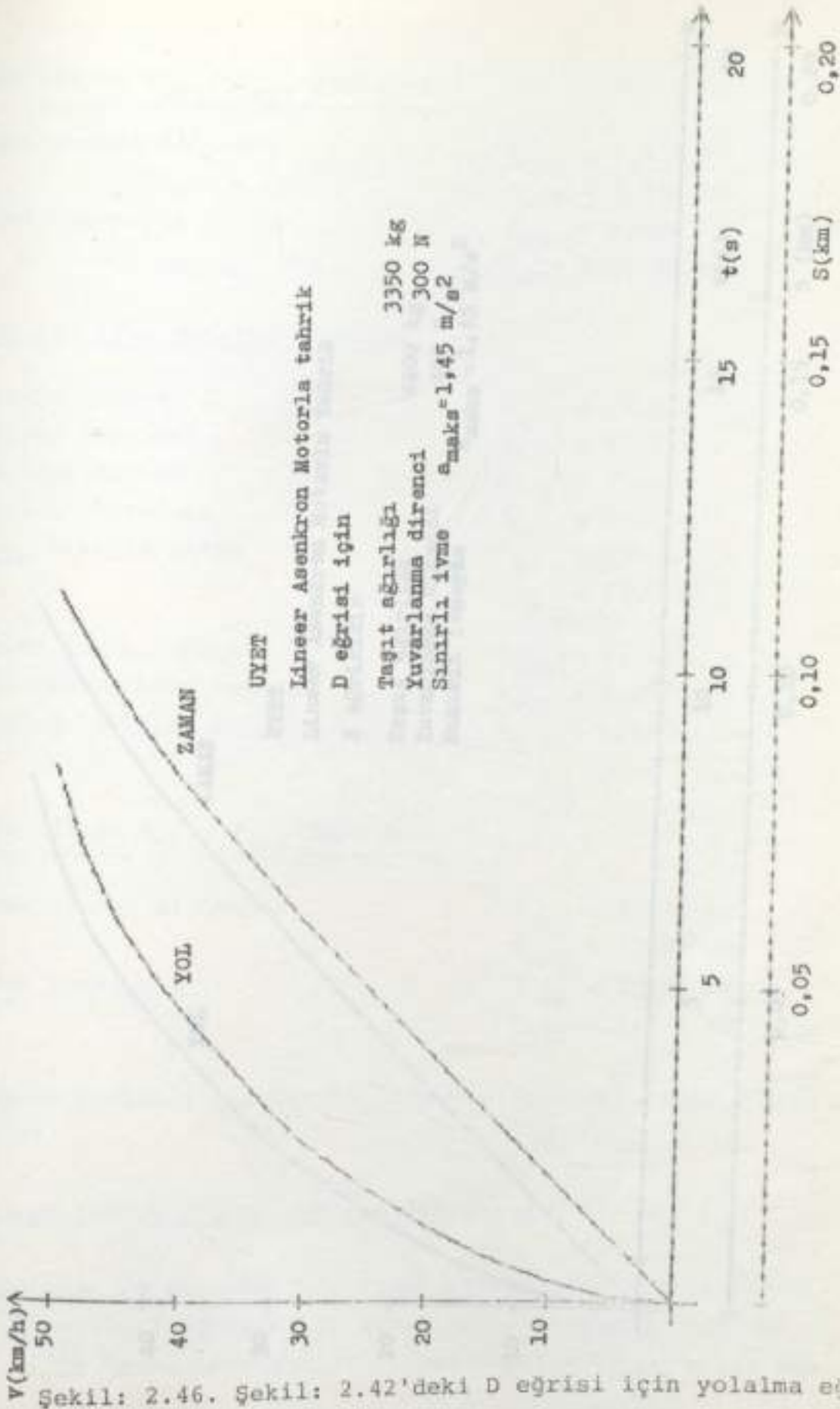
$$a_{ort} = 1,31 \text{ m/s}^2$$

Maksimum yolalma ivmesi

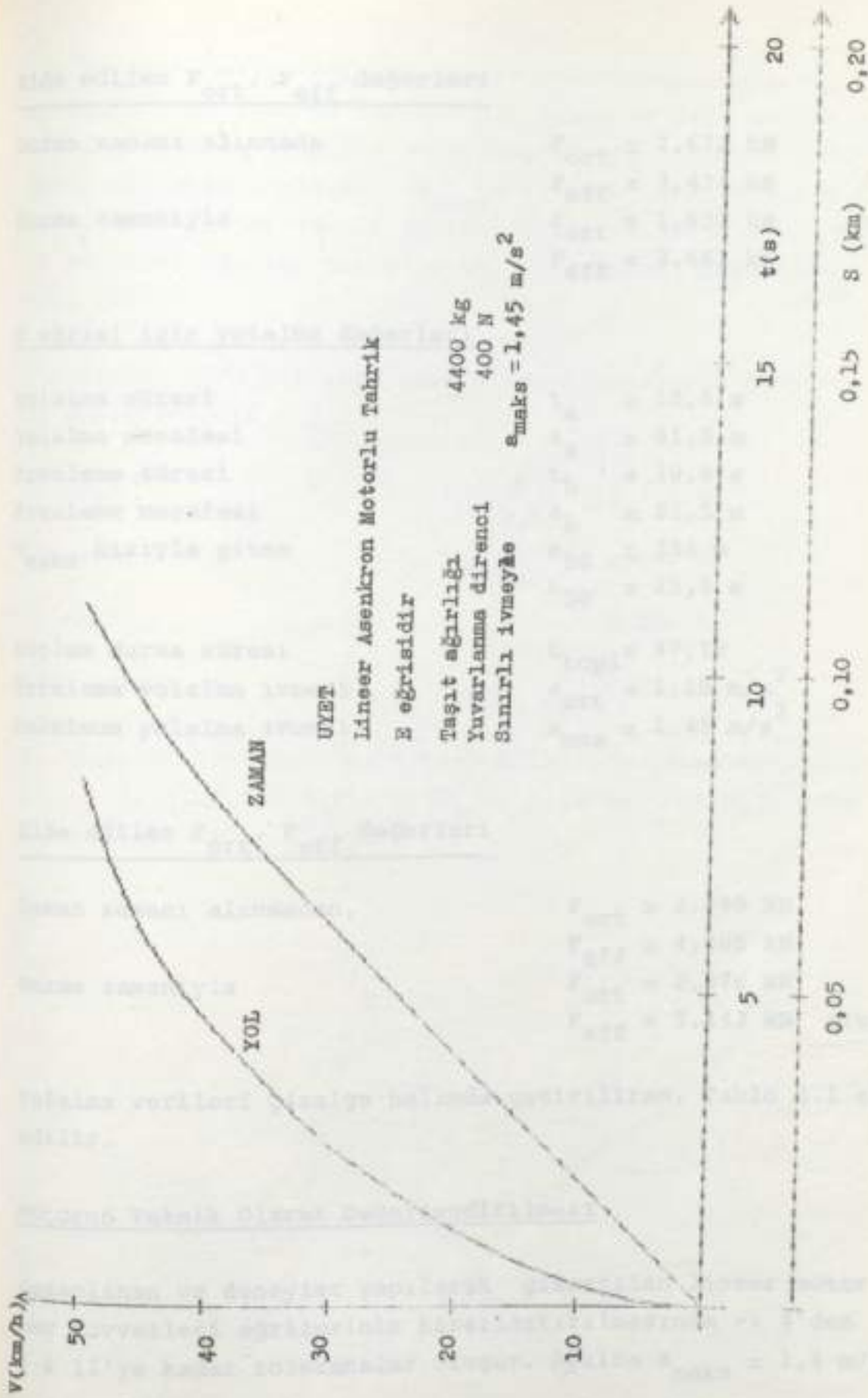
$$a_{maks} = 1,45 \text{ m/s}^2$$



Şekil: 2.45. Şekil: 2.42'deki C eğrisi için yolalma eğrisi



Şekil: 2.46. Şekil: 2.42'deki D eğrisi için yolalma eğrisi



Şekil: 2.47. Şekil: 2.42'deki E eğrisi için yolalma eğrisi

Elde edilen F_{ort} , F_{eff} değerleri

Durma zamanı alınmada	$F_{ort} = 2,672 \text{ kN}$
	$F_{eff} = 3,434 \text{ kN}$
Durma zamanıyla	$F_{ort} = 1,632 \text{ kN}$
	$F_{eff} = 2,683 \text{ kN}$

E eğrisi için yolalma değerleri

Yolalma süresi	$t_a = 10,8 \text{ s}$
Yolalma mesafesi	$s_a = 81,5 \text{ m}$
Frenleme süresi	$t_b = 10,8 \text{ s}$
Frenleme mesafesi	$s_b = 81,5 \text{ m}$
V_{maks} hızıyla gitme	$s_{50} = 354 \text{ m}$
	$t_{50} = 25,5 \text{ s}$
Toplam durma süresi	$t_{topl} = 47,15$
Ortalama yolalma ivmesi	$a_{ort} = 1,18 \text{ m/s}^2$
Maksimum yolalma ivmesi	$a_{max} = 1,45 \text{ m/s}^2$

Elde edilen F_{ort} , F_{eff} değerleri

Durma zamanı alınmadan,	$F_{ort} = 3,399 \text{ kN}$
	$F_{eff} = 4,405 \text{ kN}$
Durma zamanıyla	$F_{ort} = 2,076 \text{ kN}$
	$F_{eff} = 3,443 \text{ kN olur.}$

Yolalma verileri çizelge halinde getirilirse, Tablo 2.1 elde edilir.

Motorun Teknik Olarak Değerlendirilmesi

Hesaplanan ve deneyler yapılarak çıkartılan lineer motor cer kuvvetleri eğrilerinin karşılaştırılmasında -3 4'den $+ 3$ 12'ye kadar toleranslar oluşur. Ayrıca $a_{maks} = 1,4 \text{ m/s}^2$

lik Önceden belirlenen ivme sınırlandırılmasındaki cer eğrisi tesbitinde 3350 kg'lık boş bir kabin ve 4400 kg'lık dolu bir taşıt düşünülmüştür. Dolayısıyla motoru teknik yönde değerlendiren C eğrisi ($a_{maks} = 1,4 \text{ m/s}^2$ dolu taşıt 4,4 t) değil de A eğrisi (motor eğrisi) gözönüne alınmıştır. Böylece muhtemel ağırlık artışını ve toleransları karşılamış olur (13).

A eğrisine göre efektif akımın hesaplanmasında 800 A sınırı geçilmemiştir.

Yolalma	$I_{eff_{y.al.}}$	= 539 A
Frenleme	$I_{ff_{rren.}}$	= 790 A
Yolalma	$I_{eff_{y.al.}}$	= 200 A
Seyr anında	$I_{eff_{seyr.}}$	= 370 A'dir.

Bu hesaplamalar sonunda, lineer motorun yolalma eğrileri Şekil: 2.43, 2.44, 2.45, 2.46, ve 2.47'de görüldüğü gibi çıkartılabilir.

	A	B	C	D	E
Yolalma süresi	9,3	10,5	11,5	10,2	10,8
Yolalma mesafesi	75	76	83	73	81,5
Durma süresi	9,3	105,5	11,05	10,2	10,8
Durma mesafesi	75	76	83	73,5	81,5
V_{maks} hızıyla gitme	367	365	351	370	354
Toplam durma süresi	26,44	26,3	25,29	26,67	25,5
Ortalama yolalma ivmesi	45,04	47,3	47,39	47,07	47,1
Maksimum yolalma ivmesi	1,28	1,27	1,16	1,31	1,18
Ortalama gitme hareketi (Durmasız)	1,87	1,4	1,4	1,45	1,45
Effektif gitme hareketi (Durmasız)	3,517	2,654	3,376	2,672	3,399
Ortalama gitme hareketi (Durmalı)	4,834	3,376	4,336	3,434	4,405
Effektif gitme hareketi (Durmalı)	2,11	1,624	2,067	1,632	2,076
Ortalama gitme hareketi (Durmalı)	3,745	2,641	3,393	2,693	3,443

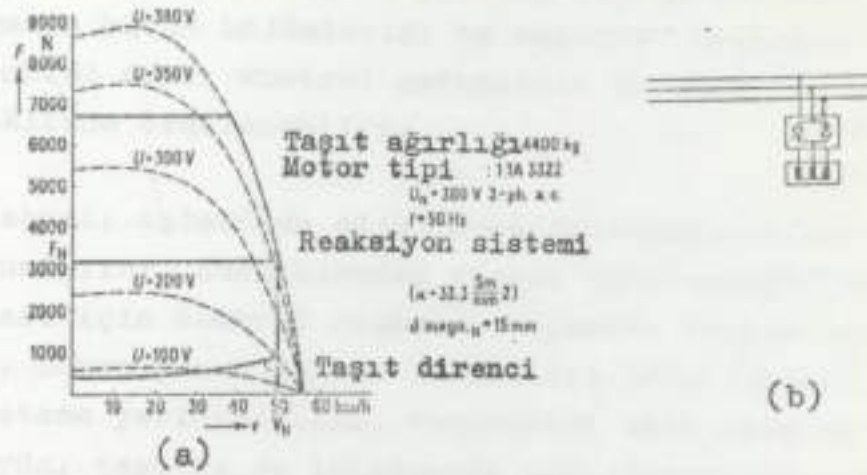
Tablo 2.1. Yolalma Eğrileri İçin Değerler

2.4.2.3. LINEER ASENKRON MOTORUN ELEKTRİK KUMANDA DEVRELERİ

Lineer motorla tahrik sisteminin birçok mekanik üstünlüğünün yanında elektriksel olarak da avantajları vardır. Şekil: 2.34 den görüldüğü gibi, Lineer Asenkron motor direkt olarak, akım rayından alınan 3 fazlı alternatif gerilimle beslenir. Motor gerilimini kontrol için 6 tristörlü 3 fazlı kontrollu alternatif akım kıyıcısı kullanılmıştır. Tristörleri iletme-kesime sokarak yapılan kontrol, büyük bir aralıkta ve kolay bir şekilde gerçekleştirilir. Bu kontrollu kıyıcıya, her birinde ters paralel bağlı, aynen alternatif, akım kıyıcısında olduğu gibi ikişer tristörden oluşan ve iki fazın yerlerini değiştiren iki grup tristör eklenmiştir. Bu tristörler, frenleme ve devir yönü değiştirme zamanlarında, tetiklenerek kumanda edilirler (8,13).

Besleme gerilimi, akım kollektörlerinden alınarak ana sigortalara, oradan da koruma rölelerine verilir. Röle çıkışı, yardımcı sigortalar ve AA kıyıcısı üzerinden motora uygulanır. Alternatif akım kıyıcısı, 5 adet 1 fazlı kıyıcıdan oluşmuştur. Bu gruplardan ikisi sürekli tıkamadadır. Biri de sürekli iletimdedir. Hangi üç grup tristörün tetikleneceği, gideceği yön ve frenleme durumuna göre belirlenir. Ayrıca tristör kumandasına göre lineer motor gerilim değeri belli sınırlarda tutulabilir. Yüksek hızlarda frenleme yapabilmek için tristörlerin özel olarak tetiklenmesiyle motor sargılarına doğru akım uygulanarak (doğru akımla frenleme) frenleme yapma imkanı vardır. Daha düşük hızlarda, kontrolör tıkama yaparak, motora etki edilir.

Şekil: 2.48'a'da bir lineer motora ait yol alma cer kuvveti eğrileri görülmektedir. Eğriler çıkartılırken lineer motor tahrikinde tekerlek sürtünmeleri yok kabul edilmiş olup, sürtünmeden bağımsız çalışacağı için, yalnız yolcu seyahat konforu düşünülerek başlangıç yol alma ivmesi $1,25 \text{ m/s}^2$ alınmıştır. Her bir tahrik ünitesi 4400 kg ağırlığındadır. Motorun senkron hızı ise 55 km/h olarak alınmıştır. 50 km/h



Şekil: 2.43. Lineer motor tahrikli ünitenin cer kuvveti diyagramı (a) ve prensip bağlantı şeması (b)

maksimum hızda yaklaşık 3000 N'luk cer kuvveti sağlanmış olur.

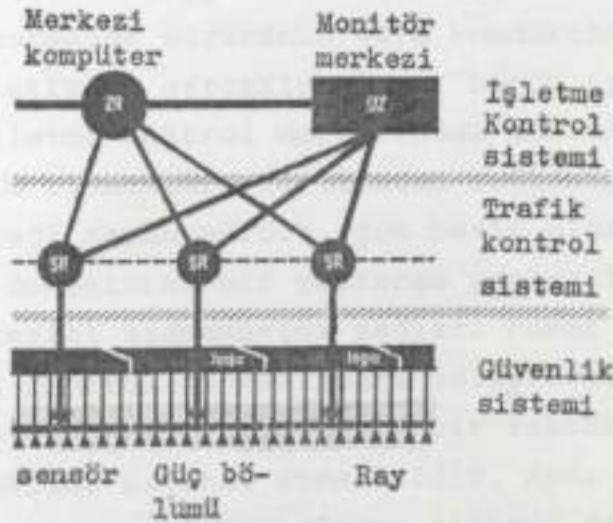
Şekil: 2.48.b'de görülen Lineer Asenkron motorun prensip bağlama devresinde, motor ile hat arasında konan tristör Ünitesi; lineer motorun kumandasını sağlayan, yani; yol alma, frenleme, hız ayarı ve devir yönü değişimi gibi fonksiyonları yerine getiren, alternatif akım kıyıcılarından oluşan devredir. Bu ünite ile lineer asenkron motorun gerilimi, çok geniş bir alanda kontrol edilebilir (5, 13).

2.5. UYET'İN KONTROL VE KUMANDA SİSTEMLERİ

İşletmenin kontrol ağı, otomatik ve kompüter bağlantısıyla en az personel ihtiyacı duyacak şekilde modernize edilmiştir. Taşıtın pozisyonu, bulunduğu yeri, hızı, tahrik donanımının durumu, istasyon donanımı, taşıt kapıları, haberleşme sistemleri ve besleme güç devrelerinin hepsi, monitörlerle kontrol altında tutulup gözetlenebilen bir kontrol merkezine bağlıdır. Bu, tek merkezden kontrol edilen kontrol sistemlerini üç ana sınıfta gruplandırmak mümkündür. Üç düzeyli bu

kontrol sistemi, Şekil: 2.49'da prensip olarak gösterilmiştir. İşletmenin bütün bölümlerini ve kabinin hareketlerini izler ve kontrol eder. Kontrol merkezinin bu fonksiyonları üç düzey şeklinde özetlenebilir.

Güvenlik sistemi; işletmede olabilecek arızaları ve yanlış işletme durumlarını, kaza olmadan tesbit edip gerekli önlemlerin alınması için kontrol merkezini uyarır. Trafik kontrol sistemi ise, otomasyonun farklı kademeleri için çeşitli şekillerde sisteme yerleştirilir. Monitörsüz elle işletme durumunda; rayda, taşıtta ve istasyonda bazı sınırlayıcı önlemler yapacak aygıtlarla donatılır. Otomatik işletme sırasında ray ve istasyonlarda elle müdahale olmadığından, tüm bölümlerdeki trafik durumunu bu sistem kontrol eder. İşletme kontrol merkezi de ulaşım şebekesindeki bütün hareketlerin plan



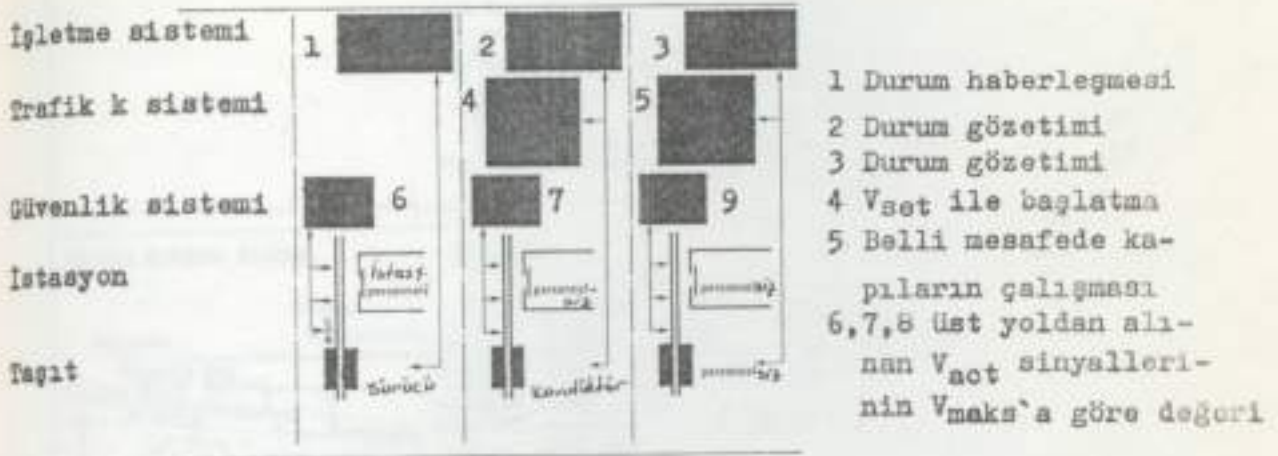
Şekil: 2.49. Uç aşamadan oluşan işletme kontrolü akış şeması.

ve programlarını düzenler. Tüm sistemin teknik donanımını kontrol eder. Otomatik kontrollu işletme durumunda bu merkez her bir istasyon ve yollardaki dataları toplar ve kontrol ederek karar verir (5).

Şekil: 2.49'da görülen kontrol sistemlerinin blok akışından da anlaşıldığı gibi, güvenlik sistemi, yapacağı fonksiyon gereği, diğer işletme ve trafik kontrol sistemlerinden tamamen ayrılmış ve arıza yapmayacak şekilde devrelerle dizayn edilmiştir. Merkezdeki istasyon kompüterlerine bağlı trafik kontrol sistemi ise verilen programa göre işletme hareketine cevap verir. İşletme kontrol merkezi, trafik kontrol sisteminin izlediği programların çıkışına, arıza stratejilerine ve monitörleme tekniğine cevap verir. İşletme kontrol merkezi, taşıtların el ile çalışmasını adım adım otomatik çalışmaya dönüştürme işini de kontrol edip düzenler.

Şekil: 2.50'de hem bir sürücü tarafından elle hem de tümüyle otomatik olarak kontrol edilebilen taşıtın kontrol ve haberleşme sistemi, blok diyagramı olarak gösterilmiştir. Bu sistemde ilk adımı, güvenlik amacıyla konan sürücü kontrolü için ilk monitörleme işlemi oluşturur. Birinci otomatik adım, taşıt için normalde sürücünün veya kondüktörün görevi olan istasyon gözetimini gerçekleştirir. Bütün işlem ve fonksiyonların bir işletme kontrol merkezinden monitörlemesi, ikinci otomatik adım elemanları tarafından sağlanır. Taşıt elle kumanda edileceği zaman sürücü, çok basit olarak yapılabilen, hız kontrol donanımına bir gösterge yerleştirilerek taşıtın sınır değerlerini aşmamasını sağlar. Fakat UYET taşıtları tam otomatik kontrol yapmak üzere geliştirilmiştir. Tam otomatik kontrolde önemli olan başka bir faktör de yolcuların rahat bir şekilde seyahat etmeleridir. Aynı zamanda seyahat hakkında bilgi verecek haberleşme sistemi de önemli bir donanımdır. Bu olay, ray hattında ve tahrik ünitelerindeki haberleşmeyi sağlayan antenlerle yapılır. Bilgi kodlama teknik sistemi, yolcuların gerektiğinde, kontrol merkeziyle haberleşmelerini sağlayabilecek özelliktedir.

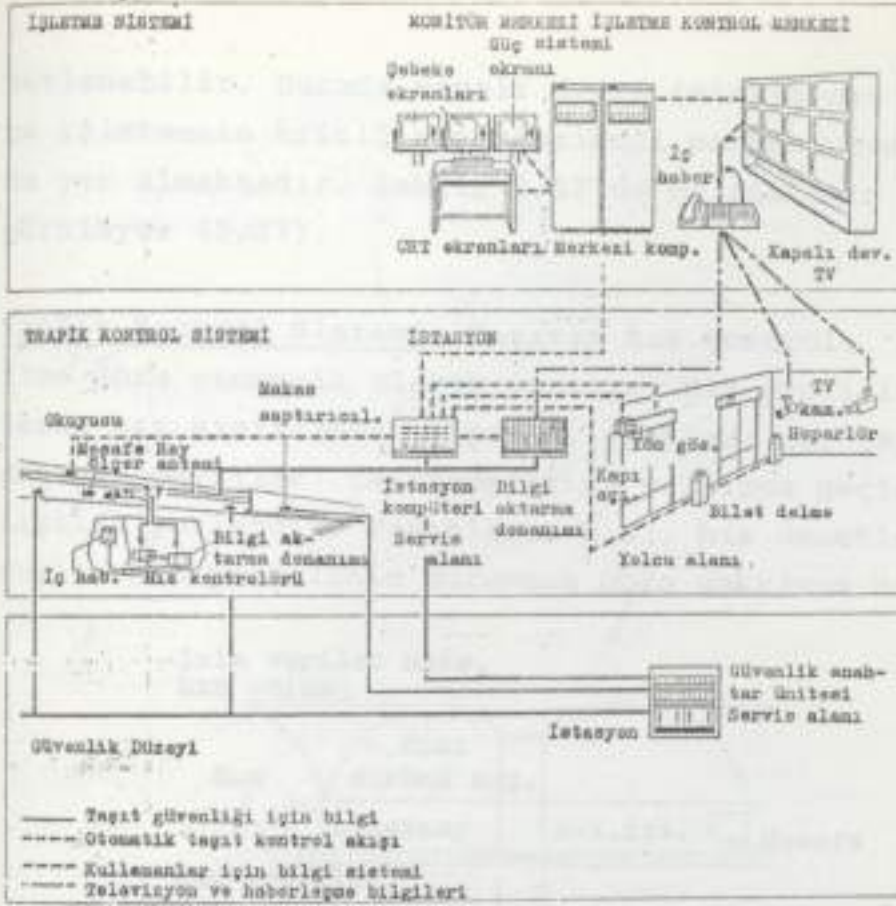
UYET araçları farklı yollara ayrılacağı zaman, bu hat hakkındaki bilgiler, yolculara göstergelerle haberdar edilebilirler. İstasyonlarda düzenlenmiş rota haritasıyla bu işlem



Şekil: 2.50. UYET taşıtı için kontrol ve haberleşme sistemi blok gösterimi

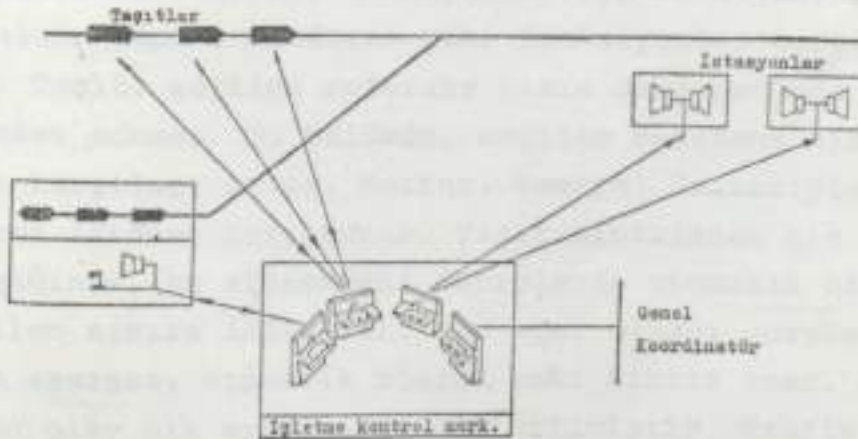
yapılabilir. İstasyonda, taşıtın hangi yolu izleyeceğini gösteren zaman tabloları vardır. Servis anında araçtaki sürücüler, araçta bulunan zaman tablosuna göre nereden yolcu alıp almayacaklarını ve gidiş-dönüşleri yaparlar. Bu esnada sürekli olarak işletme kontrol merkezindeki koordinasyonu sağlayan hareket memurlarıyla haberleşirler. Taşıtlarla haberleşme, karşılıklı dahili telefon sistemiyle olur. Sürücü, kontrol merkezinden, yardım araçlarını devreye sokmalarını isteyebilir. Acil durumlarda yeterli personel çağırırlar. Şekil: 2.51'de gösterilen data bloğu, kontrol sistemlerinin her üçünün de aralarındaki bilgi akışı ile kontrol ünitelerini kapsamaktadır. İşletme kontrol merkezinde; araçlar, istasyonlar, garaj, polis, itfaiye gibi kurumlarla haberleşmeyi sağlayan sistemler vardır. Şekil: 2.52'de bu koordinasyon prensip olarak gösterilmiştir.

İşletme Kontrol Merkezi: Bu merkezde, araçların pozisyonları, hızları ve diğer sistemlerle olan ilişkileri bir programla planlanır. Diğer sistemlerden buraya gelen sinyal durumlarına göre değerlendirme yapılır. Bu duruma göre gerek-



Şekil: 2.51. İşletme kontrol sisteminin bölümleri arasındaki bilgi akışı

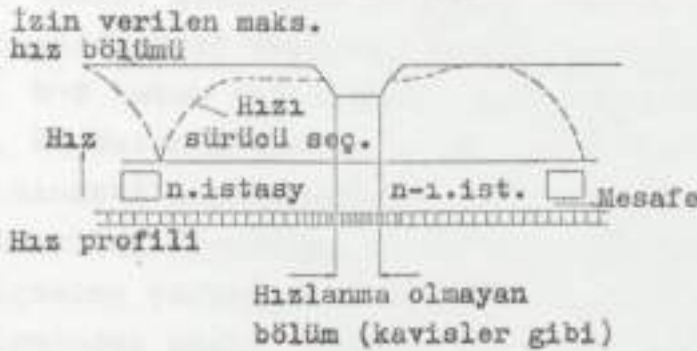
li komutlar verilir. Şekil: 2.51'de üst bölümde görülen işletme kontrol merkezinden, sistemin ve işletmenin her tarafıyla haberleşilebildiği her taraf buradan monitörlerle gö-



Şekil: 2.52. İşletme kontrolü monitör ve kumanda prensibi

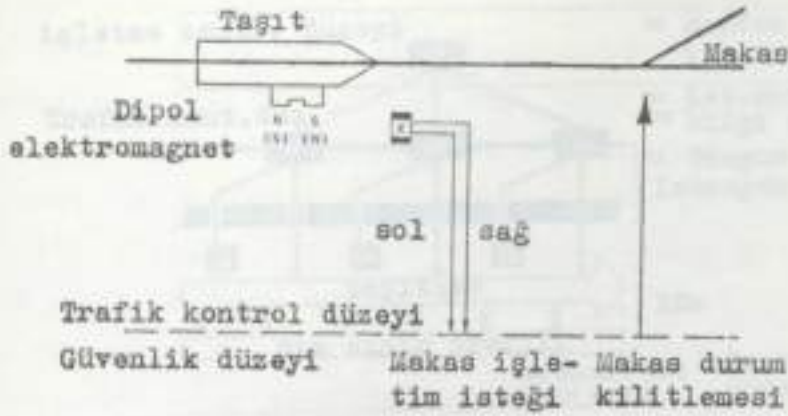
zetlenebilir. Burada kapalı devre televizyonu vardır. Ayrıca işletmenin kritiğinin yapıldığı merkezi kompüter de burada yer almaktadır. Şekil: 2.52'de bu sistemin prensip şeması görülmüyor (5,27).

Trafik Kontrol Sistemi; Taşıtın hız kontrolü, bir hız profiline göre otomatik olarak yapılır. Hız profilinde, bazı yerlerde hız sınırlaması yapılır. Bunlar; dar çaplı kavisler, değişen meyiller, istasyonlar ve yalnızca geçici olarak çalışılan yerlerdir. Taşıtların hızı, hız denetleyici vasıtasıyla, hız profilinin durumuna göre maksimum hıza ayar edilir.



Şekil: 2.53. Trafik kontrol sisteminin hız profili diyagramı

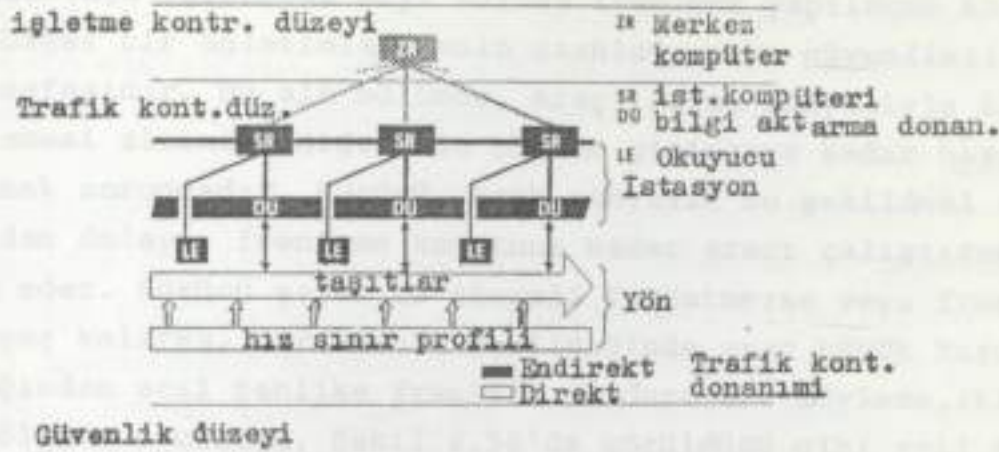
Hızın sınırlandırıldığı kavis gibi bölgelerde, hız profili daha sık olarak kontrol elemanlarıyla donatılmıştır. Hızın normal olduğu yerlerde ise daha azdır. Sürücü, aracın içinde; hareket ettirme, istasyonda veya istasyonlar arasında frenleme yapma, durdurma gibi fonksiyonlar gerçekleştirebilir. Taşıt, seçilen referans hızın daha üstünde bir hızla hareket edemez. Bu bölümde, seçilen referans hız ile taşıtın hızı karşılaştırılır. Merkez, kontrol ünitesiyle bağlantılı olarak istenen hızı tutar. Taşıt sınırlanan hız limitine ulaştığında, bu sistemdeki devrelerle otomatik olarak izin verilen sınıra indirilir. Hız eğer olması gerekeni çok az da olsa aşmışsa, otomatik olarak eski sınıra iner. Şekil: 2.53'de bu olay hız profilinde gösterilmiştir. Trafik kontrol sisteminin makaslarda önemli fonksiyonu vardır. Taşıt makaslara



Şekil: 2.54. Kontrol Ünitesinin makaslardaki fonksiyon şeması

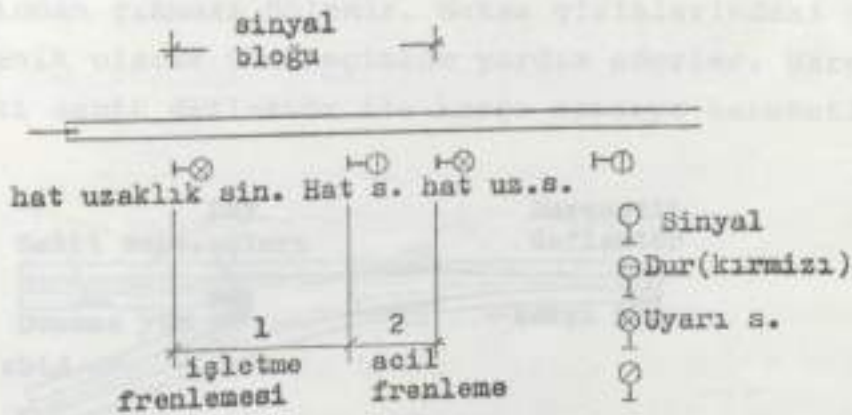
yaklaştığı zaman, sürücünün güvenlik sistemine hangi yönü istediğini bildirmesi gerekir. Bu amaçla, tahrik Ünitesi üstüne, S-N, N-S kutup değişimini yapabilen elektromagnetler konmuştur. Bu durum Şekil: 2.54'de karakterize edilmiştir. Makas yakınındaki elektromagnet, makas işletme güvenlik devresine gönderilen sinyalle, istenilen yöne hareket ettirilerek yön seçimine yardım eder. Makas geçişi sırasında bu güvenlik önleminden başka, sürücü, aktüatör mekanizmasını kullanarak taşıtı istenilen yola yönlendirir. Şekil: 2.55'de blok bilgi akışıyla gösterilen trafik kontrol sistemi taşıtın hızını kontrol ettiği gibi, istasyon kapılarında hassas olarak durup-kalkmayı da sağlar. Böylece kabinlerin ihtiyaç hissedilen miktarda, sistem içinde hareketini sağlar. Bu sistem sürücü kontrollü (el ile kumandalı) taşıtlarda çok daha basittir. Fakat otomatik çalışmada istasyon yakınında, frenleme, tekrar hareket ettirme, pozisyon ayarlama ve kapıların açılıp kapanması gibi fonksiyonlar otomatik olarak trafik kontrol sistemiyle yapılır. İstasyonlarda duruş süresi ayarı ve aynı hatta başka araçların da çalışmasını yine bu sistem düzenler (5, 25).

Güvenlik Kontrol Sistemi; İşletme kontrolünün en alt sistemi olan bu güvenlik kontrol sistemi kendi kendine yetecek nitelikte olup arızasız elektronik devrelerle donatılmıştır.



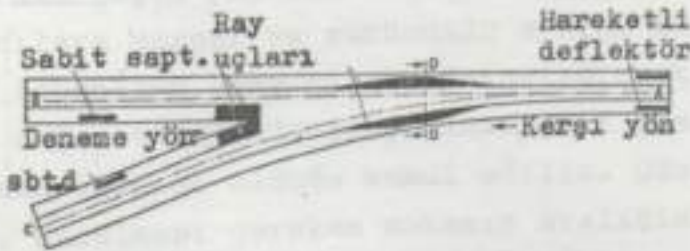
Şekil: 2.55. Trafik kontrolünün organizasyonu

Araç, sistemde güvenlik sistemi kontrolünde hareket eder. Eğer bir istenmeyen durum olursa bu sistem, acil bir stop komutu verir. Kontrol sistemi bir blok üzerine kurulmuştur. Gözlenmek istenen hatta birçok sayıda sinyal blokları yerleştirilmiştir. Taşıtın bulunduğu yer güvenlik anahtarlama Uniteleriyle, hat bölümünden oluşur. Birinci alt bölüm, uzak hat sinyalinden başlar. Şekil: 2.56'dan görüldüğü gibi, durma sinyalinde son bulur. İkinci alt bölüm, durma sinyalinden,



Şekil: 2.56. Güvenlik sistemi blok bilgi akışı

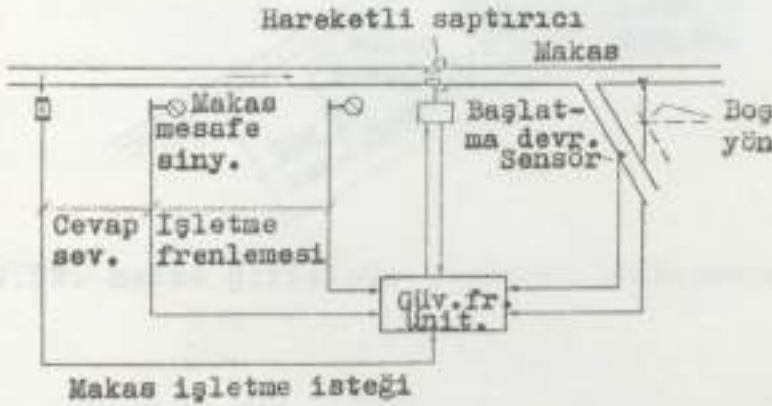
ondan sonra gelen uzak hat sinyali kadardır. Birinci bölümün uzunluğu işletmede seyr anında frenleme yapılacak kadardır. Diğer bir anlatımla trenin uzunluğu veya güvenli durma mesafesidir. Bu alt bölümde, araç; durma sinyaliyle işletme frenlemesi altında, diğer alt bölüme girinceye kadar hızını azaltmak zorundadır. Sürücü, uzak sinyalin bu şekildeki durumundan dolayı, frenleme komutuna kadar aracı çalıştırmaya devam eder. Sürücü şayet bu sinyali farketmezse veya frenlemede geç kalırsa, dur komutu verildiğinde araç büyük hızda olacağından acil tehlike freniyle durdurulur. Böylece, ikinci alt bölümün uzunluğu, Şekil 2.56'da görüldüğü gibi acil tehlike freniyle çalışma süresi kadar olur. Bu durumda tahrik sistemi, acil donanımı devreye sokar. Araçtaki, yayla çalışan frenler de devreye girmiş olur. Güvenlik sisteminde güvenlik anahtarları, bloklar ve blok bölümlerindeki sensörlerden bilgi alarak hatlardaki sinyalleri bu bilgilerle kontrol ve kumanda ederler. Çalışan bloğun arkasındaki blok, her zaman kilitlidir. Araç bir sonraki bloğa girdiğinde arkadaki blok tekrar açılır. Çalışmaya hazır hale gelir. Güvenlik sistemi böyle çalışmayla makas geçişlerinde güvenliği de sağlamış olur. Mekanik olarak, makas hareket koluna bağlı tekerlekler raylara kenetlenerek klavuzluk yaparlar. Sağ veya sol tekerlekler istenilen yöne göre klavuz raya kenetlenir. Bu sistem sayesinde makaslardan geçişte klavuz tekerleklerin klavuz rayından çıkması önlenir. Makas girişlerindeki deflektörler mekanik olarak yön seçimine yardım ederler. Hareket yönünde iki sabit deflektör ile karşı karşıya hareketli deflek-



Şekil: 2.57. Makaslarda güvenlik sistemi elemanlarının durumu

tör bulunur. Normal durumlarda deflektörler kullanılmaz. Makas geçişlerinde koruma yapmak için veya tehlike anında düzgün geçişi sağlamak amacıyla devreye mekanik olarak müdahale için sokulurlar. Şekil: 2.57'de sabit ve hareketli deflektörlerin raya yerleştirilmesi gösterilmiştir.

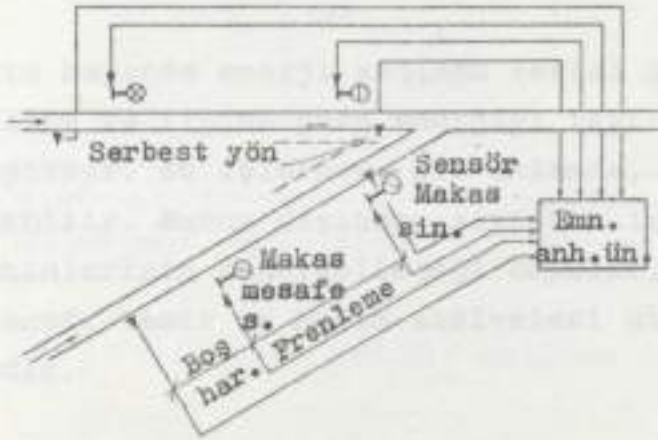
Hareketli deflektörler, güvenlik anahtarlama Ünitesi tarafından kontrol edilir ve gözetilirler. İstenen makas çalışmasında, trafik kontrol sistemi tarafından bu makasın durumu güvenlik anahtarlama Ünitesine iletilir. Şayet makas meşgül ise bu Ünite, aracın güvenli bir makas çalıştırması, makasta sadece bir araç olması durumunda yapılır. Bu durumda deflektörler bir yöne karar verme fonksiyonu yaparlar. Güvenlik sistemi bilgi akış diyagramı, Şekil: 2.58'de görülmektedir.



Şekil: 2.58. Makaslardaki güvenlik sistemi bilgi akışı blok şeması

Makaslardan geçiş yapılmadan önce makas klavuz tekerlekleri saptırıcılara çarpar ve sürücünün ayrıca bir çabasına gerek olmadan istenilen yöne girer. Makastan uzakta olan sinyal, makasın diğer tarafında araç olmadığını gösteriyorsa makasın bu durumda serbest olduğu kabul edilir. Güvenlik anahtarlama Ünitesi, durulması gereken makasın aralığını ölçerek her iki uca bildirir. Bir taşıt, makas işletme sensörüne gelince, taşıttaki güvenlik anahtarına eğer geç işareti ulaşırsa makas-

tan geçişe izin verir. Eğer iki yöndeki istek sensörleri aynı anda çalışırlarsa, öncelikli geçiş işlemi uygulanır. Şekil: 2.59'daki bu tür bir makasta güvenlik sistemi bilgi akış diyagramı görülmektedir. Bu sistem ayrıca istasyon giriş ve çıkışlarında taşıtları da gözetleyerek kontrol eder. Bu amaçla istasyonlarda işaretlerle ayrılmış iki alt bölüm vardır. Birincisi istasyon dışında uzağa yerleştirilmiş ve istasyon işaretinin oluşturduğu bölümdür. Bu bölümde işletme frenleri kullanılarak taşıt güvenilir bir mesafede durdurulabilir.



Şekil: 2.59. Makas girişinde güvenlik anahtarlarının fonksiyonu



Şekil: 2.60. İstasyon bölgesinde güvenlik sistemi fonksiyonu

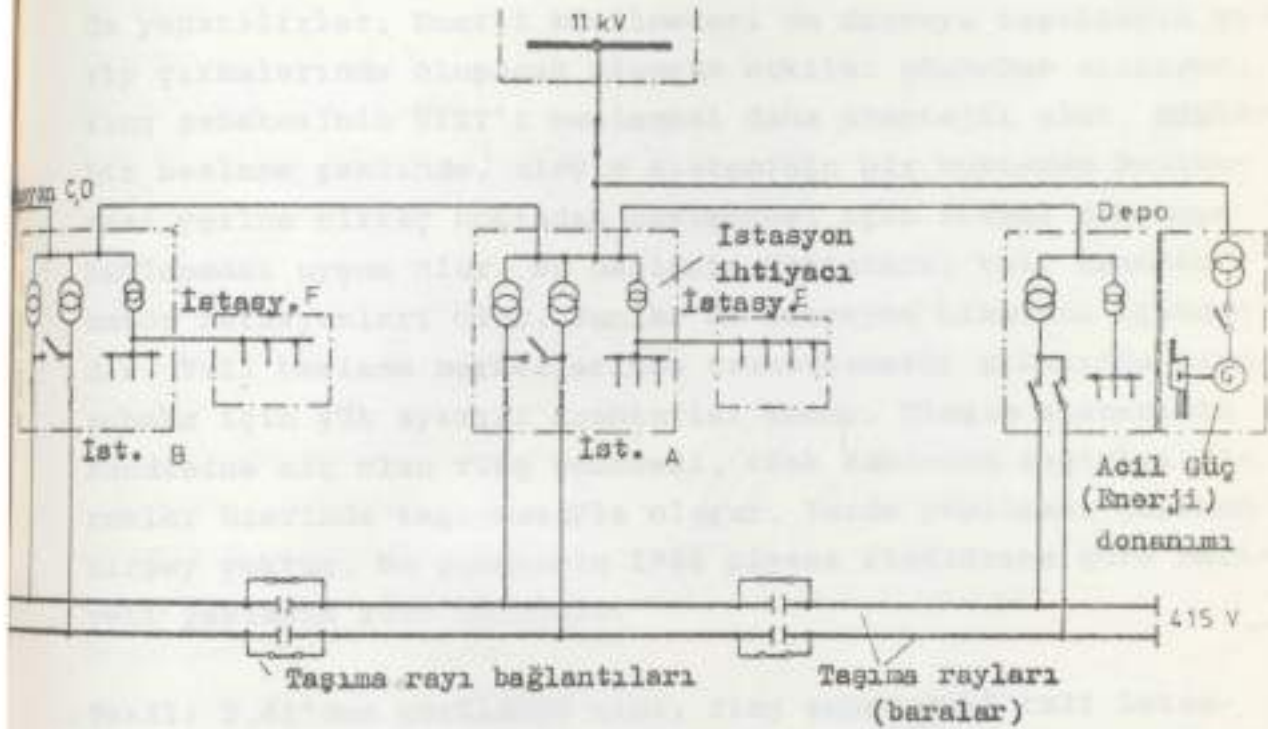
şekil: 2.60'dan görüldüğü gibi ikincisi istasyondaki durma istasyon işareti ile çıkış sinyali arasındaki bölgedir. Bu sinyallerle, taşıtın istasyona girmeden durdurulması, istasyonda beklemesi veya istasyondan ayrılması sağlanabilir. Eğer taşıtın istasyonda durdurulması isteniyorsa, işletme frenleme işlemi kullanılabilir.

2.6. ÜYET'İN YARDIMCI İŞLETMELERİ

Bu tesislerin başında enerji sağlama tesisi gelir. Bu işletme, besleme şekline ve tipine göre enerjiyi taşıtlara en uygun şekilde ulaştırır. Bu işletmeye bir anlamda, sistemin güç kaynakları denebilir. Bunun dışında; sistemin işletmede olmayan taşıt ve kabinlerinin konulabileceği depolar, tamir ve bakımının yapılacağı tamir ve bakım atelyeleri gibi tesislere de ihtiyaç vardır.

2.6.1. ENERJİ SAĞLAMA TESİSİ

ÜYET sistemi prensip olarak Şekil: 2.61'den görüldüğü gibi var olan şebekeden beslenebilir. Sistemin kurulacağı bölge veya yerleşim alanında, örneğin şekildeki gibi 11 kV'luk bir şebeke varsa, buradan sistem için enerji sağlamak mümkündür. Sistemin alt istasyonlarını beslemek için hat boyunca bir ring kablo bulunur. Herbir alt istasyonda rahatlamayı sağlamak için, istasyon kapasitesi iki transformator arasında bölünmüştür. Böylece bir istasyonda, arızadan veya başka nedenden dolayı, enerji kesilmesi durumunda ring hattıyla diğer alt istasyondan beslenmiş olur. İstasyon ve ray hatlarına güç sağlamak için gerekli donatım, istasyon binasına yerleştirilir. Normal şebekeden izole olduğundan, bu şebeke ayrı



Şekil: 2.61. ÜYET sisteminin prensip besleme şebekesi

olarak güvenli bir şekilde kullanılabilir. Bu besleme şebekesinden herhangi bir kesinti anında acil güç kaynağı devreye girer. Besleme buradan devam eder.

Taşıtlar, 3 fazlı bir alternatif akım şebekesinden dört (R,S,T,M_p) akım rayı ile beslenirler. Tahrik Lineer Asenkron Motor ile yapılacaksa, gerilim sadece kumanda için alternatif akım kıyıcısı üzerinden motora uygulanır. Şayet doğru akım motoruyla tahrik yapılacaksa, gerilim tam kontrollü bir alternatif akım köprüsüyle doğrultularak motora uygulanır. Kontrollü doğrultucuyla motor gerilimi, hızı ve devir yönü kontrol edilir. Bu motorlara akımı veren akım rayları, istasyonlara yerleştirilmiş orta gerilim şebekesine

bağlı tali besleme istasyonlarından beslenirler. Bu istasyonlar kendi aralarında bağımsız olarak sistemi besleyebilecekleri gibi, bir ring şebekesi kurarak beraber besleme de yapabilirler. Enerji kesilmeleri ve devreye taşıtların girip çıkmalarında oluşacak olumsuz etkiler gözönüne alınırsa, ring şebekesinin ÜYET'i beslemesi daha avantajlı olur. Böyle bir besleme şeklinde, ulaşım sisteminin bir noktadan beslenmesi yerine birkaç noktadan beslenmesi için normal şebekeye bağlanması uygun olur. Bu bağlantı noktaları, tali transformatör istasyonları olur. Bunlar da istasyon binaları içindedir. Tali besleme merkezlerinde transformatör uçlarında ring şebeke için yük ayırıcı anahtarlar konur. Ulaşım sisteminin kendisine ait olan ring şebekesi, ring kablonun taşıyıcı direkler üzerinde taşınmasıyla oluşur. Yerde yapılması gereken birşey yoktur. Bu şebekenin 1986 piyasa fiyatlarına göre maliyeti yaklaşık 1000 TL/m'dir.

Şekil: 2.61'den görüldüğü gibi, ring şebekedeki tali istasyonda, hattı besleyen transformatörlerden başka iki transformatör daha vardır. Bunlar, her hangi bir anda enerji kesilmesi durumunda, ring şebekenin diğer bölümlerinden bu istasyonu beslerler.

Akım rayları, istasyonlarda besleme merkezlerinden ayrılmışlardır. Böylece, oluşturulan besleme alanı tali santrallerle iki taraflı beslenir. Bir tali merkezin devre dışı kalmasında, buna ait besleme bölümlerinin akım ihtiyacı, her iki komşu tali santral arasında bulunan istasyondaki ilave akım rayı yoluyla karşılanır. Bu raylar ek ayırma yerleriyle ayrılmıştır. Normal durumda bu ilâve ayırma yerleri, bağlama şalterleriyle köprülenmiştir. Üst raylı sistemin beslenmesi dışardan etkilenmeyecek şekilde, kendi içinde güvenli bir biçimde yapılmış olur.

UYET'in Enerji İhtiyacı

Bu ihtiyaçlar belirlenirken bazı değerler varsayılmıştır.
İşletme için:

Toplam boş ağırlık	12810 kg
Oturulacak yer adedi	20
Ayakta yolcu sayısı (6 kişi/m ²)	105
Toplam yolcu sayısı	125
Servis hızı	$V_{maks} = 60 \text{ km/h}$
Düşünülen tahmini hız	$V_s = 50 \text{ km/h}$
Yolalma ivmesi	$a_a = 1.0 \text{ m/s}^2$
Yavaşlama ivmesi	$a_r = 1.0 \text{ m/s}^2$
İstasyonlar arası uzaklık	$\Delta l = 938 \text{ m}$
Kullanma katsayısı	$\alpha = 0.75$
Yavaşlama mesafesi	$l_b = 97 \text{ m}$
Taşıt direnci	$c_r = 80 \text{ N/t}$
Çekme faktörü	$c_w = 0.6$
Kabin kesiti	$A = 4.6 \text{ m}^2$
Km başına başlama sayısı	$i = 1.07 \text{ 1/km}$
Dönen kütleler için ek katsayı	$\xi = 8$

Hızlanma için gerekli enerji:

$$e_B = i \cdot \frac{G}{2} \cdot V_s^2 (1 + \xi) \quad (2.13)$$

bağlantısıyla bulunur. Burada; G: Ağırlık/yolcu sayısı olup,

$$G = \frac{\text{Toplam boş ağırlık}}{\text{Toplam yolcu sayısı}} + \frac{(65 \text{ kg/yolcu sayısı})}{(\text{kullanma katsayısı})} \quad (2.14)$$

ile hesaplanır.

$$G = \frac{12810 \text{ kg}}{125 \text{ yolcu}} + 65 [\text{kg/yolcu}] \cdot 0.75$$

$$G = 151 \text{ kg/yolcu}$$

$$e_B = 1.07 \cdot \frac{151}{2} (13.9)^2 \cdot 1.08$$

$$e_B = 16857 \text{ Nm/yolcu.km olur.}$$

Hızlanmada yuvarlanma direncini yenmek için gerekli enerji ise;

$$e_R = i \cdot G \cdot C_r \cdot \frac{v^2}{2a} \quad (2.15)$$

bağıntısıyla bulunur.

$$e_R = 1,07 [1/km] \cdot 0,151 [t/yolcu] \cdot 80 [N/t] \cdot \frac{(13,9)^2 [m^2/s^2]}{2,1 [m/s^2]}$$

$e_R = 1249 \text{ Nm/yolcu km}$ olur.

Sabit hızda yuvarlanma direncini yenmek için gerekli enerji,

$$e_{R_c} = i(\Delta l - l_a - l_b) C_r \cdot G \quad (2.16)$$

$$e_{R_c} = 1,07 [1/km] \cdot (938 - 194) [m] \cdot 80 [N/t] \cdot 0,151 [t/yolcu]$$

$$e_{R_c} = [9617 \text{ Nm/yolcu km}] \text{ bulunur.}$$

Hızlanmada hava direncini yenmek için gerekli enerji

$$e_w = i \cdot \frac{1}{n} \cdot G' \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2.17)$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Burada:

n : yolcu sayısı

G' ise $[kg]$ olarak

$$G' = \{ [C_w \cdot A \cdot 0,005 (\frac{v}{2} + 15)^2] / a \} 9,81 [m/s^2] \quad (2.18)$$

dir.

Buna göre;

$$e_w = \frac{1,07 [1/km] \cdot \frac{1}{125 \text{ yolcu}} \cdot 0,64 \cdot 6 [m^2] \cdot 0,005 (\frac{50}{2} + 15)^2 \cdot (13,9)^2 [m^2/s^2] \cdot 9,81 [m/s^2]}{2,1}$$

$$e_w = 179 [\frac{\text{Nm}}{\text{yolcu km}}]$$

Sabit hızlanmada hava direncini yenmek için gerekli enerji

$$e_{wc} = i. \frac{1}{n} G'' (\Delta l - l - lb) \quad \text{dir.} \quad (2.19)$$

Burada G'' ,

$$G'' = [C_w \cdot A \cdot 0,005 (V_{st} + 15)^2] \{ 9,81 [m/s^2] \quad \text{dir.} \quad (2.20)$$

Hesaplar yapılırsa:

$$e_{wc} = 1,07 [1/km] \frac{1}{125 \text{ yolcu}} 0,6 \cdot 4,6 [m^2] \cdot 0,005 (50 \pm 15)^2 (938_m - 194_m) \cdot 9,81 [m/s^2]$$

$$e_{wc} = 3643 \left[\frac{N \cdot m}{\text{yolcu km.}} \right] \quad \text{bulunur.}$$

Mekanik enerji ihtiyacı:

$$e_m = e_B + e_R + e_{Rc} + e_w + e_{wc}$$

$$= (16857 + 1249 + 9617 + 179 + 3643)$$

$$e_m = 31545 \left[\frac{Nm}{\text{yolcu km}} \right] \quad \text{olur.}$$

Akım toplayıcısındaki enerji ihtiyacı

Virajlardan sonra taşıt için ek kütle % 5'dir.

Kısmi verimler ise;

$$\eta_{\text{motor}} = 0,925$$

$$\eta_{\text{dişli}} = 0,975$$

$$\eta_{\text{el.don}} = 0,965$$

$$\eta_{\text{yar.don.ısıt}} = 96$$

alınarak enerji hesaplanırsa;

$$e_s = \frac{1}{0,794} e_m \quad (2.21)$$

$$e_s = \frac{1}{0,794} 31545 \left[\frac{Nm}{\text{yolcu km}} \right]$$

$$e_s = 39729 \left[\frac{Nm}{\text{yolcu km}} \right]$$

veya

$$e_s = 11,03 \frac{Wh}{\text{yolcu km}} \quad \text{bulunur.}$$

Tali istasyonlarda gerekli enerji:

Tali istasyonlar ve akım rayı için yeterli olan verim

$$\eta_{uw} = 0,93 \text{ d\u00fcr.}$$

$$e_{uw} = \frac{1}{\eta_{uw}} \cdot e_s \quad (2.22)$$

bağlantısına göre;

$$e_{uw} = \frac{1}{0,93} \cdot 39729$$

$$e_{uw} = 42720 \left[\frac{Nm}{\text{yolcu km}} \right]$$

$$e_{uw} = 11,9 \left[\frac{Wh}{\text{yolcu km}} \right]$$

$$e_{uw} = 11,9 \frac{Wh}{\text{yolcu km}} \times 125 \text{ yolcu}$$

$$e_{uw} = 1487,5 \left[\frac{Wh}{\text{Taşıt km}} \right] \quad \text{bulunur.}$$

Baştaki ağırlık;

$$0,151 \frac{1}{\text{yolcu}} \times 125 \text{ yolcu} = 15,625 \frac{t}{\text{Taşıt km}}$$

alınmasıyla;

$$e_{uw} = \frac{1487,5 \text{ taşıt Wh}}{15,625 \text{ t/taşıt km}}$$

$$e_{uw} = 95,2 \left[\frac{Wh}{t \text{ km}} \right] \text{ olur.}$$

Tahrik için gerekli enerji hesabı:

İşletmede

Ekonomik hat ağırlığı	5630 m (tek ray)
4 - 8 saatleri taşıt periyodu	6 dk.
4 x 10 yolculuk 5,63 km	225,2 taşıt km/gün
8 - 19 saatleri taşıt periyodu	3 dk.
11 x 20 yolculuk 5,63 km	1238,6 taşıt km/gün
19-23 saatleri taşıt periyodu	6 dakika
4 x 10 yolculuk 5,63 km	2225,2 taşıt/gün
Toplam	1689 taşıt km/gün

Özel seferler ve depodan sefere çıkış % 5

85 taşıt km/gün
Toplam 1774 taşıt km/gün olur.

Yükli taşıt için gereken özgül enerji (havalandırma hariç)

$$e_{uw} = 1487,5 \text{ Wh/taşıt km}$$

ve yapılan yıllık çalışma 310 gün/yıl x 1774 taşıt km/gün
= 549940 taşıt km/yıl bulunur.

Hesaplamalarda 360 gün yerine 310 gün alınmasının sebebi, trafiği az olan ve çok sefere gerek duyulmayan tatil günlerinin hesaba katılmamasıdır.

Harcanan yıllık enerji ise:

$$e = 549940 \left[\frac{\text{Taşıt km}}{\text{yıl}} \right] \cdot 1,488 \left[\frac{\text{kwh}}{\text{Taşıt km}} \right]$$

$$= 818,311 \left[\frac{\text{kwh}}{\text{yıl}} \right]$$

olur.

Orta gerilim tarafından toplam harcama 818,311 kwh/yıl olur.

İstasyon için gerekli enerji:

Tek raylı bir istasyon göz önüne alınırsa, her besleme istasyonuna bağlantı: 5 kwh olur.

365 gün/yıl'da 19 saatlik bir günlük çalışma periyodu süre -
sinde harcanan enerji

$$e_{is} = 34.675 \text{ kwh/tek ray istasyonu.yıl}$$

olacaktır. 8 adet tek ray istasyonu olduğu göz önüne alınırsa,
harcanan enerji;

$$e_{is} = 277\ 400 \text{ kwh/yıl}$$

olur.

Diğer sistem birimlerinde yaklaşık enerji ihtiyacı ise,

Depolar : 30 MWh

Çalışma atelyeleri : 100 MWh

İdari ihtiyaç yerleri : 100 MWh

230 MWh bulunur.

Gerekli ek enerjiler de göz önüne alınırsa, bir yıllık harca-
nan enerji

1325.711 MWh

dır. Bu rakamın elektrik enerjisi birim fiyatıyla çarpılma-
sından yıllık olarak tüketilecek elektrik enerji gideri bu-
lunabilir.

2.6.2. BAKIM VE TAMİR ATELYELERİ

ÜYET'in hatlarında çalışan yolcu vagonları ve taşıtların, ça-
lışma sırasında, bakım ve tamire gerek duyulduğu durumlarda,
hizmet verecek bakım ve tamir atelyeleri vardır. Arıza ve ta-
mir durumu olmazsa bile araçlar periyodik aralıklarla kont-
rolden geçirilirler. Bu kontroller şu şekilde sıralanabilir:

Göz ile yapılan kontrol

Düzenli olarak elektrik donanımının kontrolü Her 7 günde bir,
Düzenli olarak elektrik ve mekanik donanım 12.500 km'den sonra,

Ara revizyon	250.000 km'den sonra
Ana revizyon	500.000 km'den sonra

Tahmini arızalar için ek kontroller

Küçük arızalar	3 ay sonra
Mekanik donanım orta büyüklükte arızalar	1 yıl sonra
Elektrik donanım orta büyüklükte arızalar	1 yıl sonra
Büyük boy arızalar	25 yıl sonra

Bu kontrollerin bir bölümü bakım ve tamir atelyelerinde bir bölümü de gezici tamir araçlarıyla yapılır. Bütün bu tamir ve bakım işlerini aynı binada toplamak mümkündür. Tamir ve bakım atelyelerinin tavanında gezer vinç bulunur. Bu vincin bulunduğu kısmın altında 3 m. civarında bir boşluk vardır. Çatı, kafes yapıda ve vinç kirişleri de destek boşluk vardır. Çatı, kafes yapıda ve vinç kirişleri de destek kolonlarıyla durmaktadır. Kontrol istasyonlarının arkasında elektrik ve mekanik atelyeler bulunur. Vagonları, küçük tekerlekli arabalar taşır. Tahrik donanımı ise taşıyıcı vinçlerle taşınırlar. Araçların park ve bekleme platformları da ayrıca düzenlenir. Temizlik için yıkama yerleri, otomobil yıkama yerleri gibidir. Araçlar raylar üzerinde hareket ederken yıkanır ve daha sonra kurutulurlar.

Kapalı devre televizyon sistemiyle çalışması izlenen bir araç gerektiğinde ray kirişinin içini temizler. Bu araç özel olarak, temizleme yapabilecek mekanik donanım ile donatılmıştır.

bu sistemdeki büyük farkı gösteriyor. Herhangi bir UYET için işletme giderleri daha az olduğu için ve daha fazla gelir elde edilebilir (18).

Bu belli bir mesafe için UYET sistemiyle diğer sistemlerle karşılaştırılması için UYET sistemiyle diğer sistemlerin karşılaştırılması.

3. BÖLÜM : UYET'İN DİĞER YAKIN MESAFE ULAŞIM SİSTEMLERİYLE (METRO, TRAMVAY, TROLEYBÜS, HAFİF RAYLI SİSTEMLER, M.BAHN, PREMETRO, DİSESEL OTOBÜS VE MOTORLU OTOMOBİL GİBİ) KARŞILAŞTIRILMASI

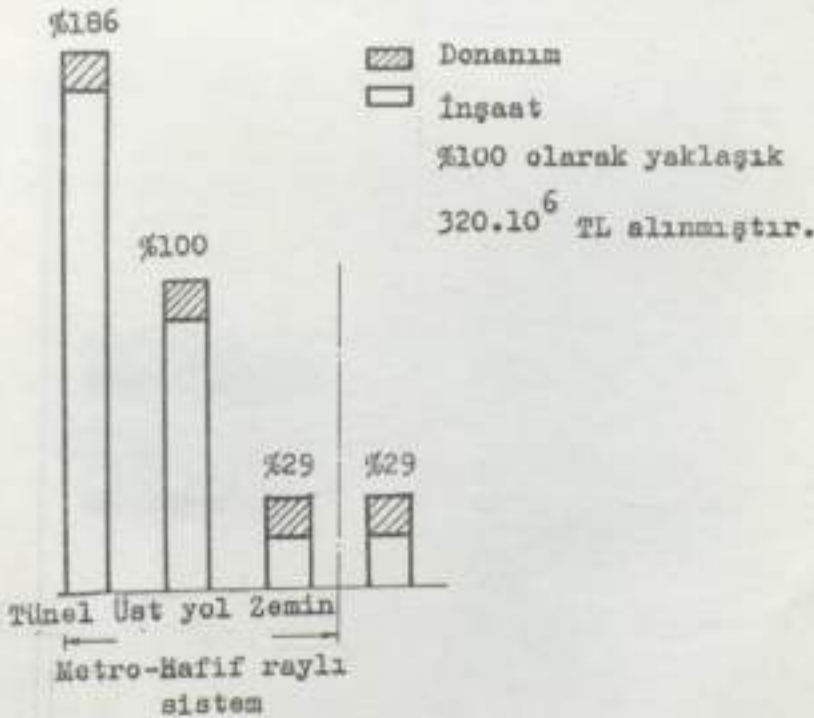
UYET sisteminin geliştirilmesindeki amaç; raya bağlı otomatik kumandalı ve işletme ekonomisi sağlayan, olumsuz etkileri az bir trafik ve toplu taşıma aracı ortaya çıkarmaktır. Mühendisliğin önemli amaçlarından biri de optimizasyondur. En az masraf ve giderle sahip, en modern ve en iyi teknik özelliklerle olan sisteme karar vermektir. UYET'in geliştirilmesindeki amaç, daha çok kalabalık ve alt yapısı olan fakat büyük bir trafik hacmi bulunan bir yerleşim merkezinde bu trafik keşme-keşliğine kısa sürede çözüm getirmektir. Bu sistem kurulurken trafiğin kesintiye uğraması da söz konusu olmamaktadır. Kurulma süresi de az olacak bir trafik sistemi geliştirmek de bu çalışmanın amaçlarındandır (3,4).

Böyle bir sistemin diğer yakın mesafe ulaşım sistemleriyle karşılaştırılması sonucunda, birçok avantaja sahip olduğu görülür. Şekil: 3.1'de görülen giderler diyagramında metro, hafif metro ve premetro sistemleriyle UYET taşıma sisteminin yatırım giderleri; inşaat ve donanım masrafları olarak karşılaştırılmaktadır. 1982-83 yıllarında Almanya'da yapılmış bir araştırma sonucunda 1 km'lik çift yönlü metro ve premetro için gerekli ortalama sermaye ihtiyacı tesbit edilmiştir. Bu değerler işletmeye hazır bir yolun giderlerini (duraklar, enerji ve sinyal giderleri dahil) içine almaktadır. Taşıt giderleri bunun içinde değildir (2). Bu değerler, UYET sisteminin giderleriyle diğer bir raylı sistem olan metro gider-

leri arasındaki büyük farkı gösteriyor. Görüldüğü gibi ÜYET in metro sisteminden daha az gidere sahip ve daha üstün olduğu söylenebilir (10).

Raya bağlı ulaşım sistemleri, uzun ömürlü yatırım tesisleridir. Amortisman süreleri 75 yıl olarak kabul edilir. Bu tesislerin uzun sürede ekonomik olacağı düşünülerek, yol güzergahı ve düzenlemesini bu uzun yararlanma süresine göre dizayn etmek gerektir. Yüklenme kapasitesi, sadece belli bir taşıt tipine ve belli bir taşıt düzenlemesine uygun olarak yapılmalıdır. Yani taşıt kapasitesinin değiştirilebileceği şekilde tasarım daha avantajlıdır (2,3).

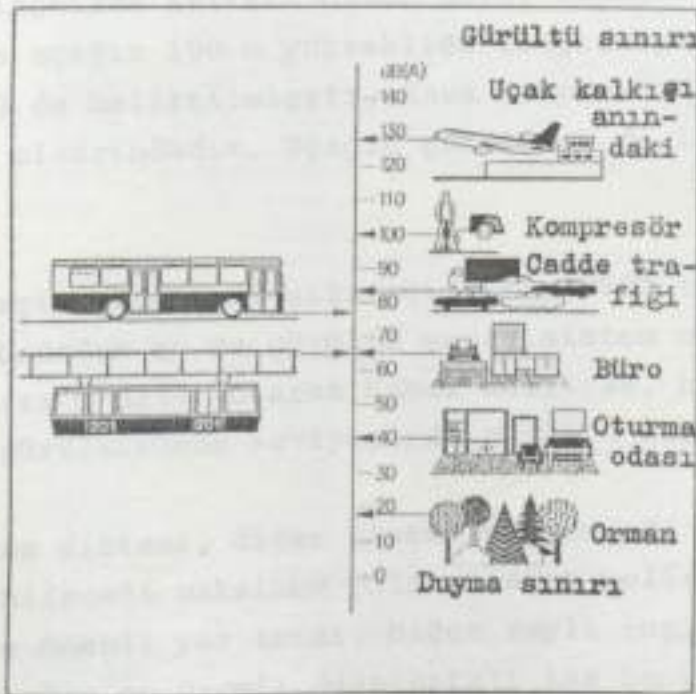
ÜYET için yol boyutlandırılması yapılırken, önceden bir yük kabul edilir. Buna göre, ileride yalnızca tek taşıtlar değil, kabinlerin birleştirilmesinden oluşan taşıtlar ve büyük ka-



Şekil: 3.1. Donanım - İnşaat giderleri olarak hafif metro pre-metro ve metro sistemlerinin ÜYET ile yatırım yönünden karşılaştırılması

pasiteli mafsallı birleştirilmiş ÜYET taşıtları da hareket edebileceklerdir. Böyle büyük mafsallı taşıtların sefere konması ve sık sık olarak servis koymakla, örneğin ÜYET'le bir doğrultuda bir saatte 15.000 kişi taşınabilir. Özel taşıt trafiğinde; taşıt başına 1,5 kişi öngörüldüğünde 1 saat başına 10.000 taşıta karşı gelmektedir. Özel taşıt trafiğinde otomobiller göz önüne alınmıştır. ÜYET'in yolu kapasite olarak bir doğrultuda bir şehir otobanının 5 şeridine eşdeğerdir. Bu otobandaki şerit kapasitesi, 30 km/h ile 2.000 özel taşıt olma durumuna göre alınmıştır.

Bu sistemde kaza olabilme ihtimali çok azdır. Ortama uyabilme Özelliği konusunda çeşitli görüşler ileri sürülmüştür. İyi bir trafik düzeni veya yapılan yollar, bu yolların geçtiği yerlerde cadde ve sokaklardaki binaların değerlerini arttırdığı halde, ÜYET sisteminin kurulacağı bölgelerdeki ev sahiplerinin endişesine gerek kalmayacak uyum planları yapılır. En iyi uyum şekli, film montaj tekniği kullanılarak elde edilebilir.



Şekil: 3.2. ÜYET'in gürültü düzeyinin gösterilmesi

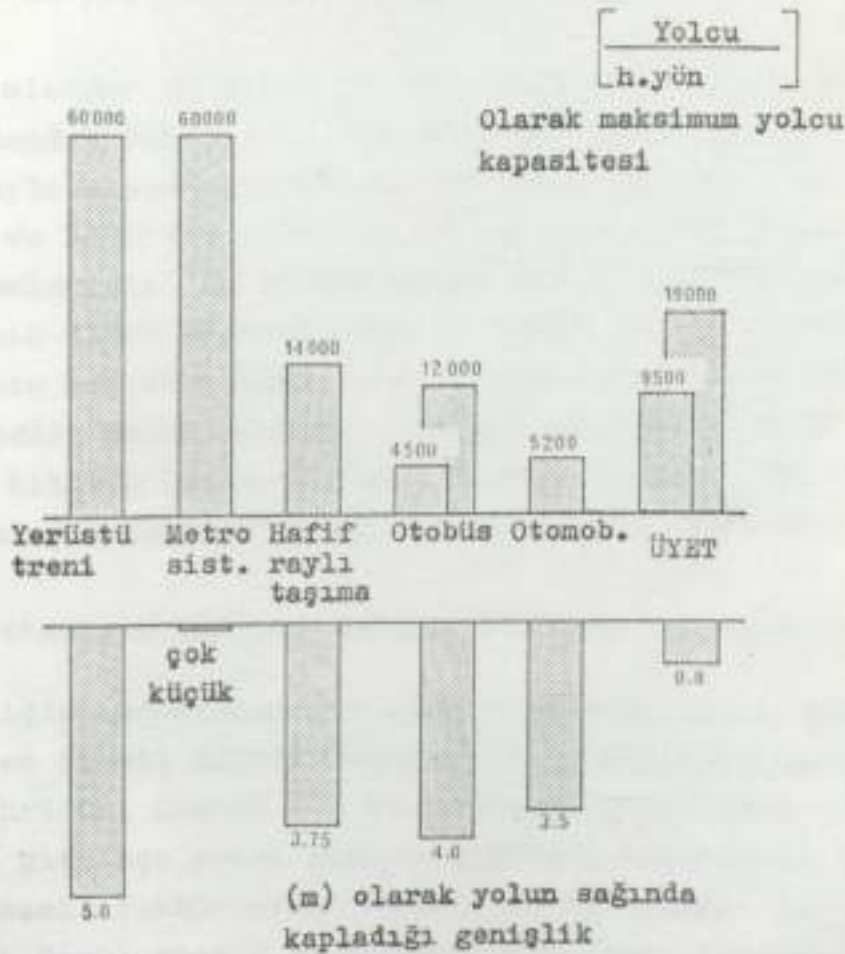
Taşıma sistemlerinde, şehircilik açısından önemli bir faktör gürültü faktörüdür. Kalabalık bir araç trafiği olan cadde ve yollar bazan dayanılmaz hale gelen gürültülerin oluşmasına neden olurlar. Şekil: 3.2'de görülen skala değerleri çeşitli ulaşım araçlarının gürültü sınırlarını göstermektedir. Bilindiği gibi insan kulağını rahatsız eden gürültü sınırı 70 dB(A) olarak kabul edilmektedir. Şekil: 3.2'den görüldüğü gibi şehiriçi taşımacılığında yaygın olarak kullanılan diesel motorlu otobüslerin, seyr halindeyken, çıkardıkları gürültü yaklaşık 78 dB(A) civarındadır. Bu gürültü insan kulağını rahatsız edecek seviyededir. Yani modern taşımacılıkta izin verilen 70 dB(A) sınırını aşmaktadır. Burada ÜYET'in gürültü sınırı 65 dB(A) olup izin verilen sınırı aşmamaktadır. Zaten ormandaki tabiat gürültüsü 18 dB(A) civarındadır. Oturma odası gürültü sınırı 40 dB(A) ve çalışma büroları gürültü sınırı da ÜYET'in çıkardığı 65 dB(A) kadardır. Bu da ÜYET'in, çalışma gürültüsüne etkisinin olmayacağını gösterir. Orta hacimde bir caddenin normal trafik gürültüsü de 83 dB(A) civarındadır. ÜYET'in gürültüsü, böyle bir trafik gürültüsünden çok daha aşağıdadır (21).

Bir karşılaştırma kriteri olsun diye, kompresörün çıkardığı gürültüyle uçağın 100 m yüksekliğe ulaşmaya kadar çıkardığı gürültü de belirtilmiştir. Hava kompresörünün gürültüsü 100 dB(A) civarındadır. Uçağın gürültüsü de 128 dB(A) kadardır.

Bu karşılaştırmadan anlaşılacağı gibi; ÜYET taşıma sistemi gürültü yönünden en az gürültü yapan sistem olarak görülür. Duyma sınırı 0 dB(A) olarak kabul edilirse, bu sistem normal bir büro gürültüsünün seviyesinde gürültü oluşturur.

ÜYET taşıma sistemi, diğer sistemler yanında oturulacak yer ve taşıyabileceği maksimum yolcu olarak belirtilen kapasite yönünde de önemli yer tutar. Diğer raylı toplu taşıma sistemlerine göre en önemli dezavantajı ise bu yolcu kapasitesidir. Çünkü Şekil: 3.3'den de görüldüğü gibi bir yerüstü

treni olan banliyö treninde yolcu kapasitesi olarak, bir saatte bir yönde taşınabilecek yolcu sayısı 60.000 civarındadır. Aynı şekilde yine metro için de 60.000 civarında bir (yolcu/saat yön) yolcu kapasitesi vardır. Bun karşılık ÜYET için ise tek bir 4/4 tipinde kabin kullanılmasıyla bu kapasite 9500 (yolcu/saat-yön) dolayında olmaktadır. Eğer iki adet 4/4 tipinde kabin birleşik olarak kullanılırsa bu kapasite 19000'e kadar çıkmaktadır. Yerüstü treni ve metro dışında diğer sistemlerden çok fazla kapasiteye sahip bir taşıma sistemi olan ÜYET, bu iki sistem dışında diğerlerinden üstündür (5,10).



Şekil: 3.3. Çeşitli ulaşım sistemlerinin maksimum yolcu kapasiteleri (üst kısım) ve yol yüzeyinde kapladığı genişlikler (alt kısım)

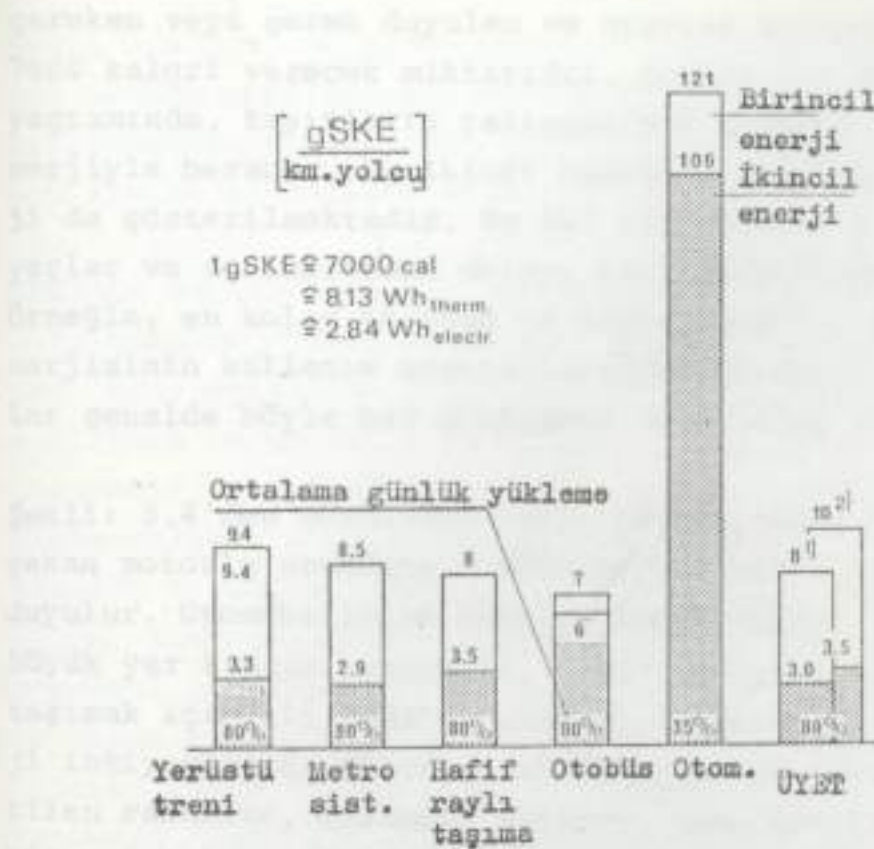
Taşıma sistemlerinden ÜYET'den sonra, kapasite yönünden, hafif raylı taşıma sistemleri gelir. Hızlı tramvay bu sınıfa girer. Bunu motorlu diesel otobüs sonra da petrolle çalışan motorlu otomobil izler.

Şekil: 3.3'de alt kısımda ise (m) olarak yol üzerinde kapladığı yer bakımından karşılanması için, yolda enine olarak kapladığı yer gösterilmiştir. Buradan da görüleceği gibi, taşıma araçlarının yoldaki trafik yoğunluğunu büyük oranda etkilediği bu durum trafik bakımından önemlidir. Şekilden de görüldüğü gibi yer üstünde çok az yer kaplayan yeraltı metro-ları, ihmal edilebilecek kadar az yer kaplarlar. Bu sistemden sonra en az yer kaplayan taşıma sistemi ÜYET'dir.

Bu sistemlerden en fazla yer kaplayanı 5 m ile yerüstü trenidir. Bundan sonra 4 m. ile motorlu otobüs gelmektedir. Hafif raylı taşıma sistemiyle motorlu otomobil ise yeraltı metrosu ve ÜYET'den sonra en az yol genişliği kaplayan taşıma sistemleridir. Bu sistemlerden metro ve ÜYET taşıma sistemlerinin diğer sistemlerden bu kadar farklı olmasının nedenlerinin başında farklı bir trafik seviyesinde olmaları gelmektedir. Metro sistemi yer seviyesinin altında, ÜYET ise üst kısımda başka bir trafik düzeyindedir. Bu iki sistem ise kuruluş giderleri yönünden çok farklı değerlere sahiptir.

Metro sisteminin kuruluş gideri ÜYET'den çok fazladır.

Gelecek için tasarlanan bir ulaşım sistemi için, düşünülmesi gereken en önemli faktörlerden birisi, sistemin harcayacağı enerji türüdür. Güncel bir konu olmaya devam eden enerji krizi ve gittikçe artan enerji ihtiyacı karşısında düşünülecek en önemli faktörlerden olduğu ortaya çıkar. Şekil: 3.4 de yüksek özgül enerji harcamasıyla çalışan taşıma sistemlerinin karşılaştırılması gösterilmektedir (5,35).



1) Çelik tekerlekli UYET 2) Lastik tekerlekli UYET

Şekil: 3.4. Çeşitli sistemlerin harcadığı özgül enerjiler

Enerji harcamaları ve enerji fiyatlarını karşılaştırırken kömür cinsinden eşdeğeri hesaplanarak değerlendirilir.

Bu enerji çeşitleri; petrol, kömür, diğer enerji kaynakları, örneğin su enerjisi (hidrolik enerji), nükleer enerji gibi, enerjiler taşıma sistemlerinde karşılaştırılırken km başına her bir yolcu için kömür enerjisi eşdeğeriyle gösterilir. Bu karşılaştırmalarda [gSKE] ile gösterilecektir. 1 (gSKE) kömür 7000 kalori kadar bir enerjiye eşittir. Diğer bir birimle ifade edilirse 8,13 Wh'lık bir termal enerjiye eşittir, veya 2,84 Wh'lık bir elektrik enerjisine karşılık gelir (5).

Elektrik enerjisi; santralde üretilen, ve üretim sonunda kaybı en az olan enerjidir. (gSKE) ile gösterilecek enerji, bir yolcunun bir km mesafeye taşınması durumunda tüketilmesi

SKE: Steinkohleeinheit.

gereken veya gerek duyulan ve gramlar halindeki kömürün 7000 kalori verecek miktarıdır. Şekil: 3.4'deki enerji dağıtımında, taşıtların çalışmasında gerekli olan ikincil enerjiyle beraber, bu ikinci enerjiyi üretecek birinci enerji de gösterilmektedir. Bu iki tip enerji, taşımadaki ihtiyaçlar ve zorluklardan dolayı birbirleriyle değiştirilirler. Örneğin, en kolay taşınan ve ikinci enerji olan elektrik enerjisinin kullanım avantajlarından dolayı birinci enerjiler genelde böyle bir dönüşümle daha kolay taşınırlar.

Şekil: 3.4'den görüldüğü gibi, taşıma araçlarından petrol yakan motorlu otobüste 7 gSKE/km'lik bir enerjiye gerek duyulur. Otomobillerle yapılan büyük enerji tüketimi ise en büyük yer kaplar. Otomobil, 1 km'lik bir mesafede bir yolcu taşımak için 121 gSKE'ye ihtiyaç duyar. Şekil 3.4'deki enerji ihtiyaçlarını gösteren sütunların üst kısımlarında belirtilen rakamlar, sistemin ihtiyacı olan enerji gSKE/km olarak bir yolcu için göstermektedir. Sütunların noktalı kısımlarla gösterilen kısımları ise, o sistemin (gSKE/km) olarak bir yolcu için gerekli ortalama birincil enerjiyi göstermektedir. Bu karşılaştırmalardan anlaşıldığı gibi, birincil enerji harcayarak en büyük enerji ihtiyacı olan taşıma şekli otomobille yapılan taşımadır. Bundan sonra en fazla enerjiye ihtiyaç duyan sistem 9,4 gSKE/km ile yerüstü trenidir. ÜYET sütununda gösterilen iki ayrı sütundan birincisi 8 gSKE/km yolcu kadar enerjiye gerek duyulan sistemde çelik tekerlekli tahrik şeklindeki taşıtlar içindir. 10 gSKE/km yolcu kadar enerjiye gerek duyulan sütun ise lastik tekerlekli tahrikli taşıtlar içindir (5).

Buradan da görüleceği gibi ÜYET, özgül enerji tüketimi yönünden de diğer sistemlerden daha avantajlıdır. Enerji yönünden; Hafif Raylı Taşıma sistemleriyle aynı oranda enerji tüketmektedir.

Şekil 3.4'deki bu özgül enerji tüketimleri, sistemini belli bir günlük ortalama yüklenmesi gözönüne alınarak karşılaştırılmıştır. Sistemlerin günlük ortalama yüklenmeyi (% olmak üzere) gösterilmektedir.

UYET'de dahil, raya bağlı taşıma sistemlerinin tümü 2,9 ilâ 3,5 (gSKE/km yolcu) kadar bir ikinci enerjiye gerek duyarlar. Aynı sistemler için ikincil enerji ihtiyaçları 7 ilâ 9,4 (gSKE/km yolcu) dolayındadır. Birincil enerjilerin dezavantajları ve maliyeti göz önüne alınırsa raya bağlı taşımacılığın avantajları görünür. Petrol tüketerek çalışan motorlu otobüsteki birincil enerji ihtiyacı bile 6 (gSKE/km yolcu) ile raylı sistemlerden çok daha yüksektir.

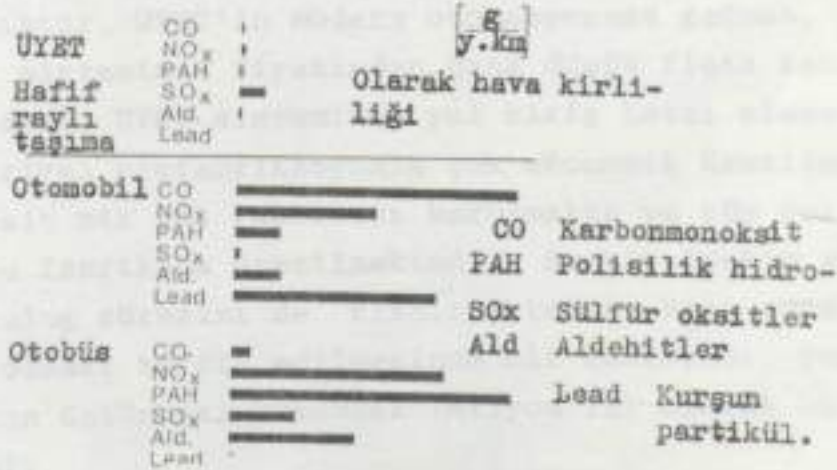
Bu enerji tüketimi durumu da bir sistemin tercih edilmesinde göz önüne alınacak önemli bir faktördür. Çünkü bu enerji tipinin, çevre kirliliğinden, gürültüye, hava kirliliğine ve ekonomiye kadar birçok etkileri olmaktadır.

Hava kirliliğine olan etkisi göz önüne alınarak taşımacılık değerlendirilecek olursa; raya bağlı elektrikli ulaşım sistemlerinin ideal olduğu görülmektedir. Bunlardan özellikle UYET taşıma sisteminin hava kirliliğine etkisi ihmal edilebilecek kadar azdır. Cadde ve yol trafiğindeki taşıt sayısının günden güne artması sonucu yoğunlaşan trafik nedeniyle, içten yanmalı ve patlamalı motorların çıkardığı eksoz gazları, hava kirliliğinde önemli bir faktördür. Şehir merkezlerindeki hava kirliliğinin % 90'ından fazlasını, motorlu taşıtların çıkardığı gazlar oluşturmaktadır.

Şekil 3.5'den görüldüğü gibi, hava kirliliğinin önemli sayılabilecek büyük bir bölümü, yoğunlukla özel otomobillerin egzozlarından çıkan gazlardan ileri gelmektedir. Kamyon, kom-yonet, otobüsler ve trafikteki diğer taşıtların çıkardığı

kirli gazlar da buna eklenir. Diesel gazları; azot oksit (NO_x), polisilik hidrokarbon (PAH), Sülfür Oksit (SO_x) karbon-monoksit (CO) ve Aldehitlerle kurşun partikülleri gibi birçok, havayı kirleten gazların yüksek oranda konsantrasyonunu içerir. Şekil: 3.5'de; otobüs, otomobil, hafif raylı taşıma sistemi ve ÜYET'in hava kirliliğine etkileri yönünden karşılaştırılmalarını yapabilmek için, artıklarında bulunan kirli gazlar orantılı olarak gösterilmiştir. Bağlı bir skalaya göre satır uzunluğu belirtilmiştir.

Bu karşılaştırmadan görüldüğü gibi; çizginin üstünde gösterilen elektrikli ulaşım sistemleri hava kirliliğine etki yönünden diğer petrol'e dayalı motorlarla çalışan taşımacıya göre çok daha üstündürler. Elektrikli taşıma olan ÜYET'in hava kirliliğine olan etkisi bir otobüs sistemi veya otomobil taşımacıya yanında yok sayılabilecek kadar azdır. Bu nitelik ise nüfusu kalabalık şehirlerde önemli bir rahatlama



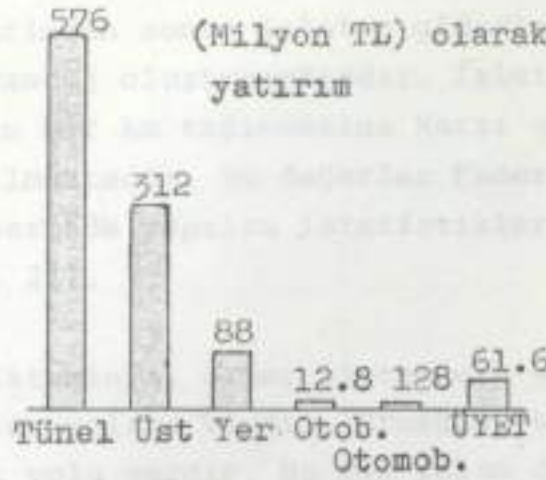
Şekil: 3.5. Ulaşım sistemlerinin hava kirliliğine etkileri

getirebilecektir. Çünkü, Örneğin Ankara, İstanbul, İzmir gibi şehirlerde bu önemli bir problem haline gelmiştir. Zaman za-

man da günlük hayatı etkilemektedir. Şekil: 3.5'deki çizginin alt bölümünde ise raylı ve elektrikli taşımacılığın dışında otobüs ve otomobille yapılan taşımacılıkta havayı kirletecek kirli gazlar gösterilmiştir. Bu oranların, kalabalık trafik ve nüfusa sahip yerleşim merkezlerinde, bugünkü durum göz önüne alındığında, bir problem olacağı söylenebilir (23).

Konvansiyonel taşıma sistemleriyle ÜYET taşıma sisteminin yatırım giderleri yönünden karşılaştırılması Şekil 3.1'deki giderler diyagramında görülmektedir. Bu karşılaştırma metro ve premetro ile ÜYET sistemleri arasında yapılmıştır. Şekil 3.6'da ise, petrolle çalışan sistemler, yer seviyesinde hareket eden hafif raylı taşıma sistemleri ile yer seviyesinden yüksekteki bir yol üzerinden hareket edebilen M-Bahn gibi sistemlerin toplu bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Taşıt kabin giderleri hariç olmak üzere, işletmeye hazır ve çift raylı hattına sahip bir ÜYET sisteminin ortalama yatırım gideriyle, diğer sistemlerin 1 km'sinin giderleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken, ÜYET hatlarının da ortalama istasyon giderleri de dahil olmak üzere 1 km bölümün gideri alınmıştır. ÜYET'in modern otomasyonuna rağmen, yeraltı demiryolu sisteminin fiyatından daha düşük fiyata sahip olmasının nedeni, ÜYET sisteminde yol giriş hattı elemanlarının endüstriyel prefabrikasyonla çok ekonomik üretilmesidir. ÜYET için basit bir yol fabrikası kurulmakta ve tüm yol elemanları bu fabrikada üretilmektedir. Bu tip üretim aynı zamanda, kuruluş süresini de kısaltmaktadır. Kısa sürede kurulabilir olması tercih edilmesinde bir faktördür. Şekil 3.6'daki sütun üstündeki rakamlar (Milyon TL) olarak belirtilmiştir (5).

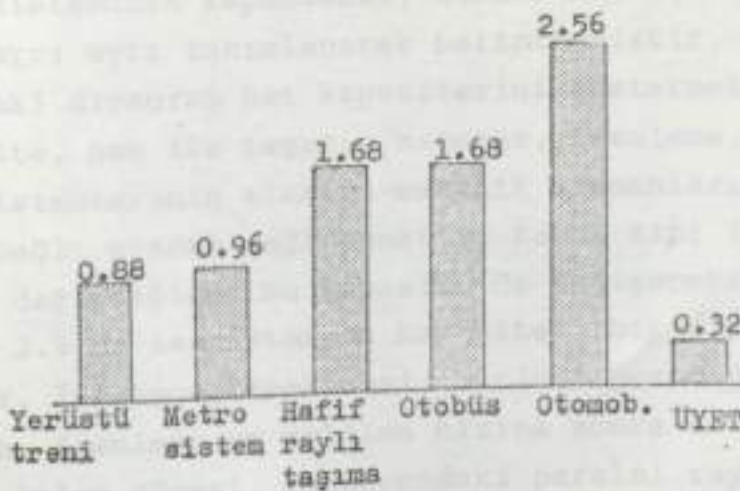
Taşıma sistemlerinde, işletme giderleri de önemli ölçüde sistem giderlerine etki eder. ÜYET ile konvansiyonel taşıma sistemleri arasındaki işletme giderlerinin durumu, Şekil 3.7 de gösterilmektedir. Şekil 3.7'den de görüldüğü gibi, ÜYET'in



Şekil: 3.6. Ulaşım sistemlerinin km başına yatırım giderleri

en düşük işletme giderlerine sahip bir toplu taşıma sistemi olduğu, ortaya çıkmaktadır. İşletme giderleri az olan sistemler, ÜYET'den sonra sırasıyla yerüstü treni, metro'dur. Hafif raylı sistemlerde otobüs taşımacılığı yaklaşık aynı işletme giderine sahiptir. Motorlu taksiler işletme giderleri gine en yüksek olan taşıma araçlarıdır. Buna göre motorlu

$$\left[\frac{\text{TL}}{\text{Yolekm}} \right] \text{ Olarak işletme gideri}$$



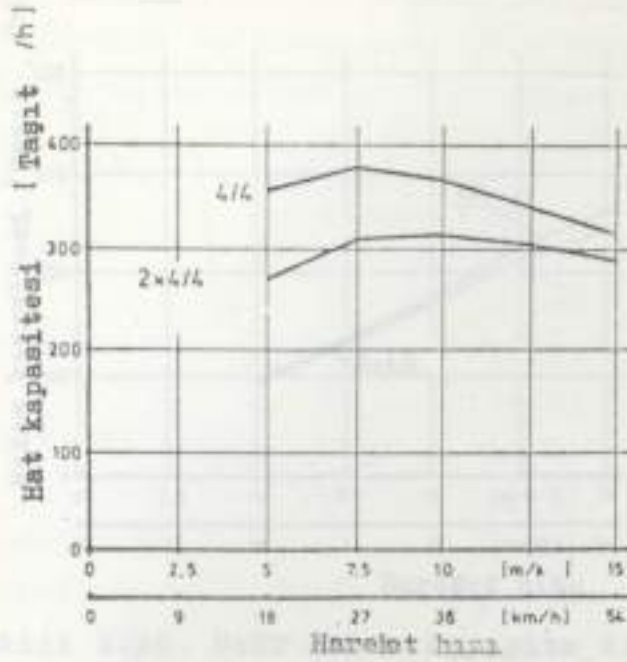
Şekil: 3.7. Çeşitli ulaşım sistemleri için işletme giderleri

taşıtlardan otomobil ve otobüsün en fazla işletme giderlerine sahip taşıtlar olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durumda enerji giderlerinden sonra işletme giderlerinin de büyük olması bir dezavantaj oluşturmaktadır. İşletme giderleri sütunlarda, yolcunun bir km taşınmasına karşı gelen miktar olarak TL ile gösterilmektedir. Bu değerler Federal Almanya'da taşıma araçları üzerinde yapılan istatistikler sonucu çıkartılmıştır (5, 20, 22).

UYET taşıma sisteminin, diğer sistemlere göre, bunlar dışında da, bazı avantajları vardır. Örneğin, kendine özgü ve çekici bir üst yolu vardır. Bu üst yolun durumu, yerine göre avantajlar sağlamaktadır. Çünkü, halen çalışmakta olan güzergah ve yollar üzerinde ve onların trafiğine hiçbir olumsuz etki yapmadan çalışabilmektedir. Kuruluş süresi de çok kısa olduğundan buradaki trafiğe herhangi bir şekilde olumsuz etkisi olmayacaktır (20).

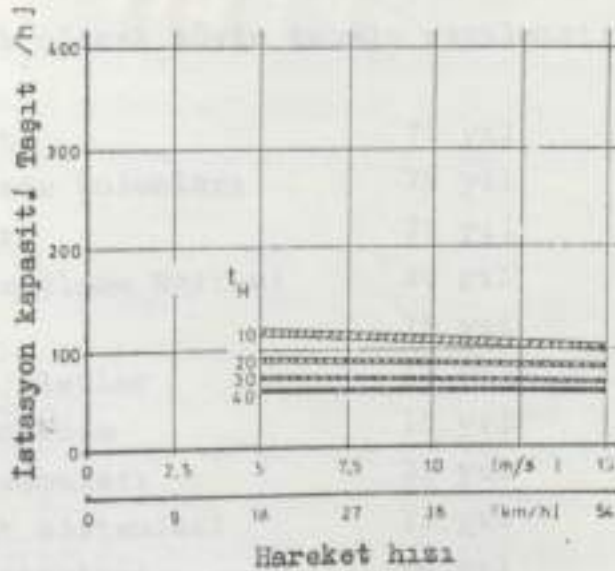
Yatırım giderlerinin % 60'ını oluşturmalarından dolayı servis yolunu oluşturan raylar, destekleme kolonları ve bunların temel yapısı çok ekonomik olarak prefabrike yapılabilirler. Dolayısıyla ekonomiklik açısından çok büyük avantajlar sağlanmış olur (5).

UYET sisteminin kapasitesi, her bir hat elemanının kapasitesi ayrı ayrı tanımlanarak belirlenmiştir. Örneğin Şekil 3.8'deki diyagram hat kapasitesini göstermektedir. Burada kapasite, hat ile taşıtın hareket, frenleme, hız ve güvenlik sistemlerinin elektro-mekanik elemanlarının cevap süresine bağlı olarak değişecektir. Kabin tipi (2/2 veya 4/4 gibi) değiştiğinde bu kapasite de değişecektir (5). Şekil 3.9'da ise istasyon kapasitesi bir diyagramla verilmiştir. İstasyon kapasitesi, birinci derecede taşıtın uzunluğuna, frenleme ve yol alma hızına sonra da sırasıyla istasyonda kalma süresi, istasyondaki paralel ray sayısı ve blok uzunluğuna bağlıdır (19).

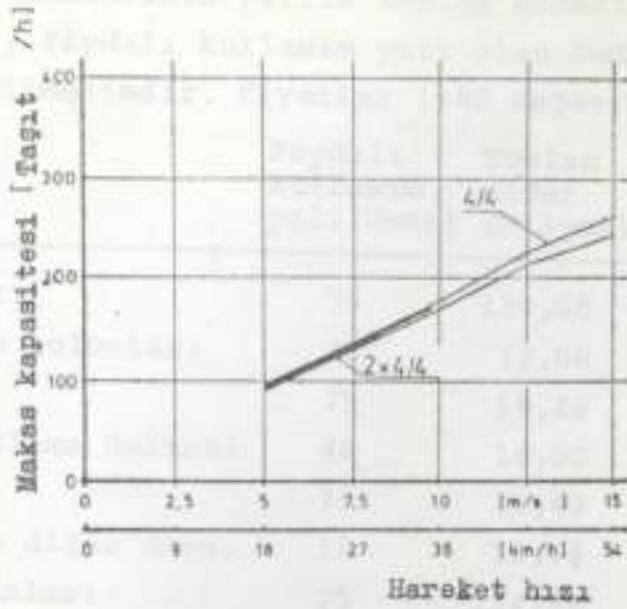


Şekil: 3.8. ÜYET yol kapasitesi diyagramı

Şekil 3.10 ray hatlarındaki makasların kapasitesini göstermektedir. Makas kapasitesi; taşıtın uzunluğuna, makas donanımının değiştirme süresine, elektronik kumanda elemanlarının cevap verme süresine, güvenli fren mesafesi ve makastaki boşluk ölçüsüne bağlıdır.



Şekil: 3.9. ÜYET durak kapasite diyagramı (tek raylı yol)



Şekil: 3.10. UYET makas kapasite diyagramı

Bu kapasiteler sistemin çeşitli elemanlarını değiştirilerek arttırılabilir. Örneğin, 2 adet 4/4'lük kabinlerden oluşan 8 yolcu/m² yüklü bir dizi, 18.000 yolcu/h taşıyabilir. UYET sisteminin ana elemanlarının ömürleri bölge şartlarına bağlıdır (5).

Yaklaşık olarak şöyle tahmin yapılmıştır:

Ray hattı	75 yıl
Destekleme kolonları	75 yıl
Makaslar	75 yıl
Enerji sağlama ünitesi	40 yıl
Binalar	75 yıl
Mekanik aletler	10 yıl
Diğer donanım	10 yıl
Yolcu vagonları	35 yıl
Güvenlik sistemleri	15 yıl
Motor üniteleri	10 yıl
Yardımcı taşıtlar	35 yıl
Haberleşme sistemi	10 yıl

Sistem elemanlarının yıllık toplam giderleri, amortisman giderleri, faydalı kullanım yılı olan ömürleri, Tablo 3.1'de gösterilmektedir. Fiyatlar 1980 değerleridir (5).

Elemanlar	Faydalı kullanım yılı (Ömür)	Toplam Gider (Milyon)	Amortisman Giderleri (Milyon TL)
Ray hatları	75	130,00	1,7352
Destekleme kolonları	75	12,00	0,1600
Makaslar	75	18,40	0,2456
Enerji sağlama ünitesi	40	16,00	0,4000
Binalar	75	18,40	0,2456
Mekanik ve diğer donatılar	10	12,08	1,2096
Yolcu kabinleri	35	134,96	3,8576
Yardımcı taşıtlar	35	6,08	0,1760
Motor üniteleri	10	1,76	0,1800
Güvenlik sistemi	15	10,80	0,7200
Bakım ve onarım sistemi	10	1,12	0,1136
Toplam		361,6	9,0432

Tablo 3.1. UYET elemanlarının her biri için ortalama kullanım yılı, toplam yatırım giderleri ve amortisman giderleri.

Tablo 3.1'den görüldüğü gibi sistemin amortisman giderleri, toplam sistem giderleri yanında % 2,5 dolayında kalmaktadır. Bu da sistemin önemli avantajlarından biridir (5).

Sistemin personel ihtiyacı da şu sınıflandırmaya göre tesbit edilmektedir. Trafik, işletme, bakım mühendisliği, temizlik, idari personel ile finans ve muhasebe personeli. Sistemin personel durumu Tablo: 3.2'de gösterilen sınıflandırma şekliyle ihtiyaca cevap verebilmektedir. Taşıma sistemi tam olarak otomatikleştirilebildiğinden, personel ihtiyacı minimuma indirilebilir. Çünkü, konvansiyonel elektrikli ve diğer taşıma sistemlerindeki personel tarafından yapılan; kumanda, kontrol ve kumanda gibi birçok fonksiyon, bu sistemde otomatik devre ve donanım tarafından yapılmaktadır. Ayrıca, bu fonksiyonların gecikmesiz yapılması da kumanda da zaman kazandırır (3,5,7,21).

Sistemde lokal olarak birbirleriyle değişik hatlar olarak bağlanabilirler ve duruma ve sisteme göre, kurulacak olan bölgenin coğrafi ve yerleşim planı belirlenir (8,9,12,28,31). Böyle tesislerin (İzmir, İstanbul, Ankara şehirleri, İstanbul ve S.İ.). Var olan ulaşım sistemleriyle bağlantılarına karşılık için kullanılabilmektedir. Özellikle Türkiye'de, hatta ve yerleşim merkezlerinin kamusal olarak bu gibi tesisler, özellikle büyük gelişen alanlar, kentlerin ve yerleşim ve hatta bazı yerlerde şehir içi demirli ve kamusal olarak içiyle bağlantı kurulmaktadır. Böyle tesislerin ulaşım problemlerini çözmede büyük bir rol oynayacaktır.

4. BÖLÜM: SİSTEMİN KULLANIM ALANLARI

Üst Yollu Yakın Mesafe Elektrikli Toplu Taşıma sistemi olan ÜYET'i bundan önceki bölümlerde belirtildiği gibi, en üstün niteliklere sahip taşıma sistemleri arasındadır. Enerji giderleri ve işletme giderlerinin daha az olması hava kirli - liğini azaltmadaki katkısı gibi nitelikleriyle en avantajlı taşıma sistemi olduğu ortaya çıkar. Kuruluş süre ve giderleri ise; otomobil ve otobüs hariç olmak üzere, diğer toplu taşıma sistemlerinin bu değerlerinden çok azdır. Yolcu taşıma kapasitesi ve bu kapasitenin değişken olabilmesi yönünden de iyi olan sistemler arasındadır. Otomatik olan işletme donanımı, modern bir taşıma sisteminden istenenleri içermektedir (33).

Bir modern taşıma sisteminden istenen birçok niteliğe sahip ÜYET, toplu taşımacılık yapan bütün yakın mesafe sistemlerinin yerine kurulabilmektedir. Bunların başında çok kalabalık ve trafik problemi dayanılmaz duruma gelen yerleşim bölgeleri gelmektedir. Bu bölgelerde lokal taşıma sistemi olarak işletmeye alınabilir. Bölgede yeraltı ve hızlı ray taşıma sistemleri varsa, bu sistemlere bağlantı hatları olarak ÜYET kullanılabilmektedir. Orta büyüklükteki kentlerde bütün yakın mesafe taşımacılığını ÜYET ile yapmak mümkündür. Bu yerleşim birimlerinde yol ve güzergah durumuna göre komple bir ring ÜYET sistemi ihtiyacı karşılayabileceği gibi, birden fazla

sistem de lokal olarak birbirlerine değişik hatlar olarak bağlanabilir. Bu durumu ve sistemin tipini, kurulacak olan bölgenin coğrafi ve yerleşim planı belirler (6,5,22,29,31). Büyük tesislerin (fabrika, rafineri, askeri birlikler, tersaneler v.s.), var olan ulaşım sistemleriyle bağlantısını kurmak için kullanılabilir. Özellikle Türkiye'de, kent ve yerleşim merkezlerinin kenarına kurulan bu gibi tesisler, ülkedeki hızlı gelişme sonucu, kentlerin çok yakınına ve hatta bazı yerlerde şehir içi denebilecek kadar içerilere yerleşmiş durumdadırlar. Böyle tesislerin ulaşım problemi çözmede, ÜYET kullanılabilir (32).

ÜYET sistemi özel durum ve işletmelerde de ulaşım bağlantısı sağlayabilmek için kullanılabilir. Bunlardan biri büyük hava limanlarının, var olan diğer yakın mesafe ulaşım sistemlerine bağlamaktır. Bu hatlarda ÜYET ideal bir taşıma sistemi olarak hizmet verir. Hava limanının yolcu geliş ve gidiş periyoduna göre işletmeye konacak taşıtlar, bu hava limanlarıyla olan ulaşımı güvenli ve seri bir biçimde gerçekleştirirler.

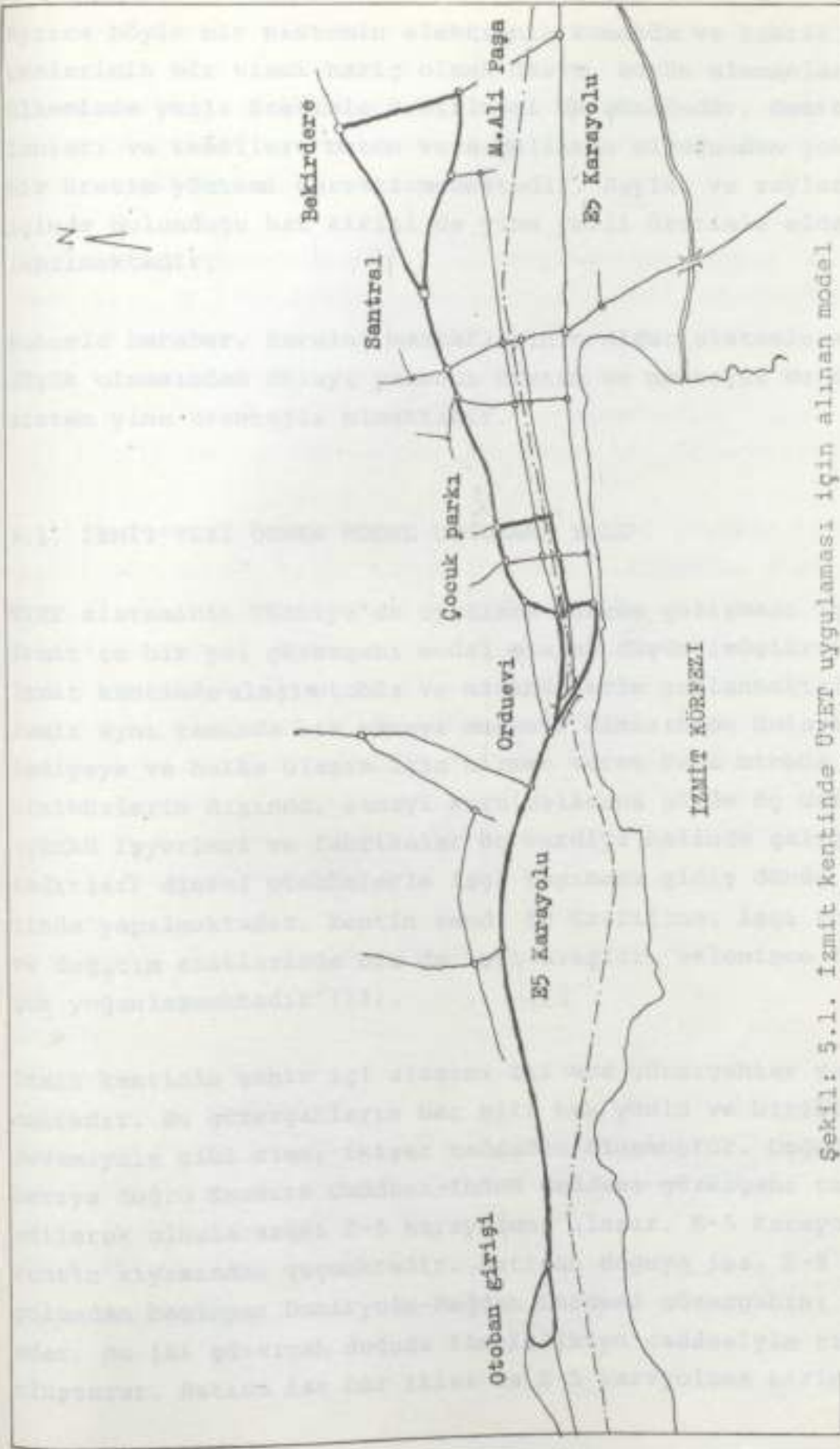
Büyük tesislerin (fabrika, rafineri, askeri birlikler, tersaneler v.s.), var olan ulaşım sistemleriyle bağlantısını kurmak için kullanılabilir. Özellikle Türkiye'de, kent ve yerleşim merkezlerinin kenarına kurulan bu gibi tesisler, ülkedeki hızlı gelişme sonucu, kentlerin çok yakınına ve hatta bazı yerlerde şehir içi denebilecek kadar içerilere yerleşmiş durumdadırlar. Böyle tesislerin ulaşım problemini çözmede, ÜYET kullanılabilir (32).

Şehir içerisinde (deniz veya körfez kıyısında şehirler) ulaşım sistemlerine uzak olan veya trafik sıkışıklığından dolayı ulaşımı sağlanamayan deniz yolcu limanlarıyla bağlantı kurmak için bu sistemlerin kullanılması mümkündür (32).

5. BÜLÖM : ÜYET 'İN TÜRKİYE'DE UYGULANABİLİRLİĞİ

ÜYET sistemi Önceki bölümlerde bahsedilen niteliklerinden ve üstünlüklerinden dolayı Türkiye'de kurulup işletilebilir. Özellikle ülkemizdeki çarpık şehirleşme sonucunda, kalabalık ve büyük şehirlerde trafik problemlerine çözmekte büyük üstünlükleri vardır. Çünkü düzensiz ve doğal gelişme denebilecek şekilde büyüyen şehirde cadde ve sokaklar, kentteki trafiği karşılayabilecek kapasitede planlanmamıştır. Toplu taşıma araçlarının yanında diğer trafik taşıtları, bu trafiği daha da altüst etmektedir. Çünkü aynı zemin düzleminde hareket eden araçlar için, kesişen yollarda, yani kavşaklarda, problemler çıkmakta ve sağlıklı bir trafik akışı olmaktadır. Metro gibi yer altı ulaşım sistemleri de her zaman mümkün olmamaktadır. Çünkü bazen yerleşim planları buna uygun olmamakta, bazen de çok büyük yatırım ve kuruluş giderleri gerektirdiğinden finans zorlukları çıkmaktadır.

Bu şartlarda İstanbul başta olmak üzere Ankara, İzmir, Bursa, Adana, Konya gibi trafiğin büyük yoğunlukta olduğu şehirlerde, ÜYET çok avantajlı bir şehiriçi taşıma sistemi olmaktadır. Sistemin kurulacağı güzergahlarda, kuruluş sırasında trafik uzun süre aksamayacak ve kuruluş için fazla büyük inşaat gerektirmeyecektir. Böyle kalabalık ve yoğun trafiğe sahip kentlerde, hangi cadde ve güzergahlar için sistemin daha uygun olacağı fotomontaj ile yapılan, uyum fotoğraf yöntemiyle tesbit edilebilir.



Şekil: 5.1. Izmit kentinde UYET uygulaması için alınan model araştırma güzergahı

Ayrıca böyle bir sistemin elektronik kumanda ve tahrik sistemlerinin bir kısmı hariç olmak üzere, bütün elemanlarının ülkemizde yerli üretimle üretilmesi de mümkündür. Destek kolonları ve temelleri beton veya çelikten olduğundan çok özel bir üretim yöntemi gerektirmemektedir. Raylar ve rayların içinde bulunduğu hat kirişi de yine yerli üretimle elde edilebilmektedir.

Bununla beraber, kuruluş masraflarının diğer sistemlere göre düşük olmasından dolayı yabancı üretim ve montajla da olsa bu sistem yine avantajlı olmaktadır.

5.1. İZMİT'TEKİ ÖRNEK MODEL UYGULAMA YOLU

UYET sisteminin Türkiye'de uygulama deneme çalışması için, İzmit'te bir yol güzergahı model olarak düşünülmüştür. Halen İzmit kentinde ulaşım otobüs ve minibüslerle sağlanmaktadır. İzmit aynı zamanda bir sanayi merkezi olmasından dolayı, belediye ve halka ulaşım için hizmet veren özel otobüs ve minibüslerin dışında, sanayi kuruluşlarına günde üç defa (çünkü işyerleri ve fabrikalar üç vardiya halinde çalışmaktadırlar) diesel otobüslerle işçi taşınması gidiş dönüş şeklinde yapılmaktadır. Kentin kendi iç trafiğine, işçi toplama ve dağıtım saatlerinde bir de işçi araçları eklenince trafik çok yoğunlaşmaktadır' (14).

İzmit kentinin şehir içi ulaşımı iki ana güzergahtan yapılmaktadır. Bu güzergahların her biri tek yönlü ve birbirinin devamıymış gibi olan, ikişer caddeden oluşmuştur. Doğudan batıya doğru Kandıra Caddesi-İnönü Caddesi güzergahı takip edilerek uluslararası E-5 karayoluna ulaşır. E-5 Karayolu kentin kıyısından geçmektedir. Batıdan doğuya ise, E-5 karayolundan başlayan Demiryolu-Bağdat Caddesi güzergahını takip eder. Bu iki güzergah doğuda Zincirlikuyu caddesiyle ring oluşturur. Batıda ise her ikisi de E-5 karayoluna birleşir (15).

Kentin yerleşim planından dolayı, başka ulaşım güzergahı yoktur. Doğu-batı güzergahı kenti bir baştan öbür başa kadar dolmaktadır. Kentin kuzey bölümündeki küçük tepelerdeki yerleşim bölgeleri için ulaşımı orta boyda birkaç diesel otobüs karşılamaktadır (15).

Kent yerleşiminden dolayı raylı taşımacılık, diğer motorlu taşıtları ve yaya trafiğini etkilemektedir. Örneğin kent içinden geçmekte olan demiryolunda (Ankara-İstanbul) birçok yaya ve taşıt geçidi vardır. Bu geçitler aynı trafik seviyesinde olduğundan geçiş zorlukları oluşmaktadır. Hatta sık sık trafik kazalarının olması da başka bir dezavantajdır(14).

Uluslararası E-5 karayolunun şehir içinden geçmesi trafik planlamacılarını raylı sistem kurmakta tereddüte düşürmektedir. Çünkü birçok geçiş ve kavşak zorluğu olacaktır. Halbuki böyle durumlarda ÜYET, hiçbir trafik dezavantajı olmayan ulaşım sistemidir. Çünkü bu gibi güzergahlarda, ÜYET üst yolunun alt tarafında kalan yükseklikte, iki katlı otobüs yüksekliğinde bulunan araçlar bile seyahat edebileceği gibi herhangi bir geçiş zorluğu da çıkarmamaktadır. Yayalar ve diğer taşıtlar için yol kesilmesi yoktur. Araştırma yolunun durumu Şekil: 5.1'de gösterilmektedir (15).

İzmit'teki model yoldaki araçlara ait veriler:

Otobüs:

Ortalama araç sayısı	60 [1/gün]
Ortalama seyahat süresi	80 [dk/sefer(gidiş-dönüş)]
Ortalama yolcu sayısı	100 [yolcu/sefer]
Ortalama sefer sayısı (araç başına)	6 [sefer/gün]
Yolcu toplama ve dağıtım merkezi	10
Ortalama işçi aracı sayısı	300

İşçi araçlarının sefer sayısı 3 [sefer/gün]

Minibüs:

Ortalama araç sayısı	50 [1/gün]
Ortalama seyahat süresi	65 [dk/sefer]
Ortalama yolcu sayısı	50 [yolcu/sefer]
Ortalama sefer sayısı	7 [sefer/gün]

Toplam olarak araçların sefer sayısı

Toplam otobüs sefer sayısı	$6.60 + 3.300$ [sefer/gün] $= 1260$ [sefer/gün]
Toplam minibüs sefer sayısı	50.7 [sefer/gün] $= 350$ [sefer/gün]
Toplam araç sefer sayısı	1610 [sefer/gün]

Taşınan toplam yolcu sayısı

Otobüslerin taşıdığı	$360.100 + 900.7$ $= 86.000$ [yolcu/gün]
Minibüslerin taşıdığı	350×50 $= 17.500$ [yolcu/gün]
Toplam yolcu	103.500 [yolcu/gün]

Taşımada harcanan enerji

Otobüslerin harcadığı	100 [lt mazot/sefer]
Minibüslerin harcadığı	10 [lt mazot/sefer]
Toplam	110 [lt mazot/sefer]

Harcanan ortalama yıllık enerji:

Otobüsler için	$350 \times 100 \times 1260$ $= 44,1 \times 10^6$ [lt mazot/yıl]
Minibüsler için	$350 \times 10 \times 350 = 1,225.10^6$ [lt.motorin/yıl]
Toplam	$45,325.10^6$ [lt mazot/yıl]

Yukarıdaki istatistik değerlerinden görüldüğü gibi, kentte bir günde taşınan yolcu sayısı ortalama 103.500 kadardır. Bunun dışında kentte ayrıca özel olarak şahıslar tarafından

işletilen taksiler vardır. Bu taksilerin taşıdığı yolcular göz önüne alınmamıştır. Çünkü bunlar dolmuş şeklinde değil de istenildiğinde kiralanabilen özel araçlardır. Fakat düzenli ve konforlu bir toplu taşıma sistemi bu gibi olaylara büyük etki edecektir.

Günlük yolcu potansiyeline göre, İzmit kentindeki model alınan bu iki güzergaha ÜYET sistemi kurulacak olursa konforlu ve rahat bir taşıma sistemi olarak bütün bu yukarıda sayılan taşıma araçlarının yerine yeterli hizmet verecektir. Burada önemli olan bir nitelik de sık sık sefere ihtiyaç duyulacaktır. Çünkü bir günde trafiğe çıkacak 360 otobüs ve 50 minübüs göz önüne alınırsa, sefer sayılarının sık olması gerektiği ortaya çıkar. Bu sık sefer problemi ÜYET'de kolaylıkla çözülebilir. Çünkü sistemde küçük boyutlu kabinlerle taşıma yapılabildiği gibi istendiğinde, Şekil: 2.12'de gösterilmekte olan, birleştirilmiş ve daha büyük kapasiteli taşıtlar da trafiğe çıkarılabilmektedir. Bununla beraber, birden fazla büyüklükteki çeşitli araçların aynı anda hat üstünde hareketi de mümkündür.

Böyle bir güzergahta ÜYET ile yapılacak taşımacılıkta Şekil 2.12'de görülen 4/4 tipli (30 oturacak ve 70 ayakta yer adedi) 100 yolcu kapasiteli bir doğru akım motoruyla tahrikli kabin seçilebilir. Bu kabin, kentteki güzergahların birine (Doğu-Batı) gidiş, diğerine (Batı-Doğu) geliş olarak iki katlı olarak kurulmuş ÜYET yolundan toplu taşıma yapılabilir. Herbir hatta, yani sadece gidişte (veya gelişte) ortalama 70 yolcu taşıdıkları varsayılabilir. Çünkü son duraklar arası seyahat eden yolcu sayısı az olabilmektedir. Bir sefer (gidiş-dönüş) de ortalama 250 yolcu taşıyabilmektedirler. Böyle işleyen üst kabinlerden 4/4 tipli 414 adedi bu yolcu potansiyeli için yeterli olur. Bu taşıtlar işçi taşıma saatlerinde veya yolcu yoğunluğuna göre sabah akşam arasındaki peryotlarda ayarlanabilir.

Bu sistemin, hava kirliliğinin dayanılmaz hale geldiği İzmit

kentinde, en büyük avantajlarından biri de bireysel ve diğer motorlu araçların hava kirliliğine olan olumsuz etkisini azaltmış olacaktır. Çünkü böyle şehirlerde kirli havaya bir de cadde ve sokaklarda egzoz dumanı eklenince insan sağlığı üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır. Egzoz dumanında, karbonmonoksit ve hidrokarbonlar gibi insan sağlığı açısından zararlı gazlar vardır (5).

Üçüncü bölümde anlatılan ve Şekil: 3.4'de gösterilen yakıt giderleri diyagramından da görüldüğü gibi; diesel yakıt ile çalışan taşıma sistemleri en pahalı ve gideri en fazla olan sistemlerdir. Buna karşın ÜYET yakıt giderlerinin az olması nedeniyle bir parasal kazanç da sağlanmış olacaktır.

5.2. İSTANBUL'DA TRAFİK PROBLEMİNİ ÇÖZMEDE ÜYET SİSTEMİ UYGULAMASI İÇİN UNKAPANI-SARAÇHANE-AKSARAY-YENİKAPI HATTINDA BİR ARAŞTIRMA

Son yıllarda İstanbul'da büyük bir nüfus artışı görülmektedir. Bunun doğal sonucu olarak şehiriçi taşımacılığında birçok problemler ortaya çıkmıştır. Cadde ve sokaklardaki trafik kargaşasıyla beraber gürültü ve zaman zaman tehlikeli boyutlara ulaşan hava kirliliği de yine kalabalık nüfuslu şehiriçi taşımacılığının kaynaklanmaktadır. Kalabalık nüfusa sahip böyle büyük kentlerde bireysel taşıtlar (özel otolar gibi) kullanıldığından, oto parkların ise Avrupa'daki büyük kentlerdeki gibi olmayışı, şehiriçi ulaşımında problemler ve zorluklar getirmiştir. Bu problemleri yenmek üzere bazı araçlar geliştirilmiş ve uygulamaya konmuştur. Fakat bu araçlar, İETT gibi, problemi çözeceğine daha büyük bir trafik kaosu oluşturmuştur. Bütün bu değerlendirmeler göz önüne alınarak İstanbul'un trafik problemini çözebilecek taşıma sistemlerinin durumu incelenmiştir. Var olan ve halen trafik ihtiyacına taşımacılıkta cevap veren sistemler incelenerek bunların yerini alabilecek sistemler tasarlanmıştır.

5.2.1. KARADAN TAŞIMA ARAÇLARI

5.2.1.1. İETT OTOBÜSLERİ

İETT otobüsleri, şehiriçi taşımacılığının önemli bir bölümüne cevap vermektedir. Bu otobüsler de beraberinde, park yeri problemini ve cadde trafiğindeki karışıklıkları getirmektedir. İETT'nin toplam 850 dolayında otobüsü vardır. Bunlardan günlük olarak yaklaşık 650 adedi seferdedir.

5.2.1.2. HALK OTOBÜSLERİ

Toplu taşıma için ek olarak sefere konan şahıs otobüsleridir. Bunlar program olarak İETT'ye bağlı, fakat işletmede özel taşıma araçlarıdır. Kentin belirli kesimlerine sefer yaparak taşımacılık hizmeti verirler. Halk otobüslerinin sayısı, trafik sorununu çözmede yetersiz kalmaktadırlar. Toplam taşıma ihtiyacının ancak % 3'üne cevap verebilmektedirler.

5.2.1.3. MINİBÜSLER

Minibüsler 14 yolcu kapasiteli küçük taşıma araçlarıdır. Çok sıkışık hatlarda, kent merkezi ile kenar semtlere bağlantı kurarlar. Bu hatlarda taşımacılıkta kullanılır. Bu taşıma araçları bazı hatlarda oldukça büyük bir sayı oluşturmaktadırlar. Toplam olarak 3270 adet olarak İstanbul taşıma ihtiyacının % 25'ine cevap verirler.

5.2.1.4. DOLMUŞLAR

Taksilerin veya otomobillerin kullanıldığı taşımacılık şeklidir. Taksiler İstanbul trafiğinin yaklaşık % 24'lük miktarını karşılamaktadır. Dolmuş adedi yaklaşık 16.000 kadardır.

5.2.2. RAYLI TAŞIMACILIK SİSTEMLERİ

İstanbul'da kullanılmakta olan birkaç raylı sistem de vardır. Bunlar özet olarak Banliyö treni ve mini metrodur.

5.2.2.1. BANLİYÖ

TCDD, şehrin Avrupa ve Asya tarafında banliyö hatları kurmuştur. Bunlardan biri, Sirkeci-Halkalı (veya Çerkezköy, 1980 den sonra uzatılmıştır) hattında kurulmuştur. Yaklaşık 26 km. uzunluğundadır. Bu hat İstanbul'un Avrupa tarafındadır. Diğer hat ise Asya tarafında, Haydarpaşa-Gebze arasındadır. Yaklaşık 45 km uzunluğundadır. Banliyö hatları, toplam yolcu ulaşım kapasitesinin % 8,3 oranı tarafından kullanılmaktadır(16).

5.2.2.2. MİNİ METRO

1874'de inşa edilen 1 km uzunluğundaki metro, Karaköy-Beyoğlu arasında taşıma hizmeti vermektedir. Günde ortalama 40.000 yolcu tarafından kullanılmaktadır (16).

5.2.3. DENİZ TAŞIMA ARAÇLARI

Boğazın konumu yüzünden, yolcu vapurlarının, trafik açısından çok büyük önemi vardır. Şehir hatları vapurları, yaklaşık % 12 civarında bir oranda yolcuya hizmet vermektedirler. Bu vapurların banliyölerle bağlantılı olarak sefer saatleri beraber planlanır.

Bunun dışında küçük yolcu motorları, yaklaşık % 1 oranında yolcu taşırlar (16).

5.2.4. TAŞIMA ARAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

5.2.4.1. SEFER SAYISI VE YOLCU KAPASİTESİ

Belli bir süre içinde, belli bir noktada, belli bir hatta

seyahat eden yolculara, trafik yolcu sayısı denir. Bu sayı, zamana, yere ve trafik şartlarına göre sürekli değişir.

Şehirli trafikteki yolcuları hız, yer ve zaman ile tanımlayan formül aşağıdaki gibidir. (5.1)

Trafik yoğunluğu; sefer sayısı ve yolcu sayısı ile tanımlanır. Trafik yoğunluğu; sefer sayısı ve yolcu sayısı ile tanımlanır. Trafik yoğunluğu; sefer sayısı ve yolcu sayısı ile tanımlanır.

A : saatteki sefer sayısı,

B : ise her seferdeki yolcu sayısıdır.

5.2.4.2. TRAFİK GÜVENLİĞİ

Bu durumda:

sefer sayısı; hız, yer ve zaman ile tanımlanır. Sefer sayısı; hız, yer ve zaman ile tanımlanır.

Sefer sayısı; hız, yer ve zaman ile tanımlanır. Sefer sayısı; hız, yer ve zaman ile tanımlanır. Sefer sayısı; hız, yer ve zaman ile tanımlanır. (5.2)

Her bir saniyedeki sefer sayısı olur.

Sefer sayısı; hız, yer ve zaman ile tanımlanır. Sefer sayısı; hız, yer ve zaman ile tanımlanır.

Trafik potansiyeli; sefer sayısı ve trafik hızının bir sonucudur. Her ikisinin de önemi Tablo: 5.1'de değişik trafik taşıtlarında gösterilmektedir.

	V	B	C	Wm	P
Çeşidi	Hız [km/h]	(yolcu sayısı/ araç)	Müteakip sefer (s) Yol mesafesi (m)	(Yolcu sayısı/ saat)	1h, 1km de taşıyan yolcu sayısı
Otobüs	14	60	20 (77,7)	10800	151 200
Trolleybüs	14	60	20 (77,7)	10800	151 200
Minibüs	18	10	10 (50,0)	3600	64 800
Dolmuş	18	5	10 (50,0)	1800	32 400
Metro	25	600	90 (625,0)	24000	600 000
Banliyö	36	1680	120 (1200,0)	50000	1 814 000

Tablo: 5.1. İstanbul'da kullanılan taşıma araçlarının verileri

5.2.4.2. TRAFİK GÜVENLİĞİ

Trafik araç veya ulaşım sistemleri için kaza sayısı; birim km'de olan kaza ile belirlenir. Genelde bir ulaşım aracından istenen; yolcuların güvenli, hızlı, konforlu ve zamanında

seyahat edebilmelerinin sağlanmış olmasıdır.

Şehiriçi trafiğinde otobüsleri hız durumu ve bazen de tercihli yolların ayrılmasından dolayı, kazaların olması çok azdır. Trafik emniyeti yüksektir. Bu emniyet durumu, İstanbul'da kullanılan diğer taşıma araçları için de aynı değildir. Minibüs ve dolmuşlardaki kaza yüzdesi çok yüksektir(16).

5.2.4.3. CADDE YÜZEYİNİN MEŞGUL EDİLME DURUMU

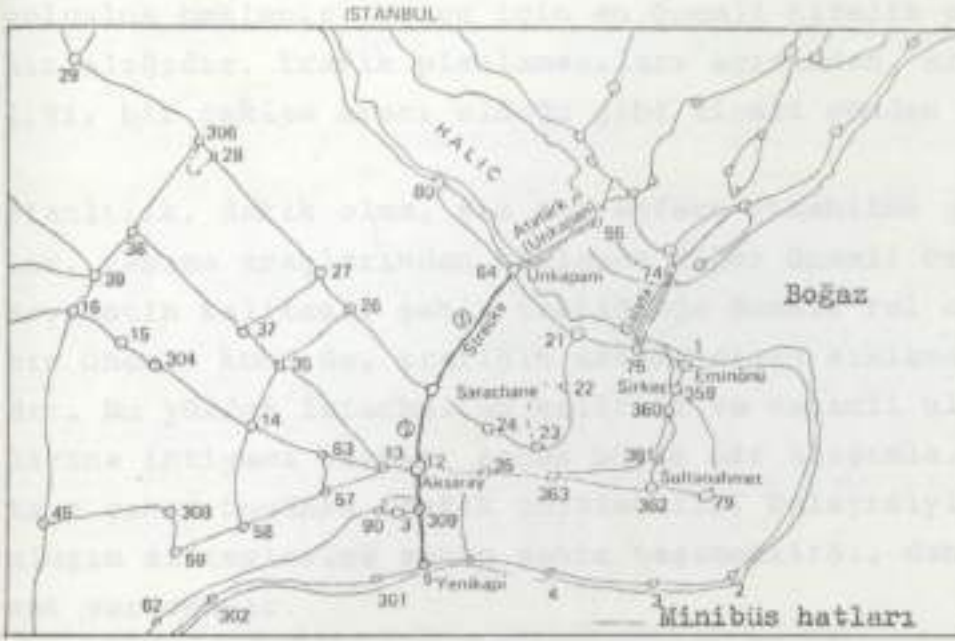
Ayna yüzeyini değişik türde araçlar ve değişik sayıda yolcu kullanmaktadır. Bu, caddeyi meşgul etme faktörüdür. Bu faktör araç kapasitesi ve sıklığı ile artar.

Küçük yolcu kapasiteli taşıma araçlarının çokluğu yüzünden ve aynı zamanda yolcu sayısı da fazla olunca caddelerin adetti tüm yüzeyleri bu araçlar tarafından kaplanmaktadır. Sonuç olarak meşgul etme faktörü yüksektir.

Trafik nedeniyle cadde trafiğindeki durmalar, araçların uzun süre trafikte kalmasına neden olurlar. Araçların hızı, şehirci trafiğinde oldukça azdır. Tablo: 5.2'de iki ana trafik merkezi olan Atatürk Köprüsü ve Galata köprüsü normal bir işgününde karşılaştırılmaktadır (16).

	Yön	Otomobil	Dolmuş Taksi	Minibüs	Otobüs Trolleybüs	Toplam
Galata Köprüsü	Eminönü	11601	21273	555	1470	34899
	Karaköy	10540	13972	631	1059	26202
Atatürk Köprüsü	Unkapanı	8905	14255	564	843	24567
	Azapkapı	6178	14640	395	833	22046
		37224	64140	2145	4205	107714
% olarak araç sa.		34,6	59,5	2,0	3,9	100
% olarak yolcu sa.		12,3	50,0	2,7	35,0	100
Yüzde olarak cadde yüzeyinin işg.		31,7	54,7	2,8	10,8	100

Tablo: 5.2. Normal iş gününde (24 saat) Galata ve Atatürk Köprüsü üzerindeki araç sayısı (181 verileri)



Şekil: 5.2. İstanbul kentinde UYET uygulaması için alınan model araştırma güzergahı

Bu hesaplamalarda aşağıdaki ortalama değerler gözönüne alınmıştır.

Otomobil	1,9 yolcu
Taksi ve dolmuşlar	4,5 yolcu
Minibüs	7,4 yolcu
Otobüsler	48 yolcu

Cadde yüzeyinin işgalinde trafik araçları kapladıkları yer (alan) olarak aşağıdaki gibi alınmışlardır.

Otomobil	10 m ²
Minibüs	15 m ²
Otobüs	30 m ²

5.2.4.4. TAŞIT TURÜNE GÖRE VERİMLİLİK

Çok çeşitli olan ulaşım araçları birçok kurallar gerektirir. Modern bir ulaşım aracından; programlı seferler ve konforlu

yolculuk beklenir. Yolcu için en önemli nitelik seyahatin hızlılığıdır. Trafik planlamacıları açısından, aracın hızlılığı, bir reklam aracı olduğu gibi ticari yönden de önemlidir.

Planlılık, dakik olma, sık sık sefere çıkabilme gibi nitelikler, taşıma araçlarından beklenen diğer önemli özelliklerdir. Seyahatin kalitesi, şehir trafiğinde önemli rol oynar. Diğer bir önemli konu da, trafiğin aksamaksızın sıkışmadan akmasıdır. Bu yüzden İstanbul'un kaliteli ve verimli ulaşım araçlarına ihtiyacı vardır. Ancak böyle bir ulaşım, doruk noktaya çıkan bugünkü trafik çözülebilir. Dolayısıyla, verimli ulaşım sistemlerine sahip şehir taşımacılığı, daha iyi hizmet verecektir.

5.2.5. İSTANBUL TRAFİĞİNİN GELİŞMESİ

Son araştırmalar; İstanbul'da hergün seyahat eden yolcu sayısının yaklaşık olarak nüfusa eşit olduğunu göstermektedir. Bu şu anlama gelir: İstanbul nüfusundan her bir kişi günde bir defa seyahat etmektedir. İETT'nin 1984 verilere göre; bir günde seyahat eden yolcu sayısı 2.200.000 dur. Araştırmalar göstermiştir ki, İstanbul trafiğinin, günde 2500 otobüse ihtiyacı vardır. Minibüslerin yerini 360 otobüs, dolmuş sisteminin yerini de 703 otobüs alabilmektedir (16).

1985 yılında İstanbul nüfusu 6,3 milyona yükselmiştir. 2000 yılında 8,5 milyonu aşması bekleniyor. Artış oranı 1985 için 1,7 ve 2000 yılı için 2,3'dür. Nüfusun daha da artacağı göz önüne alınırsa ve şehiriçi ulaşımı otobüsle çözümlenmek istenirse, 1985 yılı için ihtiyaç duyulan otobüs sayısı 3700 dür. 2000 yılı için ise 5100 otobüs gerekli olacaktır.

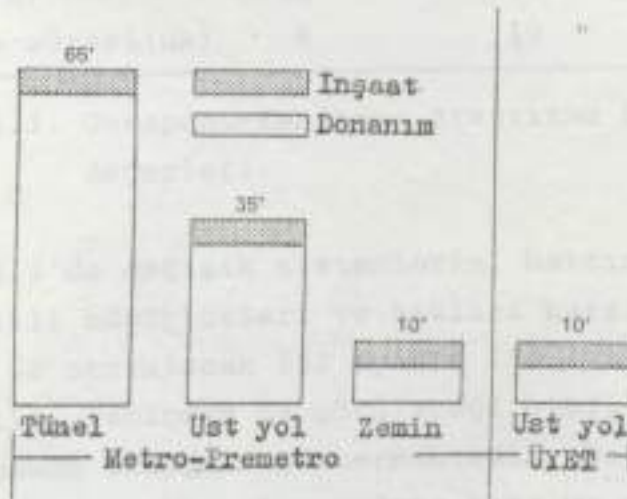
Şu an kullanılan taşıma sistemlerinden en uygun çözümü otobüslerin sağlayacağı açıktır. Otobüsler yerine dolmuş ve taksi düşünülecek olursa sayı artacak ve bu nedenle şehir merkezinde çözümü güç bir trafik kargaşası meydana gelecektir.

5.2.6. ŞEHİR İÇİ TRAFİĞİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN BİR ARAŞTIRMA

Nüfusun artışı, aslında trafiğin artışı da etkilemektedir. Çünkü nüfus artışı, o ölçüde trafiğe de yansıyor demektir.

Bu artan trafiği çözmeye metro düşünülebilir. Metro hızlı ve modern bir taşıma sistemi olmakla beraber genelde yer altında kendine özgü yollarının bulunması da trafiğin yüzeyde rahatlamasını sağlar. Yolcu kapasitesi fazla ve konforlu bir taşıma sistemidir. Elektrikle işletildiğinden hava kirliliğine olumsuz etkisi çok az olur.

Fakat bu günlük yatırım giderlerinin çok fazla olması kullanılmasını sınırlamıştır. Uzun sürede inşa edilmesi de başka bir dezavantajdır. Bundan dolayı İstanbul için bugün düşünülecek bir sistem olmaktan, yatırım giderlerinden dolayı, çıkmıştır. Bu taşıma sistemine karşılık yatırım giderleri az ve kuruluş süresi daha kısa olan ÜYET, bir alternatif olarak alınabilir.



Şekil: 5.3. Hafif metro, metro ve premetronun ÜYET sistemiyle 1 km'sinin yatırım giderlerinin karşılaştırılması

İstanbul trafiğinin problemlerini çözmede, ÜYET sistemi düşünüldürse, diğer sistemlere göre durumunu karşılaştırma bakımından bu çalışmada örnek olarak, Unkapanı-Yenikapı güzergahı araştırma hattı olarak alınmıştır. Bu hattın uzunluğu 2410 m.dir. Tablo 5.3 de bu araştırma hattıyla ilgili bazı araştırma sonuçları gösterilmektedir. Şekil: 5.2'de ise bu araştırma hattının durumu gösterilmiştir.

	Cadde genişliği(m)	Uzunluğu (m)	Eğim %	Günlük Yolcu kapasitesi	Kullanıl- dığı yer
Unkapanı-Saraçhane	26	1085	4	141624	Konut
Saraçhane-Aksaray	21	625	8	131379	Konut
Aksaray-Yenikapı	14	700	8	126625	Konut

	6 Vagonlu Metro	Otobüs	Dolmuş	Birleştiril- miş,kabinli ÜYET
Oturma yeri sayısı	1200	60	5	202
131379 günlük yolcu ihtiyacına cevap verme	109	2189	26275	650
Hız (km/h)	25	14	18	40
Yolculuk süresi(dk)	6	10	8	4

Tablo: 5.3. Unkapanı-Yenikapı araştırma hattı karakteristik değerleri.

Tablo: 5.3'de değişik sistemlerin, hattın farklı bölümlerinde, çeşitli büyüklükleri ve hızları karşılaştırılmıştır. ÜYET'de 50 oturulacak 152 ayakta (50 - 152) yer olarak hesap edilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi; bu araştırma ÜYET'in en iyi çözüm olduğunu göstermektedir. Yatırımı, metroya göre daha azdır. Kuruluş süresi daha kısa ve montajı hızlıdır. ÜYET'in bu tip bir kabine sahip olan sistemi yöne bir saatte 10.000 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir.

Şekil 5.3'de 1 km'lik bir hat için yatırım giderleri, taşıt hariç olmak üzere, karşılaştırılmıştır. Bu fiyat karşılaştırması, ÜYET'in metroya göre daha ucuz ve avantajlı bir çözüm olduğunu göstermektedir.

Yatırım giderleri yönünden ÜYET, metronun yaklaşık 3 10'u kadardır.

Sonuç olarak; belli bir hattaki bu araştırma göstermektedir ki, ÜYET İstanbul'daki trafik problemini çözebilecek iyi bir taşıma sistemidir. Araştırma, ÜYET'in yatırım giderlerinin az olması, aynı hatta yapılacak metroya göre ucuz bulunması gibi avantajlara sahip olduğu sonucunu vermiştir. İstanbul trafiğinin durumu göz önüne alınırsa, kurulacak olan ÜYET bir köprü kadar önem taşımaktadır (16).

5.3. ÜYET TAŞIMA SİSTEMİNİN, ENERJİ (RAYLI TAŞIMACILIĞIN) EKONOMİSİ AÇISINDAN, ELEKTRİK ENERJİSİ DIŞINDA BAŞKA TÜR ENERJİLERLE ÇALIŞAN TAŞIMA SİSTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

Ulaşım ve taşıma problemleri tüm dünyada her geçen gün artmakta ve dolayısıyla ekonomik çözüm yolları araştırılmaktadır. Bugünkü ulaşım ve taşıma araçlarından raylı sistemler, gelecek bakımdan en ümit verici ver en ekonomik taşıtlar olarak görülmektedirler. Temel enerji rezervleri bakımından, taşıma-ulaşım araçlarına ayrılması gerekli olan enerji önemli bir yer tutmaktadır.

Günümüzde, raylı sistemlerde kullanılan enerji çeşitlidir. Katı yakıt maddeleri; örneğin kömür gibi, en önemlisi sıvı yakıt örneğin petrolün yakılmasıyla elde edilen elektrik enerjisi veya su enerjisi (hidroelektrik) ve atom enerjisinden (Nükleer enerji) elde edilen elektrik enerjisi'dir. Bunlardan su ve atom enerjisinin birincil kaynaklar olması nedeniyle petrol ve diğer katı yakıtlardan elde edilen elektrik enerjisinden daha ekonomik olmaktadır. Raylı sistem taşı-

ma sistemlerinde bir alternatif vardır. Buna karşılık hava, deniz ve kara taşıtlarının hepsinde sadece petrol kullanılmakta, dolayısıyla maliyet de o oranda artmaktadır. Raylı sistemlerde halen dünyada elektrik enerjisi veya petrolden elde edilen enerjiler kullanılmaktadır. Bu bölümde, bunlardan hangisinin ülkeler bakımından daha ekonomik olduğunu belirlemek için bir çalışma yapılmıştır (17).

Elektrik Enerjisi Üretimi:

Dünyadaki tüm ülkelerde katı yakıtlar, petrol, su enerjisi ve nükleer enerji gibi birincil, temel enerjilerden üretilen elektrik enerjisi her geçen gün artmaktadır.

Dolayısıyla bir ülkede, raylı taşımacılığın birincil yani temel enerji kaynakları veya bunların birinden üretilen elektrik enerjisiyle işletilmesinin ekonomiklik açısından incelenmesi durumunda bazı faktörler göz önüne alınmaktadır. Bu faktörleri belirlemede çeşitli yaklaşımlar ve temel alınan esasa göre değerlendirmeler yapılmaktadır. Bunlardan örneğin, bir ülkedeki tüm elektrik enerji ihtiyacının tüm petrol üretimine olan oranı, birinci faktör olarak kabul edilmektedir. Elektrik enerjisiyle petrol enerjisi arasındaki fiyat, maliyet oranı da fiyat faktörü olarak ikinci bir faktör gibi tanımlanmaktadır. Var olan enerjinin devamlılığı, yani yaşam süresi ile raylı sistem yoğunluğu da birer faktör olarak alınmıştır.

Enerji faktörü; bir ülkedeki tüm elektrik enerjisi üretiminin o ülkedeki petrol üretimine oranı şeklinde (e)

$$e = \frac{\text{Üretilen elektrik enerjisi [kcal]}}{\text{Petrol Üretimi [kcal]}} \quad (5.3)$$

tanımlanır. Orantıdan da görüldüğü gibi petrol üretimi fazla, buna karşılık elektrik enerjisi üretimi az olan örneğin, Cezayir ve Kuveyt gibi, ülkelerde bu faktör doğal olarak 1'den küçük, buna karşılık Almanya, Fransa, İsviçre gibi

ihtiyaç oranında fazla elektrik enerjisi üretip buna oranla az petrol üreten ya da hiç üretmeyen ülkelerde 1'den büyük olacaktır.

Fiyat faktörü; bu da elektrik enerji fiyatının diesel enerji fiyatına oranı diye tanımlanabilir.

$$p = \frac{P_{el}}{P_{di}} \quad (5.4)$$

Burada; p: fiyat faktörü, P_{el} : elektrik enerjisi fiyatı, P_{di} ise diesel enerji fiyatıdır.

Ömür Faktörü; petrol rezervlerinin kullanılma oranıdır. Petrol rezervlerinin ömrünü belirler. d ile gösterilmekte ve,

$$d = \frac{\text{Petrol rezervleri [ton]}}{\text{Yıllık üretim [ton/yıl]}} \quad (5.5)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Raylı sistem çalıştırma faktörü; ülkedeki raylı sistemin kullanılma ölçüsüdür. Raylı sistemin hat uzunluğunun ülke yüzölçümüne oranıdır. q ile gösterilmiştir.

$$q = \frac{\text{Raylı sistem hat uzunluğu [km]}}{\text{Ülke yüzölçümü [km}^2\text{]}} \quad (5.6)$$

Elektrikle çalıştırma faktörü: eski raylı sistemler, zamanla buharlı işletmeden dieselli, diesel elektrikli, sonunda elektrikli işletmeye geçmektedirler. Bu değiştirme elektrikle çalıştırma faktörü ϵ olarak tanımlanmıştır.

$$\epsilon = \frac{\text{Elektrikle çalışan hat uzunluğu} \times 100}{\text{Tüm raylı sistem hat uzunluğu}} \quad (5.7)$$

olarak hesaplanır.

Elektrik enerjisinin taşımacılıktaki avantajları açısından tercih edilen bir enerji türü olması, yukarıdaki faktörlerin göz önüne alınmasıyla ortaya çıkar. Bu sistemlerin başında ise elektrikle çalışan raylı ulaşım ve taşıma sistemleri gelmektedirler. Yukarıda tanımlanan faktörler bu sistemlerin işletilmesinin, petrol rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle elektrik enerjisiyle yapılmasının gerekliliğini gösterebilirler. Bir yıl içinde kurulan raylı hat uzunluğu K [yıl/km] olarak alınırsa; raylı sistemlerin elektrikle işletilmesinin gerekliliğinin değerlendirilmesi için,

$$N_{ee} = \frac{K \cdot i \cdot e \cdot 10^3}{p \cdot d \cdot q} \quad (5.8)$$

ampirik ifadesi tanımlanabilir.

(8.8) bağıntısından da görüldüğü gibi; N_{ee} faktörü 1'den büyük çıkarsa bu ülkede raylı sistemlerin elektrikli işletilmesi gerekliliği ortaya çıkar. Petrol rezervlerinin fazla olduğu ülkelerde bile bu, zamanla azalacağından N_{ee} faktörü 1'e yaklaşacak ve bir süre sonra bunu da aşacaktır (17).

Bir sayısal değerlendirme için, 1969-70 yılları arasında bazı ülkelerde istatistikler sonucu bulunan faktörler Tablo: 5.4'de göz önüne alınarak, elektrikle işletme gereklilik faktörü hesaplandığında aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Ülke	Enerji faktörü e []	Elektrikle çalıştırma faktörü i [%]	Fiyat Faktörü p []	Ömür Faktörü d [yıl]	Raylı sistem çalıştırma faktörü q [1/km]
Cezayir	0,0035	8,1	6,0	30	0,16
Almanya	1,80	27,4	0,9	8	14,50
Fransa	3,00	24,0	0,6	5	7,30
İsviçre	100,0	99,8	0,5	-	12,30
SSCB	0,18	23,0	0,9	11	0,58
Türkiye	4,18	0,9	0,8	120	1,04

Tablo: 5.4. Çeşitli ülkelerde istatistikler sonucu elde edilen faktörler.

K faktörü hesaplamalarda sıfırdan büyük 1'den küçük kabul edilmiştir. Cezayir ve Türkiye için $K = 1/50$ [yıl/km], diğer ülkeler için ise $K = 1/300$ [yıl/km] öngörülmüştür. Enerji faktörü de her zaman sıfırdan büyük fakat sonsuzdan küçük olarak alınmıştır.

$$\text{Cezayir: } N_{ee} = \frac{1/50 \times 8,1 \times 0,0035 \times 10^3}{6 \times 30 \times 0,16} = 0,019$$

$$\text{Almanya: } N_{ee} = \frac{1/300 \times 27,4 \times 1,80 \times 10^3}{0,9 \times 8 \times 14,5} = 1,34$$

$$\text{Fransa: } N_{ee} = \frac{1/300 \times 24 \times 3,14 \times 10^3}{0,6 \times 5 \times 7,3} = 11,47$$

$$\text{İsviçre: } N_{ee} = \frac{1/300 \times 99,8 \times 100 \times 10^3}{0,5 \times 12,3} = 54,14$$

$$\text{SSCB: } N_{ee} = \frac{1/300 \times 23 \times 0,18 \times 10^3}{0,9 \times 11 \times 0,58} = 2,4$$

$$\text{Türkiye: } N_{ee} = \frac{1/50 \times 0,9 \times 4,84 \times 10^3}{0,8 \times 120 \times 1,04} = 0,87$$

Elektrik enerjisinin üretilmesinde kömürün yerini alan petrol ve doğal gaz rezervleri, zamanla azalmakta ve sonunda tükenme noktasına yaklaşmaktadırlar. 1971 yılındaki petrol üretim durumuna göre, petrol rezervlerinin 26 yıllık bir ömrü olduğu tahmin edilmiştir. 1987 verilerine göre bu süre yaklaşık 20 yıldır. Bu tahmine göre ikibin yılında dünyada, petrole dayalı enerji kaynaklarında büyük sıkıntılar olacaktır.

Dünyadaki elektrik enerjisi üretimi, 1950 yılında yaklaşık 854.000 milyon kwh idi. Bu miktar 1962 yılında 2.655.000 MWh'a ve 1970 yılında 3 milyon, 1985 yılında yaklaşık 4 milyon kwh'in üstüne çıkmıştır. Elektrik enerji tüketiminde elek-

trikli raylı sistemlerin payı, Almanya, Fransa ve Türkiye'de genelde yaklaşık % 3 ilâ 4 arasındadır (17).

Sanayileşmiş ülkelerde, elektrik enerjisinin petrol ile değil de su veya nükleer santrallerde üretilmesi fiyat ekonomisi açısından daha avantajlı bir durum ortaya çıkarmaktadır. Dünyadaki çeşitli ülkelerde, uluslararası komisyonların, tüm dünyanın enerji rezervleri hakkındaki tahminlerine göre; bu enerji ihtiyacı nükleer santrallerden karşılanabilecektir, bu durum içinde yeterli miktarda uranyum rezervleri vardır. Bu durumda elektrik enerjisi, gelecekte çoğunlukla nükleer santrallerden elde edilecektir. Bunun sonucu olarak; e, ℓ, q faktörleri zamanla artacaktır. Buna karşılığında p, d faktörleri azalacaklardır. Dolayısıyla N_{ee} faktörü artacak ve bu da elektrikli raylı taşıma ve ulaşım sistemlerinin kullanılmasını daha da gerekli yapacaktır.

Türkiye ulaşım ve taşımacılığın hangi enerjiyle yapılmasının daha ekonomik olduğunu değerlendirmek için, denklem (5.8)'e bakılırsa; $N_{ee} = 0,89$ olduğu görülmektedir. Bu sınır kritik bir sınırdır. Elektrik enerjisinin üretimi biraz daha artıp petrol rezervleri de azalınca, $N_{ee} = 1$ 'e ulaşacak ve geçecektir. Bugün Türkiye'de elektrik enerjisinin üretimini eskiye göre çok arttığı bilinmektedir. Bu üretimin büyük bir bölümü hidroelektrik santrallerden elde edilmektedir. Şüphesiz ki Türkiye'de 1988 yılında üretilen elektrik enerjisi 1970 öncesi üretilen elektrik enerjisinden çok daha fazladır. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 1987 yılında çıkartmış olduğu HES [Hidroelektrik santraller] kataloğundaki değerlere göre; Türkiye'de 1970 yılından sonra elektrik enerjisi üretiminde büyük ilerleme olmuştur (37).

1986 yılı sonuna kadar planlanıp inşasına başlanan barajlarla birlikte son zamanlara kadar yapılmış ve işletmeye açılmış barajlarda üretilen yıllık ortalama elektrik enerjisi 110.177.000 MWh (Megawattsaat) olacaktır. Bunun sonucu N_{ee} katsayısındaki e faktörü artacak ve N_{ee} 'yi birden büyük bir değere getirecektir. Hatta 1987 yılı üretimine göre N_{ee} , 1'in

Üzerindedir denebilir. Dolayısıyla Türkiye'de taşıma sistemlerinin elektrikle işletilmesi ekonomik olarak gereklidir. Sonuçta "elektrikli taşıma sistemi" optimum çözümü verecektir.

Türkiye'deki elektrik enerjisindeki üretim artışı kurulmuş santrallerin durumundan da anlaşılmaktadır. Örneğin, 1969 yılına kadar kurulmuş bulunan hidroelektrik santral sayısı 27 adettir. Üretilen yıllık enerji ise 855000 KWh dolayındadır. Oysa 1969 dan sonra 12 hidroelektrik santrali daha devreye alınarak toplam enerji üretimi ise 2.018.000 KWh'a çıkartılmıştır. Bunu göz önüne alarak ve ileride de elektrik enerjisi üretiminin artacağı düşünülürse, raylı sistemlerin elektrikle işletilmesi gerekli olacağı sonucuna gidilebilir. Çünkü sadece Nehir ve Kanallar üzerine kurulmakta olan hidroelektrik santrallerinin yıllık enerji üretimi 825.000 KWh olacaktır (37).

5.4. TAŞIMACILIKTA KULLANILAN SİSTEMLERİN AMPİRİK BİR İFADEYE GÖRE KULLANILMA GEREKLİLİĞİ

Taşımacılık alanında dünya ülkelerinde, çeşitli toplu taşıma sistemleri kullanılmaktadır. Petrol ürünlerine dayalı yakıtlarla çalışan otobüs, dolmuş ve taksiler ile elektrikli ulaşım sistemleri; metro, tramvay, trolleybüs, elektrikli otobüs, banliyö treni, premetro, ÜYET (H-BAHN), teleferik, hafif raylı sistem (M-BAHN) gibi taşıt cinsleri en önemli taşıma sistemleri olarak başta gelmektedirler.

Zamanla gelişen ve kalabalıklaşan yerleşim alanlarında taşımacılık alanında büyük problemler ortaya çıkmaktadır. Her sistemin kendine özgü bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Bazı sistemlerin kuruluş gideri çok büyük olmasına karşılık, bazı sistemlerde kuruluş giderleri oldukça düşüktür. Hava kirliliği ve gürültü bakımından çok büyük farklılıklara sahip taşıma sistemleri, uygulama alanındadır. Gene bazı sistem-

leri, uygulama alanındadır. Gene bazı sistemler, özellikle elektrikle işletilen raylı sistemler kendilerine ait özel yollarda çalışmaktadırlar. Bu nedenle diğer taşıtlar için var olan yollardan geçmeyeceklerinden trafik yönünden avantajları bulunacaktır. Yolcu kapasitesi yönünden de oldukça farklılıklar göstermektedirler.

Günümüzde bir sistemin kuruluş aşamasında, düşünülmesi gereken en önemli niteliklerden biri de tüketileceği enerji problemidir. Temel enerji üretiminin pahalı olmasından dolayı, enerji rezervleri de gözönüne alınarak, sistemler karşılaştırıldığında, ekonomiklik açısından üstünlükler ortaya çıkmaktadır.

Kullanılmakta olan sistemlerin karşılaştırılması için bu bölümde geliştirilen bir yöntem ile kolaylık sağlayacak bir ampirik ifade çıkarılmıştır. Bu ifade çıkarılırken çeşitli faktörler göz önüne alınmış ve tanımlanmıştır. Böylece bir yerleşim merkezi için kullanılabilecek olan taşıma sistemlerinin kullanılabilirlik karşılaştırılması yapılmıştır.

t: Zaman Faktörü

Bu faktör sistemin verimli kullanım süresi olarak alınan ömrünün, kuruluş ve montaj süresine olan oranı şeklinde tanımlanarak t ile gösterilmiştir.

$$t = \frac{\text{Sistemin verimli kullanım süresi}(\text{Ömrü}) \quad [\text{Yıl}]}{\text{Sistemin kuruluş ve montaj süresi} \quad [\text{Yıl}]} \quad (5.9)$$

Her taşıma sisteminin işletme yıpranmalarından ve dış etkilere dolaylı bir doğal ömrü olacaktır. Buna etki eden, taşıtların ömrü ile seyr yolları ve hatların ömürleridir. En avantajlı ve kullanılması gereken sistem, uzun ömürlü olanlarıdır.

Bir süre sonunda, sistemin tamamen ya da kısmen yenilenmesi gerekmektedir. Özellikle, günümüz taşımacılığında yaygın

olarak kullanılagelmekte olan diesel taşıma araçlarının belli ve diğer sistemlerdeki taşıtlara göre daha kısa ömre sahip oldukları açıktır. Örneğin, metro veya diğer raylı taşımacılıkta kullanılan taşıtlar daha uzun ömürlü olmaktadır.

Sistem ne tür bir taşıma sistemi olursa olsun, sistemin verimi belli seviyede olmalıdır. Aksi halde, taşıma sistemi ekonomik olmaktan çıkarak zararlar ve ek yükler getirecektir. Dolayısıyla her sistem i-in bir ömür belirlenebilmektedir. Taşıma sistemlerinde önemli bir nitelikte de kuruluş ve montaj süresidir. Yerleşim açısından kalabalık olan ve taşımacılık problemi büyüyen yerleşim birimlerinde, problemi çözmek için kısa sürede planlanıp uygulanacak olan taşıma sistemleri; trafik akışının ve normal seyrinin uzun süre aksamasını önleyecektir. Böyle, kısa sürede kurulan bir sistem trafiği uzun süre engellemeyecektir. Bu sürenin kısalığı oranında trafiğe yük olacak olumsuz etkiler azalacaktır.

Bundan dolayı taşıma sistemlerini incelerken, karşılaştırmada sistemin ömrünü, kuruluş süresiyle oranlamasıyla bir zaman faktörü tanımlanmıştır. t faktörünün tanımından da görüldüğü gibi, ömrü uzun olan sistemlerde bu faktör daha büyük olacaktır. Aynı şekilde ters orantılı olarak, kuruluş süresi uzun olan sistemlerde bu faktör küçülecektir. Genel karşılaştırmada kullanılacak olan (5.14) nolu kullanılabilirlik bağıntısında, t faktörünün büyümesi olumlu etki yapacaktır.

T_f Trafik Faktörü

Bir ulaşım sisteminde taşıtın yolda kapladığı alanın taşınan her bir yolcunun taşındığı alana oranı olarak tanımlanır.

$$T_f = \frac{\text{Taşıtın yolda kapladığı alan [m}^2\text{]}}{\text{Bir yolcunun taşındığı alan [m}^2\text{]}} \quad (5.10)$$

Cadde trafiğinin yoğunluğunu önlemede küçük boyutlu araçlarla

çok sayıda yolcunun konforlu bir şekilde taşınabilmesi önemlidir. Taşıma aracının dizaynında yapılan planlamayla bu sağlanabilir.

N_s Gürültü Faktörü

Taşıma sistemlerinde gürültü, günlük yaşamda olumsuz etkiler yapmaktadır. Gürültünün özellikle kalabalık cadde, sokaklarda ve yerleşim alanlarında insan sağlığına olumsuz etkileri vardır. Bu gürültüleri minimuma indirmek günümüz taşımacılığında aranan ideal durumdur. Taşımacılıkta kullanılan motorlu tahrik sistemleri ve aynı zamanda tekerlek sürtünmeleri çeşitli gürültüler doğurur. Bunlardan yanma ve patlamalı motorların çıkardığı gürültüyle raylı sistemlerde ray-tekerlek sürtünmesi sonucu oluşan gürültüler en önemlileridirler. Bu faktör;

$$N_s = \frac{\text{Taşıtın çıkardığı gürültü [dB]}}{\text{İnsan kulağını rahatsız eden gürültü [dB]}} \quad (5.11)$$

olarak tanımlanmıştır. Taşıtın çıkardığı gürültü insan kulağını rahatsız eden gürültü sınırı olan 70 dB'in ne kadar üzerinde ise, o kadar bu faktörü 1'den büyük yapacaktır. Dolayısıyla kullanılabilirlik faktörüne olumsuz etki edecektir.

g. Giderler ve Maliyet Faktörü

Bu faktör beş bölümden oluşmuştur. Beş değişkenli bir faktör olarak tanımlanabilir.

$$g = (K_i + I_w + P_i + C_m + e_r) / C_p \quad \frac{[TL]}{[TL]} \quad (5.12)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Burada, C_p : Bir yolcunun yıllık gidiş-dönüş yolculuk ücretidir. Taşıma sisteminin konstrüksiyon ve imalat gideri olarak K_i değişkeni sadece taşıyıcı taşıt kabin gideri olarak tanımlanmıştır. Örneğin, diesel otobüs taşıtıyla Banliyö veya ÜYET'teki kabunlerde bu gider farklıdır.

I_w Ekonomik Faktörün ikinci değişkeni ise I_w ile gösterilecek olan, sisteme özgü yol ve hattın kuruluş gideridir. Bir ulaşım sisteminde enerji faktöründen önce gelen bu değişken, her taşıma sistemi için taşıma hat veya yolu olarak, değişik yatırımlardan kaynaklanmaktadır.

Tramvay tipi taşıma sistemlerinde var olan altyapı yola sistem özel yolu kurulabilmesine karşılık, Metroda veya ÜYET'de tamamen taşıta özgü yollar yapılacaktır. Dolayısıyla yeraltı veya yerüstü seviyesindeki yol hattı, giderleri yükselmektedir. Metroda tünel, ÜYET'de üst yol ve kolon giderleri gibi, yatırım farklılıkları değişik giderler oluşturur. Bu değişken de TL olarak sistem yolunun 1 km'si için alınacaktır.

C_m Üçüncü değişken ile bakım ve amortisman giderleridir. C_m ile gösterilen bu giderler, sistemin taşıtları için söz konusu olduğu gibi, seyr hattı için de geçerlidir. Raylı sistem araçlarıyla raysız sistemdeki taşıtlarda da yine bu değişken farklı olur. Raylı sistemlerde, genelde elektrik ile çalışan tahrikler kullanıldığından mekanik kumanda azdır, ayrıca elektrikli statit kumanda ve elektronik kumanda gelişmiş olduğundan, yıpranma ve bakım daha az olacaktır. Benzer şekilde, taşıtın hareket ettiği düzlemler ve taşıt yollarının bakım ve amortisman giderleri de değişik olacaktır. Bu giderler de bir yıldaki bakım giderlerini TL olarak göstermektedirler.

P_1 : Faktörün dördüncü değişkeni ise sistem için gerekli olan bakım, işletme ve idari personel yıllık giderleridir. P_1 ile gösterilerek TL olarak alınmıştır. Bakım ve tamir için bütün sistemlerde personel ihtiyacı yaklaşık olmasına karşılık, otomatik işletme kumanda sistemlerinin kompüterle kontrolü şeklinde olabilen ÜYET gibi sistemlerde çok daha azdır.

e_r : Beşinci değişken enerji harcamalarıdır. Taşıma sisteminin en önemli etkenlerinden biridir. Bu enerji değişkeninin önemi Bölüm 3'de anlatılarak Şekil: 3.4'de karşılaştırılmıştır. Elektrik enerjisi ekonomik bir enerji kaynağı olduğundan ve taşınma, kontrol kumanda kolaylıklarından dolayı üstün bazı

niteliklere sahiptir. e_r ile gösterilen enerji değişkeni; bir yönde bir yolcunun taşınması için tüketilen enerjinin TL karşılığı olarak alınmıştır.

A_p : Hava Kirliliği Faktörü

Hava kirliliğine etki faktörü olarak, bir taşıma sisteminin birim km hareketinde havaya verdiği kirli gaz miktarı olarak tanımlanmıştır. Her taşıma sisteminde bu faktör değişik olacaktır. Kullanılacak enerji türüne göre A_p , hava kirliliği faktörü, değişik olur.

P_c : Kapasite Faktörü

Yolcu kapasitesi olarak 1 yönde 1 saatte taşınabilen yolcu sayısı olarak tanımlanmakta ve P_c ile gösterilmektedir. Yolcu kapasitesi yönünden, şayet taşıma araçları yeterli kapasiteye sahip değilse bile ve ihtiyacı karşılamıyorsa; sık sefer olanağı olan sistemler tercih edilir. Böylece taşıtların belli bir kapasiteleri olmalarına rağmen, saat başına bir yönde taşınarak yolcu sayısı artırılabilir.

CR Konfor Faktörü

Taşıma araçlarında yolcuların seyahat konforu yönünden ve uluslararası çevre trafiği bakımından tanımlanan bir faktördür. İnsan vücudu, yolculuk sırasında, araçta sarsıntılarla karşılaşır. Bu sarsıntılar insan sağlığını, işgücünü, yolculuk emniyetini etkiler.

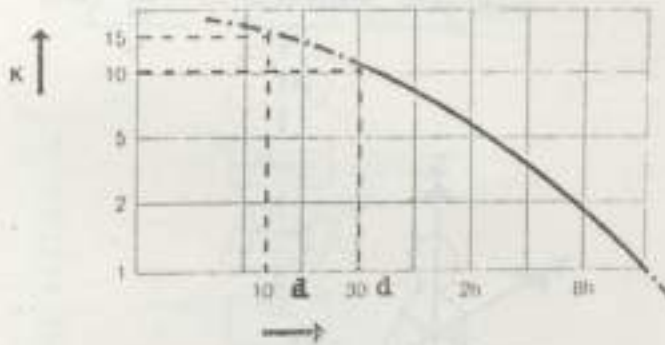
En önemlisi de, hıza, frekansa ve etki süresine bağlı olarak vucuda etki yönüdür. Bu titreşimler ve sarsıntılar trafik araçlarında, genelde;

ISO 2631 uluslararası normuna,
VDI 2057 (k faktörü) normuna ve
Alman Demiryolları Standardı normlarına
göre değerlendirilmektedirler.

Bunlardan ISO normu ile ilgili faktör; hıza, titreşimin frekansına 1-80 Hz, insan vücuduna sarsıntısının üç boyutlu olarak etkidiği süreye, işgücüne yansımaya, güvenceli yolculuk ve sağlık açısından etkisine göre, konfor veya rahatsızlık olarak belirlenir. Buna göre de karar verilerek değerlendirilir.

VDI 2057 normundaki değerlendirme ise K faktörü olarak alınır. ISO yerine bu değerlendirilebilir. ISO'daki gibi bu normlarda da K faktörü olarak rahatlık faktörü tanımlanır. Hız etkisi veya yorgunluk etkisi göz önüne alınır.

Alman demiryollarının standartları ve normlarında ise W_z ile gösterilir. Bu normda, daha çok uzun süreli seyahatlerde W_z büyük değerlere ulaşır. Kısa süreli seyahatlerde W_z küçüktür.



Şekil: 5.4. K rahatlık faktörünün zamanla değişimi

Konfor faktörü olarak CR faktörü tanımlanacaktır. Burada Şekil 5.5'de gösterilen etkinin insan vücuduna 10 dk. ile 30 dk. arasında yapıldığındaki büyüklüğü alınır. Şekil 5.4'de ise hız ve zamanla konforun değişimini göstermektedir. VDI 2057'ye göre $K \geq 10$ aralığından sonra alınır. $K=10$ iken konfor sabit tutulacak kabul edilir. Bu anda $CR = K$ olur.

Şekil 5.5'deki üç boyutlu K_x, K_y, K_z etki vektörlerinin insan vücuduna etkisi göz önüne alınırsa konfor faktörü şu şekilde tanımlanabilir.

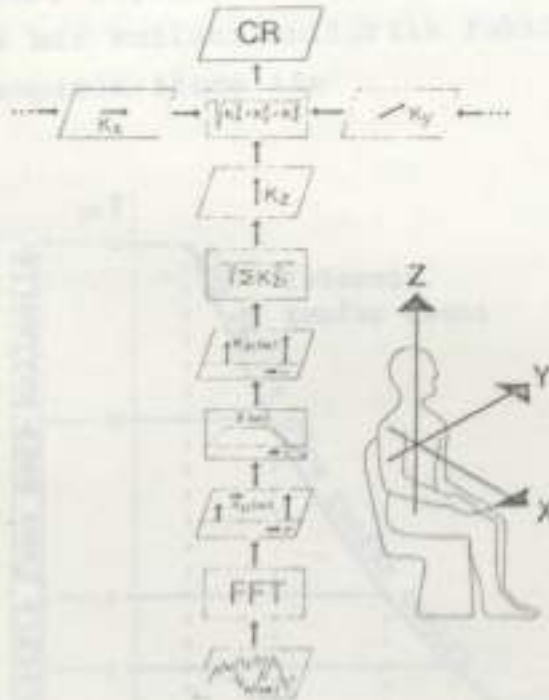
$$CR = |\bar{K}| = \sqrt{K_x^2 + K_y^2 + K_z^2} \quad (5.13)$$

Hesaplamalarda K_y ve K_z ihmal edilerek yalnız X yönünde etki göz önüne alınırsa $CR = K_x$ olur. Şekil 5.6'da ise seyahat konforunun değişimiyle beraber yeterlilik sınırları da belirtilerek gösterilmiştir.

Eğer $K_x = K_y = K_z = K$ olarak alınırsa

$$CR = \sqrt{3} \cdot K$$

olur.

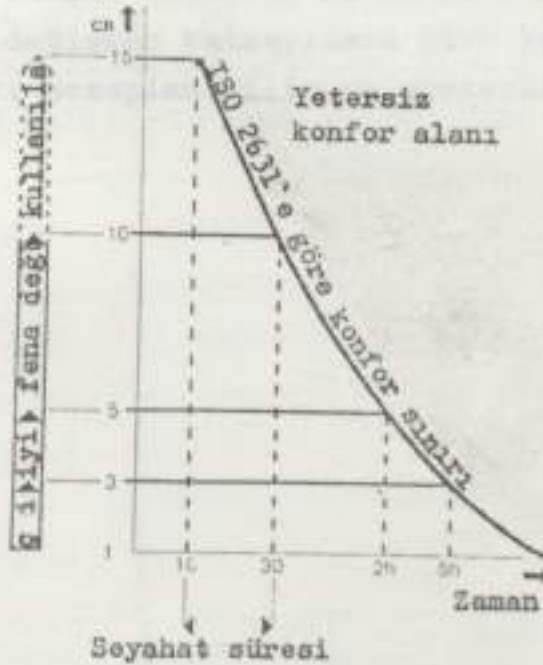


Şekil: 5.5. K etki vektörlerine göre CR konfor faktörünün değeri

Bu CR konfor faktörü Almanya'da çeşitli ulaşım araçlarında ve farklı yollarda tesbit edilmiştir ve Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Burada konfor faktörünün değeri;

- 1 - 3 arasında ise çok iyi
- 4 - 5 arasında ise iyi
- 6 - 10 arasında ise orta
- 11 - 15 arasında ise ortanın altında fakat kabul edilebilir bir faktör değeridir.

Üst yol raylı sistemde yolcuların oturma ve ayakta durma durumuna göre CR tesbit edilmiştir. CR'nin normlar içinde kalması için seyahat süresi maksimum 30 dakika aralarla olmalıdır. CR faktörü ne kadar küçük ise rahat, büyük ise konforsuz demek olduğundan bu faktör de kullanılabilirlik faktörüne ters orantılı olarak etki eder. Bütün bu faktörler göz önüne alınarak, taşıma ve ulaşım sistemlerinin karşılaştırılmasında yeni bir kullanılabilirlik faktörü (S_e) tanımlanabilir ve bir ampirik ifade ile



Şekil: 5.6. Seyahat süresiyle konfor faktörünün değişimi

$$S_e = \frac{t.P_c}{N_s.g.A_p.(T_f + CR)} \quad (5.14)$$

şeklinde verilebilir. Bu bağıntıdan da görüldüğü gibi, S_e faktörü, paydadaki değişkenlerin büyük olması durumunda azalacak fakat paydadaki t ve P_c değerleri ile doğru orantılı olarak artacaktır.

Bir taşıma sisteminin kullanılabilirliğini arttırmak için t ve P_c faktörlerini büyütmek veya N_s, g, A_p ve $(T_f + CR)$ 'yi küçültmek gerekmektedir.

5.5 S_e FAKTÖRÜ İÇİN SAYISAL BİR ÖRNEK VE SONUCU

Bir kentte kullanılacak ulaşım sistemi için denklem (5.14) ile tanımlanan S_e kullanılabilirlik katsayısı için sayısal bir örnek olarak; yapılan bazı istatistikler sonucunda elde edilen değişken katsayılar Tablo: 5.5'de gösterilmiştir. Bu değişken katsayılar göre çeşitli ulaşım sistemleri ayrı ayrı hesaplanabilir ve gösterilebilir.

Ulaşım Sistemi	N_s	g	A_p	t	P_c	$T_f + CR$	S_e
Yürüyüş	1	1	1	1	1	1	1
Bisiklet	1	1	1	1	1	1	1
Motorlu Bisiklet	1	1	1	1	1	1	1
Minibüs	1	1	1	1	1	1	1
Tramvay	1	1	1	1	1	1	1
Ötobüs	1	1	1	1	1	1	1
Demiryolu	1	1	1	1	1	1	1
Uçak	1	1	1	1	1	1	1
Deniz	1	1	1	1	1	1	1
Uzay	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 5.5. Çeşitli ulaşım sistemleri için S_e faktörü hesaplaması

SİSTEM	ŞEHİR	TANIM	CR
 Taksikabin 3 kişilik	HAGEN	Asılı kabin	14
 Taksikabin 12 kişilik	HAGEN	Asılı kabin	6
 Ust kabin	HAGEN	Sürünen kabin	3
 Asmakabin	SCHWALMSTADT	Asılı kabin	4
 Taksikabin 3 kişilik	HAGEN	Sürtünmeli kabin	13
 Metro	HAMBURG		5
 Tramvay	HAMBURG		5
 Metro	BERLIN		6
 Banliyö	BERLIN		10
 Aski yollu	WUPPERTAL	Askılı tek raylı	7
 Otobüs	HAMBURG		12
 Otobüs	BERLIN	Çift katlı	14
 Otomobil			6-10
 Banliyö			3
 Premetro			6

Şekil: 5.7. Çeşitli taşıtlarda konfor faktörü değerleri

	t	P _c	N _s	g	A _p Hava	T _f	CR
	Zaman faktörü	Kapasite faktörü	Gürültü faktörü	Giderler faktörü	Kirli. faktörü	Trafik faktörü	Konfor faktörü
Otobüs (iki katlı)	10	12.000	1,114	67.000	138	105	12 - 14
Otomobil	10	5.200	1.172	150.000	140	10	6 - 10
Metro	15	60.000	0,94	85.000	4	105	5 - 6
Hafif raylı sistem.taşıma	17	14.000	0,95	69.000	7	105	3 - 10
ÜYET	147	19.000	0,928	66.500	3	120	6
Premetro	18	60.000	1,10	70.000	4	100	

Tablo: 5.5. Çeşitli sistemlere göre kullanma faktör değişkenleri

Tablo 5.5'deki değişkenlere göre kullanılabilirlik faktörü S_{ee} , denklem (5.14)den hesaplanırsa, aşağıdaki değerler ortaya çıkar.

$$\text{Otobüs} \quad S_e = \frac{10.120000.105}{1,114.67000(138+13)} = 1,118$$

$$\text{Otomobil} \quad S_e = \frac{10.5200 . 10}{1,172.150000(140+8)} = 0,020$$

$$\text{Metro} \quad S_e = \frac{15.60000 . 105}{0,94.85000 (4+6)} = 118,272$$

$$\text{Hafif raylı taşıma sist.} \quad S_e = \frac{17.14000.105}{0,95.69000(7+7)} = 27,23$$

$$\text{ÜYET} \quad S_e = \frac{147.19000.120}{0,928.66500(3+4)} = 779,220$$

$$\text{Premetro} \quad S_e = \frac{18.60000.100}{1,10.70000(4+6)} = 140,260$$

S_6 faktörünün bulunan bu yaklaşık değerlerinden de görüldüğü gibi toplu taşıma sistemlerinde; zaman, teknik, konforlu seyahat, ekonomiklik göz önüne alınarak yapılan değerlendirilmede, ÜYET büyük avantajlarından dolayı, şehirleşmiş bir kentte en iyi çözüm olarak görünür. Kullanılabilirlik katsayısı ÜYET için 779,220 olarak ilk sırayı alır. Bundan sonra 118,272 ile metro gelmektedir. Çünkü premetro daha çok şehir dışı bağlantı sistemlerinde toplu taşımacılıkta uygulanmaktadır. ÜYET'in en önemli avantajları olan, ömür ve montaj süresi yani zaman faktörüyle kuruluş ve işletme giderleri olan maliyet faktörü, burada da yine ÜYET kullanılabilirlik faktörüne önemli etki etmektedir. Bunların dışında ampirik ifade olan denklem (5.14) den görüldüğü gibi yolcu kapasitesi etki eder. Bir yönde bir saat içinde taşınabilecek yolcu da önemli değişken bir faktör olarak ortaya çıkar.

Burada kuruluş ve montaj süresi kentleşmiş yerleşim birimleri için önemli olmaktadır. Bu nedenle bu kentlerde trafik çok kalabalık olduğundan uzun süre trafik akışını engellemeyecek ulaşım sistemi seçilir. Dolayısıyla zaman faktörü önemli bir değişken olup ampirik ifade olan S_6 kullanılabilirlik faktöründe çarpan olarak etki ettirilmiştir. Giderler faktörü bir sistemde en önemli faktör olduğundan S_6 faktörüyle ters orantılı olarak etki ettirilmiştir. Giderleri fazla olan sistemlerde bu ters orantıdan dolayı kullanılabilirlik faktörü azalacaktır. Burada dikkat çeken bir nokta otomobilin giderler faktörünün çok büyük çıkmasıdır. Konstrüksiyon ve personel gideri az olmasına rağmen bu tür taşımacılıkta enerji faktörü diğer sistemlerden 3 katın üstünde bir fazlalıktan dolayı giderler faktörünü yükseltmiştir. ÜYET giderler faktörü ile de en iyi sonuca sahip taşıma sistemidir. Buna etki eden faktörler 3. bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Hava kirliliği faktörü de yine otomobil ve otobüste çok büyük değerlere ulaşmıştır. Nedenlerinin başında ise petrole dayalı yakıt harcamalarıdır. Diğer sistemler elektrikli toplu taşıma sistemleri olduklarından hava kirliliği faktörü olarak alınan değerler ihmal edilebilecek kadar küçük değerdedir.

Trafikteki yolcu taşıma alanıyla ilgili trafik faktörü ve bu alanda yolcunun taşınmasındaki konforluluk da yine birer faktör olarak etki ederler. Yolcu taşıma alanıyla ilgili faktör otomobilde en düşüktür. Çünkü otomobilde en önemli olan ayakta yolcu söz konusu olmamaktadır. S_e faktörüne çarpan olarak etki eden bu faktörün küçüklüğü dezavantaj olur. Çünkü trafik hacmini büyütmemek için kent içinde en küçük olanda en fazla yolcunun atışınabilmesi ideal durumdur. Diğer toplu taşıma sistemlerinde bu faktör yaklaşık aynı olmaktadır.

Konfor faktörü küçüldükçe seyahat konforu arttığından bu faktör payda da ters orantıyla etki etmektedir. Fakat bu faktör giderler ve yolcu kapasitesi faktörlerine göre ikinci derecede olduğundan hava kirliliği faktörüyle toplanarak bir terim oluşturulmuştur.

Sonuç olarak şehirleşmiş bir yerleşim biriminde şehiriçi taşımacılıkta bu faktörler açısından yaklaşım yapıldığında ÜYET üst yollu yakın mesafe elektrikli toplu taşıma sistemi ve ikinci derecede metro sisteminin taşıma problemlerini çözmede ideal olduğu ortaya çıkar. Daha sonraki aşamada ise hafif raylı taşıma sistemleri iyi çözüm olur. Otobüsle toplu taşımacılık en son düşünülecek bir sistem olmalıdır. Zamanla hava kirliliği, trafik yoğunluğu ve enerji türü gibi değişkenlerin zorlamasıyla otobüsle taşımacılık olanaksız hale gelebilir. Otomobille taşımacılık çok dezavantajlı olduğu gibi, otobüs sisteminin dezavantajları bunun içinde geçerlidir. Kısa sürede çözüm gereken, trafik yoğunluğu fazla olan kentlerde bu tür taşımacılığı kaldırmak akılcı bir çözüm olacaktır (20).

SONUÇ

UYET Ust Yollu Yakın Mesafe Elektrikli Toplu Taşıma sistemi olarak adlandırılan bu sistemin 3. bölümdeki karşılaştırmalardan görüldüğü gibi, birçok yönlerden üstün olan nitelikleri vardır. Bunların en önemlilerinden biri kentleşmiş bir yerleşim biriminde pratik bir trafik çözümü sağlamasıdır. 2. bölümde tanıtılan UYET sisteminde, üretimden kuruluş ve montaj aşamasına kadar, çok seri bir prefabrikasyonla yapılan dizayn süresi, nedeniyle yapım süresi kısa ve diğer sistemlere göre ihmal edilecek kadar azdır. Kuruluş ve montaj süresinin bu kısalığından dolayı kalabalık ve yoğun bir trafiği kısa sürede rahatlatacak ve alternatif bir taşıma sistemi kazandıracaktır. Destekleme kolon ve temelleri için ve bu kolonların üzerine hat girişlerinin yerleştirilmesi Türkiye'de mahalli idarelerin veya PTT'nin bir caddede yeni bir hat için açtığı inşaat süresi kadar ve belki de daha kısa olacaktır. Üstelik bu çalışmalar süresinde trafik pek aksamayacaktır.

Türkiye'de elektrikli toplu taşıma sistemlerinin kurulmaları ekonomik açıdan ilk aşamada bir yük olarak gözüktüklerinden, kısa vadede bu sistem önem kazanmaktadır. Kuruluş ve inşaat gideriyle enerji harcaması yönünden kısa vadede ekonomiye yük olmayacak yani büyük yatırım masrafı gerektirmeyecek olan bu ulaşım sistemi ideal olacaktır. Örneğin, metro uzun vadede trafik problemlerinin çözümünde kolaylıklar sağlamasına karşılık, kısa vadede büyük yatırım giderleri gerektirmektedir. Bölüm 3'de ekonomiklik yönünden yatırım giderlerinin karşılaştırılmasından da görüldüğü gibi UYET kısa vadede metroya göre çok daha az bir yük getirecektir. Hafif raylı taşımacılık da kısa vadede ekonomik olarak büyük yük getireceğinden, kısa süre içinde ekonomik zorluk göstermeden, Türkiye'deki yoğun

trafiğe sahip İstanbul, Ankara, İzmir gibi kentlerde trafik problemini ÜYET çözebilecektir.

Sistem ömrü ve teknik olarak modern bir sistem olması açısından da ÜYET modern bir işletmeye sahiptir. İşletme sırasında sık aralıklarla sefer olanağı ve bir hatta birden fazla taşıtın bulunabilmesi, diğer sistemlere göre daha düzenli ve otomatik olarak sürücüsüz işletilebilmesi nitelikleriyle konforlu bir seyahat yapılacak modern bir taşıma sistemidir.

Trafik stresini azaltacak, farklı trafik seviyelerinde seyahat ve normal oda gürültüsü dolayında bir işletme gürültüsüyle, rahat seyahat taşıtlarıdır. Trafikte bekleme ve düzensiz sefer olmadığından trafik stresini azaltarak rahat seyahat sağlar. Bununla beraber seyahat sırasında yüksek seviyeden şehir manzarasını seyretmek seyahatı unutturan bir özellik olur. Teknik ve modernlik yönünden de yine tercih edilecek bir taşıma sistemidir (3, 25).

Bu çalışmada ÜYET sisteminin Türkiye'deki uygulamasına örnek olarak iki model yol alınmıştır. Bölüm 5.1'de İzmit, Bölüm 5.2'de İstanbul için alınan araştırma model yolları incelenmiştir. Görüldüğü gibi; kent trafiği ve kullanılan sistemler göz önüne alınarak ÜYET ile karşılaştırmalarda, ÜYET'in bugünkü sistemlerden daha iyi bir çözüm getirdiği ortaya çıkmaktadır.

Elektrikli ulaşım bilim dalında, ilk defa bu çalışmada, yeni bağıntılar yapılan uzun çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Bölüm 5.3.'de Raylı sistem taşımacılığının Türkiye ve diğer bazı ülkelerde hangi enerjiyle beslenip işletilmesi gerektiğini gösteren bir bağıntı geliştirilmiştir. Denklem (5.8)'den görüldüğü gibi; geliştirilen N_{ee} ifadesi; bir ülkedeki raylı sistemlerin işletilme enerjisinin çeşidini belirlemektedir. N_{ee} faktöründeki enerji ve ekonomik değişkenleri, bu bağıntının önemli faktörleridir.

Bölüm 5.4'de ise, bir ülkede hangi tür taşımacılığın daha avantajlı olacağını gösteren ve ilk defa ortaya çıkarılan bir denklem geliştirilmiştir. Birçok değişkenin etki ettiği bu bağıntı, toplu taşımacılık alanında, bir sistem hakkında değerlendirme olanağı sağlamaktadır. Geliştirilen bu bağıntıyla, elektrikli taşıma sistemleri, kolaylıkla karşılaştırılabilmektedir. Bölüm 5.5'deki sayısal örnekten görüldüğü gibi, bu değerlendirmede, kısa sürede iyi bir çözüm getiren UYET ve metro gibi sistemlerin diğerlerinden farkı bilimsel olarak açıkça ortaya çıkmaktadır. Geliştirilen bu bağıntılarla ulaşım alanında taşıma sistemleri daha etkili değerlendirilebilecektir.

Ayrıca; UYET taşıma sisteminin Türkiye'de uygulanması durumunda; kurucu firma, sistem donanımının büyük bir bölümünü hatta % 90'ını yerli üretimle üretilebilecektir. Sadece tahrik ve kontrol ünitelerinin bir bölümü dışarıdan yabancı sermaye veya ithal yoluyla sağlanacağından dışa ve yabancı yatırıma bağımlı olmayacaktır. Montajın ise %100'lük bölümü yerli olarak gerçekleştirilebilecektir.

Bütün bu sonuçlardan görüldüğü ki; UYET pratik olarak trafik problemini kısa sürede çözebilen, ekonomik olarak kısa vadede büyük yükler getirmeyen, diğer sistemlere göre daha modern, teknik üstünlüğe sahip olan ve yerli üretimle büyük bir bölümü gerçekleştirilebilen bir sistem olarak Türkiye'de uygulanabilecektir.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

1. MARTEN, Fritz und MÜLLER, Siegfried "Die H-Bahn als Automatisches Nahverkehrs-System für den Linienverkehr" Sammelsonderdruck aus "Verkehr und Technik" 1977 Heft 1, Heft 2, Heft 3.
2. MARTEN, Fritz und MÜLLER, Siegfried "Ausgangspunkt und Zielsetzungen der H-Bahn-Entwicklung" Sammelsonderdruck aus "Siemens-Zeitschrift" 1978.
3. "The H-Bahn a New Rapid Transit System" H-Bahn, Siemens-DÜMAG, 1980.
4. BREHM, Werner, Siemens AG, E41 "H-Bahn als neuartiges Nahverkehr system für stadzentren Und Mittel Städte" 1978. Forschungsvorhaben, TV 7518A Technischer Bericht Entwicklung E-Ausrüstung Fahrzeuge Siemens Aktiengesellschaft-DÜWAG Waggonfabrik Uerdingen A.G. Earlengen IM Dezember, 1978.
5. BEHL-BHARAT Heavy Electricals Limited "H-Bahn Suspended Coach Transportation System for Indian Towns" Feasibility Study for New Delhi Urban Area, R + D-Test Line And Pilot Project From Tilak Bridge to Central secretariat, Projektgruppe H-Bahn-Siemens Aktiengesellschaft Bereich Energietechnik-Bahnen Düwag-Waggonfabrik Uerdingen A.G Decem.1978.

6. "H-BAHN Overhead Cabin System With Articulated Vehicles for scheduled Route Operation" Siemens A.G. DÜWAG, 1978.
7. ROBINS, M.P. M.Sc. "Free-ranging automatic guided-Vehicle system" GEC Review Vol.2, No.2, 1986, p.129-132.
8. KEMP, R.J. B.Sc, C. Eng. "Introduction of Chopper-Cont-rolled trains an established dc railways" GEC Review, Vol. 2. No.2, 1986, p.89-96
9. URAL, A. "ÜYET için D.A. Motor Hesapları", "Ders Notları" 1978.
10. URAL, A. "Modern Ulaşım Sistemleri", Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Ders Notları, 1983-84.
11. URAL, A. "İleri Tahrik Sistemleri" Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Ders Notları, 1985-1986.
12. BODUROĞLU, T. "Elektrik Makinaları Dersleri", İstanbul Teknik Üniversitesi 1981, Sayı: 1199.
13. URAL, A. "H-Bahn (ÜYET) için Lineer Asenkron Motor Hesap-ları", Ders Notları, 1987.
14. "Trafik Çizelgeleri ve Otobüs İşletme Kayıtları" İzmit Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü İşletmesi, 1987.
15. "Trafik Güzergahları Haritası" Kocaeli (İzmit) Vilayet Trafik Komisyonu Müdürlüğü, 1987.
16. URAL, A., "Eine Unterscuchung Über die Verkehrsprobleme in Istanbul-Die H-Bahn als mögliche Lösung des Problems" Elektrische Bahnen 78 (1980) H.9, P.239-243.
17. URAL, A. "Elektrifizierung der Eisenbahnen-eine energiewirt-schaftliche Notwendigkeit?" Elektrische Bahnen 44 (1973) H. 3, DK 621.331.003 P.65.

18. HILMER, A., und UYANIK, A. "H-Bahn-Entwicklung der Fahrbahnelemente" Verkehr und Technik Heft 10.1976 Seite 367 bis 373.
19. WASCHIN, H., "Grundlagen for die planung Von H-Bahn-Netzen" Verkehr - Technik 31. Jahrgang. Heft 10 und 11 1978 Seiten 390 bis 395 und 436 bis 438.
20. URAL, A., "Kent İçi Ulaşımı İçin Üst Yol.lu Elektrikli Taşıt Sistemi", İ.T.Ü. D. Cilt 36, Yıl 36, Sayı 4, 1973. Sayfa 35-36.
21. BIRNFELD, B. "Operation Control For the H-Bahn Rapid Transit System" Betriebsleittechnik Des Nahverkehrssystems H-Bahn", Siemens, Beeich Verkehr und Oeff Auftraggeber, Erlangen, Ger Siemens-Zeitschrift V 52 ng Sep . 1973, P. 513-516.
22. MARTEN, FRITZ, "Challenge of Short-Distance Transportation Systems. Ausbau Oeffenilicher Nahverkehrsmittel Als Zukunftsaufgabe" Siemens-Zeitshrift V 50 n7 Jul 1976, p. 463-469.
23. MULLER, SIEGFRID "H-Bahn System: A Fully Automatic Rapid Transit System With Its Own Segregeted Right-of-Way" Journal of Advanced Transportation V 19 n1 Spring 1987, p.55-63.
24. KUELLER, H., MILLEMEYER, H., "Drive Control For Suspended Railways With Linear Induction Motors" Vector (Kloof s Afr) Feb. 1985, p.13-15.
25. TOPP, HARMUT, H., "Developments in Public Transit in The Federal Republic of Germany" Univ. Kaiserlauten, Dep of Architecture, Regional and Environmental Transportation Quarterly V 39 n3 Jul 1985, p 407-427.

26. ETHEVENAUX, A., WAECHTER, M. "Traffic Control Level of The H-Bahn Rapid Transit System" Siemens Power Engineering V 1 n7 Jul 1979, p.213-216.
27. BRINFELD, BERNHARD, "Operations Control For The H-Bahn Rapid Transit System" Siemens Power Engineering V1 n2 Feb 1979, p.43-47.
28. BREHM, W., BUCH BERGER, H. "Drive Concept of H-Bahn Vehicles" Siemens Power Engineering V1 n2 Feb 1979, p.39-43.
29. MUELLER, S., "Engineering, Operation and State of Development of Th H-Bahn System" Siemens Review V45 n 12 Dec.1978 P. 523-527.
30. "Bringing Urban Transit Into the Future" H-Bahn System Siemens-DUEWAG 1978.
31. MÜLLER, S., "The H-Bahn, a Tracked Transport System for the Short-Haul. Traffic of the Future" Railway Technical Review No. 24. 1982/83 pp.51-55.
32. "H-Bahn Suspended Cabin System for Dortmund University" Siemens-Duewag 1984/11 Siemens Aktiengesellschaft.
33. MÜLLER, S. "Student Suspended in H-Bahn Demonstration" Railway Gazette International April 1983, Pages 2630-2640.
34. BECKER, R., WETTER (Ruhr) "Zur Bewertung des Fahrkönforts in Fahrzeugen Und Vorschlag einer internationalen Kenngrösse für den Nahverkehr" Verkehr un Technik 1978, Heft 8, p. 325-328.

35. ABUT, N., "Toplu Taşıma Araçlarında Enerji Ekonomisi"
T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Tasarrufu
Koordinasyon Kurulu Başkanlığı 6. Enerji ve Enerji
Tasarrufu Semineri 13 Ocak 1988, İstanbul.
36. TUNÇAY, R.N. "Lineer Asenkron Makinaların Tasarımı ve
Analizi" Doçentlik Tezi, İTÜ Mart 1982.
37. "Türkiye'deki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller-Dams
and Hydroelectric Power Plants in Turkey" 1987, T.C.
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel
Müdürlüğü Barajlar ve Hidroelektrik Santraller Dairesi
Başkanlığı yayını.

UZGEÇMİŞ

1963 yılında Van'da doğdu. Van Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümünü bitirerek orta öğrenimini tamamladı. 1979 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 1983 yılında Elektrik Mühendisi olarak diploma aldı. Aynı yıl Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisansına başladı. 1985 yılında Elektrik Yüksek Mühendisi diploması aldı. Ocak 1985'de Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümüne Araştırma görevlisi oldu. 1985 yılında Yıldız Üniversitesinde Elektrik Mühendisliği dalında Doktora yapmaya başladı. Güç Elektronikli Devrelerle Kumanda Edilen Statik Kompanzasyon konusunda çalışmalar yaptı ve bu konuda Yüksek Lisans Tezi hazırladı. Modern ulaşım ve elektrikli taşımacılık konularında çalışmakta olan Abut, Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesinde Araştırma görevlisidir.

