

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METRO DEPO SAHASI TASARIM ÖLÇÜTLERİ VE TASARIMI
ETKİLEYEN ETKENLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdeniz ŞAHİN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METRO DEPO SAHASI TASARIM ÖLÇÜTLERİ VE TASARIMI
ETKİLEYEN ETKENLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Erdeniz ŞAHİN
501111409**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111409 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Erdeniz ŞAHİN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**Metro Depo Sahası Tasarım Ölçütleri ve Tasarımı Etkileyen Etkenlerin İncelenmesi**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Pelin ALPKÖKİN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

İlk olarak M.Ö. 2600 yıllarında, Mısır'da piramitlerin yapı sırasında taşların ocaklardan taşınması için bronz rayların kullanımı ile raylı sistemlerin kullanılmaya başlandığına inanılmaktadır. 17. ve 18. yüzyıllarda taş ve maden ocaklarında kullanılmaya başlanan raylı sistemler, o zamandan günümüze büyük değişimler yaşamıştır. 19. yüzyıla gelindiğinde, buharlı lokomotifler ortaya çıkmış, şehir içinde raylı sistemlerle ulaşım sağlanmaya başlanmış, teknolojiye yaşanan hızlı gelişimler sonucundan metro sistemi doğmuştur. Ülkemizde ilk demiryolu hattı 1860 yılında İzmir-Aydın illeri arasında yapılmıştır. Ardından Berlin-Bağdat demiryolu hattı ve bu hatta bağlanan diğer ufak hatlar kapsamında büyük bir demiryolu ağı döşenmiştir. Cumhuriyet dönemi ile birlikte, demiryolu yatırımları hız kazanmış ve bugüne kadar olan demiryolu yatırımlarının büyük bir kısmı Cumhuriyet döneminin ilk yıllarında yapılmıştır. Dünyada da teknolojinin gelişimiyle birlikte demiryolu sistemleri gün geçtikçe yaygınlaşmaya başlamış, bir çok farklı kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Buna paralel olarak şehir içi yolcu taşımacılığı ve metro sistemleri geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, metro depo sahası tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken tasarım ölçütleri ve tasarımı etkileyen etkenler incelenmiştir. Elde edilen veriler ve bilgiler ışığında, Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattının depo sahası tasarımı incelenmiş ve yeni bir tasarım yapılmıştır.

Çalışmam için destek ve yardımlarını eksik etmeyen, her konuda bilgisi ve özverisi ile bana destek olan hocam Sayın Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK'e minnet ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, okulumu ve mesleğimi sevmeme yardımcı olan bütün hocalarıma teşekkür ederim. Hazırladığım bu çalışma boyunca beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen Büşra GÜNEŞ'e ve Alper ÇETİN'e sonsuz teşekkür ve minnet borçluyum. Yapmış olduğum bu çalışmaya verdikleri katkılardan dolayı Yıldıray YILDIZHAN'a, Murat ÖZMEN'e, Saniye ÖKTEM'e ve Ayça SEZGİÇ'e çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca ve bu çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen, her zaman arkamda duran ve sürekli olarak beni cesaretlendiren değerli kız kardeşim Damla ŞAHİN'e, annem Nurşen ŞAHİN'e ve babam Galip ŞAHİN'e sonsuz teşekkür ve minnet borçluyum. Onlar olmasaydı bugünlere gelemezdim.

Mayıs 2015

Erdeniz ŞAHİN
(İnşaat ve Geomatik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. İSTANBUL'DAKİ METRO HATLARI.....	3
2.1 M2 Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı.....	3
2.2 M3 Başakşehir-Olimpiyatköy Metro Hattı	6
2.3 M4 Kadıköy-Kartal Metro Hattı	9
2.4 M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi Metro Hattı	12
3. METRO DEPO SAHASI TASARIMINI ETKİLEYEN ETKENLER.....	15
3.1 Konum ve Yer Seçimi	20
3.2 İşletme	22
3.3 Atölye Binası ve Bakım Hizmetleri	23
3.4 Araç Park Hatları.....	27
3.5 Metro Araç Özellikleri	28
3.6 Karayolu Bağlantısı.....	29
3.7 Şehir ve Çevre Etkileşimi.....	30
3.8 Metro Depo Sahası Bağlantı Yolu	33
3.9 Güvenlik.....	34
3.10 Elektromekanik Sistemler	34
3.11 Altyapı	35
3.12 Üstyapı	36
3.13 Hat Geometrisi	37
3.13.1 Yatay geometri.....	37
3.13.2 Düşey geometri	37
3.13.3 Makas geometrisi	38
4. METRO DEPO SAHASI TASARIM ÖLÇÜTLERİ.....	39
4.1 Metro Hattı Tasarım Ölçütleri.....	39
4.2 Atölye Yapıları Tasarım Ölçütleri.....	41
4.3 Çevresel Gürültü ve Çevresel Titreşim Ölçütleri	42
5. İSTANBUL ÜSKÜDAR-ÜMRANIYE-ÇEKMEKÖY METRO HATTI DEPO SAHASI TASARIMININ İNCELENMESİ.....	45
5.1 M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metro Hattı	45
5.2 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metro Hattı Depo Sahası	51
5.3 İhale Dokümanındaki Uygulamaya Esas Kesin Proje Tasarımı	52
5.4 Yeni Metro Depo Sahası Ön Proje Tasarımı.....	60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81

KAYNAKLAR.....	83
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	143
.....	143

KISALTMALAR

ATC	: Automatic Train Control (Otomatik Tren Kontrol)
ATO	: Automatic Train Operation (Otomatik Tren İşletimi)
ATP	: Automatic Train Protection (Otomatik Tren Koruma)
ATS	: Automatic Train Supervision (Otomatik Tren Denetimi)
CCTV	: Closed-Circuit Television (Kapalı Devre Televizyon)
DLH	: Demiryolları Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü
EN	: European Norm (Avrupa Standardı)
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
MCS	: Manual Cab Signal (Kabin Sinyalli Elle Kumanda)
MMS	: Maintenance Management System (Bakım Yönetim Sistemi)
NATM	: New Austrian Tunneling Method (Avusturya Yeni Tünel Açma Yöntemi)
PAKS	: Peron Ayırıcı Kapı Sistemi
RAMS	: Reliability, Availability, Maintainability, Safety (Güvenilirlik, Elde edilebilirlik, Bakım yapılabilirlik, Güvenlik)
RM	: Restricted Manual (Kısıtlı Elle Kumanda)
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition (Sistem Kontrol ve Veri Toplama Sistemi)
TBM	: Tunnel Boring Machine (Tünel Açma Makinesi)
TS	: Türk Standardı
TÜRSİD	: Tüm Raylı Sistem İşletmecileri Derneği
UTO	: Unmanned Train Operation (İnsansız Tren İşletmesi)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı özellikleri.....	3
Çizelge 2.2 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı tasarım ölçütleri.....	5
Çizelge 2.3 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattının depo sahası özellikleri	5
Çizelge 2.4 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattı özellikleri.....	6
Çizelge 2.5 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattı tasarım ölçütleri.....	8
Çizelge 2.6 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattının depo sahası özellikleri	9
Çizelge 2.7 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattı özellikleri.....	9
Çizelge 2.8 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattı tasarım ölçütleri.....	11
Çizelge 2.9 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattının depo sahası özellikleri	12
Çizelge 2.10 : M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi metro hattı özellikleri ..	13
Çizelge 4.1 : Metro hattı tasarım ölçütleri	40
Çizelge 4.2 : Metro depo sahası hatlarının tasarım ölçütleri	41
Çizelge 4.3 : Atölye yapıları tasarım ölçütleri	42
Çizelge 4.4 : Raylı sistemler için çevresel gürültü sınır değerleri	43
Çizelge 4.5 : Binalarda titreşim sınır değerleri	43
Çizelge 5.1 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı tasarım ölçütleri	47
Çizelge 5.2 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı özellikleri	50
Çizelge 5.3 : İhale dokümanındaki kapalı atölyelerin mahal ve alanları.....	53
Çizelge 5.4 : İhale dokümanındaki diğer kapalı mekanların mahal ve alanları.....	54
Çizelge 5.5 : İhale dokümanındaki yedek malzeme ambarının mahal ve alanları	54
Çizelge 5.6 : İhale dokümanındaki diğer tesislerin mahal ve alanları	54
Çizelge 5.7 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro araçları ana karakteristikler	56
Çizelge 5.8 : İhale dokümanındaki depo sahası tasarım ölçütleri	58
Çizelge 5.9 : İdari bina 2. bodrum kat mahal ve alanları.....	61
Çizelge 5.10 : İdari bina 1. bodrum kat mahal ve alanları.....	61
Çizelge 5.11 : İdari bina zemin kat mahal ve alanları	62
Çizelge 5.12 : İdari bina 1. kat mahal ve alanları	62
Çizelge 5.13 : İdari bina 2. kat mahal ve alanları	63
Çizelge 5.14 : İdari bina 3. kat mahal ve alanları	63
Çizelge 5.15 : İdari bina 4. kat mahal ve alanları	64
Çizelge 5.16 : Atölye binası zemin kat mahal ve alanları	65
Çizelge 5.17 : Atölye binası 1. kat mahal ve alanları	66
Çizelge 5.18 : Malzeme deposu zemin kat mahal ve alanları.....	67
Çizelge 5.19 : Malzeme deposu ara kat mahal ve alanları	68
Çizelge 5.20 : Tesisler atölyeleri zemin kat mahal ve alanları	68
Çizelge 5.21 : Tesisler atölyeleri ara kat mahal ve alanları	68
Çizelge 5.23 : Yemekhane mahal ve alanları	68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı istasyon şeması	4
Şekil 2.2 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattı istasyon şeması	7
Şekil 2.3 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattı istasyon şeması	10
Şekil 2.4 : M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi metro hattı istasyon şeması	13
Şekil 3.1 : Kopenhag metrosu depo sahası I-Binası planı	27
Şekil 3.2 : Dubai metrosu depo sahası yerleşim planı	31
Şekil 5.1 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı anahtar planı	47
Şekil 5.2 : Kumanda merkezi yerleşim planı	49
Şekil 5.3 : Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahasının uygulamaya esas kesin proje vaziyet planı	59
Şekil 5.4 : Metro araçları ön kesit görünüşü	71
Şekil 5.5 : MC araçlarının yandan ve üstten görünüşü	72
Şekil 5.6 : M ve T araçlarının yandan ve üstten görünüşü	73
Şekil 5.7 : Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahası vaziyet planı	78
Şekil 5.8 : Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahasındaki Dudullu- Bostancı metrosu park hatları vaziyet planı	79
Şekil A.1 : A03 hattı planı	90
Şekil A.2 : A03 hattı profili	91
Şekil A.3 : D01 hattı 0+000-0+500 kilometreleri arası planı	92
Şekil A.4 : D01 hattı 0+000-0+500 kilometreleri arası profili	93
Şekil A.5 : D01 hattı 0+500-1+000 kilometreleri arası planı	94
Şekil A.6 : D01 hattı 0+500-1+000 kilometreleri arası profili	95
Şekil A.7 : D01 hattı 1+000-1+500 kilometreleri arası planı	96
Şekil A.8 : D01 hattı 1+000-1+500 kilometreleri arası profili	97
Şekil A.9 : D01 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası planı	98
Şekil A.10 : D01 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası profili	99
Şekil A.11 : D01 hattı 0+000-0+500 kilometreleri arası planı	100
Şekil A.12 : D01 hattı 0+000-0+500 kilometreleri arası profili	101
Şekil A.13 : D01 hattı 0+500-1+000 kilometreleri arası planı	102
Şekil A.14 : D01 hattı 0+500-1+000 kilometreleri arası profili	103
Şekil A.15 : D01 hattı 1+000-1+500 kilometreleri arası planı	104
Şekil A.16 : D01 hattı 1+000-1+500 kilometreleri arası profili	105
Şekil A.17 : D01 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası planı	106
Şekil A.18 : D01 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası profili	107
Şekil A.19 : D09 hattı planı	108
Şekil A.20 : D09 hattı profili	109
Şekil A.21 : D15 hattı planı	110
Şekil A.22 : D15 hattı profili	111
Şekil A.23 : D23 hattı planı	112
Şekil A.24 : D23 hattı profili	113
Şekil A.25 : D37 hattı planı	114

Şekil A.26 : D37 hattı profili	115
Şekil A.27 : D45 hattı planı	116
Şekil A.28 : D45 hattı profili	117
Şekil A.29 : D49 hattı planı	118
Şekil A.30 : D49 hattı profili	119
Şekil A.31 : D61 hattı planı	120
Şekil A.32 : D61 hattı profili	121
Şekil A.33 : D73 hattı planı	122
Şekil A.34 : D73 hattı profili	123
Şekil B.1 : Demiryolu ve karayolu tip kesitleri	125
Şekil B.2 : Depo sahası 1-1 kesiti	125
Şekil B.3 : Depo sahası 2-2 kesiti	126
Şekil B.4 : Depo sahası 3-3 kesiti	127
Şekil B.5 : Depo sahası 4-4 kesiti	128
Şekil B.6 : Depo sahası 5-5 kesiti	129
Şekil B.7 : Depo sahası 6-6 kesiti	130
Şekil B.8 : Depo sahası 7-7 kesiti	131
Şekil B.9 : Depo sahası 8-8 kesiti	132
Şekil B.10 : Depo sahası 9-9 kesiti	133
Şekil C.1 : Depo sahası binaları vaziyet planı	135
Şekil C.2 : Atölye binası zemin kat planı	136
Şekil C.3 : Atölye binası 1. kat planı.	137
Şekil C.4 : İdari bina 2. bodrum kat, malzeme deposu ve tesisler atölyeleri zemin kat planları	138
Şekil C.5 : İdari bina 1. bodrum kat, malzeme deposu ve tesisler atölyeleri ara kat planları	139
Şekil C.6 : İdari bina zemin kat ve yemekhane kat planları	140
Şekil C.7 : İdari bina 1. kat ve 2. kat planları	141
Şekil C.8 : İdari bina 3. kat ve 4. kat planları.	142

METRO DEPO SAHASI TASARIM ÖLÇÜTLERİ VE TASARIMI ETKİLEYEN ETKENLERİN İNCELENMESİ

ÖZET

Metro depo sahasında; araçların park edilmesi, işletilmesi, temizliği, bakım ve onarımı, tamir ve yenilenmesi, günlük bakımı, malzemelerin sağlanması gibi gereksinimleri karşılayacak tesisler bulunmaktadır. Bu tesislerin tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken birçok etken ve tasarım ölçütü vardır.

Bu tez çalışmasında öncelikli olarak İstanbul'daki metro hatlarından ve bu metro hatlarının depo sahalarından söz edilmiştir. Ardından metro depo sahasının tanımı ve bileşenleri açıklanmış, metro depo sahası tasarımını etkileyen etkenler ve tasarım ölçütleri sıralanmıştır. Daha sonra İstanbul Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahası anlatılarak, ihale dokümanındaki uygulamaya esas kesin proje tasarımı incelenmiş ve yeni bir metro depo sahası ön proje tasarımı geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar belirlenerek, metro depo sahası tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken yeni öneri ve yaklaşımlar getirilmiştir.

Metro depo sahası tasarımını etkileyen etkenler; konum ve yer seçimi, işletme, atölye binası ve bakım hizmetleri, araç park hatları, metro araç özellikleri, karayolu bağlantısı, şehir ve çevre etkileşimi, metro depo sahası bağlantı yolu, güvenlik, elektromekanik sistemler, altyapı, üstyapı ve hat geometrisi olarak sıralanabilir. Tasarım ölçütleri olarak, metro hattı tasarım ölçütleri, atölye yapıları tasarım ölçütleri, çevresel gürültü ve çevresel titreşim ölçütleri dikkate alınmalıdır.

Depo sahasının konumu ve yeri seçilirken, hizmet edeceği metro hatlarına yakın olmasına dikkat edilmelidir. Seçilen arazinin, istenilen tesislerin yerleşimine uygun koşullarda, büyüklükte olması ve topoğrafyasının engebesiz olması gerekir. İşletme için kumanda ve kontrol merkezinin bulunduğu, bütün metro hattı ve depo sahasının denetiminin yapıldığı bir işletme binası tesis edilmelidir. İşletme binası ve tesisleri tasarlanırken, tüm işletme senaryolarına uygun ve elverişli yerleşimler yapılmalıdır. Atölye binası ve bakım hizmetleri, bütün araçlara servis sağlayabilecek kapasiteye göre belirlenir. Çift taraftan girişli atölye binası tasarımı daha çok tercih edilse de, arazinin durumuna göre tek taraftan girişli atölye binası da tasarlanabilir. Metro depo sahasının ana amacı metro araçlarına hizmet vermek olduğu için, araç özelliklerine göre bütün tesisler şekillenir. Araçların statik ve dinamik gabarisi, uzunlukları ve kullanılabildikleri hat geometrisi özelliklerine göre, dolanım hatlarının, atölye hatlarının, park hatlarının ve tesislerin yerleşimi yapılır. Karayolu bağlantıları sayesinde depo sahası çalışanlarının ulaşımı, malzeme temini ve metro araçlarının depo sahasına ulaşımı sağlanabilir. Acil durumlarda karayolunu kullanacak acil durum ekiplerinin araçlarına uygun olarak karayolu tasarımlarının yapılmasına dikkat edilmelidir. Şehir ile uyum içerisinde, gürültü ve titreşimlerin denetim altında tutulduğu, atıkların toplanması ve bertarafı için çevreci tesislerin kurulduğu, kirlenmiş suların arıtıldığı ve çevreci bir drenaj sisteminin bulunduğu bir depo sahası tasarımı yapılarak çevre etkileri azaltılmalıdır. Bağlantı yolu; metro hattı ile depo

sahası arasındaki ulaşım güvenilirliğini sağlamalı, bir aksaklık durumunda farklı güzergahlarla ulaşım devam etmelidir. Depo sahasının güvenliği için giriş ve çıkışlar denetim altında tutulmalı, izinsiz girişleri engellemek için duvar ve çitlerle arazinin çevresi korunmalıdır. Can güvenliği için insanların araç hatlarına geçişi sınırlandırılmalıdır. Araçların cer gücünü karşılayacak cer trafo merkezi ve uygun katener sistemleri tasarlanıp, araçları denetlemek ve trafik akışını sağlamak için sinyalizasyon donanımları tesis edilmelidir. Altyapı için uygun malzeme seçilerek, gerekli olan şev ve duvar yerleşimleri yapılmalıdır. Yeraltı suyu ve yağmur suyunun denetimi drenaj sistemi ile sağlanarak zeminin kararlılığı korunmalıdır. Depo sahasının yapısına göre balastlı ya da balastsız üstyapı tipi seçilerek tasarım şekillenir. Yapılar içerisinde bulunan hatlar daha çok balastsız üstyapı tipinde yapılırken, doğal zemin üzerinde bulunan hatlar çoğunlukla balastlı üstyapı tipinde yapılmaktadır. Hat geometrisi, depo sahası yerleşimini en çok etkileyen etken olduğu için, yatay ve düşey geometri tasarımları dikkatle yapılmalıdır. Metro araçlarının özelliklerine uygun ve hizmet kapasitesini düşürmeyen özellikte, yatay ve düşey geometri elemanları ile makaslar belirlenip tasarımlar yapılmalıdır.

Tasarımı etkileyen etkenlerin yanı sıra, tasarıma ilişkin belirlenmiş olan ölçütler de göz önünde bulundurulmalıdır. Metro depo sahası hatları; hat tasarım ölçütlerine bakılarak, hat geometrisinde istenen şartları sağlamalıdır. Atölye yapıları tasarım ölçütleri de dikkate alınarak, atölye gereksinimleri ve alanları belirlenir ve atölye tasarımı tamamlanabilir. Metro hatları ve depo sahaları yerleşim yerlerinde bulunduğu için, çevreye verdiği rahatsızlıkları belirli seviyelerin altında tutmak amacıyla, çevresel gürültü ve çevresel titreşim ölçütleri dikkate alınmalıdır.

Metro depo sahası tasarımını etkileyen bu etkenler ve ölçütler ışığında, Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahası için ihale dokümanında hazırlanmış olan uygulamaya esas kesin proje tasarımı incelenmiş, eksiklikleri belirlenmiş ve yerine yeni bir ön proje tasarımı hazırlanmıştır.

Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahası için topoğrafyası engebeli bir arazi ayrılmıştır. Hat, İstanbul'un yoğun yerleşim bölgesinde planlandığı için, depo sahasının yapılabileceği uygun bir arazi bulmak zordur. Kamulaştırma bedellerinin yüksek olması ve kamulaştırmalara karşı açılan davaların uzun yıllar boyunca sürmesi de göz önünde bulundurulduğunda, elde olan arazinin kullanılmasına karar verilmiştir. Daha etkili ve verimli bir şekilde arazi kullanımı sağlamak amacıyla, 110 m ve 120 m olmak üzere iki ayrı kotta, kademeli bir şekilde depo sahası tasarımları yapılmıştır. Tam otomatik sürücüsüz sistem ile işletim için, gerekli kumanda ve kontrol merkezi, sinyal sistemi ve hat tasarımı ile depo sahası tasarımları düzenlenmiştir. Atölye bakım hatları ve atölye binası içindeki teknik alanlar, ilgili ölçütler dikkate alınarak yeniden tasarlanmış, ortaya daha büyük ve yüksek kapasiteli bir atölye tesisi çıkmıştır. Araç park hatlarının sayısı 33'ten 68'e çıkarılmıştır. Alınacak araçlar belirlenerek, araç özellikleri tasarımlarda göz önüne alınmıştır. Depo sahasını kullanan metro hatlarının girişleri birbirinden ayrılarak, işletme açısından ortaya çıkabilecek karışıklıkların ve oluşabilecek araç trafiğinin önüne geçilmiştir. İtfaiye araçlarının ve büyük tırların kullanımına uygun, depo sahası içerisindeki bütün tesislerin ulaşımını sağlayan karayolu bağlantıları yapılmıştır. Tam otomatik sürücüsüz sistemde güvenlik sorunları çıkaracak hemzemin geçişler kaldırılmış, yalnızca araçların elle kumanda edildiği atölye girişlerinde hemzemin geçişler konulmuştur. Gürültü ve titreşim azaltıcı çözümler getirilmiş, çevreci bir drenaj ve atık kaldırma sistemleri tasarlanmıştır. Metro hatları ile depo sahası arasındaki ulaşım güvenilirliğini sağlayacak, farklı güzergahlarla ulaşım sağlayabilen

bağlantı yolları tasarlanmıştır. 800 m uzunluktaki test hattı bağlantı yolu üzerine yerleştirilmiştir. Tesisin güvenliği için yüksek duvar ve tel çitler konulup, kameralarla denetim sağlayabilecek tasarımlar sunulmuş, can güvenliği için hatlara insan erişimini engelleyecek tel çitler yerleştirilmiştir. Araçlara cer gücünü sağlayacak trafo merkezi ve rijit katener sistemi hazırlanmış, elektrik kesintisinde hizmete girecek bir kojeneratör sistemi tasarımlara eklenmiştir. UIC 54 (54 E 1) tipi ray ve ön germeli beton travers ile balastlı üstyapı sistemi kurularak depo sahası yerleşimleri yapılmıştır. Atölye binası içindeki bakım hatları için, betona gömülü oluklu ray ile balastsız üstyapı sistemi seçilmiş ve iki katlı park hatları binasının alt katındaki park hatlar için, betona sabit balastsız üstyapı sistemi seçilmiştir. Hat geometrileri tasarlanırken, arazi koşulları nedeniyle düşey geometri ölçütleri aşılmak zorunda kalınmıştır. Çekici araçların bu düşey geometri koşullarına uyumlu olması ve yeterli güce sahip olması durumunda, ortaya çıkabilecek olumsuzlukların önüne geçilebilir. En küçük yatay kurp yarıçapı 80 m, en küçük düşey kurp yarıçapı 2000 m, en büyük eğim %4 ve makas tipi 1/7 R 140 seçilerek tasarımlar yapılmıştır.

Metro depo sahası tasarımları yapılırken, işletmenin gereksinimleri, araç özellikleri önceden bilinmeli ve tasarım ona göre şekillenmelidir. Daha verimli olan tam otomatik sürücüsüz sistem tercih edilmelidir. Depo sahasında hız ve konforun düşük olması ve yerleşim bölgesinde uygun arazi yapısı olan bir alanın bulunmasının zor olması göz önünde bulundurularak, hat geometrisi ölçütleri ve standartları konusunda daha esnek olunmalıdır.

THE STUDY OF DESIGN CRITERIONS AND FACTORS OF METRO DEPOT DESIGN

SUMMARY

Metro depot area is needed to include operating, cleaning, maintenance and repair, overhaul, material requisition and parking areas for vehicles. Designing these facilities, many factors and criteria have to be taken into account.

First of all, Istanbul metro lines and their depot areas are mentioned in this thesis study. Then designing factors and criteria for a metro depot area are highlighted. Afterwards, final design project in the contract of Istanbul Uskudar-Umraniye-Cekmekoy metro line is being analyzed and a new conceptual design project for metro depot area is being developed. Finally, by taking into consideration of the results indicated, new suggestions and aspects about metro depot design are being made.

Factors for designing metro depot area are; location and site selection, operation, workshop and maintenance services, parking tracks, vehicle features, rood connection, city and environment interaction, access tracks, security, electromechanical systems, infrastructure, superstructure and track geometry parameters. Criterion of track design, criterion of workshop design and criterion of environmental noise and vibration are needed to be taken in consideration as design criterions.

Metro depot area is needed to be close to the metro lines which are being connected. The area is needed to be appropriate and big enough for the selected facilities, and smooth terrain are better to establish the facilities. Operation building and facilities are being designed and areas are being selected which are appropriate and sufficient for entire operational scenarios and have control center. Requests of operator firm are being considered in the name of not having trouble during operation. The capacity of workshop and maintenance services is determined regarding to the serving to metro vehicles. Double entry workshop is generally being preferred. However, single entry workshop may be designed according to the field situation. As the main purpose of a metro depot area is serving to metro vehicles, the facilities are designed according to properties of metro vehicles. Settlement of the tracks, workshop and the other facilities are being done accordingly static and dynamic gauge, length of the vehicles and properties of appropriate track geometry. Proper highway connections are needed for the transportation of workers, materials and metro vehicles. Rood design is necessary in the state of emergency for the emergency response vehicles using the roods. In concordance with city, controlling over the noise and vibration are required by designing of depot area. Environmental impacts are being reduced by compatibility with city and environmental, keeping under control environmental noise and vibration, storage and disposal of wastes, treatment of waste water and ecological drainage systems. Access tracks provides security between metro line and depot area and in case of trouble it should be maintained the transportation with

different routes. For the security of depot area, entry and exit points are needed to be controlled and protected with hedges and walls against intrusions. Access of people to track corridors should be limited for security of life. Traction transformer and appropriate catenary systems are being designed to meet the traction force of vehicles. Necessary facilities for signage systems are being established on behalf of controlling the vehicles and traffic stream. Required side slopes and retaining walls settlements are being done by selecting the proper material for infrastructure. Infrastructure design is needed to be developed by providing drainage system to control groundwater and storm water. The stability of soil could be provided by means of drainage system. Design is being shaped by selecting ballasted track or ballastless track according to the configuration of depot area. Generally, tracks in building are ballastless and tracks on soil are ballasted. Track geometry is the main factor on settlement of a depot area. Tracks are being settled by horizontal and vertical geometry design and selection of turnout geometry which are appropriate for depot area. These geometries are needed to be appropriate for vehicles and nonrestrictive for the capacity of metro depot area.

Beside of these factors, regarding design criterions is required to be considered. Preferred conditions on track geometry are being provided thereby the design criterions of track geometry. Design of workshop can be completed by determining the necessity and area of workshop considering workshop design criterions. To keep under control environmental disturbance, environmental noise and environmental vibration criterions are needed to be considered.

The final design project in the contract of Istanbul Uskudar-Umraniye-Cekmekoy metro line is being analyzed and its deficiencies are being disclosed in the light of design criterions and factors of metro depot. In place of this design, new conceptual design project is being developed.

Metro depot area in the project has rugged terrain. Since the metro line is projected on intensive residential area of Istanbul, it is hard to find an appropriate land for depot area. Because of high level of expropriated price and long cases against expropriation, it is decided to continue to work on same land. Therefore, with the purpose of efficiently usage of the land, depot area is being designed by arranging land on two different elevations which are 110m and 120m. Design of the depot area is arranged by control center, signal system and track design for unmanned full-automatic operation system. Capacity of workshop building and depot area is expanded by integrating two workshop building in different areas. Daily cleaning services are taken to parking tracks. Number of vehicle parking lines is increased from 33 to 68. New design project is shaped regarding to properties of metro vehicles. Depot area entrance of subway lines is being separated for the purpose of preventing disorder and potential vehicle traffic. A new road design is being developed for the usage of fire trucks and trailer trucks. All facilities are connected with road. Level crossings are settled only at the entrances of workshop which vehicles controlled manually to avoid safety problems on unmanned full-automatic operation system. Ecological drainage systems, storage and disposal of wastes and equipment for restriction of environmental noise and vibration are designed. Access roads are planned to provide reliability of transportation between metro lines and depot area and also different routes. 800-meter-long test track is settled on access road. Razor wire and wire fences on high walls and monitor system are designed for the security of properties. For the security of life, wire fences are put to prevent access to tracks. A transformer and rigid catenary system are prepared to provide

traction force for vehicles. A cogenerator system is added to design to put into service in case of power cut. Ballasted track system with UIC 54 (54 E 1) type rail and pre-stressed concrete sleeper are selected and settled. In the workshop building, superstructure should be as flange rail embedded in concrete. On ground floor of parking building, superstructure should be as ballastless track. Because of condition of terrain, it is contravened vertical geometry criterions. To prevent problems of this situation, shunting vehicle is needed to be proper to the vertical geometry. The minimum radius of horizontal curve as 80 m, the minimum radius of vertical curve as 2000 m, the maximum slope as 4% and turnout type as 1/7 R 140 are selected then design is prepared.

By designing a metro depot area, requirements of the operating firm, properties of vehicles should be known before designing period and design is needed to be shaped accordingly. Unmanned full-automatic operation system should be selected for further efficiency. The speed and comfort in the depot area is restricted, and it is hard to find an appropriate land in urban area. Therefore, flexibility is needed on criterions and standards of track geometry.

1. GİRİŞ

Günümüzde daha yaşanabilir çevre ve şehirler için toplu taşıma sistemlerine verilen önem ve ağırlık artmıştır. Karayollarının şehir planlamalarında büyük ölçüde yer kaplaması ve bu yolları kullanan özel araç ve kamyonların yarattığı sera gazı etkisi ile çevre ve şehir sağlığı olumsuz etkilenmektedir. Avrupa Kentsel Şartı'nda (1980-82) değinildiği gibi; otomobiller kente karşı, yavaş ama kesin bir biçimde kentleri öldürüyor ve 2000'li yıllarda kent ya da otomobilden birini seçmek zorunluluğu doğacak. Bunun önüne geçmek için karayolu taşımacılığına en iyi alternatif olan demiryolu taşımacılığına daha çok yatırım yapılmalıdır.

Teknolojinin gelişimiyle birlikte son yıllarda, demiryolu trafiğinde ve işletme hızlarında büyük artışlar olmuştur. Gelişmiş ülkeler demiryolu ağlarını güçlü tutmaya ve demiryolu taşımacılığını ön planda tutmaya devam ederken, gelişmekte olan ülkeler de demiryolu yatırımlarına ağırlık vererek demiryolu ağlarını güçlendirmeye çalışmaktadırlar. Yeni demiryolu altyapı sistemleri, gelişmiş araç teknolojileri, modern sinyalizasyon sistemleri, merkezi trafik denetimi sistemleri gibi gelişmelerle demiryolu kullanım kapasiteleri ve güvenliği artırılmıştır. Bütün bunlara paralel olarak metro sistemleri gelişmiş ve şehirlerdeki karayolu trafik sıkışıklığı sorunlarına çözüm olmuştur.

Metro sistemi; elektrik ile çalışan, diğer ulaşım sistemleriyle hiçbir şekilde kesişmeyen, tam korumalı, kendine bağlı ayrı bir hat üzerinde giden, yüksek kapasiteli bir toplu taşıma sistemidir. Metro sisteminde genellikle tek yönde saatlik yolcu kapasitesi 30.000-70.000 arasındadır. Yüksek kapasitesi nedeniyle yoğun nüfusu bulunan şehirlere ve bölgelere kurulması daha çok tercih edilmektedir. Metro depo sahası ise; metro araçlarının park edildiği, temizlendiği, bakım ve onarımlarının yapıldığı, metro hattının işletildiği ve bunun gibi gereksinimlerinin giderildiği alandır.

Şehir nüfusunun artması ve ekonomik canlılığın bir getirisi olarak yolculuk miktarları zaman içerisinde artmış, metro sistemine olan talep artmıştır. Metro

hattının ayrılmaz bir parçası olan metro depo sahasının önemi de, metro sistemine olan talep artışına paralel olarak gün geçtikçe artmıştır. Bu artışın yanında şehir içinde depo sahası tesis edilebilecek, konum ve büyüklük açısından uygun arazilerin sınırlı olması, depo sahası sistemlerini değişime ve gelişime zorlamaktadır. Uygun arazi bulmakta yaşanan sıkıntılar nedeniyle, planlama ve tasarım aşamalarının etkili ve verimli geçirilmesi şarttır. Metro depo sahası tasarım ve planlamalarında, ilerleyen zamanlarda talebin ne olacağı da önemli bir konu durumuna gelmiş ve hesaba katılmaya başlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, metro sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olan metro depo sahasının planlama ve tasarım evrelerinde göz önünde bulundurulması gereken konular ele alınmaktadır. Metro depo sahasının tasarım ölçütleri ve metro depo sahası tasarımını etkileyen etkenler anlatılarak, İstanbul Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahası tasarımı incelenmiş ve geliştirilmiştir.

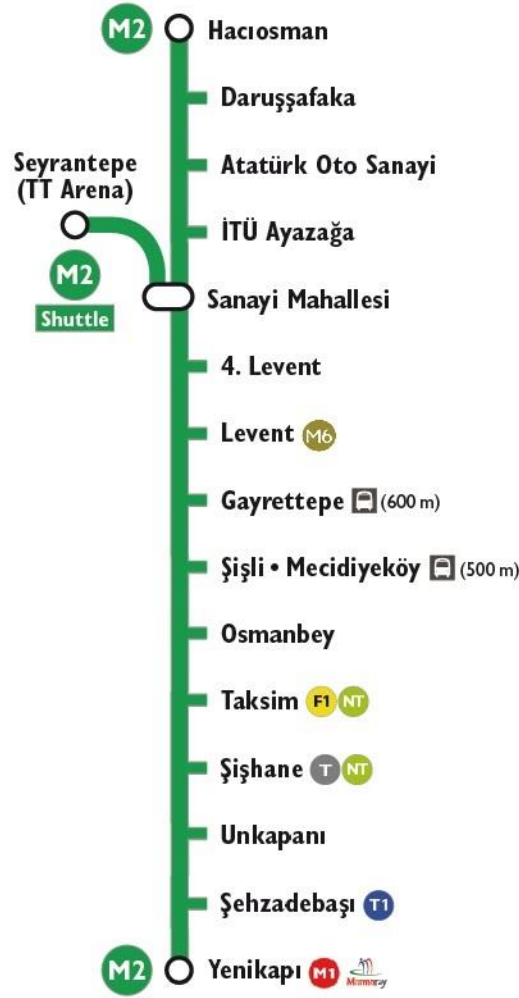
2. İSTANBUL'DAKİ METRO HATLARI

2.1 M2 Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı

Yenikapı-Hacıosman arasında hizmet veren metro hattının yapımına 1992 yılında başlanmıştır. Hat 16 Eylül 2000 tarihinde 7,25 km uzunluk ile Taksim-Levent arasında hizmete girmiştir. 2011 yılında Şişhane-Hacıosman arasında 16,10 km uzunluğa erişen M2 metrosu, daha sonra eklenen yeni istasyonlarla beraber bugünkü halini almıştır. M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattındaki istasyonlar; Yenikapı, Vezneciler, Haliç, Şişhane, Taksim, Osmanbey, Şişli/Mecidiyeköy, Gayrettepe, Levent, 4.Levent, Sanayi, İTÜ Ayazağa, Atatürk Oto Sanayi, Darüşşafaka, Hacıosman ve Seyrantepe istasyonlarıdır. İstasyonlar 8 araçlık diziler halindeki trenlerin uzunluklarına uygun olarak yapılmıştır. Sanayi Mahallesi istasyonundan Seyrantepe istasyonuna ek bir bağlantı hattı yer almakta ve mekik seferler düzenlenmektedir [2]. M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattının genel özellikleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir. Şekil 2.1'de M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattının istasyon şeması verilmiştir.

Çizelge 2.1 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı özellikleri [2].

Konu	Değer
Hat uzunluğu	23,5 km
İstasyon sayısı	16
Araç sayısı	124
Araç tipi	Alstom, Rotem
Yolculuk süresi	27 dk.
İşletme saatleri	06:15 / 00:00
En büyük kapasite (Taksim-Hacıosman) (tek yön)	1.011.750 yolcu/gün
Günlük sefer sayısı	225 tek yön
Sefer aralığı (Yenikapı-Hacıosman)	5 dk. (zirve saatte)
Sefer aralığı (Taksim-Hacıosman)	2,5 dk. (zirve saatte)
Sefer aralığı (Sanayi-Seyrantepe mekik)	9 dk. (zirve saatte)
Toplam sefer sayısı	790
Peron uzunlukları	180 m
Sinyalizasyon	ATO
Elektrifikasyon	3. ray
Cer trafo sayısı	13
Kazı yöntemleri	NATM, Aç-Kapa



Şekil 2.1 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı istasyon şeması.

M2 metro hattına iki ayrı noktadan enerji beslemesi yapılmaktadır. Bu besleme noktalarının ikisinin de birden devre dışı kalması durumunda, 15 saniye içerisinde jeneratörler devreye girerek tünel içerisinde kalan trenlerin en yakın istasyona ulaşımını sağlamaktadır. Jeneratörlerin de çalışmaması durumunda, 3 saat süreyle kesintisiz güç kaynakları aracılığıyla, aydınlatma ve elektronik kontrol sistemlerine enerji sağlanabilmektedir.

Sinyalizasyon sistemi; otomatik ve elle kumanda etmeye izin vermekte olup, hareketli blok sistemi ile tasarlanmıştır. İletişim çift yönlüdür. Seyrantepe kumanda merkezine ek olarak, aynı sistem ve donanıma sahip bir kumanda merkezi de Taksim istasyonunda bulunmaktadır. Donanımlar aktif olarak çalışır vaziyette olup, çalışanların tamamı Seyrantepe kumanda merkezinden kontrolü sağlamaktadır.

Trenler toplam 86 m uzunluğunda 4 araç dizisi halinde olup, 950 yolcu kapasitesine sahiptir.

Yenikapı istasyonundan M1 hafif raylı metro hattına ve Marmaray hattına, Vezneciler istasyonundan T1 tramvay hattına, Şişhane istasyonundan F2 tarihi tünel hattı ve T2 nostaljik tramvay hattına, Taksim istasyonundan F1 föniküler hattı ve T2 nostaljik tramvay hattına, Şişli/Mecidiyeköy ve Gayrettepe istasyonlarından Metrobüs hattına, Levent istasyonundan M6 metro hattına aktarma yapılabilmektedir. Mecidiyeköy istasyonundan inşaatı devam etmekte olan M7 metro hattına aktarma yapılabilecektir. Çizelge 2.2’de M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattının tasarım ölçütleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı tasarım ölçütleri [2].

Konu	Değer
En yüksek hız	80 km/sa.
İşletme hızı	40 km/sa.
En küçük kurp yarıçapı (cari hat)	300 m
En küçük kurp yarıçapı (tali hat)	80 m
En büyük dever	100 mm
En büyük boyuna eğim	%3
Ekartman genişliği	1435 mm
Araç aks sayısı	4
Aks yükü	18,6 t
Dinamik yük çarpanı	1,3

Seyrantepe istasyonunun da içinde bulunduğu 62.500 m² yapı içerisinde; 2.288 araçlık otopark, stadyum bağlantısı ve TEM geçiş tünelleri, metro hattının sinyalizasyon ve kontrol merkezi, atölye ve parklanma yapısının bulunduğu bir depo sahası bulunmaktadır [3]. Araçların iç temizlikleri park hatlarında yapılmaktadır. Depo sahasında 8 araçlık dizinin birlikte yıkanabildiği yıkama hattı ve araç yıkama ünitesi bulunmaktadır. Hatların tamamı tek taraftan araçların erişimine olanak sağlamaktadır. Depo sahası içerisinde bulunan malzeme deposu 1.500 m²’lik alana sahiptir. Tesiste 32 adet Alstom aracına ve 92 adet Rotem aracına hizmet verilmektedir. Çizelge 2.3’te depo sahasının genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 : M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattının depo sahası özellikleri [3].

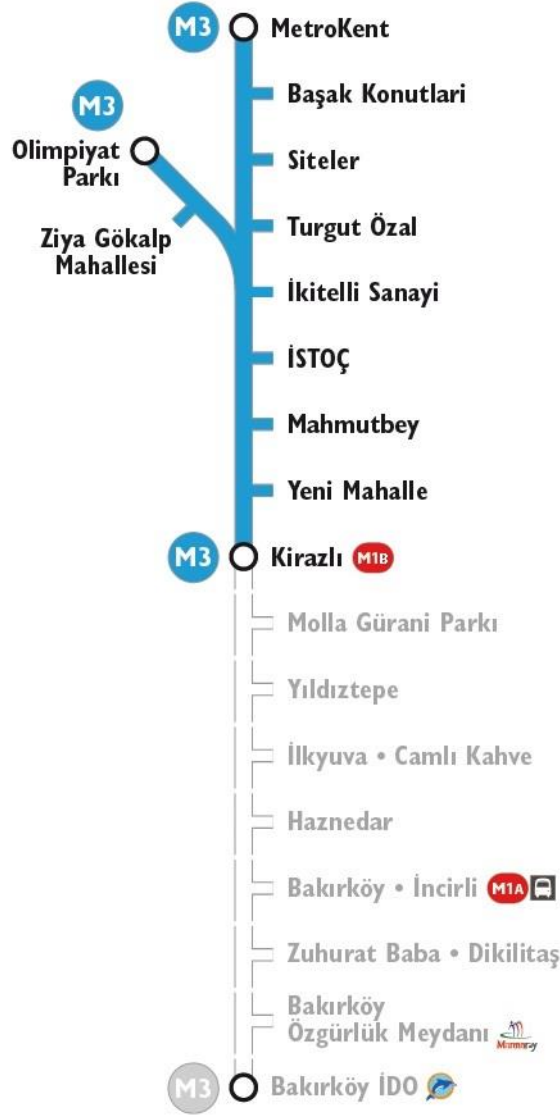
Konu	Değer
Araç park hattı sayısı	12
Atölye hattı sayısı	6
Araç yıkama ünitesi sayısı	1
Araç park etme kapasitesi	120
Tamir ve bakım yapılabilen araç sayısı	28
Yıkama ünitesi araç kapasitesi	8
Döşenen ray boyu	5.866 m

2.2 M3 Başakşehir-Olimpiyatköy Metro Hattı

Başakşehir-Olimpiyatköy arasında hizmet veren metro hattının yapımına 2006 yılında başlanmış ve 14 Haziran 2013 tarihinde hizmete girmiştir. M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattındaki istasyonlar; Kirazlı, Yeni Mahalle, Mahmutbey, İstoç, İkitelli Sanayi, Turgut Özal, Siteler, Başak Konutları, Metrokent, Ziya Gökalp Mahallesi, Olimpiyat Parkı istasyonlarıdır. İstasyonlar 8 araçlık diziler halindeki trenlerin uzunluklarına uygun olarak yapılmıştır [4]. Kirazlı'dan başlayan metro hattı, İkitelli Sanayi istasyonundan sonra iki kola ayrılarak Metrokent ve Olimpiyat Parkı'na ulaşmaktadır. Toplam uzunluğu 15,9 km olan hattın 4,2 km uzunluğundaki kısmı, İkitelli Sanayi-Olimpiyat Parkı koludur. Kirazlı-Metrokent arasında çift yönlü, İkitelli Sanayi-Olimpiyat Parkı arasında mekik sefer olarak işletme yapılmaktadır. M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattının genel özellikleri Çizelge 2.4'te gösterilmiştir. Şekil 2.2'de M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattının istasyon şeması verilmiştir.

Çizelge 2.4 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattı özellikleri [4].

Konu	Değer
Hat uzunluğu	15,9 km
İstasyon sayısı	11
Araç sayısı	80
Araç tipi	Alstom
Yolculuk süresi (Kirazlı-Metrokent)	20 dk.
Yolculuk süresi (İkitelli Sanayi-Olimpiyat Parkı)	5 dk.
İşletme saatleri	06:00 / 00:00
En büyük kapasite (Kirazlı-Metrokent) (tek yön)	1.028.790 yolcu/gün
Günlük yolcu taşıma kapasitesi	70.000 yolcu/saat
Günlük sefer sayısı (Kirazlı-Metrokent)	138 tek yön
Günlük sefer sayısı (İkitelli Sanayi-Olimpiyat Parkı)	108 tek yön
Sefer aralığı (Kirazlı-Metrokent)	5 dk. 40 sn. (zirve saatte)
Sefer aralığı (İkitelli Sanayi-Olimpiyat Parkı)	10 dk. (zirve saatte)
En küçük sefer aralığı (teorik)	90 sn.
En küçük sefer aralığı (pratik)	120 sn.
Peron uzunlukları	180 m
Sinyalizasyon	ATO
Elektrifikasyon (cari hat)	Rijit katener
Elektrifikasyon (tali hat)	Konvansiyonel katener
Hat voltajı	1500 V DC
Cer trafo sayısı	10
Kazı yöntemleri	NATM, TBM, Aç-Kapa



Şekil 2.2 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattı istasyon şeması.

Kirazlı istasyonundan Bakırköy istasyonuna doğru metro hattının uzatma çalışmaları devam etmektedir. Bu uzatma kısmı 9 km uzunluğunda olup, metro hattına 8 yeni istasyon daha kazandıracaktır. Böylelikle M3 metro hattı toplam 24,9 km uzunluğunda ve 19 istasyonu bulunan bir metro hattına dönüşecektir.

Sistemin 3 adet ana trafo merkezi bulunmaktadır. Kirazlı istasyonunda 2 adet ve İkitelli Sanayi istasyonunda 1 adet olan ana trafolardan 34,5 kV gerilim ile enerji sağlanmaktadır. Siteler istasyonu dışında bütün istasyonlarda araçların çekiş gücünü sağlamak amacıyla 1500 V'luk cer trafoları bulunmaktadır. İstasyonların her birinde 400 V gerilimli iç tesisat trafoları yer almaktadır. Elektrik kesintilerine ve teknik bir arızaya karşı her trafonun yedeği ve jeneratörler ile aküler bulunmaktadır.

Sinyalizasyon sistemi; otomatik ve elle kumanda etmeye izin vermekte olup, sabit bloklü sistem ile tasarlanmıştır. Blok uzunlukları 250-400 m arasında değişmektedir. İletişim raylar üzerinden ve tek yönlüdür. Olimpiyat Parkı istasyonundan sonra yer alan depo sahasında bir kumanda merkezi bulunmaktadır ve hattın kontrolü buradan sağlanmaktadır.

Trenler toplam 86 m uzunluğunda 4 araç dizisi halinde olup, 966 yolcu kapasitesine sahiptir.

Kirazlı istasyonundan M1 hafif raylı metro hattına aktarma yapılabilmektedir. hattın uzatma kısmının tamamlanmasıyla birlikte; Bakırköy/İncirli istasyonundan M1 hafif raylı metro hattı ve Metrobüs hattına, Bakırköy Özgürlük Meydanı istasyonundan Marmaray hattına, Bakırköy istasyonundan İDO hatlarına aktarma yapılabilecektir. Çizelge 2.5'te M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattının tasarım ölçütleri verilmiştir.

Çizelge 2.5 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattı tasarım ölçütleri [4].

Konu	Değer
En yüksek hız	80 km/sa.
İşletme hızı	40 km/sa.
En küçük karp yarıçapı (cari hat)	300 m
En küçük karp yarıçapı (tali hat)	80 m
En büyük deyer	140 mm
En büyük boyuna eğim	%4
Ekartman genişliği	1435 mm
Araç aks sayısı	4
Aks yükü	18,6 t
Dinamik yük çarpanı	1,3

Olimpiyatköy' de araçlar için depo sahası ve atölye için bir tesis bulunmaktadır. Olimpiyat istasyonundan sonra bulunan tesiste; atölye, depo sahası ve kumanda merkezi bulunmaktadır. Yaklaşık 70.000 m² üzerine kurulu olup tesisin araç kapasitesi 120'dir. Bakım birimlerinin yer aldığı atölye binası ise 10.000 m² kapalı alandan oluşmaktadır [4]. Atölye binasının 2.000 m²lik alanında teknik odalar yer almaktadır, geriye kalan 8.000 m²lik alanında bakım işlemleri ve malzeme depolama işlemleri yapılmaktadır. Atölye içerisindeki hatlardan A1 hattı tekerlek torna hattı, A2 hattı arıza onarım hattı, A3 hattı periyodik bakım hattı, A4 ve A5 hatları ağır bakım hatları, A6 hattı hat bakım hattı olarak hizmet vermektedir. Atölye hatlarının tamamı 8 araçlık dizilere hizmet verebilecek uzunluktadır ve her iki ucundan

araçların erişimine olanak sağlamaktadır. Depo sahasında 8 araçlık dizinin birlikte yıkanabildiği yıkama hattı ve araç yıkama ünitesi bulunmaktadır. Araçların iç temizlikleri yıkama hattı üzerinde, araç yıkama ünitesinin hemen önünde yapılmaktadır. Tesiste 80 adet Alstom aracına hizmet verilmektedir. Çizelge 2.6’da depo sahasının genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.6 : M3 Başakşehir-Olimpiyatköy metro hattının depo sahası özellikleri [4].

Konu	Değer
Araç park hattı sayısı	12
Atölye hattı sayısı	6
Araç yıkama ünitesi sayısı	1
Araç park etme kapasitesi	120
Tamir ve bakım yapılabilen araç sayısı	40
Yıkama ünitesi araç kapasitesi	8

2.3 M4 Kadıköy-Kartal Metro Hattı

Kadıköy-Kartal arasında hizmet veren metro hattının yapımına 2005 yılında başlanmış ve 17 Ağustos 2012 tarihinde hizmete girmiştir. M4 Kadıköy-Kartal metro hattındaki istasyonlar; Kadıköy, Ayrılıkçeşmesi, Acıbadem, Ünalán, Göztepe, Yenısahra, Kozyatağı, Bostancı, Küçükyalı, Maltepe, Huzurevi, Gülsuyu, Esenkent, Hastane/Adliye, Soğanlık, Kartal istasyonlarıdır. İstasyonlar 8 araçlık diziler halindeki trenlerin uzunluklarına uygun olarak yapılmıştır. M4 Kadıköy-Kartal metro hattının genel özellikleri Çizelge 2.7’de gösterilmiştir. Şekil 2.3’te M4 Kadıköy-Kartal metro hattının istasyon şeması verilmiştir.

Çizelge 2.7 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattı özellikleri [5].

Konu	Değer
Hat uzunluğu	21,8 km
İstasyon sayısı	16
Araç sayısı	144
Araç tipi	CAF
Yolculuk süresi	32 dk.
İşletme saatleri	06:00 / 00:00
En büyük kapasite (tek yön)	1.114.560 yolcu/gün
Günlük yolcu taşıma kapasitesi	70.000 yolcu/saat
Günlük sefer sayısı	187 tek yön
Sefer aralığı	4 dk. (zirve saatte)
En küçük sefer aralığı (teorik)	90 sn.
En küçük sefer aralığı (pratik)	120 sn.
Peron uzunlukları	180 m
Sinyalizasyon	ATO

Çizelge 2.7 (devam) : M4 Kadıköy-Kartal metro hattı özellikleri [5].

Konu	Değer
Elektrifikasyon	Rijit katener
Hat voltajı	1500 V DC
Cer trafo sayısı	13
Kazı yöntemleri	NATM, TBM, Aç-Kapa



Şekil 2.3 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattı istasyon şeması.

Keşif artışı ile birlikte Kaynarca'ya kadar tüneller TBM ile açılmış olup, Kartal-Kaynarca ihalesi ile birlikte kalan inşaat ve elektromekanik işler yapılarak hattın uzunluğu 26,5 km'ye ve istasyon sayısı 19'a ulaşacaktır [5].

Sistemin 2 adet ana trafo merkezi bulunmaktadır. Kozyatağı ve Kartal istasyonlarında bulunan ana trafolardan 34,5 kV gerilim ile enerji sağlanmaktadır. Acıbadem, Huzurevi ve Hastane/Adliye istasyonları dışında bütün istasyonlarda araçların çekiş gücünü sağlamak amacıyla 1500 V'luk cer trafoları bulunmaktadır. İstasyonların her birinde 400 V gerilimli iç tesisat trafoları yer almaktadır. Elektrik kesintilerine ve teknik bir arızaya karşı her trafonun yedeği ve jeneratörler ile aküler bulunmaktadır.

Sinyalizasyon sistemi; otomatik ve elle kumanda etmeye izin vermekte olup, hareketli blok sistemi ile tasarlanmıştır. İletişim rayların ortasında bulunan sinyal kablosu ile iletilmektedir. Esenkent istasyonunda bulunan kumanda merkezinden hattın kontrolü sağlanmaktadır.

Trenler toplam 90 m uzunluğunda 4 araç dizisi halinde olup, 1032 yolcu kapasitesine sahiptir.

Kadıköy istasyonundan İDO hatlarına, Ayrılıkçeşme istasyonundan Metrobüs hattına aktarma yapılabilmektedir. Şu anda tasarım aşamasında olan Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı ile Göztepe-Ataşehir-Ümraniye metro hattı ve yapımı devam eden Sabiha Gökçen Havaalanı-Kaynarca metro hattı tamamlandığında; Yenisahra, Kozyatağı ve Kaynarca istasyonlarından bu hatlara aktarma yapılabilecektir. Çizelge 2.8'de M4 Kadıköy-Kartal metro hattının tasarım ölçütleri verilmiştir.

Çizelge 2.8 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattı tasarım ölçütleri [5].

Konu	Değer
En yüksek hız	80 km/sa.
İşletme hızı	40 km/sa.
En küçük kurp yarıçapı (cari hat)	350 m
En küçük kurp yarıçapı (tali hat)	80 m
En büyük dever	130 mm
En büyük boyuna eğim	%4
Ekartman genişliği	1435 mm
Araç aks sayısı	4
Aks yükü	18,6 t
Dinamik yük çarpanı	1,3

Hat üzerinde Maltepe ve Huzurevi İstasyonları arasında, ana hattın güneyinde yer alan depo sahası ve bakım atölyesi bulunmaktadır. Hattın ana kumanda merkezi, depo sahası dışında, Esenkent istasyonunda bulunmaktadır. Ağırlıklı olarak

gündüzleri işletme yapılan kumanda merkezinde, gece 01:00 – 05:00 saatleri arasında ise bakım personeline yardımcı olmak ve bir sonraki güne ait planları ve hazırlıkları yapma amacıyla 7/24 çalışmaktadır. Sürücüsüz, otomatik ve manuel olmak üzere üç farklı işletme türüne uygun bir kumanda merkezidir. Atölyede kullanılan donanımlar; tekerlek tornası, boji indirme tablası (drop table), otomatik araç yıkama ünitesi, boyahane ve boji yıkama odası, boji atölyesi, pnömatik bakım atölyesi, elektrik atölyesi, kuplaj-pantograf bakım atölyesi, gezer köprülü vinç, pergel vinçler, hidrolik pres, boji manipülatörü başta olmak üzere çeşitli donanımlar bulunmaktadır [5]. Şekil 2.4’te depo sahasının genel vaziyet planı bulunmaktadır ve kullanım amacına göre 6 adet bölgeye ayrılmıştır. 1 numaralı bölge; ağır bakım bölgesi olup, bu bölgede 2 adet 8 araçlık diziyi alabilecek ağır bakım hatları ve 1 adet bojilerin araçlardan ayrıldıktan sonra alındığı boji hattı bulunmaktadır. 2 numaralı bölge; periyodik bakım bölgesi olup, bu bölgede 2 adet 8 araçlık diziyi alabilecek periyodik bakım hatları bulunmaktadır. 3 ve 6 numaralı bölgeler; parklanma bölgeleri olup, 13 adet 4 araçlık dizinin park edilebildiği hatlar bulunmaktadır. 4 numaralı bölge; test hattı bölgesi olup, bu bölgede yaklaşık 500 m uzunluğunda test hattı bulunmaktadır. 5 numaralı bölge; araç yıkama bölgesi olup, araç yıkama ünitesi ile 8 araçlık dizileri yıkarken diğer hatları işgal etmeyecek uzunlukta araç yıkama hattı bulunmaktadır. Çizelge 2.9’da depo sahasının genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.9 : M4 Kadıköy-Kartal metro hattının depo sahası özellikleri [5].

Konu	Değer
Araç park hattı sayısı	4
Atölye hattı sayısı	4
Araç yıkama ünitesi sayısı	1
Araç park etme kapasitesi	52
Tamir ve bakım yapılabilen araç sayısı	32
Yıkama ünitesi araç kapasitesi	8

2.4 M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi Metro Hattı

Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi arasında hizmet veren metro hattı 19 Nisan 2015 tarihinde hizmete girmiştir. M2 metro hattının kolu gibi çalışan bir hattır. M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi metro hattı istasyonları; Levent, Nispetiye, Etiler, Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi istasyonlarıdır. İstasyonlarda çift hat, istasyon aralarında tek hat bulunmaktadır [6]. M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi

metro hattının genel özellikleri Çizelge 2.10’da gösterilmiştir. Şekil 2.4’te M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi metro hattının istasyon şeması verilmiştir.

Çizelge 2.10 : M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi metro hattı özellikleri [6].

Konu	Değer
Hat uzunluğu	3,3 km
İstasyon sayısı	4
Araç sayısı	8
Araç tipi	Alstom
Yolculuk süresi	7 dk.
İşletme saatleri	06:00 / 00:00
Günlük yolcu taşıma kapasitesi	8.100 yolcu/saat
Günlük sefer sayısı	156 tek yön
Sefer aralığı	5 dk. (zirve saatte)
Toplam sefer sayısı	790
Peron uzunlukları	180 m
Sinyalizasyon	ATO
Elektrifikasyon	3. ray
Kazı yöntemleri	NATM, Aç-Kapa



Şekil 2.4 : M6 Levent-Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi metro hattı istasyon şeması.

Sinyalizasyon sistemi; otomatik ve elle kumanda etmeye izin vermekte olup, hareketli blok sistemi ile tasarlanmıştır. İletişim çift yönlüdür. Seyrantepe kumanda merkezinden kontrolü sağlanmaktadır.

Trenler toplam 86 m uzunluğunda 4 araç dizisi halinde olup, 950 yolcu kapasitesine sahiptir.

Levent istasyonundan M2 metro hattına aktarma yapılabilir. Hisarüstü-Sahil arasında yapılması planlanan föniküler hattı tamamlandığında, Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi durağından bu föniküler hattına aktarma yapılabilir.

M6 metro hattı, M2 metro hattına bir bağlantı hattı ile bağlanarak, Seyrantepe’de bulunan metro depo sahasını kullanmaktadır.

3. METRO DEPO SAHASI TASARIMINI ETKİLEYEN ETKENLER

Raylı sistemlerde Depo; “Raylı sistem araçlarının bakım/onarım hizmetlerinin yapılacağı kapalı alanlar ile araçların park edileceği açık alanların tümü” olarak tanımlanır. Ancak Metro işletmesini küçük bir demiryolu işletmesi olarak ele almamız gerekeceğinden, araçların bakım/onarım hizmetleri ile park edileceği alanlardan başka;

- İşletim ve trafik hizmetleri,
- Hat bakım ve bina bakım işleri,
- Mali ve idari işler,
- Sinyalizasyon, elektrifikasyon, katener ve telekomünikasyon sistemleri bakım hizmetleri,
- Sistemin işlemleri için gerekli olan diğer yan hizmetlerin

karşılınması için gerekli tesisleri de kapsamaktadır.

Metro araçlarının park etme, temizlik, bakım ve onarım, işletme gibi gereksinimlerinin giderildiği bu alan, raylı sistem ağının ayrılmaz bir parçasıdır ve hayati öneme sahiptir. Depo sahası ne kadar verimli işletilirse, raylı sistem ağı da o kadar verimli işletilir.

Metro depo sahalarında bulunan, farklı amaçlarda, metro araçlarına hizmet veren tesis ve donanımlar bulunmaktadır. Bu tesis ve donanımlar; parklanma, genel bakım, hafif bakım, ağır bakım ve parklanma hizmetleri olmak üzere beş anahtar bölüme ayrılırlar [7]. İşletmeden çekilmiş veya bakımdan çıkmış araçlar parklanma bölümüne çekilerek, bir sonraki işletme ya da bakım için burada bekletilirler. Genel bakım bölümünde ise, araçların genel denetimleri yapılarak hafif ya da ağır bakıma yönlendirmesi yapılır. Metro araçlarının dış cephe kaplamalarının değişimi, araç içinde bulunan yolcu kullanımına sunulan eşyaların değişimi veya onarımı ile bojilerin temizliği gibi hızlı yapılabilen ve fazla çaba gerektirmeyen bakım işleri hafif bakım bölümünde gerçekleştirilir. Ağır bakım bölümünde ise ana kasa bakımı,

pantograf bakımı, araç motorunun bakım ve denetimi, boji değişimi, elektronik bakım ve onarımlar, fren takımlarının bakım ve denetimi, vinç ile araçların alt aksamına yapılan bakımlar yapılır. Parklanma servisleri bölümü, metro araçlarının iç ve dış temizliklerinin yapıldığı, reklam panolarının güncellenmesi gibi işlemlerin yerine getirildiği bölümdür.

Bir depo sahasında aşağıdaki gereksinimleri karşılayabilecek tesisler bulunmalıdır:

- Denetim,
- Araçların işletmeden alımı, park edilmesi ve yeniden işletmeye verilmek için hazırlanması,
- Tamir ve yenileme,
- Bakım ve onarım,
- Araç dizilerini işletme görevlerinin arasında veya bakım ya da onarımdan önce ve sonra depolama,
- Hizmet sağlayabilmek ve malzemeleri getirip götürmek için karayolu ulaşımı,
- Günlük bakım,
- Temizlik [7].

Yukarıdaki gereksinimleri karşılayacak tesislerin koşullar elverdiğince, tamamı ya da belli başlı olanları depo sahasında sağlanmalıdır. Araçların işletmeden alınıp, park edilip, işletmeye geri verilmesi gibi bazı hizmetler depo sahasının dışında cep hatları ve kuyruk hatlarında da giderilebilmektedir. Cep hatları, istasyonlar arasında ve ana hata paralel olan hatlardır. Kuyruk hatları ise, metro hattının başında ve sonunda bulunan istasyonların da devamında yer alan hatlardır. Bu hatlar yolcu taşınan ana hatlardan ayrı oldukları ve aynı zamanda ana hatlara çok yakın oldukları için sefer aralıklarının azaltılması ve artırılmasında kullanılmaktadırlar.

Depo sahasında araçların iç ve dış temizliği yapılarak yolcuların kullanımına sunulur. Metro sisteminin kent içi yolcu taşıma sistemleri arasında en çok yolcu taşıyan sistemlerden biri olması nedeniyle, daha büyük kitlelerin birbirleriyle etkileşimi söz konusudur. Bu etkileşim sırasında bulaşıcı hastalıkların yayılmasının önüne geçilmelidir. Yolcuların kullanımıyla beraber bulaşıcı hastalıkların metro

araçlarındaki eşyalar aracılığıyla kitlelere yayılması engellenmelidir. Bunun için araçların iç temizliğinin aksatılmadan yapılması önemlidir.

İşletmeye gönderilmeden önce araçların denetlenerek kullanıma uygun olup olmadığı belirlenmelidir. Araçlardaki çok ufak bir aksaklık bile işletme sırasında büyük bir kazaya sebebiyet verebilir, can ve mal kaybına neden olabilir. Bu kayıpların önüne geçilmek için denetlenen araçların eksiklikleri belirlenerek bakım ve onarım programına alınır.

Bir hattın tasarım ve yapım evreleri boyunca RAMS gereksinimleri sağlanmalı ve devamında bütün kullanım süresi boyunca yönetilmelidir [8]. RAMS, bir sistemin belirleyici özelliklerindendir ve sistemin nitel becerilerinin verimliliğini gösterir. RAMS (reliability, availability, maintainability, safety) tanımı; güvenilirlik, elde edilebilirlik, bakım yapılabilirlik ve güvenlik konularının bir arada anıldığı, bir metro ağında olmazsa olmaz özelliklerdir.

RAMS bileşenleri TS EN 50126’da aşağıdaki şekillerde tanımlanmaktadır:

- Güvenilirlik (Reliability): Bir ögenin belirli koşullar altında, belirli bir zamanda aralığında, gerekli işlevleri yerine getirebilme olasılığıdır.
- Elde edilebilirlik (Availability): Bir ürünün belirli koşullar altında, anlık bir zamanda ya da belirli bir zaman aralığının sonunda, gerekli dış kaynakların sağlandığı varsayımı yapılarak, gerekli işlevleri yerine getirme durumunda olabilmesidir.
- Bakım yapılabilirlik (Maintainability): Bir ögenin belirli koşullar altında, belli yöntem ve kaynakları kullanarak gerçekleştirilen bakım durumunda, belirtilen etkin bakım eyleminin olma olasılığıdır.
- Güvenlik (Safety): Kabul edilemez zarar riskinden bağımsızlık [9].

Tasarım ve yapım evresinden önce metro depo sahasının amacı ile kavramı kesin olarak belirlenmeli ve planlamaları yapılmalıdır. Planlamalar yapılırken belirgin bir amaç olmalı ve tasarım evresine başlamadan önce, ana hatlarıyla amaç ve her birimin konumu ile ayrıntıları, mühendislik teklifi sırasında göz önüne alınmalıdır [10]. Tersı durumlarda gözden kaçırılan bir konunun, yapım ve işletme evrelerinde büyük sorunlar çıkarabileceği unutulmamalıdır.

Banliyö ve şehirler arası demiryolu hatlarının tersine, metro hatları daha küçük çaplı hatlar olduğu için işletme ve denetim i lerinin de depo sahasından yürütülmesi tercih edilmektedir. Metro depo sahası işletmesi, yukarıda değinilen parklanma, genel bakım, hafif bakım, ağır bakım ve parklanma hizmetleri olarak be e ayrılan anahtar bölümlerinin yönetimi, denetimi ve hizmetlerin sağlanması ile görevlidir. Bu tesislerin düzenli bir biçimde kullanılmasını sağlayarak verimliliği üst düzeye çıkarmaya çalışır. Demiryolu işletmecisi uygun fiyatta yüksek kalite hizmet verebilmek için birçok karmaşık sorunu çözmek zorundadır ve bu karmaşık sorunlardan bir tanesi de manevra sorunudur [11]. Özellikle yoğun saatlerde metro hattına araç gönderilirken ve yoğun olmayan saatlerde metro hattından araç çekilirken bu sorun daha çok ortaya çıkmaktadır. Depo sahasına giriş ve çıkış yapan araçlar ile depo sahasında bakım, yıkama gibi hizmetleri almak için manevra yapan araçların  akı masının önüne geçilecek çözümler üretilmelidir. Bu   z m işletme durumunda ele alınsa da, işletmeyi rahatlatacak tasarım çözümleri de sunulmalıdır. Zaman planlaması, araçların metro depo sahasına giriş  ıkı ları ve alacağı hizmetlerin zamanları belirlenerek yapılmalıdır. Birçok çalışmada yol ataması ve zamanlama planlaması ayrı ayrı ara tırıldığından elde edilen çözümler en iyi çözüm olmayabilir [12]. Metro araçlarının depo sahası içerisindeki ve dı arısındaki yol atamaları da zaman planlaması ile birlikte ele alınarak daha iyi çözümler üretilmelidir ve bu görev işletme hizmeti altında gerçekleştirilir.

Metro depo sahası tasarımını etkileyen birçok bileşen vardır. Bu bileşenlerin en başında demiryolu hatlarının geometrisi gelse de, başka belli ba lı önem içeren bileşenler de unutulmamalıdır.

DLH, metro depo sahasının tasarımında göz önünde bulundurulması gereken konuları aşağıdaki maddeler altında vermektedir:

- Metro araçlarının  zellikleri,
- I letme  artları,
- Araç ve sabit tesislerinin bakım  artları,
- Bakım atölyeleri, hat boyu bakımı ve sabit tesislerin donanım ihtiya ı,
- Araç sürücüleri, bakım-onarım personeli ve diğer çalışanların sosyal gereksinimleri,

- Donanımların ve çalışanların saha içinde güvenli ve hızlı bir şekilde taşınabilmesi [13].

TS 12342’de depo sahasının tasarımına etki eden genel kurallar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Raylı sistem depo sahalarının tasarımı; gelecekteki gelişmelerle birlikte, en az sayıda çalışan ve en az hareket ile tekrardan kaçınılarak işleyişin sürdürülmesi amacıyla yapılmalıdır.
- Gelecekteki yolcu tahmini ve filo genişlemesi durumlarında, depo sahası içerisinde karışıklığa neden olmadan, genişlemeye olanak sağlayacak yeterli alanlar ayrılmalıdır.
- Ulaşım sisteminin otomatik, yarı otomatik veya mekanik olması durumuna göre tasarım etkileneceğinden, önce sistem seçilmeli ve ardından bu sistemin tüm gereksinimlerini karşılayacak bir tasarım yapılmalıdır.
- Hafif raylı sistemlerin ve metro sistemlerinin depo alanı ve atölyeleri, genellikle bir yerde merkezleştirilirler.
- Birçok aracın her seviyede bakımları yapılacağından dolayı, atölyeler büyük fabrika kapasitesine benzer tasarlanmalıdır.
- Depo, atölye, yıkama gibi alanlara araç giriş ve çıkışlarında, en az makas hareketiyle, diğer hareketleri sınırlamayan güzergâh tasarımı ve ana hatta girmeden depo içi dolaşım hattı ile hatlar arası geçişler sağlanacak bir güzergâh tasarımı yapılmalıdır.
- Mümkün olduğunca geometrik tasarımlarda uygulanacak ölçütler;
 - Girişten sonra depo alanında boyuna eğim en fazla %0,5 olmalı,
 - Geçiş alanında ve arıza arama atölye alanında eğim %0,0 olmalı,
 - Hatta en az yatay kurb yarıçapı 50 m (tercihen 150 m) olmalı,
 - Hatlar arası en az mesafe; depo alanında 4,20 m – 5,50 m, giriş bölümünde 4,50 m, arıza arama/atölye hatlarında 6,00 m ve geçiş bölümünde 5,50 m olmalıdır.
- Depo sahası planlamasında, sistemin bütünündeki her türlü onarım düşünülmelidir.

- Yer seçimi ve tasarım yapılırken; işletme sistemi, gelişmeler, vagon türü ve dizi büyüklüğü, servis aralıkları gibi veriler ile arazinin fiziki yapısı, donanımın karmaşıklığı, arazi ve donanım kullanma imkânı ile çevreye uyumdaki estetik düşünceler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Arazide yedek bırakılan veya kullanılmayan alanlar, tesviye edilmeli ve drenaj sistemiyle donatılmalıdır [14].

Metro sistemleri büyük ve zaman alan yatırımlardır. Çoğunlukla sistemin daha çabuk hizmet verebilmesi için, hatlar parça parça yapıp açılırlar. Bu nedenle metro ağı ilk yapıldığı günden sonra giderek büyür ve gelişim gösterir. Bu büyüme ve gelişim sonucunda, aynı zamanda nüfus ve ekonominin büyümesi ile yolculuk taleplerinde artış gözlenir. Böylelikle metro hatlarında kapasite artışı nedeniyle metro depo sahasında da kapasite artışına gidilir. İlerleyen dönemlerde kapasite artışı için gerekli olan yeni eklemeler ve genişlemelerin önceden planlanması gerekir ve gerekli önlemler alınır. Bunun bir örneği olarak; İtalya'nın ilk sürücüsüz metro hattı olan Torino metrosu gelecekteki kapasite artışı ile park hatları sayısını 6'dan 15'e, atölye hatları sayısını 7'den 13'e çıkaracaktır ve teknik odalar, kablo kanalları, hatların yerleşimi gibi birimler kolaylıkla kapasite artışına elverişli olacak şekilde tasarlanmıştır [15].

Yukarıda genel hatlarıyla değinilen tasarımı etkileyen etkenler, daha ayrıntılı olarak aşağıdaki başlıklar altında toplanmış ve incelenmiştir.

3.1 Konum ve Yer Seçimi

Bir metro depo sahasının maliyetinin en az, buna karşılık sağlayacağı yararların en fazla olması esastır. Bu maksatla, yatırım için en uygun yerin belirlenmesine ihtiyaç duyulur. Konum analizi çalışması; metro ağına olan uzaklık, arazi topoğrafyası, ulaşım olanakları, gelişme potansiyeli ve daha birçok etken dikkate alınarak en akla uygun yer seçimi temeline dayanır.

Metro depo sahasının konumu, hizmet verilen metro ağı içerisinde ne kadar uygun ise boş araçların işletmeye girmeden önceki ve işletmeden çıktıktan sonraki hareketleri o kadar az olur. Metro depo sahasının konumu öyle bir şekilde seçilmelidir ki, ağına uygun bir bölgeden olacak şekilde ve ağına kapasitesine olumsuz etkisi bulunmayacak şekilde olmalıdır. Depo sahası şehirdeki yapılaşmanın elverdiği

şekilde ağa yakın olmalı, bağlı olduğu bütün hatlara verimli bir işletme sağlayabilecek uygun bir konumda bulunarak boş araç hareketlerinin sınırlı olmasına özen gösterilmeli, demiryolu araçlarının gereksinimi olan bütün tesisleri içerebilecek büyüklükteki arazinin bulunabildiği bir konumda olmalı ve arazi konumu yasal planlamalar ile çevresel bakış açısı konusunda da elverişli bulunmalıdır [16].

Metro ağının dışında kalmayacak şekilde, ağın orta noktalarına yakın ve boş araç hareketlerinin az olduğu bir konumda metro depo sahası tesis edilmelidir. Aynı zamanda arazi topoğrafyası fazla engebeli olmayan, istenen geometrik koşullarda demiryolu hatlarının yapılabileceği bir şekilde olmalıdır. Metro hatlarının nüfus yoğunluğu yüksek şehir bölgelerinde daha çok yapılması ve tercih edilmesi nedeniyle, yukarıda değinilen her iki durumu da aynı anda sağlamak her zaman olası olmamaktadır. Ya uygun arazi topoğrafyasına sahip ama hizmet ettiği metro hatlarından uzak bir konumda, ya da konumu metro hatlarına göre uygun ancak arazi topoğrafyası engebeli bir arazide metro depo sahası tesis edilmek zorunda kalınabilir. Bu nedenle bütün olasılıklar değerlendirilip, sağladığı yarar ve zararları dikkate alınarak, en uygun olan arazinin seçilmesi gerekir.

TS 12342’de depo sahasının yer seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken konular şu şekilde sıralanmıştır:

- Sistemin araç özellikleri,
- İşletme koşulları,
- Araç ve sabit tesislerin bakım koşulları,
- Bakım onarım atölyeleri, hat boyu bakımı ve sabit donanım gereksinimi,
- Sistemdeki tüm çalışanların eğitim ve sosyal gereksinimleri,
- Donanım ve çalışanların alan içinde en kısa yoldan güvenli hareket olanağı,
- Gaz, su, elektrik, kanal olanakları [14].

Depo sahası ve tesislerinin bir tünel içerisine yerleştirilmesi maliyet açısından sınırlayıcı olabilir; bir yüzeyde ya da bir açık kazıda yapılan depo sahası inşaa çalışmaları, yeni gelişimlerin yer bulabilirliği ve demiryolu çalışmalarının yapılabilirliği konularında daha uygulanabilir bir yöntem olabilmektedir [17]. Bu nedenlerden dolayı depo sahası tesislerinin tünellerde değil, açık arazi üzerinde ya da aç-kapa yapı içinde çözümlenmesi gereklidir. Bunun için gerekli olan elverişli arazilerin seçimi iyi yapılmalıdır.

3.2 İşletme

Bir metro hattı genellikle depo sahasında konumlanan kumanda merkezinden kontrol edilir. Kumanda ve kontrol merkezinde bulunan kumanda odası, bütün metro sisteminin işletildiği ve gözlemlendiği bir yer olup, işletme görevleri buradan izlenir ve bütün komutlar buradan verilir [18]. Bazı durumlarda tek bir metro hattının veya sadece o depo sahasını kullanan hatların değil bölgedeki bütün hatların kumanda edildiği bir merkez depo sahasında tesis edilir. Bu gibi durumlarda bütün kumanda merkezi gereksinimlerini karşılayacak altyapının ve teknik alanların kurulması gerekir.

Depo sahasının işletmesini, demiryolu araçlarının giriş ve çıkışlarını en iyi şekilde kullanmak için aşağıdaki anahtar etkenler göz önünde bulundurulmalıdır:

- araçların depo sahasına giriş çıkış aralıkları ve yoğunluğu,
- yakındaki demiryolu ağının kapasite ve imkânları,
- farklı depo sahası giriş ve çıkış güzergâhlarının bulundurulması,
- demiryolu ağı ve depo sahası arasındaki araç hareketleri ve zamanlaması gibi araç servis özellikleri,
- arazinin, gereksinimlerin düzenlenip tasarlanması ve gerekli bağlantıların yerleştirilmesine elverişli olması,
- sinyal denetimlerinin türü ve karmaşıklığı,
- demiryolu araçlarının düzeni [16].

Metro hattı ve depo sahası arasındaki bağlantının güvenilirliği de bir diğer önemli konudur. İşletme, bu iki bölge arasındaki araç geçişlerini her türlü senaryoya göre başarabilmelidir. Metro depo sahasının içinde ya da metro hattı ile arasındaki bağlantı yolunda herhangi bir yerde oluşabilecek arıza ve aksaklıklarda, diğer işletme senaryolarına geçilerek farklı güzergahlar üzerinde araç geçişleri sağlanmalıdır ve metro depo sahasının ulaşım güvenilirliği korunmalıdır.

Yangın önlemleri de işletmenin göz önünde bulundurması gereken bir konudur. İtfaiye yönetmeliklerine uygun, yerel itfaiye müdürlüklerinden onay ve izinleri alınmış, yangına karşı tam donanımlı bir depo sahası yapılmalıdır. İşletmenin yangın durumu için bir işletme senaryosu da bulunmalıdır. Yangının çıkabileceği yerlere göre can güvenliğini sağlayacak ve mal kaybını en az düzeye indirecek emir ve atamaları verebilmelidir. Ayrıca itfaiye yönetmeliklerinde istenen karayolu

geometrik koşulları ve istenen tesisler de metro depo sahasında bulunmalı, acil durumlarda ekiplere kolaylık sağlanmalıdır.

Bakım ve onarım için gerekli olan donanım ve gereçlerin sağlanması, bu donanım ve gereçlerin metro depo sahasına ulaşımı iyi bir biçimde örgütlenmelidir. Malzeme deposunun işletimi ne kadar verimli olursa, bakım ve onarım işleri de o kadar verimli olur ve bu verim de metro hattının işletimine yansır. Yalnızca metro depo sahası içerisindeki bakım ve onarım işleri değil, metro hattının bakım ve onarım işleri de depo sahasındaki araç gereçlere ve işletmeye bağlıdır. Metro hattının düzenli bakımlarının yapılabilmesi için gerekli olan hat bakım araçları ile yedek malzemeler metro depo sahasında bulunmalı ve gerektiği zamanlarda sağlanmalıdır.

İşletmenin en önemli görevlerinden biri de bakım ve onarım planlarını gereksinimler doğrultusunda hazırlamak ve yürürlüğe koymaktır. Üretimden gelen ve işletmeye alınan araçlar normal şartlar altında kullanıldıkça eskiyerek teklemeye başlar. Bu teklemelerin olması beklenmeden, araçlar bakıma alınarak, tamir ve düzeltmeleri yapıp yeniden işletmeye alınabilir duruma getirilir. Bazı durumlarda araçlar beklendiğinden daha kısa zamanda hata verebilir. Araçlar düzenli olarak takip edildiği durumlarda bu hataların farkına varılabilir ve önemli bir can ya da mal kaybı olmasının önüne geçilir. Bu araçlar da bakıma alınarak, tamir ve düzeltmeleri yapıp, yeniden işletmeye alınabilir duruma getirilir. Ömrünü tamamlamış araçlar ise, ıskartaya çıkartılmalıdır. Her bir araç için bu adımlar düzenli olarak takip edilmeli, bakım ve onarım planları bu bilgiler ışığında hazırlanmalıdır.

3.3 Atölye Binası ve Bakım Hizmetleri

Araçların ve parçalarının kullanım ömürlerini uzatmak, kusursuz ve güvenli bir şekilde işletmek için, araç bakımlarının yapılması önemlidir. Bakımlar, koruyucu bakım etkinliği yüksek bir şekilde yapılarak parça ve donanımların her zaman kusursuz bir şekilde hizmete hazır olması sağlanmalıdır. Böylelikle depo sahasının iş yükü hafifler ve işletmede güvenle kullanılabilen gelir getirici araç sayısının en üst düzeyde tutulması sağlanır. Metro araçlarının bakımı ve onarımı, sistemin diğer tesislerinin bakım ve onarımı, diğer hizmetlerin yürütülmesi için gerekli olan tesisler metro depo sahası içinde ele alınmalı ve ortak işler bir yerde toplanmalıdır.

Araç bakımları; günlük bakımlar, planlı koruyucu bakımlar, plansız düzeltici bakımlar ve planlı ağır bakımlar olmak üzere dört ana başlıkta incelenebilir. Modern araç bakım kavramı, planlı koruyucu bakımları ön planda tutan, gerektiği durumlarda plansız düzeltici bakımları da gerçekleştiren, ancak en az düzeyde tutmaya çalışan bir kavramdır. Bu şekilde daha etkili, verimli, ekonomik ve güvenilir bir işletim yapılmış olur.

Günlük bakımlar; gece gelir getirici işletmeden gelen araçların sabah gelir getirici işletmeye çıkana kadar olan sürede yapılan güvenlik ve işlevsel testlerinin yerine getirildiği ve eksik bir şeyi varsa tamamlandığı bakımlardır. Ayrıca başka bir bakım türünden çıkan araçların tamamı da günlük bakımdan geçerler. Günlük bakımda; ATC, telsizler, aydınlatmalar, HVAC, kapılar, alarm ve uyarı sistemleri, iç ve dış temizlik denetimi, sürüş ve fren testleri ile tespit edilen küçük arızaların giderilmesi (lamba değiştirme vb.) gibi muayene ve testler yapılır.

Planlı koruyucu bakımlar (periyodik bakımlar); hasarların önlenmesini, iş gücünün azaltılmasını, metro sisteminin planlanan gelir getirici süresinin sağlanmasını ve arttırılmasını sağlayan, zamanında ve bakım yönergeleri ile standartlarına uygun bir şekilde yapılan bakımlardır. Bu bakım kapsamında; inceleme, parça ve donanım ömürlerinin tahminini yapma, ölçümler ile belirlenmiş değerlerle karşılaştırma, ayarlamalar, sistematik temizlikler, hareketli parçaların yağlanması işlemleri yapılır. Planlı koruyucu bakımlar kilometre bazında ve parça bazında yapılmaktadır.

Plansız düzeltici bakımlar; planlı düzeltici bakımlarda yapılan işlemlerin aynılarını kapsamaktadır. Aralarındaki tek fark; plansız düzeltici bakımların, belirsiz zamanda ortaya çıkan arıza ve hasarlar nedeniyle uygulanmasıdır.

Planlı ağır bakımlar; belli bir kilometre yol katetmiş araçların hasarlarını gidermek, değiştirilmesi gereken parçaları değiştirmek ve araçların bütün bileşenlerini ayrıntılı olarak incelemek gibi işlemleri kapsamaktadır. Ağır bakımda araçlar kaldırılarak ya da araçların altında bakım çukurları yapılarak bakım hizmetleri de verilir.

Atölye binası ve hizmetler için ayrılmış hatlarda denetim, tamir ve yenileme, bakım ve onarım, günlük bakım ve temizlik gibi hizmetler verilir. Atölye binası ve araçlara verilen hizmetlerin uygulandığı demiryolu hatları ve bunların sayıları, depo sahasında bulunan araç sayısına bağlıdır [19]. Metro depo sahasını kullanacak araç

sayısına bağı olarak da atölye binası içinde ve dışında verilen bakım hizmeti hatları değişim göstermektedir.

Atölye binası içerisinde bakım ve onarım işlemlerinin yapıldığı bazı donanımlar bulunmaktadır. Bunların başında gelen; araç yıkama ünitesi, yeraltı tekerlek tornası tezgahı, boji indirme tablası (drop table), boji döner tablaları (turn table), hareketli kaldıraçlar, boji yıkama ünitesi, atık filtreleme ve ayrıştırma tesisi, aydınlatmalar, makineler, el aletleri, test makineleri, sütunlu matkap, universal torna tezgahı, universal freze tezgahı, ayaklı taşlama tezgahı, hidrolik pres, tekerlek sökme takma presi, boji manipülatörü, dengeleme (balans) tezgahı, parça yıkama makinesi, toz emme kabini, gezer köprülü vinçler, pergel vinçler, hareketli kaldırma liftleri, forkliftler, uzaktan kumandalı manevra aracı, boyama ekipmanları gibi araç ve gereçler tasarım sırasında dikkate alınarak, atölye binası içinde işletmeyi en verimli şekilde kullanmaya yönelik olarak tasarımlar yapılmalıdır. Araçların fiziksel boyutları, araç sayısı ve koruyucu bakım, ağır bakım, düzeltici bakım yüzdelerine göre depo sahasındaki bakım ve onarım tesislerini fiziksel boyutları belirlenmektedir. En yoğun olarak kullanılan araç yıkama hattının konumu seçilirken, yıkanacak araç dizisi boyu göz önünde bulundurularak, aracın yıkama öncesinde, sırasında ve sonrasında diğer hatları meşgul etmemesine özen gösterilmelidir.

DLH, atölye binasını aşağıda belirtilen şekilde çeşitli çalışma ve sorumluluk alanlarına bölmüştür:

- Küçük Onarım ve Önleyici Bakım / Muayene Bölümü,
- Ana Onarım Bölümü,
- İç Temizlik Alanı,
- Ana Üniteler Onarım Atölyeleri,
- Hat Bakım - Onarım Bölümü,
- Tesisat Alanı,
- Boji ve Büyük Ünite Depolama Alanı,
- Genel Depo Alanı,
- Ofisler,
- Yemek Salonları, Mutfak, Tuvalet, Duş ve Giyim Mekânları [13].

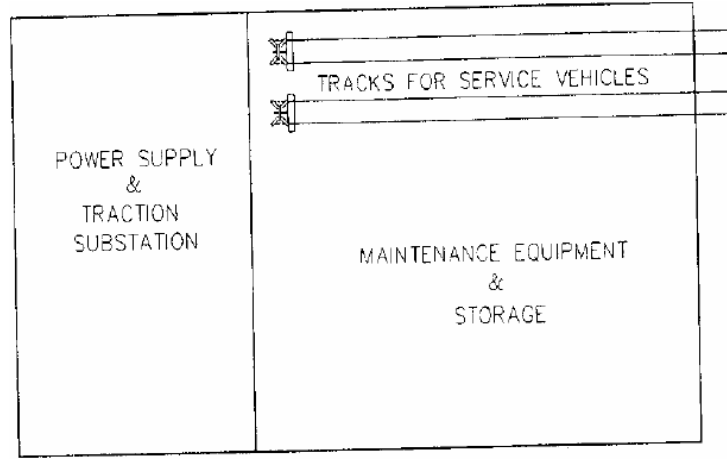
TS 12342’de bir metro atölyesindeki donanım ve yardımcı araçların bulunduğu alanlar, ana başlıklarıyla aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Onarım alanı,
- Muayene alanı,
- Vagon kaldırma ve onarım alanı,
- Boji ve büyük aksam depolama alanı,
- Vagon altını hava basıncı ile temizleme alanı,
- Boyama kabini,
- Tekerlek profillem alanı,
- İç ve dış temizlik alanları,
- Yardımcı sistemler koridoru,
- Genel depo alanı,
- Kumanda odaları,
- Konferans ve eğitim odaları,
- Cer ünitesi onarım işliğı,
- Özel takımlar donanımı,
- Yardımcı araçlar [14].

Metro depo sahasının kurulduğu arazinin durumu ve elverişliliğine göre tek taraftan girişli veya çift taraftan girişli atölye binaları tasarlanabilir. Ancak tek taraftan girişli yerine çift taraftan girişli atölye binaları daha çok tercih edilmektedir. Tek taraftan girişli atölye binalarında araçların arka kısmının bina dışında kalma olasılığı bulunmaktadır, çift taraftan girişli atölye binaları ise daha özgür çalışma alanı sunar ve bir tarafında aksaklık varsa diğer taraf kullanılarak iki adet tek taraftan girişli atölye binası varmış gibi çalışılabilir [20].

Atölye binası içinde ya da dışında yedek malzemelerin bulundurulduğu bakım araç ve gereçlerinin depolandığı bir malzeme deposu bulunmalıdır. Malzeme deposunda bulunan parça ve ekipmanların stok durumunu sürekli olarak izleyecek bir stok kontrol sistemi kurulmalıdır. Stok kontrol sistemi, Bakım Yönetim Sistemi (MMS) ile entegreli olmalı ve stok kayıtlarının tutulması, stok giriş ve çıkış tarihleri ile miktarlarının kayıtları, parça temin sürelerine göre talep ikazları ve parçaların maliyet fiyatları konularını da içermelidir. Bakım araçları ve kurtarma ekipmanları olan; raya bindirme teçhizatı (derayman cihazları), katener bakım aracı, ray taşıma makinesi, vinçli hat bakım aracı, vinçsiz hat bakım aracı, hat bakım vagoneti, ray kesme makinesi, kaynak sıyırma makinesi, ray ultrasonik cihazı, ondülasyon ölçüm

cihazı, hat geometrisi ölçüm cihazı, ray aşınma ölçüm aleti, ray profil ölçüm cihazı, teker profil ölçüm cihazı, makas gabari aleti, ekartman dever ölçüm aleti, trefonaj makinesi, ray delme makinesi, profil kesme makinesi, gönye testere ve karot delme makinesi gibi araç ve gereçler de gerek bu malzeme deposu içerisinde, gerekse malzeme deposu dışında ama malzeme deposuna ulaşabilir konumda bulunmalıdır. Bakım araçlarının, bakım gereçlerine ve yedek malzemelere ulaşabilmesi ve gereksinim durumunda hızlı cevap verilebilmesi için bu araç ve gereçler birbirlerine yakın konumlarda bulunmalıdırlar. Kopenhag metrosu depo sahasında bulunan I-Binası servis araçlarının park edildiği, kaldırma gereçlerinin bulunduğu, servis araçları için gezer köprü vincin olduğu ve malzeme deposunun bulunduğu bir binadır [18]. Şekil 3.1’de Kopenhag metrosu depo sahasında malzeme deposu olarak kullanılan I-Binası planı verilmektedir.



Şekil 3.1 : Kopenhag metrosu depo sahası I-Binası planı [18].

3.4 Araç Park Hatları

Araçların park edileceği hatların tasarımı yapılırken kapasite etkeni öncelikle dikkat edilecek bir etkidir. Metro depo sahasında park edilmek istenen araç sayısı ve araçların uzunlukları kapasiteyi belirler.

Park hatları bazı durumlarda kör hatlar olabilir, yani tek taraftan girişi olup diğer taraftan kapalı olan hatlar olabilir. Bazı durumlarda da her iki taraftan giriş yapılabilen park hatları tesis edilebilir. Bu iki durumda farklı yarar ve zararları bulunmaktadır. Tek taraftan girişi olan park hatları, tek tarafında makaslar ve yaklaşım hatları bulunduğu için daha az yer kaplarlar. Ancak bu yaklaşım hatları ve makaslarda oluşacak bir sorun durumunda, park hatlarına erişim engellenmiş olur ve

kullanım dışı olurlar. Ayrıca bu park hatlarının diğer ucu kör olduğu için hatların ucuna durdurucu tampon konulması zorunluluğu doğar. Çift taraftan girişi olan park hatlarında ise bir tarafta oluşabilecek sorun durumunda, park hattına diğer taraftan ulaşım sağlanabilmektedir. Ancak her iki tarafta bulunan yaklaşım hatları ve makaslar nedeniyle de daha fazla alan kaplamaktadırlar.

Araç park hatlarının yerleşimi yapılırken, araçların depo sahası içerisinde gereksiz hareketlerinden kaçınılacak şekilde tasarım yapılmalıdır. Park hatlarına geçiş yapılan makasların hemen önünde, depo sahası içindeki dolanım hatlarının her birine de ulaşım sağlanacak şekilde gerekli makaslar yerleştirilmelidir. Metro ana hattından gelen ya da atölyeden gelen araçların park hatlarına ulaşımını en kısa yoldan gerçekleştirebilecekleri bir tasarım tercih edilmelidir.

3.5 Metro Araç Özellikleri

Metro depo sahasının öncelikli amacı metro araçlarına hizmet vermek ve metro hattının bakımını gerçekleştirmektir. Bu nedenle metro araçları ile bakım ve onarım araçlarının özellikleri, metro depo sahasının tasarımında önemli etkiye sahiptir. Hat geometrisi, açıklık ve demiryolu hat işleri; karayolu-demiryolu araçları, balast düzenleme araçları, diğer bakım araçları ve yolcu araçları gibi araçlara bağlıdır [21].

DLH, metro araçlarının boyutları ile ilgili aşağıdaki değerleri vermektedir:

- Araç yüksekliği en fazla 3.66 m olmalıdır.
- Döşeme yüksekliği en fazla 1 m olmalıdır.
- Araç genişliği 2.65 m ile 3.25 aralığında olmalıdır.
- Araç uzunluğu 18 m ile 30 m aralığında olmalıdır.
- Partografli araçlarda pantograf çalışma yüksekliği 4 m ile 6 m aralığında olmalıdır [13].

Metro araçlarının statik gabarisi, durağan durumdaki araçların enkesit görünümünde kapladığı alanı tanımlamaktadır. Metro araçlarının dinamik gabarisi ise, aracın çeşitli durumlarda, yatay ve düşey kurplarda, deverde ortaya çıkabilecek tüm düşey, yanal ve döner kaymalarını içeren, enkesit görünümünde kapladığı alanı tanımlamaktadır. Araçlar bulundukları yatay ve düşey geometri unsurlarının özelliklerine göre değişik dinamik gabariler oluşturmaktadır. Metro depo sahasında yatay ve düşey karp değerleri daha düşük olduğu için, araç dinamik gabarileri daha büyük olmaktadır.

Hatların ve çevresindeki yapıların tasarımı ve yerleşimi yapılırken, dinamik gabariler dikkate alınmalıdır. Daha güvenli tasarım yapılabilmesi için, dinamik gabari ile diğer yapılar arasında güvenlik aralığı bırakılmalıdır. Yeri değişmeyen yapıların araç dinamik gabarisine olan uzaklığı 100 mm veya üzerinde olmalıdır [13].

Metro trenleri sabit kuplörler ile birbirine bağlanmış birkaç araçtan oluşmaktadır. Metro trenlerini oluşturan araçlar aşağıdaki şekilde üç gruba ayrılmaktadır:

- Treyler (T): Sadece yolcu taşımaya yönelik araç
- Kumanda bölmesiz motorlu araç (M): Hem çekme işlevine, hem de yolcu taşıma işlevine yönelik araç
- Kumanda bölmeli motorlu araç (MC): Hem çekme işlevine, hem de yolcu taşıma işlevine yönelik, bir tarafında sürücü kumanda bölmesi olan araç

Araç dizisinde bulunan, yukarıda geçen araçların kombinasyonu ve sayısı, metro depo sahası tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır. Araçların türüne göre araçlara yapılacak bakım hizmetleri değişebilmektedir. Özellikle motorların bulunduğu çekme işlevi bulunan tekerlekler ile frenleme işlevi bulunan tekerleklerde, diğer tekerleklerle oranla daha çok aşınma olmaktadır ve tekerleklerin yüzeyleri bozulmaktadır. Bu tekerlekler daha çok tornalama hizmeti almak zorundadır.

3.6 Karayolu Bağlantısı

Metro sistemleri diğer demiryolu ağlarından bağımsız ve ayrı oldukları için depo sahasına ulaşım yalnızca karayolu ile sağlanmaktadır. Yalnızca çalışanların ulaşımı değil, bakım ve onarım için gerekli olan gereçlerin malzeme deposuna ulaşımı, acil durumlarda müdahale edecek ekiplerin erişimi ve metro hattında işletilecek demiryolu araçlarının getirilmesi işlemleri de karayolu ulaşımı tarafından sağlanmaktadır.

Malzeme deposu, hem atölye binasındaki bakım ve onarım için kullanılan gereçlerin ve yedek parçaların hem de metro hattındaki bakım ve onarım için kullanılan gereçler ile yedek parçaların saklanması ve korunması için kullanılan bir metro depo sahası tesisidir. Bu tesiste saklanan ve korunan malzemelerin gereksinim halinde sağlanması ve ulaşımı karayolu üzerinden yapılmaktadır. Çoğu zaman getirilen araç ve gereçlerin büyüklüğü ve sayısı, tırlarla ulaşımlarını zorunlu kılmaktadır. Taşıma işi ve alım için olan karayolu araçlarının metro depo sahasına uygun giriş ve dolaşımı

sağlanmalı, bu alanlar asfaltla kaplanmalı ve metro depo sahası çalışanları ile ziyaretçileri için yeterli büyüklükte asfaltla kaplı otopark alanları tasarlanmalıdır [13].

Metro depo sahasında yangın ve benzeri acil durumlarda müdahale edecek ekiplerin ulaşımının uygun bir biçimde sağlanması konusu çok önemli bir konudur. Yangınla savaş ve benzer acil durum müdahalelerinin, depo sahasındaki önemli yapıların dış kısımlarına ulaşabilir olması sağlanmalıdır [22]. Bu nedenle, itfaiye araçlarının hareketlerini ve tesislere ulaşımını engellemeyecek şekilde karayolu tasarımlarının yapılması gerekir. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te, binalara ulaşım yolları ile ilgili aşağıda belirtilen bir takım ölçütler tanımlanmıştır:

- İtfaiye araçlarının yaklaşabildiği son noktadan binanın dış cephesindeki herhangi bir noktasına olan yatay uzaklık en çok 45 m olabilir.
- Ulaşım yollarının genişliği en az 4 m ve çıkmaz sokak bulunması durumunda en az 8 m olmalıdır.
- Ulaşım yollarının kurp bölgelerinde iç yarıçap en az 11 m, dış yarıçap en az 15 m, eğim en çok %6 ve düşey kurp en az $R=100$ m yarıçaplı olmalıdır.
- Serbest yükseklik, en az 4 m olmalıdır.
- Taşıma yükü 10 tonluk arka dingil yükü düşünülerek en az 15 ton olarak alınmalıdır [23].

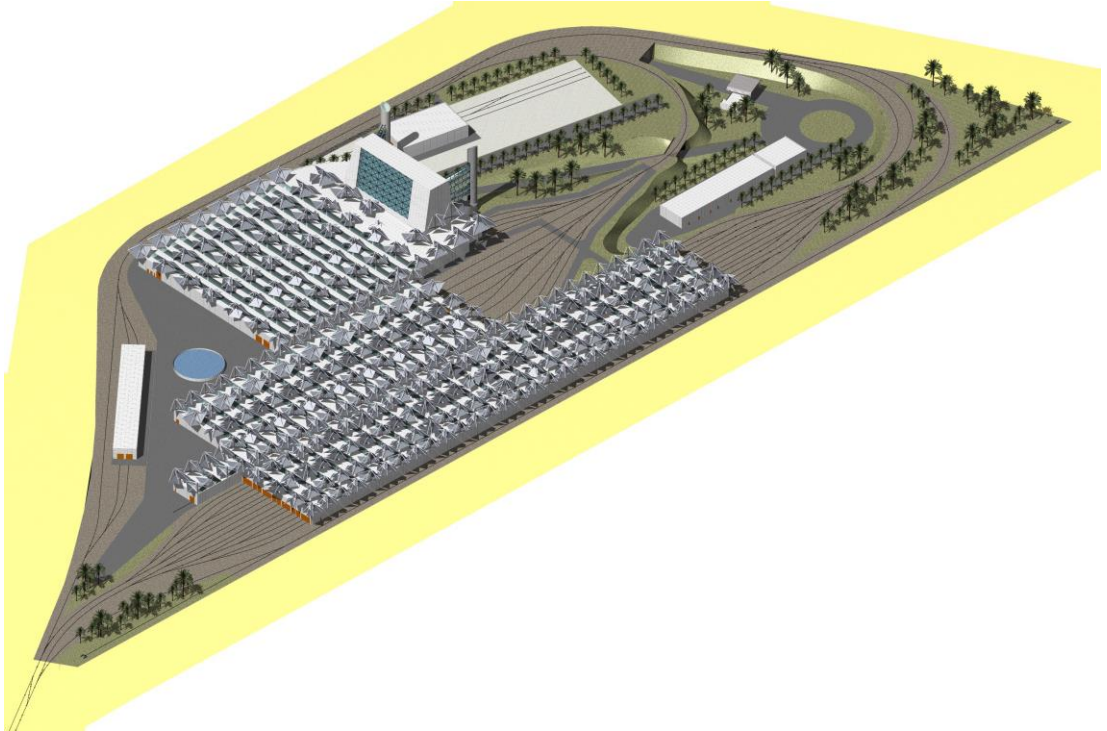
Metro sisteminin diğer demiryolu ağlarından bağımsız ve ayrı olması nedeniyle, yolcu taşıyan metro araçlarının metro ağına ulaşımı karayolu ile sağlanmaktadır. Metro araç dizilerinin çok uzun ve çok ağır olması nedeniyle araçlar körük bölgelerinden ayrılarak parça parça getirilip depo sahasında birleştirilmektedir. Ancak her bir aracın da uzun ve ağır olması nedeniyle, onları taşıyan tırlar da uzun ve ağırdırlar. Tırların uzunlukları nedeniyle hareketlerini sınırlandırmayan, ağırlıkları nedeniyle onları taşıyabilen, üzerinde çökme ve bozulmaların olmayacağı karayolları tasarım ölçütleri seçilmeli ve uygulanmalıdır.

3.7 Şehir ve Çevre Etkileşimi

Kurulacak tesisin şehir ve çevre ile etkileşimi, metro depo sahasının tasarımında ele alınan diğer önemli etkenlerden biridir. Metro ağları şehir içinde bulunduğu için metro depo sahaları da bu ağa en iyi şekilde hizmet verebilmek amacıyla şehir

içlerine, yerleşim yerlerinin bulunduğu bölgelere kurulmaktadır. Depo sahası planlanırken ulusal arazi kullanımı ilkeleriyle uyum içerisinde olduğu kanıtlanmalıdır [16]. Bulunduğu bölgenin imar planları ile de uyum içerisinde olmalıdır.

Bir depo sahası tasarımı yapılırken, tesisin çevre etki değerlendirmesi dikkatle hazırlanmalı ve değerlendirme sonucu çıkan can alıcı noktalara gerektiği özen gösterilmelidir. Çevre etkilerini dikkate almadan tasarım yapılmamalı, başka ölçütleri yerine getirmek için çevresel etki ölçütlerinden ödün verilmemelidir. Atıklar ve çöpler sınıflarına göre ayrılarak toplanmalı, atık yağlar tanklarda biriktirilmeli ve atıkların standartlara ve yerel yönetmeliklere göre atımı yapılmalıdır [13]. ANSALDO'nun Dubai şehri için yaptığı sürücüsüz metro sistemi teklifinde; atölye, depo sahası ve kumanda merkezinin estetik oluşunun yanında, çevre etkilerini azaltacak, işletme ve bakım işlevselliğini geliştirecek tasarımlara yer verilmiştir [24]. Burada da görüldüğü üzere, metro depo sahasının çevre etkileri, mimari tasarım ile işletme ve bakım işlevselliği kadar önemli bir konu olup, metro depo sahası ve tesislerinin tasarımını etkilemektedir. Dubai metrosu depo sahası yerleşim planı Şekil 3.2'de görülmektedir. Depo sahasının boş kalan bölümleri de peyzaj düzenlemesi yapılarak yeşillendirilmiştir.



Şekil 3.2 : Dubai metrosu depo sahası yerleşim planı [24].

Depo sahası çevresi aşağıdaki arazi kısıtlamalarını sağlamalıdır:

- Bitişik taşınmazlara ışık geçişi,
- Gürültü üretim ve azaltma ölçüleri,
- Arazi ve maddelerin geri dönüşümü koşulları,
- Arazi kirliliği ve araziden kaldırılması,
- Arazi hayvan ve bitki örtüsü ile ender bulunanlar ya da korunan türlere dikkat edilmesi,
- Demiryolu araç dizileri ve düzenlemeleri için yer yatağının jeodezik durumuna uygunluk,
- Depo sahası işletmesinde herhangi özel bir kısıtlama da dâhil işletmeye getirilen kısıtlar [7].

Şehir ve çevre sağlığını etkileyen, metro depo sahasının neden olduğu gürültü ve titreşim yayılımları, tasarımda dikkate alınmalı ve bunları azaltmaya yönelik önlemler alınmalıdır. Gürültü seviyelerinin denetimi için; kapalı alanlarda kullanılan havalandırma fanlarının, çalışan alet ve donanımların, tek ve çift tren geçişlerinin gürültü düzeyleri göz önünde bulundurulmalı ve ilgili yönetmeliklerde belirtilen değerlere uygun olmalıdır. Açık alanlarda gürültü seviyesini azaltmak için, ses perdeleri de kullanılabilir. Tipik bir raylı sistemde tekerlek, aks, araç ve raylarda zamana göre değişen kuvvetlerin oluşturduğu titreşimi kontrol altında tutmak için, özellikle hassas kullanımların yakınında titreşim, ilgili yönetmeliklerde belirtilen sınır değerler içinde tutulmalıdır. Bunun için yerleşim yerlerine yakın depo sahalarında, gerekli titreşim yalıtımı tedbirleri alınmalıdır. Balastsız hatlarda; beton ve ray temel kaidesi arasında elastik malzeme kullanılarak, ray hattı elastikliği sağlanabilir, titreşim ve gürültünün azaltılması için gerekli önlemler alınabilmektedir [13]. Çevresel gürültü ve çevresel titreşim öğeleri, genellikle eş zamanlı ortaya çıkan öğelerdir. Yakından geçen bir trenin neden olduğu bina titreşimi görüldüğünde, sıklıkla demiryolu gürültüsü de eş zamanlı olarak görülmektedir [25]. Gürültü ve titreşim etkileri hat tasarımında, titreşim yalıtım yöntemleri ve gürültü perdeleri gibi önlemlerle denetim altına alınmalıdır. Başarılı bir gürültü ve titreşim denetimi, tekerlek ve ray etkileşiminin gürültü ve titreşimin sorumlusu olması nedeniyle, hem hattı hem de araçları bir sistem olarak ele almalıdır [21].

Metro depo sahasının drenajı da çevre etkileri gözetilerek çözümlenmesi gereken bir konudur. Atölye binasındaki bakım çukurları ve bakım alanlarındaki drenaj sistemi yağmur suyu drenaj sisteminden ayrı bir sistem olmalı, gerekli durumlarda kimyasal arıtma tesisleri kurulmalı ve kirlenmiş sular yağ ayırıcı sistemlerden geçtikten sonra boşaltılmalıdır [22].

3.8 Metro Depo Sahası Bağlantı Yolu

Metro hattı ile depo sahasını birbirine bağlayan bağlantı yolları depo sahası tasarımındaki etkin öğelerdendir. Daha verimli bir işletme sağlanabilmesi için bağlantı yollarının olası bir arıza ve aksaklıklardan etkilenmeyecek şekilde tasarımı yapılmalı ve depo sahası hizmetleri aksamamalıdır.

Depo sahalarının çift taraflı giriş ve çıkışları olması daha iyidir, böylelikle girişlerden birini kapatan derayman ya da başka kazaların olması durumunda bile girişlerden diğerinin kullanımı ile demiryolundaki servis sağlanmaya devam edecektir [17]. Bu durum ulaşım güvenilirliğini artıran bir durumdur. Metro hattı ile depo sahası arasında tek bir bağlantı yolunun bulunması durumunda, metro hattından depo sahasına çekilecek araçların hat üzerinde beklememesi ve işletmeyi aksatmaması öncelikli olarak istenmektedir. Bunun sonucu olarak da bağlantı yolunun kullanım önceliği metro hattından gelen araçlarda olmaktadır. Bu durumda da metro depo sahasından çıkış yapacak araçlar beklemek zorunda kalmakta ve depo sahası çıkışlarında da kuyruklar meydana gelmektedir. Eğer çıkış bölgesinde araçların beklemesi için yeterli hat uzunlukları bulunmuyorsa, araçlar parklanma hatlarında beklemek zorunda kalır ve ana hatta geçmeleri gerektiği zamanda da geçiş önceliği bu araçlarda olduğu için, metro depo sahasındaki diğer araç hareketlerinde ve işletmede aksamalar yaşanır. Ayrıca tek bir bağlantı yolunun bulunması ve bu yol üzerinde de herhangi bir aksaklık ve arızanın olması durumunda, metro hattı ile depo sahası arasındaki araç geçişleri olanaksız duruma gelmektedir.

Bağlantı hatlarının metro depo sahasına giriş yaptığı bölgede farklı geçiş seçenekleri sağlamak amacıyla, geliş ve gidiş hatları arasında her iki yönlü geçişi sağlayacak makas ve bağlantılar bulunmalıdır. Bağlantı hatlarının birinde oluşabilecek aksaklık nedeniyle araç geçişleri diğer işlemekte olan bağlantı hattına aktarılabilir, metro depo sahası ulaşım güvenilirliği sağlanabilir.

3.9 Güvenlik

Metro yatırımları pahalı yatırımlar oldukları için korunmaları önemlidir. Giriş ve çıkışların denetim altında tutulması gerekir. Metro depo sahası, izinsiz giriş ve Vandalizme karşı korunmalı, bunun için bulunduğu arazinin çevresi insan erişimini engelleyecek düzeyde güvenlik önlemleri ile donatılmalıdır.

Güvenlik önlemleri, mal kayıplarının yanı sıra can kayıplarının da olmaması için yerine getirilmesi gerektiren bir konudur. Sürücüsüz metro sistemlerinde araçları kontrol eden ve ilerlediği yolu izleyen bir sürücü yoktur. Bu sistemde araçlar, sinyal sistemi ile kontrol merkezinden yönetilmektedir. Sinyal sistemi ise yalnızca sisteme girişi yapılabilen ve tanımlanabilen araçları algılayabilmektedir. İnsan hareketleri demiryolundan bağımsız olması ve insanların sisteme tanımlanabilir olmaması nedeniyle sinyal sistemi tarafından algılanamamaktadır ve sistemden ayrı tutulmalılardır. Bunu sağlamak için demiryolu hatları insan erişimini engelleyecek geçişlerle çevrelenmeli, gerekli durumlarda insanların sisteme girişini sağlamak için özel giriş noktaları içermelidir.

Metro araç dizileri ve bu dizilerin uzunlukları da tasarıma etki eden bir unsurdur. Duran araç ölçüleri ve hareketli araç ölçüleri etrafında güvenlik mesafesi bırakılarak diğer öğeler yerleştirilmelidir. Bununla ilgili ayrıntılar “Metro Araç Özellikleri” başlığı altında verilmiştir.

3.10 Elektromekanik Sistemler

Cer gücü gereksinimi, metro depo sahasına kurulan cer trafo merkezi ile sağlanmalıdır ve bu cer gücü ile alandaki araçların tahrik gücü karşılanmalıdır. Bunun için normal katener sistemi, rijit katener sistemi ya da üçüncü ray sistemi kurularak metro depo sahası hatlarındaki araçlar beslenebilir. Hatların yerleşimi yapılırken bu güç temini sistemleri ve donanımları dikkate alınarak hatların aralıkları belirlenmelidir.

Tam otomatik sinyalizasyon sistemi ile metro sisteminin trafiği sağlanmalıdır [13]. Sinyal sistemi, otomasyon derecesi göz önünde bulundurularak kurulmalıdır. Otomasyon derecesine göre sürücülü ya da sürücüsüz sistemler tercih edilebilir. Sürücülü sistemlerde, sürücünün görebileceği şekillerde sinyal işaretleri yerleştirilmeli ve hatların yerleşimleri de bu işaretlere göre planlanmalıdır.

Depo sahasının açık alanlarında ve binaların içinde güvenliğı sağlamak amacıyla renkli Kapalı Devre Televizyon (CCTV) sistemi kurulmalı ve görüntüler kesintisiz olarak dijital kayıt cihazına kaydedilmelidir [13]. Bunun için metro depo sahasında gerekli yerlere kameralar yerleştirilmelidir ve kameraların izlenip, denetlenmesi işlemleri kumanda merkezinden yapılmalıdır.

3.11 Altyapı

Demiryolu tasarımı yapılırken, altyapı için uygun malzemenin olup olmaması, bu malzemelerin yerleştirilişı, sıkıştırılışı ve şev eğimleri en ince ayrıntısına kadar üzerinde araştırılma yapılması gereken konulardır [26]. Demiryolu hatlarında yatay ve düşey sapma sınırları karayoluna göre çok düşük olduğı için ve yükleme yoğunluğu da karayolundaki yükleme yoğunluğuna göre daha fazla olduğundan, oluşabilecek zemin oturmalarının önüne geçilmelidir. Bunun için zeminde kullanılacak malzeme türü doğru seçilmeli ve doğru sıkıştırma yöntemleriyle zeminin sabitliği ve kararlılığı sağlanmalıdır.

Yeraltı suyu ve yüzey suyunun denetimi de altyapının önemli bir konusudur. Genellikle yol yatağı doğal zemin üzerine oturtulduğu için, suyun denetim altına alınması, zemin malzemesine göre altyapı katmanlarının belirlenmesinde çok önemli bir etkidir [26]. Arazideki yeraltı suyu seviyesi dengede tutulmalıdır. Böylelikle zemindeki yük dengeleri de sağlanmış olur ve yüzeydeki hatlarda oluşabilecek çökmelerin önüne geçilir. Yeraltı suyu seviyesinin düşmesi ile zeminde boşluklar oluşmaya başlar ve bu da zamanla yüzeyde çökmeye yol açar. Demiryolu hatlarının yapıldığı arazide yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması durumunda, zemin üstündeki yükleri taşıyamaz ve demiryolu hatları zeminin içine batmaya başlar. Yüzeydeki su ise, zemini aşındırabilir, zeminin yapısını bozabilir ve hatlarda çökmelere neden olabilir. Bunun önüne geçmek için yüzey drenajı iyi sağlanmalıdır; depo sahasındaki zemin ve alt balast yüzeyinin eğimli bir biçimde tesviyesi yapılarak, suyun akması ve bu suyun da yandaki drenaj kanalları aracılığıyla toplanıp, araziden uzaklaştırılması gerekir. Yerel jeolojik ve hidrolik özellikler, altyapı tasarımı yapılırken göz önüne alınmalı, yağmur ve sel suları işletmeyi etkilemeyecek şekilde yönlendirilebilmelidir [13].

Yukarıda belirtilen önlemler ışığında metro depo sahalarındaki dolgu ve yarma şev yüzeyleri ile drenaj kanalları şekillenmektedir. Metro depo sahası tasarımında,

arazinin kullanımı ve yerleşimi önemli bir etken olduğundan, şevler ve drenaj kanalları, tasarımı önemli ölçüde etkilemektedir. Şevlerin büyük yerler kaplaması ve kullanılabilir arazi alanını azaltması nedeniyle, şevler yerine çeşitli duvar uygulamaları da yapılabilir.

3.12 Üstyapı

Araçların üzerinde ilerlediği raylar ve rayların bağlı bulunduğu, raylardan gelen yükleri alarak zemine ileten yapılar demiryolu üstyapılarını oluşturur. Balastlı üstyapı ve balastsız üstyapı olmak üzere iki şekli vardır. Balastlı üstyapı; balast denilen agreganın gerektiği gibi tesviye edilerek içerisine oturtulmuş beton veya ahşap traverse takılan rayların birlikte oluşturduğu bir demiryolu üstyapı tipidir. Balastsız üstyapı; balast tabakası yerine, daha az şekil değiştiren beton, betonarme ya da asfalttan yapılan taşıma tabakalarının kullanıldığı bir demiryolu üstyapı tipidir.

Demiryolu üstyapısı aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır:

- Projede belirtilen en fazla araç yükünde ve en yüksek hızda statik ve dinamik kuvvetlerin etkisinden dolayı kalıcı şekil değişiklikleri olmayacaktır,
- Hat boyutları ile araç ölçüleri birbiriyle istenen hızda ve kabul edilen aşınma paylarında, güvenli bir seyir sağlayacak şekilde uyacaktır,
- Kurp yarıçapı, sistemin en yüksek hızını sınırlamayacak kadar büyük tutulacaktır,
- Kurplar; izin verilen hıza ulaşıldığında, dengeleme, yan ivme ve onun zamanla değişimi en az olacak şekilde tesis edilecektir. Gerekli olduğu takdirde deverler, dever rampaları ve geçiş eğrileri kullanılacaktır,
- Yüzey suları üstyapıdan kolayca uzaklaştırılacaktır [13].

Metro depo sahalarının, açık alanda veya kapalı alanda olmasına göre üstyapı tipi değişiklik göstermektedir. Açık alanlarda demiryolu hatları araziye oturduğu için balastlı üstyapı daha çok tercih edilmektedir. Kapalı alanlarda kurulan depo sahalarında ise, beton zeminin üzerine balastsız üstyapı ile rayların bağlanması daha çok tercih edilmektedir. Atölye binalarında da bina zemini betonarme olduğu için, balastsız üstyapı tipi kullanılmaktadır.

3.13 Hat Geometrisi

Hat geometrisi, metro depo sahasının tasarımı ve yerleşimine en çok etki eden etkindir. Hat geometrisinin tanıdığı sınırlar çerçevesinde depo sahası içindeki hatların yerleşimi yapılabilir, dolayısıyla da depo sahası içindeki tüm tesislerin yerleşimi bu durumdan etkilenir. Hat geometri ölçütleri ne kadar rahatsa, depo sahası içindeki hatların yerleşimi o kadar rahat tasarlanabilir. Hat geometri ölçütlerinin daha kısıtlayıcı ve sınırlandırıcı olması durumunda da, depo sahasına yerleşimde sıkıntılar çıkabilir ve daha geniş alanlara gereksinim duyulabilir. Hat geometrisi tasarımı yapılırken, bu hattı kullanacak araçların özellikleri dikkate alınarak uygun ölçüler seçilmeli, metro araçlarının dönemeyeceği kadar küçük yarıçaplı hatlar kullanılmamalıdır.

Bu çalışmada, hat geometrisi üç başlık altında incelenmiştir. Bunlar; yatay geometri, düşey geometri ve makas geometrisidir.

3.13.1 Yatay geometri

Yatay geometri, düz hat (aliyman) ve daire yaylarından (kurplardan) oluşmaktadır. Düz hattan kurplu kesimlere geçişte ya da bileşik kurplarda yolcu konforunu, üstyapıyı ve aracın korunmasını sağlamak üzere geçiş eğrileri kullanılır. Ancak depo sahalarında hızların ve konforun daha düşük olması nedeniyle, geçiş eğrilerine gerek duyulmaz. Bir geçiş eğrisi yerleştirilmek istendiğinde, hem kurp hem de aliyman üzerine yerleştirildiği için, bu geçiş eğrisinden sonra gelen aliyman üzerine yerleştirilen hat bileşenleri ve tesisleri ötelenmek zorunda kalacaktır. Metro depo sahasında geçiş eğrisinin kullanılması yerleşim sıkıntıları doğuracağından, kullanımı çok istenmemektedir.

3.13.2 Düşey geometri

Düşey geometri, sabit eğimli hat ve dairesel yaylarından (kurplardan) oluşmaktadır. Karayollarında, düşey geometride dairesel düşey kurplar kullanılabildiği gibi parabolik düşey kurplar da kullanılmaktadır. Ancak demiryollarında parabolik düşey kurplar yerine dairesel düşey kurpların kullanılması istenmektedir. Metro depo sahalarında eğimin olmadığı aynı kotta hatlar istense de, arazi koşullarına göre eğimli hatlar yapılmak zorunda kalınabilir. Böyle bir durumda eğimli hatların getireceği gereksinimler göz önünde bulundurulmalı ve karşılanmalıdır. Özellikle

arıza veya çalışmama durumlarında çekici araçlarla çekilen demiryolu araçlarının depo sahası içerisinde rahatlıkla gidebilmesi için, çekici araçların bu düşey geometri koşullarına uyumlu olması ve yeterli güce sahip olması gereklidir.

3.13.3 Makas geometrisi

Makas yapıları demiryolu sisteminin çok önemli bir bileşenidir. Makas yapıları, raylı sistemlerde bir hattan diğer hata geçişi sağlayan özel hat yapılarıdır. Demiryolu araçları; ize bağlı oldukları için, bir hattan ötekine geçmek için makas yapılarına gereksinim duyarlar. Depo sahalarında, az sayıda hattan, çok sayıda hatta çoğalma ve bölünme durumu söz konudur, bu nedenle depo sahalarında makaslara çok fazla gereksinim duyulur. Araç hızlarının düşük olması nedeniyle, depo sahalarında kullanılan makasların geometrik ölçütleri, ana hatta kullanılan makasların geometrik ölçütlerinden daha rahat ve esnek olabilir. Kesişme açısı daha büyük ve kurp yarıçapları daha küçük makaslar ana hat üzerinde kullanılamazken, depo sahasında kullanılabilirler. Bu rahatlık ve esneklik, aynı zamanda depo sahaları için de yarar sağlamaktadır. Daha rahat ve esnek geometrik ölçüleri olan makaslar, daha az alan kaplar ve daha az alan içerisinde daha çok hata geçişleri sağlar. Böylelikle depo sahalarındaki hatların planlanması ve yerleşimi daha kolay yapılabilir.

Depo sahalarında eğimli hatlar çok tercih edilmese de, bazı durumlarda eğimli hatlar yapılmak zorunda kalınabilir. Çok sayıda hattın ve makasın bulunduğu böyle bir alanda, düşey kurpların makaslar ile çakışması durumundan kaçınmak pek mümkün olmayabilir. Böyle bir durumda, makaslar hat üzerinde düşey kurpların olduğu bölgelere koyulmak zorunda kalır. Zor koşullar altında, makas bölgelerinde sadece tepe düşey kurp kullanılabilir, ancak dere düşey kurp kullanılamaz [27].

4. METRO DEPO SAHASI TASARIM ÖLÇÜTLERİ

Demiryolu tasarımı yapılırken, bütün demiryolu bileşenlerinin dikkate alınıp, daha önceki deneyim ve uygulamalardan yararlanılarak hazırlanmış ölçütlere göre tasarım yapılmalıdır. Ölçütlerin seçilmesi ve belirlenmesinde, metro depo sahası tasarımını etkileyen etmenler de dikkate alınmalıdır.

Metro depo sahası tasarımına ilişkin ölçütler, bu tez çalışması kapsamında üç ana başlık altında incelenmiştir. Bu üç ana başlık şu şekildedir:

- Metro hattı tasarım ölçütleri
- Atölye yapıları tasarım ölçütleri
- Çevresel gürültü ve çevresel titreşim ölçütleri

Metro depo sahası içindeki demiryolu hatları ile atölye binası ve bina içindeki yapıların tasarımı yapılırken bu ölçütler göz önünde bulundurulmalıdır.

4.1 Metro Hattı Tasarım Ölçütleri

Demiryolu sistemlerinde, çoğunlukla taşıma yapılan ana hatlar için kısıtlamalar ve ölçütler konulmaktadır. Ana hatlarda işletme hızı daha yüksek olduğu için ve konfor arandığı için, depo sahalarındaki hat geometrisi göz ardı edilebilmektedir. Ancak depo sahası tasarımı ve yerleşiminde, hatların geometrik ölçütleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle metro sistemleri, yoğun yerleşimin olduğu şehir ve bölgelerde kurulduğu için, metro depo sahaları da bu yoğun yerlerde kurulmak durumundadır. Depo sahalarındaki demiryolu hatlarının yerleşimi, geometrik ölçütler doğrultusunda şekillendiği için, depo sahalarına özgü hat geometrisi ölçütleri bu durumlar göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Ölçütler belirlenirken, araçlarda ve hat üzerinde, arızalar, kazalar ve bakım onarım sorunları oluşturmayacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir.

Ülkemizde hat tasarımı için belirlenmiş ve kullanımda olan bazı ölçütler vardır. Çizelge 4.1’de TÜRSİD’in metro hatları için belirlemiş olduğu tasarım ölçütleri

bulunmaktadır. Çizelge 4.2’de ise DLH’nin metro depo sahaları için belirlemiş olduğu tasarım ölçütleri sıralanmıştır.

Çizelge 4.1 : Metro hattı tasarım ölçütleri [28].

Konu	Tercih	Mutlak
Yatay Kurp		
En küçük yatay kurp yarıçapı-cari hat	300 m	110 m
En küçük yatay kurp yarıçapı-istasyon	düz	1500m
En küçük yatay kurp yarıçapı-depo hat	80 m	50 m
Kurplar arası aliyman veya developman uzunluğu	0,5xV	30 m
En küçük parabol boyu ($V > 50 \text{ km/sa.}$)	$0,01 \times V \times d$	$0,006 \times V \times d$ veya 30 m
En küçük parabol boyu ($V < 50 \text{ km/sa.}$)	$400 \times d$	$300 \times d$
Peron başlarındaki en küçük aliyman uzunluğu	25 m	10 m
Makas başlarındaki en küçük aliyman uzunluğu - cari hat	10 m	5 m
Makas başlarındaki en küçük aliyman uzunluğu - depo hattı	6 m	4 m
Dever		
Cari hatta en büyük dever	150 mm	165 mm
Cari hatta en küçük dever	20 mm	
İstasyonda en büyük dever	0	60 mm
Yanal ivme	$0,65 \text{ m/sn.}^2$	1 m/sn.^2
En büyük dever eksikliği - cari hat	130 mm	150 mm
En büyük dever eksikliği - depo hattı	0	110 mm
En büyük dever değişim oranı	35 mm/sn.	50 mm/sn.
Eğim		
Cari yolda en büyük eğim	%3,5	%4
İstasyon, tali, depo yolunda en büyük eğim	0	%0,5
Bakım atölyesinde eğim	0	0
Düşey Kurp		
İstasyon ile düşey kurp ara mesafe	25 m	10 m
En küçük düşey kurp yarıçapı	$0,5 \times V^2$	$0,25 \times V^2$, 2000 m
Makasta (tepe kurp)	5000 m	3000 m
Makasta (dere kurp)	3000 m	2000 m
En küçük düşey kurp boyu	$30 \times D$	60 m
Kurplar arası sabit eğimin en küçük boyu	$0,4 \times V$	$0,1 \times V$
Yatay ve düşey kurplar birlikte ise en küçük düşey kurp boyu	$60 \times D$	90 m
Düşey kurp ile makas arasında en küçük mesafe	10 m	5 m

V:proje hızı (km/sa), D: eğimlerin cebirsel farkı (%), d:dever (mm)

Metro hat tasarımında EN 13803-2:2008 normu kullanılabilir.

Ters yönlü iki kurp durumunda kurp parabolleri arasına bir aliyman yerleştirilir. Aliyman uzunluğu en az 40 m veya iki geçiş eğrisinin toplamı kadar olmalıdır. Eğer aliyman mümkün değilse iki parabol ortak bir başlangıç noktası ve aynı eğri değişimi olacak şekilde birleştirilir.

Aralarında aliyman olmayan iki bileşik kurp arasında geçiş eğrisi boyu $l = 0,006 \times V \times (dl + d2)$ olmalıdır. Eğer $dl - d2 < 20 \text{ mm}$ ve $l < 17 \text{ m}$ ise geçiş eğrisine gerek yoktur.

Çizelge 4.2 : Metro depo sahası hatlarının tasarım ölçütleri [13].

Konu	Değer
Tasarım hızı	15 km/sa.
En küçük yatay kurp yarıçapı	80 m
Makas başlarındaki en küçük alıyman uzunluğu	5 m
En büyük dever	0
Depo içi iletim hatlarında en büyük eğim	%1,5
Atölye hatlarında en büyük eğim	0
Bakım hatlarında en büyük eğim	0
Park hatlarında en büyük eğim	0
En küçük düşey kurp yarıçapı	2000 m
Makasta en küçük düşey kurp yarıçapı	5000 m

Demiryolu sistemlerinin hat tasarımında makasların da ölçütlerine dikkat edilmelidir. Makaslar özel demiryolu hat yapıları olduğu için standart makas tiplerinin dışındaki makas tipleri ile bu ölçütlerin dışındaki makas tiplerinin tercih edilmemesi gerekir. Yeni bir makas tipinin üretimi, hem tasarım, hem yapım, hem de yedek malzeme depolama konularında maliyeti yükseltir. Metro ana hatlarında 1/9 R 300, zorunlu durumlarda 1/7 R 190 ve depo sahalarında 1/7 R 140 yarıçaplı standart makaslar kullanılmalıdır [28]. Metro depo sahalarında kesişme açıları 1/4, 1/6 ve 1/7 olan makaslar kullanılmalı, tercihen sabit eğimli alıymanlar üzerinde kullanılmalı ve oluklu rayların olduğu yerlerde makas kullanılmamalıdır [13].

4.2 Atölye Yapıları Tasarım Ölçütleri

Metro depo sahasının temel amacı metro araçlarına denetim, tamir ve yenileme, bakım ve onarım, günlük bakım ve temizlik gibi hizmetler vermektir. Bu hizmetler için kurulan tesislerin başında atölye yapıları gelir. Bu nedenle atölye yapılarının tasarımı yapılırken ilgili ölçütlere uyulmalı ve atölyenin verimli çalışmasına engel olacak tasarımlardan kaçınılmalıdır. Hizmet verilecek araç sayısı ile orantılı olacak şekilde atölye bakım hatları sayısı belirlenmelidir. Rahat çalışma alanları sağlamak adına hatlar arası mesafeler, yönetmelik ve ölçütlerin altında kalmayacak şekilde düzenlenmelidir, atölye yapıları ile bütünleşik şekilde bütün bir tasarım yapılmalıdır. Çizelge 4.3'te TÜRSİD'in atölye yapılarında bulunmasını istediği mekanlar ve bu mekanların inşaat tasarım ölçütlerinin depo sahası tasarım ve yerleşimini etkileyecek unsurları sıralanmıştır.

Çizelge 4.3 : Atölye yapıları tasarım ölçütleri [28].

Mahal	Alan
Teknisyen odaları	5 m ² /kişi
Ağır bakım alanı	
Bakım kanalları	
Bakım platformları	
Elektrik-elektronik atölyeler	
Mekanik atölyeler	(Ekipman adedi x
İnşaat-hat bakım atölyeleri	0,5 m ²) + (Personel
Kaynak atölyeleri	Sayısı x 1 m ²)
Talaşlı imalat atölyeleri	150 m ²
Ahşap imalat atölyeleri	100 m ²
Boyahane-kaportahane	600 m ²
Yıkama	En az 5 dizi araç boyu
Araç üstü donanım yıkama	
Ana depo	2500 m ²
Atölye depoları	500 m ²
Islak hacimler	10 kişi/kabin sayısı, 1 engelli WC, lavabo adedi: kabin sayısı + 1
Soyunma-giyinme alanları	2 m ² /kişi
Dinlenme ve çay ocağı	1 m ² /kişi
Asansör	En az 1 adet, Yük asansörü
Isıtma merkezi	1 adet

Atölye binası içerisinde Çizelge 4.3'te bulunan mekanların en uygun yerleşimi yapılarak, atölye binasının metro depo sahası içerisinde kaplayacağı alan belirlenmeli, diğer tesislerle ve demiryolu hatlarıyla etkileşimine göre arazide konumu seçilip yerleştirilmelidir.

4.3 Çevresel Gürültü ve Çevresel Titreşim Ölçütleri

Metro ve metro depo sahalarında gürültü seviyesi ve gürültünün önlenmesi ile ilgili ölçütler, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği içerisinde yer alan maddeler ile belirlenmiştir. Bu ölçütlerle uyum içinde bir metro depo sahası tasarlanmalı ve tesis edilmelidir.

Raylı sistemlerden kaynaklanan gürültü seviyesi ve gürültünün önlenmesi için belirlenen ölçütler şu şekildedir [29]:

- Raylı ulaşım sistemlerinden çevreye yayılan gürültü seviyesi $L_{gündüz}$ 65 dBA, $L_{akşam}$ 60 dBA ve L_{gece} 55 dBA sınır değerlerini aşamaz.
- Raylı sistemlerin yer altından geçtiği kapalı alanlar ile yer üstünden geçtiği alanlarda; bekleme, iniş ve biniş platformlarında, istasyonlarda ve

havalandırma kanallarında zaman dilimine bağlı olarak oluşabilecek L_{eq} cinsinden çevresel gürültü sınır değerleri Çizelge 4.4'teki değerleri aşamaz.

- Raylı sistemlerin yer altından geçtiği yerlerde istasyon boş iken 500 Hz'de maksimum çınlama süresi proje hedef değeri için 1,4, kabul değeri için ise 1,6 saniye olur. Kent içi ve dışında raylı ulaşım sisteminin gürültüye hassas alanlardan geçtiği yerlerde gürültü perdeleme teknikleri dikkate alınarak etkin ve uygulanabilir tedbirler alınır.

Çizelge 4.4 : Raylı sistemler için çevresel gürültü sınır değerleri [29].

Mekân	Leq (dBA)
Yer altı gişeleri, merdivenleri, koridorları	55
Yer altında duran ve kalkan trenler (1,8 m'de)	80
Yer altında geçen trenler (1,8 m'de)	85
Yer altında çalışır durumda bekleyen trenler (1,8 m'de)	65
Yer altı istasyonu içinde havalandırma sistemi	55
Caddelerde havalandırma kanalları (9,0 m'de)	55
Yer altı istasyonunda acil havalandırma fanları (22,5 m'de)	80
Yer üstünde duran ve kalkan trenler (1,8 m'de)	70
Yer üstünde geçen trenler (1,8 m'de)	75
Yer üstünde çalışır durumda bekleyen trenler (1,8 m'de)	65

Çevresel titreşim değerleri seviyesinin belirlenmesi ve denetim altında tutulması ile ilgili ölçütler, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği içerisinde belirtilmiştir. Bu ölçütler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Binalarda titreşim sınır değerleri [29].

	Titreşim frekansı (Hz)	İzin verilen en yüksek titreşim hızı (rms değer-mm/s)
Konutlarda	1*	1,5
	8-100	0,3
Ofislerde	1**	3,5
	8-100	0,6

* 1Hz - 8 Hz arasında, 1,5 mm/s'den 0,3 mm/s'ye logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak azalmaktadır.

** 1Hz - 8 Hz arasında, 3,5 mm/s'den 0,6 mm/s'ye logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak azalmaktadır.

5. İSTANBUL ÜSKÜDAR-ÜMRANIYE-ÇEKMEKÖY METRO HATTI DEPO SAHASI TASARIMININ İNCELENMESİ

İstanbul'un gelişen ve büyüyen raylı sistemler ağına katılacak yeni bir metro hattı olan M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı, İstanbul'un Anadolu yakasında yer almaktadır. İşverenin İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Raylı Sistem Müdürlüğü olduğu, Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metrosu İnşaat ve Elektromekanik İşleri projesi kapsamında Depo Sahası ile Bakım ve Kontrol Merkezi projesi tasarımı bu tez çalışmasında detaylı olarak anlatılıp, incelenmiştir. İlk olarak M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı projesinin genel bilgileri verilmiştir. Ardından ihale dokümanlarında istenen depo sahası özellikleri incelenmiş ve anlatılmıştır. Daha sonra ihale dokümanlarında yer alan depo sahasının uygulamaya esas kesin proje tasarımları anlatılıp incelendikten sonra, tasarımda bulunan eksiklikler belirlenmiştir. Son olarak depo sahası için yeni bir tasarım geliştirilerek belirlenen eksikliklere çözümler sunulmaya çalışılmış ve tasarımda gelinen son nokta ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

5.1 M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metro Hattı

Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı, Üsküdar-Çekmeköy istasyonları arasında yer alan yaklaşık 17,8 km uzunluğundaki ana hat tünelleri, 2,8 km uzunluğunda depo sahası bağlantı yolu tünelleri, delme ve aç-kapa tipinde toplam 16 adet istasyonu, yaklaşık 2,8 km'lik depo sahası bağlantı tüneli, depo sahası, bakım alanları ve binaları bulunan bir raylı toplu taşıma sistemidir.

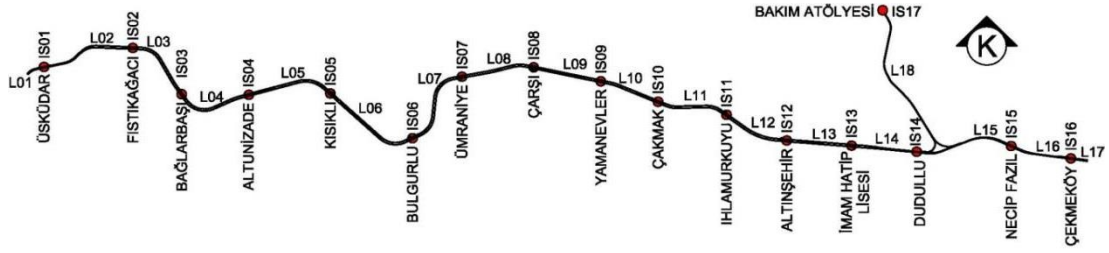
Hatta 126 adet araç hizmet verecektir. Metro hattı tamamlandıktan sonra Üsküdar-Çekmeköy arası 27 dakikaya inecektir. Hattın Üsküdar istasyonundan, Marmaray hattı Üsküdar istasyonuna aktarma yapılabilecek ve böylelikle Anadolu ve Avrupa kıtaları arasında rahat erişim imkânı sağlayacaktır. Aynı zamanda Altunizade İstasyonu ile Metrobüs hattına, tüm istasyonlarda da karayolu toplu taşıma sistemlerine erişim imkânı sağlayacaktır [Url-1].

Ana hat, Üsküdar Meydanında yapılacak olan Üsküdar İstasyonu'ndan başlar ve 17,8 km'lik güzergâh TBM ve NATM yapım tekniğiyle gerçekleştirilecek tüneller ile Çekmeköy İstasyonu'na ulaşır. Ayrıca ana hattın Dudullu bölgesinde sapılarak, 2,8 km'lik bağlantı yolu tünelleri ile depo sahasına ulaşılır.

Raylı sistem hattının, toplam 16 istasyonun, depo sahasının, bakım ve kontrol merkezinin:

- İnşaat işleri,
- İnce işleri,
- Giriş-çıkış yapıları,
- Demiryolu işleri,
- Elektrik temini ve dağıtımı,
- Sinyalizasyon,
- Kontrol haberleşme,
- Yardımcı tesisler,
- Yürüyen merdiven, yürüyen bant, asansör,
- Çevresel kontrol,
- Sistemle ilgili 24 ay süreli işletme ve bakım gözetimi hizmeti verilmesi,
- Depo sahasında ve Dudullu (yedek kontrol merkezi) İstasyonunda trafik kumanda merkezi kurulması ve donanımın temini,
- Tasarım hizmetleri dâhil tüm hattın yapım, temin, montaj, test etme ve işletmeye alma işleri bu proje kapsamında yapılacaktır.

Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy arasında hizmet verecek metro hattının yapımına 2012 yılında başlanmış, iş bitim tarihi olarak 20 Eylül 2016 tarihi verilmiştir. M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattındaki istasyonlar; Üsküdar, Fıstıkağacı, Bağlarbaşı, Altunizade, Kısıklı, Bulgurlu, Ümraniye, Çarşı, Yamanevler, Çakmak, İhlamurkuyu, Altınşehir, İmam Hatip Lisesi, Dudullu, Necip Fazıl, Çekmeköy istasyonlarıdır. İstasyonlar 8 araçlık diziler halindeki trenlerin uzunluklarına uygun olarak hazırlanmaktadır. Projenin hat anahtar planı Şekil 5.1'de gösterilmektedir. Proje kapsamında uyulan hat tasarım ölçütleri de Çizelge 5.1'de verilmiş olup, parantez içindeki değerler zorunlu kalındığı durumlarda uygulanabilecek mutlak değerlerdir.



Şekil 5.1 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı anahtar planı.

Çizelge 5.1 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı tasarım ölçütleri.

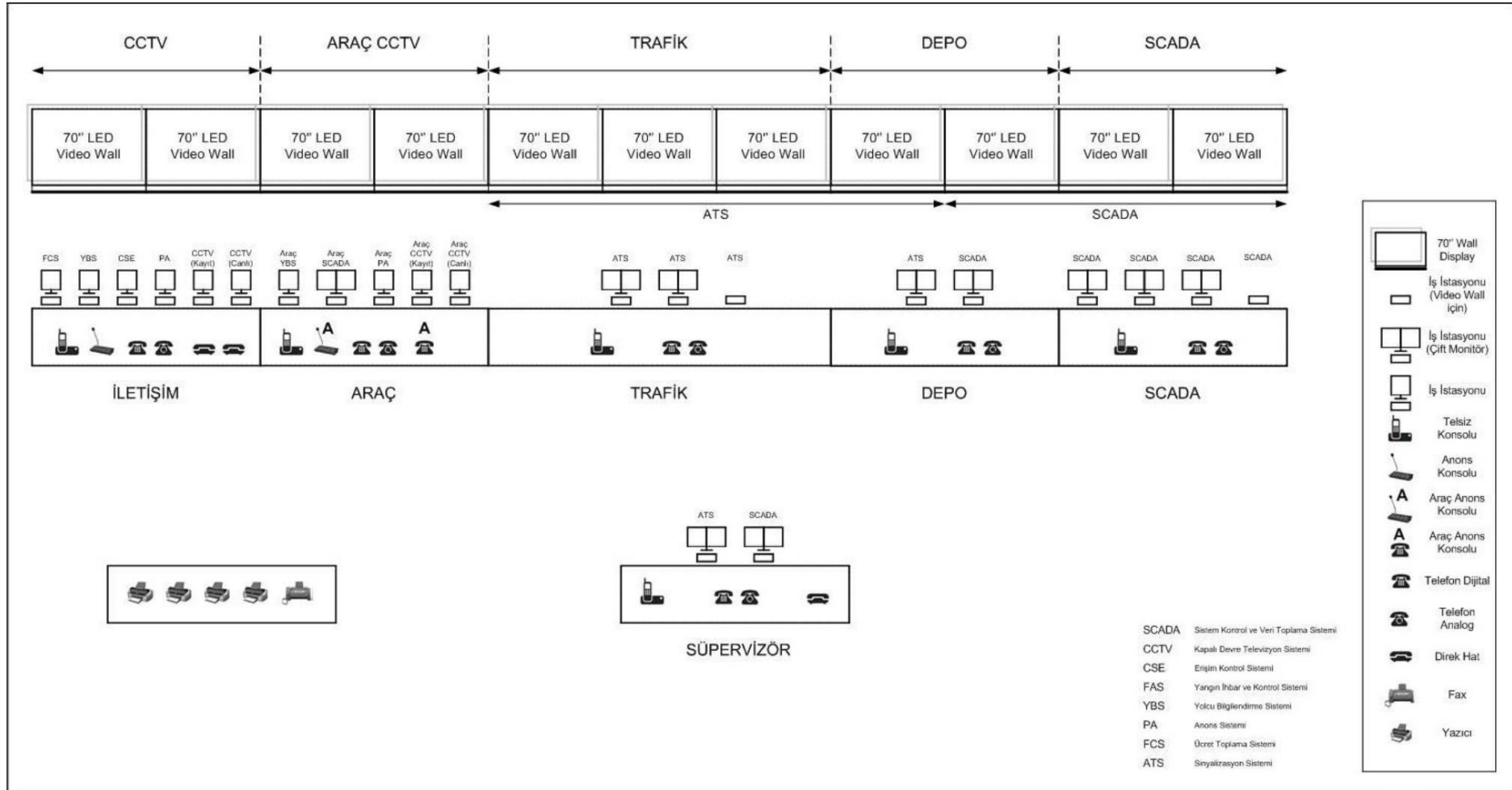
Konu	Değer
İşletme hızı (V)	80 km/sa.
Tasarım hızı (V_d)	90 km/sa.
En küçük yatay karp (R)	300 m (250 m)
En küçük düşey karp yarıçapı	5000 m (3000 m)
En küçük düşey karp uzunluğu	120 m (60 m)
En küçük geçiş eğrisi boyu	$0.006 \times V_d$
En küçük düz hat boyu	50 m (25 m)
En küçük karp boyu	50 m (25 m)
Makas sonrası mesafe	10 m (6 m)
En büyük dever	130 mm (150 mm)
En büyük dever eksikliği	90 mm (110 mm)
En büyük dever rampa eğimi	%0,2 (%0,25)
Eğim	%3,0 (%4,0)

M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı, ileri dönemlerde uzatılarak daha geniş bir alana hizmet vermesi planlanmıştır. M5 metro hattına Çekmeköy-Sancaktepe-Sultanbeyli metro hattı, Sultanbeyli-Kurtköy metro hattı ve Kurtköy-Sabiha Gökçen Havaalanı metro hattı eklenerek uzatılacaktır. Bu uzatmalarla; Meclis Mahallesi, Sarıgazi, Samandıra, Abdurrahmangazi, Sancaktepe, Veysel Karani, Hasanpaşa, Sultanbeyli Merkez, Gölet, Akşemsettin, Fuar Alanı, Kurtköy, Yenişehir, Teknopark ve Sabiha Gökçen Havaalanı istasyonları eklenerek istasyon sayısı 16'dan 31'e çıkarılması planlanmaktadır. Ayrıca Çekmeköy-Taşdelen metro hattı olarak; Çekmeköy istasyonundan ayrılan bir kol ile ek bir hat eklenmesi, bu hat kapsamında Sarıgazi, Aydınlar, Taşdelen istasyonlarının da sisteme dahil edilmesi planlanmaktadır. Bu eklentiyle beraber projenin son durumunda toplam 34 istasyonlu bir metro sistemi yapılacaktır.

Üsküdar, Fıstıkağacı, Altunizade, Bulgurlu, Çarşı, Çakmak, Altınşehir, Dudullu, Çekmeköy istasyonlarının her birinde ikişer adet 3300 kVA cer trafosu

bulunmaktadır. Hattaki istasyonların her birinde 400 V gerilimli iç tesisat trafoları yer almaktadır. Elektrik kesintilerine ve teknik bir arızaya karşı her trafonun yedeği ve jeneratörler ile aküler bulunmaktadır.

Sinyalizasyon sistemi; Kısıtlı Elle Kumanda (RM), Kabin Sinyalli Elle Kumanda (MCS), Tam Otomatik Sürücüsüz (UTO) işletme türlerine olanak sağlayacak olup, hareketli blok sistemi ile tasarlanmıştır. İletişim raylar üzerinden sağlanacak ve depo sahasında bulunan kumanda merkezinden SCADA sistemi ile hattın kontrolü ve denetimi sağlanacaktır. Çarşı istasyonunda yedek kumanda merkezi kurularak, depo sahasındaki kumanda merkezi ile aynı özellikleri içeren bir ATS sistemi tesis edilecektir. Yedek kumanda merkezi, ana kumanda merkezi ile aynı donanımlara sahip ve tam yedekli olarak tasarlanacak ve donatılacak olup, iki merkez bilgisayarları eşzamanlı olarak bilgi ve arşiv güncellemesi yapacak, merkezlerden birisi herhangi bir nedenle kullanılamaz hale gelse bile diğer merkez hiçbir bilgi veya işlev kaybı olmadan işletmeyi sürdürecektir. Şekil 5.2’de depo sahasında ve çarşı istasyonunda tesis edilecek kumanda merkezlerinin yerleşim planı gösterilmiştir. Hat, tam otomatik sürücüsüz sistemde işletilecektir ve istasyonlarda peron kenarlarına PAKS kurularak, yolcu güvenliği sağlanacaktır. Sinyalizasyon sistemi UTO işletim türünde enerji verimli sürüş ölçütlerine uygun olarak yapılacaktır. Bu açıdan Türkiye’de bir ilk olacak olan M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı ile dünyadaki yeni akıma ayak uydurulacaktır. Dünyada günümüzde, otomatik trenler ve istasyonlar milyonlarca insana ulaşmış durumdadır ve birçok işletmeci de hizmette esneklik sorunu ile işletme giderleri sorununu çözmek amacıyla otomatik sürücüsüz sistemlere yönelmektedir [30]. Sürücüsüz sistemin sağladıkları; kısa sefer aralığı, olağanüstü durumlarda sistem kapasitesinin hızlı uyumu, hattın bir kısmında işletmeyi azaltabilme becerisi, zirve saatlerde ve zirve saatler dışında gereksinime uygun servis ve otomatik güvenlik denetim sistemi olarak sıralanabilir [15]. M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı da sürücüsüz sistemin sağladığı bütün bu yararları içerisinde barındıracaktır. Dünya üzerinde sürücüsüz sistemle işletilen metro uygulamaları bulunmakta ve yaygınlaşmaktadır. Bu uygulamalar günümüzde de hizmet etmeye devam etmektedir. İtalya’nın Torino kentinde, İtalya’nın ilk sürücüsüz metro sistemi kurulmuştur ve sistem başarılı bir şekilde işlemeye devam etmektedir [15]. Danimarka’nın Kopenhag kentinde de ATC sistemi ile işletilen sürücüsüz bir metro hattı bulunmaktadır [18].



Şekil 5.2 : Kumanda merkezi yerleşim planı.

Ana hat ve depo bağlantı hatlarında doğrudan tespitli üstyapı sistemi, depo sahasında da balastlı üstyapı sistemi kullanılacaktır. Atölye sahasında kendine özgü ray tespit sistemi kullanılacaktır. Ana hat ve depo sahasında, ray profili 54 E 1'e uygun olacaktır. Atölye sahasında betona gömülü ray montajının ve yalıtımın özel şekilde düzenlenmesi sureti ile aynı tip ray kullanılacaktır. Makaslar, ana hat ve depo bağlantı hatlarında 1/9 R 300 ve 1/7 R 190 makasları ve bu makasların parçalarından, depo sahasında 1/7 R 140 makas ve bu makasın parçalarından oluşmaktadır. Hattın her iki ucunda bulunan kuyruk tünellerinin sonunda durdurucu tamponlar tesis edilecek, böylelikle oluşabilecek kazaların önüne geçilecektir. İnsanların maruz kaldığı çevresel gürültü ile titreşim yayılımlarını denetim altına alabilmek için, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği esas ve usullerine uygun tesisler yapılacaktır.

Hattın yapımı tamamlandığında, Üsküdar istasyonundan Marmaray ve İDO hatlarına, Altunizade istasyonundan Metrobüs hattına aktarma yapılabilecektir. Şu anda tasarım aşamasında olan Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı ile Göztepe-Ataşehir-Ümraniye metro hattı tamamlandığında; Çarşı ve Dudullu istasyonlarından bu hatlara aktarma yapılabilecektir.

M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattının özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı özellikleri.

Konu	Değer
Hat uzunluğu	17,8 km
İstasyon sayısı	16
Araç sayısı	126
Araç tipi	CAF
Yolculuk süresi	26 dk.
İşletme saatleri	06:00 / 00:00
En büyük kapasite (tek yön)	1.080.000 yolcu/gün
En küçük sefer aralığı (teorik)	90 sn.
En küçük sefer aralığı (pratik)	120 sn.
Peron uzunlukları	140 m
Sinyalizasyon	ATO, UTO
Elektrifikasyon	Rijit Katener
Hat Voltajı	1500 V DC
Cer trafo sayısı	18
Kazı yöntemleri	TBM, NATM, Aç-Kapa

5.2 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metro Hattı Depo Sahası

Metro depo sahası, bakım ve kontrol merkezinin projeleri İstanbul ilinin Ümraniye ilçesindeki Aşağı Dudullu mahallesinde, Şile Otoyolu'nun kenarında bulunan 1 pafta, 1-3 parsel yanındaki devlet arazisi içinde projelendirilmiştir. Tesis yalnızca araç parklanması ve araç bakımı hizmetleri değil, işletme ve kumanda merkezi hizmetleri de vermek üzere planlanmıştır.

M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı projesinin parçası olan depo sahası yalnızca bu proje kapsamında yapılacak olan metro hattına değil, ileride yapılacak eklemeler ve yeni metro hatlarına da hizmet verecek şekilde planlanmıştır. İleride yapılacak eklemeler bir önceki bölümde anlatılmıştır. Bu eklemelerin yanı sıra, Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı ve Göztepe-Ataşehir-Ümraniye metro hattı da bu depo sahasını kullanacaktır.

Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı, depo sahasını; günlük bakım, iç ve dış temizlik, hafif bakım, ağır bakım, parklanma ve işletme gibi bütün hizmetlerinden yararlanarak kullanacaktır. Göztepe-Ataşehir-Ümraniye metro hattının ise depo sahası ile doğrudan bir bağlantısı bulunmamaktadır. Her iki metro hattının Göztepe semti yakınlarında bir bağlantı hattı ile birbirleri arasında geçiş olanakları bulunmaktadır. Bu hattaki araçlar; günlük bakım, parklanma, iç ve dış temizlik gibi hizmetlerini kendine ait yeraltı depo sahalarında karşılayacaktır. Geriye kalan hafif bakım, ağır bakım ve işletme gibi hizmetleri ise bu bağlantı hattı aracılığıyla, Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahasından karşılayacaktır.

Yapılacak olan uzatmalar ile eklenecek yeni metro hatlarının tamamına ve ileriki tarihlerde yolcu taleplerinin artması ile çıkacak yeni gereksinimlere karşılık verecek bir depo sahasının tasarlanması amaçlanmaktadır. Kullanımda olan depo sahası tesislerini geliştirmek ve gerekli olan değişiklikleri yerine getirebilmek için eklenebilecek yeni elverişli arazilerin uygunluğu, yasal planların gereksinimleri ve yeni demiryolu araç hareketlerinin depo sahasına etkileri değerlendirilmelidir [16]. Metro ağlarının iyi planlanması ile bu gibi ileri dönemlerde ortaya çıkacak gereksinimler ilk tasarım aşamasında göz önüne alınabilir. Aynı depo sahasını kullanan ve sürücüsüz sistemde işletilen farklı metro hatlarının dünya üzerinde başka örnekleri de bulunmaktadır. ANSALDO sürücüsüz sistem ürünlerinden olan Milan

M5 metro hattı; parklanma, temizlik ve hafif bakım hizmetlerini kendi depo sahasında karşılasa da, ağır bakım hizmetlerini M1 ve M2 metro hatlarının var olan metro depo sahası tesislerinden karşılamaktadır [24]. İtalya'nın ilk sürücüsüz metro hattı olan Torino şehrindeki metro hattı için ilk ihaleye çıkıldığında kapsamda, 9 km uzunluğunda yeraltı hattı ve 15 adet istasyon bulunurken, metro depo sahası ileride yapılması planlanan eklemelerle birlikte 25 km hat ve 33 adet istasyona hizmet verebilecek şekilde tasarlanmış ve ihale kapsamına alınmıştır [15]. Diğer bir sürücüsüz metro hattı olan Kopenhag metrosunda, depo sahası otomatik ve elle kumanda sürüşleri olmak üzere bölümlere ayrılmıştır, otomatik sürüş alanında araçlar ATC sistemi ile denetlenip kontrol edilmektedir [18].

Depo sahasında üstyapı tipi olarak, balastlı üstyapı sistemi, atölye sahasında kendine özgü ray tespit sistemi kullanılacaktır. Yolda balast kalınlığı; travers altında (ray altına denk genel kısımdan yapılan ölçüye göre) en az 30 cm en çok 50 cm, balast banket genişliği travers başlarında 30 cm olacak şekilde yapılacaktır. Ray profili 54 E 1'e uygun olacaktır. Atölye sahasında betona gömülü ray montajının ve yalıtımının özel şekilde düzenlenmesi sureti ile aynı tip ray kullanılacaktır. Traversler, beton travers olup, en fazla 16.500 kg dingil yükü olan demiryolu araçlarını taşıyacak şekildedir. Makaslar, depo sahasında 1/7 R140 makas ve bunların parçalarından oluşmaktadır. Depo sahası açık arazide bulunduğu için, uygun yüzey suyu drenajı ile altyapı sistemleri kurulacaktır. Parklanma hatlarının tamamının sonunda durdurucu tamponlar tesis edilecek, böylelikle oluşabilecek kazaların önüne geçilecektir.

5.3 İhale Dokümanındaki Uygulamaya Esas Kesin Proje Tasarımı

Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahası için, ihaleden önce tasarım çalışmaları yapılmıştır. Tasarımlar, uygulamaya esas kesin proje aşamasına kadar tamamlanmış olup, ihale teklifleri bu tasarıma göre toplanmış ve yüklenici seçilmiştir. Ancak tasarımda bulunan birçok eksiklik ve yapım zorluğu nedeniyle, yeni bir tasarım çalışması başlatılmıştır.

Arazinin konumu, hizmet verilecek metro hatlarına uygun bir uzaklıkta bulunmaktadır. Ancak arazi topoğrafyası engebeli, doğal kotları yaklaşık 95 m ile 135 m arasında değişken durumdadır. Metro depo sahası tasarımı için verilen ölçütler ve standartlara göre bütün tesisler ve hatların eğimsiz bir alanda, aynı düzlem üzerinde olması tercih edilmelidir. Bu nedenle depo sahasının tamamı 103 m kotuna

tesviye edilerek yerleşim hazırlanmıştır. 103 m kotuna tesviye edilmesi sebebiyle, arazinin güneyinde 30 m yüksekliğinin üzerinde çıkan kazı alanları çıkmış ve bu bölgedeki toprak hareketini engellemek adına toplam 30 m yüksekliğinde 3 kademe halinde palyeli duvarlar yerleştirilmiştir. Bu yükseklikte kazı ve duvar yapımının zorlukları bulunmaktadır. İhale dokümanındaki uygulamaya esas kesin proje tasarımında depo sahasının güneyinde yer alan bu yapı, 3 katlı palyeli duvar olarak tasarlanmıştır. Duvarlar daha detaylı incelendiğinde, birbirlerine çok yakın olduğu ve tamamının toprağın kayma kamasının içinde olduğu gözlemlenmiştir. Depo sahasının uzun yıllar burada hizmet vereceği düşünülecek olursa, bu yükseklikteki duvarları uzun yıllar ayakta tutmak için çok yüksek maliyetlerin çıkacağı anlaşılmıştır.

İdari ve işletme alanları ile teknik alanlar, atölye binasının yanında ve binaya bitişik olarak, yaklaşık 5.540 m² kullanım alanı ile tasarlanmıştır. Bu depo sahasının ileride hizmet vermesi planlanan hatlar ve uzatmalarla birlikte, daha çok idari, işletme ve teknik alanlara gereksinimi olacağı göz önünde bulundurulduğunda, 5.540 m²lik alanın yetmeyeceği saptanmıştır. İhale dokümanlarında hazırlanmış olan idari, işletme ve teknik mahaller ile alanları, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4, Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.3 : İhale dokümanındaki kapalı atölyelerin mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Kaporta atölyesi	75
Kaynakhane	91
Boyahane	75
Bina donanım deposu	64
Hidrolik/Pnömatik atölye	71
Kompresör odası	36
Katener atölyesi	127
Akü odası	37
Klima atölyesi	37
EET elektronik atölye	91
EET elektrik atölyesi	91
Elektronik atölye	74
Elektrik atölyesi	151
Marangozhane	69
Arıza/düzeltilme atölyesi	37
Kuplaj/pantograf atölyesi	75
Boji atölyesi	75
Hat bakım atölyesi	91
Toplam	1126

Çizelge 5.4 : İhale dokümanındaki diğer kapalı mekanların mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Arıza/düzeltilme şefliği	37
Ağır bakım şefliği	37
Manevra odası ve vardiya amirleri	37
Güvenlik şefliği	37
Çay ocağı ve dinlenme odası	154
KGK odası	37
Kazan dairesi	76
Jeton	69
Revir	35
Bilgi işlem	56
Kütüphane ve arşiv	207
Soyunma odaları	69
Duş ve WC'ler	56
Toplam	907

Çizelge 5.5 : İhale dokümanındaki yedek malzeme ambarının mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Yedek parça ambarı	732
Büro	37
Toplam	769

Çizelge 5.6 : İhale dokümanındaki diğer tesislerin mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Başmüdür ofisi	57
Sekreter ve bekleme odası	21
VIP toplantı salonu	35
Duş	37
İşletim müdürü ofisi	49
İşletim şefi ve işletim planlama bürosu	57
Metro kumanda merkezi	171
Dinlenme odası	21
Sistem emniyet şefliği bürosu	37
Haberleşme odası	37
Sabit tesisler müdürü ofisi	49
Atölye müdürü ofisi	59
EET şefliği bürosu	57
İnşaat ve hat bakım şefliği bürosu	57
Mali ve idari işler müdürü ofisi	57
İdari işler - satın alma bürosu	57
Muhasebe ve personel bürosu	57
Eğitim şefliği bürosu	37
Güvenlik amiri odası	37
Hukuk şefliği	37
Çay ocağı	57
Havalandırma odası	38
Bayan mescidi	36

Çizelge 5.6 (devam) : İhale dokümanındaki diğer tesislerin mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Bay mescidi	181
Çok amaçlı salon	173
Mutfak	173
Yemekhane	980
Bayan WC	15
Bay WC	27
Toplam	2706

Malzeme deposu üzeri açık bir alanda bulunup, yaklaşık 7.000 m² alana yerleştirilmiştir. Trafo ve jeneratör, atık depo, oto bakım binaları depo sahasında atölye binasından bağımsız binalar olarak farklı alanlara yerleştirilmişlerdir.

Bakım atölyesi için, birinci aşamada 8 adet hat ve ikinci aşamada 2 adet hat olmak üzere toplamda 10 adet hat tasarlanmıştır. İkinci aşama atölye binası, ileride hizmet verilmesi planlanan yeni araçlarla birlikte kapasitenin de artırılması için planlanmıştır. Birinci aşama için tasarlanan atölye binası çift taraftan girişliyken, ikinci aşama için tasarlanan atölye binası tek taraftan girişlidir. Bu iki aşama binalarının birbirinden uzak olduğu dikkate alınacak olursa, hem ayrı ayrı kapladıkları alan açısından hem de işletme açısından sıkıntıların yaşanacağı anlaşılmaktadır. Araç yıkama ünitesi, birinci aşamada yapılacak atölyenin hemen önüne ve atölye hatlarından birinin üzerine yerleştirilmiştir. Yıkanan araçların seyir hızının çok düşük olması ve bulundukları hattı uzun süre işgal ettikleri dikkate alınacak olursa, 6'lı araç dizisinin yıkama hattına sığmadığı ve makaslara kadar uzanarak diğer hatları da işgal ettiği fark edilmiştir. Atölye hatlarından ilki günlük bakım ve temizlik hattı olarak tasarlanmıştır. Hizmet verilecek araç sayısı arttığında bu hat yetersiz kalacaktır. İkinci atölye hattı ise, yer altı tekerlek torna hattı olarak ayrılmıştır. Torna hattından hemen sonra gelen iki hat, koruyucu ve düzeltici bakım hatları olarak tasarlanmıştır. Beşinci hat, boji indirme tablası hattı olarak planlanmış, ardından gelen iki hat da acil bakım müdahale ve uzun süreli bakım hatları olarak ayrılmıştır. Son hat ise ağır bakım hattı olarak tasarlanmıştır. Bu hattın hemen yanında 6 adet boji yolu bulunmaktadır. Boji yolları ağır bakım hattına yakın olsa da, boji indirme tablası hattına uzak olduğundan, işletme sırasında bojilerin taşınması daha zor olacaktır. Malzeme deposu için kapalı bir alan planlanmadığından, malzemelerin korunmasında sıkıntılar yaşanacaktır. Ayrıca bakım araçları için herhangi bir hat ayrılmamıştır.

Araç park hatları, Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı için birinci aşamada 18 adet 6'lı araç dizisi ve Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı için ikinci aşamada 15 adet 6 araçlık tren dizisi olmak üzere toplamda 198 araca hizmet edecek şekilde tasarlanmıştır. Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattının uzayacağını ve araç gereksiniminin artacağını göz ardı edildiği ortaya çıkmaktadır. Araç park hatları dikkatli incelendiğinde, bir ucu kör olan hatların sonunda durdurucu tamponlar için yer ayrıldığı ve bazı hatlarda araçların güvenle durabileceği uzunlukların bulunmadığı saptanmıştır.

Metro araçları 6'lı dizi halinde işletilecek ve en az 30 yıl hizmet verecektir. İhale dokümanında bulunan, teknik şartnamelerde istenen araçların ana karakteristikleri Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 : M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro araçları ana karakteristikleri.

Konu	Değer
Ray arası açıklık	1435 mm
Araç genişliği	2950-3050 mm
Araç içi taban-tavan arası en küçük yükseklik	2100 mm
Araç uzunluğu	21-24 m
Bir dizinin toplam uzunluğu	126-140 m
En küçük çift kanat kapı açıklığı	1400 mm
En küçük yatay kurp yarıçapı (6 yolcu/m ² yükle)	300 m
En küçük yatay kurp yarıçapı (depoda, yüksüz)	80 m
En küçük düşey kurp yarıçapı	2500 m
En büyük eğim	4,9%
En küçük hızlanma ivmesi (6 yolcu/m ² yükle)	1,1 m/s ²
En büyük frenleme ivmesi (normal servis freni ile)	1,1 m/s ²
En küçük acil fren ivmesi	1,3 m/s ²
En büyük hız	80 km/sa.
Hat gerilimi; anma	1500 V DC
Akü gerilimi; anma	110 V DC
En küçük yolcu sayısı (6 yolcu/m ² ile)	270 yolcu/araç
Aks yükü (8 yolcu/m ² yükle)	18
Platform yüksekliği	1030 mm

Depo sahasının erişimi için planlanan karayolu girişleri iki adettir. Ana giriş depo sahasının güneydoğu tarafında, ikinci giriş ise güney tarafındadır. Karayollarının bazı hatlarla hemzemin geçişinin bulunduğu fark edilmiştir. Tam otomatik sürücüsüz sistem ile işletilmek istenen depo sahasında, işletme ve güvenlik açısından hemzemin geçişlerin kesinlikle bulunmaması gerekmektedir.

Demiryolu hatları 103 m kotunda ve eğimsiz olarak tasarlanmış, arazinin tamamı bu kota kadar kazılmak zorunda bırakılmıştır. Arazinin kuzeybatı ucunda bulunan dere yatağının üzerine taşacak şekilde demiryolu hatlarının yerleşimlerinin yapılmış olduğu gözlenmiştir. Yerel yönetimler tarafından dere yatağının üzerinin kapatılmasına izin verilmediğinden dolayı, bu dere yatağının deplase edilmesi gerekecektir. Dere yatağı deplase işlemlerinin uzun, zahmetli ve pahalı olduğu da göz ardı edilmemelidir. Çevresel gürültü ve çevresel titreşim için hiçbir önlem alınmadığı görülmektedir.

M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattından gelen bağlantı yolu ile Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattından gelen bağlantı yolları depo sahasına giriş yapmadan önce birleşerek, arazinin güneydoğu ucundan tek bir girişten girmektedir. Tasarımın yapıldığı zaman diliminden bugüne uzun bir süre geçtiği için, arazi yapısı ile arazi kullanımları değişmiş ve bu bölgeye bir Rehabilitasyon Merkezi tesis edilmiştir. Depo sahası girişinin bu bölgeden yapılması olanaksız duruma gelmiştir. Bu nedenle depo sahası girişi ve buna bağlı olarak depo sahası bağlantı yolu tasarımları değiştirilmelidir.

Depo sahası güvenliği için ayrıntılı bir çalışma ve tasarım yapılmamıştır. Güvenlikle ilgili bazı tanımlar ihale dokümanlarında bulunan teknik şartnamelerde tarif edilmektedir.

Cer gücü gereksinimini sağlamak amacıyla, cer trafo merkezi ve jeneratör tasarlanarak yerleşimleri yapılmıştır. Hatların cer gücü, normal katener sistemi ile sağlanmıştır. Tam otomatik sürücüsüz sistem için gerekli olan sinyalizasyon donanımları tasarımda bulunamamıştır. Depo sahası içerisinde CCTV sisteminin kurulması istenmektedir.

Depo sahasının tamamının 103 m kotuna tesviye edilmesinden dolayı, düz arazide drenaj sorunu oluşabilir. Aynı zamanda yaklaşık 30 m yüksekliğindeki duvarlardan gelecek sular da göz ardı edilmemelidir. 30 m yüksekliğindeki duvarların jeolojik yapı ile uyumu iyi incelenmeli, duvarların uzun yıllar boyunca dayanımını kaybetmemesi için dikkatli bir tasarım geliştirilmelidir.

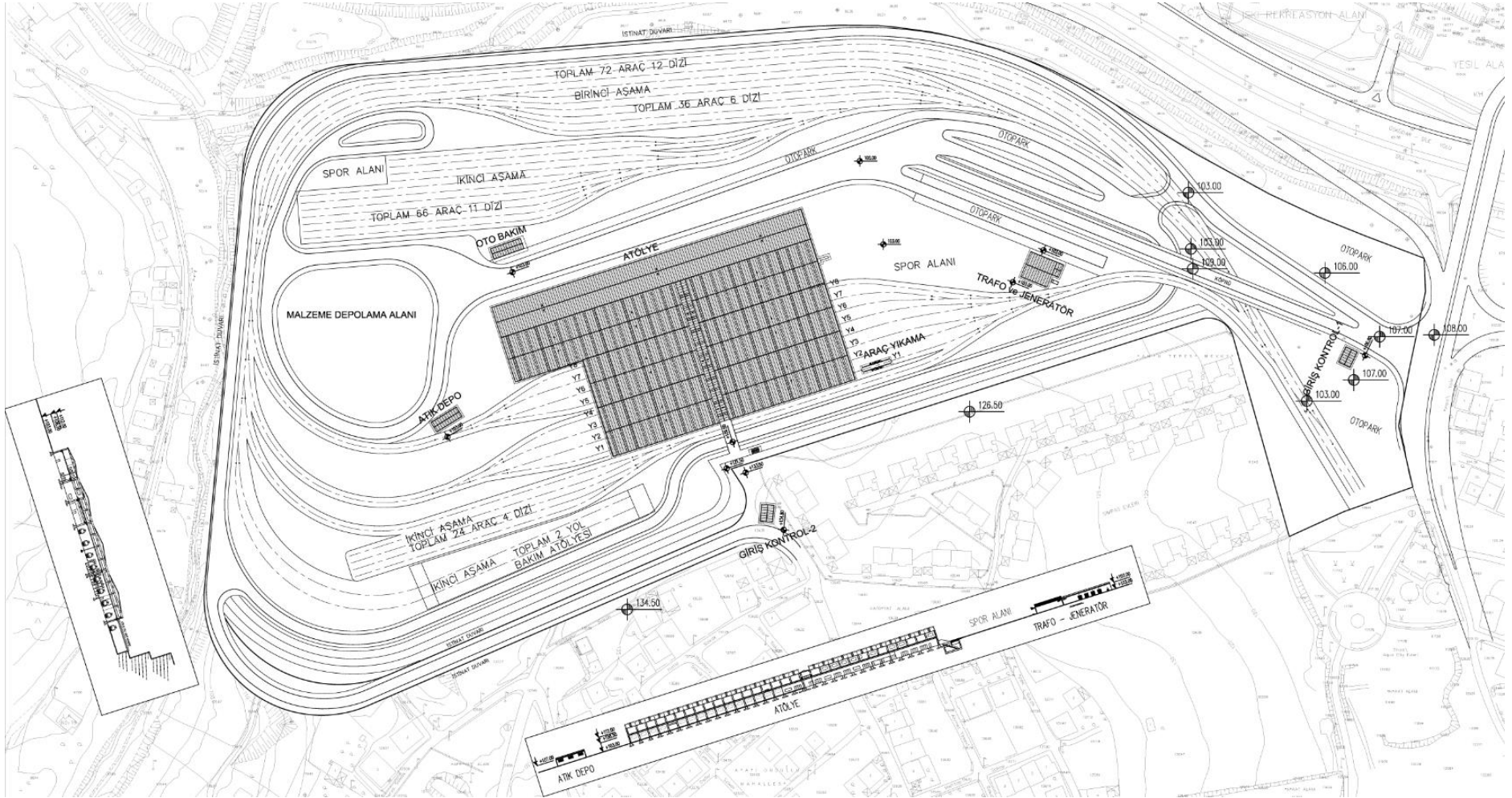
Hat üst yapısı için açık alanlarda, balastlı üst yapı sistemi seçilmiştir. Atölye binası içerisinde bulunan hatlarda, balastsız üst yapı sistemi olan betona gömülü oluklu ray seçilmiştir. Detaylı bir çizim ve tasarım, ihale dokümanlarında bulunmamaktadır.

Hat geometrisi için, en küçük yatay kurp yarıçapı 80 m seçilmiş ve buna göre tasarımlar yapılmıştır. Geçiş eğrisi, hiçbir kurp bölgesinde kullanılmamıştır. Arazinin tamamının 103 m kotuna tesviye edilmesi nedeniyle, hatlarda düşey eğim ve düşey kurp bulunmamaktadır. Depo sahasındaki makasların tamamı 1/7 R 140 olarak seçilmiştir. Ancak makaslardan sonra genel aliyman uzunlukları incelendiğinde, bazı yerlerde aliyman uzunluklarının kısa kaldığı gözlenmiştir. Makas yapılarının traversleri özel olarak tasarlanır ve üretilirler. Bu traverslerin yapısının değişmesi durumunda yeni tasarımlar ve yeni üretimlerin yapılması gerekliliği doğacağından, makasların maliyetleri artacaktır. İhale dokümanındaki depo sahasında bulunan makasların devamında bulunan aliyman uzunluklarının birçoğu kısadır. Makas yapısının altında bulunan özel makas traversleri üzerinde, hattın yatay geometrisi değişmekte ve traverslerin de yapısı değişmek zorunda kalmaktadır. Bu durum makasları standart makas yapısından çıkarıp, özel makas yapısı durumuna getirmiştir. Böylelikle bu makaslara özel tasarımlar yapılma zorunluluğu doğacak ve makasların temininde maliyetler artacaktır. Depo sahasında uygulanan tasarım ölçütleri Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8 : İhale dokümanındaki depo sahası tasarım ölçütleri.

Konu	Değer
Tasarım hızı	15 km/sa.
En küçük yatay kurp yarıçapı	80 m
Makas başlarındaki en küçük aliyman uzunluğu	0
Geçiş eğrisi boyu	0
En büyük dever	0
Depo içi iletim hatlarında en büyük eğim	%0
Atölye hatlarında en büyük eğim	%0
Bakım hatlarında en büyük eğim	%0
Park hatlarında en büyük eğim	%0
En küçük düşey kurp yarıçapı	∞
Makasta en küçük düşey kurp yarıçapı	∞
Makas eğimi	1/7
Makas yarıçapı	140 m

Hat geometrisine ilişkin herhangi bir ayrıntılı tasarım ihale dokümanlarında bulunmayıp, teknik şartnamelerde yazılı olarak belirtilmiştir. Yukarıda sözü edilen şekillerde hazırlanmış olan ihale dokümanındaki uygulamaya esas kesin proje tasarımının genel vaziyet planı Şekil 5.3’te verilmiştir.



Şekil 5.3 : Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahasının uygulamaya esas kesin proje vaziyet planı.

5.4 Yeni Metro Depo Sahası Ön Proje Tasarımı

Yeni metro depo sahası tasarımı ile yukarıda sözü edilen eksiklik ve sorunlar giderilmeye, daha verimli bir tasarım yapılmaya çalışılmıştır. Aynı arazi üzerinde, depo sahası tasarımına ön proje aşamasından yeniden başlanmıştır. Depo sahası tesislerinin ayrıntılı tasarımına başlanmadan önce, kullanıcının gereksinim özelliklerinin tam olarak karşılandığı üzerine onay alınmalıdır [22]. Bu nedenle tasarımlar yapılırken, her aşamada idare, işletmeci ve danışmanın yorum ve düşünceleri alınarak ilerlenmiştir.

İstanbul gibi büyük şehirlerde, şehrin içinde depo sahası için uygun konumda, büyüklükte ve özellikte bir arazi bulmak çok kolay olmamaktadır. İstenen özellikleri sağlayan arazilerin de kamulaştırma ile ilgili sorunları çıkmaktadır. Kamulaştırılmak istenen araziler için davalar açılmakta ve bu davalar uzun yıllar sürmektedir. Metro yatırımları, çekilen krediler nedeniyle de, kısa sürede bitirilip hizmete açılması gereken yatırımlardır. Açılan davalar nedeniyle, inşaatın bitirilmesi ve metro hattının işletmeye alınması süreleri uzamaktadır. Ayrıca kamulaştırma ücretlerinin, İstanbul gibi dünyanın önde gelen ve arazilerin kıymetli olduğu şehirlerde yüksek olması kaçınılmazdır. Arazi; depo sahasının ileride hizmet vereceği yeni hatlar ve uzatmalar göz önünde bulundurulduğunda, konum olarak metro ağının ortasında bulunmaktadır. Bu araziden, metro hatlarına verimli bir biçimde hizmet verilebilir. Bu nedenlerden dolayı, depo sahası için daha uygun bir arazi bulunamamış ve aynı arazi üzerinde tasarım yapılmıştır.

Öncelikli olarak, depo sahasının güneyinde yer alan 30 m üzerindeki duvar yüksekliklerinden kurtulmak amacıyla; depo sahası girişi arazinin ortasına yerleştirilip, arazi 110 m kotu ve 120 m kotu olarak farklı kotlarda tesviye edilerek tasarımlar yapılmıştır. Bu sayede yüksek duvarlardan kurtulma fırsatı elde edilmiştir. Arazinin topoğrafyası nedeniyle böyle bir yaklaşımda bulunulmuştur. Depo sahasına daha çok tesisin yerleştirilebilmesi için, şevlerin kullanılması yerine duvarlarla yükseklik farkları arasında geçişler sağlanmıştır. Bu sayede daha çok kullanılabilir alan elde edilmiş ve depo sahasında verilen hizmetlerin kapasitesi artırılabilmiştir.

Depo sahası işletmesi tam otomatik sürücüsüz sistem ile gerçekleştirilecektir. Trenlerin bakım faaliyetleri sırasında gerekli bakım hatlarına gönderilmeleri, bakımı biten trenlerin park hatlarına, araç yıkama hattına, test hattına gönderilmeleri,

işletmeye çıkacak trenlerin otomatik olarak seçilerek bağlantı hatlarına gönderilmeleri, işletme süresini tamamlayan trenlerin park işlemlerinin sürücüsüz (UTO) olarak ve emniyetli bir şekilde yapılabilmesi için depoda tam otomatik işleme uygun bir sinyalizasyon sistemi kurulacaktır. Bunun için gerekli olan sinyal kabloları, hat kenarlarına yerleştirilmiştir. Bu yerleşimler; Şekil B.1, Şekilde B.3, Şekil B.4, Şekil B.5, Şekil B.6 ve Şekil B.9'da 0,39 m genişliğinde kanallar olarak gösterilmektedir.

M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı ve depo sahasının kontrol ve işletme merkezi, depo sahasında bulunan idari binada yer alacaktır. İhale dokümanındaki uygulamaya esas kesin proje tasarımında atölye binası ile bitişik durumda olan idari bina; depo sahasının batı bölgesinde, bakım hatlarının kuzeybatısına yerleştirilmiştir. İdari binanın her katı için mahal çizelgeleri hazırlanmış ve gereken alanları hesaplanmıştır. Bu mahaller ve alanlar, her bir kata göre Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12, Çizelge 5.13, Çizelge 5.14 ve Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.9 : İdari bina 2. bodrum kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
2. otopark	2660
Otopark rampası	323
Teknik alan	135
Yangın holü	7
Yangın merdiveni	18
Şoför odası	11
Şoför dinlenme odası	30
Araç yıkama	77
Toplam	3261

Çizelge 5.10 : İdari bina 1. bodrum kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
1. otopark	2423
Teknik oda	314
Spor salonu	116
Koridor	65
Arşiv	43
Bayan WC	15
Bay WC	27
Bay mescidi	59
Bayan mescidi	38
Yangın güvenlik holü	7
Yangın merdiveni	18
Toplam	3125

Çizelge 5.11 : İdari bina zemin kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Rüzgârlık	10
Giriş ve asansör holü	151
Yangın merdiveni	18
Koridor	170
Fuaye alanı	114
Çok amaçlı salon	149
Çay ocağı	11
Bay WC	21
Bayan WC	12
Yangın merdiveni	28
Yangın güvenlik holü	7
İdari işler ofisi	45
Çalışma izni ofisi	32
Elektrik tesisatı şefliği	73
Hat bakım ve inşaat şefliği	83
Elektronik tesisat şefliği	75
Elektromekanik tesisat şefliği	83
Güvenlik amirliği	27
Temizlik odası	3
Toplam	1112

Çizelge 5.12 : İdari bina 1. kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
1. kat dolaşım	260
Çay ocağı	11
Bay WC	19
Bayan WC	10
Temizlik odası	3
Yangın merdiveni	27
Kat bahçesi	29
Kalite	49
Sinyalizasyon şefliği	46
Reklam pazarlama	44
Eğitim şefliği	45
Sekreterlik	25
İşletme müdürlüğü	63
Toplantı odası	15
Yangın merdiveni	20
Muhasebe ve personel bölümü	29
Mali ve idari işler	55
Satın alma birimi	46
Halkla ilişkiler	45
Toplantı odası	30
Müdür yardımcısı odası	26
Yangın güvenlik holü	8
Arşiv ve dokümantasyon	36
Toplam	941

Çizelge 5.13 : İdari bina 2. kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Koridor	206
Çay ocağı	11
Bay WC	14
Bayan WC	13
Temizlik odası	10
Yangın merdiveni	36
Kat bahçesi	29
Raylı sistemler	30
Raylı sistemler	33
Raylı sistemler	33
Raylı sistemler	55
Raylı sistemler	41
Raylı sistemler	33
Raylı sistemler	46
Raylı sistemler	37
Toplantı odası	43
Raylı sistemler	45
Kumanda merkezi teknik oda	107
Kumanda merkezi teknik oda	152
Kumanda merkezi teknik oda	94
Raylı Sistemler	46
Toplam	1114

Çizelge 5.14 : İdari bina 3. kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Koridor	145
Temizlik odası	6
Bayan WC	6
Bay WC	16
Yangın merdiven holü	12
Yangın merdiveni	26
Giriş holü	11
Kumanda merkezi	449
Trafik şefi odası	35
Dinlenme odası	41
Mescit	9
Trafik vardiya amiri odası	40
İşletme eğitim ve arşiv odası	45
Toplantı odası	37
İşletme planlama odası	21
İstasyon hizmetleri vardiya amir odası	29
İstasyon hizmetleri şefi odası	39
Hat koordinatörü	45
Yönetici asistanı odası	16
Sistem emniyet şefliği	47
Toplam	1075

Çizelge 5.15 : İdari bina 4. kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Koridor	104
Çay ocağı	11
Yangın merdiven holü	9
Yangın merdiveni	26
Bayan WC	13
Bay WC	25
Sunum salonu	115
Hukuk müşavirliği	48
Danışman	39
Toplantı odası	40
Teras	243
Toplam	673

İdari bina mahallerinin toplam alanı; bodrum katları dışında 4.915 m², bodrum katlarıyla birlikte 11.301 m² olmaktadır. Şekil C.1’de, idari binanın depo sahası içerisindeki konumunu gösteren genel vaziyet planı bulunmaktadır. İdari binanın her katta bulunan mahallerini ve alanlarını gösteren kat planları Şekil C.4, Şekil C.5, Şekil C.6, Şekil C.7 ve Şekil C.8’de gösterilmektedir.

İşletmeyi yapacak olan firmanın özel istekleri de depo sahası tasarımında yer bulmuştur. Çalışanlarının gelişimine katkı sağlamak ve yeni çalışanların eğitimini daha etkili bir biçimde yürütebilmek amacı ile eğitim alanı istenmiştir. Depo sahasının doğu ucunda ileri bir tarihte eğitim tesislerinin yapılabilmesi için uygun alanlar ayrılmıştır. Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı araçları ile diğer araçların birbirini etkilememesi ve istendiğinde ayrı bir şekilde işletilebilmesi için, Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı bağlantı yolu depo sahasının güneybatısından ayrı bir yerden sağlanmıştır. Daha rahat işletme yapılabilmesi için birçok yere makas yerleşimleri yapılmış ve hatlar arası geçişler sağlanmıştır. Depo sahası çıkışında veya bağlantı yolunda oluşacak bir aksaklık nedeniyle işletmenin durmaması için bu bölgelere birçok makas yerleştirilmiş ve depo sahası ulaşım güvenilirliği sağlanmıştır.

Atölye binasının, her iki ucundan girişi olacak şekilde ve birinci aşama ile ikinci aşamada istenen hatların tek bir aşamada birleştirilerek tasarımları yapılmıştır. Atölyeye yaklaşım hatlarında araçlar sürücüsüz sistemden çıkarak elle sürüş durumunda yönetilecektir. Kopenhag metrosunda da depo sahası atölye binası elle sürüş durumunda yönetilmektedir ve trenler karayolu/demiryolu manevra aracı ile hareket ettirilerek, atölye binası içine çekilmekte ya da itilmektedir [18]. Atölye

hatlarından ilki yıkama hattı olarak tasarlanmış, yıkama ünitesinin önünde ve arkasında yıkama sırasında diğer hatları meşgul etmeyecek uzunlukta hat yerleşimleri yapılmıştır. Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı araçlarının yıkama ünitesi, atölye binasından ayrı olarak çözümlenmiştir. İki katlı park hatları binasının alt katına, kendi araç park hatlarının hemen yanına yerleştirilmiştir. İkinci atölye hattı araç kaporta ve boya hattı olarak tasarlanmıştır. Bu hatta, araç dış kaplamasının bakım ve onarımı, dış cephe giydirmeleri ve boyaması yapılacaktır. Üçüncü atölye hattı tekerlek torna hattı olup, bozuk tekerlek profillerinin düzeltilmesi için ayrılmıştır. Dördüncü ve beşinci hatlar ise periyodik bakımların yapılacağı hatlardır. Altıncı, yedinci ve sekizinci atölye hatları ise arıza onarım hatları olarak tasarlanmıştır. Dokuzuncu hat mobil araç kaldırma ve ağır bakım, onuncu hat ise sabit araç kaldırma ve ağır bakım hatları olarak ayrılmıştır. Dokuzuncu ve onuncu hatlarda araçlardan sökülen bojileri boji bakım alanlarına almak için, bu iki hattın doğu ucunda birer adet döner tablalar bulunmaktadır. Bu hatlara ek olarak, her iki ucu da kör olan atölye içinde boji ağır bakım ve tekerlek yenileme hattı tasarlanmıştır. Bu hattın hemen yanında sökülen bojilerin konulduğu boji aksı hattı yerleştirilmiştir. Boji ağır bakım ve tekerlek yenileme hattı üzerinde 5 adet döner tabla bulunmaktadır. Bu döner tablalarla bojiler; boji yıkama ünitesine, boji manipülatör alanına, boji test alanına ve dişli kutusu atölyesine alınarak bakımları yapılacaktır. Atölye binasının güney ucunda zemin kat ve üst katta, teknik alanlar ve atölyeler bulunmaktadır. Bu teknik alan ve atölye mahalleri ile alanları Çizelge 5.16 ve Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.16 : Atölye binası zemin kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Atölye çalışma alanı	8.192
Yer altı tornası çalışma alanı	2.992
Boya kabini	225
Tekerlek yenileme alanı	345
Boji test alanı	105
Boji manipülatör alanı	106
Boji manipülatör alanı	105
Boji manipülatör alanı	105
Döner manipülatör alanı	101
Forklift koridoru	403
Boji şase kaynak odası	63
Boya hazırlık odası	121
Hafif donanım bekletme ve transfer alanı	769
Kuplaj pantograf atölyesi	225

Çizelge 5.16 (devam) : Atölye binası zemin kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Ofis	12
Klima atölyesi	192
Ofis	12
Koridor	98
Kompresör odası	49
Revir	25
Manevra odası	14
Rulman atölyesi	99
Arıza periyodik bakım atölyesi	100
Ofis	13
Dişli kutusu atölyesi	201
Ofis	13
Pnömatik atölye	208
Ofis	14
Koridor	124
Kök odası	22
WC	50
Fren atölyesi	238
Ofis	16
Lokal ağır bakım atölyesi	72
Elektrik elektronik ağır bakım alanı	290
Elektronik atölye	56
Ofis	17
Boya hazırlık odası	111
Boya kabini	56
Akü odası	49
Endüstriyel arıtma alanı	36
Toplam	16.043

Çizelge 5.17 : Atölye binası 1. kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Koridor	415
Ofis	47
Ofis	47
Ofis	47
Ofis	46
Müdür odası	62
Lokal ağır bakım ofisi	152
Ağır bakım ofisi	146
Ağır bakım ofisi	148
Periyodik bakım ofisi	150
Pano odası	33
Çay ocağı	25
Bay WC	78
Bayan WC	25
Bayan Mescit	29
Eğitim salonu	121

Çizelge 5.17 (devam) : Atölye binası 1. kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Yedek oda	114
Yedek oda	85
Abdest	21
Mescit	59
Soyunma odası	447
Duşlar WC	147
Çayhane dinlenme odası	227
Ofis	26
Ofis	47
Ofis	47
Toplam	2.791

Atölye binası mahallerinin toplam alanı 18.834 m² olmaktadır. Şekil C.1’de, atölye binasının depo sahası içerisindeki konumunu gösteren genel vaziyet planı bulunmaktadır. Atölye binasının her iki katında bulunan mahallerini ve alanlarını gösteren kat planları Şekil C.2 ve Şekil C.3’te gösterilmektedir.

Malzeme deposu 5.795 m² alan, tesisler atölyeleri 1.697 m² alan ile kapalı bina içerisinde, bina çatısı yeşil sosyal alan ve yemekhane alanı olarak tasarlanmıştır. Malzeme deposunun mahalleri ile alanları Çizelge 5.18 ve Çizelge 5.19’da, tesisler atölyelerinin mahalleri ile alanları Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21’de, bina çatısında bulunan yemekhane mahalleri ile alanları Çizelge 5.22’de verilmiştir. Şekil C.1’de, malzeme deposu ve tesisler atölyeleri binasının depo sahası içerisindeki konumunu gösteren genel vaziyet planı bulunmaktadır. Malzeme deposu ve tesisler atölyeleri binasının mahallerini ve alanlarını gösteren kat planları Şekil C.4 ve Şekil C.5’te, yemekhane mahallerini ve alanlarını gösteren kat planı Şekil C.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.18 : Malzeme deposu zemin kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Depo	4.644
Kalite kontrol odası	22
Kalibrasyon odası	16
Yanıcı ve parlayıcı malzeme odası	38
Çıkış ofisi	45
Kırtasiye ofisi	29
İklimlendirilmiş elektronik malzeme odası	75
Yağ odası	38
Akıcı malzeme odası	37
Yükleme indirme platformu	43
Toplam	4.987

Çizelge 5.19 : Malzeme deposu ara kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Depo asma kat	664
Şef odası	43
Çay ocağı ve dinlenme	47
WC, duş, soyunma odası	54
Toplam	808

Çizelge 5.20 : Tesisler atölyeleri zemin kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Hat bakım atölyesi	194
Kaynakhane	210
Termit odası	21
Ofis	19
Tesisler elektromekanik atölyesi	122
Ofis	19
Tesisler elektronik atölyesi	123
Ofis	20
Tesisler elektrik atölyesi	122
Ofis	19
Katener atölyesi	136
Sinyalizasyon atölyesi	114
Yemekhane servis girişi	35
Koridor	119
WC	70
Hol	4
Duş odası	22
Soyunma odası	45
Toplam	1.415

Çizelge 5.21 : Tesisler atölyeleri ara kat mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Dinlenme ve mutfak	72
Dinlenme ve mutfak	35
Dinlenme ve mutfak	35
Dinlenme ve mutfak	34
Personel koridoru	76
Dinlenme ve mutfak	30
Toplam	282

Çizelge 5.22 : Yemekhane mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Yemekhane	473
Koridor	25
Bay WC	9
Bayan WC	10
Mutfak	137

Çizelge 5.22 (devam) : Yemekhane mahal ve alanları.

Mahal	Alan (m²)
Depo	96
Servis alanı	76
Mutfak	10
Sosyal tesis	108
Toplam	943

Daha çok aracı park edebilmek için, parklanma hattı sayısı 33'ten 68'e çıkarılmıştır. M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattının ve bu hata eklenecek ve uzatılacak hatların araçları için 40 adet park hattı, Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı araçları için 28 adet park hattı tasarlanmıştır. Bu 28 park hattı için, depo sahasının farklı kotlarda kullanılmasından yararlanılarak iki katlı park hatları binası tasarlanmış ve bunun alt katına yerleştirilmiştir. Park hatlarının tamamı bir ucu kör hatlardır ve bu durumuna örnek olacak başka projeler de bulunmaktadır. Stratford Market'te yer alan metro depo sahasında da demiryolu araçlarının park edildiği hatlar, bir ucu kör hatlardır [31]. Bir ucu kör olan hatlarda, araçların güvenliğini sağlamak için hatların ucuna durdurucu tamponlar yerleştirilmiştir. Araçların depo sahasındaki hızlarının 15 km/sa. olduğu göz önünde bulundurularak güvenli duruş uzunlukları hesaplanmıştır. Park hattının başından durdurucu tampona kadar araç uzunluğuna ek olarak 22 m sinyalli duruş uzunluğu bulunmaktadır. Durdurucu tamponun araç çarpması sonucunda durabileceği 10 m uzunluk da hat sonunda bırakılmıştır. Araçların depo sahasına indirilebilmesi için ayrı 1 adet hat, bakım onarım araçlarının park etmesi ve hatta giriş çıkış yapabilmesi için ayrı 2 adet hat tasarlanmıştır. Hizmet edeceği araç sayısının iki katından daha fazla sayıya ulaşması nedeniyle günlük temizlik gereksinimi daha çok artmıştır. Bunu çözmek amacıyla, araç içi temizlik gereksinimlerinin bazı park hatlarında giderilmesine karar verilmiştir. M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı ile bu metro hattına eklenecek ve uzatılacak hatların araçlarına iç temizlik hizmeti vermek amacıyla, iki katlı parklanma binasının üst katında ve kuzey ucunda bulunan 6 adet park hattı, araç temizlik hattı olarak ayrılmıştır. Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı araçlarına iç temizlik hizmeti vermek amacıyla, iki katlı parklanma binasının alt katında ve kuzey ucunda bulunan 4 adet park hattı, araç temizlik hattı olarak ayrılmıştır. Böylelikle atölye binasında diğer hizmetler için daha çok yer ayrılabilmiştir. Şekil B.8'de araç temizlik hatlarının bulunduğu demiryolu sistem kesitleri verilmiştir.

M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı trenleri toplam 130 m uzunluğunda 6 araç dizisi halinde olup, 1624 yolcu kapasitesine sahiptir. Tren dizisinde; 1 adet başta ve 1 adet sonda kumanda bölmeli motorlu araç (MC), 2 adet ortada treyler (T) ve her biri MC ve T araçları arasında olacak şekilde toplam 2 adet de kumanda bölmesiz motorlu araç (M) bulunmaktadır. Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı trenleri toplam 87 m uzunluğunda 4 araç dizisi halinde olup, 1082 yolcu kapasitesine sahiptir. Tren dizisinde; 1 adet başta ve 1 adet sonda kumanda bölmeli motorlu araç (MC), 1 adet ortada treyler (T) ve 1 adet ortada kumanda bölmesiz motorlu araç (M) bulunmaktadır. Araç genişliği 3,024 m'dir. Araçların zemini ray üst kotundan 1,05 m kadar yukarıdadır ve tavan yüksekliği 2,1 m kadardır. Araç cer gücünü pantograf aracılığıyla almaktadır ve pantograf çalışma yüksekliği ray üst kotundan en az 4 m olacak şekildedir. Her bir aracın 2 adet bojsi bulunmaktadır ve boji eksenleri arasındaki uzaklık 15 m'dir. Bir bojide bulunan dingil eksenlerinin arasındaki uzaklık ise 2,5 m'dir. Boji ekseninin, araç dizisinin başında ve sonundaki burnu ile arasındaki uzaklık 4,07 m ve araçlar arasındaki bağlantı körüğü ile arasındaki uzaklık 3,15 m'dir. Araçlarda sürücü kabini bulunmamaktadır ve sürücüsüz sisteme uygun donanımlar bulunmaktadır. İstenildiği durumlarda sürücülü sisteme geçiş yapılabilmesi amacıyla, sürücü kabini eklenebilecek şekilde araç tasarımları seçilmiştir. Şekil 5.4'te araç ön kesit görünüşü, Şekil 5.5'te araç dizisinin başında ve sonunda bulunan MC araçlarının yandan ve üstten görünüşü, Şekil 5.6'da araç dizisinin ortasında bulunan M ve T araçlarının yandan ve üstten görünüşü verilmiştir. Metro araçlarının ihaleye çıkarken belli olmaması nedeniyle geniş bir aralıkta metro araç özellikleri verilmiştir. Yapım sürecinde araç firması ile anlaşma sağlanması üzerine tasarımlar bu araç özelliklerine uygun olarak devam etmiştir. M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı için 6'lı araç dizisi ve Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı için 4'lü araç dizisi kullanılmasına karar verilmiştir. Bu dizilerin uzunluklarına göre park hatları uzunlukları belirlenmiştir. Ayrıca araçların dinamik ve statik gabarilerine uygun olarak, etrafında 25 cm güvenlik payı bırakılmıştır. Katener direkleri, günlük temizlik için kurulan platformlar, duvarlar, hatlar arası mesafeler bu ölçülere dikkat edilerek tasarlanmıştır. Araçların 80 m yarıçaplı yatay kurpları dönebilmesine karşın, ters kurpların bulunduğu bölgede en küçük yatay kurp yarıçapı 100 m istenmektedir. Bu istek doğrultusunda ters kurp bölgelerinde tasarımlar güncellenmiştir.



Şekil 5.5 : MC araçlarının yandan ve üstten görünüşü.

Karayolları, bütün tesislere ulaşımı sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Acil durumlarda itfaiye araçlarının ulaşımını sağlamak amacıyla belirlenen tasarım ölçütlerine uyulmuştur. Metro araçlarını depo sahasına getirecek olan uzun tırların ve malzeme getirecek olan tırların rahatlıkla hareket edebileceği yollar tasarlanmıştır. Bu doğrultuda metro araçlarını getirecek tırların geçeceği yolların yatay kurpları 30 m, malzeme getirecek tırların geçeceği yolların yatay kurpları 20 m olarak tasarlanmıştır. Geriye kalan karayollarının yatay kurp değerleri ve bütün karayollarının düşey kurp ile eğim değerleri Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'e uygun olarak tasarlanmıştır.

Depo sahasının bulunduğu bölgenin konut bölgesi olması nedeniyle, çevresel gürültü ve çevresel titreşimlerin denetim altına alınmasına yönelik tasarımlar yapılmıştır. Rayların altına titreşim sönümleyici elastomer mesnet malzemesi konulacaktır. Gürültü için bilgisayar ortamında hazırlanacak benzetimler sonucunda gerek duyulan yerlere gürültü perdeleri yerleştirilecektir. Bu önlemler ile Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin belirlediği çevresel gürültü ve çevresel titreşim değerlerinin aşılmaması hedeflenmiştir. Arazinin içme suyu havzasında yer alması nedeniyle yüzey sularının denetimine çok dikkat edilmiştir. Yağmur suları, arazinin kuzeyinden geçen dereye verilirken, kirlenen suları toplamak için bir bölge ayrılmıştır. Toplanan sular arıtılarak arazinin kuzeyinden geçen dereye verilecektir. Atölyeden çıkan atıkların toplanması için malzeme deposu binasında atık malzeme deposu planlanmıştır.

Depo sahasının yerleşimine göre bağlantı yollarının sahaya girdiği bölgeler ve hatlar belirlendikten sonra, depo sahası bağlantı yolları tasarlanmıştır. Tasarım ölçütleri olarak ana hat için belirlenmiş olan ölçütler seçilmiştir. Ortaya çıkabilecek aksaklıkların önüne geçmek amacıyla hem bağlantı yollarının üzerinde, hem de depo sahasına girildiği bölgede birçok makas yerleştirilmiştir. Böylelikle farklı güzergâhlar kullanılabilir ve depo sahası ulaşım güvenilirliği sağlanacaktır. Bağlantı yolu üzerinde işletme sürelerinin uzamaması ve depo sahasında metro hatlarının birbirine karışmadan hizmet alabilmesi amaçlanarak, Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattı bağlantı yolu M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı bağlantı yolundan ayrılmıştır. Arazinin güneybatı bölgesinden depo sahasına giriş verilen yeni bağlantı yoluyla aynı zamanda Dudullu-Kayışdağı-İçerenköy-Bostancı metro hattına yeni bir istasyon ekleme fırsatı doğmuştur. Bu yeni

istasyon ile hem depo sahasına yakın bölgede yaşayan insanlara, hem de depo sahası çalışanlarına ulaşım hizmeti verilmiş olacaktır. Depo sahasında test hattı için gerekli olan 800 m uzunlukta, araçların hızlanarak 80 km/sa hıza ulaşabildikleri ve durabildikleri bir hat sığmamaktadır. Ana hattın başlangıcında, depo sahasına yakın bir hat bölümü test hattı olarak kullanılabilir, ancak bu bölümün araç veya tren dizisinin, sistemdeki kabul edilmiş olan hıza erişip, yavaşlayıp, durabileceği uzunlukta olması ve ana hattaki kurp ve eğimlere uyan geometride olması gereklidir (TS 12342, 1997, s. 37). Buradan yola çıkarak; test hattı olarak bağlantı yollarının kullanılmasına karar verilmiştir. M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı ile depo sahası arasındaki bağlantı yolu; uzunluğu yaklaşık 2.750 m olmasından ve hat geometrileri ana hattın tasarım ölçütlerine uygun olarak yapılmasından dolayı test hattı olarak kullanılmaya uygundur.

Arazinin etrafı, toplamda en az 2,5 m boyunda, duvar, üzerinde tel çit ve en üstte de dikenli tel olacak şekilde çevrelenecek ve güvenlik sağlanacaktır. Karayolu girişlerinin bulunduğu iki ayrı kapıya da güvenlik görevlileri için güvenlik kulübesi ve yol bariyeri yerleştirilmiştir. Tam otomatik sürücüsüz sistemde, sistemin dışından bir araç sisteme tanıtılarak girmekte ve kontrol merkezi tarafından denetlenebilmektedir. Ancak insanların sisteme tanıtılması gibi bir durum olmadığundan, insanlar fark edilemeyebilir ve can kaybına neden olabilir. Bu nedenle can güvenliğini sağlamak amacıyla, hatların çevresi tel çitlerle insan girişine kapatılmıştır. Tel çitlerin gösterimleri, EK B’de bulunan şekillerde verilmiştir.

Depo sahasında bir adet trafo merkezi ve bir adet de kojeneratör binası tasarlanmıştır. Depo sahasındaki hatlara 1500 V DC cer gücü, bu trafo merkezi aracılığıyla sağlanacaktır. Herhangi bir elektrik kesintisinde ise sistemin durmayıp çalışmaya devam edebilmesi için de, doğalgaz ile çalışan kojeneratör düşünülmüştür. Depo sahasındaki hatlarda araçlara güç sağlamak amacıyla rijit katener sistemi tasarlanmıştır. Hatlar arası mesafeler belirlenirken katener direklerinin konulacağı yerler göz önünde bulundurularak tasarımlar yapılmıştır. Sinyal sistemi için hatların yanına kablo kanalları yerleştirilmiştir ve sinyal kabloları bu kanallara konulacaktır. Kanallar; Şekil B.1, Şekilde B.3, Şekil B.4, Şekil B.5, Şekil B.6 ve Şekil B.9’da 0,39 m genişliğinde kanallar olarak gösterilmektedir. Aynı zamanda bir çok noktaya güvenlik kamerası yerleştirilip, hem depo sahasının hem de tüm metro hattının

izlenebilmesi için kumanda merkezine Kapalı Devre Televizyon (CCTV) sistemi kurulacaktır.

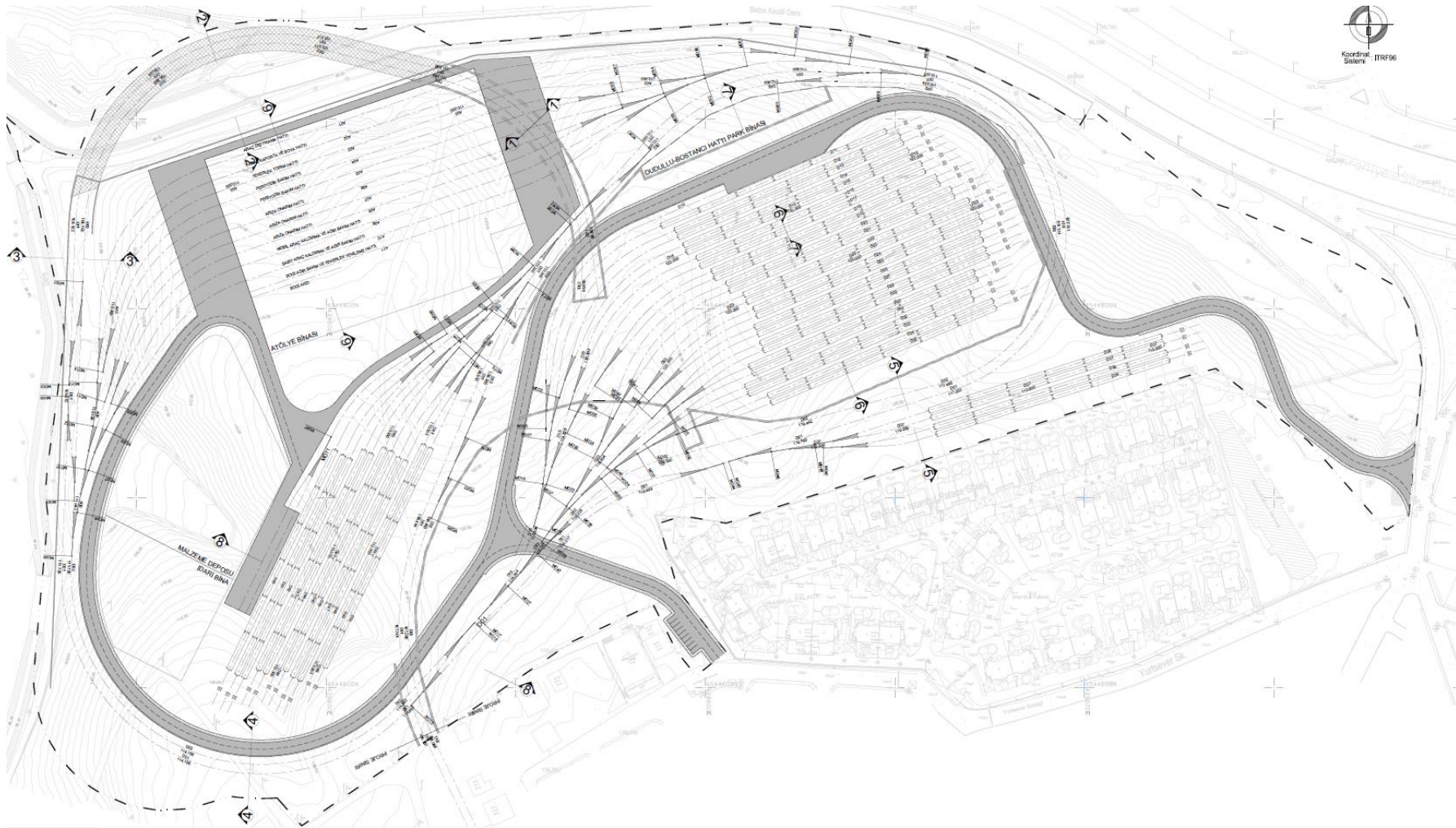
Duvar ve altyapı malzemelerinin korunması için depo sahası içerisinde sık aralıklarla drenaj kanalları yerleştirilmiştir. Araç park hatlarında her 4 hat arasına 1 adet, depo sahası dolanım hatlarının yanına 1 adet, karayolları boyunca yoların yanına 1 adet ve şevlerin dibine 1 adet drenaj kanalı yerleştirilmiştir. Alt balast yüzeyleri %3 eğimli olacak şekilde ve karayollarının yüzeyleri de %2 eğimli olacak şekilde tasarımlar yapılmıştır. Böylelikle bu drenaj kanallarına yağmur suları toplanabilecektir. Drenaj kanalları, EK B'de bulunan şekillerde gösterilmiştir.

Hat üstyapısı olarak balastlı üstyapı seçilmiştir. Arazinin bazı bölgelerinde dolgu yüksekliklerinin fazla olmasının, balastlı üstyapı seçmekteki etkisi büyüktür. Dolgu yapılan bölgelerde zaman içerisinde zeminde oturmalar olabilir. Bu gibi durumlarda hat üstyapısındaki balastlar yeniden düzenlenerek hatların düşey geometrisi korunmuş olur. Yolda balast kalınlığı; travers altında (ray altına denk genel kısımdan yapılan ölçüye göre) en az 30 cm en çok 50 cm, balast banket genişliği travers başlarında 30 cm olacak şekilde yapılacaktır. Balast üzerine ön germeli beton travers ve UIC 54 (54 E 1) tipi ray kullanılacaktır. Atölye sahasında betona gömülü ray montajının ve yalıtımının özel şekilde düzenlenmesi sureti ile aynı tip ray kullanılacaktır. Makas bölgeleri de dâhil bütün üstyapı ön germeli beton travers ile yapılacaktır. Travers boyu, en sık kullanılan 2,6 m uzunluğunda olacaktır. Traversler, en fazla 16.500 kg dingil yükü olan demiryolu araçlarını taşıyacak şekildedir. Atölye binası içinde, insanların yürümesine elverecek şekilde, betona gömülü oluklu rayların oluşturduğu balastsız üstyapı sistemi kullanılacaktır.

Yatay kurp sınırı olan 80 m değeri, işletmecinin önceki deneyimlerinden yola çıkarak yukarı çekilmeye çalışılmış ve olanaklar el verdiğince 80 m yarıçaplı kurplar depo sahası ana dolanım hatlarında kullanılmamaya çalışılmıştır. M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattında yapılan ölçümlere göre; araçlar 100 m yarıçaplı kurplardan geçişleri sırasında 85 dBA çevresel gürültü yayarken, 80 m yarıçaplı kurplardan geçişleri sırasında 93 dBA çevresel gürültü yaymaktadır. Bunun yanı sıra tekerleklerin maruz kaldığı aşırı sürtünmeden dolayı bakım ve onarım maliyetlerinin artışı ile kullanım ömürlerinin kısılması durumları söz konusudur. Bu sorunlar nedeniyle 80 m yarıçaplı kurplar, araçların çok sık kullandığı güzergâhlarda kullanılmamıştır. Depo sahasındaki hatların hiçbirinde geçiş eğrisi kullanılmamıştır. Düşey kurp yarıçapı

için verilen 2000 m sınırına uyulmuştur. Ancak arazinin engebeli olması ve farklı kotlarda tesviye edilerek kullanılmasından dolayı düşey geometri ölçütleri aşılmak zorunda kalınmıştır. Depo sahasında bazı bölgelerde, çok kısa olacak şekilde, %4 eğim kullanılmıştır. Birçok bölgede de eğimler %2 değerindedir. Araçları çekmek için alınacak çekici araçların, bu yatay ve düşey geometri koşullarına uygun olarak seçilmesine özen gösterilmelidir. Bu özen gösterildiğinde, yatay ve düşey geometrinin neden olacağı sorunlar ortadan kalkacaktır. Makas tipi olarak 1/7 R 140 makası seçilmiştir. Makaslar sabit eğimli veya yarıçapı 3000 m ve üzeri olan tepe düşey kurp olan bölgelerinde kullanılmış, dere düşey kurp bölgelerinde makas yerleşimi yapılmamıştır. Makasların traversleri de betonarme olduğu için her makas sonrasında en az 6 m alıyman olacak şekilde hat tasarımları yapılmıştır. Makas traversleri farklı boyutlarda tasarlanıp üretildiği için, bu traverslerin kullanıldığı yerlerin tamamında geometri değiştirilmeden tasarımlar yapılmıştır. Yeni travers tasarımları ve üretiminin ek maliyetler çıkarmaması için, tasarımlar yapılırken bu konuya dikkat edilmiştir.

Yukarıda sözü edilen tasarımlar ışığında, genel vaziyet planları oluşturulmuştur. Şekil 5.7’de iki katlı park binasının üst katına göre depo sahası vaziyet planı yer almaktadır. Şekil 5.8’de iki katlı park binasının alt katına göre depo sahası vaziyet planı yer almaktadır. Depo sahası güzergâhlarının plan ve profilleri EK A’da bulunan şekillerde verilmektedir. Tasarımların hangi çerçevede yapılacağını belirlemek ve altlık oluşturmak amacıyla, yukarıdaki tasarımların ışığında hazırlanmış olan depo sahası sistem kesitleri EK B’de bulunan şekillerde gösterilmektedir.



Şekil 5.7 : Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı depo sahası vaziyet planı.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Metro depo sahası tasarımı yapılırken, birçok etken ile tasarım ölçütüne dikkat edilmeli ve göz önünde bulundurulmalıdır. Her bir çalışma grubunun ayrı ayrı değil, birlikte çalışarak tasarımın yürütülmesi, daha verimli ve etkili bir depo sahası tasarımının yapılması için şarttır.

Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro hattı İstanbul'un yoğun yerleşim bölgesinde planlandığından dolayı depo sahası için uygun arazi bulmak oldukça zordur. Bu nedenle, elde olan araziye daha etkili ve verimli bir şekilde kullanmak amacıyla 110 m ve 120 m olmak üzere iki ayrı kotta arazi tesviye edilerek depo sahası tasarımları yapılmıştır. Depo sahasını kullanan metro hatlarının girişleri birbirinden ayrılarak, işletme açısından ortaya çıkabilecek karışıklıkların ve oluşabilecek araç trafiğinin önüne geçilmiştir. Araç park hatlarının sayısı 33'ten 68'e çıkarılmıştır. İki ayrı bölgede olan atölye binaları birleştirilerek ve günlük temizlik hizmetleri park hatlarına verilerek, atölye binası ve depo sahası hizmetlerinin kapasitesi artırılmıştır. Metro araçlarının özellikleri belli olduktan sonra, bu özellikler göz önünde bulundurularak yeni tasarım şekillenmiştir. İtfaiye araçlarının ve büyük tırların kullanımına uygun karayolu bağlantıları yapılmıştır. Tam otomatik sürücüsüz sistemin bir gereği olarak hemzemin geçişler kaldırılmış, yalnızca araçların elle kontrol edildiği atölye girişlerinde hemzemin geçişler konulmuştur. Gürültü ve titreşim azaltıcı çözümler getirilmiş, çevreci bir drenaj ve atık kaldırma sistemleri tasarlanmıştır. Metro hatları ile depo sahası arasındaki ulaşım güvenilirliğini sağlayacak, farklı güzergâhlarla ulaşımı sağlayabilen bağlantı yolları tasarlanmıştır. 800 m uzunluktaki test hattı bağlantı yolu üzerine konulmuştur. Depo sahasındaki tesislerin güvenliği için yüksek duvar ve tel çitler konulup kameralarla denetim sağlayabilecek tasarım sunulmuştur. Can güvenliği için hatlara insan erişimini engelleyecek tel çitler yerleştirilmiştir. Araçlara cer gücünü sağlayacak trafo ve rijit katener sistemleri ile elektrik kesintisi anında hizmete girecek bir kojeneratör sistemi tasarımlara eklenmiştir. UIC 54 (54 E 1) tipi ray ve ön germeli beton travers ile balastlı üstyapı sistemi seçilmiş ve tasarımları yapılmıştır. Atölye binası içinde

betona gömülü oluklu ray seçilmiş ve iki katlı park hatları binasının alt katındaki hatlar için balastsız üstyapı sistemi seçilmiştir. Hat geometrileri tasarlanırken, arazi koşulları nedeniyle düşey geometri ölçütleri aşılmak zorunda kalınmıştır. En küçük yatay kurp yarıçapı 80 m, en küçük düşey kurp yarıçapı 2000 m, en büyük eğim %4 ve makas tipi 1/7 R 140 seçilerek tasarımlar yapılmıştır.

Metro depo sahası tasarımları yapılırken, işletmeyi verimli hale getirecek çözümler ön planda tutulmalıdır. Yapının inşa edilmesindeki zorluklar ve maliyetlerin karşısında, işletme ömrü boyunca karşılaşılabilecek zorluklar ve maliyetler düşünülmeli ve karşılaştırılmalıdır. Metro hattının ve depo sahasının işletimini yapacak olan şirketler ile fikir alışverişinde bulunup, özel isteklerine tasarımda yer verilmelidir. Araç özellikleri tasarım sırasında bilinmeli ve bu özelliklere uygun tasarımlar yapılmalıdır. Tesisin kapasitesini artıracak çözümler getirilmelidir. Maliyette artışa neden olsa bile, ek bir depo sahası kurmak yerine tek bir depo sahasının kapasitesinin artırılması tercih edilmelidir. Tam otomatik sürücüsüz sistem tercih edilerek, insan etkeninin neden olabileceği sıkıntılar elenmeli ve daha verimli işletme sağlanmalıdır. Hat geometrisi ölçütleri konusunda daha esnek olunabilir. Depo sahasında hız ve konforun düşük olması nedeniyle, hat geometrisinin daha düşük standartlarda, daha esnek ölçütlere göre tasarlanması tercih edilebilir. Özellikle arazinin yapısı ve kullanım şekli nedeniyle hat geometrisi, depo sahası yerleşimini en çok etkileyen etkenlerden biridir. Büyük şehirlerde uygun arazilerin bulunmasının kolay olmadığı unutulmamalıdır. Ancak dikkat edilmelidir ki; düşük standartlar ve esnek ölçütler kullanıldığı durumlarda, bu standart ve ölçütlere uygun metro araçları ve çekici araçlar satın alınmalı ve işletilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **European Urban Charter.** (t.y.). Council of Europe. Alındığı tarih: 01.04.2015, adres: https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?id=887405#P12_3171980-82
- [2] **M2 Yenikapı- Hacıosman Metro Hattı.** (t.y.). İstanbul Ulaşım A.Ş. Alındığı tarih: 22.04.2015, adres: <http://www.istanbul-ulasim.com.tr/rayli-sistemler/m2-yenikapı---haciosman.aspx>
- [3] **Metro Seyrantepe seferlerine başladı.** (t.y.). İstanbul Büyükşehir Belediyesi. Alındığı tarih: 22.04.2015, adres: http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/Pages/Haber.aspx?NewsID=18889#.VUOuNPl_vV8
- [4] **M3 Başakşehir Metro Hattı.** (t.y.). İstanbul Ulaşım A.Ş. Alındığı tarih: 22.04.2015, adres: <http://www.istanbul-ulasim.com.tr/rayli-sistemler/m3-basakşehir-olimpiyatköy.aspx>
- [5] **M4 Kadıköy-Kartal Metro Hattı.** (t.y.). İstanbul Ulaşım A.Ş. Alındığı tarih: 22.04.2015, adres: <http://www.istanbul-ulasim.com.tr/rayli-sistemler/m4-kadıköy-kartal.aspx>
- [6] **M6 Levent – Hisarüstü/Boğaziçi Üniversitesi.** (t.y.). İstanbul Ulaşım A.Ş. Alındığı tarih: 22.04.2015, adres: <http://www.istanbul-ulasim.com.tr/rayli-sistemler/m6-levent-hisarüstüboğaziçi-ü.aspx>
- [7] **Design Consideration For Rail Maintenance Depots.** (2012). Network Rail. Alındığı tarih: 05.02.2015, adres: http://www.networkrail.co.uk/browse_documents/rus_documents/route_utilisation_strategies/network/working_group_3_-_passenger_rolling_stock_and_depots/passenger_Rolling_stock_depot_planning_guidance/3_design_guidance_for_rail_maintenance_depots.pdf
- [8] **Maintenance of High Speed Lines Report 2010.** (2010). International Union of Railways. Alındığı tarih: 05.02.2015, adres: <http://www.uic.org/download.php/publication/520E.pdf>
- [9] **BS EN 50126-1** (1999). Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Basic requirements and generic process, *The British Standards Institution*, Londra.
- [10] **Thompson, J. T.** (1945). The Layout of Locomotive, Railway Engineering Division, *ICE Engineering Division Papers*, 3(9), 1-31. Londra.
- [11] **Di Stefano, G., ve Koči, M. L.** (2004). A graph theoretical approach to the shunting problem. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 92, 16-33.

- [12] **Jamili, A.** (2012). A Mathematical Model for Train Routing and Scheduling Problem with Fuzzy Approach, *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, İstanbul.-Türkiye, 90-99.
- [13] **Metro Tasarım Kriterleri.** (2011). Demiryolları Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü. Alındığı tarih: 23.04.2015, adres: http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/DLH/tr/DOKUMAN_SOL_MENU/Rayli_Sistem_Kriterleri/20140228_153217_10288_1_10315.pdf
- [14] **TS 12342** (1997). Şehir içi yollar - raylı taşıma sistemleri bölüm 4: bakım, onarım atölyeleri ve depo tasarım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [15] **Duquenne, N., Cuvelier, M., Baranowski, F., ve Bigot, J.** (2005). The VAL of Torino, First Italian Driverless Automatic Metro, *In Automated People Movers 2005: Moving to Mainstream* (Sf. 1-12). ASCE.
- [16] **Passenger Rolling Stock Depot Planning Guidance.** (2011). Network Rail. Alındığı tarih: 15.03.2015, adres: http://www.networkrail.co.uk/browse/documents/rus/documents/route_utilisation_strategies/network/working_group_3_-_passenger_rolling_stock_and_depots/passenger_Rolling_stock_depot_planning_guidance/1_depot_planning_guidance.pdf
- [17] **Mead, D.** (1990). Civil engineering aspects of route planning. Edwards, J. T. (Ed.), *Civil engineering for underground rail transport* (Sf. 9-29). Elsevier.
- [18] **Saccone, L.** (2002). The Control and Maintenance Centre, Boye, C. ve Mølgaard, T. (Ed.). *Copenhagen Metro Inauguration Seminar* (Sf. 173-175). Kopenhag.
- [19] **Zhou, L., ve Yang, X.** (2008). Simulation Research about the Number of Lines in Passenger Rolling Stock Servicing Yard on Arena, *In Plan, Build, and Manage Transportation Infrastructure in China* (Sf. 596-604). ASCE.
- [20] **Dean, A.** (1945). The Design of Locomotive Sheds, Railway Engineering Division. *ICE Engineering Division Papers*, 3(10), 1-15. Londra.
- [21] **Track Design Handbook for Light Rail Transit.** (2012). Transportation Research Board. *Transit Cooperative Research Program Report 155*.
- [22] **Guidelines for Depot Design.** (1986). British Railways Board. Alındığı tarih: 22.02.2015, adres: <https://skippy.org.uk/wp-content/uploads/British-Railways-Board-Guidelines-for-Depot-Design.pdf>
- [23] **Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.** (2007). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Alındığı tarih: 10.06.2015, adres: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/12/20071219-2.htm>
- [24] **Romano, P., & Prato, B.** (2005). ANSALDO Driverless System Product–New Applications, *In Automated People Movers 2005: Moving to Mainstream* (Sf. 1-12). ASCE.
- [25] **Howarth, H. V. C., & Griffin, M. J.** (1990). The relative importance of noise and vibration from railways, *Applied Ergonomics*, 21(2), 129-134.

- [26] **Bonnett, C. F.** (2005). Practical railway engineering (Sf. 91-103). Londra: Imperial College Press.
- [27] **United States Agency for International Development.** (2006). Railway Design Standards: AE Services for the Transportation Feasibility for Linking the West Bank and Gaza Strip (294-C-00-05-00233-00) Draft Final Report: Vol. 2. Appendices. Alındığı tarih: 23.04.2015, adres: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pdaci213.pdf
- [28] **Kentiçi Raylı Sistemler Tasarım ve Bakım Kriterleri.** (2014). Tüm Raylı Sistem İşletmecileri Derneği, İstanbul.
- [29] **Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği.** (2010). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Alındığı tarih: 10.06.2015, adres: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100604-5.htm>
- [30] **Ghiggi, C.** (2005). New Driverless Metro in Brescia: Construction Update, *In Automated People Movers 2005: Moving to Mainstream* (Sf. 1-10). ASCE.
- [31] **Mitchell, B.** (2003). Trains and Operations, *Jubilee Line Extension: from concept to completion* (Sf. 121-147). Thomas Telford.
- Url-1** <<http://www.uskudarumraniyecekmekeymetrosu.com>>, Alındığı tarih: 04.05.2012.

EKLER

EK A: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metro Hattı Depo Sahası Demiryolu
Güzergâhları Plan ve Profilleri

EK B: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metro Hattı Depo Sahası Demiryolu ve
Karayolu Tip Kesitleri ile Demiryolu Sistem Kesitleri

EK C: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy Metro Hattı Depo Sahası İdari Bina, Atölye
Binası, Malzeme Deposu ve Tesisler Atölyeleri Binası Planları

EK A

A03 Hattı: Atölye giriş hattı

D01 Hattı: Depo sahası iç dolanım hattı

D02 Hattı: Depo sahası iç dolanım hattı

D09 Hattı: Dudullu-Bostancı metrosu yıkama hattı

D15 Hattı: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu park hattı

D23 Hattı: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu park hattı

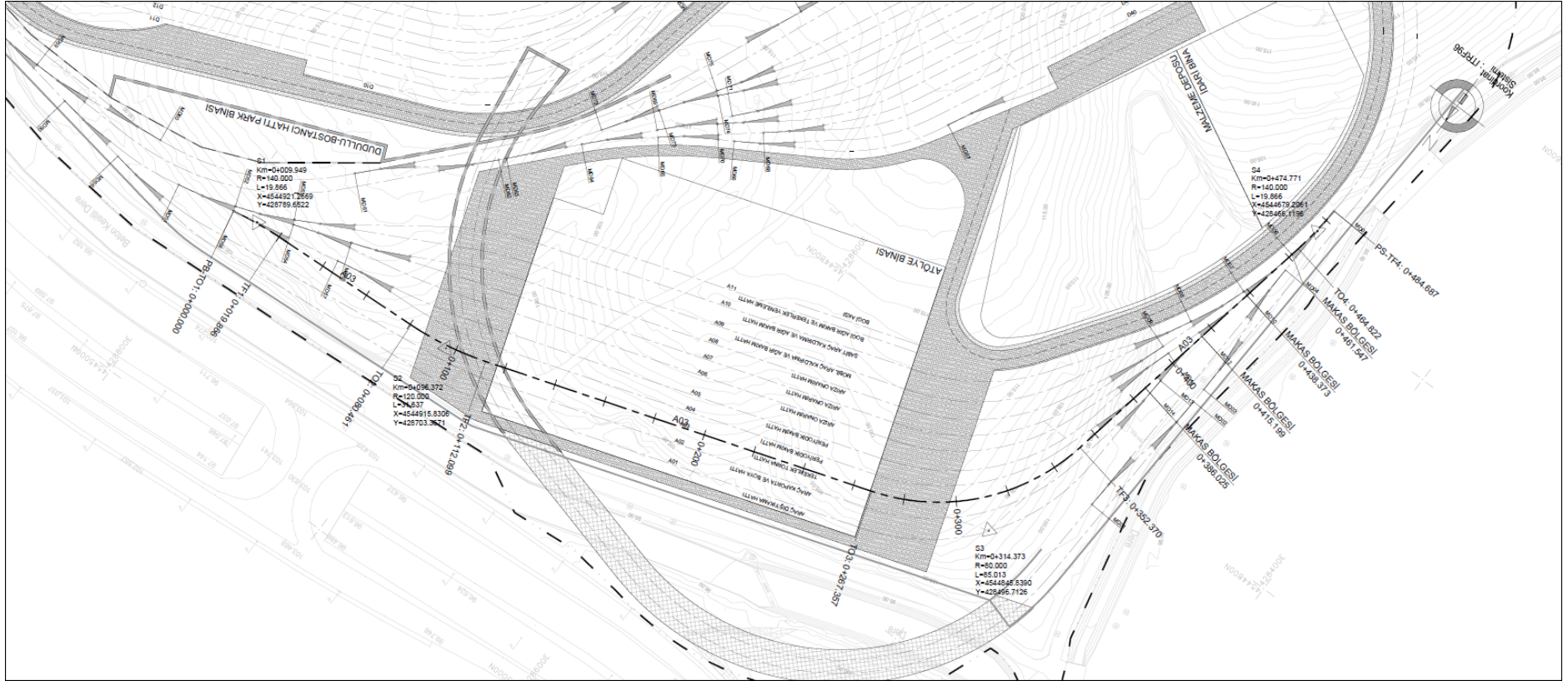
D37 Hattı: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu park hattı

D45 Hattı: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu park hattı

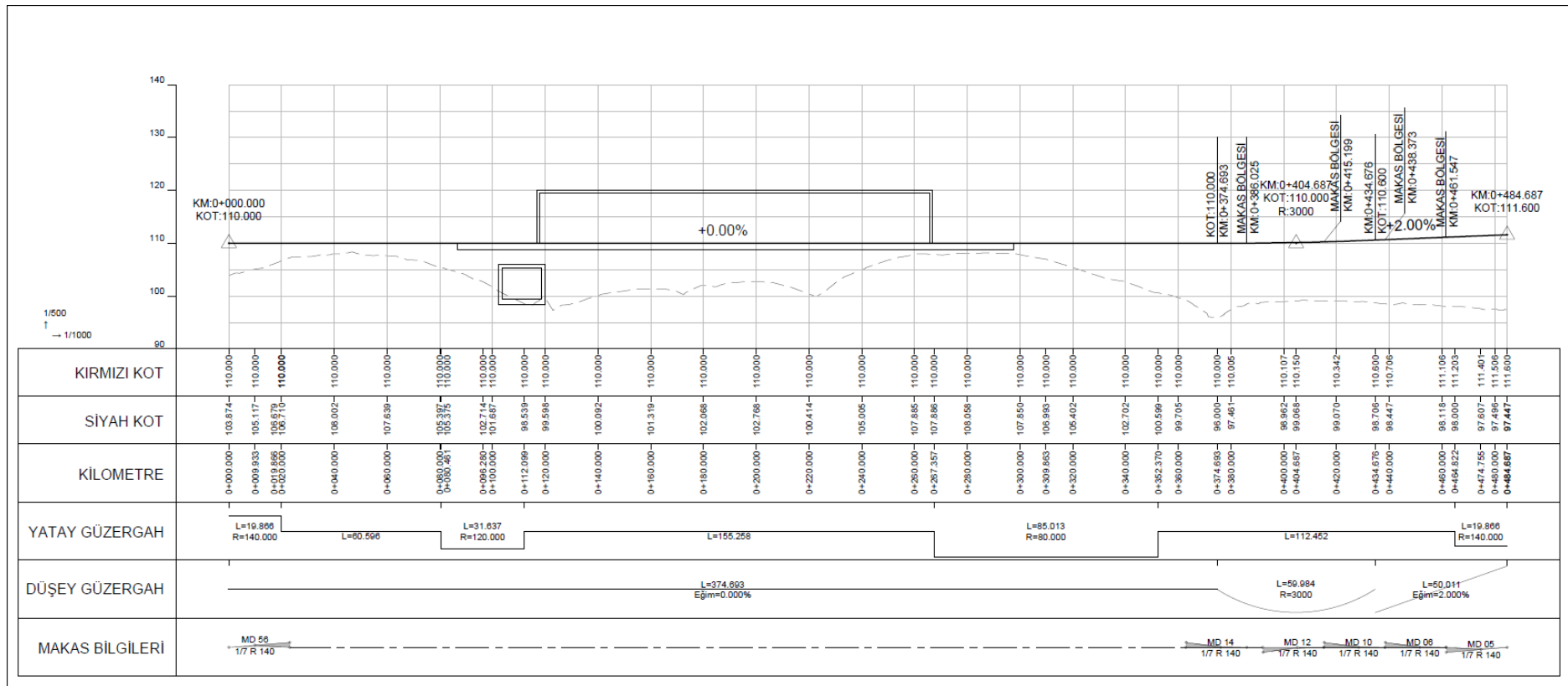
D49 Hattı: Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu park hattı

D61 Hattı: Dudullu-Bostancı metrosu park hattı

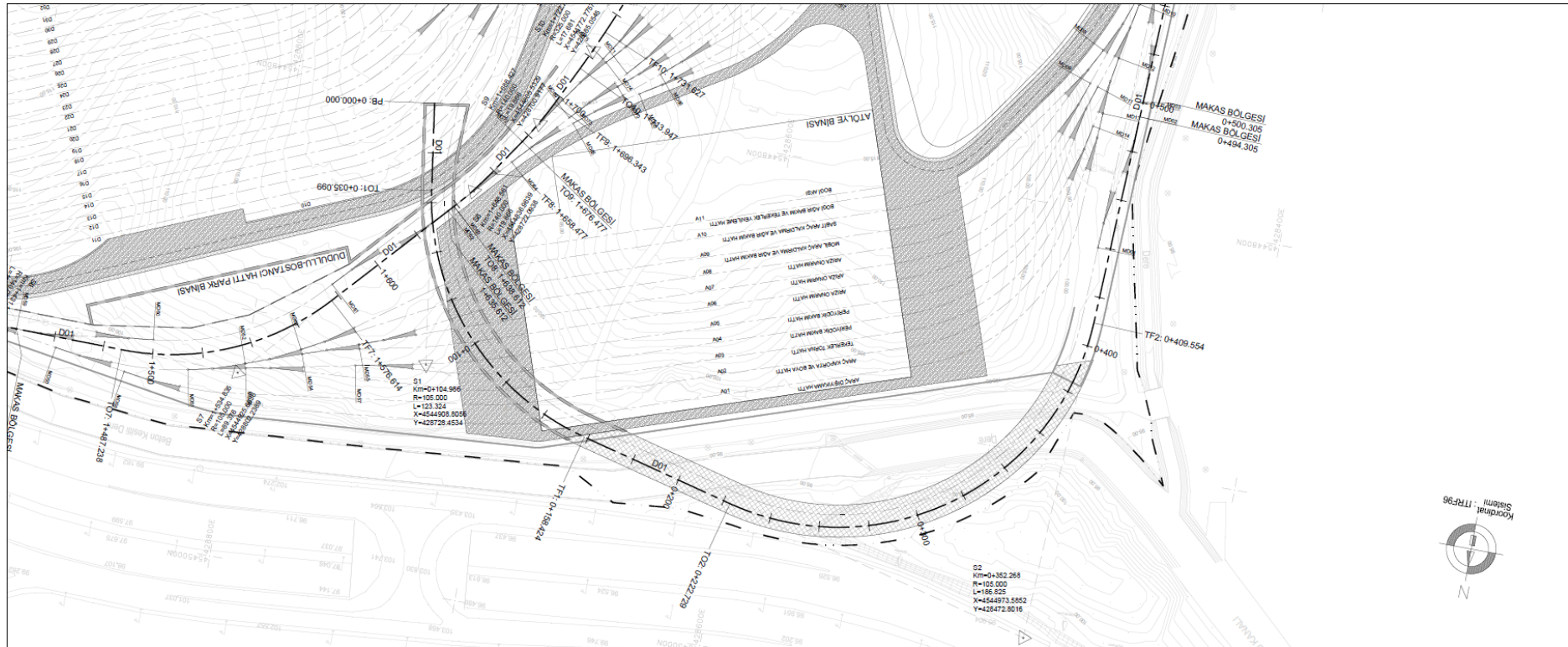
D73 Hattı: Dudullu-Bostancı metrosu park hattı.

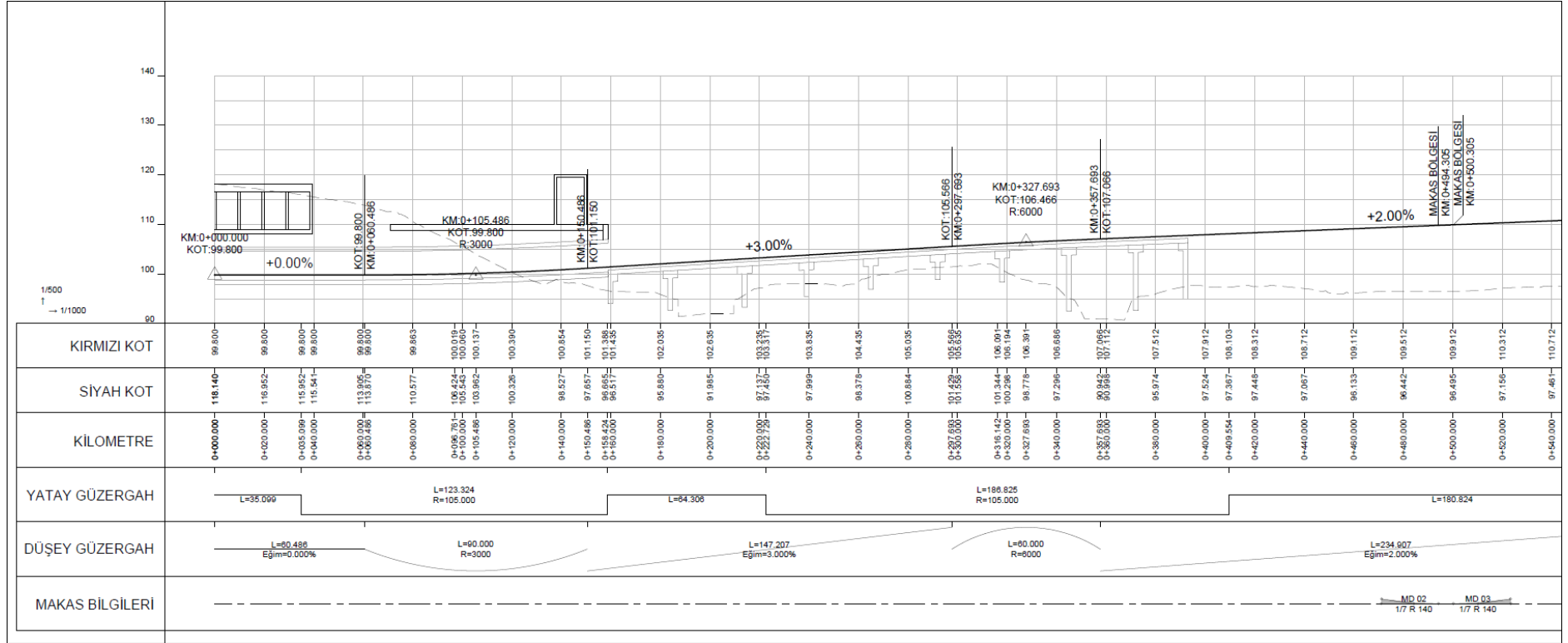


Şekil A.1 : A03 hattı planı.

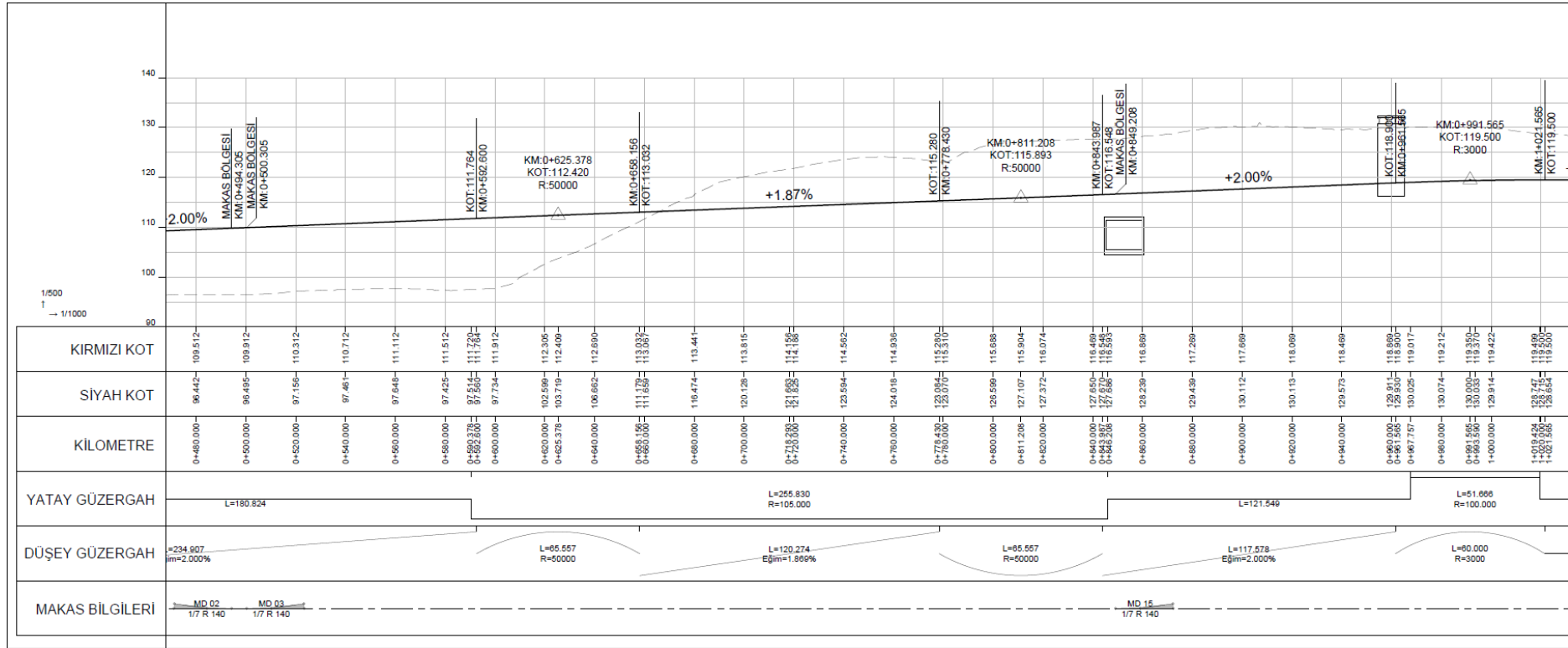


Şekil A.2 : A03 hattı profili.

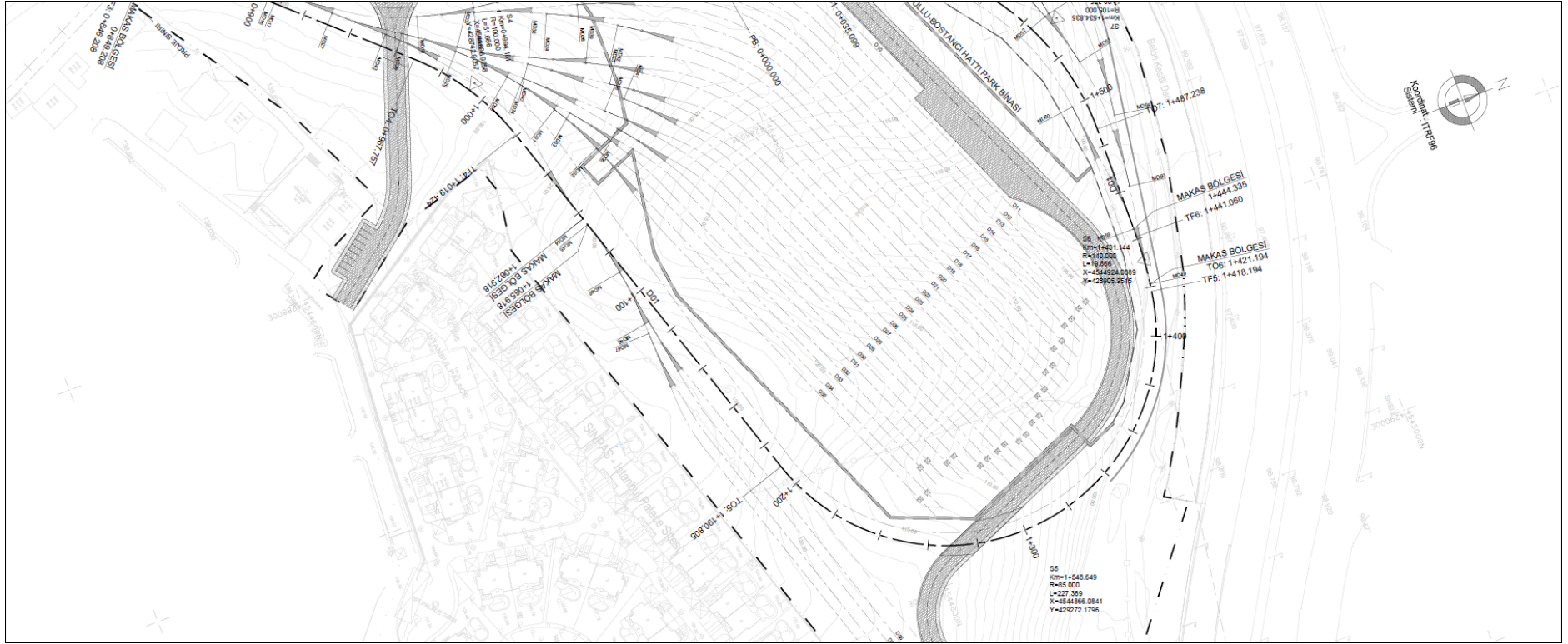




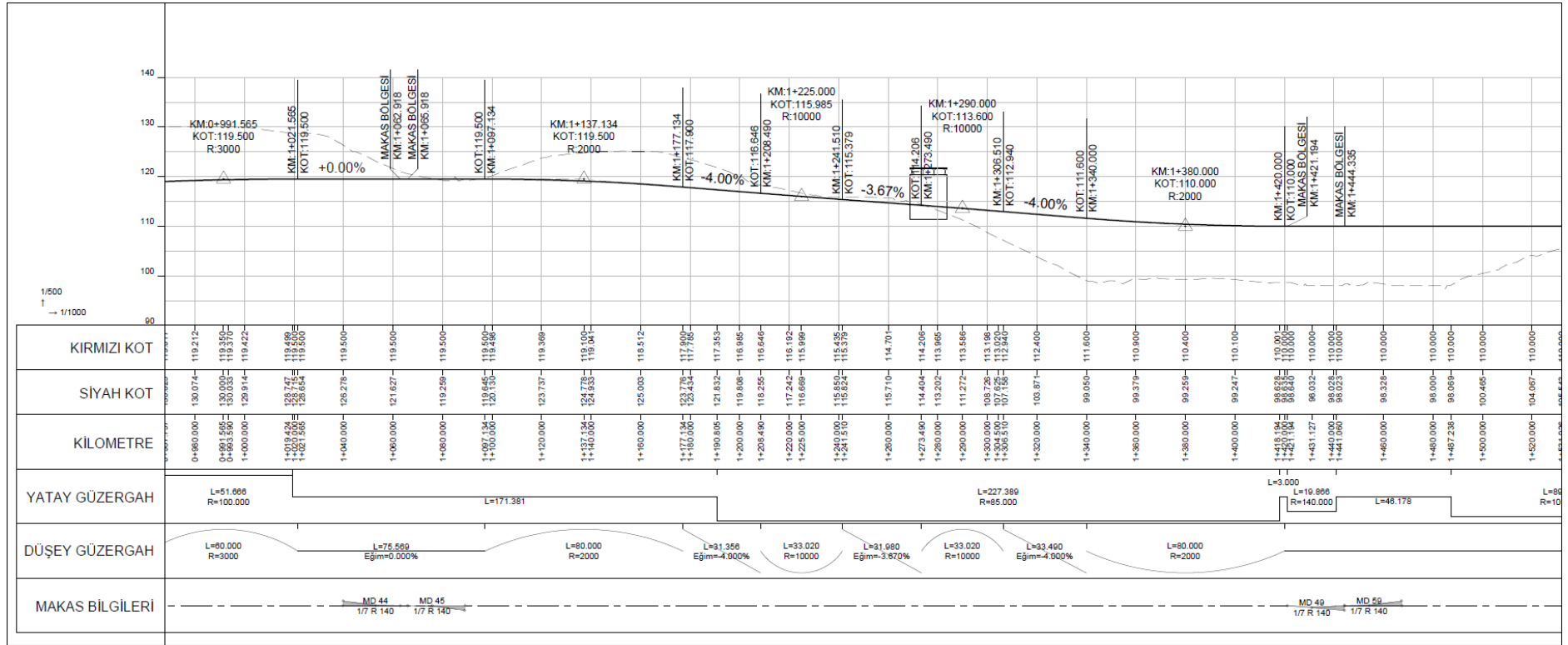
Şekil A.4 : D01 hattı 0+000-0+500 kilometreleri arası profili.



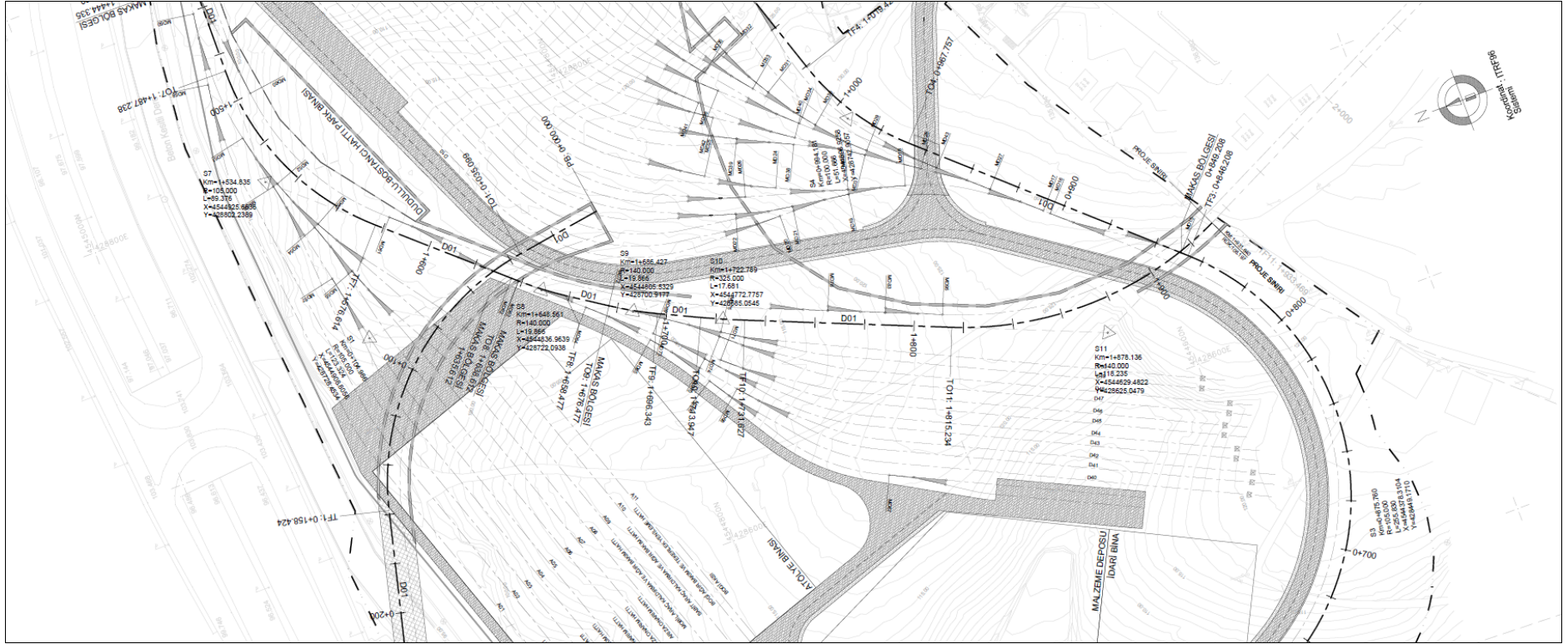
Şekil A.6 : D01 hattı 0+500-1+000 kilometreleri arası profili.



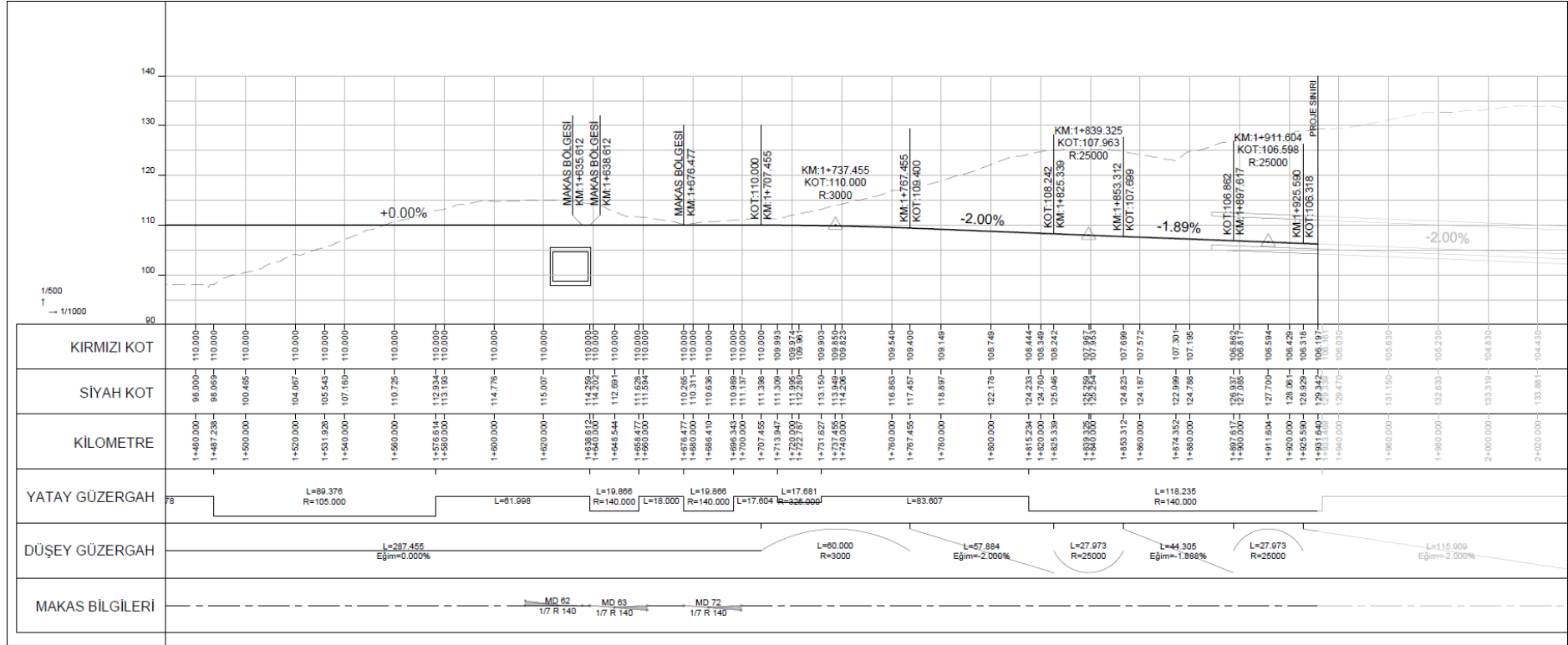
Şekil A.7 : D01 hattı 1+000-1+500 kilometreleri arası planı.



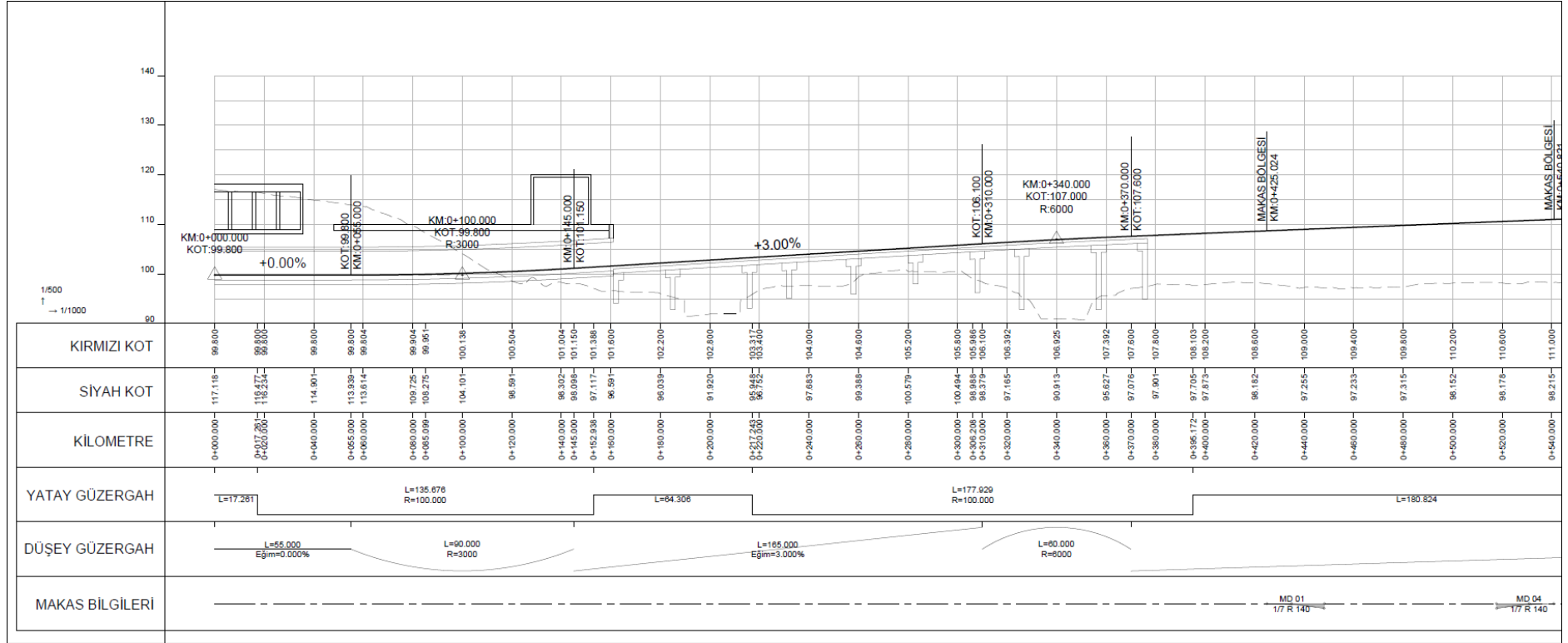
Şekil A.8 : D01 hattı 1+000-1+500 kilometreleri arası profili.



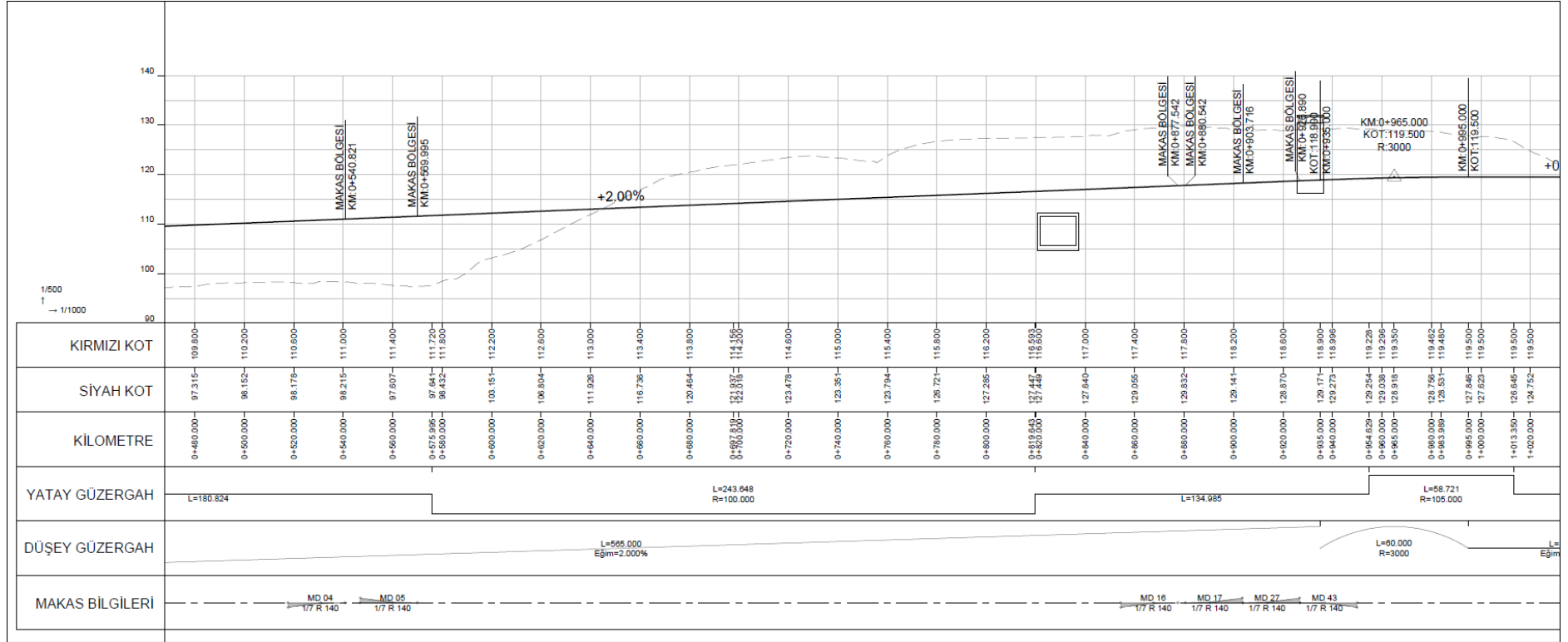
Şekil A.9 : D01 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası planı.



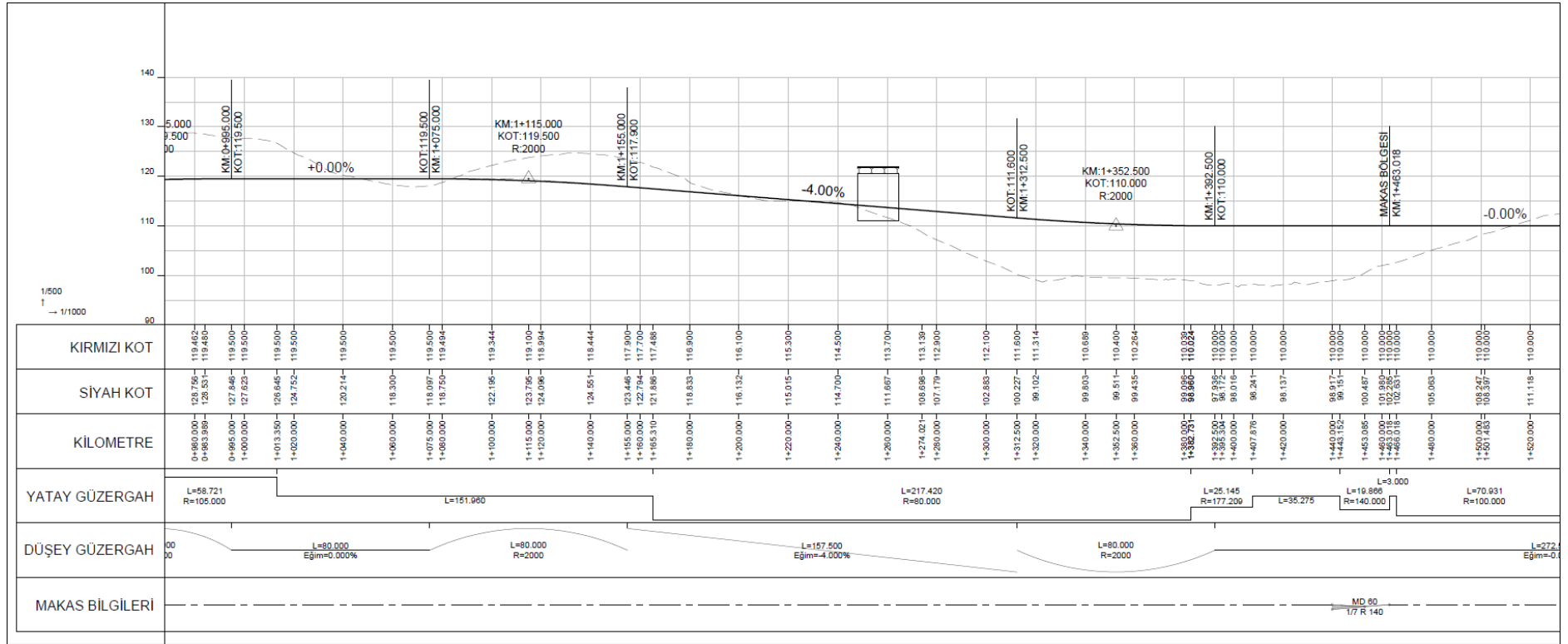
Şekil A.10 : D01 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası profili.



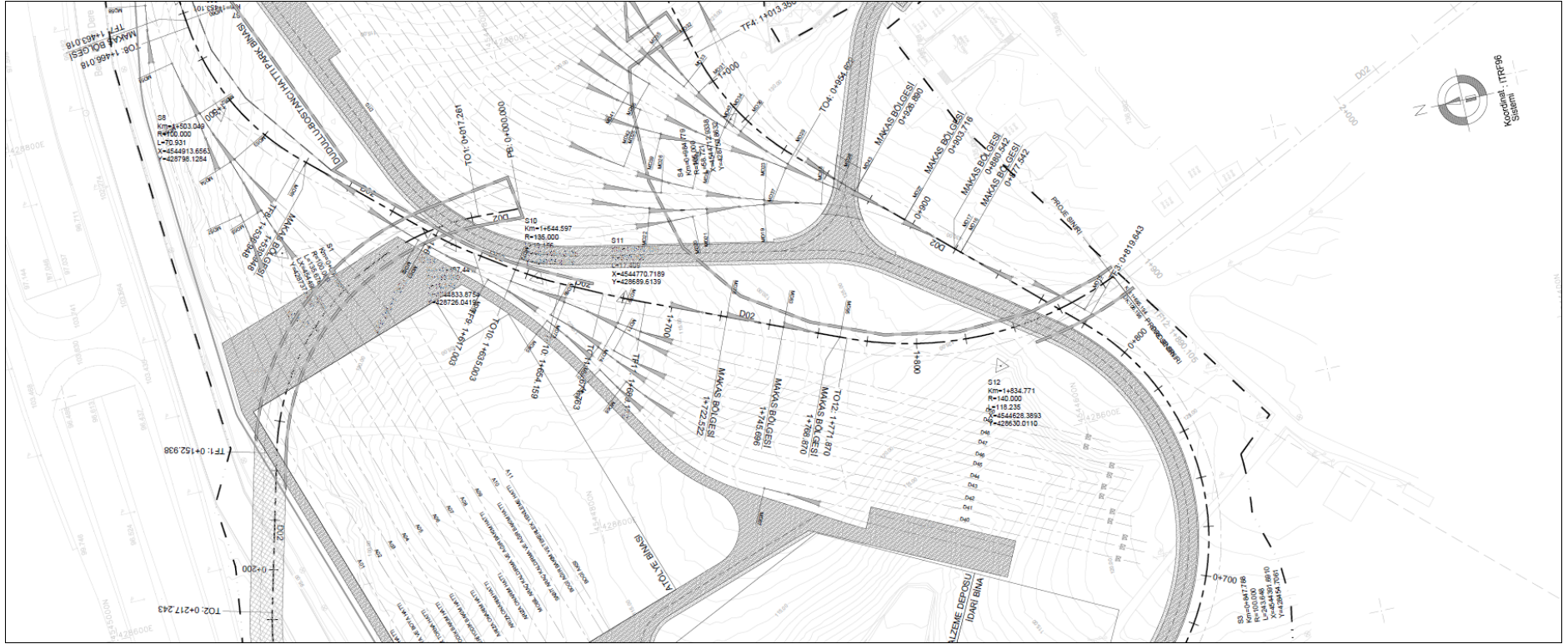
Şekil A.12 : D02 hattı 0+000-0+500 kilometreleri arası profili.



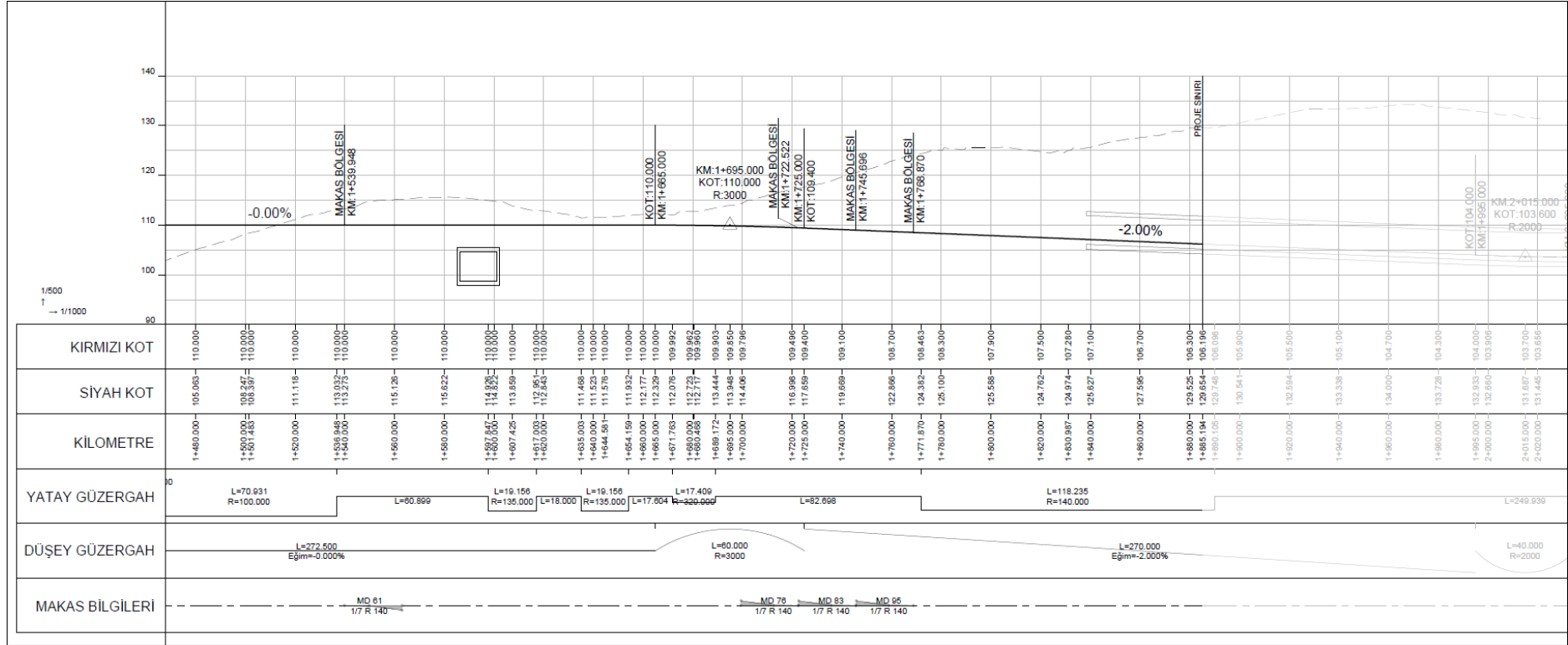
Şekil A.14 : D02 hattı 0+500-1+000 kilometreleri arası profili.



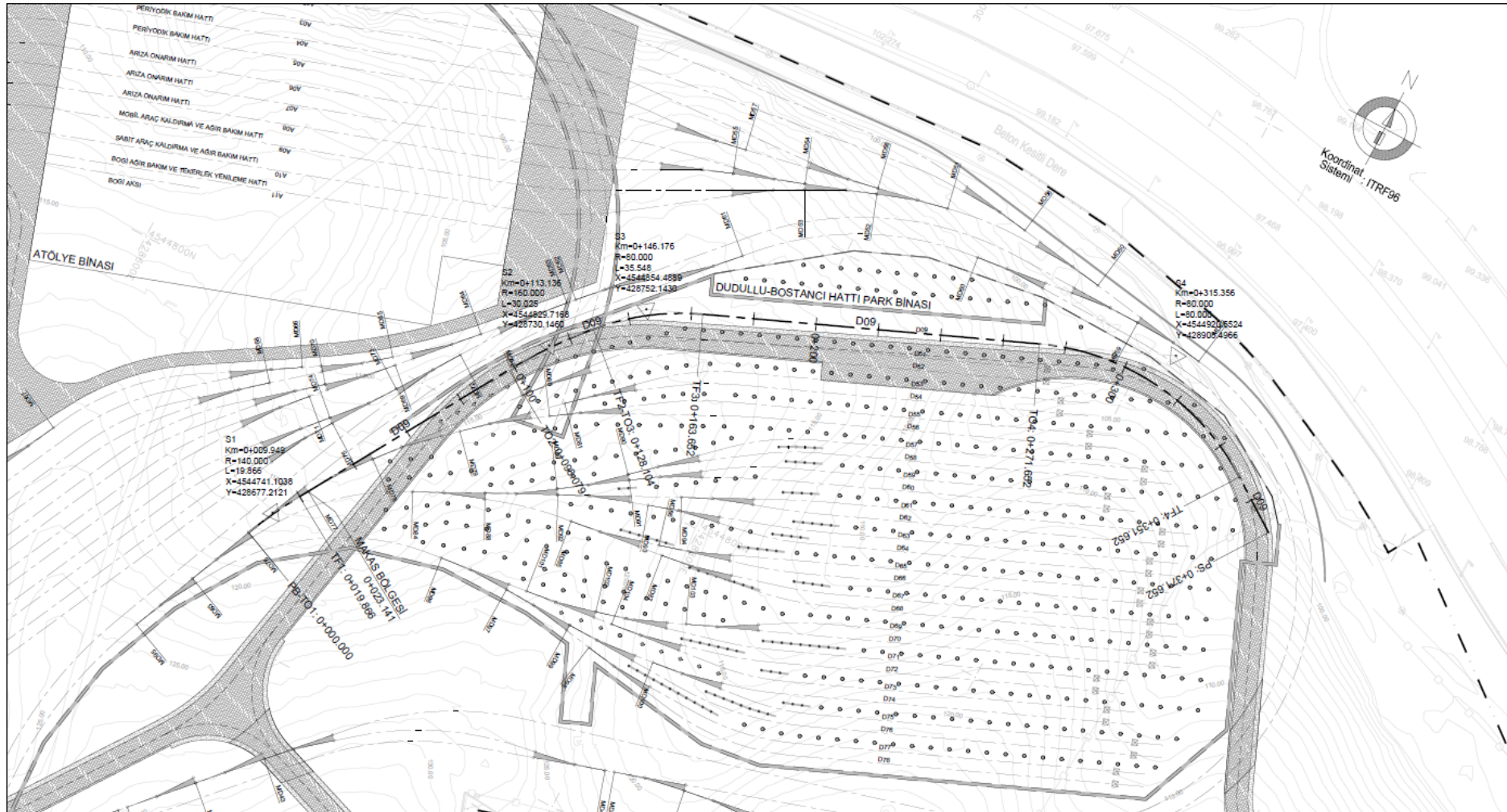
Şekil A.16 : D02 hattı 1+000-1+500 kilometreleri arası profili.

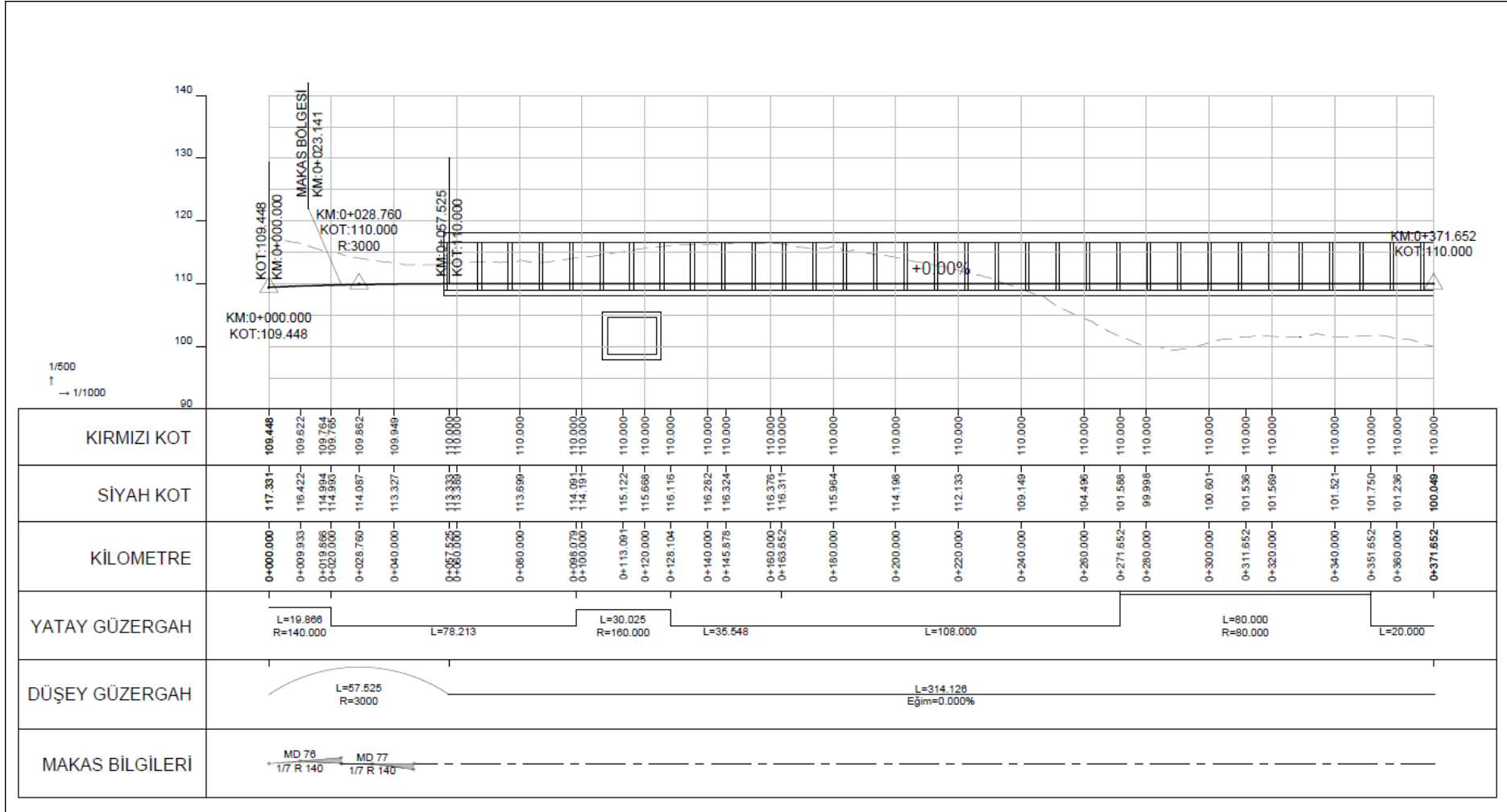


Şekil A.17 : D02 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası planı.

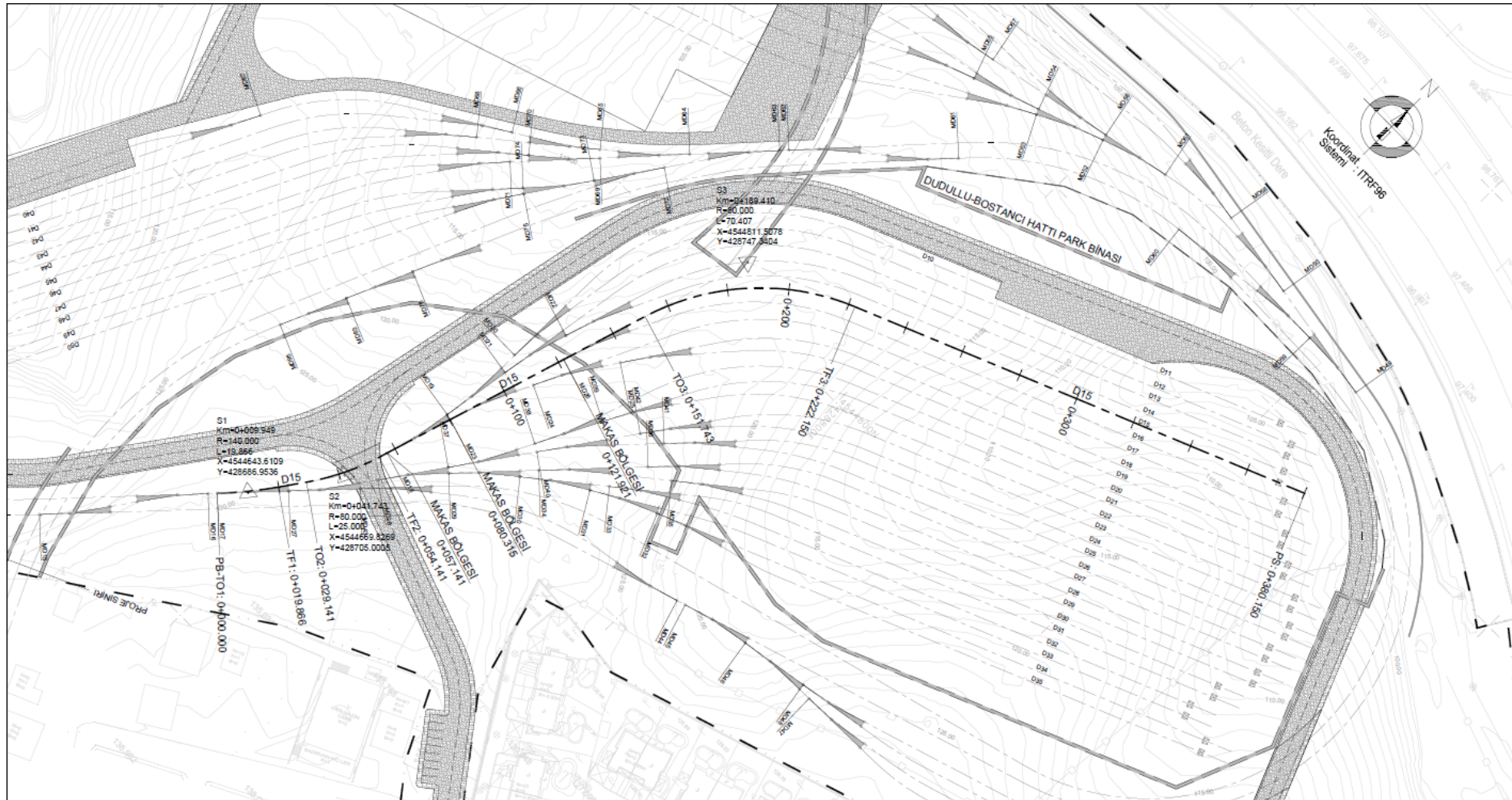


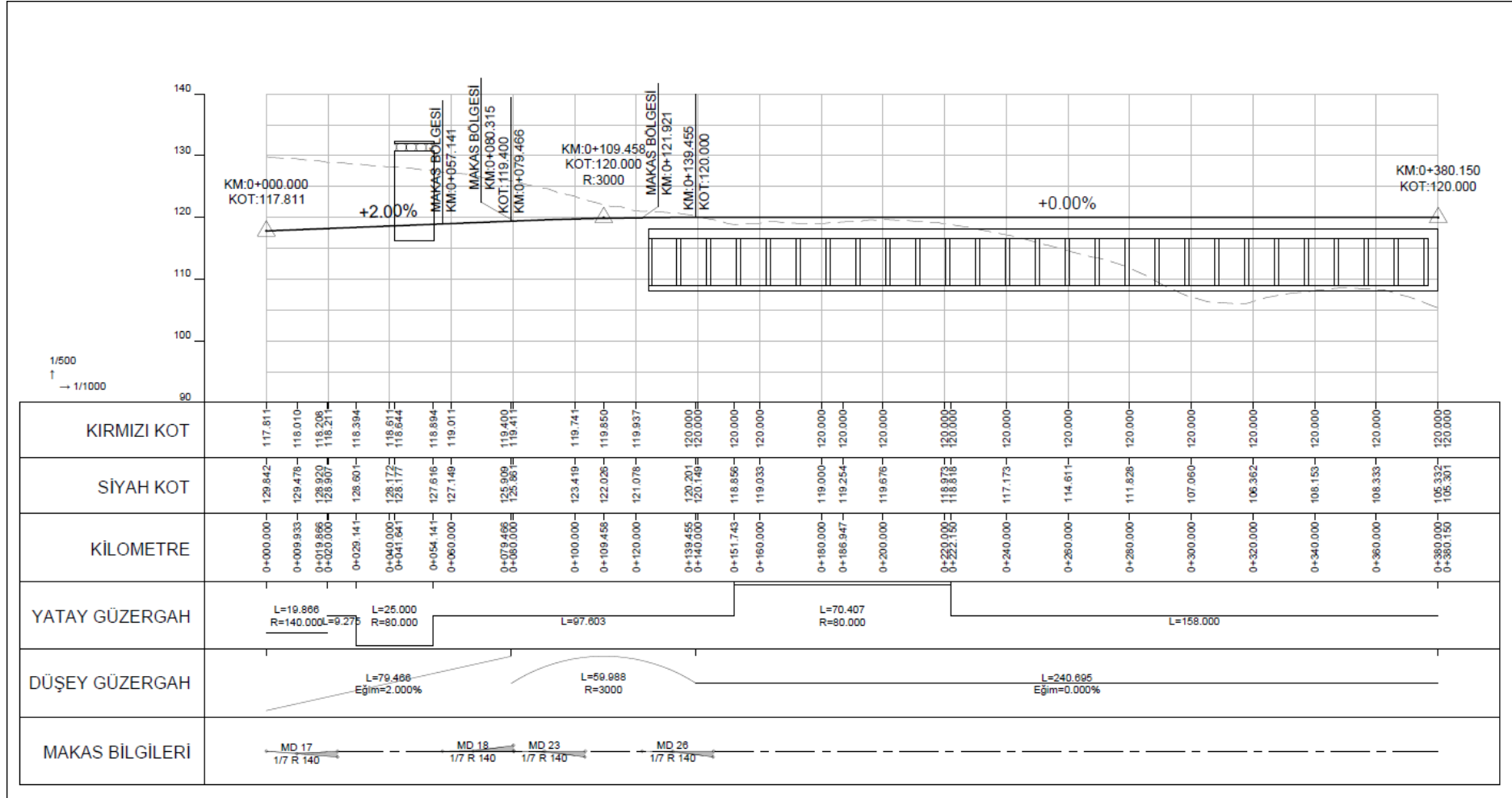
Şekil A.18 : D02 hattı 1+500-2+000 kilometreleri arası profili.



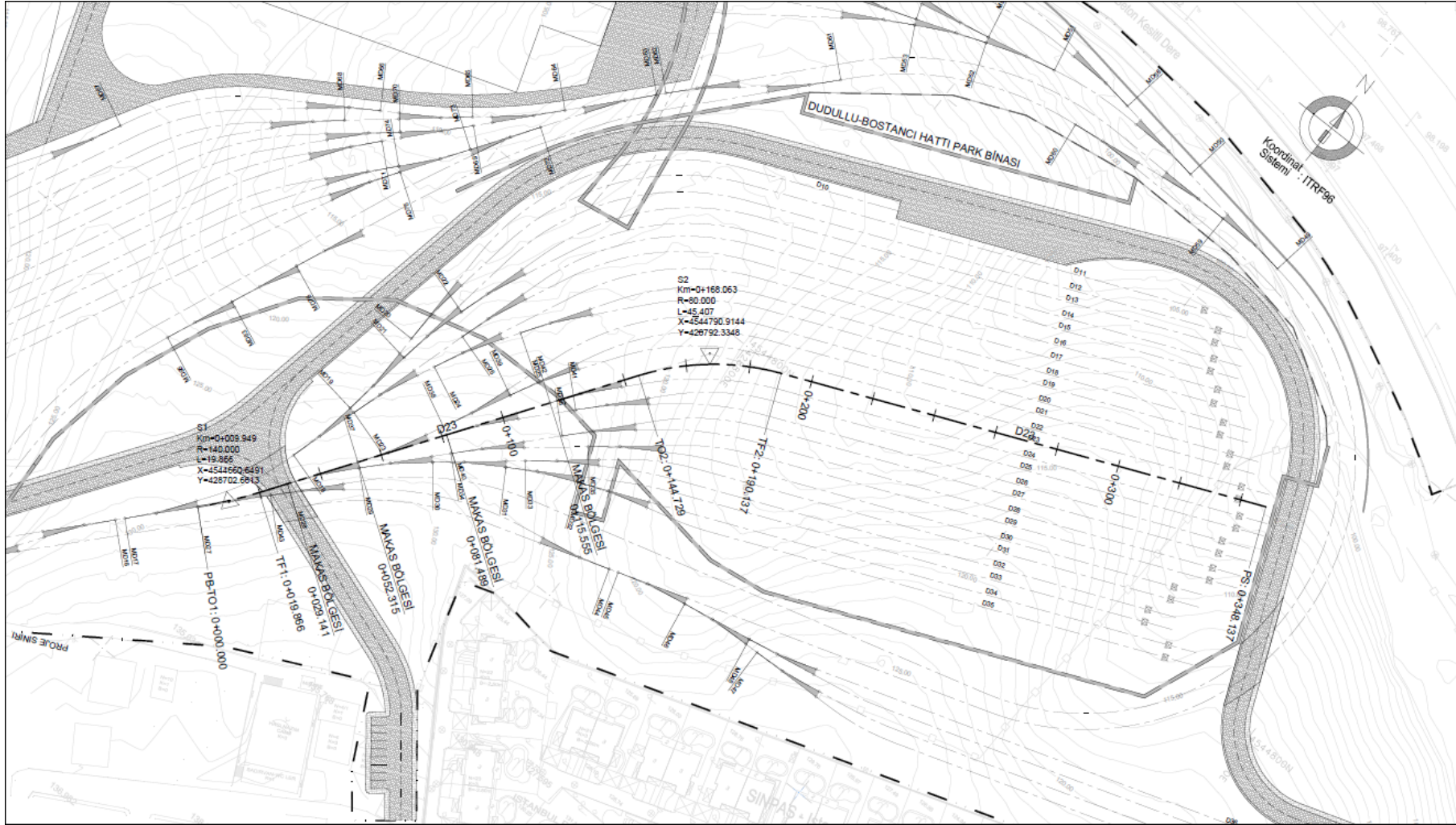


Şekil A.20 : D09 hattı profili.

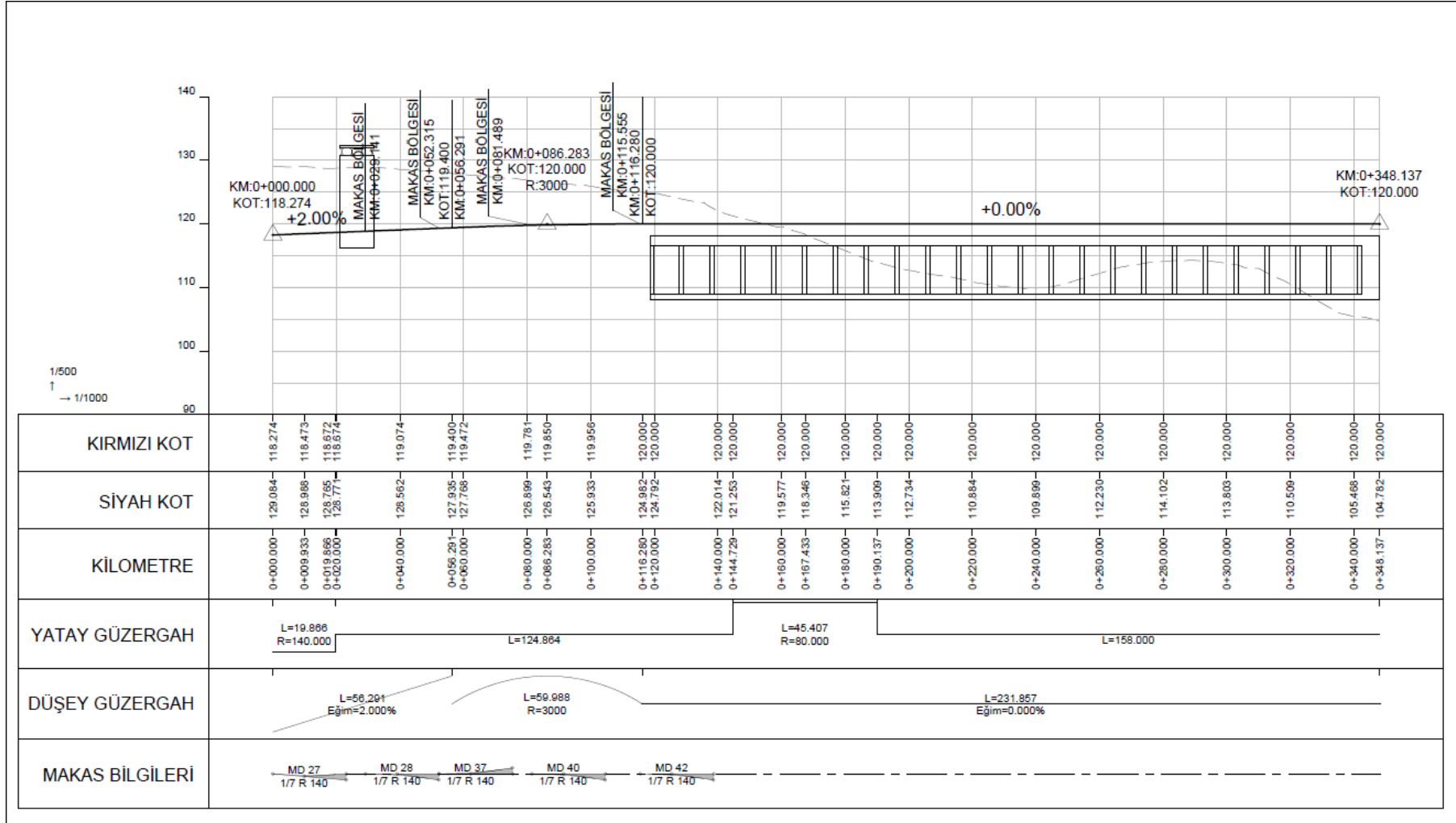




Şekil A.22 : D15 hattı profili.

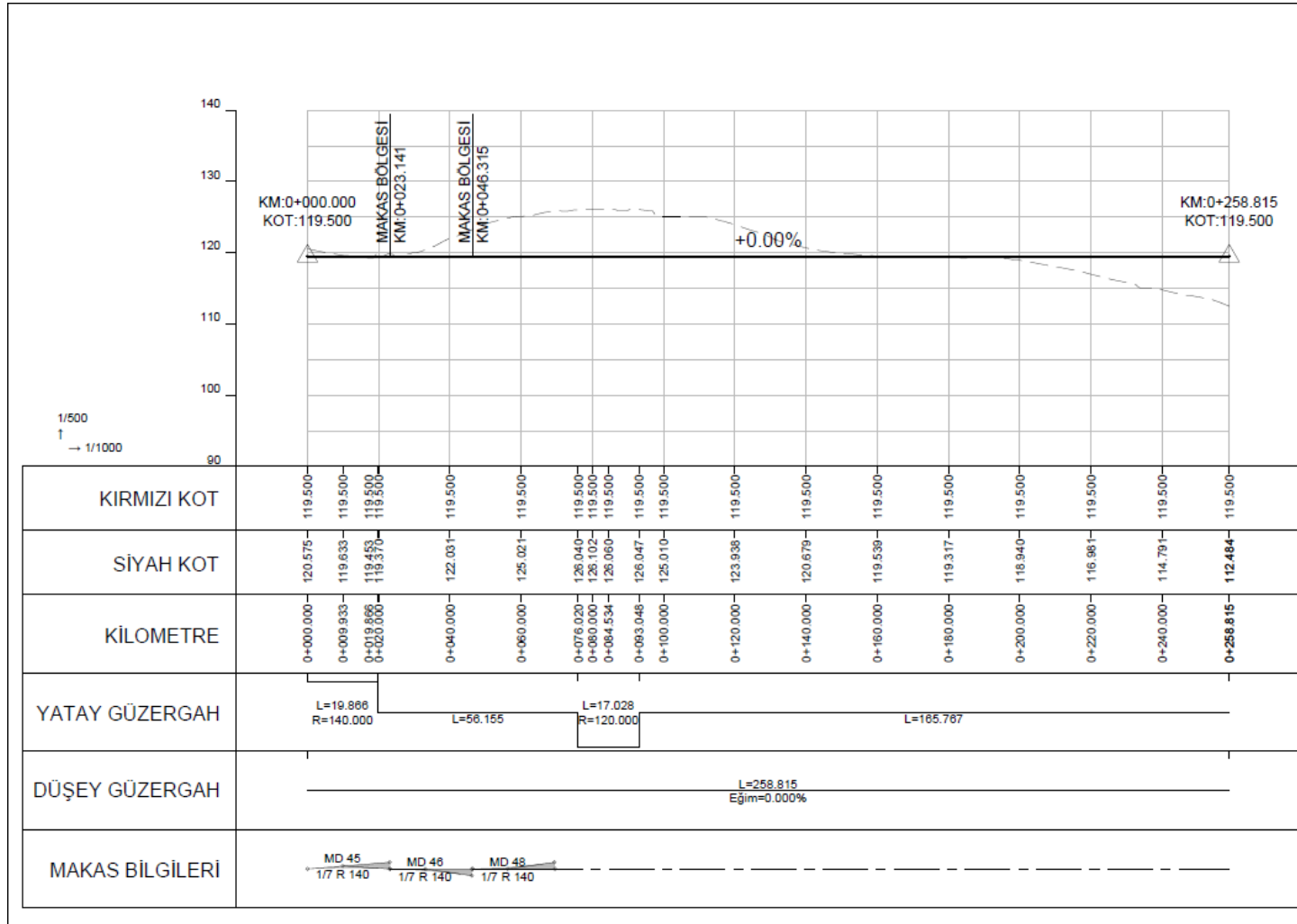


Şekil A.23 : D23 hattı planı.

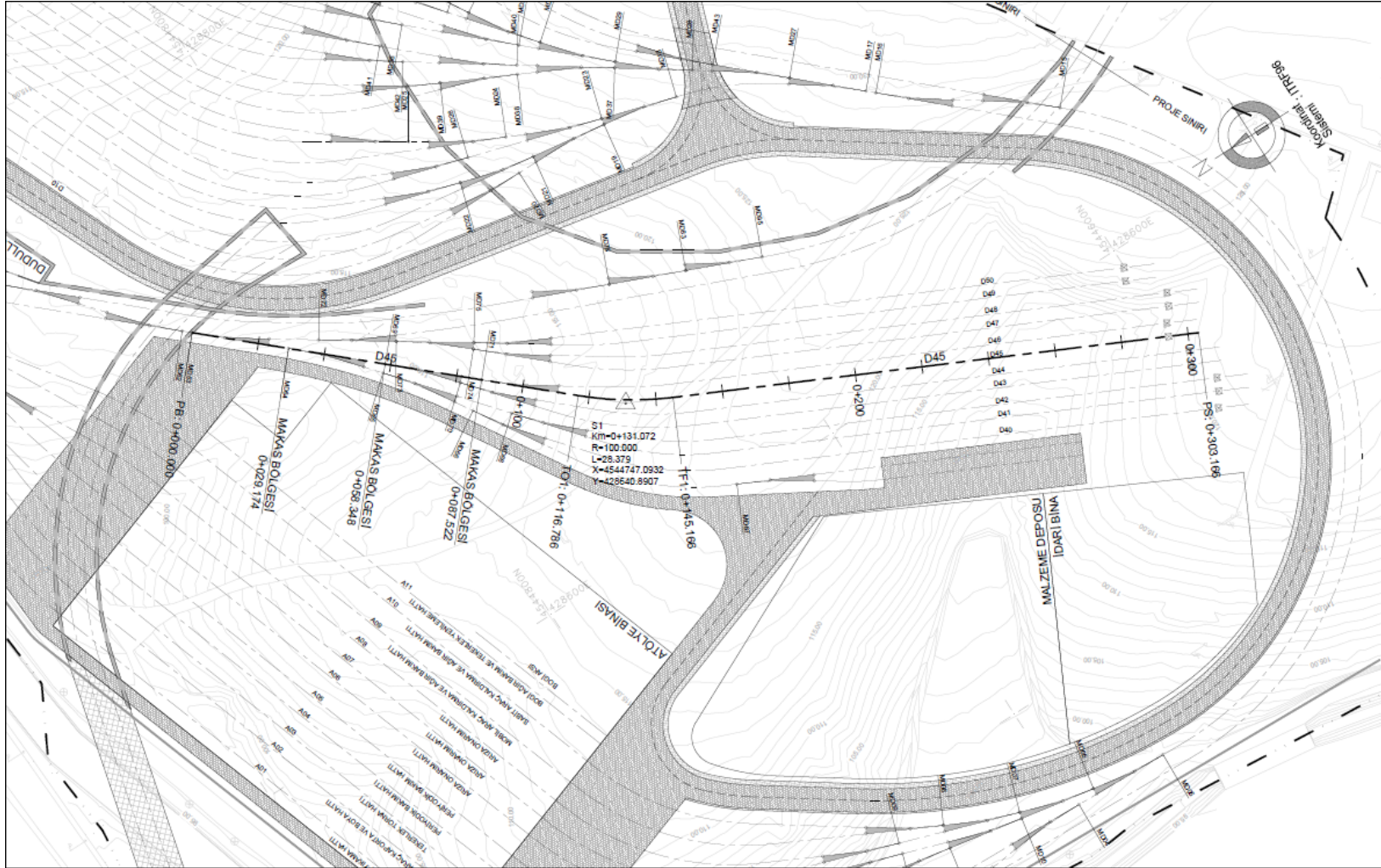


Şekil A.24 : D23 hattı profili.

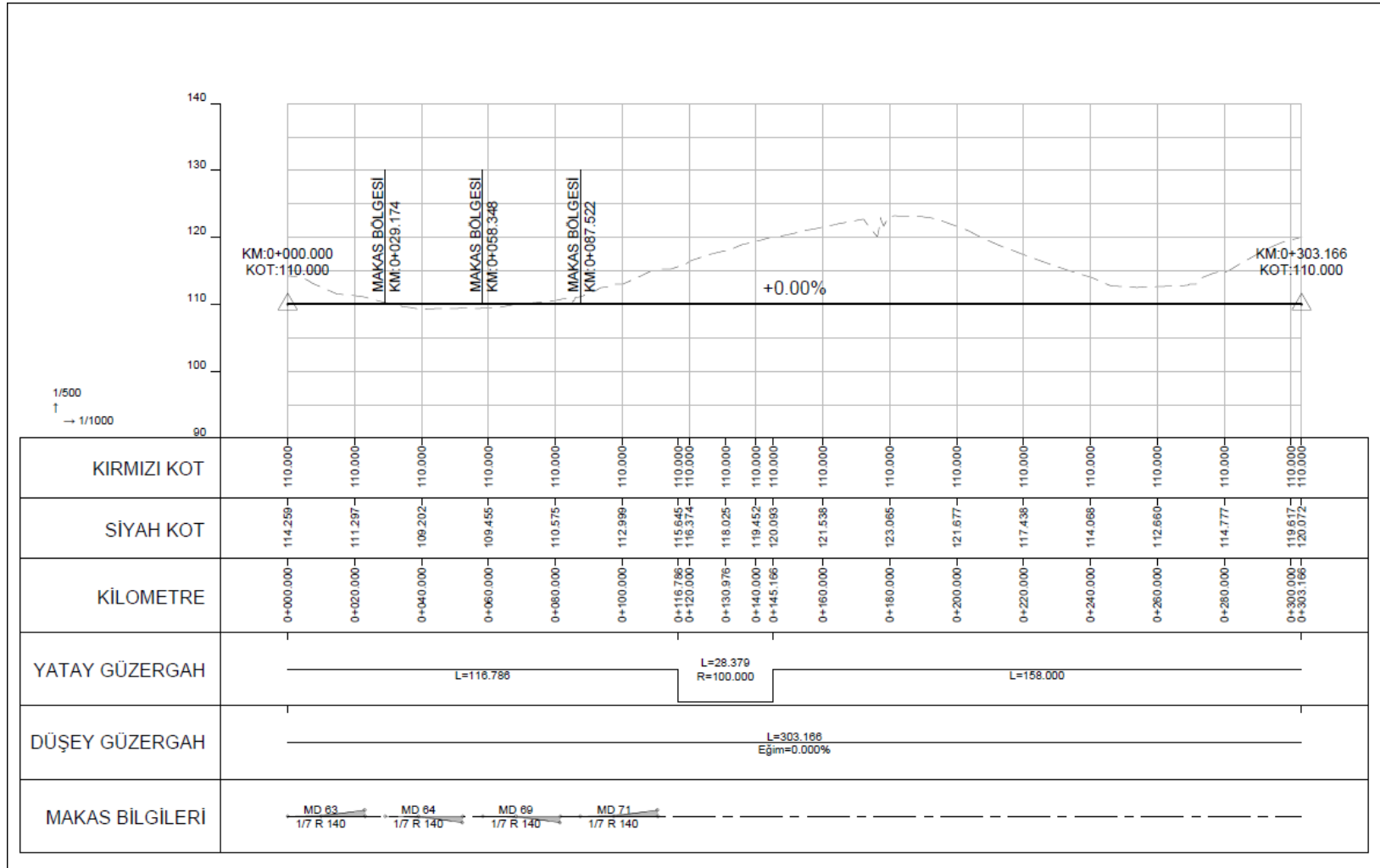




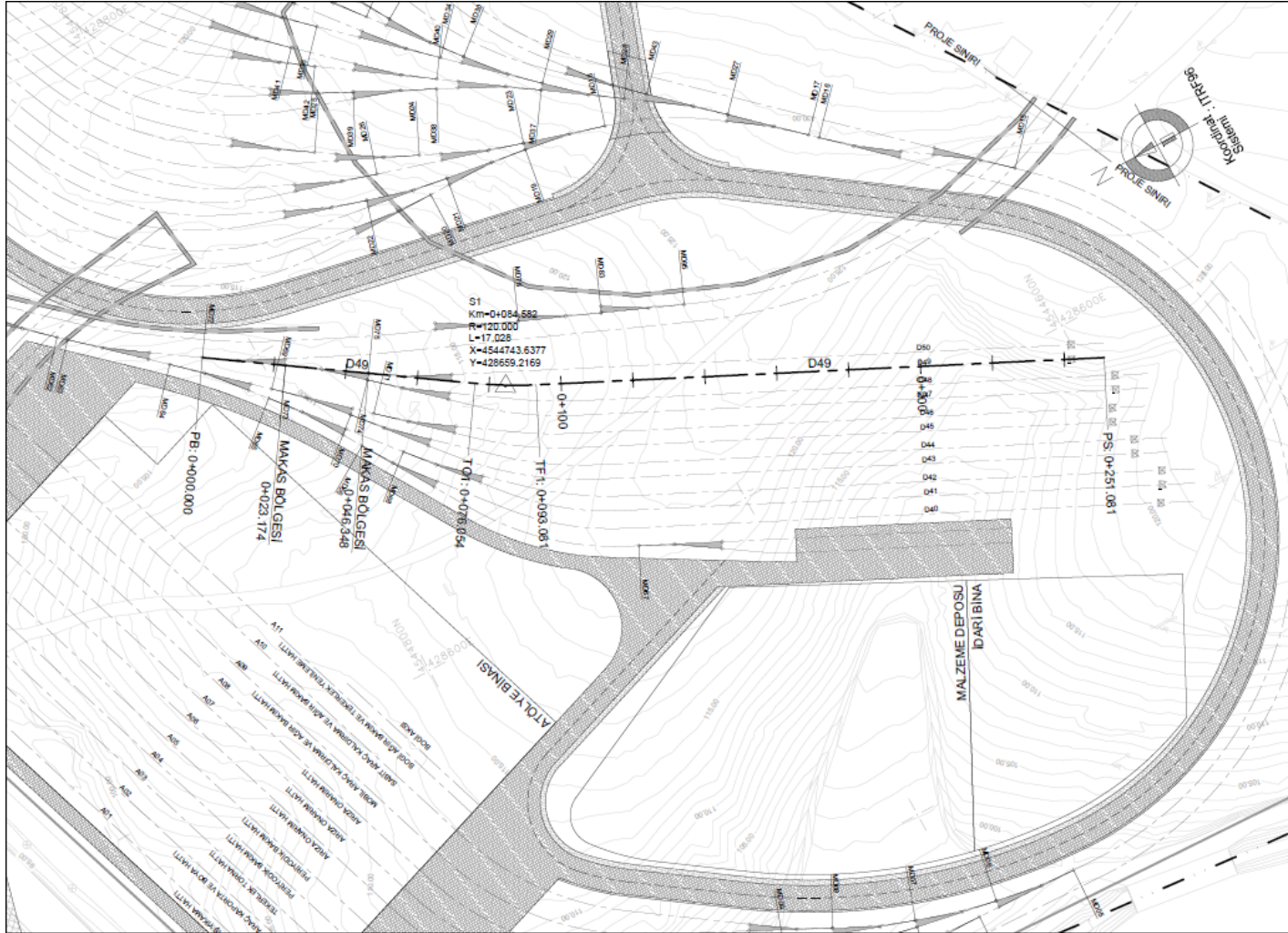
Şekil A.26 : D37 hattı profili.



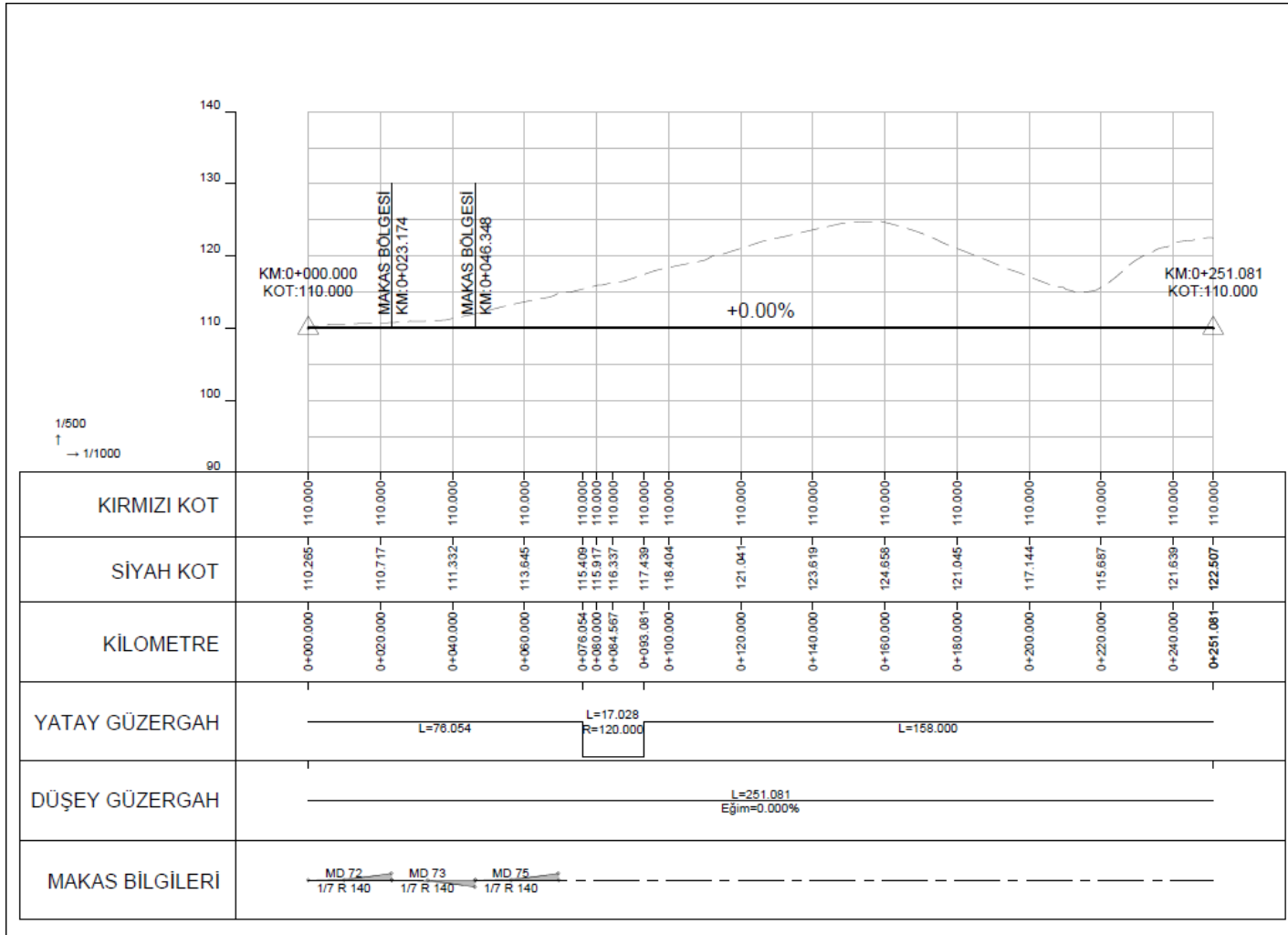
Şekil A.27 : D45 hattı planı.



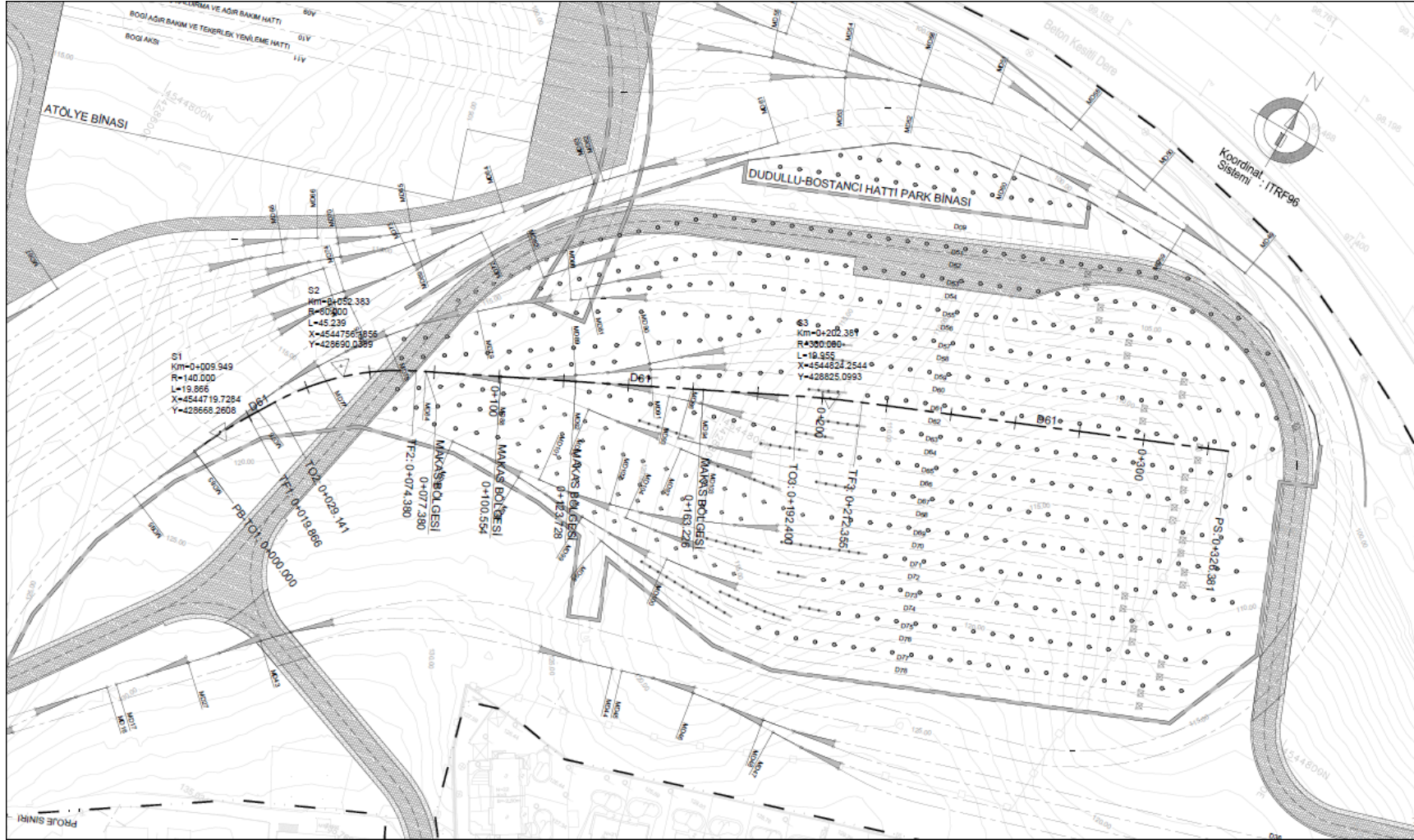
Şekil A.28 : D45 hattı profili.



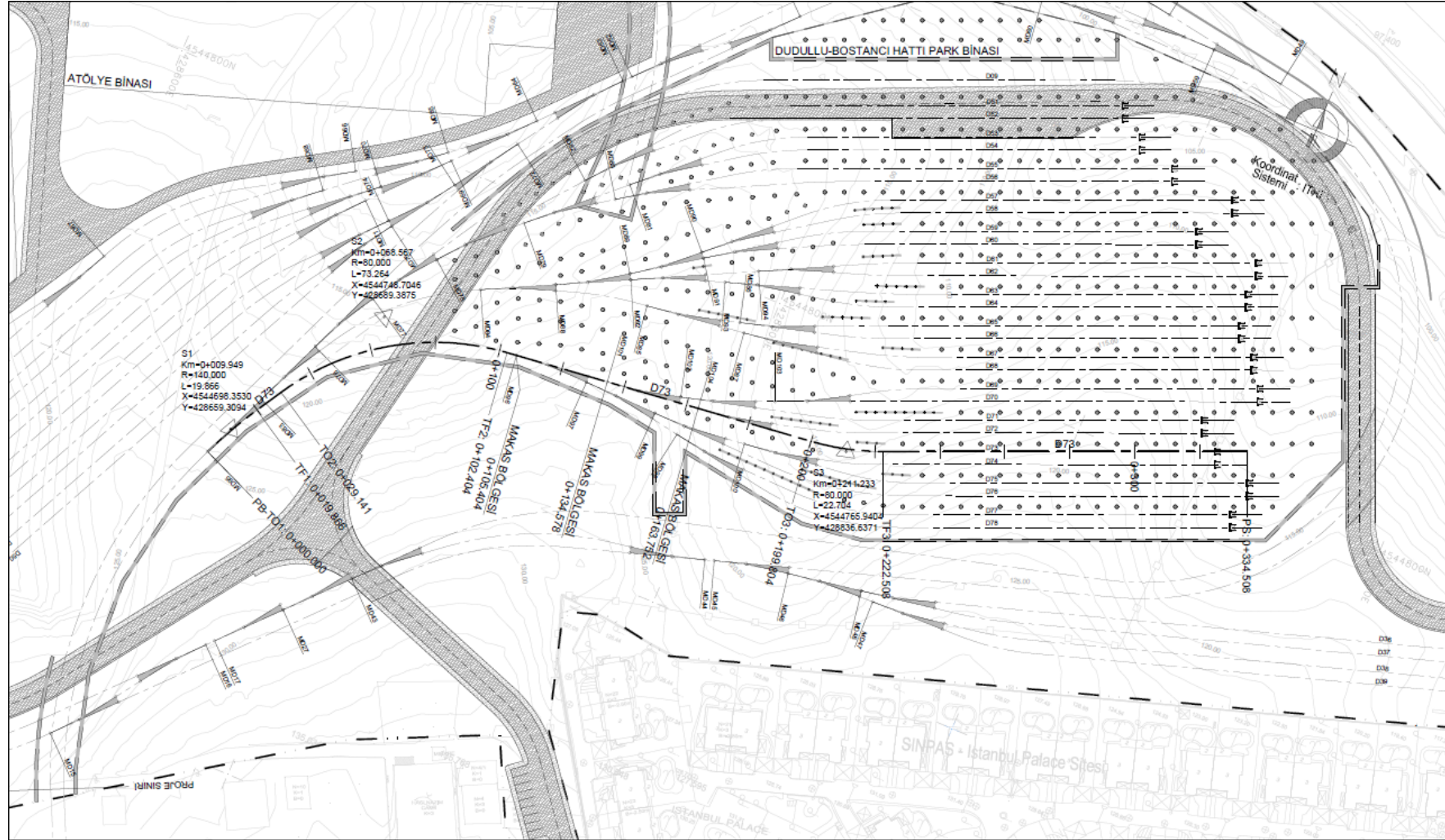
Şekil A.29 : D49 hattı planı.



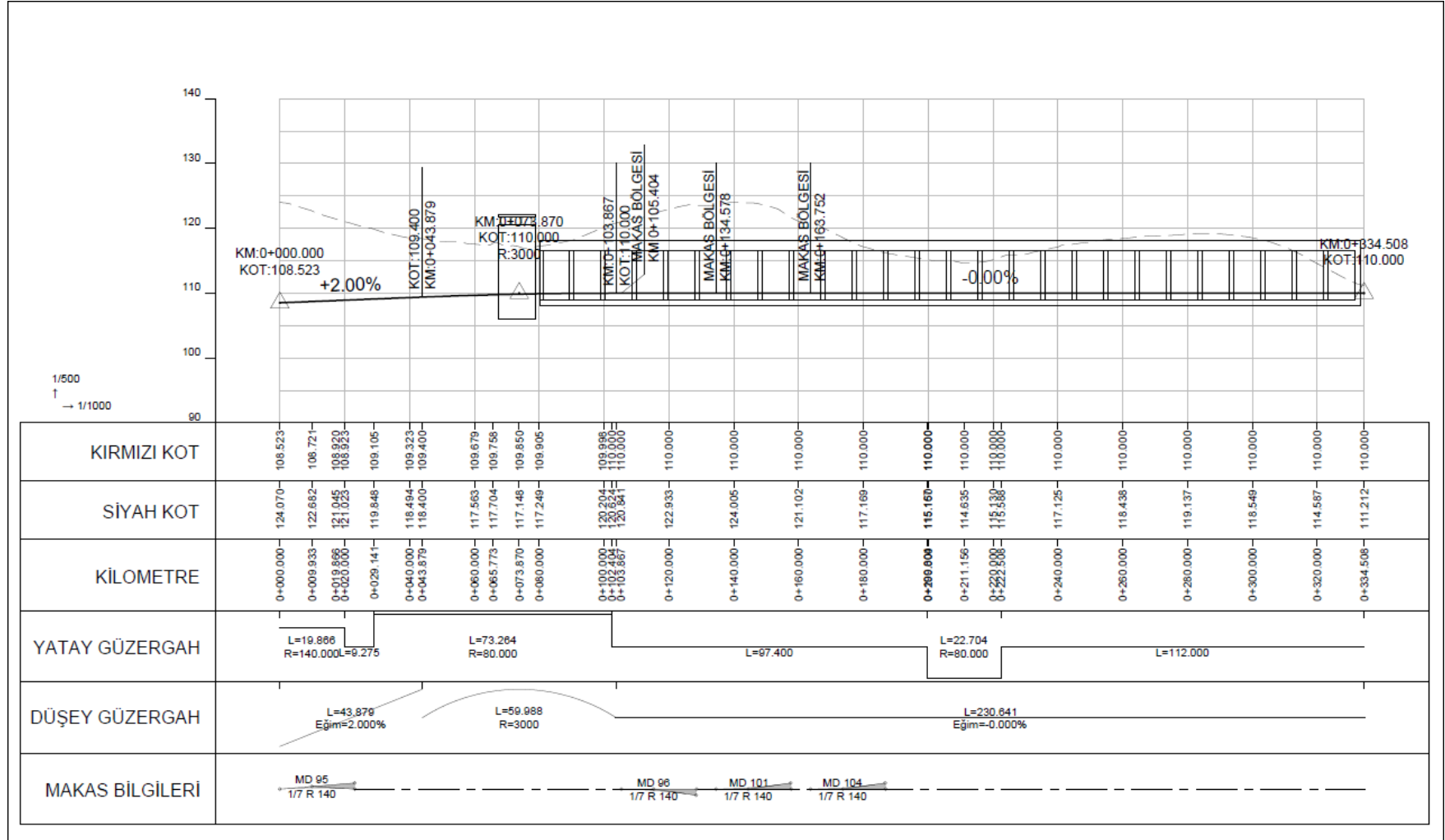
Şekil A.30 : D49 hattı profili.



Şekil A.31 : D61 hattı planı.

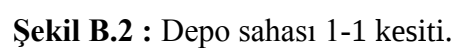
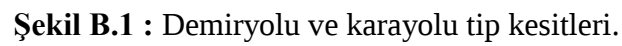


Şekil A.33 : D73 hattı planı.



Şekil A.34 : D73 hattı profili.

Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu depo sahasının demiryolu ve karayolu tip kesitleri ile demiryolu sistem kesitleri ön proje tasarımları.



130

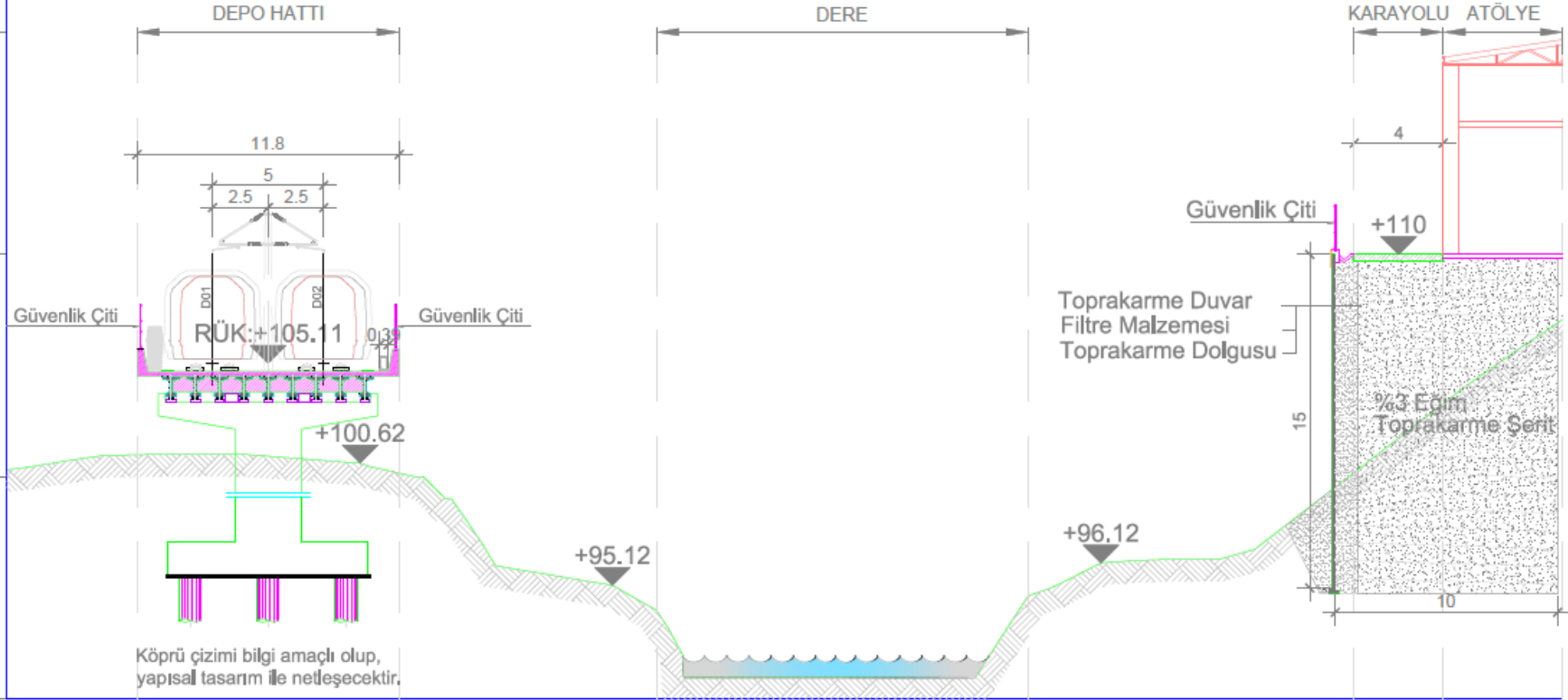
KESİT 2-2 DERE GEÇİŞ KÖPRÜSÜ KESİTİ

120

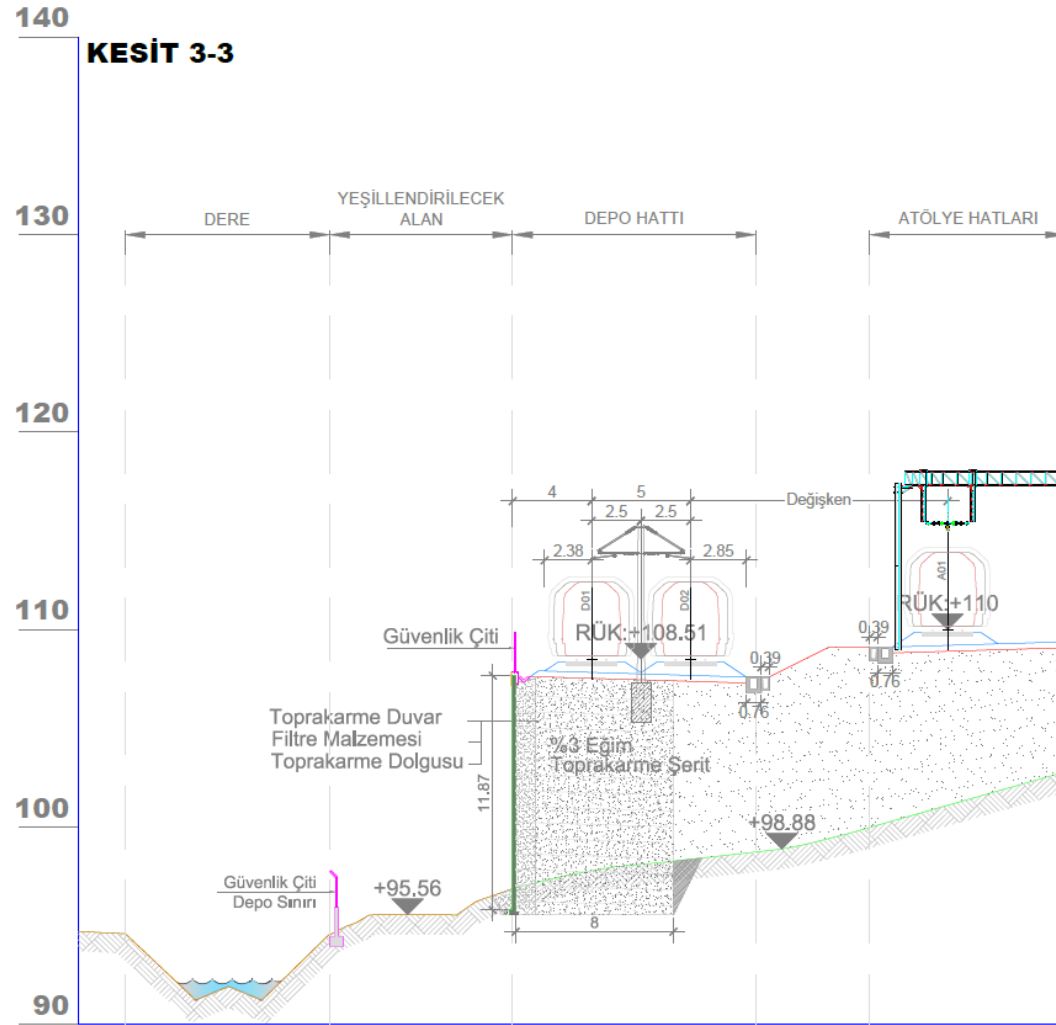
110

100

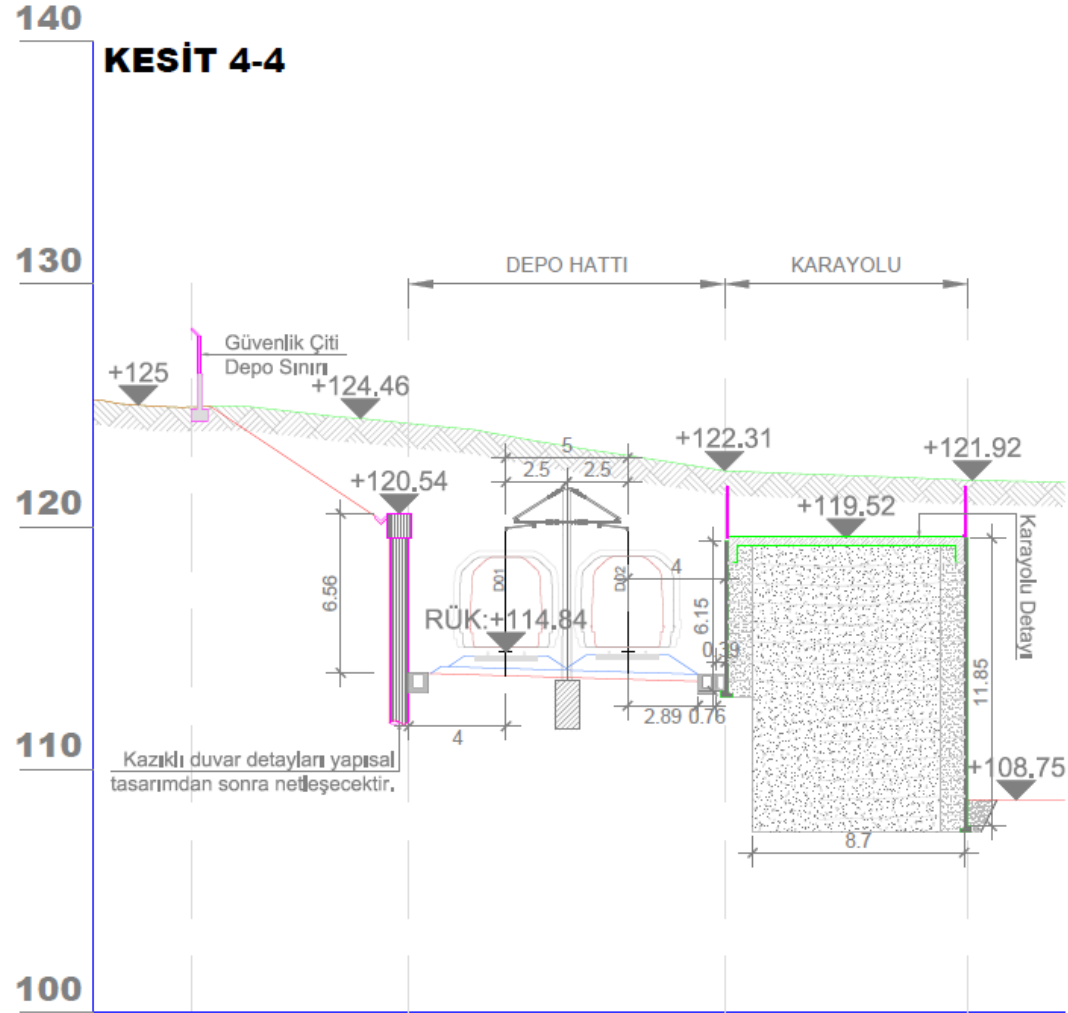
90



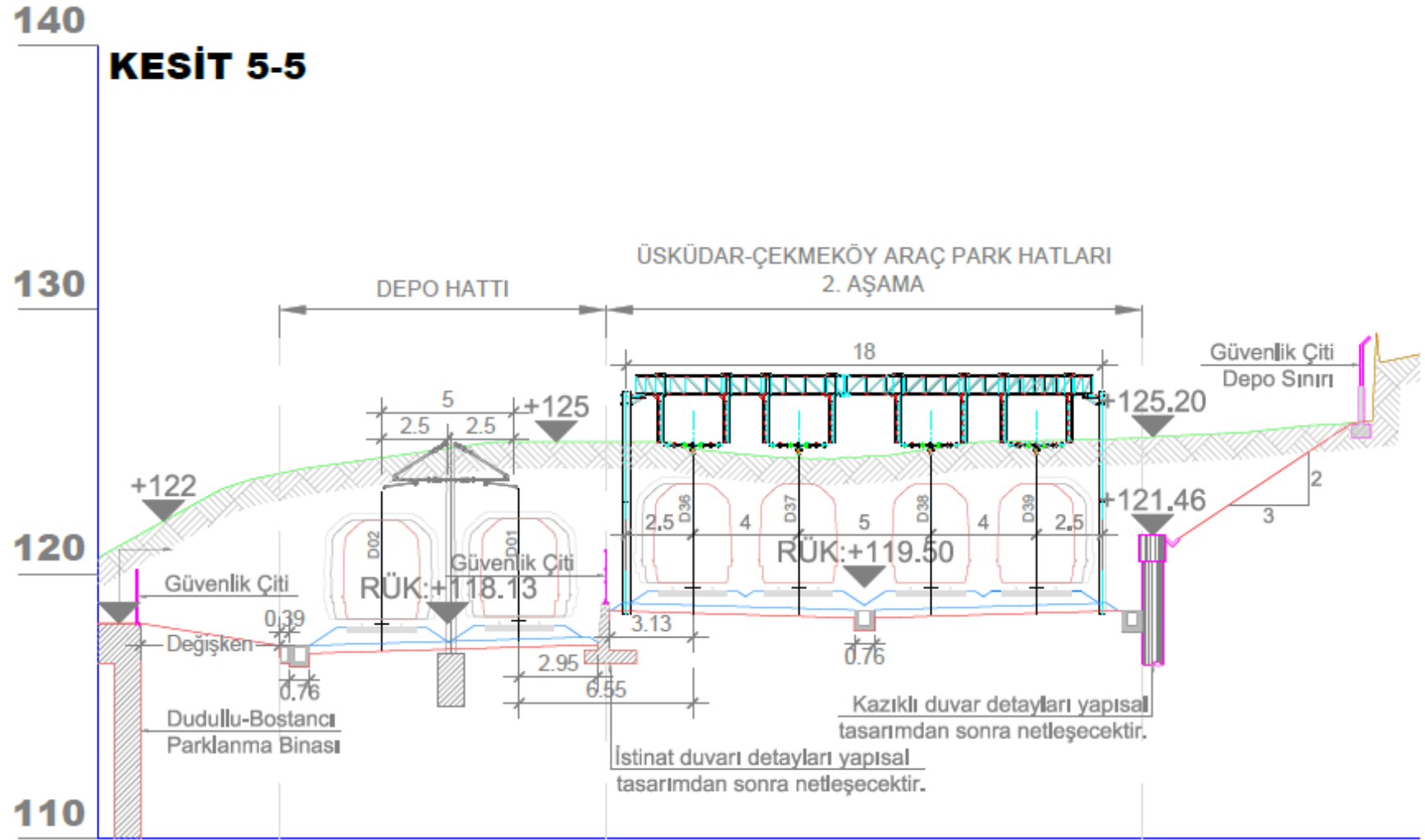
Şekil B.3 : Depo sahası 2-2 kesiti.



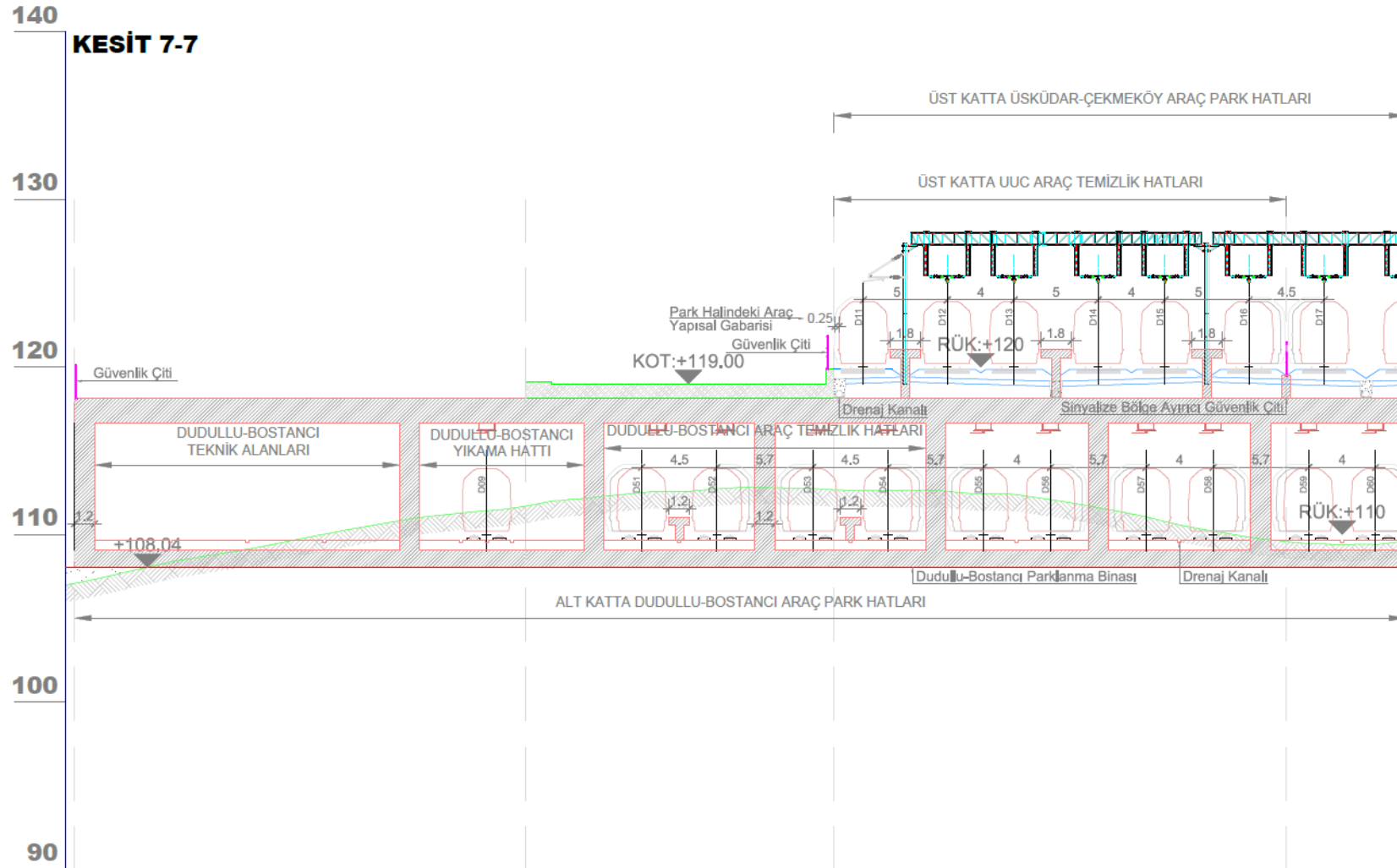
Şekil B.4 : Depo sahası 3-3 kesiti.



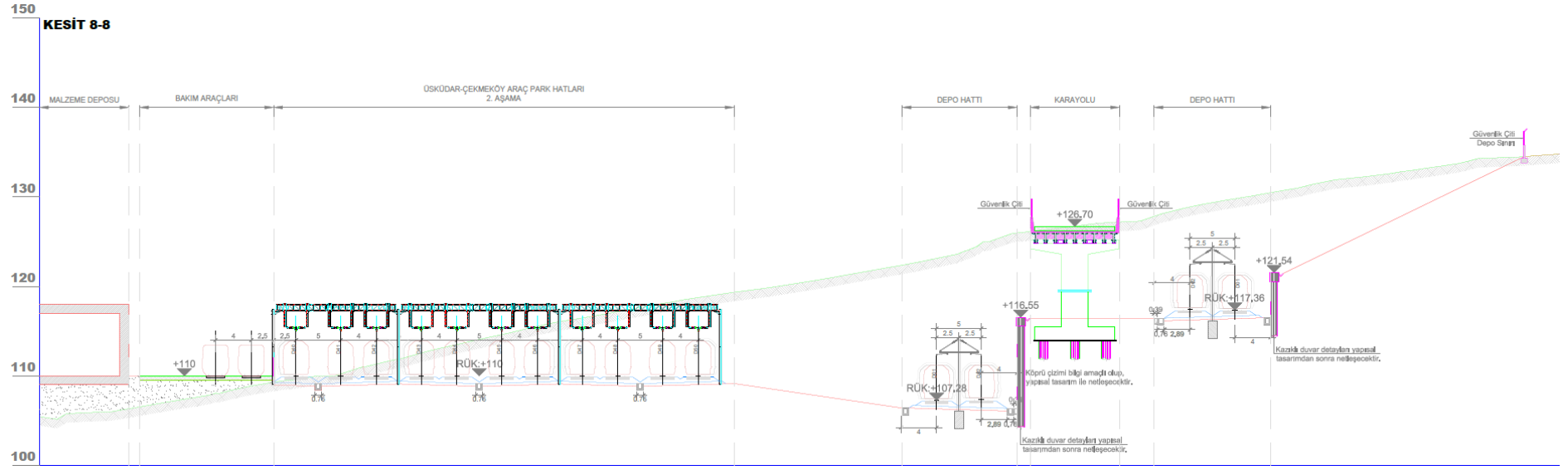
Şekil B.5 : Depo sahası 4-4 kesiti.



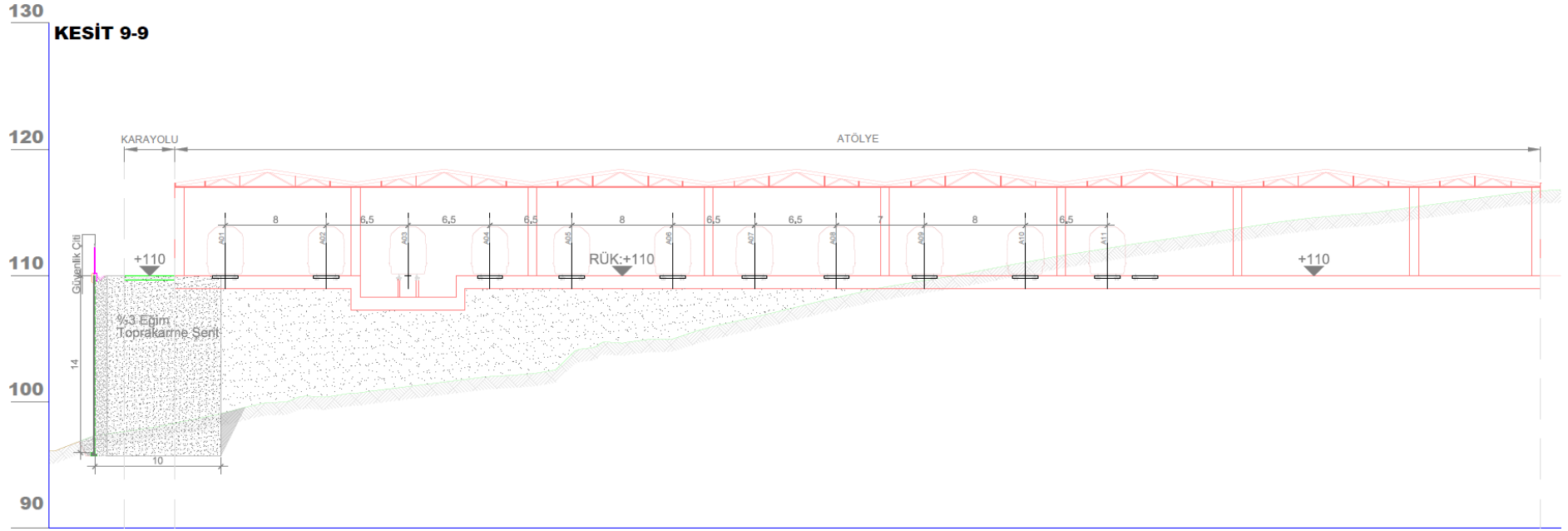
Şekil B.6 : Depo sahası 5-5 kesiti.



Şekil B.8 : Depo sahası 7-7 kesiti.



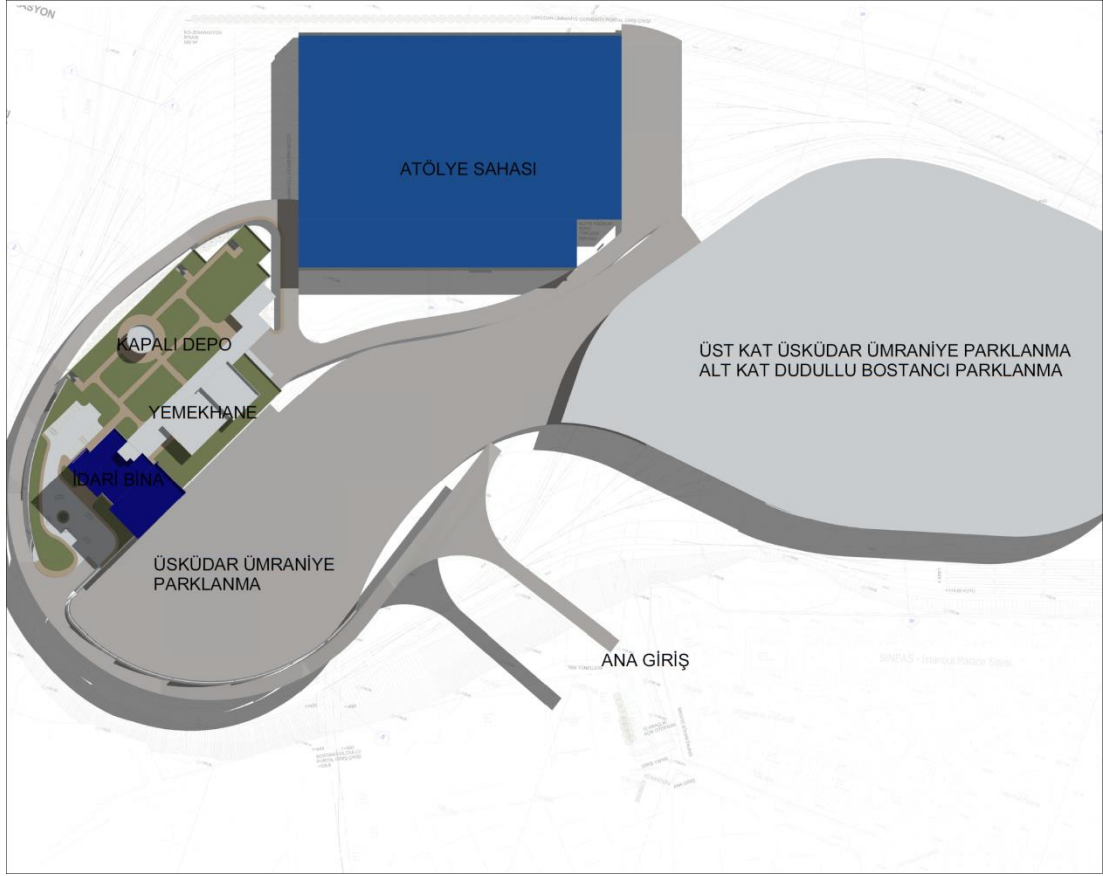
Şekil B.9 : Depo sahası 8-8 kesiti.



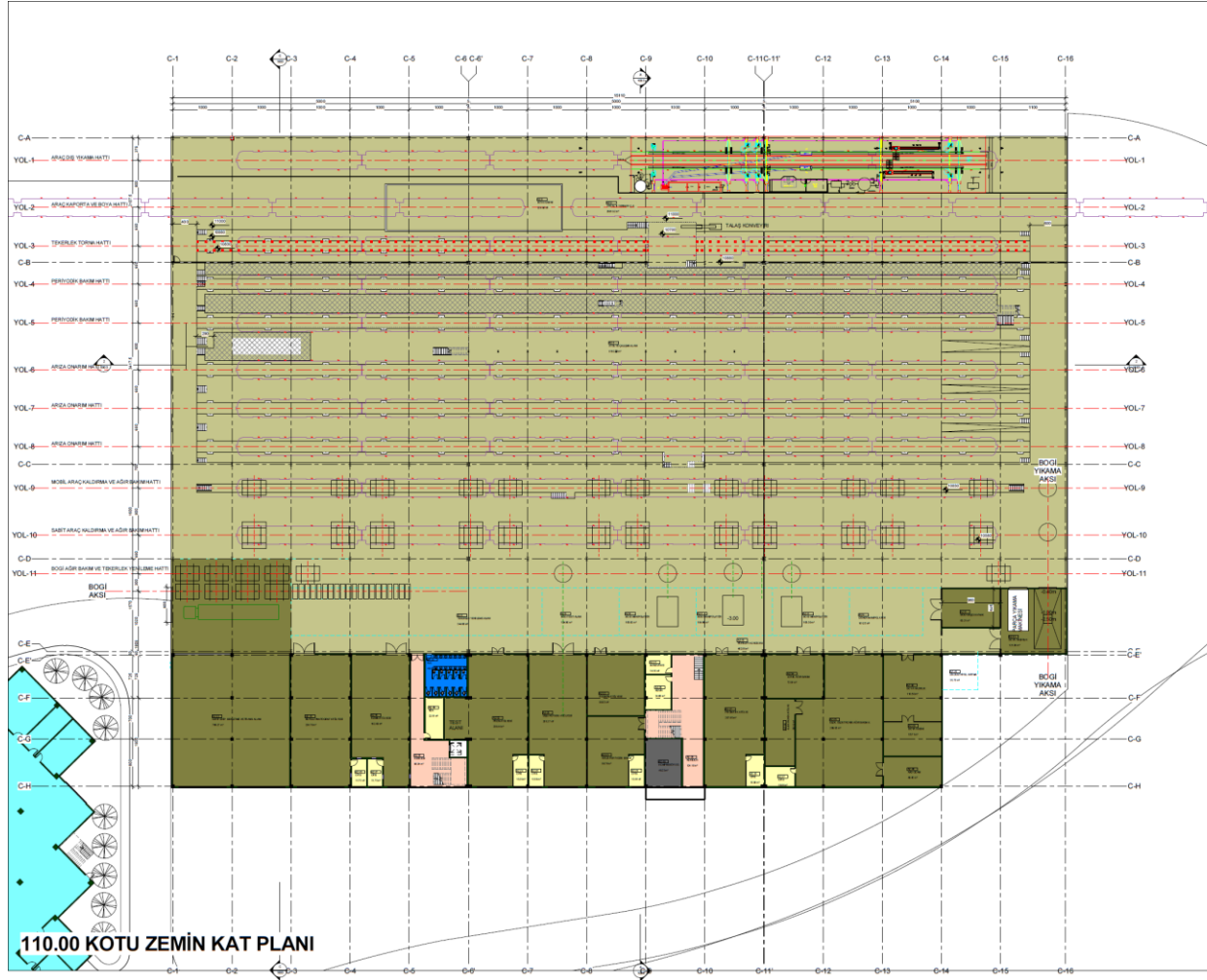
Şekil B.10 : Depo sahası 9-9 kesiti.

EK C

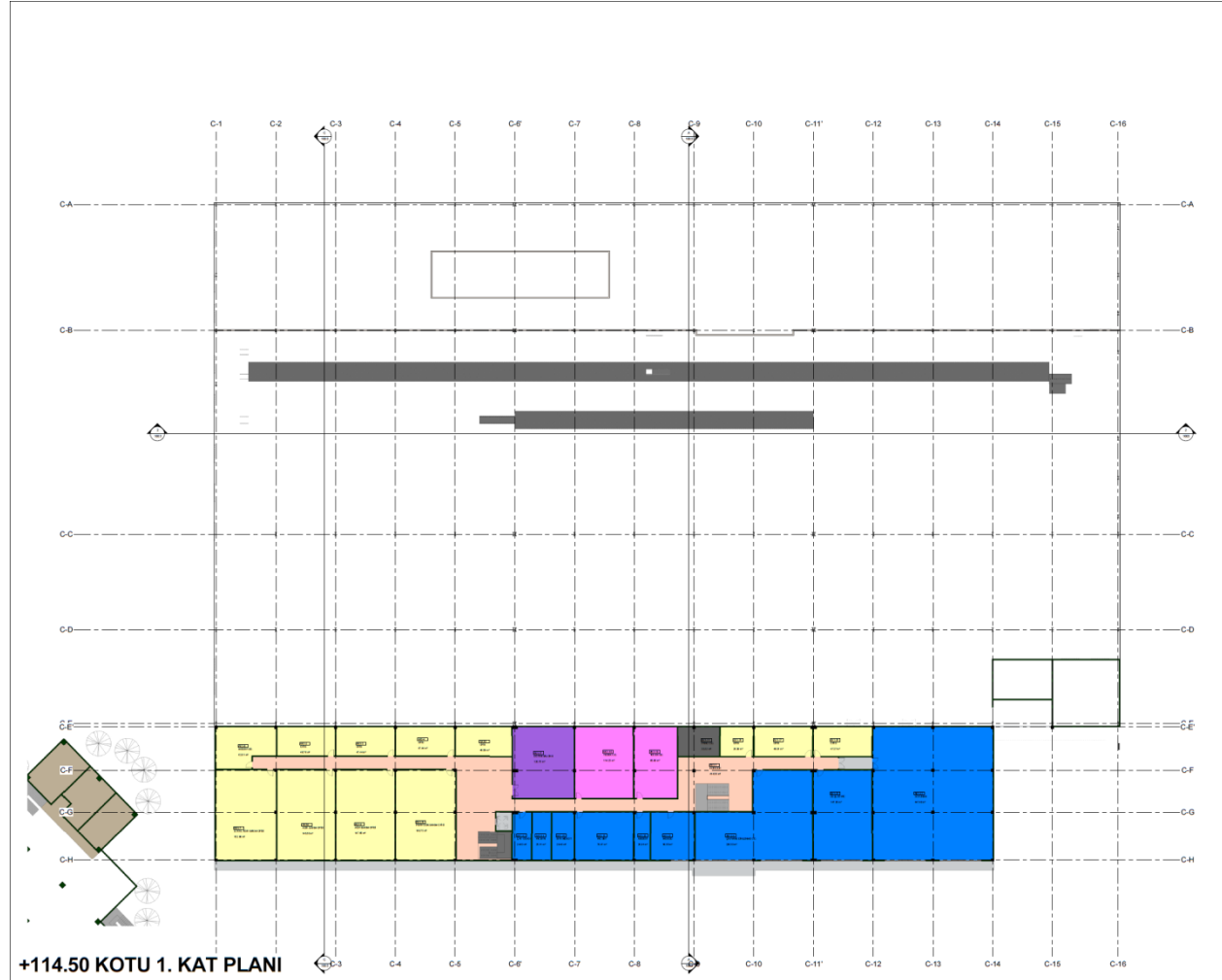
Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metrosu depo dahasındaki idari bina, atölye binası, malzeme deposu ve tesisler atölyeleri binası vaziyet planları planları, kat planları ve yerleşim planları.



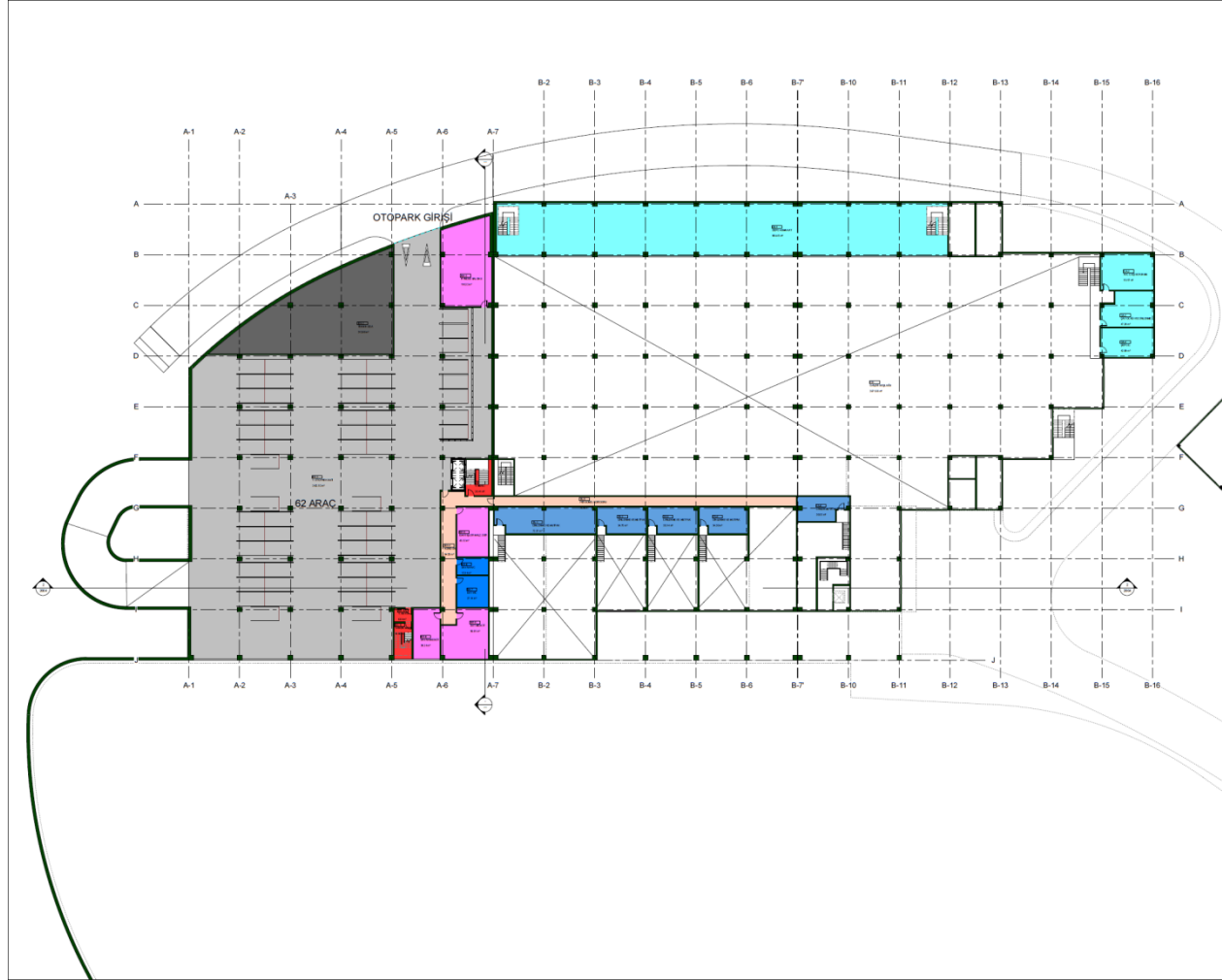
Şekil C.1 : Depo sahası binaları vaziyet planı.



Şekil C.2 : Atölye binası zemin kat planı.



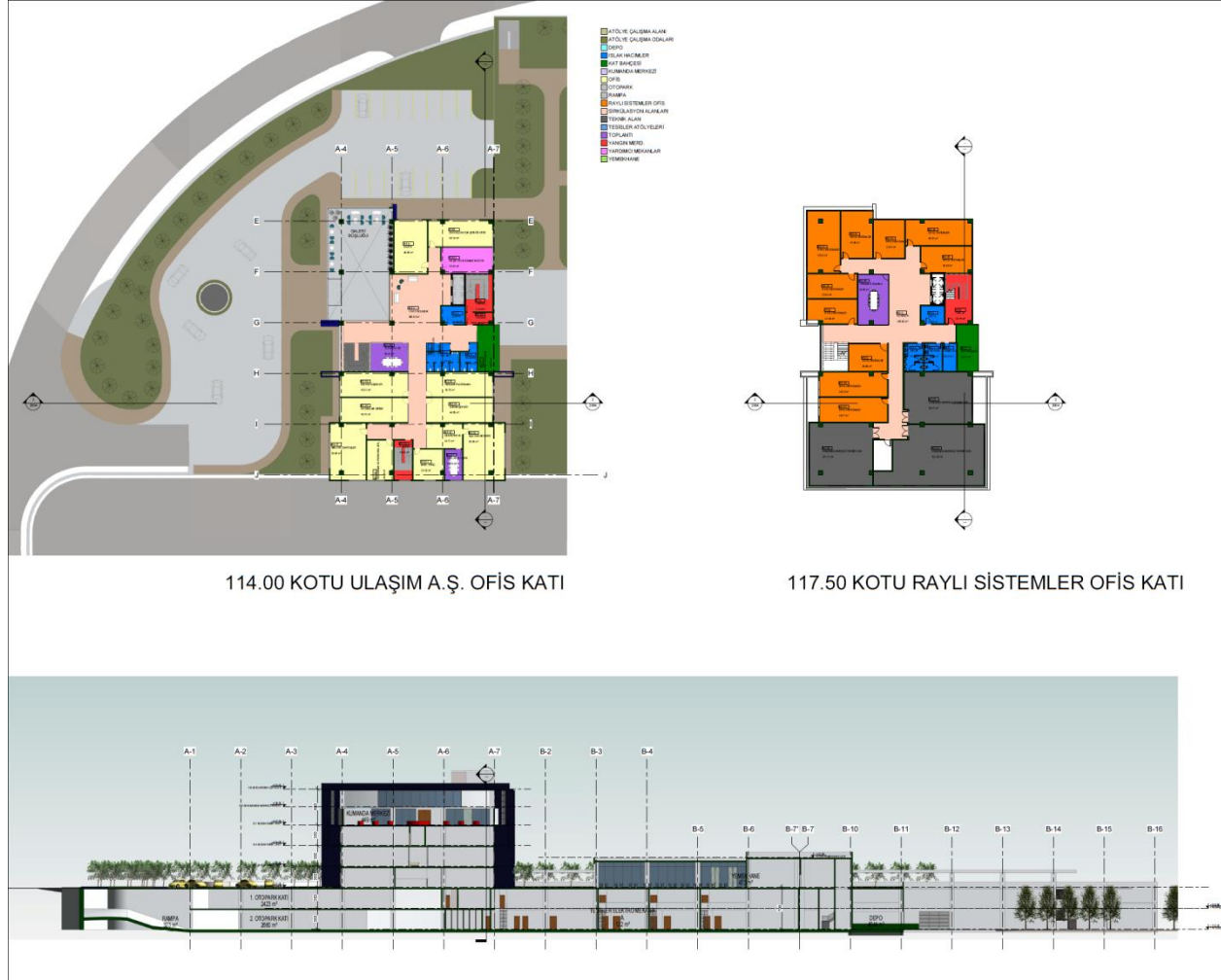
Şekil C.3 : Atölye binası 1. kat planı.

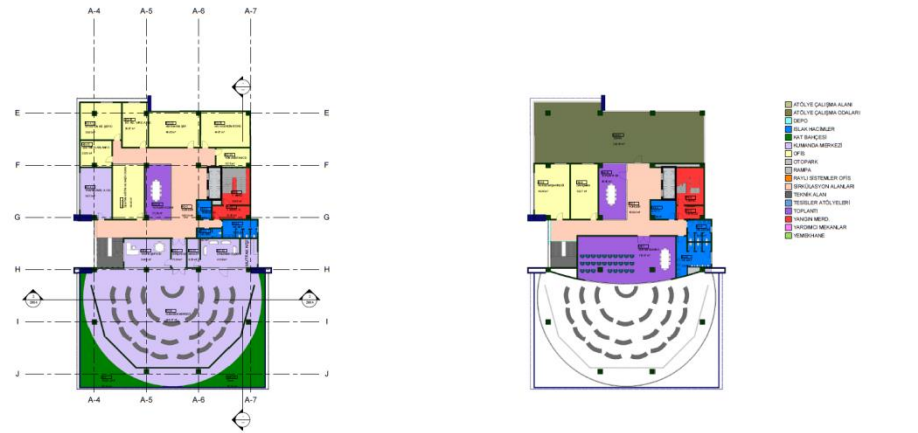


Şekil C.5 : İdari bina 1. bodrum kat, malzeme deposu ve tesisler atölyeleri ara kat planları.



Şekil C.6 : İdari bina zemin kat ve yemekhane kat planları.





GENEL İZOMETRİK GÖRÜNÜŞ

Şekil C.8 : İdari bina 3. kat ve 4. kat planları.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Erdeniz ŞAHİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara, 1988
E-Posta : erdeniz.sahin@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü
- **Lisans** : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü'nden bölüm birinciliği ile mezuniyet.

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü'nden yüksek onur derecesi ile mezuniyet.

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden yüksek onur derecesi ile mezuniyet.

TÜBİTAK COST Projesi, 111M415 sayılı “Ağ akım yayılımının analizi: model geliştirme ve kalibrasyonda benzetim modelleri uygulaması” başlıklı projede burslu öğrencilik - 2011 Kasım - 2013 Ekim.

Prota Mühendislik Proje ve Danışmanlık Hizmetleri AŞ'de Güzergâh Tasarım Mühendisi - 2013 Nisan - devam etmekte.