

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TÜNELLERDE ENDÜSTRİYEL OTOMASYONUN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Zeki ŞAHBAZ**

**HAZİRAN 2009**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TÜNELLERDE ENDÜSTRİYEL OTOMASYONUN İNCELENMESİ**

**Elektrik-Elektronik Mühendisi Zeki ŞAHBAZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
‘Elektronik Yüksek Mühendisi’  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:14.05.2009  
Tezin Savunma Tarihi :08.06.2009**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Murat EKİNCİ  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Adnan CORA**

**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2009**

## ÖNSÖZ

Tünellerde endüstriyel otomasyon insanların daha güvenli ve rahat kara ulaşımı sağlamaları açısından önemlidir. Bu çalışmada tünellerde kullanılan güvenlik ve izleme sistemleri incelenmiş ve model tünel çalışması yapılmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında PLC'lerin birçok endüstriyel alanda kullanıldığı gibi tünellerde de kullanılması sonucundan yola çıkılmıştır. Özellikle Karadeniz bölgesinde birçok tünel bu çalışma için incelenmiştir.

Konu seçiminde ve çalışmaların yürütülmesinde gösterdiği destek ve yardım için saygı değer danışmanım Doç. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR'a, bu çalışmamda bana yardımcı olan arkadaşlarım Ercüment AKSOY'a, M. Yılmaz BENAKAY'a, Mustafa DEMİR'e ve Karayolları çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Zeki ŞAHBAZ  
Trabzon 2009

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
ŞEKİİLER DİZİNİ.....	VIII
TABLOLARDİZİNİ .....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Programlanabilir Denetleyiciler (PC) .....	2
1.2.1. Mikroişlemciler.....	2
1.2.2. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC).....	3
1.2.2.1. PLC'nin Genel Yapısı.....	3
1.2.2.2. Giriş Birimi .....	4
1.2.2.3. Çıkış Birimi .....	4
1.2.2.4. Programlayıcı Birimi .....	5
1.2.2.4.1. Merkezi İşlemci Ünite(CPU).....	5
1.2.2.5. Çalışma Biçimi .....	5
1.2.2.6. Kullanıcı Programının Yürütülmesi .....	5
1.2.2.6.1. İşlem Taraması.....	6
1.2.2.5. PLC'lerde Giriş-çıkış Modüllerini Uzaktan Kontrol Edilmesi.....	6
1.3. Algılayıcılar ve Detektörler .....	6
1.3.1. Işık Detektörleri .....	6
1.3.1.1. Foto-Diodlar .....	7
1.3.1.2. Foto Transistör .....	8
1.3.1.3. Foto-Dirençler.....	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	9
2.1. Tünellerde Kullanılan Sistemler .....	9
2.1.1. Tünellerde Kablaj .....	9
2.1.2. Tünel Aydınlatması.....	11

2.1.2.1.	Giriş Aydınlatması (Geçiş ve Eşik Bölgesi) .....	12
2.1.2.2.	İç Bölge Aydınlatması .....	14
2.1.2.3.	Gece Aydınlatması.....	15
2.1.2.4.	İki Yönlü Trafik Aydınlatması.....	16
2.1.2.5.	Optik .....	17
2.1.2.6.	Luminansmetre .....	17
2.1.2.6.1.	Ölçme Ünitesi (Sensörler) .....	17
2.1.2.6.2.	Kontrol Ünitesi .....	18
2.1.2.7.	Aydınlatma Kontrolü .....	18
2.1.2.7.1.	Gerekli Kontrol Fonksiyonları .....	18
2.1.2.7.2.	Otomatik (Lüminansmetre ve SCADA üzerinden çalışma) .....	19
2.1.2.7.3.	Lokal (Elle) .....	19
2.1.2.7.4.	Manuel (Bilgisayar üzerinden operatör inisiyatifi ile kontrol) .....	19
2.1.3.	Tünel Havalandırması.....	20
2.1.3.1.	Karbon Monoksit (CO ölçüm cihazı ve Toz Partikül Detektörü).....	22
2.1.3.2.	Hava Yön ve Hız Ölçüm Detektörü.....	23
2.1.3.3.	Otomatik Çalıştırma.....	23
2.1.3.4.	Yangın Durumunda Çalıştırma.....	25
2.1.3.5.	Elle Kumanda (Manuel) Çalıştırma.....	26
2.1.4.	Kapalı Devre Televizyon Sistemi (CCTV).....	27
2.1.4.1.	Matrix Anahtarlama Kontrol Sistemi .....	28
2.1.4.2.	Dijital Video Kayıt Cihazı .....	28
2.1.4.3.	İnteraktif Video Yönetim Sistemi.....	29
2.1.4.4.	Görüntü Üzerinden Olay Algılama .....	29
2.1.4.4.1.	Genel.....	29
2.1.4.4.2.	Sistemin Bileşenleri ve Fonksiyonları .....	30
2.1.4.4.2.1.	19” Rack ve Teknik Özellikleri .....	30
2.1.4.4.2.2.	Deteksiyon Modülü Fonksiyonları .....	31
2.1.4.4.2.3.	Yönetim Yazılımı .....	32
2.1.5.	Yangın Algılama.....	33
2.1.5.1.	Dijital Fiber Optik Doğrusal Yangın Algılama Sistemi .....	33
2.1.5.1.1.	Yangın Algımla Sisteminin Bileşenleri .....	34

2.1.5.1.1.1.	Yangın Algılama Kablosu .....	34
2.1.5.1.1.2.	Değerlendirme Ünitesi .....	34
2.1.6.	Otomasyon Sistemi .....	36
2.1.6.1.	Besleme Sistemi Otomasyonu .....	36
2.1.6.2.	Aydınlatma Sistemi Otomasyonu .....	37
2.1.6.3.	Havalandırma Sistemi Otomasyonu .....	37
3.	BULGULAR VE İRDELEME .....	39
3.1.	PLC Programlanması .....	39
3.1.1.	PLC ile Aydınlatma Kontrol .....	40
3.1.2.	PLC ile Havalandırma Kontrolü .....	40
3.2.	Yangın Algılama .....	42
3.3.	Scada ve Operatör Panel .....	43
4.	SONUÇLAR .....	48
5.	ÖNERİLER .....	49
6.	KAYNAKLAR .....	50
7	EKLER .....	52
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Endüstriyel otomasyon birçok üretim, izleme, kontrol sistemlerinde olduğu gibi tünellerde de kullanılmaktadır.

Türkiye’de son yıllarda tünel inşaat tekniklerinin gelişmesine paralel olarak tünel sayıları ve uzunlukları artmıştır. Bunun sonucu olarak tünellerde uygulanan güvenlik kriterleri de önem kazanmıştır. Bu kriterlere bağlı olarak tünellerde kullanılan otomasyon sistemleri yaygınlaşmıştır. Avrupa ve OECD ülkelerinde ise özellikle Mount Blanc Tüneli yangınından sonra önemle tartışılan bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada tünellerde kullanılan sistemler incelenmiş, analiz edilmiş ve örnek model bir tünel otomasyonu gerçekleştirilmiştir.

Tünellerde aydınlatma sistemlerinin kontrolü luminansmetreden alınan bilgilerle PLC tarafından yapılmakta, tünellerde havalandırma sisteminin kontrolü karbonmonoksit ve görüş açıklığı detektörlerden alınan bilgilerle yine PLC tarafından yapılmaktadır. Aynı zamanda bu sistemler Tünel Kontrol Merkezi operatörlerince de kontrol edilebilmektedir. Tünellerde yangın algılama, dijital fiberoptik yangın algılama sistemi kurularak yapılmakta, yangın durumunda Tünel Kontrol Merkezi’ne alarm sinyali ulaşmaktadır.

Bu tezde Türkiye’deki bazı tüneller incelenerek herhangi bir acil durumda hangi sistemlerin önemli olduğu açıklanmıştır. PLC ile bir maket tünel otomasyonu yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel Otomasyon, Tünel Aydınlatma, Tünel Havalandırma, Yangın Algılama, Tünel Kontrol Merkezi

## SUMMARY

### Review of Industrial Automation in Tunnels

Many manufacturing industrial automation, monitoring, control systems as well as in tunnels are used.

In Turkey in recent years, parallel to the development of tunnel construction techniques as the number and length of tunnels has increased. As a result, the safety criteria applied to the tunnel is also important. Depending on the criteria used in this tunnel of automation systems has become widespread. Europe and OECD countries is important, especially after the Mount Blanc Tunnel fire has become a topic that is discussed.

This study used in the tunnel systems were examined, analyzed, and examples of automation has been a tunnel models.

Lighting control system in the tunnel of the PLC with the information received by luminansmetreden is done in the tunnel ventilation system for the control of carbon monoxide detectors received and opinions clearly with the information maintained by the PLC. At the same time, these systems also can be controlled by the tunnel control center operator. In the tunnel fire detection, digital fiber optic fire detection system is being done by established, Tunnel Control Center in case of fire alarm signal is received.

This thesis was examined in Turkey any emergency situation in some tunnels, which are open systems is important. PLC automation has been a model tunnel.

**Key Words:** Industrial Automation, Tunnel Lighting, Tunnel Ventilation, Fire Detection, Tunnel Control Center



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tünel kablo tavaları .....	10
Şekil 2. Tünel yan kablokanalı .....	10
Şekil 3. En son kademeli aydınlatılmış tünel .....	12
Şekil 4. İç bölge aydınlatması .....	13
Şekil 5. Geçiş bölgesi 1 .....	14
Şekil 6. Geçiş bölgesi 2 .....	14
Şekil 7. Eşik bölgesi 1 .....	15
Şekil 8. Eşik bölgesi 2 .....	15
Şekil 9. İç bölge aydınlatması .....	16
Şekil 10. Çift yönlü trafik aydınlatması .....	17
Şekil 11. Çift sıralı armatürlü 6.kademe aydınlatma .....	19
Şekil 12. 2 Şeritli yolda fan dizilişi .....	20
Şekil 13. 3 Şeritli otoyolda fan görünümü .....	21
Şekil 14. Tünellerde kullanılan fanların önden görünüşü .....	22
Şekil 15. Karbonoksit ve toz partikül ölçüm detektörü .....	22
Şekil 16. Yangın duman testi .....	26
Şekil 17. Mont Blanc yangını sonrası tünelin durumu .....	35
Şekil 18. Besleme sistemi otomasyonu SCADA sayfası .....	37
Şekil 19. Havalandırma sistemi otomasyonu SCADA sayfası .....	38
Şekil 20. Tünel operatör panel kontrol sayfası .....	42
Şekil 21. Maket tünel uygulaması ön görünüş .....	42
Şekil 22. Tünel operatör panel tünel izleme sayfası .....	44
Şekil 23. Maket tünel üst görünüş .....	45
Şekil 24. PLC SCADA bağlantısı.....	45
Şekil 25. Motor ve lamba bağlantıları .....	46
Şekil 26. Sensör bağlantıları .....	47

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Aydınlatma kademeleri .....	18
Tablo 2. Tünel kapanış havalandırma kademeleri .....	124
Tablo 3. Tünel açılış havalandırma kademeleri .....	135
Tablo 4. Video deteksiyon performans değerleri .....	146
Tablo 5. Grafitilerin türleri ve yapılan yüzeylere göre dağılımı .....	153
Tablo 6. Uygulanan grafiti türleri zemin rengi dağılımı .....	168
Tablo 7. Uygulanan grafiti türlerinin zemin malzemesine olan dağılımı .....	170

## SEMBOLLER DİZİNİ

CCTV	: Kapalı Devre Televizyon
CdS	: Kadmiyum Sülfid
CdSe	: Kadmiyum Selenit
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CPU	: Merkezi İşlemci Ünite
EN	: Avrupa Normları
$f_1$	: Akım-kazanç bant genişliği
FBD	: Fonksiyon Blok Diagramı
h	: Plank sabiti
HDPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen
$I_p$	: Foto akımı
IEC	: Uluslar arası Elektroteknik Komisyonu
IESNA	: Illuminating Enginnering Society Of North America
IP	: İnternet protokolü
I/O	: Giriş-çıkış birimleri
$K_m$	: Maksimum kinetik enerji
$L_{max}$	: Maksimum parıltı
$L_{min}$	: Minimum parıltı
$L_{ort}$	: Ortalama parıltı
LAD	: Ladder lojik
LAN	: Yerel haberleşme ağı
LSF	: Düşük duman yoğunluğu
OFDR	: Optik frekans düşey yansıma
PC	: Programlanabilir denetleyici
PLC	: Programlanabilir lojik denetleyici
ppm	: Karbon monoksit miktarı
RTU	: Uzaktan İzleme Sistemi
SOS	: Acil yardım telefonu

STL : Komut listesi  
TKM : Tünel kontrol merkezi  
vis : Görüş açıklığı birimi  
WAN : Genel haberleşme ağı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Endüstriyel otomasyon zamanın ve enerjinin çok değerli olduğu çağımızda büyük önem arz etmektedir. Üretim tesisleri ve askeri uygulamaların yanı sıra günümüzde otoyol, tünel ve metro gibi ulaşım sistemlerinde de otomasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Otomasyon sistemlerinin beyni ise programlanabilir lojik denetleyiciler olarak adlandırılan PLC'lerdir.

E. Teközgen [1]'e göre "PLC cihazları bir sistemin asgari insan gücü kullanarak otomatik olarak çalışmasını sağlayan cihazlardır. Elektronik donanımı çok azalttığından dolayı sistemlerin maliyetini de düşürmektedir. Bu nedenle endüstriyel otomasyon sistemlerinde PLC'ler kullanılmaktadır."

Endüstriyel otomasyon konusunda S. Kurtulan [2] ise şu analizi yapmıştır. "Endüstriyel otomasyon, bir endüstriyel sistemden beklenen ve amaçlanan biçimde çalışması için gerekli olan işlemlerin kendiliğinden yapılmasını sağlayan süreç olarak tanımlanabilir. Endüstriyel otomasyon sistemleri aynı zamanda, üretim sistemlerinin üst düzeyde planlanması ve yönetimi için gerekli olan süreç verilerinin alınması ve aktarılması işlevini de görür. Bu sistem en genel anlamda, kumanda, kontrol ve çevre iletişimi ile ilgili işlevleri sağlayan bölümlerden oluşur. Her bölüm donanım ve dayandığı bilgi nedeniyle değişik alanlar olarak değerlendirilir ve incelenir. Endüstriyel kumanda sistemleri, üretim birimlerinin çalışma koşullarını mantıksal durumlara göre düzenleyen ve gerçekleyen sistemlerdir. Bu tür devrelerde mantıksal ilişki, zamanlama ve sayma yöntemleri kullanılarak amaca uygun kumanda işaretleri üretilir. Kontrol sistemleri, bir üretim sürecini her türlü bozucu etkiye rağmen istenen değerde çalışmasını sağlamak üzere kurulan sistemlerdir. Kontrol sisteminin temel görevi kontrol edilen büyüklük ile istenen büyüklük arasındaki farkı belirli ölçütler altında en kısa sürede gidermektedir. Veri iletişim sistemleri ise birimler arasındaki gerçek zamanlı bilginin güvenilir ve hızlı akışını sağlayan sistemlerdir. Veri iletişim sistemini sağladığı olanaklardan yararlanarak hem etkileşim içinde bulunan birimlerin çalışması düzenlenir, hem de SCADA gibi özel amaçlı yazılımlar ile gerçek zamanlı süreç izleme, uzaktan kumanda ve kontrol işlemi gerçekleştirilir. PLC

günümüz otomasyon sistemlerinin her 3 bölümünü de gerçeklemede kullanılan en önemli aygıt özelliğini taşır.”

Tünellerde endüstriyel otomasyon tünel güvenliği kriterleri ile birlikte başlamıştır. 24 Mart 1999 yılında Mont Blanc tüneli faciasından sonra ise dünyada önemle tartışılan bir konudur.

## 1.2. Programlanabilir Denetleyiciler (PC)

Dijital elektronik bir alet olarak program denetleyiciler lojik, zamanlama, sayma ve aritmetik işlem bilgi fonksiyonları yürüterek makine kontrolü ve prosesini sağlar. Program denetleyiciler ağır endüstriyel şartlarda kullanılacak şekilde tasarlanabilir. Bütün PC’lerde 5 fonksiyonel birim bulunur. Bunlar güç kaynağı, işlemci birimi, giriş birimi, çıkış birimi, programlama ünitesi, işlemci birimi tıpkı bir mikroişlemci gibidir. Kullanıcı programını içinde tutar ve giriş-çıkış birimlerinin durumunu görüntüler. Bir işlemci birbirini izleyen 4 adımda bir operasyonu gerçekleştirir.

Bunlardan birinci adım giriş taramasıdır girişleri tarar ve yeni giriş durumlarını görüntüler. İkinci adım program taramasıdır. Program taraması yaparak çıkışların durumunu programla kıyaslayarak değiştirir. Üçüncü adım çıkış taramasıdır. Burada ise program taramasına göre değişen çıkış durumlarının çıkışlara transfer eder. Dördüncü adım ise Housekeeping korumasıdır. İletişim ve diğer korumaları tarar.

J.W.Webb, R.A.Reiss [3] PC’lerle ilgili şu açıklamaları getirmiştir. “Programlama üniteleri PC’lerde 3 yolla yapılmaktadır. Bunlar LADDER diyagramıyla, FBD diyagramıyla ve STL diliyle programlamadır. LADDER diyagramıyla programlama kontak ve bobin sembolleri kullanılarak yapılır. Mantığı role lojiğine benzer. Normal kapalı kontak sembolü lojik 1’i, normal açık kontak sembolü ise 0’ı simgeler. “

### 1.2.1. Mikroişlemciler

PLC’lerin program taramaları mikroişlemci ünitelerinde gerçekleştirilmektedir. Tipik bir mikroişlemci, işlemci ve kontrol ünitesi, hafıza birimi ve giriş-çıkış ara yüzleri içerir. Mikroişlemci çipi, bilgisayar üzerinden kontrol ve işlem fonksiyonları için kullanılır. Diğer çipler hafıza ve giriş-çıkış birimlerinden meydana gelir. Mikroişlemciler harici data

buslarına göre 8 bit, 16 bit, 32 bit olarak sınıflandırılırlar. 8 bitlik datalar byte, 16 bitlik datalar word, 32 bitlik datalar double word olarak adlandırılır. R.N. Bateson [4] “Mikrobilgisayarlarda harici adres busların numaralandırılmasının önemli bir husus olduğunu, bazı mikroişlemcilerin fiziksel adres kapasitelerine göre de sınıflandırılabilceğini” belirtmiştir. Örneğin 16 bit adreslik bir mikroişlemci 65536 byte'lık bir işlemcidir. Bu da 64 kilobyte'lik mikroişlemci olarak da adlandırılabilir.

### **1.2.2. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC)**

PLC, endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş çıkış birimleri ve iletişim birimleri ile donatılmış kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir özel sayısal işlemci olarak tanımlanabilir. İlk ticari PLC 1969 yılında röleli elektriksel kumanda devrelerinin yerine kullanılmak üzere yapılmıştır. Röleli kumanda devrelerini yerine kullanılmak üzere üretilmiş olan bu cihaz yalnız temel mantıksal işlemleri içerdiğinden programlanabilir lojik denetleyici olarak adlandırılmıştır. Günümüzde üretilen PLC'lerin giriş-çıkış sayısı, program belleği, iletişim yeteneği gibi özellikleri başlangıçtaki durumu ile kıyaslanamayacak bir duruma ulaşmıştır. Örneğin geniş ölçekli olarak tanımlanan PLC lerde giriş-çıkış sayısı binler, program belleği megabayt boyutuna, işlem yeteneği genel amaçlı bir kişisel bilgisayar düzeyine ulaşmıştır. Bu durum daha karmaşık kumanda ve kontrol işlevlerinin PLC ile kolayca gerçekleşmesine olanak sağlar.

W.Bulton'a [5] göre ise ” PLC komutlar aracılığıyla sayım, aritmetik vb. işlemleri gerçeklemek üzere üretilmiş mikroişlemci tabanlı sistemdir. Motorlar ve sensörler için en uygun kontrol elemanı PLC'dir.”

#### **1.2.2.1. PLC'nin Genel Yapısı**

M.Özcan ve Ş.Kahramanlı [6] PLC'yi “genel olarak belleğinde bulunan programın akışı içinde, girişlerindeki sinyallerin değerlerini okuyup bu değerlere göre istenen yönetim sinyallerini üreten ve çıkışlara veren özel amaçlı mikrobilgisayardır” diyerek tanımlamışlardır. R.Çetin [7] ise “PLC sisteminin çok karmaşık ve zor olan otomatik kumanda problemlerinin çözümünde büyük kolaylıklar sağladığı” sonucuna varmıştır.

Bir PLC en genel anlamda 3 temel birimden oluşur. Giriş birimi, işlemci birimi, çıkış birimi. Giriş birimi elektriksel özellikteki çeşitli büyüklüklerin PLC de işlenecek sayısal büyüklüklere dönüştürülmesini, çıkış birimi ise PLC'de işlenen sayısal değerlerin elektriksel işaretlere dönüşmesini sağlayan birimdir. İşlemci birimi PLC belleğindeki sistem programına göre çalışmayı düzenleyip programı yürüten birimdir.

İşlemci, PLC sistem ve kullanıcı programını yürüten ve düzenleyen birimdir. Bellek işletim sistemi programının bulunduğu program ve veri belleği gibi bölümlerden oluşur. Veri belleği giriş-çıkış işaret durumları, sayıcı ve zamanlayıcı içerikleri, özel amaçlı kaydedici içerikleri, analog işaretlere ilişkin çeşitli sayısal değerlerin tutulduğu çeşitli bölümlerden oluşur.

Giriş görüntü belleği, programın yürütülmesi sürecinde giriş birimlerindeki işaretlerin mantıksal durumlarının saklandığı bellek alanı; çıkış görüntü belleği ise kullanıcı programın yürütülmesi esnasında çıkış noktalarına ilişkin hesaplanan mantıksal değerlerin saklandığı bellek alanıdır.

#### **1.2.2.2. Giriş Birimi**

Kumanda edilen sisteme ilişkin basınç, sıcaklık, duman algılayıcıları ve yaklaşım anahtarları gibi elemanlardan gelen iki değerli işaretlerin üzerinden alındığı, elektriksel işaretleri lojik işaretlere dönüştüren birimdir.

#### **1.2.2.3 Çıkış Birimi**

PLC işlemcisinde hesaplanan ve çıkış görüntü belleğine yazılan mantıksal işaretleri, kumanda edilen kontaktör veya röle gibi kumanda elemanlarını sürmeye uygun elektriksel işaretlere dönüştüren birimdir. Çıkış birimi röle, triyak ya da transistörlü devrelerden oluşur. Çok sık devreye girmeyen ve elektriksel yalıtım gerektiren durumlarda röle çıkışlı, yüksek hızlı açma kapama gerektiren durumlarda doğru akımda transistörlü alternatif akımda triyak çıkışlı devreler kullanılır.



#### **1.2.2.4. Programlayıcı Birimi**

Yazılan bir programın işletilmek üzere PLC program belleğine yüklenmesi bir programlayıcı belleğiyle sağlanır. Programcı belleği mikroişlemci tabanlı özel bir el aygıtı olabileceği gibi genel amaçlı kişisel bir bilgisayara yüklenmiş yazılım da olabilir. Bu birim programın yazılması, PLC'ye aktarılması ve çalışma anında çeşitli kaydedicilerin durumlarının gözlenmesi veya değiştirilmesi gibi olanakları da sağlar.

##### **1.2.2.4.1. Merkezi İşlemci Ünitesi (CPU)**

Merkezi işlemci ünite CPU bir PLC'nin beyni sayılabilecek bir ünedir. PLC kontrol için bir veya daha fazla mikroişlemciyi içinde bulundurur. CPU diğer komponentlerle haberleşme ve bilgileri işlemede kullanılır. Aynı zamanda CPU bir mikrobilgisayarda bulunabilecek aynı tipte mikroişlemcilerin fonksiyonlarını da içinde barındırır. Tek fark diğer programlama dillerini ladder lojiğe uyumlandırma işlemini CPU gerçekler. Ladder diyagramını kullanarak programı işleyerek çıkışları girişlerin durumuna göre değiştirir. Anahtarlar, sensörler giriş bölümüne girmekte oradan CPU'ya iletilmektedir. CPU ise programlama ünitesinden gelen komutlarla bu bilgileri işleyerek çıkış birimine iletmekte oradan da motor, lamba ve valf gibi çıkışlar kontrol edilmektedir.

##### **1.2.2.5. Çalışma Biçimi**

Genel amaçlı bir mikroşlemcili sistemden ayıran en önemli özelliklerden biri de kullanıcı programının özel bir sistem programı denetlenmesidir. Bütün PLC'lerde birbirine benzeyen sistem programları bulunur.

##### **1.2.2.6. Kullanıcı Programının Yürütülmesi**

Bir PLC'de programın yürütülmesi sürekli döngü içinde belirli işlem evreleri yerine getirilerek yapılır. Bu Öncelikle PLC'ye uygun bir programlayıcı (ladder diyagramıyla, STL vb.) ile PLC programlanır ve işlem taraması yapılır. PLC giriş, işlem ve çıkış taramaları yapar.

### **1.2.2.6.1.İşlem Taraması**

PLC fonksiyonları işlemsel programlarıyla taranırlar. PLC işlemi 3 adımda yapılır. Giriş taraması, program taraması ve çıkış taraması, toplam program tarama süresi işlemci hızı ve kullanılan programın uzunluğuna göre değişir. Yüksek hızlı bir işlemci ve kısa satırlı bir programda komple tarama 1 saniye içinde gerçekleşir. Giriş taraması boyunca giriş terminalleri okunur ve giriş statü tablosu güncellenir

### **1.2.2.5. PLC'lerde Giriş-Çıkış Modüllerinin Kontrol Edilmesi**

Günümüz teknolojisinde PLC ve mikrodenetleyici tabanlı cihazların sanayi tesislerinde, otoyol, tünel ve metro sistemlerinde kontrol ve süreç izleme için kullanılması sonucu bu birimlerin uzaktan da kontrol edilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

J.Stenerson [8] PLC'lerin uzaktan kontrol edilmesini şöyle açıklamıştır. ‘‘Bazı PLC'lerde giriş-çıkış modülleri ayrı yerlere yerleştirilebilen özel modülleri bulunabilir. Bu nedenle bazı işlemlerde giriş-çıkış birimleri farklı yerlerde olabilir. özellikle makina kontrol uygulamalarında I/O lar farklı yerlerde olabilir. Bu durumlarda uzaktan control sağlayan modüller zorunlu olmaktadır. I/O modülleriyle link kurabilmenin birçok yolu vardır. Bunlardan en çok kullanılan ikisi bükümlü (blendajlı kabloyla) ve fiber optiktedir. Blendajlı kablo metodu ucuz bir yöntemdir, fakat uzun mesafelerde haberleşme sıkıntıları doğurmaktadır. Bu nedenle daha çok fiber optik yöntem tercih edilir. Fiber optik iletimde gürültü etkisi yok denecek kadar azdır. Çünkü ışıkla iletim söz konusudur’’

## **1.3. Algılayıcılar ve Detektörler**

### **1.3.1. Işık Detektörleri**

Mor ötesi-kızılötesi spektral aralığındaki elektromanyetik ışınım detektörleri ışık detektörleri olarak adlandırılır. Bir algılayıcı tasarımcısının görüşü açısından algılayıcı malzeme ile fotonların emilmesi bir quantum veya ısı tepki ile sonuçlanabilir. Bu bakımdan bütün ışık detektörleri quantum ve ısı olarak adlandırılan iki gruba ayrılabilir. Quantum detektörleri morötesinden orta kızıl ötesi spektral aralıkta çalışırken ısı

detektörler orta ve uzak kızılötesi spektral aralıkta daha çok kullanışlı olup oda sıcaklıklarındaki verimleri quantum detektörlerini aşmaktadır.

O. Gürdal [9] Einstein'ın fikirlerinden de alıntı yaparak şu sonuçlara varmıştır. "Quantum detektörleri (foto-voltaik ve foto-iletken aygıtlar) yarı iletken malzemelerin kristal kafesi ile ayrı veya serbest fotonların etkileşimine dayanmaktadır. Çalışma prensipleri Albert Einstesin tarafından keşfedilen ve nobel ödülü kazanan foto-elektrik etkiye dayanmaktadır. Einstein 1905'de ışığın doğası hakkında "en azından bazı şartlar altında ışık enerjisi daha sonra foton olarak adlandırılan lokalleştirilmiş demetler şeklinde yoğunlaştırılır" önemli varsayımını yapmıştır. Bir fotonun enerjisi

$$E=hf \quad (1)$$

ile verilir. Burada  $f$  ışığın frekansı  $h$  ışığın dalga teorisi temelinden çıkarılmış plank sabitidir. bir foton bir iletkenin yüzeyine çarptığında bir serbest elektron üretebilir. E foton enerjisinin elektronu yüzeyden ayırmak için kullanılırken diğer kısım kinetik enerjiyi vermektedir.

### 1.3.1.1.Foto-Diodlar

Foto diodlar yarı-iletken optik algılayıcılar olup daha geniş tanımıyla güneş pillerini içine alırlar. Bununla beraber burada bu algılayıcıların güç dönüşümünden daha çok sadece bilgi bakımından dikkate alınacaktır. Basitçe bir fotodiodun çalışması aşağıdaki gibi tanımlanır. Şayet bir pn joksiyonu ileri yönde polarlanmış ve uygun frekansta ışığa maruz bırakılmışsa akımı artışı karanlık akıma nazaran çok küçük olacaktır. Şayet jonsiyon ters polarlanmış ise akım önemli ölçüde artacaktır. Fotonların çarpması jonsiyonun her iki yanında elektron boşluk çiftleri meydana getirir. Elektronlar iletim bandına girdiğinde bataryanın pozitif yönüne doğru akım akmaya başlar. Bununla ilişkili olarak meydana gelen boşluklar negatif terminale akar, yani  $I_p$  foto akımı devreden akar. Karanlık şartı altında sızıntı akımı  $I_o$  uygulanan gerilimden bağımsız ve esas olarak yük taşıyıcılarının ısı generasyonunun sonucudur.

P. Elgar [10] , 'Bir foto-diodun iki genel çalışma modu vardır. Foto-iletken ve foto-voltaik foto-voltaik modunda polarlama gerilimi uygulanmaz sonuçta karanlık akımı

olmadığından sadece ısı gürültü vardır. Bu düşük sinyal seviyelerinde çok daha iyi duyarlılığa izin verir.” açıklamasıyla foto diodların çalışma mantığını açıklamıştır.

### **1.3.1.2. Foto Transistör**

Bir foto-diod fotonları doğrudan yük taşıyıcılara dönüştürür. Daha belirleyici olarak bir foton başına bir elektron ve bir boşluk. Foto-transistörler akım kazancı sağlamaya ek olarak çok daha yüksek duyarlılıkla bu işi yapabilirler. Kollektör-beyz jonksiyonu ters polarlanmış bir diod olarak yukarıda tanımlandığı şekilde fonksiyondadır. Şayet transistor kaynak içeren bir devreye bağlanırsa beyz-emiterden oluşan bir devreden bir foto-indükleme akımına akar. Bu akım kollektör akımında bariz bir akımla sonuçlanarak konvansiyonel transistördeki aynı davranışla transistor tarafından yükseltilir.

Bir transistor hem iki uçlu, hem de üç uçlu elemandır. Üç uçlu durumda beyz ucu vardır ve transistor ışık algılama kapasitesine ek olarak standart bir transistör gibi kullanılabilir. Böylece bir tasarımcı devrenin geliştirilmesinde daha fazla esnekliğe sahip olabilir.

### **1.3.1.3. Foto-Dirençler**

Foto-direnç foto diod gibi foto-iletken bir aygıttır. Fabrikasyonu için en yaygın malzemeler yüzeye gelen ışık ile direnci değişen yarı-iletken olan kadmiyum sülfid(CdS) ve kadmiyum selenid (CdSe) dir. Bir foto-direnç çalışması için bir güç kaynağına ihtiyaç duyar ve foto akımı üretmez. Foto-elektrik etki malzemenin elektriksel direncindeki değişimle kendini gösterir.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Tünellerde endüstriyel otomasyon, güvenlik kriterleri arttıkça gündeme gelmiş ve Dünyada uygulanmıştır. Özellikle Valentine ve Lanzinski [11] tünel otomasyonu ve kontrol merkeziyle ilgili çalışmalarında gerçek zamanlı testler yapmışlardır. Bu çalışmada tünelin ve sistemlerin maket modellenmesi yapılmak istenmiştir. Bu nedenle önce PIARC, CIE, gibi yol tünelleriyle ilgili standartları oluşturan kuruluşların önerileri, tünellerle ilgili konferans kararları ve bunların pratikteki uygulamaları incelenmiş ve analiz edilmiştir. Bu incelemelere göre de tünel modellenmesi yapılmıştır.

### **2.1. Tünellerde Kullanılan Sistemler**

200 m'den uzun tünellerde gün ışığına bağlı, otomatik ve kademe (gündüz gece) aydınlatma kontrolü yapılmaktadır. 800 m'den uzun tünellerde, havalandırma ve havalandırma kontrol sistemi, 250 m'den uzun tünellerde yangın algılama sistemi, 500m'den uzun tünellerde sulu yangın söndürme sistemi, 800 m'den uzun tünellerde olay algılama sistemi kurulmaktadır. Tünel yan duvarlarına 250 m'de bir Acil Yardım Telefonu (SOS) tesis edilmektedir. 1000 m'den uzun tünellerde kamu anons ve tünel radyo sistemi kurulmaktadır.

#### **2.1.1. Tünellerde Kablaj**

Tüneller ile TKM arasındaki veri iletişimi, fiber optik kablolarla yapılır. Bu kabloların damar sayısı, kullanılacak bilgi, kontrol ve komut bilgilerine göre tespit edilir. Aydınlatma ve havalandırma sisteminin bütün kabloları uygun kesitte 5(beş) damarlı ve zero halinde LSZH-FE180 tipi yangına dayanıklı kablolardır

Tünel içindeki kontrol kabloları, OG-AG besleme kabloları, fiberoptik kablolarının tümü düşük duman veren (LSF-Low Smoke Fume) ve halojenden arındırılmış (HF-Hallogen Free) ilgili standartlardadır. Tünel havalandırmasında kullanılan jet fanlara ait güç besleme kabloları, ana aydınlatma sisteminin acil aydınlatma kademesinde yer alan tünel armatürlerini besleyen KGK çıkışlı güç kabloları ve acil yürüme yolu (tretuvar)

aydınlatma armatürlerini besleyen kablolar IEC331-1 ve bunu karşılayan DIN VDE0472 IEC814 normuna göre yangın durumunda 180 (yüzseksen) dakika boyunca akım taşıyabilen FE180 tipindedir.

Kablolar tünel içindeki kablo kanallarına büyük kesit altta olacak şekilde alttan yukarı doğru büyük kesitten küçük kesite doğru serilir.

Tünel aydınlatma ve havalandırma kabloları Şekil 1’de gösterilen kablo tavalarında taşınmaktadır. Bu tavalalar hem armatür askısı hem de kablo kanalı olarak kullanılır. Tünellerdeki CCTV, acil telefon vb. gibi sistemlerin data ve besleme kabloları ise tünel yan kanallarına döşenen tavalalar aracılığıyla tünel içine taşınmaktadır.(Şekil 2)



Şekil 1. Tünel kablo tavaları



Şekil 2. Tünel yan kablo kanalı

### 2.1.2. Tünel Aydınlatması

Tünel Aydınlatma sistemleri gün ışığına uyum göstermiş insan gözünü daha karanlık bölgeye alıştırmak, geçici körlüğü gidermek ve gün ışığının kaybolduğu gece durumunda objelerin daha iyi görülebilmesi için gerekli ışığı sağlamak amacıyla tesis edilmektedir. Aynı zamanda insanların dar ve kapalı bölgelerde rahat edebilmesini sağlar.

Tünel trafiğinde en kritik koşullar gündüz vakti, uzun tünellerinde girişlerinde olur, etrafında herhangi bir nesne bulunmayan (ağaç, kaya vb.) ve gün ışığını iyi alan bir tünel giriş noktasında tünel sürücüsüne çok daha karanlık gelecektir. Burada 3 sorunla karşılaşılır. Kara delik etkisi, adaptasyon eksikliği, tünel içi aydınlatma seviyesi

Aydınlatma açısından göz adaptasyonu ve nesnelerin algılanabilirliğinin sağlanması için tüneller 5 bölgeye ayrılarak değerlendirilmektedir. Her bölgenin kendine özgü aydınlatma parametreleri ve düzeni vardır. Bu bölgeler yaklaşım, eşik, geçiş, iç ve çıkış bölgeleridir. Eşik ve geçiş bölgeleri giriş bölgesi olarak isimlendirilebilir. Kara delik etkisini giderecek tünel ağız parlaklığı, yaklaşım bölgesinin parlaklığı seviyesi ile doğrudan ilişkilidir.

Dünyada genelde 3 aydınlatma türü kullanılmaktadır. Bunlar zıt ışın aydınlatma (counter beam), simetrik aydınlatma sistemi ve paralel ışın (pro beam) aydınlatma sistemidir.

CIE önerilerine göre her tünel tüpünde 2 şeritli yollarda, tünel tavanında tünel eksenine monte edilmiş tek sıra armatür, 3 şeritli yollarda ise 2 sıra armatür önerilmektedir. Giriş aydınlatması dış ışık seviyesi ile ve tünel içindeki ışık seviyesini karşılaştıran lüminansmetreler ile kontrol edilmektedir. Giriş aydınlatması tamamen dizel jeneratörden ve kısmen KGK'dan beslenir. Yaklaşım aydınlatmasının ve acil aydınlatma çıkışlarının tamamı KGK'dan beslenir. Şekil3'te en üst kademede aydınlatılmış bir tünelin giriş bölgesi görülmektedir.



Şekil 3. En son kademeli aydınlatılmış tünel (2 sıralı)

#### 2.1.2.1. Giriş Aydınlatması (Geçiş ve Eşik Bölgesi)

Aydınlıktan karanlığa girişte, insan gözünün ortama uyum sağlaması zaman almaktadır. Bu nedenle tünel girişlerinde geçiş ve eşik bölgeleri planlanarak bu bölgelerin aydınlatması tasarlanmaktadır. Bu aydınlatma yapılırken değişken aralıklı armatür yerleşimi ile CIE parıltı eğrisini takip eden parıltı seviyesi elde edilebilmektedir.

Tünel eşik ve geçiş bölgesi aydınlatması CIE 88.2004 veya 88.1990 yayınlarına göre tasarlanmaktadır. Tünelin başlangıcındaki uzunluğu en az fren mesafesi kadar olan ilk bölge eşik bölgesi olarak tanımlanır. Eşik mesafesi Avrupa standartlarına göre [12] “ıslak, temiz yolda orta derecede aşınmış lastikli bir araç için düz yolda emniyetle durulabilecek fren mesafesi 60 km/h hızda 55 metre; 80 km/h hızda 100 metre; 100 km/h hızda 160 metredir. Amerikan standartlarında ise [13] “aynı değerler sırayla 90 m., 140 m. ve 190 m.dir” Bu bölgenin ilk yarısında değeri dış bölge parıltı seviyesine göre belirlenen sabit bir parıltı seviyesi yaratılmak istenmektedir. Eşik bölgesinin ikinci yarısında parıltı seviyesi %40’a kadar azaltılabilir. Bu bölgedeki parıltı seviyesi dış bölgedeki parıltı seviyesine bağlı olarak 4 kademeli olarak kontrol edilir.

Eşik bölgesi sonundaki parıltı seviyesinin iç bölge parıltı seviyesine indirildiği tünel bölümü geçiş bölgesi olarak adlandırılır. Avrupa standartlarında [12]’’CIE 88.1990 L20 metoduna göre 20 derecelik açı içerisinde kalan çevre dokusu ve sürüş yönü portal parıltı seviyesinin belirlenmesinde önemli rol oynar.’’ Eşik bölgesi aydınlatması farklı armatür



tipleriyle yapıldığında farklı sonuçlar alınabilmektedir. Ancak bu sonuçlar trafik güvenliğini etkilemez. Şekil 5 ve Şekil 6'da farklı armatür tipleriyle yapılmış eşik bölgesi aydınlatmaları, Şekil 7 ve Şekil 8'de yine farklı armatür tipleriyle yapılmış geçiş bölgesi aydınlatmaları görülmektedir. Şekillerde de görüleceği üzere göz algılaması üzerinde pek fark oluşmamaktadır.

Adaptasyon bozukluklarına neden olmamak için parlıtlı azalmaları kademeli yapılır. Kademeler arasındaki parlıtlı seviyeleri arasındaki oran hiçbir zaman 3:1'i aşmamalı ve seviye göz adaptasyon eğrisinin altına düşmemelidir. Basamak uzunlukları hız limitine göre en az 3 saniyede alınan yol kadar olmalıdır. Geçiş bölgesi ile iç bölgenin birleştiği noktadaki oran ise 2:1'den küçük olmalıdır. Tek yönlü trafik akışı olan tünel tüplerinin giriş bölgesinde zıt ışıklı (counter beam) aydınlatma sistemi uygulanmaktadır. Japonya'da pro beam aydınlatma sistemi kullanılmaktadır. Armatürlerin ışık dağılım eğrileri sürücü gözünde kamaşma yaratmayacak şekilde tasarlanır. Şekil 4'de geometrik yapıda bir tünelde iç bölge aydınlatması görülmektedir.



Şekil 4. İç bölge aydınlatması



Şekil 5. Geçiş bölgesi 1



Şekil 6. Geçiş bölgesi 2

#### 2.1.2.2. İç Bölge Aydınlatması

Tünel içindeki araç trafiği yoğunluğu düşük (yani araç/saat  $>100$ ,  $\leq 1000$ ) kabul edilerek tünelde müsaade edilen hız sınırına göre tünel iç bölge parlıtlı seviyesi belirlenir. Bu parlıtlı seviyesi, geçiş bölgesinin bitiminden tünel çıkışına kadar sabit bir şekilde yaratılmak istenir.

Kısa tünellerde çıkış bölgesi aydınlatması yapılmamaktadır. Bu bölgedeki aydınlatma, simetrik ışık dağılımlı ve içlerinde tüp şeklinde yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar bulunan armatürlerle gerçekleştirilir. Türkiye’de genellikle yolun tamamında ortalama parlıtlı düzgünlüğü ( $L_{min}/L_{ort}$ ) 0,4’ten; her şerit için boyuna parlıtlı

düzgünlük oranı ise ( $L_{min}/L_{max}$ ) 0,6'dan büyük alınmaktadır. . Şekil 9'da düzgünlük oranı sağlanmış bir iç bölge aydınlatması gösterilmiştir.



Şekil 7. Eşik bölgesi 1



Şekil 8. Eşik bölgesi 2

### 2.1.2.3. Gece Aydınlatması

Tünel tamamı aydınlatılmamış bir yol üzerinde olduğundan, tüm uzunluğu boyunca yanarak ve ortalama  $1\text{cd}/\text{m}^2$ 'lik parıltı seviyesi sağlanacak şekilde bir gece aydınlatması yapılmak istenir. İç bölge aydınlatmasında olduğu gibi gece aydınlatmasında tünelin tamamında ortalama parıltı düzgünlüğü ( $L_{min}/L_{ort}$ ) 0,4'ten, her şerit için boyuna parıltı düzgünlük oranı ise ( $L_{min}/L_{max}$ ) 0,6'dan büyük kabul edilerek hesap yapılır. Tünel giriş ve çıkışındaki yollar, müsaade edilen hız limitine göre belirlenerek , 5 saniyede gidilecek mesafe boyunca aydınlatılması yapılır. Yollarda yine ortalama  $1\text{cd}/\text{m}^2$ 'lik parıltı seviyesi

sağlanmaktadır. ortalama parl ltı düzgünlüğü ( $L_{min}/L_{ort}$ ) 0,4'ten, her Şerit için boyuna parl ltı düzgünlük oranı ise ( $L_{min}/L_{max}$ ) 0,5'ten büyüktür.



Şekil 9. İ  bölge aydınlatması

#### 2.1.2.4. İki Yönlü Trafik Aydınlatması

İki yönlü trafik aydınlatması tünel tüplerinden birisi zorunlu olarak trafiğe kapatıldığında veya yol tek tüpte tünelle geçildiği durumlarda uygulanır. Bu t nelere örnek olarak Türkiye'de Zigana Tüneli (1700 mt.) Norveç'te Laerdals tüneli (24 km.) verilebilir. Tek yönlü trafiğin aktığı çift tüplü t nelere göre İki yönlü trafikte izin verilen hız limiti 30 km ve tünel portallerini önünde istenen aydınlık Őiddeti  $850 \text{ cd/m}^2$  dir. Bu nedenle aydınlatma hesabı buna göre gerçekleştirilir. Şekil 10'da iki yönlü trafik aydınlatması yapılmış bir tünelin giriş kısmı görülmektedir.



Şekil 10. Çift yönlü trafik aydınlatması

### 2.1.2.5. Optik

Armatürlerin C 0/180, C 90/270 ve Lmax (cd) ışık şiddetinin bulunduğu ara kesit düzlemlerdeki polar ışık dağılım eğrileri ile hesaplar yapılır. Genelde simetrik armatürlerin verimi minimum %80, counter beam armatürlerin verimleri ise %70'tir, her iki tip armatürün de üst yarı uzaya gönderdiği ışık akısı oranı %5'ten fazla değildir. Simetrik optik için eşik artımı (T.I) %15'ten az olmalıdır. Aynı şekilde Asimetrik optik eşik artımı (T.I) bütün zonlarda %15'ten az olmalıdır.

### 2.1.2.6. Luminansmetre

#### 2.1.2.6.1. Ölçme Ünitesi (Sensörler)

Tünel portalından hız sınırına göre tanımlanan fren mesafesi kadar geriye doğru açık yol üzerine, tünel portalı yüksekliğinin yerden  $\frac{3}{4}$  mesafesine odaklanacak şekilde ve 20 derecelik (16-32 arası ayarlanabilirvario optik) uzay açısı içinden tünel portalını gören bir lüminansmetre (sensör) yerleştirilir. Lüminansmetreler muhafazası dış şartlara dayanıklı, penceresi ısıtılmalı ve lens siperli olması sensörlerin ömrü açısından önemlidir. .

### 2.1.2.6.2. Kontrol Ünitesi

Giriş ve dahili aydınlatma kontrolü bir aydınlatma kontrol ünitesi tarafından yapılmaktadır. Bu ünite yukarıda bahsedilen tüm aydınlatma fonksiyonlarını yerine getirir

Aydınlatma kontrol ünitesi üzerinde lüminansmetre tarafından ölçülen dış aydınlatma seviyesi ile, çeşitli kademelere ait devreye girme ve devreden çıkma ön ayar değerlerini gösteren bir ekrana sahiptir.

### 2.1.2.7. Aydınlatma Kontrolü

#### 2.1.2.7.1. Gerekli Kontrol Fonksiyonları

Tünel içindeki parıltı seviyesi, dıştaki mevcut gün ışığı parıltı seviyelerine göre kademeli olarak tünel içinde (0–500cd/m<sup>2</sup>) ve dışında (0–9000cd/m<sup>2</sup>) lüminansmetrelerle koordineli olarak kontrol edilmektedir.

Aydınlatma kontrol ünitesi (aydınlatma PLC) lüminansmetrenin ölçtüğü dış bölge parıltı seviyesi değerine göre tünel içindeki aydınlatma kademelerini devreye alıp çıkarır.

Kademelendirme Tablo 1’de gösterildiği gibi yapılmaktadır.

Tablo 1. Aydınlatma kademeleri

L <sub>20</sub> (cd/m <sup>2</sup> )	Kademe
2500 – 2000	% 100 Kademe 1
2000 – 1500	% 75 Kademe 2
1500 – 1000	% 50 Kademe 3
1000 – 500	% 25 Kademe 4
500 <	4 cd/m <sup>2</sup> Kademe 5
100 <	1cd/m <sup>2</sup> Gece Konumu



Şekil 11. Çif sıralı armatürlü 6. kademe aydınlatma

#### **2.1.2.7.2. Otomatik (Lüminansmetre ve SCADA üzerinden çalışma)**

Otomatik kumanda, tamamen lüminansmetrelerin kontrolünde okunan ve işlenen değerlerin neticesinde bilgisayar kontrolünde gerçekleşen kumandayı ifade eder.

#### **2.1.2.7.3. Lokal (Elle)**

Lokal kumanda, yalnızca seçme anahtarı “Lokal” konumda iken yapılabilir. Bu kumanda aydınlatma panosu üzerindeki start-stop butonları ile ilgili armatür grup ve kademelerinin kontaktörlerinin devreye alınıp çıkartılmasını ifade eder. Anahtar “Lokal” konuma alındığında mevcut komutlar yeni bir komut istenene kadar devam eder.

#### **2.1.2.7.4. Manuel (Bilgisayar Üzerinden Operatör İnisyatifi ile Kontrol)**

Manuel kumanda ise bilgisayar üzerinden istenilen armatür gruplarının ve kademelerinin lüminansmetrelerden gelen değerler göze alınmaksızın devreye alınıp çıkartılabildiği kumandadır.

Eğer Tünel Kontrol Merkezinden bir komut gelirse, bu komut seçme anahtarı “Otomatik” konumunda iken yerine getirir. Eğer seçme anahtarı “Lokal” de ise bu komut

yerine getirilmeyecektir. Yapılan işlemlerin tamamı TKM'ye bildirilerek Tünel Kontrol Merkezinden tüm kademelere kumanda edilebilmektedir.

### 2.1.3. Tünel Havalandırması

Karayolu tünellerinin havalandırma metodları dünya standartlarında 2 türlü yapılmaktadır. Bunlar boyuna havalandırma ve aksiyel havalandırma'dır. Havalandırma hesapları yapılırken tünelin geometrik ve trafik verileri, o bölgedeki araç emisyonları, maksimum kirlilik değerleri ve ters rüzgar etkisi gibi belli kriterler göz önüne alınması gerekir. Öncelikle ters rüzgar etkisi, tünelin eğimi ve rakımı gibi değişkenler kullanılarak tüneldeki hava hızı hesaplanır. Araç emisyonları, maksimum kirlilik değeri ve ters rüzgar tepkisi de göz önüne alınarak tünel için gerekli olacak itme kuvveti belirlenir ve buna göre fan adetleri tayin edilir. 3 şeritli otoyollarda 3 fan, 2 şeritli yollarda şerit başlarına 2 fan konarak fan yerleşimi yapılır. Şekil 12'de iki şeritli yol tüneline fan dizilişi, Şekil 13'de 3 şeritli otoyolda fan dizilişi görülmektedir.



Şekil 12. İki şeritli yolda fan dizilişi

Havalandırma kumandası belirtilen şekillerdedir.

1) Otomatik (SCADA üzerinden yapılan kumanda)

1.1) Normal İşletme : CO ve görüş sensörlerinden gelen bilgilere ve havalandırma simülasyonu sonucu ortaya çıkan kontrol mantığına göre kademeler bazında (tünel kapama



kademeleri dahil) yapılmaktadır. Sis yoğunluğu fazla bölgelerde görüş sensörlerinin yanılması önlemek için sis algılayıcılarda kullanılmaktadır.

1.2) Yangın Durumunda İşletme : Havalandırma simülasyonu sonucu ortaya çıkan yangın kontrol mantığına göre yapılır.

2) Manuel İşletme : Aşağıda belirtilen iki farklı yöntemle yapılmaktadır.

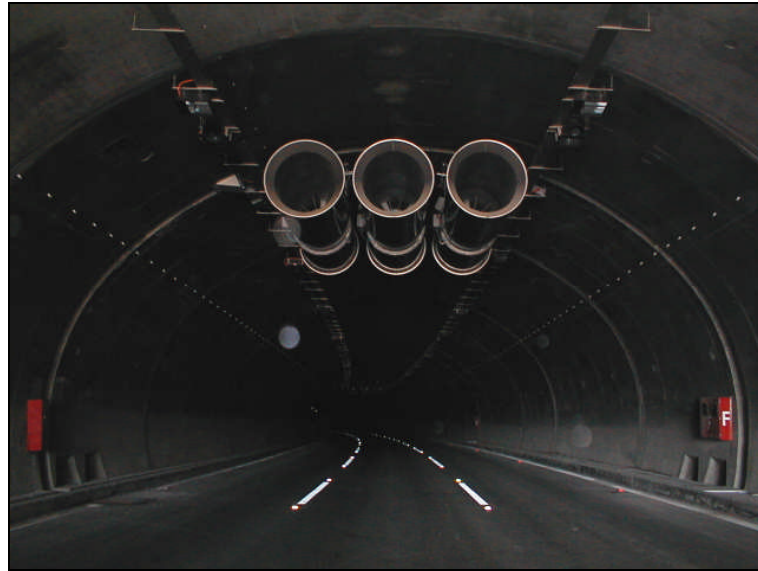
2.1) İlgili jet fanın MCC panosu üzerinden start stop butonları ile kumanda.

2.2) İlgili jet fanın SCADA ekranı üzerinden operatör tarafından çalıştırılması ile yapılan kumanda.

Jet fanlar iki yönde çalışacak şekilde, fan muhafazasında bir aksenal pervane, göbek ve gerekli kısımları tünelin korozif ve kirli ortamına dayanıklı paslanmaz çelik, alüminyum gibi malzemeden yapılmış, sıkıştırma ve süspansiyon parçalarından oluşur

Yoğuşmayı önlemek için fanlarda ısıtma tertibatı bulunması ve fanların aşırı titreşim durumunda devreden çıkarılmaları gerekir. Bu nedenle fanların titreşimi sensörlerle sürekli ölçülür.

Jet fanların grup halinde çalışması sebebiyle rezonansa girmesinin önlenmesi gerekmektedir. Her fanın kendi süspansiyon sistemi vardır ve tünel içindeki fanlarda 4 adet titreşim emici, tünel tavanına tutturulacak alaşım karbon çelikten imal montaj ayakları, herhangi bir salınım hareketini önleyici askı sistemi ve emniyet zinciri bulunmak zorundadır. Şekil 14'de tünellerde kullanılan havalandırma fanı gösterilmiştir.



Şekil 13. Üç şeritli otoyolda fan görünümü

### 2.1.3.1. Karbon Monoksit (CO ölçüm cihazı ve Toz Partikül Ölçümü Detektörü)

Bu ekipman, tünel içinde oluşan CO emisyonunu ve toz partikül miktarını sürekli ölçerek, tünel içindeki hava kalitesini, dolayısıyla görüş açıklığını ölçmeye ve havalandırma sistemine gerekli bilgi akışını sağlamaya yarar. Bu nedenle söz konusu ekipman, hava akışını en uygun bir şekilde kontrol edecek bir noktaya ve yüksekliğe yerleştirilir. Tünel uzunluğuna ve yapısına göre kullanılacak miktarı ve tam olarak tünelin hangi noktasına konulacağı şartlara göre değişmektedir. Şekil 15’de bir karbomonoksit ve toz partikül detektörü gösterilmiştir.



Şekil 14. Tünellerde kullanılan fanların önden görünüşü



Şekil 15. Karbonmonoksit ve toz partikül ölçüm detektörü

### 2.1.3.2. Hava Yön ve Hız Ölçüm Detektörü

Bu dedektör jet fanlar ile havalandırma yapılan tünellerin her tüpüne, tüp uzunluğuna bağlı olarak konur. Bu ekipmanlar tünel içindeki hâkim hava akışının, rüzgârın yönünü ve hızını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır Sensör, tünel tüplerinin orta yerinde, yerden 4m yükseklikte duvara monte edilmesi tavsiye edilir.

Jet fanların havalandırma kontrolü, otomasyon sistemi kapsamındaki PLC üniteleri tarafından yapılır. PLC'ler, jet fanları devreye alma ve devreden çıkarma işlemini ölçülen karbon monoksit, görüş açıklığı/toz partikül, hava yön ve hız verilerini önceden belirlenmiş eşik değerleriyle karşılaştırarak yapar. PLC, bu değerler ışığında otomatik olarak uygun sayıda jet fanı önceden belirlenmiş olan sırayla devreye alır. Örneğin yangın senaryolarına göre enterne edilmiş tünellerde yangın durumunda yangın yeri otomatik olarak tespit edilerek ve bu durumda çalışması planlanmış olan fanlar devreye girer. İdeal ve efektif bir çalışma için yangın durumu ve havalandırma ile ilgili senaryolar otomasyon programı kapsamında önceden belirlenip programlanmaktadır.

Fanlar birer birer ve aralarında 15 saniyelik aralarla devreye alınmaktadır. Fanların devreden çıktıktan sonra yeniden çalıştırılabilmeleri belli bir süre gecikmeyle olur. Örnek olarak bir fanın çalışıp devreden çıktıktan sonra aynı yönde ancak 30 saniye, ters yönde ise ancak 2 dakika sonra çalıştırılabilmesi gibi. Jet-fanların gerçekten çalışıp çalışmadığını ve konumlarını anlamak için her fana bir adet air flow switch ve vibration switch monte edilir, bu switchlerden gelen sinyaller otomasyon ve SCADA sistemine ulaştırılır. Öte yandan fan motorlarından PTC'ler aracılığıyla sinyal alınmaktadır.

Çalışma Modları:

- Otomatik çalıştırma
- Yangın durumundaki çalıştırma
- El kumanda ile çalıştırma

### 2.1.3.3. Otomatik Çalıştırma

Bu çalıştırma modunda ölçülen hava kalite değerleri kontrol sisteminin girişleri vardır. Toz partikül konsantrasyon değerleriyle beraber hava yön ve hız değerleri de alınır. Kontrol işlemleri için ışık sönmüleme değerleri analog/analoga çevrilerek CO değerlerine uyumu sağlanması gerekir Bu karbon monoksit konsantrasyonunu toz partikül

konsantrasyonu ile karşılaştırması gerekir. Tablo 2’de gösterildiği gibi eğer karbon monoksit ve ışık sönme değerlerinin ikisi birden belirli bir havalandırma kademesinin eşik bölgesi içinde kalırlarsa o zaman bunu takiben herhangi bir havalandırma kademesi seçilmez.

Eğer bu değerler iki farklı anahtarlama eşiklerine birden düşüyorsa o zaman büyük olan havalandırma kademesi seçilir.

Tablo 2. Tünel kapanış havalandırma kademeleri

Fan Devreye Alma Noktaları	CO (ppm)	Işık Zayıflama Katsayısı ( $m^{-1}$ )
Tünel Kapanışı	200	$14 \times 10^{-3}$
Adım 4 Tüm Fanlar	150	$10 \times 10^{-3}$
Adım 3	100	$7,5 \times 10^{-3}$
Adım 2	60	$5 \times 10^{-3}$
Adım 1	30	$2,5 \times 10^{-3}$

Eğer karbon monoksit konsantrasyonları çok az ise (30ppm’den az) ve görüş mesafesi iyi ise (ışık zayıflama katsayısı  $2,5 \times 10^{-3} m^{-1}$ ’den azsa) havalandırma devreye girmeyecektir.

Eğer karbon monoksit konsantrasyonu 30ppm veya üzerine çıkarsa veya ışık zayıflama katsayısı  $2,5 \times 10^{-3} m^{-1}$  üzerine çıkarsa ve bu durum 5dakika sürmüştü, o zaman en azından bir fan devreye girecektir. Eğer karbon monoksit konsantrasyonu 60, 100 veya 150ppm değerleri üzerinde veya ışık azalma katsayısı  $k=5, 7,5$  veya  $10 \times 10^{-3} m^{-1}$  değerleri üzerinde sürekli 5dakika kalmışsa o zaman fanlar yukarıdaki tabloda görülen 1-4. adıma kadar birer birer devreye girecektir.

Eğer 200ppm CO veya  $k= 14 \times 10^{-3} m^{-1}$  tünel kapanış değerlerinde sürekli 10dakika kalmışsa o zaman tünel trafiğe kapatılacaktır. Trafik işaretleri “kırmızı” ya çevrilecek ve bu önemli durum, VMS’lerde gerekirse sembollerle de desteklenmiş uygun mesajlarla sürücülere duyurulacaktır. Yalnızca karbon monoksit konsantrasyonu 150ppm altına ve ışık zayıflama faktörü  $10 \times 10^{-3}$  altına düşerse tünel yeniden açılacaktır.

Hava kontrol sisteminden gelen kontrol dışında kalan anahtarlama aktivitelerini ve arızaları önlemek için ölçüm değerlerinde bir histerize sahip olacak ve jet fanlar devreye

aynı değerde girip çıkmayacaklardır. Bu nedenle fanlar aşağıdaki değerlerde devre dışı kalacaktır.

Tablo 3. Tünel Açılış Havalandırma Kademeleri

Fan Devreye Alma Noktaları	CO (ppm)	Işık Zayıflama Katsayısı ( $m^{-1}$ )
Tünelin yeniden açılışı	150	$10 \times 10^{-3}$
Adım 4 tüm jet fanlar	130	$9 \times 10^{-3}$
Adım 3	80	$6,5 \times 10^{-3}$
Adım 2	40	$4 \times 10^{-3}$
Adım 1	30	$2,5 \times 10^{-3}$

Sistem bir alt kademeye alınmadan önce, ölçülen değerlerin 5dakika süreyle eşik değerlerinden daha az olması gerekir. Tüm zaman süreleri 1 ile 10 dakika arasında ayarlanabilir olmalıdır.

#### 2.1.3.4. Yangın Durumunda Çalıştırma

Yangın durumunda çalışmanın nasıl olacağı genellikle bağımsız bir kuruluşa yaptırılacak hesap ve simülasyon sonucunda tespit edilmektedir. Ancak bu konuda bir konsensus sağlanamamıştır. Bir kısım uzmanlar bağımsız bir uzman kuruluşa, tünelin kendi şartlarına bağlı olarak yapılacak hesaplarla, çıkabilecek bir yangının gücünün mertebesini belirleyerek ve bu yangının söndürülebilmesi için fanlara nasıl kumanda edileceğini kurgulayarak yapılmasının doğru olduğunu düşünmektedir. Yangının mertebesinin belirlenmesinde M.Bettelini, R.Brandt, I.Riess [14] ‘‘yangın duman yoğunluğunun 110 ile 150 metreküp arasında olması halinde 30 MW gücünde bir yangının meydana geldiğini’’ belirterek yangın güçlerinin mertebelerini sınıflandırmıştır. H.Knoflacher, P.C.Pfaffenbichler [15] ve M.Bettelini [16] ise ‘‘yangın senaryolarını belirlemenin insan güvenliği açısından daha doğru olduğunu’’ savunmaktadır. Bu senaryoların gerektiği aksiyonlar otomasyon programına yazılarak ve böylelikle bir tehlike halinde insan müdahalesine gerek kalmaksızın uygulanabilecek bir sistem olması istenmektedir.

Bazı bilim adamları ve uzmanlar ise bu uygulamaya karşı çıkmaktadırlar. Çünkü yaşanan olaylara göre binlerce çeşit yangın türü vardır ve her yangına farklı müdahaleler gerekmektedir. Otomasyon sisteminin bu yangınlara nasıl müdahale edileceğine karar vermesi güçtür. Yangınlar yangın süresince değişik reaksiyonlar göstermektedir. Bu nedenle yangın esnasında fanların ve yangın söndürme sistemini kumandası manuel olmalıdır.



Şekil 16. Yangın duman testi [17]

Şekil 16’da Avusturya tünellerinde uygulanan sıcak duman testi gösterilmiştir. Tüneldeki yangın esnasında sistemin yangının nerede olduğunu belirleyebilmesi yangına müdahale için çok önemlidir.

#### 2.1.3.5. Elle Kumanda (Manuel) Çalıştırma

Jet-fan MCC panolarındaki Otomatik-Manuel-Off anahtarı seçme şalter tipinde, kontrol panolarında her jet fan için, her iki yönde de çalıştırılacak iki adet “basmalı” tip butonlarla çalıştırılır. Eğer her nerede “Manuel” kumanda moduna geçilmişse, bu durumu gösteren bir ikaz lambaları bulunmalıdır. Bu uygulama, farklı ve hata yapılmasını önleyecek etiketlenmiş pilot lambalarla yapılacak ve manuel çalıştırmanın nerede devreye girdiğini görsel olarak belirtecektir. Her seçme kademesi bir pilot lamba ile belirtilecektir.

Her jet fanın çalışma süresi, bir yazılım sayesinde tutularak Tünel Kontrol Merkezindeki SCADA sistemine aktarılır.

- Havalandırma sistemi tesis edilmiş olan tünellerden gönderilecek sinyaller:
- Hangi tünele ait olduğu belirtilerek ölçülen analog karbon monoksit konsantrasyonu
- Karbon monoksit detektörü sistem hatası
- Hangi tünele ait olduğu belirtilerek ölçülen analog toz partikül konsantrasyonu
- Toz partikül detektörü sistem hatası
- Her tüpteki analog hava hızı değeri
- Her tüp içindeki hava yönü
- Hava hızı ve yönü sistem hatası
- Jet fanların dönüş yönü
- Havalandırma devreye girme kademesi
- Her fan için çalışma saati
- Her fan için hata alarmı
- Kontrol üniteleri hata sinyalleri
- Karbon monoksit detektörü, toz partikül detektörü, hava yön ve hava hız detektörü hata sinyalleri
- Her Tünel İçin Komutlar:
- Her jet fanı dönüş yönü
- Her jet fanı için “on” ve “off”

Bu komutlar her EDB'deki MCC'ler üzerinden ve Tünel Kontrol Merkezi tarafından yapılması tekniğe daha uygundur.

#### **2.1.4. Kapalı Devre Televizyon Sistemi (CCTV)**

Tünel içindeki trafiği kontrol etmek için, tünel boyunca belirli aralıklarla CCD renkli kameralar monte edilmektedir. Kamera CCD tip ve renkli olması, parlak güneş seviyesinden geceleyin asgari sokak aydınlatması seviyesine kadar geniş aydınlatma seviyeleri altında çalışmaya uygun olması uluslararası yol kuruluşları tarafından önerilmektedir.

Ayrıca genellikle karanlık bir yolda hareket eden taşıt farları, sabit yol lambaları, şerit sinyalleri ve baş üstü levha sinyallerinden gelen kuyruklu yıldız, çiçeklenme ve aniden parlama gibi etmenlerin seviyesi minimum olması istenir

Her kamera ünitesinin bir CCTV kamerası, eğer harici olarak bir direğe takılmışsa muhafazası ve uzaktan kumanda edilebilen ön–arka, sağ–sol hareket mekanizmaları ve motorlu zum lensleri bulunan dome kamera tercih ediliyor. Tünel tüpleri içerisindeki kameralar bitmiş yol seviyesinden yaklaşık 4m yüksekliğe monte edilir.

#### **2.1.4.1. Matriks Anahtarlama Kontrol Sistemi**

Matriks anahtarlama kontrol sistemi giriş ve çıkış konfigürasyonu ilgili tünellerde belirtilen aralığa göre çıkacak kamera adedi ile video ekranına aktarılacak resim adedine göre belirlenmektedir.

Matriks anahtarlama sistemi, video sinyal hatasını izleyebilen, monitör üzerinde yazılı gösterim yapabilen bir sistemdir. Matriks anahtarlama üzerinde, parameterizasyon PC'si, video hareket algılama sistemi, dijital kayıt sistemi, interaktif video yönetim sistemi, video iletim sistemi gibi harici sistemlerin ve diğer üst seviye sistemlerin bağlantısı için haberleşme portu mevcuttur.

Matriks anahtarlama üzerinde ilave klavye, kamera kontrol üniteleri, alarm girişleri, video kayıt cihazı gibi harici ekipmanların bağlantısı için terminaller mevcuttur. Matrix switcher, interaktif video yönetim yazılımı sayesinde bir PC üzerinden grafiksel olarak kontrol edilebilir. Matriks anahtarlama, önceden programlanmış olan anahtarlama (switching) işlemini otomatik olarak başlatabilen, sistem parametreleri yedekleme amaçlı olarak bir dosyada saklanabilen. Matriks anahtarlama zaman ve isim bilgilerini monitör üzerinde gösterebilen bir sistemdir.

#### **2.1.4.2. Dijital Video Kayıt Cihazı**

Dijital video kayıt cihazı bir bilgisayar üzerinden LAN veya WAN aracılığıyla uzaktan kontrol edilebilir. Dijital video kayıt cihazı arama ve değerlendirme konumunda daha önce kayıt edilmiş olan bütün görüntülerin tekrar izlenip değerlendirmesine izin



verecektir. Dijital Video Kayıt Cihazının kayıt hafızası esnek ve tam tanımlamalar ile belirli olayların kameralar bazında tekrar aranmasına izin verebilmektedir.

### **2.1.4.3. İnteraktif Video Yönetim Sistemi**

Video yönetim sistemi, video kontrol merkezindeki bütün cihazların bir grafik ekran üzerinden kat planları bazında ayrı ayrı izlenmesi, parametrelerinin ayarlanması ve kontrolü için kullanılır.

Video yönetim sistemi NT tabanlı bir işletim sistemi üzerinde çalışır ve diğer uygulamalar ile entegrasyonu sağlayabilecek bir yapıya sahiptir. Kapalı devre televizyon sistemi ile ilişkilendirilmiş video yönetim sistemi üzerinde izlenip değerlendirilmektedir. Sistem elemanlarının kontrolü, izlenmesi ve parametrelerinin değiştirilebilmesi için grafik gösterimli bir bilgisayar, düzenli ve kullanımı kolay grafik kullanıcı ara birimi, modüler yapı ve yaygın uygulanabilirlik Terminal/Server mimarisi – tek veya çok kullanıcı sistem yapısı sistemin temel elemanlarıdır. Kullanıcıya özel yetki seviyeleri sayesinde esnek çok kullanıcı yapısına sahip olması gerekir.

### **2.1.4.4. Görüntü Üzerinden Olay Algılama**

#### **2.1.4.4.1. Genel**

Karayolu tünellerinde genelde video deteksiyon sistemi kurulmaktadır. Video deteksiyon sistemi yapısı ve işleyişi gereği hem tünellere ait trafik verilerini toplama, hem de tüneller içindeki olay/kaza algılama fonksiyonlarını birlikte yerine getirebilecek niteliktedir.

L.A. Brussuard, M.M.Kruiskamp ve M.P. Oude Essink[18] tünellerde video deteksiyon ile olay algılama sistemleri ile ilgili yaptıkları çalışmada “tünel güvenliği açısından teknik altyapı ve güvenlik yönetim yanında acil durumları anında belileyip uyarı veren sistemlere de ihtiyaç duyulduğu” sonucuna varmışlardır.

Kurulacak olan video deteksiyon sistemi ilgili tünelin tümünü kapsayacak, detekte edilmeyen ölü nokta, alan, tünel kısmı bırakmamaktır. Söz konusu video deteksiyon sisteminin ana bileşenleri; CCTV sistemi kapsamında yer alan tünel içi sabit ve tünel dışı

dome kameralar, her kamera için bir adet deteksiyon modülü, deteksiyon modüllerinde toplanan bilgilerin işlenip, görüntülenmesini sağlayan yönetimsel yazılım, kameralar, deteksiyon modülleri ve yönetimsel yazılım arasındaki haberleşmeyi sağlayan haberleşme protokolü olarak sıralanabilir. Deteksiyon modülleri temel prensip olarak görüntü işleme tekniğini kullanan, üzerinde farklı algılama yazılımlarının koşabildiği özel kartlardır. Her modülün kendi IP adresi olup, modüller uzaktan konfigure edilmeye ve parametrelenmeye uygun yapıdadır. Modüllere giriş teşkil edecek video sinyalleri, görüntüler tünele ait CCTV sisteminin sabit ve hareketli kameralarından gelmektedir. Bu nedenle CCTV kameralarının olay algılama yapılacak tünellerde video deteksiyon sistemine uygun olması gerekmektedir. Bu CCTV sisteminden gelen görüntüler ve bilgiler SCADA sitemine aktarılır ve video duvarında görüntülenir.

Deteksiyon modülleri sıkıştırılmış mpeg4 formatındaki kamera görüntülerini işleyip analiz ederek trafik verilerini oluşturur. Bu veriler; trafik hacmi, trafik akış hızı, trafik yoğunluğu, trafik sıkışıklığı, trafik hızındaki düşüşler, şerit meşguliyeti, tünel içinde meydana gelmiş trafik kazası, tünel içinde kalmış araç, tünel içinde yürüyen yaya, ters yönde seyreden araç, duran (ilerlemeyen) araç, yol üzerine düşmüş yük, paket, yabancı cisim algılanması, duman algılama olarak sıralanabilir.

#### **2.1.4.4.2. Sistemin Bileşenleri ve Fonksiyonları**

##### **2.1.4.4.2.1. 19” Rack ve Teknik Özellikleri**

Rack sistem dahilinde kullanılacak deteksiyon modüllerini ve haberleşme kartlarını koymak için kullanılır. Video deteksiyon sisteminde kullanılan deteksiyon modülleri her kamera için 1adet seçilir ve bu modüller 19” rack içine yerleştirilir. Her rack toplam sekiz adet deteksiyon modülünü ve on adet modülü besleyecek kapasitede bir adet enerji besleme ünitesini alacak ölçüdedir. Rack’ın arkası tüm gerekli input ve output sinyalleri için konnektörlerle donatılmıştır.

#### 2.1.4.4.2.2. Deteksiyon Modülü Fonksiyonları

Deteksiyon modülleri trafik izleme, trafik verilerini toplama ve otomatik olay/kaza algılama (automatic incident detection) fonksiyonlarını kombine olarak yerine getiren tünel içi ve dışı uygulamalarda kullanılabilen bir karttır.

Kameralardan elde edilen video sinyalleri, farklı algoritmalar (deteksiyon algoritmaları, görüntü kalitesi, gün/gece geçişleri gibi) deteksiyon ünitesine paralel olarak ulaşır ve burada işlenir.

Modüller ya yönetim yazılımı ya da herhangi bir PC üzerinde çalışabilen kurulum yazılımı üzerinden konfigüre edilebilir. Deteksiyon modüllerinin temel görevi görüntüleri işleyerek trafik verilerini oluşturmak ve tünel içinde meydana gelen olayları tespit ve teşhis etmektir. Aşağıda video deteksiyon sistemindeki modüllerin algılayacağı olaylar ve toplayacağı trafik verileri sıralanmıştır.

- Trafik Olayları (Araç trafiğinde algılanacak durumlar)
- Duran araçların algılanması (16 bölge)
- Ters yönde giden araçların algılanması (8 bölge)
- Kritik derecede yavaş seyreden araçların algılanması (8 bölge)
- Otomatik olarak en az 5 tip trafik durumunun (normal, yoğun, sıkışık, tıkalı, v.b.), trafik hızının ve yoldaki yoğunluğun (araçlar arası mesafe) algılanması
- Trafik Harici Olaylar (Tünel içinde araç trafiği haricinde algılanacak durumlar)
- Tünel içinde yürüyen yaya
- Yola düşmüş yabancı cisim (Minimum 60metre mesafede yol üzerindeki en az 0,5 m<sup>3</sup> büyüklüğünde nesnelerin algılanması)
- Duman
- Trafik Akış Verileri
- Şerit başına trafik akış hızı
- Şerit başına sıkışıklık, meşguliyet
- Şeritlerdeki ortalama hız
- Şerit trafik yoğunluğu (km başına düşen araç sayısı)

Sistem Hata Alarmları:

1. Video görüntüsü yok
2. Sistem yeniden yükleniyor

3. Konfigürasyon değişimi
4. Sabit kameraların yer değiştirmesi, sökülmesi
5. Haberleşme arızası
6. Kötü görüntü kalitesi

#### 2.1.4.4.2.3.Yönetim Yazılımı

Yönetim yazılımı temel fonksiyonu gerçek zamanlı trafik verilerini ve cereyan eden olayları toplamak ve veri tabanında depolamak olan bağımsız bir yazılımdır. Bu yazılım aynı zamanda grafik kullanıcı arayüzü olarak trafik operatörleri tarafından da kullanılabilir.

Yazılım temelde server ve client kısımlarından oluşmaktadır. Sistemin server ve client kısımları aynı PC üzerinde çalışabildikleri gibi, ayrı PC'ler üzerinde de çalışabilir özelliktedir.

Ancak bir PC şebekesi kurulmuş ise yalnızca bir bilgisayara programın server kısmı, diğer geri kalan bilgisayarlara client kısmı yüklenir. Sistemin işleyişi kısaca şöyle özetlenebilir.

Deteksiyon modüllerinden sağlanan veriler, alarmlar yönetim yazılımı ulaştırılır ve MySQL veri tabanında saklanır. Diğer taraftan yönetim yazılımı, kaydedilen kaza, trafik vb. görüntüleri hard disk üzerinde saklar. TCP/IP soketleri üzerinden her zaman için sisteme client olarak bağlanıp veri almak, verileri görüntülemek ve trafik akışını kontrol etmek mümkündür.

Tablo 4. Video deteksiyon performans değerleri

	Tünelde Algılama (%)	Algılama Zamanı (sn)	Yanlış Alarm Frekansısı (KameraBaşınaGnde)
Durmuş Araçlar	> 99	8 – 10	0,025
Tıkanıklılık	> 99	< 10	0,025
Ters Yön	> 95	< 10	0,025
Duman	> 98	< 10	0,025
Yaya	≥ 90	< 10	0,025
Yol zeri Nesne	> 90	< 20	0,025

Sistemden tünel içinde yapılacak algılamalar için olması gereken performans değerleri Tablo 4'de görülmektedir..

### 2.1.5. Yangın Algılama

Tünelde yangın algılama faaliyeti, dijital lineer fiber optik kablolu dijital yangın algılama sistemidir. Yangın algılamanın diğer bir yedek sistemi olarak olay algılama sisteminin tesis edileceği tünellerde olay algılama sisteminin duman algılama fonksiyonu bulunması gerekir.

#### 2.1.5.1. Dijital Fiber Optik Doğrusal Yangın Algılama Sistemi

Tünellerde yangın esnasında bu durumun erkenden algılanarak müdahale edilmesi çok önemlidir. Bu nedenle dijital fiber optik yangın algılama sistemi bir karayolu veya metro tüneli için çok önem arzeden bir konudur. İlk aşamada kısa devre testi yapılmak suretiyle bakır kablodan analog uygulamaları yapılan sistem daha sonra teknolojinin gelişmesine paralel olarak dijital ve fiber optik kablo ile yapılmıştır.

Dijital fiber optik doğrusal yangın algılama sistemi şu bileşenlerden oluşmaktadır. Fiber optik yangın algılama sensör kablosu Fiber optik yangın algılama sensör kablosu montaj elemanları Fiber optik yangın algılama sistemi değerlendirme ünitesi Güç, kontrol ve denetleme sistemi kablajı

Bu sistem, temelde teknik özellikleri aşağıda daha detaylı belirtilen fiber optik algılama kablosu ve sistemin değerlendirme ünitesinden oluşmaktadır. Sistemin çalışması esas olarak, fiber optik doğrusal ısı algılama kablosu ile sıcaklığın ölçülüp, değerlendirme ünitesine iletilmesi prensibine dayanır. Değerlendirme ünitesi “Celsius” cinsinden sıcaklığı hesaplayarak, aşağıdaki alarm kriterlerinin aşılması durumunda alarm veren bir sistemdir:

Ölçüm noktasında, ölçülen sıcaklığın belli bir seviyeden yüksek olması (sıcaklığın set edilmiş maksimum sıcaklık değerini aşması)

- Ölçüm noktasında, zamana göre sıcaklık artışının belirli bir değerin üzerine çıkması
- Ölçüm noktasındaki sıcaklık değerinin komşu noktalara göre daha hızlı artması
- Algılama sistemi, ayrıca aşağıdaki özelliklere sahiptir:
- Sistem yangın yerini 4m’den daha az bir hata mesafesi ile belirleyebilir.
- Sıcaklık dalgalanmalarında, yanlış alarmı önleyecek seçiciliğe sahiptir.

- Doğrusal yangın algılama kablosunun hat kopukluğu denetler.
- Çalışma ortamı sıcaklığı  $-30^{\circ}\text{C}$  /  $+90^{\circ}\text{C}$ 'dir.
- Doğrusal ısı algılama kablosu halojenden arındırılmış malzemeden imal edilmiştir
- Korozyona karşı dayanıklıdır.
- Elektromanyetik etkilere, rutubete, rüzgâra, basınca, toz, duman ve kirliliğe, sarsıntıya karşı dayanıklıdır.
- Sistem, güvenlik ve risk değerlendirmesine bağlı olarak yedekli dizayn edilebilir.

### **2.1.5.1.1. Yangın Algılama Sisteminin Bileşenleri**

#### **2.1.5.1.1.1. Yangın Algılama Kablosu**

Tünel tavanına, her şeridin yaklaşık ortasına gelecek şekilde monte edilen doğrusal ısı algılama kablosu iki adet bağımsız multimode 62,5/125µm HDPE izolasyonlu fiberden oluşmaktadır.

Algılama kablosu, hem sıcak gazları (konveksiyon enerjisi) hem de yansıma enerjisini (radyasyon) algılayan bir kablodur. Ayrıca algılama kablosu elektromanyetik, mekanik, atmosferik, korozif ve radyoaktif etkilere, sıcaklık ve basınç dalgalanmalarına karşı dayanıklıdır. Algılama kablo yerleşimi, test ateşi ile veya uluslararası onaya sahip projelendirme yazılımı yardımı ile doğrulanmaktadır.

#### **2.1.5.1.1.2. Değerlendirme Ünitesi**

Değerlendirme ünitesi bağlanmış olan 4000m uzunluğa kadar algılama kablosunun sıcaklığını, zamana göre sıcaklık artışını, maksimum sıcaklıkları ve sıcaklık farklarını sürekli ölçer ve değerlendirir. Ölçüm ve değerlendirme metodu OFDR (Optical Frequency Domain Reflection) prensibine göre veya eşdeğer bir prensip ile gerçekleştirilmektedir. Bütün elektronik komponentler, merkezde değerlendirme ünitesinde yer almalıdır. Tüm test, ayar ve ölçümler merkezden yani tek bir yerden yapılabilmelidir. Değerlendirme ünitesi 19" rack montajına uygun olmalıdır.

Değerlendirme ünitesi aşağıdaki fonksiyonları yerine getirmektedir:

- Doğrusal ısı algılama sisteminin izlenmesi ve kontrolü,
- Yazılım ile takriben 150 m'lik yangın bölgeleri oluşturulması (SOS bölüm mesafeleri),
- Doğal sıcaklık dalgalanmalarının filtrelenmesi,
- En son 100 olayın saati ile birlikte bellekte tutulması,
- Yangının gelişme yönünün belirlenmesi,
- Yangın alarm ve arıza bilgilerinin yangın ihbar santralına iletilmesi,



Şekil 17. Mont Blanc yangını sonrası tünelin durumu

Şekil 17'de 24 Mart 1999 Mont Blanc Tüneli faciası sonrası tünel iç tarafı ve sistemler görülmektedir. Yangın esnasında tüneldeki kalıp betonların bile eridiği görülmektedir. Bu nedenle yangın algılamanın zamanında yapılması ve müdahale edilmesi çok önemlidir.

### **2.1.6. Otomasyon Sistemi**

Tünellerde otomasyon sistemleri besleme, aydınlatma , havalandırma ve yangın algılama sistemleri ile ilişkilidir. Bu sistemler tek bir SCADA programında birleştirilerek tek bir bilgisayar üzerinden kontrolü ve izlenmesi sağlar. Bunun amacı sistemin tek bir operatör tarafından mümkün olduğunca az sistemle tüneli yönetmektir.

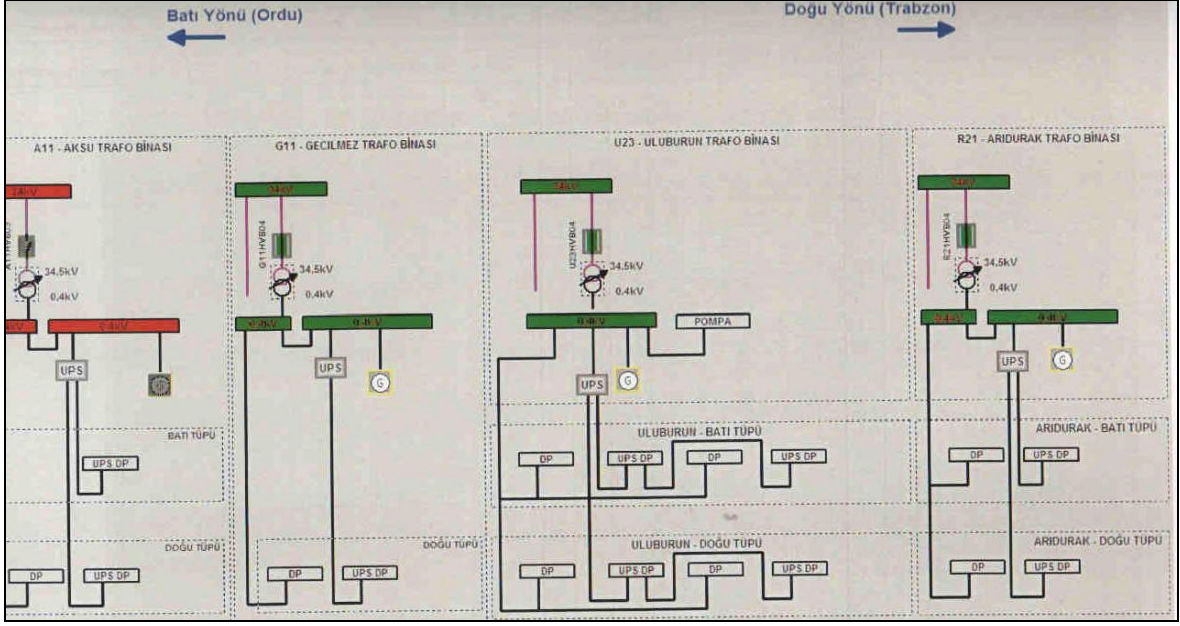
#### **2.1.6.1. Besleme Sistemi Otomasyonu**

Orta gerilim ile ilgili gerilim, akım, güç vb. gibi bilgileri enerji analizörleri belirli haberleşme protokolleriyle (profibus, modbus, canopen vb.) ana PLC'ye aktararak bu bilgilerin SCADA'da izlenmesini sağlamaktadır.enerji analizörleri sadece izleme yapmak için kullanılır. SCADA sunucu bu bilgilerin belirli aralıklarla kaydının tutar. Enerjini kesilmesi veya orta gerilimdeki bir arıza durumunda operatörü uyarır.

Alçak gerilim enerji analizörleri reaktif güç kontrolü vasıtasıyla ölçtükleri bilgileri herhangi bir bus RTU protokolü ile ana PLC'nin RS485 iletişim modülüne aktararak burada bir mikroişlemci aracılığıyla iletişimi gerçekleştirir. Bu nedenle AG cihazlarında gelen bilgiler otomatik olarak ana PLC'nin hafızalarına gelmiştir. SCADA sunucu bu bilgilere TCP/IP protokolü üzerinden ulaşır. Operatör bu bilgilere SCADA sunucu üzerinden verilere erişerek SCADA ekranında kompakt şalterlerin konum bilgisini, reaktif güç kontrol rölesinin ölçtüğü bilgileri, devre kesicilerini bilgilerini görebilir. Operatör eğer bir devre kesicini konumunu değiştirmek isterse bu bilgi SCADA sunucu aracılığıyla ana PLC'ye TCP/IP ile gönderilir.

Alçak gerilim tarafında bulunan tüm termik manyetik şalterlerde ve V-otomatlarda 2'şer adet hata kontağı bulunur. Bunun amacı herhangi bir şalter pozisyon değiştirdiğinde veya otomatlar attığında SCADA sunucuda bunu görebilmektir. Şekil 18'de besleme sistemi otomasyonunun SCADA sunucudaki sayfası görülmektedir.





Şekil 18. Besleme sistemi otomasyonu SCADA sayfası

### 2.1.6.2. Aydınlatma Sistemi Otomasyonu

Aydınlatma sistemi kontrolü tünellerde 2 adet luminansmetre ve PLC'ler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu luminansmetrelerden biri tünel içine diğeri tünel dışına yerleştirilerek ölçülen parlaklık değerleri karşılaştırılır, PLC şebeke enerjisini ve luminansmetrelerden alınan verileri sürekli kontrol ederek aydınlatma seviyesini artırıp azaltıp çıkış verir.

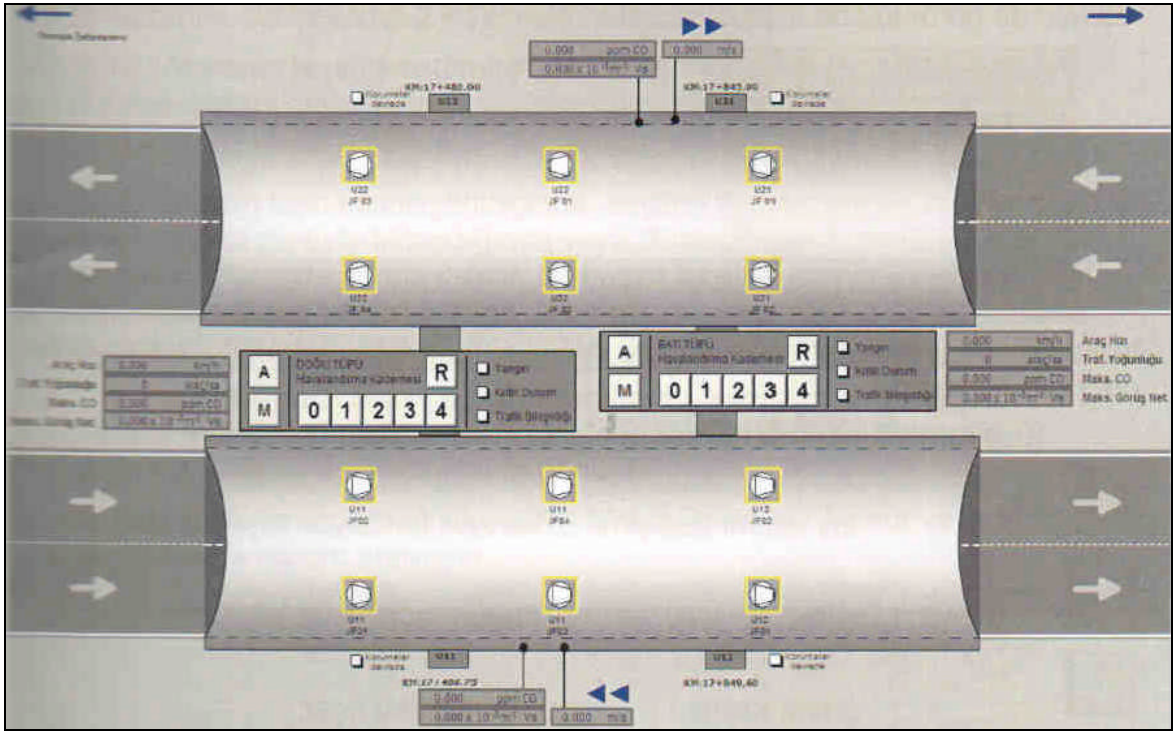
Aydınlatma PLC'lerin seçtikleri kademeler ile luminansmetreden ölçülen veriler SCADA sunucuya ulaşır ve SCADA kullanıcı bilgisayarlarda bu bilgiler gösterilmektedir..

### 2.1.6.3. Havalandırma Otomasyonu

Havalandırma otomasyonu havalandırma PLC'leri ile sağlanır. Tünellerin havalandırması kısmında bu PLC'lerin CO ve görüş açıklığı detektörlerinden alınan bilgileri alt sınır değerleri ile karşılaştırarak fanları devreye alıp çıkarttığını anlatılmıştır. Ayrıca bu PLC'lere fanların üzerine yerleştirilmiş sıcaklık, titreşim sensörlerinden de bilgi alınmaktadır. Fanlar çalışma esnasında aşırı ısındığında içerideki CO seviyesi ne olursa olsun PLC aracılığıyla devreden çıkarılır . Aynı durum aşırı titreşim durumunda da söz konusudur. Bunun nedeni aşırı titreşimde fanın düşme ihtimali ve aşırı sıcakta fanların motorlarının alev alma durumudur.

Havalandırma PLC'leri tarafından sensörlerden ölçülen veriler, hangi fanın devrede olduğu, fanların çalışma saatleri gibi tüm veriler TCP/IP protokolü ile SCADA sunucuya aktarılarak SCADA kullanıcı bilgisayarlar üzerinde çalışan SCADA operatör programları vasıtasıyla jetfanlar ile ilgili tüm bilgiler grafiksel olarak izlenip müdahale edilebilmektedir. Şekil 19'da Havalandırma Sistemi Otomasyonu SCADA sayfası gösterilmiştir.

Yangın algılama sisteminden ise bir bilgi geldiğinde yangın senaryoları devreye girmekte veya kontrol tünel operatörüne bırakılmalıdır. Yangın algılama bu programda master durumundadır.



Şekil 19. Havalandırma sistemi otomasyonu SCADA sayfası

### **3. BULGULAR VE İRDELEME**

Tünellerde endüstriyel otomasyon çalışmasında tünellerde kullanılan sistemlerin analizi yapıldıktan sonra Karadeniz Sahil yolu üzerinde bulunan, 584 metre uzunluğundaki tek tüpten oluşan Çamburnu Tüneli 1/1000 ölçekli olarak küçültülerek, tünel içindeki havalandırma ve aydınlatma sistemlerini temsilen lambalar ve 12 volt DC motor kullanılarak maket modellenmesi yapılmıştır. Burada bir PLC kullanılarak tünellerdeki sistemlerin modellenmiş hali kontrol edilmiştir.

#### **3.1. PLC Programlanması**

Tünellerde kullanılan sistemlerin kontrol edilebilmesi için PLC'lere ihtiyaç vardır. Bilindiği üzere PLC'ler ağır hizmet tipidir. Yani tozlu ve nemli ortamlarda çalışmaya müsaittir. Mikrodenetleyicilerden daha kullanışlı olma nedenlerinden birisi budur. Ayrıca tünel kontrol merkezlerinden tünellerdeki durum izlenmek istenmektedir. Bu iki nedenden dolayı tünellerde PLC'ler kullanılmaktadır.

Genellikle veri girişi ve çıkışı fazla olduğu için Siemens marka S7-400, Schneider marka Modicon M340 serisi veya diğer firmaların bu serilere yakın PLC'leri kullanılmaktadır. Model tünelde veri giriş-çıkışı, normal tünellerden daha az olduğundan dolayı 14 giriş 10 çıkışa sahip Siemens marka S7-200 CPU 224 PLC kullanılmıştır.

Bu çalışmada S7-200 PLC Microwin 32 programıyla programlanmıştır. Bu programlama yapılırken komut olarak hem STL dilinde programlanmı hem de Ladder editöründe program analiz edilerek program koşulduğunda takibi sağlanmıştır. Knoflacher [15] Bosruck, Lainberg, Kaisermühlen Tünellerinin Bettelini, Brant ve Riess[18] ise Mont Blanc Tünelinin havalandırma analizlerini çıkarmış ve bu analizlere göre bu tünellerin havalandırma kontrol senaryoları hazırlanmıştır.

Tünellerdeki vazgeçilmez sistemler aydınlatma, havalandırma, CCTV ve yangın algılamadır. Burada aydınlatma, havalandırma sistemleri modellenmiş ve kontrolü sağlanmıştır. Bu sistemlerin süreçlerinin izlenmesi, kontrol edilmesi bilgisayar üzerinden sağlanmıştır.

### 3.1.1. PLC ile Aydınlatma Kontrolü

Aydınlatma kontrolü, model çalışmasında 2 kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. CIE 1990 tünel aydınlatma önerilerine göre aydınlatma 6 kademeli yapılmalıdır. Fakat 1990 yılından önce tünel aydınlatmaları CIE önerilerine göre 2 kademeli olarak yapıyordu. Bu kademeler gece-gündüz kademeleridir.

Aydınlatma kontrolü uygulamada luminansmetreden alınan  $cd/m^2$  değerleri karşılaştırılarak yapılıyor ve lambalar buna göre devreye almıyordu. Bu çalışmada ise ışık sensörü fotodirenç kullanılarak yapılmış ve bu sensörden alınan bilgi PLC aracılığıyla değerlendirilerek kontrol yapılmıştır.

Gece ve gündüz kademelerinin STL diliyle yazılmış programları Ek 2 ve Ek 3’de görülmektedir.

Anlık ışık değişimlerinden sistemin etkilenmemesi için PLC içindeki zamanlayıcılar programlanarak kullanılmış, sensör ışığı algıladıktan belirli bir süre sonra gündüz kademesine veya karanlığı algıladığında gece kademesine yine belirli bir süre sonra geçmektedir.

6 kademeli olarak yazılacak programda ilaveten karşılaştırma komutları olacaktır. Sistemi operatör panel aracılığıyla bilgisayar tarafından kumanda edilmesi için M yardımcı kontakları kullanılmıştır.

Şekil 16’da gösterildiği üzere aydınlatma butonlarıyla bilgisayar üzerinden operatör aracılığıyla aydınlatma sistemine müdahale edilebilmektedir.

### 3.1.2. PLC ile Havalandırma Kontrolü

Havalandırma kontrolü model çalışmasında havalandırma kontrolü de 2 kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. Tünellerde havalandırma sisteminin devreye alınması karbonmonoksit ve görüş açıklığı detektörlerinden alınan değerlerin karşılaştırılması sonucuna bakılarak yapılmaktadır. Havalandırma kademeleri 4 kademe olarak yapılsa da tünel uzunluklarına göre bu durum değişmektedir. Çünkü tünel uzadıkça fan sayısı artacaktır.

Model tünelde 2 adet fan kullanılmıştır. Bu nedenle havalandırma 2 adımda gerçekleşmektedir. Bir duman sensöründen alınan bilgi PLC aracılığıyla değerlendirilerek fanlar devreye alınıp çıkarılmış ve bilgisayar üzerinden kontrolü sağlanmıştır.

Fanların devreye alınması ve devreden çıkarılması STL diliyle yazılmış programları Ek 4 ve Ek 5’de sunulmuştur. Havalandırma kontrolünde de operatör panel veya SCADA aracılığıyla bilgisayar üzerinden kontrolü için programda M yardımcı kontakları kullanılmıştır.

Uygulamada ise dedektörlerden alınan ppm ve vis değerleri karşılaştırılarak havalandırma kontrolü yapılır. Aynı zamanda fanlara yerleştirilmiş olan akış hızı ve titreşim sensörlerinden de bilgi alınmaktadır. Programa ilave olarak karşılaştırma komutları gerektirir.

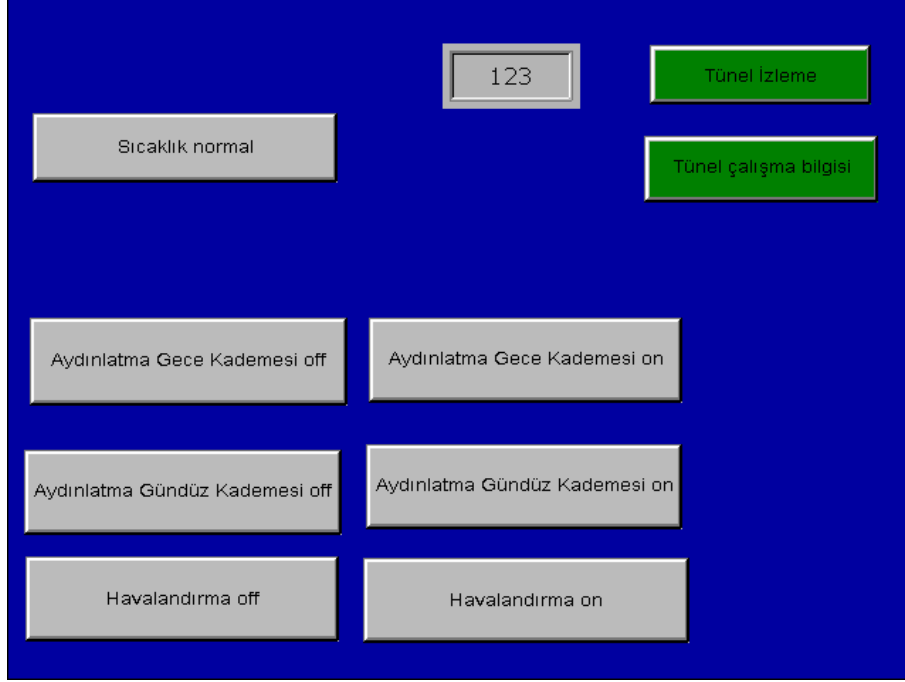
Havalandırma kontrolünde de anlık duman değişimlerinden etkilenmemek için sensörden alınan bilginin sürekliliği kontrol edilir. Yani algılama sinyali (duman yoğun) alındıktan sonra belirli bir bekleme süresi ile fanlar devreye alınır. Aynı şekilde fanlar çalışırken duman yok sinyali alındıktan belirli bir süre sonra fanlar durdurulur. Bunun nedenlerinden biri de tünelin dumandan tamamen temizlenmesi içindir.

Havalandırma sistemi yalnızca tünelin karbonmonoksit ve tozdan temizlenmesi için kullanılmamaktadır. Aynı zamanda yangın esnasında içerideki yangın dumanının dışarı atılması içinde kullanılır. Ancak burada bilim insanları arasında ihtilaf vardır.

Bazı bilim insanları belirli yangın senaryolarının PLC’lere programlama aracılığıyla yüklenerek yangın esnasında bu senaryolara göre fanların çalışmasını savunmaktadır. Buna karşı çıkan bilim insanları ise yangın esnasında fanların tamamen devre dışında bırakılmasının savunmaktadır. Çünkü bu durumda fanlar yangını daha fazla alevlendirebilir. Bu nedenle böylesine acil bir durumda fanlar kullanılacaksa bile bunun kontrolü senaryolara değil operatöre bırakılmalıdır.

Bizim çalışmamızda ise ikinci görüş kullanılmıştır. Yani yangın algılanması durumunda fanlar devreden çıkacak, fanların kullanımı yangın durumuna göre operatör ve itfaiye inisiyatifine bırakılacaktır.

Şekil 20’de gösterildiği gibi havalandırma sistemi operatör paneldeki sanal butonlarla kontrol edilebilmektedir. Aynı ekran üzerinden sıcaklığın durumuna da bakılabilir. Tünel izleme ve tünel çalışma bilgisi butonlarıyla diğer operatör panel sayfalarını da görebilme imkanı vardır.



Şekil 20. Tünel operatör panel kontrol sayfası



Şekil 21. Maket tünel uygulaması ön görünüş

### 3.2. Yangın Algılama

Uygulamada yangın algılama sistemi 2 şekilde yapılmaktadır. Bunlardan birisi data kablosuyla yapılan analog algılama diğeri ise fiberoptik kabloyla yapılan dijital yangın algılamadır.

Data kablosuyla yapılan analog algılamada bakır algılama kablosunun kısa devre olmasına bağlı olarak algılama yapılmaktadır. Yangın esnasında kablonun yanması sonucu kısa devre meydana gelmektedir. Bunun sonucu kablo ölçüm cihazı kısa devrenin nerede

meydana geldiğini ölçerek yangın algılama santraline iletmekte bu bilgisayarın değerlendirmesi sonucu SCADA ekranında yangının metresi yaklaşık olarak gösterilmektedir.

Fiber optik kablo ile yapılan dijital algılamada ise fiberoptik kablonun kopması sonucu algılama yapılmaktadır.yangın esnasında kablonun kopması sonucu OFDR cihazı kablonun koptuğu noktayı tespit ederek direk SCADA'ya göndermektedir. SCADA'da yangın yeri yaklaşık olarak gösterilmektedir.

Dijital algılamadaki avantaj SCADA ile direk haberleşebilmesidir. Analog algılamada bir yangın algılama santraline ihtiyaç vardır.

Model tünelde yangın algılama olarak PLC potansiyometreleri kullanılmıştır. Potansiyometredeki değer değiştirilerek tüneli sıcaklığı ölçülmüş belirli bir sıcaklık değeri aşıldığında bilgisayarın yangın alarmı durumuna geçtiği görülmüştür.

### 3.3. SCADA ve Operatör Panel

Bu çalışmada model tüneldeki sistemlerin bilgisayar üzerinden sürekli izleme ve kontrol edilmeleri sağlanmıştır. Bunun için screen editör paneli ve indusoft SCADA programı kullanılmıştır.

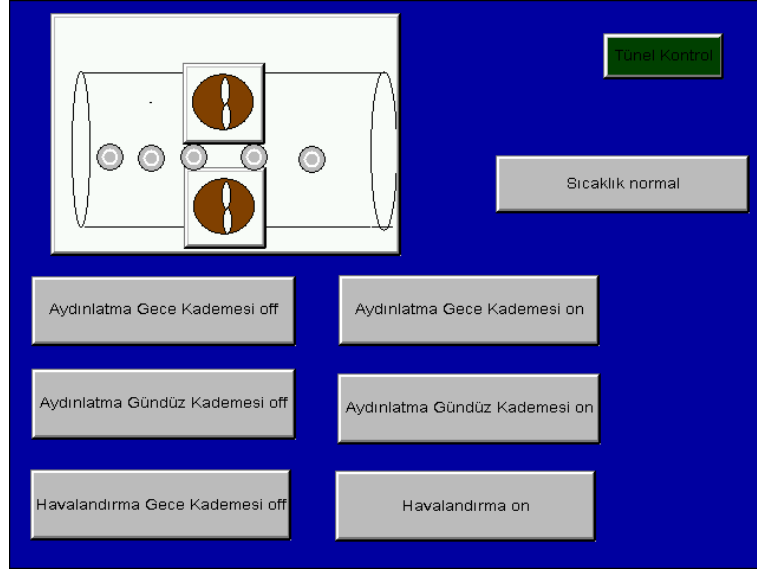
K. Cassarin, L.Battistello, S.Fontanini, F.Giacuzzo, M.Lonza, E.Quai, S.Sbarra, G.Tromba, A.Vascotto, L.Zambon [19] "tünellerde ve otoyollarda PLC kullanılarak SCADA sistemleri ile izleme ve kontrolün yapılmasının daha doğru olduğunu" H. Mashimo ve T. Mituzani [20] "tünellerdeki izleme ve süreç takibi için SCADA kullanılmasının yol güvenliği açısından daha sağlıklı olduğunu" savunmuşlardır.

PLC'lerle SCADA programları arasında genelde haberleşme sorunları çıkmaktadır. Farklı marka PLC'lerin farklı SCADA'larla haberleşmesinde sürücü ve dongle sorunları çıkmaktadır. Bu nedenle model tünelde Screen Editör Panel kullanılmıştır.

Şekilde Screen Editör Paneldeki tünel izleme sayfası gösterilmiştir. Model tünel uygulamasında 5 adet lamba ve 2 adet motor kullanıldığı için panelde de bu şekilde gösterilmiştir. Editör panelde lamba ve motorların görünümünün görülmesi için multicaste indicator, müdahale butonları için program içindeki set ve reset butonları kullanılmıştır. Bilgisayar üzerinden PLC'ye müdahale edebilmek için bu butonlar PLC içindeki M kontaklarıyla ilişkilendirilmiştir. Her ne kadar tünel izleme sayfası olarak adlandırılmış ise de model tünel üzerindeki sistemlere aynı sayfadan müdahale etmek mümkündür. Aşırı

sıcaklık artışı (yangın durumunda) tünel sarı renk alarak acil bir durum olduğunu operatöre bildirmektedir.

İndusoft web studio SCADA programıyla sürücü sorunu yaşanmasına rağmen PLC SCADA heberleşmesi sağlanmaya çalışılarak sistem SCADA üzerinden de kontrol edilmeye ve izlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 22. Tünel operatör panel tünel izleme sayfası

Şekil 23’de gösterilen model tünel üzerinde sistem kurulmuştur. Sistemin devresinin şeması ise şekil 24’de gösterilmiştir. Şekil 24’de motorlar için kullanılan K1F ve K2F kontaktörleri, aydınlatma lambaları için kullanılan K1A, K2A ve K3A kontaktörleri, sensörler görülmektedir.

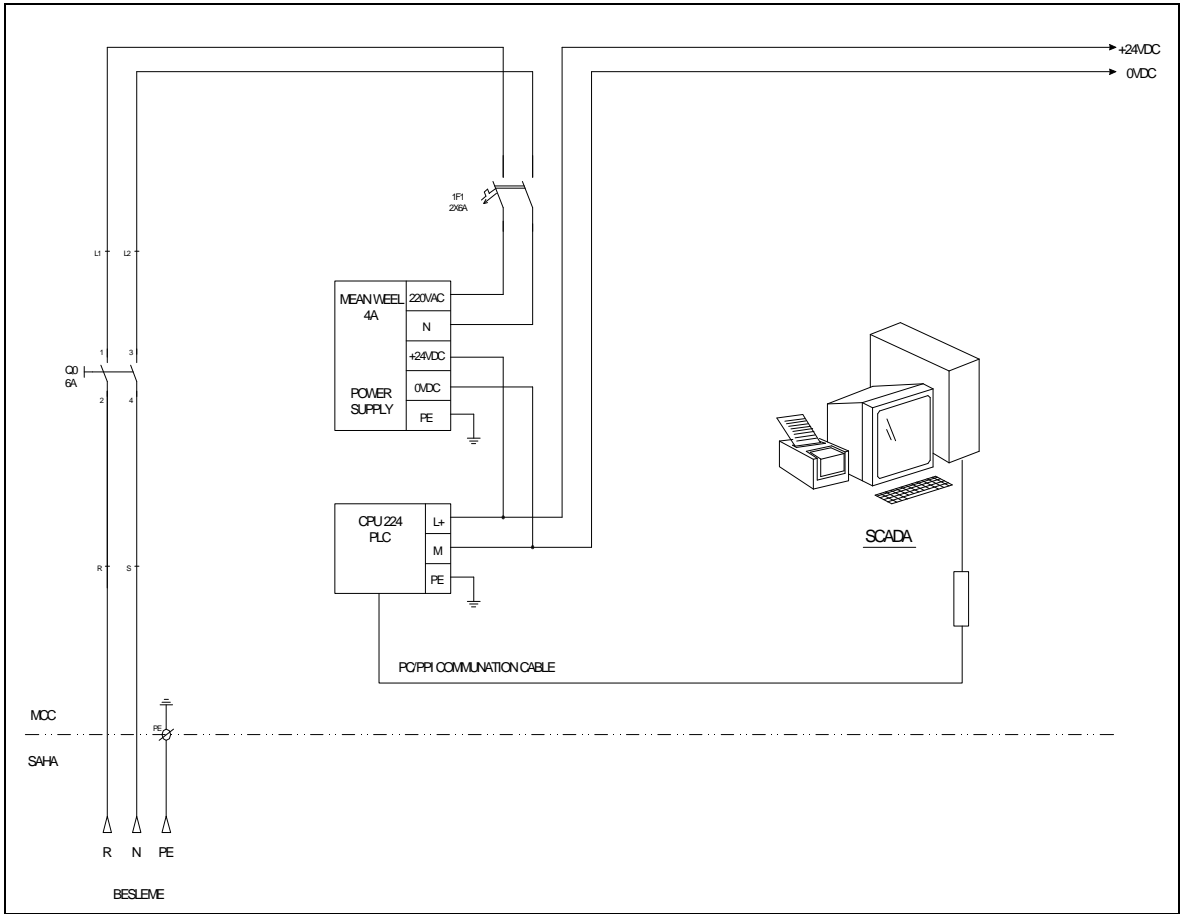
Şekil 25’de güç kaynağı, PLC bağlantıları, PC/PPI haberleşme kablosu ve bilgisayar üzerinden SCADA’ya bağlantı görülmektedir.

Şekil 26’de motorlar ve lambalar görülmektedir.

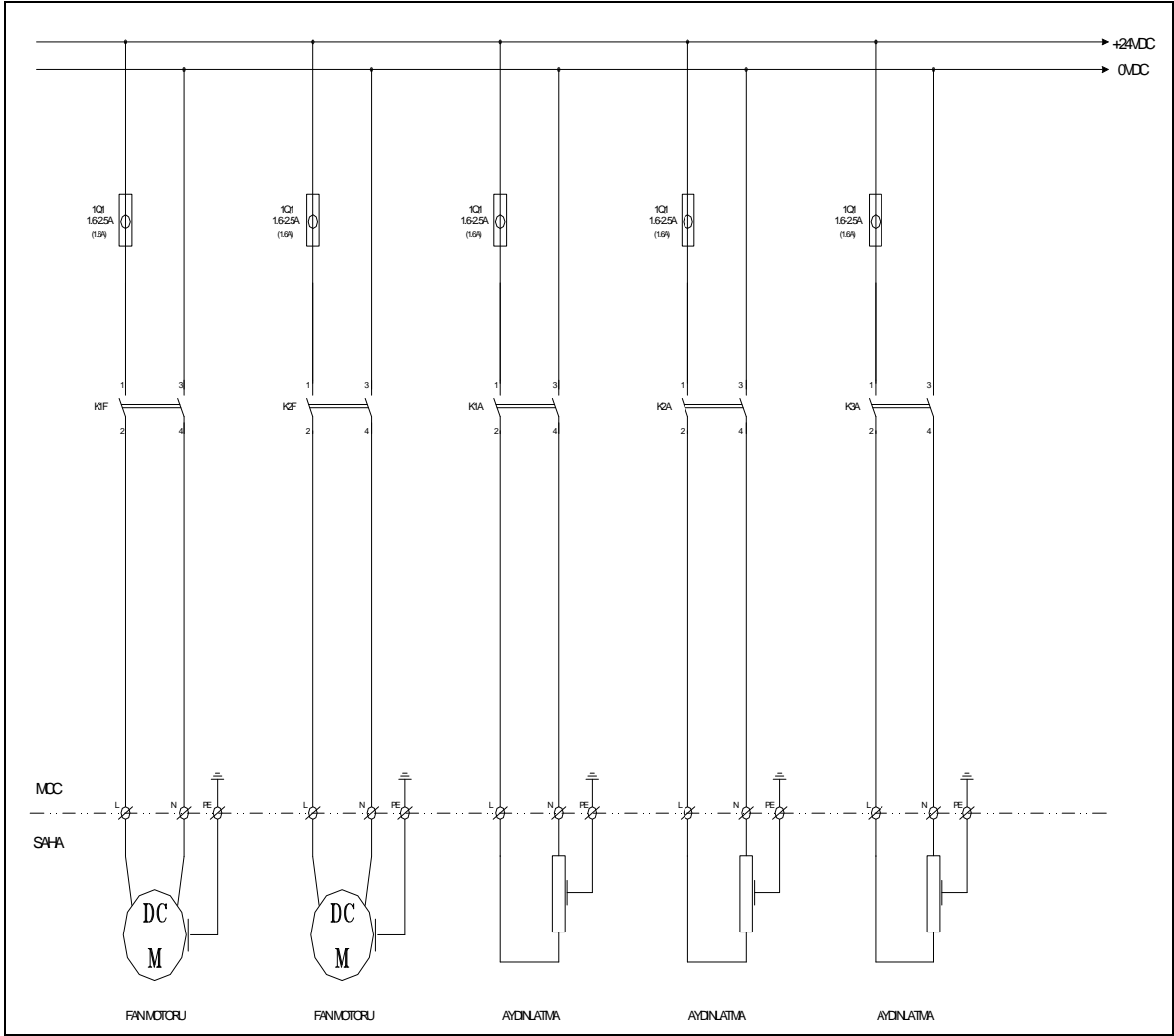




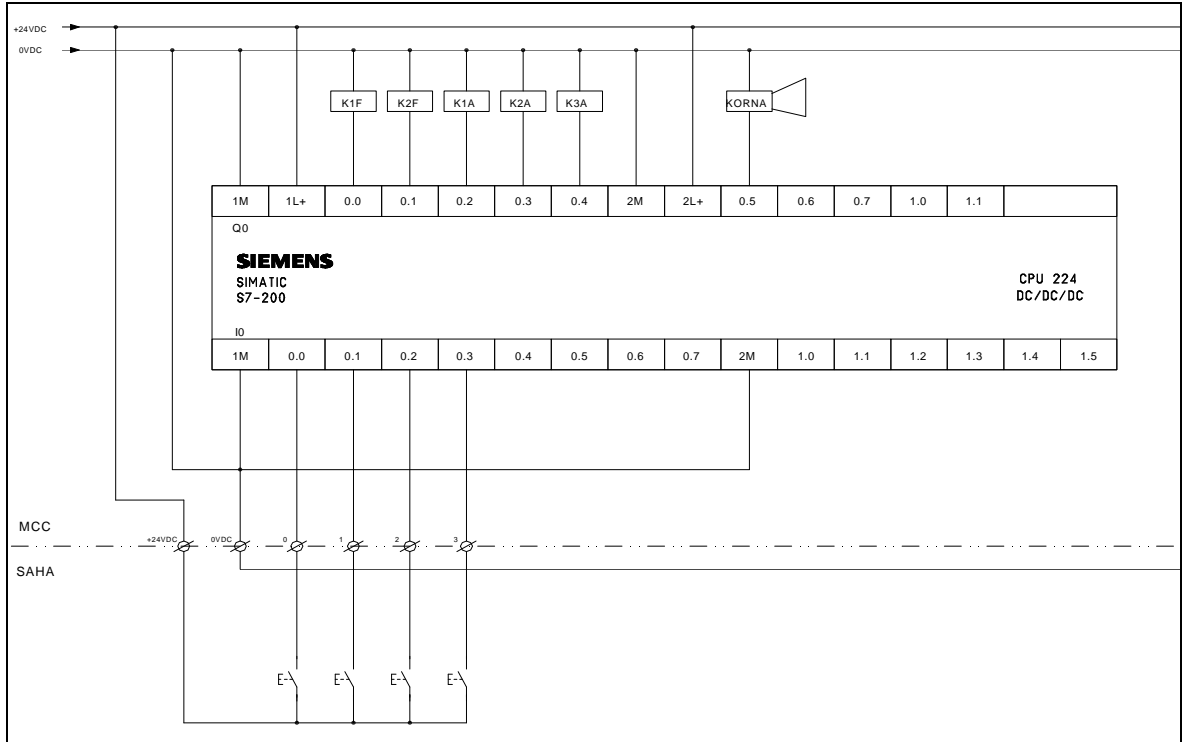
Şekil 23. Maket tünel üst görünüş



Şekil 24. PLC SCADA bağlantısı



Şekil 25. Motor ve lamba bağlantıları



Şekil 26. Sensör bağlantıları

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada otomasyon sistemleri, sensörler açıklanmış, tünel sistemleri incelenerek analiz edilmiş ve bir tünelin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. SCADA ve operatör panel aracılığıyla sistemin bilgisayar üzerinden takibi ve kontrolü sağlanmıştır.

Tünellerdeki aydınlatma sistemleri için model tünel üzerinde 2 kademeli kontrol gerçekleştirilmiş olup uygulamalarda iç ve dış luminansmetrelerden alınan bilgilerin karşılaştırılması sonucu kontrolün daha doğru sağlanarak daha düzgün aydınlatmanın yapıldığı tespit edilmiştir. Armatürlerin kontrolü için atlamalı sistemlerin yerini dimmer kontrolünün aldığı görülmüştür.

Havalandırma sistemleri için model tünel üzerinde 2 kademeli kontrol gerçekleştirilmiştir. Uygulamalarda detektörler aracılığıyla alınan bilgilerle 4 kademeli kontrol yapılmadığı tespit edilmiş ve tünel havalandırma fanlarının akış hızı, yönü ve titreşimlerini ölçülerek fanın hangi hızda döndüğü ve tünel içerisinde yüksek titreşim yaparak kalıp betonları ne kadar yorduğunun tespit edildiği görülmüştür. Yangın durumunda ise havalandırma kontrolünün operatöre bırakılmasının daha doğru olduğu sonucuna varılmıştır.

Bilgisayar üzerinden süreç izleme ve kontrol yapılmış. SCADA programlarının sürücü ve haberleşme gibi bazı sorunlar çıkardığı görülmüştür. Fakat operatör panele göre SCADA programlarının kendi içinde programlanabilmesinden dolayı SCADA programları tercih edilmektedir.

Yangın algılamada ise dijital fiberoptik algılama sistemlerinin daha doğru ölçüm yaptığı ve tünel kontrol merkezindeki SCADA'ya daha uyumlu olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak tünel güvenlik kriterleri hayati derecede öneme sahip olduğundan dolayı en hassas sistemlerin seçilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Aydınlatma ve havalandırma kontrollerinin PLC'lerle yapılmasının gerekli olduğu, 24 saat kesintisiz süreç izleme ve kontrolü için SCADA programlarının kullanılmasının daha doğru olduğu ve analog yangın algılama sistemleri yerine dijital yangın algılama sistemlerinin tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

## **5. ÖNERİLER**

Bu çalışmada tünellerdeki otomasyon sistemlerinin incelenerek tünellerde kullanılan sistemlerden daha verimli ve doğru sonuçlar almak için bir tünel modellemesi yapılmıştır.

Aydınlatma sistemi dimmer denilen ışık kısma ünitelerini de mikrodenetleyici veya PLC yardımıyla kontrol edilerek daha düzgün aydınlatma sağlanabilir. Yangın durumunda havalandırma sisteminin kontrolü manuel yapılabilir.

Model tünel sistemleri kullanılarak tünel otomasyon sistemleri akademik olarak tartışılabilir ve daha hassas sistemler gerçekleştirilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Teközgen E., PLC ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003, 3–8.
2. Kurtulan S., PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2008, 4-50.
3. Webb J.W. ve Reiss R.A., Programmable Logic Controller; Principles and Applications, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio, 1999, 2-23.
4. Bateson R.N., Introduction to Control Systems, Prentice Hall, New Jersey, 1996, 5-48.
5. Bulton W., Control Engineering Addison Wesley Longman Publishing, Newyork, 1998, 200-235.
6. Özcan M., Kahramanlı Ş., PLC'ler ve Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002, 1-10.
7. Çetin R., S7-200 PLC'lerle Otomasyon, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006, 3-8.
8. Stenerson J., Fundamentals of Programmable Logic Controllers, Sensors, and Communications, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999, 32, 120- 157.
9. Gürdal O., Algılayıcılar ve Dönüştürücüler, Nobel Yayın, Ankara, 2000, 58-106.
10. Elgar P., Sensor for Measurement and Control, Addison Wasley Longman, Edinburg, 1998, 12- 35.
11. Valentini F., Ladzinski T., Ninin P. ve Scibile T., Safety Testing for LHC Access System, Cern, 2008, 532-535.
12. CIE 88.1990 Tunnel Lighting Recommedatian, 1990, 1-21.
13. IESNA Illuminating Enginnering Society Of North America, Newyork, 1972, 2-11.
14. Bettelini M., Brandt R. ve Riess I. Progress inVentilation- The Mont Blanc Tunnel, World Tunnel Congress, Milano, 2001, 5-8.
15. Knoflacher H. ve Pfaffenbichler P.C., A Comparative Risk Analysis for Selected Austrian tunnels, International Conference, Tunnel Safety and Ventilation, Graz, 2004, 4-7.
16. Bettelini M., CFD for Tunnel Safety, Bingen, 2001, 5,8.
17. Nicholson, D. , City Link- An Emergency Service Overview, Fire Australia Mayıs 1999, 1-7.

18. Brussuard L.A.,Kruuskamp M.M. ve Essink M.P., The Dutch Model for the Quantitative Risk Analysis of Road Tunnel, Netherlands, 2001, 1-6.
19. Cassarin K., Battistello L., Fontanini S., Giacuzzo F., Lonza M., Quai E., Sbarra S., Tromba G., Vascotto A. ve Zambon L., The Personal Safety System of The Elettra Booster, Trieste, 2008, 538-540.
20. Mashimo H. ve Mizutani T. , Current State of Road Tunnel Safety in Japan, International Seminar on Tunnel and Road Technology,2002, 3-6

## 7. EKLER

### Ek 1.tünel otomasyonu ana programı

Network 1 // Değer Geçişleri  
LD SM0.0  
CALL Deger\_Gecis

Network 2 // Jet\_Fan\_Beklemeli\_Çalışma  
LD SM0.0  
CALL Jet\_Fan\_Bekleme

Network 3 // Jet\_Fan\_Beklemeli\_Durma  
LD SM0.0  
CALL Jet\_Fan\_Durma

Network 4  
LD SM0.0  
CALL aydinlatma\_gece\_on

Network 5  
  
LD SM0.0  
CALL aydinlatma\_gunduz\_on

Network 6  
LD SM0.0  
CALL aydinlatma\_gunduz\_off

Network 7 //  
LD SM0.0  
CALL sicaklik\_olcümü

Network 8  
LD SM0.5  
EU  
LD C0  
CTU C0, +242



**Ek 2 Aydınlatma Kademe 1 Gece**

// Network Comment

LD M0.5

O SM0.0

LD M0.6

NOT

A Q0.5

OLD

= Q0.5

**Ek 3. Aydınlatma Kademesi 2 Gündüz**

```
// Network Comment  
LDW> VW20, VW10  
O M0.1  
LDW< VW20, VW10  
O M0.2  
NOT  
A Q0.3  
OLD  
= Q0.3
```

```
Network 2  
LD SM0.0  
ITD VW20, VD106
```

```
/R VD106, VD108
```

**Ek 4. Jet Fan Bekleme**

```
// Network Comment  
LD SM0.0  
A I0.0  
TON T37, +30
```

```
Network 2  
LD T37  
A M0.0  
EU  
LDN I0.0  
A T38  
O M0.7  
ON M0.0  
EU  
NOT  
A Q0.0  
OLD  
= Q0.0
```

**Ek 5. Jet Fan Durma**

```
// Network Comment  
LD SM0.0  
AN I0.0  
TON T38, +30
```

**Ek 6. Değer Geçiş Programı**

Network 1

LD SM0.0  
BTI SMB28, VW20  
BTI SMB29, VW16

Network 2

LD SM0.0  
LPS  
A I1.0  
BTI SMB29, VW100  
LRD  
A I1.1  
BTI SMB29, VW102  
LRD  
A I1.2  
BTI SMB29, VW104  
LPP  
A I1.3  
BTI SMB29, VW106

Network 3

LD SM0.0  
MOVW VW100, VW110  
MOVW VW102, VW112  
MOVW VW104, VW114  
MOVW VW106, VW116

**Ek 7. Sıcaklık Ölçümü ve Havalandırma Durdurma**

Network 1

LDW &gt; VW22, VW16

EU

LDW &lt; VW22, VW16

EU

NOT

A M0.0

OLD

= M0.0

Network 2

LD SM0.0

ITD VW16, AC1

DTR AC1, VD0

MOVR VD0, VD8

/R VD4, VD8

ROUND VD8, VD12

## ÖZGEÇMİŞ

Zeki ŞAHBAZ 1982 yılında Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Aydınlıkevler Lisesinde tamamladı.1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü kazandı ve 2005 yılında Elektrik-Elektronik Mühendisi unvanıyla mezun olarak Karayolları 10. Bölge (Trabzon) Müdürlüğünde işe başladı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Elektronik anabilim dalında yüksek lisans yapmaya başladı. Orta derecede ingilizce bilmektedir.