

**KONTROL SİSTEMLERİNİN KULLANILDIĞI YOL  
AYDINLATMASI TESİSAT KRİTERLERİNİN  
GÖRÜLEBİLİRLİK ESASINA GÖRE İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Elk. Müh. Sevgi Başak SEMİZ  
504001102**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 2006  
Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sermin ONAYGİL  
Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Adnan KAYPMAZ (İ.T.Ü.)  
Yrd.Doç.Dr. Ferit ATTAR (Y.T.Ü)**

**HAZİRAN 2006**

## ÖNSÖZ

Gösterdikleri yakın ilgi ve desteklerinden ötürü tez danışmanım sayın Prof. Dr. Sermin ONAYGİL'e ve sayın Yrd. Doç. Dr. Önder GÜLER'e, hesaplarda kullandığım tesisat bilgilerini sağladıkları için Hafslund firmasından Eirik BJELLAND ve Pål Johannes LARSEN'e, balast deneyindeki yardımları nedeniyle Araş. Gör Emre ERKİN'e, tesisat kurulum maliyetlerinin hesabında kullanılan verileri sağladıkları için Türk Philips A.Ş'den Engin CEBECİ VE TEDAŞ'tan Abdülkadir ONGUN'a ve far fotometrik ölçüm verileri için Mako Elektrik San. Ve Tic. A.Ş.'den Erol KOCABIYIK'a teşekkür ederim.

Haziran 2006

Sevgi Başak SEMİZ

# İÇİNDEKİLER

<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. YOL AYDINLATMASIYLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR</b> .....	<b>4</b>
2.1 Fotometrik Kavramlar .....	4
2.1.1 Düzlemsel Açı ve Uzay Açısı .....	4
2.1.2 Işık Akısı .....	5
2.1.3 Işık Şiddeti .....	6
2.1.4 Aydınlık Düzeyi .....	6
2.1.5 Parıltı .....	9
2.2 Fizyolojik Esaslar .....	10
2.2.1 Cismin Açısal Büyüklüğü .....	10
2.2.2 Odak Uyumu .....	11
2.2.3 Parıltı Uyumu ve Kamaşma .....	11
2.2.4 Görme çeşitleri .....	11
2.2.5 Gözün Spektral Duyarlılık Eğrisi .....	12
2.2.6 Görme Keskinliği .....	13
2.2.7 Kontrast, Kontrast Eşiği ve Kontrast Duyarlılığı .....	14
2.2.8 Görme Hızı .....	15
<b>3. YOL AYDINLATMASI TASARIM HESAPLARI</b> .....	<b>16</b>
3.1 Yolun Yansıtma Özellikleri .....	17
3.2 Hesap Alanı .....	19
3.3 Parıltı Yönteminin Kalite Kriterleri .....	21
3.3.1.1 Yol Üzerinde Bir Noktanın Parıltısı .....	21
3.3.1.2 Yolun Ortalama Parıltısı ( $L_0$ ) .....	23
3.3.1.3 Parıltının Ortalama Düzgünlüğü ( $U_0$ ) .....	23
3.3.1.4 Parıltının Boyuna Düzgünlüğü ( $U_1$ ) .....	23
3.3.1.5 Bağlı Parıltı Eşiği Artışı (TI) .....	24
3.3.1.6 Çevre Aydınlatma Oranı (SR) .....	25
3.3.1.7 Görsel Kılavuzlama .....	26
3.4 Görülebilirlik Kavramı .....	26

3.4.1.1	Tarihçe.....	27
3.4.1.2	Adrian Modeli ve Görülebilirlik Düzeyi (VL).....	30
3.4.1.3	Küçük Cisim Görülebilirliği (STV) .....	34
3.4.1.4	Yol Aydınlatması Tasarımında Görülebilirlik .....	35
3.5	Kalite Kriterlerinin Sağlaması Gereken Değerler .....	37
3.5.1	Yol Aydınlatma Sınıfları ve Tanımları .....	38
3.5.2	Önerilen Değerler.....	39
<b>4.</b>	<b>YOL AYDINLATMASI KONTROL SİSTEMLERİ .....</b>	<b>44</b>
4.1	Loşlaştırma Devreleri.....	45
4.1.1	Manyetik balast ile iki kademeli loşlaştırma.....	45
4.1.2	Şebeke gerilimini regüle eden devreler.....	45
4.1.3	Loşlaştırma Yeteneğine Sahip Elektronik Balastlar .....	47
4.2	Kontrol Sistemlerinin Genel Özellikleri .....	47
4.3	Faydalar.....	48
<b>5.</b>	<b>YAPILAN HESAPLAR.....</b>	<b>49</b>
5.1	Hesapların Yapıldığı Yolun Özellikleri .....	50
5.2	Kullanılan Armatürün Özellikleri .....	51
5.3	Kullanılan Lambanın Özellikleri.....	53
5.4	Kullanılan Balastın Özellikleri.....	53
5.5	Kontrol Sisteminin Özellikleri .....	56
5.6	Bilgisayar Programı .....	59
5.7	Güvenli Duruş Mesafesi (SSD) Hesabı .....	62
5.8	Hesaplarla ilgili kısıtlama ve kabuller.....	64
5.9	Hesap Sonuçları .....	65
5.10	Örnek Yol için Kontrol Senaryoları .....	102
5.11	Kontrollü ve Kontrolsüz Tesisatların Ekonomik Açından Karşılaştırılması ...	113
5.12	Farların Görülebilirliğe Etkisi.....	122
<b>6.</b>	<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>129</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>134</b>

**ÖZGEÇMİŞ.....136**

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 3.1.</b> CIE yönergeleri ve Amerikan standardı arasında VL hesabıyla ilgili farklar.....	36
<b>Tablo 3.2.</b> CIE 115'e göre aydınlatma sınıfları.....	38
<b>Tablo 3.3.</b> ANSI RP-8'e göre aydınlatma sınıfları.....	39
<b>Tablo 3.4.</b> CIE 115'e göre parıltı yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler.....	39
<b>Tablo 3.5.</b> ANSI RP-8'e göre parıltı yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler.....	40
<b>Tablo 3.6.</b> CIE 115'e göre görülebilirlik yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler.....	41
<b>Tablo 3.7.</b> ANSI RP-8'e göre görülebilirlik yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler.....	42
<b>Tablo 5.1.</b> Balastın akı-güç-kontrol gerilimi ilişkisi.....	55
<b>Tablo 5.2.</b> Farklı hızlar için intikal, fren ve durma mesafesi değerleri.....	64
<b>Tablo 5.3.</b> Görülebilirlik hesabında kullanılan parametre değerleri.....	65
<b>Tablo 5.4.</b> Mevcut yolun tesisat bilgileri.....	66
<b>Tablo 5.5.</b> Kuru yol için CIE 140'a göre parıltı hesabında hesap noktalarının parıltı değerleri.....	67
<b>Tablo 5.6.</b> Kuru yol için CIE 140'a göre hesaplanan parıltı kalite kriter değerleri.....	67
<b>Tablo 5.7.</b> Kuru yol için CIE 140'a göre hesaplanan parıltı kalite kriter değerleri ve CIE 115'de önerilen değerler.....	67
<b>Tablo 5.8.</b> Islak yol için CIE 140'a göre parıltı hesabında hesap noktalarının parıltı değerleri.....	68
<b>Tablo 5.9.</b> Islak yol için CIE 140'a göre hesaplanan parıltı kalite kriter değerleri.....	68
<b>Tablo 5.10.</b> Kuru yol için 50 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	69
<b>Tablo 5.11.</b> Kuru yol için 60 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	69
<b>Tablo 5.12.</b> Kuru yol için 70 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	70
<b>Tablo 5.13.</b> Kuru yol için 80 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	70

<b>Tablo 5.14.</b>	Kuru yol için 90 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	70
<b>Tablo 5.15.</b>	Kuru yol için 100 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	71
<b>Tablo 5.16.</b>	Kuru yol için 110 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	71
<b>Tablo 5.17.</b>	Kuru yol için 120 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	71
<b>Tablo 5.18.</b>	Islak yol için 50 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	72
<b>Tablo 5.19.</b>	Islak yol için 60 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	72
<b>Tablo 5.20.</b>	Islak yol için 70 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	72
<b>Tablo 5.21.</b>	Islak yol için 80 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	73
<b>Tablo 5.22.</b>	Islak yol için 90 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	73
<b>Tablo 5.23.</b>	Islak yol için 100 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	73
<b>Tablo 5.24.</b>	Islak yol için 110 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	74
<b>Tablo 5.25.</b>	Islak yol için 120 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri.....	74
<b>Tablo 5.26.</b>	Görülebilirlik koşulunu sağlamayan hesap noktası sayıları.....	74
<b>Tablo 5.27.</b>	Farklı hızlar için hesaplanan STV değerleri.....	75
<b>Tablo 5.28.</b>	Loşlaştırma yapıldığında parıltı kalite kriterlerinin aldığı değerler	76
<b>Tablo 5.29.</b>	Kuru yol için 50 km/saat hızda, loşlaştırma yapılmamış durumda görülebilirlik seviyesi değerleri.....	76
<b>Tablo 5.30.</b>	Kuru yol için 50 km/saat hızda, lambaların %75 akı verdiği durumda görülebilirlik seviyesi değerleri.....	76
<b>Tablo 5.31.</b>	Kuru yol için 50 km/saat hızda, lambaların %50 akı verdiği durumda görülebilirlik seviyesi değerleri.....	77
<b>Tablo 5.32.</b>	Kuru yol için 50 km/saat hızda, lambaların %25 akı verdiği durumda görülebilirlik seviyesi değerleri.....	77
<b>Tablo 5.33.</b>	Mevcut tesisat ve alternatif olarak düzenlenen tesisatların farkları.....	78
<b>Tablo 5.34.</b>	Mevcut tesisat ve alternatif tesisatlar için CIE 140'a göre hesaplanan parıltı kriter değerleri.....	78
<b>Tablo 5.35.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	79

<b>Tablo 5.36.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	79
<b>Tablo 5.37.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	80
<b>Tablo 5.38.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	80
<b>Tablo 5.39.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	80
<b>Tablo 5.40.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	81
<b>Tablo 5.41.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	81
<b>Tablo 5.42.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	81
<b>Tablo 5.43.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	82
<b>Tablo 5.44.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	82
<b>Tablo 5.45.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	83
<b>Tablo 5.46.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	83
<b>Tablo 5.47.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	83
<b>Tablo 5.48.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	84
<b>Tablo 5.49.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	84
<b>Tablo 5.50.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	84
<b>Tablo 5.51.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisatta görülebilirlik koşulunu sağlamayan hesap noktası sayıları.....	85
<b>Tablo 5.52.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisatta hesaplanan STV değerleri.....	85
<b>Tablo 5.53.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	86
<b>Tablo 5.54.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	86
<b>Tablo 5.55.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	86
<b>Tablo 5.56.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	87

<b>Tablo 5.57.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	87
<b>Tablo 5.58.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	87
<b>Tablo 5.59.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	88
<b>Tablo 5.60.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	88
<b>Tablo 5.61.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	89
<b>Tablo 5.62.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	89
<b>Tablo 5.63.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	89
<b>Tablo 5.64.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	90
<b>Tablo 5.65.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	90
<b>Tablo 5.66.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	90
<b>Tablo 5.67.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	91
<b>Tablo 5.68.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri	91
<b>Tablo 5.69.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisatta görülebilirlik koşulunu sağlamayan nokta sayıları.....	91
<b>Tablo 5.70.</b>	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat için hesaplanan STV değerleri.....	92
<b>Tablo 5.71.</b>	Tüm tesisatlarda, dört farklı akı seviyesinde ve farklı hızlarda görülebilirlik koşulunu sağlamayan nokta sayısının toplam nokta sayısına oranı.....	101
<b>Tablo 5.72.</b>	Oslo'da güneş doğuş ve batış saatlerinin aylık ortalamaları.....	103
<b>Tablo 5.73.</b>	Farklı hızlara karşılık gelen akı seviyeleri.....	104
<b>Tablo 5.74.</b>	Senaryo 1A: 1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, kuru yol, Ocak-Haziran.....	105
<b>Tablo 5.75.</b>	Senaryo 1B: 1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, kuru yol, Temmuz-Aralık.....	106
<b>Tablo 5.76.</b>	Senaryo 2A: 1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak yol, Ocak-Haziran.....	107
<b>Tablo 5.77.</b>	Senaryo 2B: 1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık.....	108
<b>Tablo 5.78.</b>	Senaryo 3A: 1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, kuru yol, Ocak-Haziran.....	109
<b>Tablo 5.79.</b>	Senaryo 3A: 1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık.....	110
<b>Tablo 5.80.</b>	Senaryo 4A: 1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak yol, Ocak-Haziran.....	111
<b>Tablo 5.81.</b>	Senaryo 4B: 1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık.....	112
<b>Tablo 5.82.</b>	İstanbul'da güneş doğuş ve batış saatlerinin aylık ortalamaları.....	113

<b>Tablo 5.83.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, kuru yol, Ocak- Haziran.....	114
<b>Tablo 5.84.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, kuru yol, Temmuz-Aralık.....	115
<b>Tablo 5.85.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak yol, Ocak-Haziran.....	116
<b>Tablo 5.86.</b>	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık.....	117
<b>Tablo 5.87.</b>	Tesisatın 1000 m'lik kısmı için yıllık enerji bedeli.....	118
<b>Tablo 5.88.</b>	KontROLSÜZ tesisatın 1000 m'lik kısmı için kurulum maliyeti.....	120
<b>Tablo 5.89.</b>	Kontrollü tesisatın 1000 m'lik kısmı için kurulum maliyeti.....	121
<b>Tablo 5.90.</b>	50 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	123
<b>Tablo 5.91.</b>	60 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	123
<b>Tablo 5.92.</b>	70 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	123
<b>Tablo 5.93.</b>	80 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	124
<b>Tablo 5.94.</b>	90 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	124
<b>Tablo 5.95.</b>	100 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	124
<b>Tablo 5.96.</b>	110 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	125
<b>Tablo 5.97.</b>	120 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farklı VL değerleri.....	125

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Şekil 2.1:</b> Düzlemsel açı.....	4
<b>Şekil 2.2:</b> Uzay açı.....	5
<b>Şekil 2.3:</b> Kosinüs yasasında geçen değişkenlerin şematik gösterimi.....	7
<b>Şekil 2.4:</b> Uzaklığın karesiyle ters orantı yasası.....	7
<b>Şekil 2.5:</b> Noktasal aydınlık düzeyi hesabında kullanılan büyüklükler.....	9
<b>Şekil 2.6:</b> Düzlemsel açı hesabında gerekli büyüklükler.....	10
<b>Şekil 2.7:</b> Uzay açı hesabında gerekli büyüklükler.....	10
<b>Şekil 2.8:</b> Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'na göre fotopik ve skotopik görmeye standart göze ait spektral duyarlılık eğrileri.....	13
<b>Şekil 2.9:</b> Kontrast eşiğinin fon parıltısıyla değişimi.....	15
<b>Şekil 3.1:</b> Parıltı faktörünün bağlı olduğu açılar.....	17
<b>Şekil 3.2:</b> Hesap alanını tanımlayan büyüklükler.....	20
<b>Şekil 4.1:</b> Manyetik balastla kademeli loşlaştırma.....	45
<b>Şekil 4.2:</b> Şebeke geriliminin genliğini regüle eden devrelere bir örnek.....	46
<b>Şekil 4.3:</b> Şebeke geriliminin etkin değerini değiştiren bir güç elektroniği devresi.....	46
<b>Şekil 5.1:</b> "Hallerudveien" adlı caddenin görünüşü.....	51
<b>Şekil 5.2:</b> Philips Iridium serisi bir armatür.....	52
<b>Şekil 5.3:</b> Kullanılan armatüre ait polar diyagram.....	52
<b>Şekil 5.15:</b> Farklı hızlarda, birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	92
<b>Şekil 5.16:</b> Farklı hızlarda, ikinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	93
<b>Şekil 5.17:</b> 50 km/saat hızda birinci şerit üzerindeki üç çizgideki VL değerleri....	93
<b>Şekil 5.18:</b> Mevcut tesisat ve kuru durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	94
<b>Şekil 5.19:</b> Mevcut tesisat ve ıslak durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	94
<b>Şekil 5.20:</b> 1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	95
<b>Şekil 5.21:</b> 1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	95
<b>Şekil 5.22:</b> 1cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	95
<b>Şekil 5.23:</b> 1cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve ıslak durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri.....	96

<b>Şekil 5.24:</b>	Tüm tesisatlarda birinci şeridin ortasında STV değerleri.....	96
<b>Şekil 5.25:</b>	Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki ilk noktada VL değerlerinin hızla değişimi.....	97
<b>Şekil 5.26:</b>	Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki onuncu noktada VL değerlerinin hızla değişimi.....	97
<b>Şekil 5.27:</b>	Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki ilk noktada VL değerlerinin hızla bağlı değişimi.....	98
<b>Şekil 5.28:</b>	Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki onuncu noktada VL değerlerinin hızla bağlı değişimi.....	98
<b>Şekil 5.29:</b>	90 km/saat hızda mevcut tesisat ve kuru durum için birinci şeridin orta çizgisi üzerinde VL değerleri.....	99
<b>Şekil 5.30:</b>	90 km/saat hızda 1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru durum için birinci şeridin orta çizgisi üzerinde VL değerleri.....	99
<b>Şekil 5.31:</b>	90 km/saat hızda 1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat ve kuru durum için birinci şeridin orta çizgisi üzerinde VL değerleri.....	100
<b>Şekil 5.32:</b>	Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki ilk noktada VL değerlerinin akı seviyesiyle değişimi.....	100
<b>Şekil 5.33:</b>	Birinci şerit üzerinde, 50 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	126
<b>Şekil 5.34:</b>	Birinci şerit üzerinde, 60 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	126
<b>Şekil 5.35:</b>	Birinci şerit üzerinde, 70 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	126
<b>Şekil 5.36:</b>	Birinci şerit üzerinde, 80 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	127
<b>Şekil 5.37:</b>	Birinci şerit üzerinde, 90 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	127
<b>Şekil 5.38:</b>	Birinci şerit üzerinde, 100 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	127
<b>Şekil 5.39:</b>	Birinci şerit üzerinde, 110 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	128
<b>Şekil 5.40:</b>	Birinci şerit üzerinde, 120 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri.....	128

## ÖZET

Taşıt yollarının aydınlatılması, temelde sürücülerin görme koşullarını iyileştirerek kaza oranlarını düşürmeyi amaçlar. Yol aydınlatmasının kalitesini belirleyen kriterlerin seçimi ve sınır değerlerinin belirlenmesi gözün fizyolojisine dayanmalıdır. İyi bir yol aydınlatması; kişinin yoldaki araçları, yayaları, engelleri ve trafik işaretlerini uygun reaksiyon vermesine yetecek bir uzaklıktan doğru ve kesin olarak görmesini garanti altına almalı ve kişiye rahatsızlık hissi vermemelidir. Ancak bunları sağlarken, giderek güçlenen enerji tasarrufu bilincine uygun davranılmalı ve amaç trafik güvenliğini ve kullanıcıların konforunu sağlayacak yeterli görüş koşullarını en ekonomik şekilde elde etmek olmalıdır.

Yol aydınlatması uygulamaları, çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşların ve standart örgütlerinin önerileri ışığında gerçekleştirilmektedir. Bu öneriler; zaman içinde gelişerek değişmektedir. Yol aydınlatması tasarımı konusunda günümüzde dünyada en yaygın kabul gören yayın, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin 1995 tarihli ve 115 numaralı "Motorlu ve Yaya Trafikli Yolların Aydınlatılması için Öneriler" adlı yayımıdır.

Günümüzde taşıt yolları için yol aydınlatması hesabında parıltı yöntemi kullanılmaktadır. Trafiğin emniyeti; sürücülerin yolu ve yakın çevresini görsel olarak ne kadar iyi algıladığı ile yakından ilgilidir. Bu nedenle kaliteli bir aydınlatma sisteminin tasarımında parıltı değerlerinin yanı sıra gözün fizyolojisiyle ilgili unsurlar da mutlaka hesaba katılmalıdır. Bu amaçla "görülebilirlik" adı verilen yeni bir kavram üzerinde çalışılmaktadır. Sürüş performansı ve kaza oranları ile ilişkili olan bu kavram; CIE 115-1995'de parıltı yöntemine alternatif olarak gösterilen bir kriter takımı içerisinde de yer almıştır.

Ancak, görülebilirlik kavramının esas alınması halinde, yol aydınlatması kriterlerinin alması gereken değerler konusunda kesin bilgiler henüz mevcut değildir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin bu amaç için kurulan TC 4-36 sayılı "Taşıt Yolu Aydınlatmasında Görülebilirlik Tasarımı" adlı teknik komitesi çalışmalarına devam etmektedir. Elde edilen sonuçların, bu komitenin çalışmalarına katkıda bulunması hedeflenmiştir.

Ayrıca son yıllarda yaşanan yeni teknolojik gelişmelerin ışığında, yol aydınlatması tesisatlarının değişik zamanlarda, özellikle trafik yoğunluğuna bağlı olarak farklı düzeylerde aydınlatma sağlanacak şekilde kontrolü de önemli enerji tasarrufu projeleri olarak gündeme gelmektedir. Ancak trafik yoğunluğu, hız gibi koşullar değiştiğinde tesisatların yine yeterli görüş koşullarını sağlayacak şekilde tasarımı konusunda da bilgi eksikliği söz konusudur. 2005 yılında oluşturulan TC 4-44 "Yol Aydınlatması Yönetim

ve Bakımı” adlı Teknik Komite’nin amacı CIE 115-1995 numaralı yayına bu bilgilerin ilave edilebilmesidir.

Bu çalışmada, görülebilirlik kavramına dayanan bir yol aydınlatması kontrol yöntemi geliştirilmesi amaçlanmış ve gerekli hesaplamaları yapan bir bilgisayar programı yazılmıştır. Norveç’in Oslo kentinde gerçekleştirilen kontrol sistemli yol aydınlatması tesisatı esas alınarak, bu bilgisayar programı ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Farklı trafik yoğunluklarında, dolayısıyla farklı hızlarda yeterli görüş koşullarını sağlayan yol aydınlatması kriterleri belirlenmeye çalışılmıştır. TC 4-36’nın çalışmalarına katkıda bulunması ve yeni kurulan TC 4-44’ün alt yapısını oluşturması amaçlanan çalışma sonuçlarının, sonraki aşamada gerçek yol üzerinde yapılacak deneylerle sınanması da amaçlanmaktadır.

Norveç’te mevcut bir tesisatın doneleri alınarak parıltı yöntemi açısından incelenmiş ve bu yöntemin kriterleri için önerilen değerleri sağlamadığı görülmüştür. Aynı tesisatta; çeşitli hızlarda yol aldıkları varsayılan dinamik gözlemciler için güvenli duruş mesafesinden görülebilirlik değerleri ıslak ve kuru yol koşullarında hesaplanmış ve mevcut tesisatın uygun görüş koşullarını da oluşturamadığı belirlenmiştir. Bunun üzerine söz konusu yolda tesisat değişkenleri, parıltı yönteminin kriterleri sağlanacak ve görülebilirlik artacak şekilde düzenlenerek iki alternatif tesisat oluşturulmuş ve hesaplar tekrarlanmıştır. Hız ve loşlaştırma düzeyi ile görülebilirlik düzeylerinin ilişkisi incelenmiş ve alternatif tesisatların, görülebilirlik değerleri önerilen seviyenin altına düşmeksizin ne kadar loşlaştırılabileceği bulunmuştur. Bu bulgulardan hareketle alternatif tesisatlar için kontrol senaryoları hazırlanmıştır.

Aynı yolun İstanbul’da olduğu varsayılarak, İstanbul için de kontrol senaryoları yazılmış ve kontrollü ve kontrolsüz tesisatlar, kurulum ve işletme giderleri açısından karşılaştırılmıştır. Görülebilirlik esasına göre tasarlanan tesisatta direkler sık yerleştiğinden, yüksek kalitede armatür ve tesisat elemanları kullanıldığından amortisman süresi oldukça uzun çıkmıştır. Kontrollü sistemlerin yaygınlaşabilmeleri için aydınlatma kontrolünde kullanılan sistem bileşenlerinin ucuzlaması gerekmektedir.

Ayrıca, bir ticari araca ait kısa huzmeli bir farın 25 m uzaklıkta, düşey düzlemde oluşturduğu aydınlık düzeylerini içeren fotometrik test sonuçları kullanılarak farın ışık dağılım tablosu kabaca çıkarılmış ve farların çeşitli hızlarda görülebilirlik düzeyi değerlerine ne şekilde etki ettiği araştırılmıştır.

Sonuç olarak; tasarımda düzgünlükler yüksek tutulup, görülebilirliğe dayalı loşlaştırma yapıldığında; sürüş güvenliğini tehlikeye sokmaksızın enerjiden tasarruf edilebileceği görülmüştür. Trafikin akış hızı ve yağış durumu görülebilirlik değerleri üzerinde çok etkili olduğundan, kontrol değişkeni olarak mutlaka kullanılmalıdırlar. Farların görülebilirliğe etkisi hız arttıkça azalmaktadır. Etkinin olumlu ya da olumsuz oluşu aracın hızına ve tesisata bağlıdır. Hesapların geniş bir hız aralığında doğru bir şekilde yapılabilmesi için yol yüzeylerinin yansıtma tablolarının daha detaylı tanımlanmasında, farların görülebilirliğe etkisini hesaplara doğru şekilde katabilmek için ise farların her doğrultuda verdikleri ışık şiddetlerini gösteren ışık dağılım tablolarının araç farı üreticilerince verilmesinde fayda görülmektedir.

# **EXAMINATION OF DESIGN CRITERIA IN CONTROLLED ROAD LIGHTING INSTALLATIONS UPON THE BASIS OF VISIBILITY**

## **SUMMARY**

The main purpose of road lighting is to decrease accident rates by improving visual conditions of the drivers. Selection of the criteria determining the quality of the road lighting and their values shall be based on the physiology of the visual system. A high quality road lighting shall guarantee the drivers to see the vehicles, pedestrians, obstacles and traffic signs clearly from far enough to give the appropriate reaction, without causing discomfort. In accordance with the ever growing energy saving trend, visual conditions ensuring traffic safety and driver comfort shall be obtained in the most economic way.

Road lighting applications are based on recommendations of various national and international organizations and standard institutes. These recommendations are changing in time with evolutions. Recently; the most widely accepted publication in the world about road lighting design is the CIE (International Commission on Illumination) publication no 115, titled "Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic".

Today, luminance method is used in road lighting calculations for motorized traffic roads. Traffic safety is closely related to the amount of information the drivers can obtain from the road and its surroundings. Therefore, in a high quality road lighting design, physiological factors shall be taken into account, in addition to the luminance values. This is the purpose of the studies on the new concept called "visibility". Visibility is related to the driver performance and accident rates and is also included in a set of criteria given as an alternative to the luminance method in CIE-115:1995.

However, certain knowledge of appropriate values for road lighting criteria in a visibility-based design is not present. The CIE technical commission TC 4-36 called "Visibility Design for Roadway Lighting" is established to enlighten this subject and is carrying on with its studies. It is aimed to make a contribution to these studies with the results obtained.

Additionally; recent technological developments lead to energy saving projects, in which the road lighting installations are controlled to provide different lighting levels according to time and especially traffic density. However, there is also lack of information about how these installations shall be designed in order to maintain satisfactory visual conditions when the traffic density or speed changes. The purpose of the CIE technical commission TC 4-36 called “Management and Maintenance of Road Lighting”, which is established in 2005 is to add these information to the publication CIE 115-1995.

In this study, it is aimed to develop a road lighting control method based on the visibility concept. A software has been developed for required calculations. Lighting criteria of the controllable road lighting installation in Norway, Oslo are calculated with this program to determine their values ensuring sufficient visual conditions in various traffic densities, namely various speeds. Results, which are intended to constitute the substructure of the TC 4-44 and to contribute to the studies of the TC 4-36, are planned to be examined with field experiments on a real road.

An installation in Oslo has been evaluated according to the luminance method and failed to fulfill the luminance criteria. Visibility values according to dynamic observers, which are located safe stopping distance away from the calculation points and assumed to drive with various speeds are also calculated for both wet and dry road conditions. It is found that the present installation is unable to create satisfactory visual conditions. Therefore, installation parameters of the same road is arranged to form two alternative installations which satisfy the luminance criteria and have enhanced visibility. Calculations are repeated. Relation between the speed, dim level and visibility levels is examined and the minimum dim levels with which the installations can still satisfy the recommended visibility levels are calculated. Using the results, control scenarios are written for the alternative installations.

Assuming that the same road is in İstanbul, additional control scenarios are written, in order to compare the conventional and controlled installations in respect of their installation and operation costs. As the installation is optimized for satisfactory visual conditions, spacings are low and amortization period is long. Discussed new technology shall be available with lower prices, for the controlled systems to become more common.

Additionally; broad light distribution characteristic of a short beam headlight, which belongs to a minivan is derived from photometric measurements giving the illuminance levels on the vertical plane located 25 meters in front of the headlight and the effect of the low beam headlights on visibility on various speeds is examined.

In conclusion, it is possible to dim the installations having high uniformities according to visibility and to save large amounts of energy, without endangering the traffic safety. As speed and wetness of the road have a great effect on the visibility levels, they shall be used as control parameters. The effect of the headlights on visibility is inversely proportional to the speed. Whether this effect is positive or negative, depends on the speed and the installation. To be able to do the calculations correctly for a wide speed range, road reflection properties shall be more comprehensive. In order to take the

headlights into account precisely, light distribution tables specifying the light intensities of the headlights in several directions shall be supplied by the manufacturers.

## 1. GİRİŞ

Yol aydınlatması; sürücü ve yayaların görme koşullarını iyileştirerek kaza ve suç işleme oranlarını gündüz seviyesine indirmeyi amaçlar. Bu sayede ölüm, yaralanma ve maddi kayıplarda azalma sağlanır. Ayrıca güvenlik kaygısının giderilmesi sonucunda ticaret alanlarının ve sosyal mekanların geceleri etkin olarak kullanılması mümkün olmaktadır.

Yol aydınlatmasının kalitesini belirleyen kriterlerin seçimi ve sınır değerlerinin belirlenmesi gözün fizyolojisine dayanmalıdır. İyi bir yol aydınlatması; kişinin yoldaki araçları, yayaları, engelleri ve trafik işaretlerini uygun reaksiyon vermesine yetecek bir uzaklıktan doğru ve kesin olarak görmesini garanti altına almalı ve kişiye rahatsızlık hissi vermemelidir. Ancak bunları sağlarken, giderek güçlenen enerji tasarrufu bilincine uygun davranılmalı ve amaç trafik güvenliğini ve kullanıcıların konforunu sağlayacak yeterli görüş koşullarını en ekonomik şekilde elde etmek olmalıdır. Dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur ışık kirliliğidir. Ekonomik işletme maliyetine sahip bir sistem tasarımının sonucu olarak ışık kirliliği de düşük seviyelerde olacaktır.

Yayaların kullanımına ayrılmış yollarda yapılan görsel işler motorlu taşıt yollarından farklı olduğundan, bunlar için farklı kriterler söz konusudur. Yaya kullanımına ayrılmış yolların aydınlatma kontrolü bu çalışmanın kapsamı dışında olduğundan, bundan sonraki bölümlerde “yol aydınlatması” dendiğinde sadece motorlu taşıtların ve motorlu taşıtlar ile yayaların birlikte kullandığı yollar anlaşılmalıdır.

Yol aydınlatması hesabında uzun yıllar kullanılan aydınlık düzeyi yöntemi, yol yüzeylerinin yansıtma özelliklerinin tanımlanması ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesi sonucu 1960’larda yerini parlaklık yöntemine bırakmıştır.

Yol aydınlatması uygulamaları, çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşların ve standart örgütlerinin önerileri ışığında gerçekleştirilmektedir. Bu öneriler; gözün işleyişinin daha

iyi anlaşılması, hesaplarda bilgisayar kullanımının yaygınlaşması, sistem bileşenlerinin daha iyi ve ayrıntılı tanımlanması vb. nedenlerle zaman içinde değişmektedir.

Yol aydınlatması tasarımı konusunda günümüzde dünyada en yaygın kabul gören yayın, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin 1995 tarihli ve 115 numaralı "Motorlu ve Yaya Trafikli Yolların Aydınlatılması için Öneriler" adlı yayınıdır. Ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan ve yeni düzenlemelerle Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) tarafından da kullanılacak olan yayın budur.

Trafiğin emniyeti; sürücülerin yolu ve yakın çevresini görsel olarak ne kadar iyi algıladığı ile yakından ilgilidir. Bu nedenle kaliteli bir aydınlatma sisteminin tasarımında parlıtlı değerlerinin yanı sıra gözün fizyolojisiyle ilgili unsurlar da mutlaka hesaba katılmalıdır. Bu amaçla 1970'lerden itibaren "görülebilirlik" adı verilen yeni bir kavram üzerinde çalışılmaktadır. Sürüş performansı ve kaza oranları ile olan ilişkisi deneylerle kanıtlanmış olan bu kavram; CIE 115-1995'de parlıtlı yöntemine alternatif olarak gösterilen bir kriter takımı içerisinde de yer almıştır.

Ancak, görülebilirlik kavramının esas alınması halinde, yol aydınlatması kriterlerinin alması gereken değerler konusunda kesin bilgiler henüz mevcut değildir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin bu amaç için kurulan TC 4-36 sayılı "Taşıt Yolu Aydınlatmasında Görülebilirlik Tasarımı" adlı teknik komitesi çalışmalarına devam etmektedir. Elde edilen sonuçların, bu komitenin çalışmalarına katkıda bulunması hedeflenmiştir.

Ayrıca son yıllarda yaşanan yeni teknolojik gelişmelerin ışığında, yol aydınlatması tesisatlarının değişik zamanlarda, özellikle trafik yoğunluğuna bağlı olarak farklı düzeylerde aydınlatma sağlanacak şekilde kontrolü de önemli enerji tasarrufu projeleri olarak gündeme gelmektedir. Ancak trafik yoğunluğu, hız gibi koşullar değiştiğinde tesisatların yine yeterli görüş koşullarını sağlayacak şekilde tasarımı konusunda da bilgi eksikliği söz konusudur. 2005 yılında oluşturulan TC 4-44 "Yol Aydınlatması Yönetim ve Bakımı" adlı Teknik Komite'nin amacı CIE 115-1995 numaralı yayına bu bilgilerin ilave edilebilmesidir.

Bu çalışmada, görülebilirlik kavramına dayanan bir yol aydınlatması kontrol yöntemi geliştirilmesi amaçlanmış ve gerekli hesaplamaları yapan bir bilgisayar programı yazılmıştır. Norveç'in Oslo kentinde gerçekleştirilen kontrol sistemli yol aydınlatması tesisatı esas alınarak, bu bilgisayar programı ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Farklı trafik yoğunluklarında, dolayısıyla farklı hız limitlerinde yeterli görüş koşullarını sağlayan yol aydınlatması kriterleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, Norveç'deki örnek yolda, görülebilirliğe dayalı bir kontrol gerçekleştirilmesi durumu için aydınlatma senaryoları belirlenmiştir. TC 4-36'nın çalışmalarına katkıda bulunması ve yeni kurulan TC 4-44'ün alt yapısını oluşturması amaçlanan çalışma sonuçlarının, sonraki aşamada gerçek yol üzerinde yapılacak deneylerle sınanması da amaçlanmaktadır.

Aynı yolun İstanbul'da bulunduğu düşünülerek yeni senaryolar hazırlanmış ve bunlardan hareketle kontrollü tesisatın işletme giderleri çıkarılmıştır. Ayrıca, aynı tesisatın kontrol yeteneğine sahip olmayan geleneksel bir tesisat olması durumu için işletme giderleri ve hem kontrollü, hem de kontrolsüz tesisatlar için kurulum maliyetleri hesaplanmıştır.

Bunlara ilave olarak, araç farlarının görülebilirliğe etkisinin şekli ve derecesi de hesap yoluyla bulunmaya çalışılmıştır.

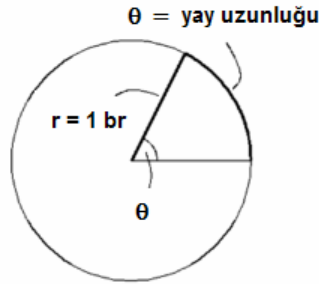
## 2. YOL AYDINLATMASIYLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Konunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacağı düşünüldüğünden, yol aydınlatması tekniğine temel oluşturan bazı fotometrik kavramlar ve fizyolojik esaslara ilişkin bilgiler bu bölümde kısaca verilmiştir.

### 2.1 Fotometrik Kavramlar

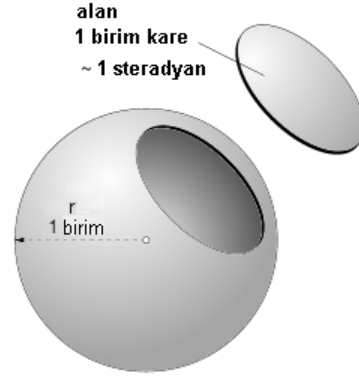
#### 2.1.1 Düzlemsel Açı ve Uzay Açısı

Düzlemsel açı bir noktadan çıkan iki yarım doğru arasında kalan açıdır. Böyle bir açı iki yarım doğru arasında kalan yayın uzunluğunun yarıçapa bölümü ile ölçülür ve birimi radyandır. Bir noktaya ait düzlemsel açı  $2\pi$  radyandır [1]. Bu tanım Şekil 1.1'deki çizimle açıklanmıştır.



Şekil 2.1: Düzlemsel açı

Uzay açısı da benzer şekilde bir noktadan çıkıp koni ya da piramit teşkil eden yarı doğruların meydana getirdiği uzay parçası olarak tanımlanır. Uzay açısı, bu koninin yarıçapı  $r$  olan küreden ayırdığı küre kapağının alanının yarıçapın karesine bölümü ile ölçülür ve birimi steradyan (sr)'dır. Bir noktaya ait uzay açısı  $4\pi$  steradyandır [1]. Bu tanım Şekil 1.2'deki çizimle açıklanmıştır.



**Şekil 2.2:** Uzay açısı

### 2.1.2 Işık Akısı

Bir ışık kaynağının ışık akısı, bu ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlılık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısına denir [1].

$\Phi$  harfiyle gösterilir. Birimi lümen(lm)'dir.

$$\Phi = K_0 \cdot F \cdot V_\lambda \quad (2.1)$$

Bu denklemde F enerji akısını gösterir.  $K_0$  ise sabittir.

$$K_0=682 \text{ lm/W} \quad (2.2)$$

$V_\lambda$  değeri gözün hangi dalga boyuna ne kadar duyarlı olduğunu hesaba katan bir çarpandır. Fotopik ve skotopik görme için iki farklı spektral duyarlılık eğrisi ve farklı  $V_\lambda$  değerleri söz konusudur.

Lamba kataloglarındaki akı değerleri fotopik görmeye ait eğri kullanılarak hesaplanmaktadır. Ancak yol aydınlatmasında kullanılan aydınlık düzeylerinde mezopik görme gerçekleşmesi nedeniyle mevcut iki eğri de duruma tam olarak uygun düşmemektedir. Gözün mezopik bölgedeki davranışının incelenmesi, halen üzerinde çalışılan bir konudur.

### 2.1.3 Işık Şiddeti

Bir ışık kaynağı, ışık akısını farklı doğrultulara farklı yoğunluklarda gönderebilir. Belli bir doğrultudaki ışınının büyüklüğüne ışık şiddeti denir.

Işık şiddeti I harfi ile gösterilir. Birimi candela (cd)'dir. Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir  $\alpha$  doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir  $\Delta\Omega_\alpha$  uzay açısından çıkan  $\Delta\Phi$  ışık akısının  $\Delta\Omega_\alpha$  uzay açısına bölümünün  $\Delta\Omega_\alpha$  sifıra yaklaşırkenki limitidir [1].

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega_\alpha \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega_\alpha} = \frac{d\Phi}{d\Omega_\alpha} \quad (2.3)$$

Eğer kaynaktan geçen bir düzlem üzerindeki ışık şiddetlerinin uç noktaları göz önüne alınırsa bunların geometrik yeri kaynağın ışık dağılım yüzeyi ile söz konusu düzlemin ara kesitinden ibaret olur ki, buna ışık dağılım eğrisi adı verilir [1].

### 2.1.4 Aydınlık Düzeyi

Birim yüzeye düşen ışık akısı miktarıdır.

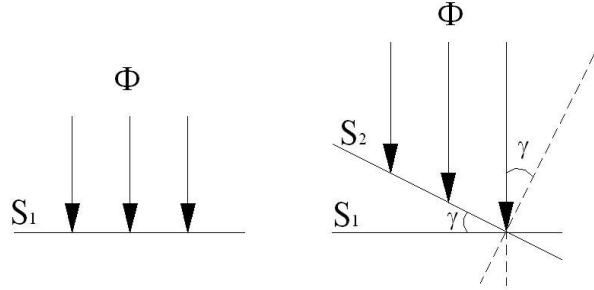
E harfi ile gösterilir. Birimi lux'dür.

Bir yüzeyin bir M noktasındaki aydınlık düzeyi, bu noktayı içine alan bir  $\Delta S$  yüzeyine düşen  $\Delta\Phi$  ışık akısının  $\Delta S$  yüzeyine bölümünün  $\Delta S$  sifıra giderkenki limitine eşittir [1].

$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta S} = \frac{d\Phi}{dS} \quad (2.4)$$

Aydınlık düzeyiyle ilgili önemli bir yasa; kosinüs yasasıdır. Buna göre bir düzlemin aydınlık düzeyi, bunu aydınlatan ışınların yüzeyin normaliyle yaptığı açının kosinüsüyle değişir. Sebebi, açı büyüdükçe aynı akı tarafından aydınlatılan yüzey alanının büyümesidir.

Işınlar yüzeye dikken meydana gelen aydınlık düzeyi  $E_1$ , ışınlar yüzeyin normaliyle ile Şekil 2.3’de gösterilen  $\gamma$  açısını yaparken meydana gelen aydınlık düzeyi  $E_2$  ile gösterilirse aradaki ilişki aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:



**Şekil 2.3:** Kosinüs yasasında geçen değişkenlerin şematik gösterimi

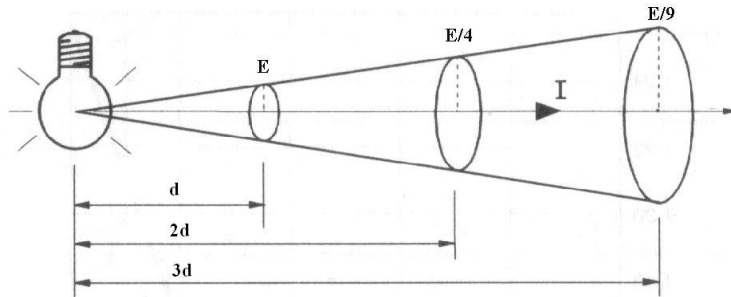
$$E_1 = \frac{\Phi}{S_1}$$

$$S_2 = \frac{S_1}{\cos \gamma} \quad (2.5)$$

$$E_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{\Phi}{S_1} \cos \gamma = E_1 \cdot \cos \gamma$$

$$E_2 = E_1 \cdot \cos \gamma$$

Konuyla ilgili önemli diğer bir yasa; uzaklıklar karesiyle ters orantı yasasıdır. Buna göre, belli bir doğrultuda I ışık şiddetini doğuran noktasal bir ışık kaynağının bu doğrultuya dik bir düzlemde oluşturacağı aydınlık düzeyi, düzlemin kaynağa olan uzaklığının karesiyle ters orantılıdır. Sebebi, düzlem uzaklaştığında aynı miktarda akının daha geniş bir yüzeyi aydınlatmasıdır.



**Şekil 2.4:** Uzaklığın karesiyle ters orantı yasası

Uzaklığın karesiyle ters orantı yasasının ispatı aşağıdaki gibidir [1].

$\Delta\Omega$  uzay açılı koniden çıkan ışık akısı:

$$\Delta\Phi = I \cdot \Delta\Omega \quad (2.6)$$

Bu akı  $d$  uzaklığında bulunan yayıldığı yöne dik bir düzlemin  $\Delta S$  alanını aydınlattığı halde,  $d_1$  uzaklığındaki bir düzlemin  $\Delta S_1$  alanını aydınlatır. Alanlar ve uzaklıklar arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir:

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta S}{d^2} = \frac{\Delta S_1}{d_1^2} \Rightarrow \frac{\Delta S_1}{\Delta S} = \frac{d_1^2}{d^2} \quad (2.7)$$

Demek ki bu düzlemlerin aydınlık düzeyleri arasındaki ilişki şöyledir:

$$\left. \begin{array}{l} E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S} \\ E_1 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S_1} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} E = \frac{\Delta S_1}{\Delta S} = \frac{d_1^2}{d^2} \\ E = E_1 \cdot \frac{d_1^2}{d^2} \end{array} \right\} \Rightarrow E = E_1 \cdot \frac{d_1^2}{d^2} \quad (2.8)$$

Yukarıdaki denklemde  $E_1$  aydınlık düzeyi farklı şekilde ifade edilerek:

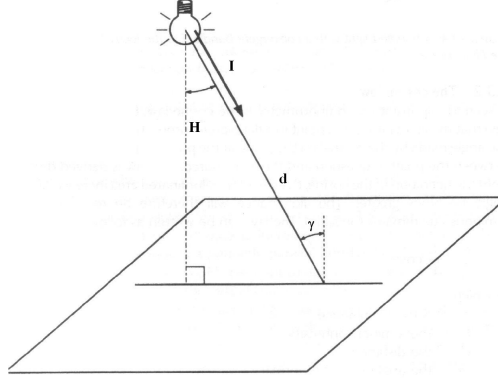
$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{I \cdot \Delta\Omega}{\Delta S}, \quad \Delta\Omega = \frac{\Delta S}{d^2} \\ E &= \frac{I}{d^2} \end{aligned} \quad (2.9)$$

bulunur.

Kosinüs yasası ile uzaklığın karesiyle ters orantı yasası birleştirilerek yol aydınlatma hesabında da kullanılan aşağıdaki formüle ulaşılır:

$$\left. \begin{array}{l} E = \frac{I}{d^2} \cos^3 \gamma \\ H = d \cdot \cos \gamma \end{array} \right\} E = \frac{I}{H^2} \cos^3 \gamma \quad (2.10)$$

Formüldeki büyüklükler aşağıdaki şekil üzerinde gösterilmiştir:



**Şekil 2.5:** Noktasal aydınlık düzeyi hesabında kullanılan büyüklükler

### 2.1.5 Parıltı

Bir yüzeyin göze ne kadar parlak görüldüğünün bir ölçüsüdür. Bakılan cismin ağ tabakadaki görüntüsünün aydınlık düzeyi ile ilgilidir.

L harfi ile gösterilir. Birimi  $\text{cd/m}^2$ 'dir. Doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile  $\alpha$  açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan  $\Delta S$  yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu  $\Delta I_\alpha$  ışık şiddetinin  $\Delta S$ 'in bu doğrultuya dik düzlemdeki  $\Delta S_n$  görünen alanına oranının limitidir [1].

$$L_\alpha = \lim_{\Delta S_n \rightarrow 0} \frac{\Delta I_\alpha}{\Delta S_n} = \frac{dI_\alpha}{dS_n} \quad (2.11)$$

Parıltı kavramı yüzeyin belli bir noktası ve gözlem doğrultusunu kapsadığından, parıltıdan söz ederken bunun hangi yüzeyin hangi noktası ve doğrultuya ait olduğunu belirtmek gerekir [1].

İdeal yansıtıcı yüzeylerin parıltısı; aydınlık düzeyinden yararlanarak hesaplanabilir. Parıltı ile aydınlık düzeyi arasında aşağıdaki ilişki vardır [1]:

$$L = \rho \cdot \frac{E}{\pi} \quad (2.12)$$

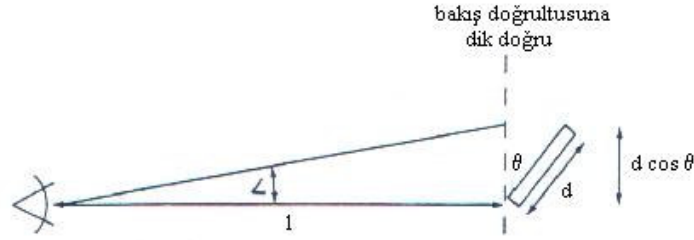
Burada  $\rho$ ; yüzeyin yansıtma faktörünü göstermektedir.

## 2.2 Fizyolojik Esaslar

### 2.2.1 Cismin Açısal Büyüklüğü

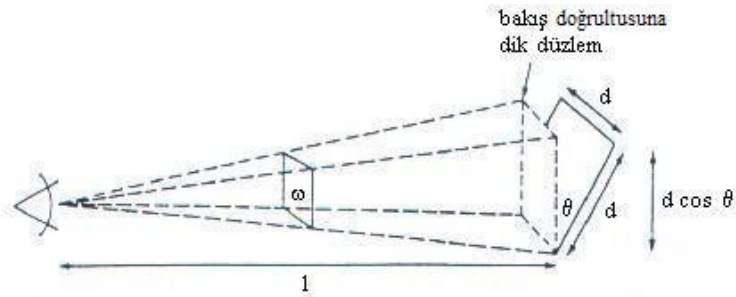
Cismin göz tarafından algılanan büyüklüğü, cismin boyutlarına, gözlemciden uzaklığına ve cismin en büyük boyutunun bakış doğrultusunun normaliyle yaptığı açığa bağlı olarak tanımlanır ve açısal bir değere sahiptir.

Cismin simetrisine bağlı olarak iki boyutta bir düzlemsel açı veya üç boyutta bir uzay açı olarak verilebilir. Boyutları arasında simetri olan bir cisimde düzlemsel açı yeterli iken simetrisinin bulunmadığı durumlarda uzay açının kullanılması daha uygundur [2]. İlgili şekil ve formüller aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.6: Düzlemsel açı hesabında gerekli büyüklükler

$$\text{Düzlemsel açı} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{d \cdot \cos \theta}{2 \cdot 1}\right) \quad (2.13)$$



Şekil 2.7: Uzay açı hesabında gerekli büyüklükler

$$\text{Uzay açısı} = \arctan\left(\frac{d^2 \cdot \cos \theta}{l^2}\right) \quad (2.14)$$

Cismin açısal büyüklüğünün altmışta biri “dakika” olarak tanımlanmıştır.

### 2.2.2 Odak Uyumu

Gözün; göz kasları ile merceğin dışbükeylik derecesini ayarlamak yoluyla fovea üzerine ve yakın çevresine düşen görüntüyü net hale getirmesi olayıdır.

Uyaran yokluğu durumunda (örneğin hiç ışık olmayan bir ortamda ya da parıltının her yerde aynı olduğu yoğun bir siste) göz yaklaşık 1 m uzağa odaklanır [2].

### 2.2.3 Parıltı Uyumu ve Kamaşma

Göz, değişen ışık koşullarına uyabilen bir organdır. Uyabildiği maksimum ve minimum parıltı düzeylerinin oranı  $10^{12}$ 'yi bulabilir.

Ancak göz, bir adımda gerçekleşecek bu denli yüksek parıltı farklarına uyamaz. Parıltı değişimi yavaşça ya da küçük adımlar halinde gerçekleşmelidir.

Görme alanının parıltısının çok yüksek olması ya da görme alanında çok farklı parıltılara sahip uyaranlar bulunması durumunda kamaşma gerçekleşir. Bunlardan ilki mutlak kamaşma olarak bilinir ve görme yetisinin geçici olarak kaybına neden olur. İkincisi ise konforsuzluk kamaşması olarak adlandırılır ve görsel performansı düşürerek rahatsızlık hissi verir. Bu türden kamaşmanın görsel performans üzerine etkisi görülebilirlik ile ilgili bölümde açıklanacaktır.

### 2.2.4 Görme çeşitleri

Gözün ışığı elektriksel sinyallere dönüştüren kısmı olan retina, şekillerinden hareketle koni ve çomak adı verilen iki tür ışığa duyarlı hücreden oluşur. Bu hücreler, içerdikleri değişik fotopigmentler nedeniyle farklı spektral duyarlılığa sahiptirler.

Tüm çomaklar rhodopsin adlı bir fotopigment içerir. Rhodopsinin en duyarlı olduğu dalga boyu 507 nm'dir.

Koniler içerdikleri pigmentlere göre üç gruba ayrılır. Erythrolabe, chlorolabe ve cyanolabe adı verilen bu fotopigmentlerin spektral duyarlılıkları birbirinden farklıdır. Renk ayırımını mümkün kılan budur. Birlikte değerlendirildiklerinde konilerin en duyarlı oldukları dalga boyunun 555 nm olduğu görülür.

Görme olayının göze ulaşan ışık miktarına bağlı olan üç farklı şekli vardır.

Fotopik görme; 3 cd/m<sup>2</sup> ve üzeri parlıtlı değerlerinde geçerlidir. Bu parlıtlı değerlerinde ağırlıklı olarak koniler etkin olduğundan renk ve detaylar çok iyi ayırt edilebilir.

Skotopik görme; 0.001 cd/m<sup>2</sup> ve altı parlıtlı değerlerinde geçerlidir. Bu parlıtlı değerlerinde yalnız çomaklar etkindir. Retinanın en duyarlı bölgesi olan ve çoğunlukla konilerin bulunduğu fovea işlevsizdir. Bu nedenlerle renkler algılanmaz ve detayların çok azı seçilebilir.

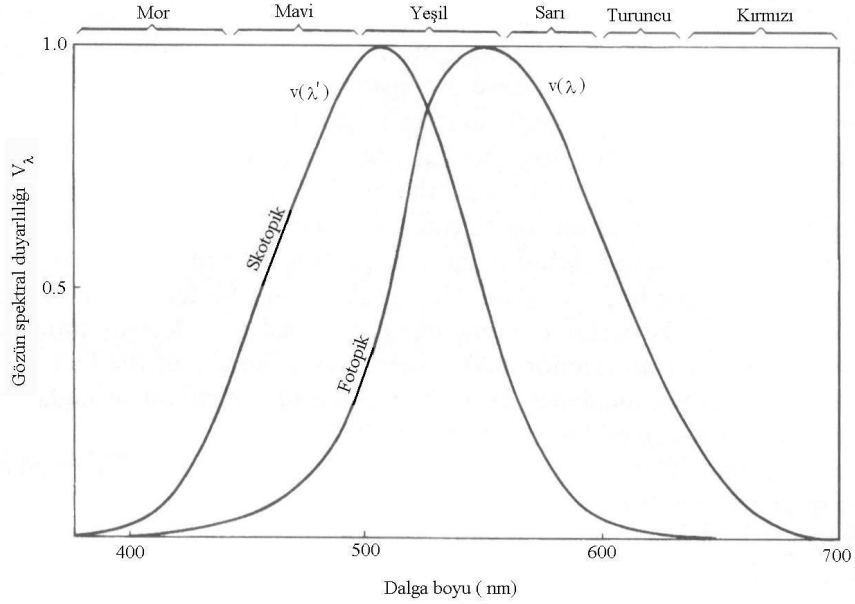
Mezopik görme; fotopik görme ile skotopik görme arasındaki bölgede geçerlidir. Hem koniler, hem de çomaklar etkindir. Söz konusu parlıtlı değerlerinde konilerin duyarlılıkları azaldığından renk ayırt etme yeteneği fotopik görmedekine kıyasla düşüktür.

### **2.2.5 Gözün Spektral Duyarlılık Eğrisi**

Göz bütün ışınımlara aynı derecede duyarlı değildir. Gözün çeşitli dalga boylarına sahip ışınımlara karşı duyarlılık derecesi, spektral duyarlılık veya görülebilme faktörü ile belirtilir [1].

Tanım olarak,  $\lambda_0$  ve  $\lambda$  gibi iki ışının görülebilme faktörleri, bu ışınların gözde aynı aydınlık izlenimini uyandırdıkları zamanki enerji akıları ile ters orantılıdır. Genel olarak gözün en büyük spektral duyarlılığına 555.5 nm'lik ışınlama halinde erişildiğinden bunun görülebilme faktörü  $V_\lambda=1$  kabul edilir [1].

Koni ve çomaklar için iki çeşit spektral duyarlılık eğrisi vardır. Gözün farklı dalga boylarına sahip ışıklara bağlı duyarlılığını gösteren bu eğriler Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından fotopik ve skotopik görme koşulları için tanımlanmış ve aşağıda verilmiştir. Yol aydınlatması uygulamalarında kullanılan parlaklık düzeylerinde geçerli olan mezopik görme koşulları için benzer bir eğri elde edilmesine halen çalışılmaktadır [2].



**Şekil 2.8:** Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'na göre fotopik ve skotopik görmede standart göze ait spektral duyarlılık eğrileri

Söz konusu eğriler radyometrik büyüklükleri fotometrik büyüklüklere çevirmekte kullanılırlar.

### 2.2.6 Görme Keskinliği

Genel olarak ince ayrıntıları algılayabilme yeteneği olarak kullanılan bir terimdir.

Gözün; açısal ayrımı çok küçük olan iki uyarımı ayırt edebilmesi ve cismi mutlak doğrulukta algılayabilmesi görme keskinliğinin ölçütleridir.

Yol aydınlatmasında trafik tabelalarının okunması keskin bir görüş gerektiren bir görsel işittir.

### 2.2.7 Kontrast, Kontrast Eşiğı ve Kontrast Duyarlılığı

Bir cismin fonundan ayrı olarak görülebilmesi parlıtısının veya renginin fonunkinden farklı olmasına bağılıdır. Bu olgu, parlıtı ve renk kontrastı tanımlarını doğurmuştur.

Yol aydınlatmasında uygulanan parlıtı seviyelerinde mezopik görme söz konusudur. Bu tür görmede, renk kontrastının etkisi parlıtı kontrastının etkisi yanında ihmal edilebilir [3].

Parlıtı kontrastı şu şekilde tanımlanır:

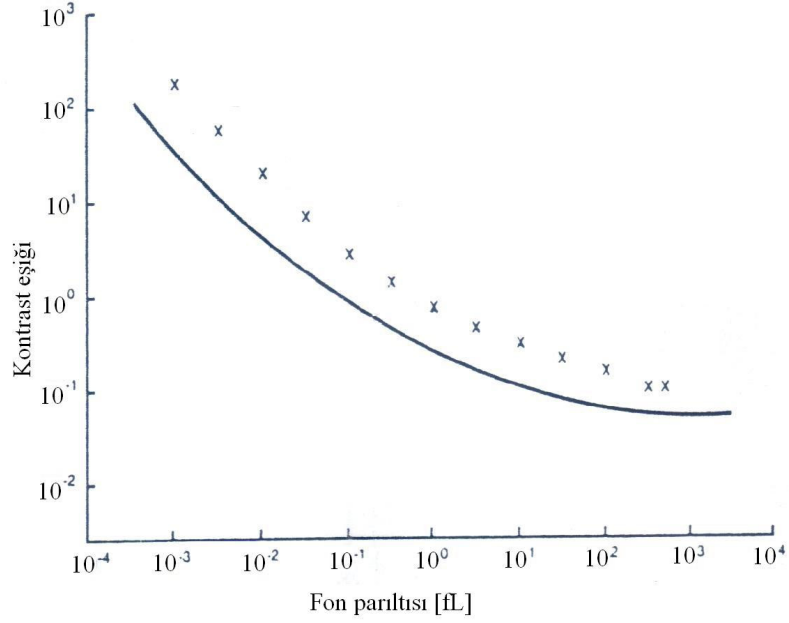
$$C = (L_f - L_c) / L_f \quad (2.14)$$

Burada;  $L_c$  cismin parlıtısı,  $L_f$  ise fonun parlıtısıdır.

Fon parlıtısı cismin parlıtısından yüksekse negatif kontrast, düşükse pozitif kontrast söz konusudur.

Görsel sistemin algılayabildiğı minimum parlıtı kontrastı değerine kontrast eşiğı denir. Kontrast eşiğı; cismin görünür büyüklüğü, gözün uymuş olduğı parlıtı seviyesi (fon parlıtısı), görülme süresi, gözlemcinin yaşı, kontrastın negatif veya pozitif oluşu gibi pek çok etkene bağılıdır. Kontrast eşiğı genellikle cismin yapılan deneylerin %50'sinde algılanabildiğı durum için verilir.

Aşağıdaki grafikte; 4' büyüklüğünde bir levhanın, iki farklı yaş grubundaki kişilere 200 ms boyunca gösterilmesi durumunda kontrast eşiğinin fon parlıtısıyla değışimi verilmiştir. (%50 olasılıkla algılama için). Sürekli çizgiyle çizilen eğri 20-30 yaş grubundaki kişilerle, (x) işaretlerinin oluşturduğı eğri ise 70 yaş grubundaki kişilerle yapılan deney sonuçlarını göstermektedir.



**Şekil 2.9:** Kontrast eşiğinin fon parlıtısıyla değişimi

Görüldüğü gibi fon parlıtısının artmasıyla kontrast eşiğı başta hızla, sonra yavaşca düşmekte ve belli bir değerden sonra neredeyse sabit kalmaktadır. Gözlemci yaşı, görme süresi ve cismin görünür büyüklüğü farklı olsa da eğrinin şekli aynı olmaktadır [2].

### 2.2.8 Görme Hızı

Gözün fizyolojik eşik değerleri, kontrast ve şekil duyarlılıkları uyarım süresine göre değişir. Küçük sürelerde eşik değerleri daha büyük, duyarlılıklar ise daha küçüktür. Belirli bir detayın ancak görülebildiğı sürenin tersine görme hızı denir [1].

### 3. YOL AYDINLATMASI TASARIM HESAPLARI

Yol aydınlatması tasarım hesapları günümüzde parıltı yöntemine dayandırılmaktadır. Hesaplar, Avrupa'da Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin 115-1995 ve 140-2000 sayılı yönergelerine göre yapılırken, Amerika'da Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü (ANSI)'ne ait RP8-2000 yol aydınlatması standardı kullanılmaktadır. CIE 115 ve CIE 140 standart değildir, yalnızca öneri niteliği taşımaktadır. Bununla beraber halen üzerinde çalışılan EN 13201 yayımlandığında Avrupa da bir yol aydınlatması standardına sahip olacaktır.

CIE 140-2000 "Yol aydınlatması hesapları" başlığını taşır. Yol aydınlatmasında kriter olarak kabul edilen büyüklüklerin neler olduğunu ve nasıl hesaplanacaklarını anlatan bu yönerge, CIE 30.2-1982'nin güncellenmiş halidir. Taşıt ve yaya yolları üzerindeki hangi noktalarda parıltı ve aydınlık düzeyi hesaplanması gerektiğini, sürücünün/yayanın yol üzerindeki konumunu ve ilgili formülleri içerir. Hesap noktalarının çokluğu ve hesapların karmaşıklığı, bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır.

CIE 115-1995 "Motorlu ve Yaya Trafikli Yolların Aydınlatılması için Öneriler" başlığını taşır. İyi bir tasarım için yol aydınlatması kalite kriterlerinin alması gereken değerleri içerir.

ANSI RP-8-2000 hem hesap yöntemini ve kalite kriterlerinin neler olduğunu, hem de bunlar için önerilen değerleri içerir.

CIE 115'in motorlu araç trafiğiyle ilgili kısmı parıltı yöntemine dayanmakla beraber, buna alternatif olarak, görülebilirlik kavramına dayanan bir hesapta sağlanması gereken değerler de eklerinden birinde verilmiştir. ANSI RP-8'de ise hem aydınlık düzeyi yönteminin kullanılması, hem tek başına parıltı yönteminin kullanılması, hem de kısaca STV şeklinde ifade edilen küçük cisim görülebilirliğinin parıltı yönteminde kullanılanlara ilave bir kriter olarak alınması durumları için üç ayrı öneri takımı verilmiş

ve tasarım yapan kişinin uygulamaya göre bunlar arasında seçim yapması gerektiği belirtilmiştir.

Bu bölümde parıltı hesabına etki eden faktörlerden, hesap yönteminden, tasarım kriterlerinden ve görülebilirlik kavramının yol aydınlatmasındaki yerinden söz edilecektir.

### 3.1 Yolun Yansıtma Özellikleri

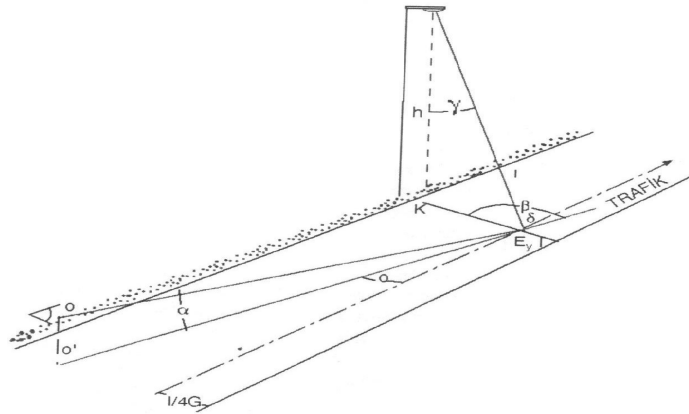
Işık yaymayan yüzeylerin parıltısı, yüzeyden yansıyan ışıkla ilgilidir. Bu nedenle parıltı yöntemi kullanılarak yol aydınlatması hesapları yapılırken yol yüzeyinin yansıtma özelliklerinin de bilinmesi gereklidir.

Yol yüzeylerinin yansıtma özellikleri aşağıdaki şekilde açıklanabilir [4].

Yol yüzeyleri, bileşimlerindeki maddelerin renk, boyut, biçim gibi fiziksel özellikleri, ıslak ve kuru oluşları, yolun kullanım süresi, aşınma durumu, düşen ışının doğrultusu ve gözlemci konumuna göre değişik yansıtma özellikleri gösterirler.

Parıltı faktörü  $q$ , bir noktanın parıltısının o noktada mevcut yatay aydınlık düzeyine oranı ile tanımlanır ve Şekil 3.1’de gösterilen açılara bağlıdır.

$$q(\alpha, \beta, \gamma, \delta) = L/E_y \quad (3.1)$$



Şekil 3.1: Parıltı faktörünün bağlı olduğu açılar

Burada:

$\alpha$ : Düşey düzlemde yoldan yansıyan ışık ile yatay arasındaki gözlem açısı

$\beta$ : Düşey düzlemci gözlemi ile armatürden gelen ışık düzlemi arasındaki açı

$\gamma$ : Düşey dikme ile gelen ışık arasındaki açı

$\delta$ : Gözlemcinin bulunduğu düşey düzlem ile yol eksenindeki açıdır.

Sonraki bölümlerde anlatılacağı üzere, güncel yönerge ve standartlara göre parıltı yönteminde hesap alanı olarak yolun 60-160 m'lik kısmının dikkate alınması yeterli görülmektedir. Sürücü gözünün yerden yaklaşık 1.5 m yüksekte olduğu kabulü ile  $\alpha$  açısı 0.5 ile 1.5 derece aralığında kalmaktadır. Bu bölgede yapılan ölçümler değerlendirildiğinde 0.5-1.5 derece aralığı için q parıltı faktörünün hesabında  $\alpha$  açısı yaklaşık 1 derece kabul edilerek sabit olarak alınabilir.

60 m'den daha uzak gözlemciler için pratikte  $\delta$  açısının değeri de sadece 0-20 derece arasında değiştiğinden ve yürürlükte olan yönerge ve standartlara göre gözlemcinin her yol şerit genişliğinin ortasında durduğu kabul edildiğinden  $\delta$  açısı da ihmal edilebilir.

Bu kabullere göre q parıltı faktörü sadece  $\beta$  ve  $\gamma$  açılarının fonksiyonu olarak kabul edilir. Yol üzerindeki bir noktanın L parıltısı ise:

$$E_y = \frac{(I \cdot \cos^3 \gamma)}{h^2} \quad (3.2)$$

olduğundan,

$$L = q \cdot E_y = \frac{(q \cdot I \cdot \cos^3 \gamma)}{h^2} = \frac{r \cdot I}{h^2} \quad (3.3)$$

denklemleriyle hesaplanır. Burada I; parıltısı hesaplanan nokta doğrultusundaki ışık şiddeti, h ise armatür montaj yüksekliğidir. r; indirgenmiş parıltı faktörü olarak adlandırılır.

$$r = q \cdot \cos^3 \gamma \quad (3.4)$$

Kuru yollar hesaplarda bir standardizasyon yaratmak amacıyla yansıtma özelliklerine göre C1, C2, R1, R2, R3, R4, N1, N2, N3 ve N4 olarak adlandırılan on grupta sınıflandırılırlar. CIE 'nin 66 sayılı yayınında [5] söz konusu yol sınıflarına ait indirgenmiş parıltı faktörü değerleri,  $\beta$  ve  $\tan \gamma$  açılarına bağlı olarak tablo halinde verilmiştir.

Yol ıslandığında yansıtma özellikleri tümüyle değişir. Yolun görece karanlık kısımları daha da karanlık, aydınlık kısımları ise daha da aydınlık gözükmeğe başlar [6]. Bu nedenle yolun akşam saatlerinde çoğunlukla ıslak olduğu bölgelerde, aydınlatma performansını arttırmak için ıslaklık koşulu da göz önünde bulundurulur. Yolun ıslak olması durumunda tasarımın nasıl yapılacağına ilişkin bilgiler Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin 47-1979; "Islak Koşullarda Yol Aydınlatması" adlı yayınında [7] verilmiştir. Burada ıslak yollar için yapılacak hesaplarda kullanılabileceği belirtilen W1, W2, W3 ve W4 yansıtma sınıfları ve parıltı faktörü değerleri,  $\beta$  ve  $\tan \gamma$  açılarına bağlı olarak tablo halinde verilmiş ve bir yolun ıslandığında hangi yansıtma sınıfına gireceğinin; kuru haldeki yansıtma özelliklerinden çıkarılamayacağı belirtilmiştir.

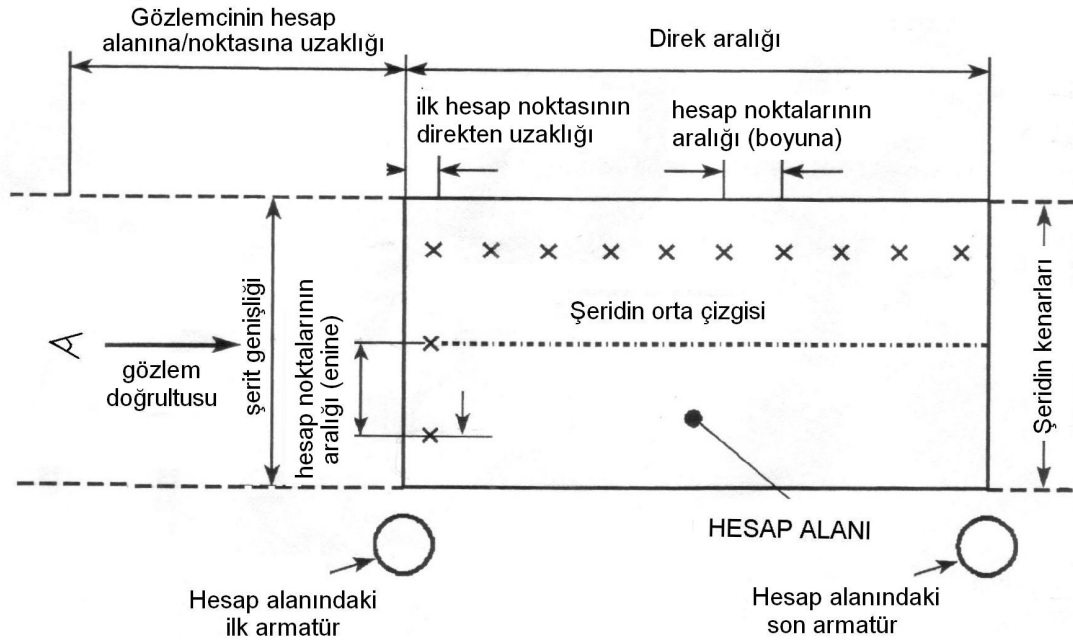
CIE 47'de tanımlanan ıslak yol için yansıtma tablolarında W1'den W4'e gidildikçe aynasallık artar. Yani; bunlar arasında W4 en kötü durumu temsil etmektedir. Pratikte W4'den daha aynasal yansıtıcı yol yüzeyleri çok nadir bulunmaktadır. CIE 47'de, yol yüzeyi daha az aynasal bile olsa, ıslak koşullar için yapılan tasarım hesaplarında W4 tablosunun kullanılması güvenli bir yaklaşım olarak yorumlanmış ve önerilmiştir.

### **3.2 Hesap Alanı**

Parıltı hesabında hesap alanı CIE 140-2000'de ve ANSI RP8-2000'de tanımlanmıştır. [8, 9]

Hesaplar; simetri koşulları dikkate alınarak yolun bütününi temsil edecek en küçük alanda yapılmalıdır. Aynı taraftaki iki armatür arasında kalan bölgede hesap yapmak genellikle yeterli olmaktadır.

Hesap yapılacak alanın sınırları gibi, kaç nokta için hesap yapılacağı, noktaların birbirlerinden her iki eksende aralıkları, yol üzerindeki konumları ve gözlemcinin her bir noktanın hesabında nereye konumlandırılacağı standart ve yönergelerde belirtilmiştir. Hesap alanını tanımlayan büyüklükler Şekil 3.2’de gösterilmiştir:



**Şekil 3.2:** Hesap alanını tanımlayan büyüklükler

Hesap noktalarının sayısı ve konumları CIE 140 ve ANSI RP8’de farklı tanımlanmıştır. CIE 140; noktaları birisi şeridin orta çizgisi, diğerleri ise buna paralel ve şeridin genişliğinin üçte biri uzaklıkta olan üç doğru üzerinde konumlandırırken, ANSI RP-8 noktaları her biri şeridin dış çizgisinden çeyrek şerit genişliği kadar içeride olan ve şerit eksenine paralel iki doğru üzerine yerleştirmiştir. CIE 140; noktaların yol boyunca aralığını en fazla 3 m ve her bir sıradaki nokta sayısını en az 10 adet olarak verirken, ANSI RP-8’e göre noktalar en fazla 5 m aralıklarla yerleştirilmeli ve bir sıradaki nokta sayısı 10 adet altına düşmemelidir.

İlk hesap noktasının ilk armatürden uzaklığı iki nokta arası mesafenin yarısıdır.

Göz yüksekliği CIE 140'da 1.5 m olarak tanımlanırken, ANSI RP-8'de 1.45 değeri verilmiştir.

CIE 140; tüm noktaların parıltısının; gözlemcinin her şeridin ortasında ve hesap alanının başlangıcından (ilk armatürden) 60 m geride durduğu hal için hesaplanacağını belirtmiştir. Gözlemci konumu, parıltısı hesaplanan noktaya göre değişmediğinden bu gözlemci "sabit" olarak nitelendirilir.

ANSI RP-8; hesapların gözlemcinin şeridin ortasında ve parıltısı hesaplanan noktadan 83 m geride durduğunu kabul ederek yapılması gerektiğini belirtmiştir. Gözlemci konumu noktaya bağlı olarak değiştiği için gözlemci hesap sırasında armatürlere göre hareket ettiğinden bu gözlemci "hareketli" olarak nitelendirilir.

### 3.3 Parıltı Yönteminin Kalite Kriterleri

Parıltı yöntemine göre bir yol aydınlatması tesisatının kalitesini belirleyen kriterlerden çoğu yolun parıltısı ile ilgilidir. Bu nedenle kalite kriterlerini hesaplayabilmek için önce hesap alanında belirlenen noktaların parıltısı tek tek hesaplanmalıdır.

#### 3.3.1.1 Yol Üzerinde Bir Noktanın Parıltısı

Yoldaki bir noktanın parıltısı; armatürlerin ışık dağılımlarına, lambaların ışık akılarına, tesisatın geometrisine, yol yüzeyinin yansıtma özelliklerine ve gözlemci konumuna bağlıdır.

Yol aydınlatma armatürlerinin; yolun belli bir noktasında oluşturacağı parıltı; o noktadaki yatay aydınlık düzeyine ve yolun yansıtma özelliklerine bağlı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$L = \sum \frac{\rho \cdot E}{\pi} = \sum \rho \frac{I \cdot \cos \gamma}{\pi \cdot d^2} = \sum \rho \frac{I \cdot \cos^3 \gamma}{\pi \cdot H^2} = \sum q \frac{I \cdot \cos^3 \gamma}{H^2} = \sum \frac{I \cdot r}{H^2} \quad (3.5)$$

Burada;

$\Sigma$ ; hesap alanındaki tüm armatürlerin katkısının toplanacağını ifade etmektedir

$q$ ; yol yüzeyinin parıltısı hesaplanan noktadaki  $sr^{-1}$  cinsinden yansıtma faktörüdür  
[cd/m<sup>2</sup>/lux]

$r$ ; yol yüzeyinin parıltısı hesaplanan noktadaki indirgenmiş parıltı faktörüdür.

$I$ ; armatürün parıltısı hesaplanan nokta doğrultusundaki ışık şiddetidir. [cd]

$H$ ; armatürün yoldan yüksekliğidir. [m]

$\gamma$ ; her bir armatürden gelen ışının düşeyle yaptığı açıdır.

Her bir armatürün hesap noktasında oluşturduğu parıltı hesaplanarak toplandığında o noktanın parıltısı bulunur.

CIE 115'e göre gözlem doğrultusunda armatürün yoldan yüksekliğinin ( $H$ ) oniki katı, gözlem noktasının gerisinde ve diğer doğrultularda ise beş katı mesafe içinde kalan armatürlerin hesaba katılması yeterlidir.

Armatürlerin lamba ekseninden geçen farklı düzlemlerdeki (farklı fotometrik azimut açılarındaki) çeşitli doğrultularda (çeşitli düşey fotometrik açılarda) verdiği ışık şiddeti değerleri armatür üreticileri tarafından tablolar halinde verilmektedir. Fotometrik azimut açısı  $C$ , düşey fotometrik açı ise  $\gamma$  ile gösterilmektedir.

$$I=I(C, \gamma) \quad (3.6)$$

Söz konusu açılar hesaplandıktan sonra, armatürün belli bir nokta doğrultusunda yaydığı ışık şiddeti değeri, bu tablolardan interpolasyon yolu ile bulunabilir. Hesapların doğruluğu açısından tablolardaki açı aralıklarının küçük olmasında fayda vardır. CIE 140; tabloda  $C$  açılarının en fazla 5,  $\gamma$  açılarının ise en fazla 2.5 derece aralıklarla verilmesini önermiştir.

Aydınlatmanın, tesis ömrü boyunca etkinliğini koruması açısından, parlıtı hesabında armatürlerin zamanla kirlenmeleri ve lambaların ışık akılarının zamanla azalmasına ilişkin bakım faktörleri de hesaba katılmalıdır. Bakım faktörü değerleri armatürlerin koruma sınıfları, temizlenme sıklıkları, ortamın kirlilik derecesi gibi faktörlere bağılı olarak belirlenir.

### **3.3.1.2 Yolun Ortalama Parlıtısı ( $L_0$ )**

Hesap noktalarında hesaplanan parlıtıların toplamının, hesap noktası sayısına oranıdır. Gözlemcinin yalnız kendi şeridindeki noktalar için değılı, yolun tamamı için hesaplanır. Hesap, tüm şeritler için tekrarlanarak, bulunan en düşük değıer yolun ortalama parlıtısı olarak kabul edilir.

### **3.3.1.3 Parlıtının Ortalama Düzgünlüğü ( $U_0$ )**

CIE 140'da; yol üzerinde en düşük parlıtıya sahip hesap noktasının parlıtısının, yolun ortalama parlıtısına oranı olarak tanımlanır. Birimsiz bir büyüklüktür.

Tüm gözlemciler için ayrı ayrı hesaplanarak en düşük değıer alınır.

Aynı ortalama parlıtı değıerini elde etmenin pek çok farklı yolu vardır. Parlıtının düzgünlüğünün gözün performansını arttırması ve olumlu psikolojik etkisi nedeniyle aynı ortalama parlıtıyı veren tesisatlardan ortalama düzgünlüğü yeterince iyi olan seçilmelidir.

Parlıtının ortalama düzgünlüğü; ANSI RP-8'de CIE 140'dakinin tersi, yani yolun ortalama parlıtısının, en düşük parlıtıya sahip hesap noktasının parlıtısına oranı olarak tanımlanmıştır.

### **3.3.1.4 Parlıtının Boyuna Düzgünlüğü ( $U_1$ )**

CIE 140'da; her yol şeridinin orta çizgisi üzerindeki hesap noktalarında, söz konusu şeridin orta çizgisi üzerinde bulunan gözlemciye göre hesaplanan en düşük parlıtının en yüksek parlıtıya oranı olarak tanımlanır. Birimsiz bir büyüklüktür.

Her bir şerit için ayrı ayrı hesaplanarak bulunan en düşük değer alınır.

Sistemin ortalama düzgünlük faktörü yüksek bir değere sahip olsa da yol boyunca karşılaşılan parıltı farkları rahatsızlık hissi yaratabilir. Boyuna düzgünlük; bu hissın ölçüsüdür ve yolun konfor seviyesini belirtir.

Parıltının boyuna düzgünlüğü; ANSI RP-8'deki kriterler arasında yer almamaktadır. Burada, benzer olarak, tüm hesap noktalarında bulunan en yüksek parıltının en düşük parıltıya oranı kalite kriteri olarak tanımlanmıştır.

### 3.3.1.5 Bağlı Parıltı Eşiği Artışı (TI)

Armatürlerden doğrudan göze gelen ışığın retinada oluşturduğu aydınlık düzeyi, hem bakılan cismin hem de fonunun retinada oluşturduğu aydınlık düzeylerine eklenerek kontrastı düşürür ve görmeyi zorlaştırır. Bu etkiden ötürü armatürlerin parıltılarına “örtü parıltısı” adı verilir.

Bağlı eşik artışı, sürücünün görüş alanındaki armatürlerden kaynaklanan mutlak kamaşmanın yol açtığı görme zorluğunun bir ölçüsüdür ve CIE 140'da bir kalite kriteri olarak tanımlanmıştır. Örtü parıltısına, fon parıltısına ve yaşa bağlı olan TI, tesis ömrünün başında en yüksek değerdedir.

ANSI RP-8'de TI yerine “örtü parıltısı oranı” adı verilen ve örtü parıltısını yolun ortalama parıltısına oranlayarak hesaplanan benzer bir kriter tanımlanmıştır.

Örtü parıltısı  $L_v$  ve bağlı parıltı eşiği artışı TI değerlerinin hesabı için en güncel formül, hazırlanmakta olan Avrupa Yol Aydınlatması Standardı EN 13201'in taslağında aşağıdaki şekilde verilmiştir:

$$L_v = 10 \cdot \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{\theta_k^2} = \frac{E_1}{\theta_1^2} + \frac{E_2}{\theta_2^2} + \dots + \frac{E_n}{\theta_n^2} \quad (3.7)$$
$$TI = 100 \cdot \frac{65}{L_0^{0.8}} \cdot L_v$$

Burada;

$E_k$ ; k. armatürün, yeni olduğu (bakım faktörler hesaba katılmayan) halde, göz hizasında bakış açısına dik düzlemde oluşturduğu lux cinsinden aydınlık düzeyi,

$\theta_k$ ; bakış doğrultusu ve gözlemci ile k. Armatürün merkezini birleştiren doğru arasındaki derece cinsinden açı ve

$L_0$ ; yolun  $cd/m^2$  cinsinden ortalama parıltısıdır.

Örtü parıltısı formülündeki 10 sayısı, yaşla ilgili bir çarpandır ve 23 yaş için geçerlidir. Farklı yaşlar için geçerli değeri hesaplamak için 3.8 denklemi kullanılabilir.

$$9.86 \cdot \left[ 1 + \frac{A}{66.4} \right] \quad (3.8)$$

Burada A; gözlemci yaşını simgelemektedir.

Konforsuzluk kamaşmasının büyüklüğüne ilişkin sağlıklı sayısal bir ifade yöntemi ise mevcut değildir. Bağlı parıltı eşiği artışının önerilen değerlerde sınırlanması konforsuzluk kamaşmasını da sınırlayacaktır.

### 3.3.1.6 Çevre Aydınlatma Oranı (SR)

Daha önce de belirtildiği gibi yol aydınlatmasının temel amaçlarından biri; üzerindeki engeller ile yeterli kontrast oluşturacak bir yol parıltısı elde etmektir. Ancak yol üzerindeki yüksek cisimlerin üst kısımları ve yolun kenarına yakın cisimler arkasında gözükten fon, özellikle yolun virajlı bölümlerinde; yol değil, yolun yakın çevresidir. Dolayısı ile bu bölgenin de bir miktar aydınlatılmış olması koşulu aranır.

Yol çevresinin aydınlatılmasının bir diğer faydası da yola girmek üzere olan cisim ve canlıların önceden görülme olasılığını arttırmasıdır.

Sayılan faydalar nedeniyle Avrupa yönergelerinde çevre aydınlatma oranı olarak adlandırılan bir kriter tanımlanmıştır.

Çevre aydınlatma oranı; yolun dış tarafındaki iki yanında bulunan şerit şeklinde bölgelerin ortalama yatay aydınlık düzeylerinin toplamının, yolun iç tarafındaki iki yanında bulunan aynı genişlikteki bölgelerin ortalama yatay aydınlık düzeylerinin toplamına oranı olarak tanımlanır. Şeritlerin genişliği; yolun genişliğinin yarısı kadar alınır ancak bu mesafe içerisinde her hangi bir engel mevcutsa engele kadar olan mesafe alınmalıdır. Her iki durumda da genişlik 5 m'den fazla alınamaz.

Söz konusu bölgede kaldırım varsa ve CIE 115'de belirtilen şekilde aydınlatılıyorsa, çevre aydınlatma oranının belli bir değeri sağlaması gerekmez.

### **3.3.1.7 Görsel Kılavuzlama**

Sürücünün gözüne armatürlerden doğrudan gelen ışık; yolun hangi yöne devam ettiği ve yola katılım/ayrılım noktalarıyla ilgili bazı bilgileri sürücüye sağlayabilir. Bu olguya görsel kılavuzlama adı verilir.

Doğru şekilde uygulandığında özellikle çok virajlı ve katımlı yollarda ve sisli havalarda yolun güvenliği ve kullanıcıların konforu üzerinde olumlu etkisi vardır. Görsel kılavuzlamanın derecesi sayısal olarak ifade edilememekle birlikte, etkin bir görsel kılavuzlama için dikkat edilmesi gerekenler şunlardır [10]:

- Bölünmüş yolların refüjden aydınlatılması
- Virajlarda direklerin virajın dış tarafına yerleştirilmesi

## **3.4 Görülebilirlik Kavramı**

Trafiğin emniyeti; sürücünün frene basma, şerit değiştirme, yön tayin etme gibi kararları doğru ve zamanında vermesine ve dolayısı ile yolun şeklini, yoldaki engelleri ve yolun yakın çevresini görsel olarak ne kadar iyi algıladığına bağlıdır.

Bu bölümde gelişimi ve güncel durumu ayrıntılı olarak verilecek olan “yol aydınlatmasında görülebilirlik” kavramı; yoldaki bir cismin yol yüzeyinden ayırt edilebilmesi esasına dayanır. Konuyla ilgili çalışmalar kabaca iki grupta toplanabilir.

Bunlardan ilki araç sürme esnasında yapılan görsel işi tanımlamayı, yoldaki engellerin görülmesine etki eden unsurların ne olduklarını bulmayı, etki derecelerini saptamayı ve aradaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlar. Laboratuarda gerçekleştirilen fizyolojik deneylere ve sahada yapılan deneylerden çıkarılan öznel sonuçlara dayanan bu çalışmalar sonucunda oluşturulan modeller sayesinde, bir cismin görülebilmesinin kolaylığını/zorluğunu sayısal olarak ifade etmek de mümkün olmuştur. İkinci gruptaki çalışmaları ise; güvenli bir sürüş için, bu modellerden faydalanarak hesaplanan görülebilirlik değerlerinin tasarım esnasında ne şekilde kullanılması gerektiğini sorgulayan ve görülebilirlik ile diğer tasarım büyüklükleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlayan saha deneyleri ve hesaplar oluşturur.

#### **3.4.1.1 Tarihçe**

Yol aydınlatmasında görülebilirlik kavramını çeşitli yönlerden irdeleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde bunlardan belli başlı olanları özet olarak verilmiştir.

Yoldaki cisimlerin görülebilirliğini temel kalite kriteri olarak alma düşüncesi ilk olarak 1930'lu yıllarda Waldram tarafından ortaya sürülmüş, ancak buna ilişkin sayısal bir değer elde etmeye yarayan bir yöntem henüz geliştirilmemiş olduğundan uygulanmasında güçlükler yaşanmıştır [11].

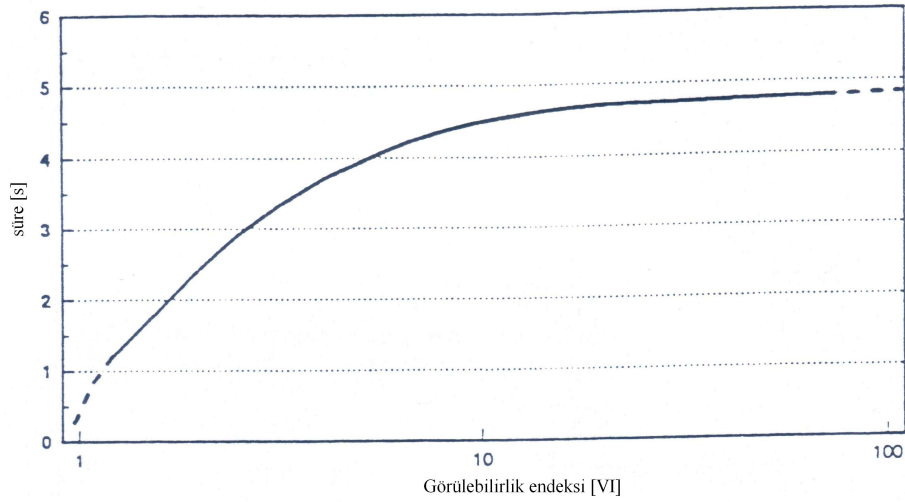
Bunu izleyen yıllarda de Boer ve Dunbar tarafından yapılan birbirine benzer iki çalışmada, belli bir cismin sürüş esnasında belli bir uzaklıktan görülebilmesi için yol parıltısının cisim parıltısına oranının yol parıltısıyla ilişkisi ortaya konulmuştur [11].

1960'larda, yolun yansıtma özelliklerinin anlaşılması ve hesaplarda bilgisayar kullanımının yaygınlaşması sonucu, yol aydınlatma hesapları aydınlık düzeyi yerine parıltı temeline oturmuştur. Bu gelişmeyi izleyen yıllarda yapılan deney ve araştırmalarla, kaza oranları ve sürücünün görsel performansı ile yolun parıltısı arasında bir ilişki bulunmadığı tezi ortaya atılmıştır [12].

1975'de Gallagher tarafından cismin görülebilirliğini sayısal olarak ifade etmeye yarayan bir model ortaya koyulmuştur. Yolun parıltısını, cismin parıltısını ve örtüleme parıltısını dikkate alan bu model kullanılarak hesaplanan büyüklük görülebilirlik endeksi

(VI) olarak adlandırılmaktadır. VI'in gözlemci yaşı ve cisim boyutunu da kapsayan gelişkin bir versiyonu Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE'nin 1979 tarihli ve 19/2 sayılı yayınına da girmiştir.

Gallagher yaptığı bir deneyde, durumdan habersiz sürücülerin yol üzerinde farklı VI değerine sahip cisimleri; çarpmalarına kaç saniye kala fark ettiklerini ölçerek VI ile sürücü performansı arasında kuvvetli bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur. Bu çalışma sonucunda çıkarılmış bir grafik şekil 3.3'de görülmektedir. Janoff ise yaptığı bir çalışmada, görülebilirlik VI arttıkça, kaza oranlarının düştüğünü göstermiştir [12].



**Şekil 3.3:** Sürücü tepkisi ve VI arasındaki ilişki

1982'de Adrian tarafından görülebilirlik düzeyi (VL) adı verilen bir büyüklük hesaplayan yeni bir model yayımlanmıştır. Ana hatları izleyen bölümde verilen bu model yardımıyla, yol üzerinde parıltısı bilinen bir noktada algılanabilecek minimum parıltı farkını (parıltı farkı eşiği) hesaplamak mümkündür. Söz konusu noktadaki gerçek parıltı farkının parıltı farkı eşiğine oranı VL olarak tanımlanmıştır. Adrian modeli Gallagher modelinden farklı olarak cismin boyutunu ve gözlem süresini de hesaba katmayı mümkün kılmıştır.

Adrian; modelini kontrast polaritesi ve gözlemci yaşını da kapsayacak şekilde geliştirerek 1989'da yayımlamıştır.

Adrian modeli görülebilirlik hesabında yaygın olarak kabul görmüştür. Bundan sonra yapılan çalışmalar genellikle hesaplanan VL değerlerinin tasarım esnasında ne şekilde kullanılması gerektiğini, VL ile VI arasında ilişki olup olmadığını, VL değerleriyle cismin görüldüğü ve algılandığı mesafe arasındaki ilişkinin ne olduğunu ortaya koymayı amaçlar.

Janoff 1990 yılında yaptığı bir çalışmada, 20x20 cm boyutlarında ve 0.2 yansıtma faktörüne sahip bir cismin denekler tarafından ilk olarak görülebildiği uzaklığı ölçerek bu uzaklıkla VL arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Bu çalışmanın diğer bir sonucu da VI ve VL arasında kuvvetli bir ilişki bulunduğunun ortaya konmasıdır [13].

Janoff, diğer bir çalışmasında sürücü performansı ile parıltı yönteminde kullanılan kriterler arasında bir ilişki bulunmadığını fakat sürücü performansının görülebilirlik ile yakından ilişkili olduğunu saptamıştır [13].

Janoff, De Boer ve Dunbar'ın bir cismin sürüş koşullarında görülebilirliğini irdeleyen çalışmaları 1993'de Adrian tarafından özetlenmiştir. 1 cd/m<sup>2</sup>'lik ortalama parıltıya sahip bir yolda sağlanması gereken en düşük mutlak VL değerinin Dunbar ve De Boer'in çalışmalarına göre 7, Janoff'un çalışmalarına göre 9.5 olması gerektiği belirtilmiştir [13].

Lecocq, 1997 yılında yaptığı deneylerde, 24 cm çapında ve farklı yansıtma faktörlerine sahip küresel cisimlerin görülebilmesi için VL değerinin mutlak değerinin en az 7 olması gerektiği sonucuna varmıştır [14].

Güler'in 2003 tarihli bir çalışmasında, ortalama VL değeri en az 7 olacak şekilde tasarlanmış 1033 farklı tesisat için görülebilirlik hesapları yapılmış ve CIE yönergelerinde parıltının düzgünlüğü ile ilgili koşulları sağlamayan tesisatlarda VL değerinin mutlak değeri 7'den küçük nokta sayılarının diğerlerine göre daha fazla olduğu ortaya konmuştur. Yani, her noktada yeterli görülebilirlik elde edebilmek için düzgünlüklerin iyi olması şarttır. Bu çalışmanın diğer bir sonucu da armatürün ışık dağılımının görülebilirliğe etkisi olduğunun açıklanmasıdır [15].

1994’de Menard tarafından yapılan bir çalışmada direk aralığının direk yüksekliğine oranı arttıkça, yoldaki yüksek parıltılı noktaların parıltısının daha da yükselmesi ve düşük parıltılı noktaların parıltısının daha da düşmesi nedeniyle, kontrast polaritesinin negatiften pozitif ve pozitiften negatife geçtiği bölgeler oluşacağı gösterilmiştir. Böyle tesisatların kontrast geçiş bölgelerinde, kontrast sifıra yakın olduğundan görülebilirlik değerleri çok düşük çıkacaktır [13] .

Bu noktaya kadar anılan çalışmaların hiç biri farların görülebilirliğe etkisini hesaba katmamaktadır. Bu konudaki ilk çalışma 1992’de Janoff tarafından yapılmış ve farlı ve farsız saha deneylerinde elde edilen veriler karşılaştırılarak 69 m’den uzak mesafelerde farların görülebilirliğe etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır [13].

Güler tarafından 2005 yılında hesap noktasından 40 m uzakta duran hareketli gözlemci ile yapılan bir deneyde, kısa farlar olmadan daha yüksek görülebilirlik değerleri elde edileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca 75 m’den uzak mesafelerde kısa farların görülebilirliğe etkisi olmadığı da ortaya konmuştur [16].

#### **3.4.1.2 Adrian Modeli ve Görülebilirlik Düzeyi (VL)**

Adrian’ın görülebilirlik modeline göre mezopik bölgede renk kontrastının etkisi ihmal edilebilir. Bu durumda bir cismin görülebilmesi için; parıltısının fon parıltısından en az belli bir miktar farklı olması gereklidir [3].

$$\Delta L = L_c - L_f \quad (3.9)$$

Bu parıltı farkının minimum değeri; fon parıltısına, cismin açısal büyüklüğüne, cismin görüldüğü süreye, kontrastın negatif mi pozitif mi olduğuna, kişinin yaşına ve mutlak kamaşmanın miktarına bağlıdır. Cismin görülmesi için gerekli olan minimum parıltı farkı ile sayılan etkenler arasındaki ilişki Adrian tarafından formüllerle ortaya konmuştur. Bu formüller; daha önce çeşitli kişiler tarafından yapılmış fizyolojik deneylere dayalıdır.

Görülebilirlik seviyesi; cisim parıltısı ile fon parıltısı arasındaki farkın, cismin görülebilmesi için gerekli minimum parıltı farkına (parıltı farkı eşik değerine) oranı

olarak tanımlanır ve tasarım değerinin fizyolojik sınırların kaç kat üzerinde olduğunu belirtir.

$$VL = \frac{\Delta L}{\Delta L_{\text{esik}}} \quad (3.10)$$

Parıltı farkı eşiği, aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$\Delta L_{\text{esik}} = 2.6 \cdot \left( \frac{\Phi^{1/2}}{\alpha} + L^{1/2} \right)^2 \cdot F_{\text{cp}} \cdot \frac{a(\alpha, L_f) + t}{t} \cdot AF \quad (3.11)$$

Burada;

$L_f$ ;  $\text{cd/m}^2$  cinsinden fon parıltısıdır.

$\alpha$ ; cismin dakika cinsinden açılmal büyüklüğünü simgelemektedir.

$\Phi^{1/2}$  ve  $L^{1/2}$  fonksiyonları; parıltı farkı eşiğinin fon parıltısıyla ve cismin açılmal büyüklüğüyle ilişkisini gösteren parçalı fonksiyonlardır.

$$\left. \begin{aligned} \Phi^{1/2} &= \log(4.1925 \cdot L_f^{0.1566}) + 0.1684 \cdot L_f^{0.5867} \\ L^{1/2} &= 0.05946 \cdot L_f^{0.466} \end{aligned} \right\} L_f \geq 0.6 \text{ cd/m}^2 \text{ için}$$

$$\left. \begin{aligned} \log \Phi^{1/2} &= -0.072 + 0.03372 \cdot \log L_f + 0.0866 \cdot (\log L_f)^2 \\ \log L^{1/2} &= -1.256 + 0.319 \cdot \log L_f \end{aligned} \right\} 0.6 \text{ cd/m}^2 \geq L_f \geq 0.00418 \text{ cd/m}^2 \text{ için} \quad (3.12)$$

$$\left. \begin{aligned} \log \Phi^{1/2} &= 0.028 + 0.173 \cdot \log L_f \\ \log L^{1/2} &= -0.891 + 0.5275 \cdot \log L_f + 0.0227 \cdot (\log L_f)^2 \end{aligned} \right\} 0.00418 \text{ cd/m}^2 \geq L_f \text{ için}$$

$\Phi^{1/2}$  ve  $L^{1/2}$  fonksiyonları, gözlemcinin cismi denemelerin %50'sinde görmesi için gerekli eşik parıltısı farkını ortaya koyan bir deneyin sonuçlarından çıkarılmıştır. 2.6 katsayısı bu deney sonuçlarını, cismin yaklaşık %100 olasılıkla görülmesi durumundakilere uyarlamak amacıyla kullanılmıştır [17].

$\Phi^{1/2}$  ve  $L^{1/2}$  fonksiyonlarının çıkarımında kullanılan deneyde pozitif kontrast mevcuttur. Fakat bir yol aydınlatması uygulamasında negatif kontrast ile de karşılaşılabilir ve bu iki durumdaki eşik parıltısı farkı değerleri aynı değildir.  $F_{\text{cp}}$ ; cisimle fon arasındaki

kontrastın negatif olması durumunda kullanılması gereken bir düzeltme faktörüdür. Değeri; fon parıltısına ve cismin açisal büyüklüğüne bağlıdır. Kontrastın pozitif olduğu noktalarda  $F_{cp} = 1$  alınır.

$$F_{cp}(\alpha, L_f) = 1 - \frac{m \cdot \alpha^{-\beta}}{2.4 \cdot \Delta L_{\text{poz}t=2}}$$

$$\beta = 0.6 \cdot L_f^{-0.1488} \quad (3.13)$$

$$m = 10^{-10^{-(0.125(\log L_b+1)^2+0.0245)}} \left. \begin{array}{l} L_f \geq 0.1 \text{ cd/m}^2 \text{ için} \\ 0.1 \text{ cd/m}^2 \geq L_f \geq 0.004 \text{ cd/m}^2 \text{ için} \end{array} \right\}$$

VL değerleri; cisim pozitif kontrasta sahipse pozitif, negatif kontrasta sahipse negatif değerler alırlar. Bu nedenle VL değerleri birbirleriyle karşılaştırılırken mutlak değerlerine bakılmalıdır.

$\Phi^{1/2}$  ve  $L^{1/2}$  fonksiyonlarının çıkarımında kullanılan deneyde gözlem süresi sınırsızdır. Cismin daha kısa sürelerde algılanabilmesi için gerekli parıltı farkı eşiği farklıdır. Denklem 3.13'deki a fonksiyonu, bu farklılığı hesaba katmaya yarar.

$$a(\alpha) = 0.36 - 0.0972 \cdot \frac{(\log \alpha + 0.523)^2}{(\log \alpha + 0.523)^2 - 2.513 \cdot (\log \alpha + 0.523) + 2.7895}$$

$$a(L_f) = 0.355 - 0.1217 \cdot \frac{(\log L_f + 6)^2}{(\log L_f + 6)^2 - 10.4 \cdot (\log L_f + 6) + 52.28} \quad (3.14)$$

$$a(\alpha, L_f) = \frac{(a(\alpha)^2 + a(L_f)^2)^{1/2}}{2.1}$$

İki saniyeden küçük gözlem süreleri için geçerli değerleri bulmak için sınırsız gözlem süresi için bulunan değerler aşağıdaki terimle çarpılır:

$$\frac{a(\alpha, L_f) + t}{t} \quad (3.15)$$

Gözlem süresi iki saniyeden büyükse bu terim 1 olarak alınır.

Gözün geçirgenliğinin zamanla azalması nedeniyle, sürücünün yaşı arttıkça parıltı farkı eşiği de yükselir. Denklem 3.15'deki AF terimi, bu etkiyi ortaya koyar.

$$\begin{aligned}
AF &= \left. \frac{(\text{yaş} - 19)^2}{2160} + 0.99 \right\} 23 < \text{yaş} < 64 \\
AF &= \left. \frac{(\text{yaş} - 56.6)^2}{116.3} + 1.43 \right\} 64 < \text{yaş} < 75
\end{aligned} \tag{3.16}$$

Bakılan bölgede kamaşma kaynaklarının varlığı görüşü zorlaştırır ve parıltı farkı eşliğini yükseltir. Bu olgunun nedeni görüş alanındaki ışık kaynaklarından gelen ışığın gözde saçılarak retinada ilave bir parıltı oluşturması ve görüntünün tamamına eklenen bu parıltının kontrastı düşürmesidir.

Görüş alanındaki ışık kaynaklarından doğrudan gelen ışığın yol açtığı ve retinadaki görüntünün parıltısına ilave olan bu parıltı örtü parıltısı olarak adlandırılır ve  $L_{\text{örtü}}$  ile gösterilir. Kamaşma kaynaklarının bulunmadığı durumdaki kontrast değeri  $C_1$ , bulunduğu durumdaki ise  $C_2$  ile gösterilirse, aralarındaki ilişki şu şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{aligned}
C_1 &= \frac{L_f - L_c}{L_f} \\
C_2 &= \frac{(L_f + L_{\text{örtü}}) - (L_c + L_{\text{örtü}})}{L_f + L_{\text{örtü}}} = \frac{L_f - L_c}{L_f + L_{\text{örtü}}} \\
C_1 &> C_2
\end{aligned} \tag{3.17}$$

Örtü parıltısı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned}
L_{\text{örtü}} &= k \sum_{i=1}^n \frac{E_{\text{G}i}}{\theta_i^2} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \\
(1.5^\circ < \theta < 30^\circ \text{ için geçerli})
\end{aligned} \tag{3.18}$$

Burada  $E_{\text{G}i}$ ; i. kamaşma kaynağının gözde meydana getirdiği aydınlık düzeyi,  $\theta_i$  kamaşma kaynağı ile yapılan açı, k ise yaşa bağlı bir çarpandır.

$$\begin{aligned}
k &= (0.0752 \cdot \text{yaş} - 1.883)^2 + 9.2 \\
25 < \text{yaş} < 80 \text{ için geçerli}
\end{aligned} \tag{3.19}$$

Hem Avrupa’da kabul gören Uluslararası Aydınlatma Komisyonu’nun (CIE) 115 sayılı yayınında, hem de Amerika’da kullanılan ANSI’ye (Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü) ait RP-8-2000 yol aydınlatması standardında, görülebilirlik seviyesi (VL) değerlerinin hesabıyla ilgili olarak bu modele atıfta bulunulmuştur.

### 3.4.1.3 Küçük Cisim Görülebilirliği (STV)

“Hesaplanan VL değerlerinin ağırlıklı ortalaması“ olarak da bilinen STV kavramı, ANSI RP-8’de görülebilirlik ölçütü olarak tanımlanmıştır.

Bir cismin sürüş koşullarında görülebileceği en düşük mutlak VL değeri olarak 7, yol aydınlatması çevrelerince yaygın olarak benimsenmiştir. Ancak tasarımda görülebilirlik kriteri olarak tüm noktalardaki VL değerleri ayrı ayrı değerlendirilmeyecekse ve tüm hesap noktalarının görülebilirlik durumunu ifade eden tek bir değer aranıyorsa, bu değer noktaların VL değerlerinin sayısal dağılımına ilişkin de bir fikir vermelidir. Örneğin; yoldaki hesap noktalarının yarısında mutlak VL değerinin 14, kalan yarısında ise 0 olduğunu varsayalım. Bu durumda VL değerlerinin aritmetik ortalaması 7 olmakla birlikte, noktaların yalnızca yarısı görülebilir. Tüm noktaların mutlak VL değeri 7 olan bir yolda ise noktaların tamamı görülebilir. STV kavramının kullanımındaki amaç bu farkın ortaya konmasıdır. Söz konusu ilk örnekte STV 2.84 iken ikincisinde STV 7 olarak hesaplanmıştır.

Aşağıda anlatılan STV hesabında küçük mutlak VL değerine sahip noktalar daha büyük ağırlıkla hesaba katılırlar.

$$RWVL = 10^{[-0.1|VL|]} \quad (3.20)$$

$$ARWVL = \text{Tüm RWVL değerlerinin toplamı} / \text{Hesap noktası sayısı} \quad (3.21)$$

$$STV = -10 \cdot \log_{10} ARWVL \quad (3.22)$$

Burada RWVL; “bağıl ağırlıklı VL” ve ARWVL; “bağıl ağırlıklı VL değerlerinin ortalaması” olarak bilinir.

#### 3.4.1.4 Yol Aydınlatması Tasarımında Görülebilirlik

Görülebilirlik kavramının yol aydınlatması tasarımında kullanılması, parıltı yönteminde ekonomiklik ve etkinlik koşullarının ikisini de sağlayan tasarım değerleri bulma çabalarının ürünüdür.

Görülebilirlik hesabında Adrian modelinin kullanımı hem Avrupa hem de Amerika'da benimsenmiş olmakla beraber, gerek hesaplanan VL değerlerinin yol aydınlatması tasarımında ne şekilde kullanılacağı, gerekse VL değerinin hesabındaki etkenlerin değerleri, henüz netleşmemiştir. Konuyla ilgili Amerikan standardı ve Avrupa'da kullanılan yönergeler pek çok noktada farklılık göstermektedir.

Kritik cismin boyutlarının ve şeklinin ne olması gerektiğini irdeleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda, hesaplarda en kritik durumu temsil etmek üzere, bir arabanın zarar görmeden üzerinden geçip gidebileceği en büyük boyutlara sahip yola dik bir levhanın kullanımı genel olarak kabul görmüştür. ANSI RP-8 cisim boyutlarını 18x18 cm olarak, CIE 115 ise 20x20 cm olarak vermiştir. Cismin şekliyle ilgili çalışmalarda gerçek durumu daha iyi modelleyen üç boyutlu cisimler de değerlendirilmiş ve bir düzlemsel levhanın, aynı görünür büyüklüğe sahip üç boyutlu bir cisimden daha zor görüleceği sonucuna ulaşılmıştır [18]. Düzlemsel levha kullanımı daha kritiktir ve hem ANSI hem de CIE tarafından benimsenmiştir.

Yolda karşılaşılabilecek cisimlerin çoğu %20 yansıtma faktörüyle modellenabilir [9]. CIE 115-1995'de bu değer benimsenirken, ANSI RP-8-2000'de cismin yansıtma faktörünün %50 alınması gerektiği belirtilmiştir [9].

Yapılan çalışmalar; sürücülerin aracın önündeki her bir noktaya en az 0.2 en fazla 0.5 s boyunca baktığını göstermektedir [17]. 0.2 s için hesaplanan VL değerleri 0.5 s için hesaplanandan daha düşük olacağından, gözlem süresinin 0.2 s olarak alınması en kötü durumu temsil edecektir. ANSI RP-8-2000'de gözlem süresi 0.2 s olarak verilmiştir. CIE 115-1995'de ise gözlem süresi için herhangi bir değer belirtilmemiştir.

Gözlemci yaşı arttıkça görülebilirlik seviyesi değerleri önemli ölçüde azalmaktadır [3]. ANSI RP-8-2000'de hesapların görece yüksek bir yaş değeri olan 60 yaşa göre

yapılması gerektiği belirtilmiştir. CIE 115-1995’de ise herhangi bir yaş değeri belirtilmemiştir.

Noktanın gözlemciden uzaklığı, cismin görünen boyutunu değiştireceğinden VL hesabında önemli bir faktördür. CIE 115-1995; VL hesabında gözlemcinin hesap alanından 83 m uzakta ve sabit olarak alınacağını belirtirken, ANSI RP-8-2000, gözlemciyi görülebilirlik seviyesi hesaplanan noktanın 83 m gerisinde ve hareketli olarak tanımlamıştır.

Göz seviyesinin yerden yüksekliği; RP-8-2000’de 1.45 m olarak verilirken, CIE’nin yol aydınlatması hesabıyla ilgili 140 sayılı yönergesinde 1.5 m olarak verilmiştir.

Konuyla ilgili CIE yönergeleri ve Amerikan standardı arasındaki VL hesabıyla ilgili büyüklükler ve farklılıklar tablo 3.1’de verilmiştir.

**Tablo 3.1:** CIE yönergeleri ve Amerikan standardı arasında VL hesabıyla ilgili farklar

	<b>CIE 140/115</b>	<b>ANSI RP 8</b>
Hesap alanı sınırları	Aynı taraftaki ardışıl iki armatür arası	
Hesap noktalarının enine aralığı	3 sıra Aralık=Şerit genişliği/3	2 sıra Aralık=Şerit genişliği/2
Hesap noktalarının boyuna aralığı	En fazla 3 m, en az 10 adet olacak şekilde belirlenir	En fazla 5 m, en az 10 adet olacak şekilde belirlenir
İlk hesap noktasının ilk armatürden uzaklığı	Boyuna aralığın yarısı	
Gözlemci konumu	Parıltı hesabında şeridin ortasında ve hesap alanının başlangıcından 60 m geride, VL hesabında hesap alanının başlangıcından 83 m geride	Şeridin ortasında ve her bir hesap noktasından 83 m geride
Gözlemci türü	Sabit	Hareketli
Göz yüksekliği	1.5 m	1.45 m
Gözlemci yaşı	Belirsiz	60
Cisim boyutu	20 cm x 20 cm	18 cm x 18 cm
Cismin yansıtma faktörü	0.2	0.5
Gözlem süresi	Belirsiz	0.2 s

Hesaplanan VL değerlerinin tasarımda ne şekilde kullanılacağı konusunda da farklılıklar vardır. RP 8-2000 en düşük STV değerlerini tanımlarken, CIE 115’deki alternatif kriter takımında, farklı yol aydınlatma sınıfları için sağlanması gereken en düşük VL değerleri verilmiş fakat bulunan değerlerin aritmetik ortalamasının mı, ağırlıklı ortalamasının mı

yoksa noktasal değerinin mi kriter olarak kullanılacağı konusunun henüz açık olmadığı belirtilmiştir.

Hesapların sağlıklı bir temele oturtulabilmesi ve yapılan farklı çalışmaların karşılaştırılabilmesi için tesisatın görülebilirlik açısından değerlendirilmesine etki edecek tüm bu değerlerin gerçek durumu en iyi temsil edecek şekilde seçilmesi ve ilgili yönerge ve standartlarda belirtilmesi gerektiği açıktır.

### **3.5 Kalite Kriterlerinin Sağlaması Gereken Değerler**

Etkin ve ekonomik bir aydınlatma tasarımı için yol aydınlatma kriterlerinin alması önerilen değerler Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIE) 115 sayılı, 1995 tarihli, "Motorlu ve Yaya Trafikli Yolların Aydınlatılması için Öneriler" adlı yayınında ve ANSI RP-8 "Amerikan Ulusal Yol Aydınlatması Standardı"nda verilmiştir.

CIE 115; ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kullanılmaktadır ve yeni düzenlemelerle Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirket (TEDAŞ) tarafından da kullanılacaktır.

Parıltı yönteminde amaç, üzerindeki canlıların ve nesnelerin siluet olarak görülmelerini sağlayacak parlak bir yol yüzeyi elde etmektir. Bu nedenle yol yüzeyinin parıltı değeri ve düzgünlüğü ile kamaşmanın miktarı hesaba temel oluşturan kriterlerdir. Ancak pek çok durumda yoldaki engelin yansıtma faktörünün, engelin siluet olarak değil, doğrudan görülmesine neden olacak kadar yüksek olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca trafiğin yoğun olduğu durumlarda görülmesi gereken canlı ya da nesnenin ardındaki fon, yol yüzeyi değil yoldaki diğer araçlardır. Ancak tesisatın düşük bir kamaşma derecesi ile yeterli ve düzgün yol parıltıları elde edilecek şekilde kurulması yaygın ve sınanmış bir uygulamadır ve pratikte iyi sonuçlar vermektedir [6]. Görülebilirlik seviyesinin ölçü olarak kullanıldığı uygulamalar ise bilgisayar kullanımına paralel olarak gitgide yaygınlaşmaktadır.

Sürücü tarafından yapılan görsel işin zorluk derecesi, yolun karmaşıklığına, yoğunluğuna, trafiğin hızına, işaretleme ve sinyalizasyonun durumuna ve yoldaki diğer

kullanıcıların türüne göre değişir. Bu nedenlerle, yol aydınlatması tasarım kriterlerinin alması gereken değerler yoldan yola göre farklılık gösterir. Aydınlatma tasarımı yapılacak yolların sayılan özelliklerine göre gruplanmasında standardizasyon sağlanabilmesi için konuyla ilgili standart ve yönergelerde, yol aydınlatma sınıfları tanımlanmıştır.

### 3.5.1 Yol Aydınlatma Sınıfları ve Tanımları

CIE'nin 115 numaralı yayınına göre motor trafiğine açık yollar; kullanım amaçları, kullanıcı tipleri, trafik yoğunluğu ve kontrolüne göre Tablo 3.2'deki gibi sınıflandırılmaktadır.

**Tablo 3.2:** CIE 115'e göre aydınlatma sınıfları

Yolun Tanımı	Aydınlatma Sınıfı
Bölünmüş yollar, ekspres yollar, otoyollar (otoyola giriş ve çıkışlar, bağlantı yolları, kavşaklar, ücret toplama alanları) Trafik yoğunluğu ve yolun karmaşıklık düzeyi (Not 1): Yüksek Orta Düşük	M1 M2 M3
Devlet yolu ve il yolları (tek yönlü ve iki yönlü; kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri ve çevre yolları dahil) Trafik kontrolü (Not 2) ve yol kullanıcılarının (Not 3) tiplerine göre ayrımı (Not 4): Zayıf İyi	M1 M2
Şehir içi ana güzergahlar (bulvarlar ve caddeler), ring yolları, dağıtıcı yollar Trafik kontrolü (Not 2) ve yol kullanıcılarının (Not 3) tiplerine göre ayrımı (Not 4): Zayıf İyi	M2 M3
Şehir içi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları) Trafik kontrolü (Not 2) ve yol kullanıcılarının (Not 3) tiplerine göre ayrımı (Not 4): Zayıf İyi	M4 M5
<p><b>Not 1. Karmaşıklık:</b>Yolun geometrik yapısını, trafik hareketlerini ve görsel çevreyi içerir. Göz önünde bulundurulması gereken faktörler şerit sayısı, yolun eğimi, trafik ışık ve işaretleridir.</p> <p><b>Not 2. Trafik Kontrolü:</b> Yatay ve dikey işaretlemeler ve sinyalizasyon ile trafik mevzuatının varlığı anlamında kullanılmıştır. Bunların olmadığı yerlerde trafik kontrolü zayıf olarak adlandırılır.</p> <p><b>Not 3. Kullanıcılar:</b> Motorlu araçlar(kamyon, otobüs, otomobil vb.), bisiklet, yavaş araçlar ve yayalar</p> <p><b>Not 4. Ayrım:</b> Tahsisli yol (her bir trafik cinsinin kullanacağı şeridin kesin olarak ayrıldığı yerler, örneğin otobüs yolu, bisiklet yolu vb.)</p>	

Benzer bir sınıflandırma sistemi ANSI RP-8'de de mevcuttur ve Tablo 3.3'de verilmiştir.

**Tablo 3.3:** ANSI RP-8'e göre aydınlatma sınıfları

Yolun Tanımı	Aydınlatma Sınıfı
Erişimi tamamıyla kontrol altında olan, başka bir yolla kesişmeyen, yüksek yoğunluk ve görsel karmaşıklığa sahip çevre yolları	Çevre yolu (sınıf A)
Erişimi tamamıyla kontrol altında olan, başka bir yolla kesişmeyen çevre yolları	Çevre yolu (sınıf B)
Erişimi kısmen kontrol altında olan bölünmüş yollar	Otoyol
Yoğun trafikli bölgeleri birbirine bağlayan yollar ve şehrin çıkışındaki ana yollar	Ana yol
Ana yolları yerleşim yerlerine bağlayan yollar	Toplayıcı yol
Yerleşim, ticaret, endüstri alanları içindeki düşük yoğunluklu yollar	Lokal yol

### 3.5.2 Önerilen Değerler

CIE 115 ve ANSI RP-8'e göre bir yol aydınlatması tesisatında parıltı yöntemine göre sağlanması istenen değerler aydınlatma sınıfına bağlı olarak sırasıyla Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'de verilmiştir.

**Tablo 3.4:** CIE 115'e göre parıltı yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler

Ayd. Sınıfı	Geçerlilik				
	Tüm yollar	Tüm yollar	Tüm yollar	Diğer yollarla kesişmeyen ya da ender kesişen yollar	Kaldırımları uygun şekilde aydınlatılmamış yollar
	Yolun ortalama parıltısı $L_0$ (cd/m <sup>2</sup> )	Parıltının ort. düzgünlüğü $U_0$	Bağıl eşik artışı TI (%)	Parıltının boyuna düzgünlüğü $U_1$	Çevre aydınlatma oranı SR
M1	≥2.0	≥0.4	≤10	≥0.7	≥0.5
M2	≥1.5	≥0.4	≤10	≥0.7	≥0.5
M3	≥1.0	≥0.4	≤10	≥0.5	≥0.5
M4	≥0.75	≥0.4	≤15	-	-
M5	≥0.5	≥0.4	≤15	-	-

**Tablo 3.5:** ANSI RP-8'e göre parıltı yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler

Aydınlatma Sınıfı	Yayaların bulunduğu bölgelerle ilişki	Yolun ortalama parıltısı $L_o$ (cd/m <sup>2</sup> )	Düzensüzlük Oranı $L_o/L_{min}$ (maksimum)	Düzensüzlük Oranı $L_{max}/L_{min}$ (maksimum)	Örtü parıltısı oranı $L_{vmax}/L_o$ (maksimum)
Çevreyolu (sınıf A)	-	0.6	3.5	6	0.3
Çevre yolu (sınıf B)	-	0.4	3.5	6	0.3
Otoyol	Yüksek	1	3	5	0.3
	Orta	0.8	3	5	0.3
	Az	0.6	3.5	6	0.3
Ana yol	Yüksek	1.2	3	5	0.3
	Orta	0.9	3	5	0.3
	Az	0.6	3.5	6	0.3
Toplayıcı yol	Yüksek	0.8	3	5	0.4
	Orta	0.6	3.5	6	0.4
	Az	0.4	4	8	0.4
Lokal yol	Yüksek	0.6	6	10	0.4
	Orta	0.5	6	10	0.4
	Az	0.3	6	10	0.4

Parıltı yönteminde, yoldaki engellerin daha iyi algılanabilmesi için düşük kontrast eşığı değerleri elde edilmeye çalışılır. Yol; üzerindeki canlılar ve cisimler için bir fon oluşturur. Bu nedenle sürücünün kontrast eşığını belirleyen etkenlerden biri yolun ortalama parıltısıdır. Yapılan çalışmalar; kontrast eşığının, fon parıltısının 2 cd/m<sup>2</sup> değerinden sonra artık pek düşmediğini göstermektedir [12]. Bu noktadan sonra fon parıltısını arttırmak yüksek bir fayda sağlamayacağından, ekonomik olmayacaktır. CIE 115'de önerilen değerler incelendiğinde, en karmaşık yol aydınlatma sınıfı olan.M1 için ortalama parıltının 2 cd/m<sup>2</sup> olarak önerildiği, diğer aydınlatma sınıflarında daha düşük değerlerin yeterli bulunduğu görülmektedir. ANSI RP-8'de verilen ortalama parıltı değerleri, otoyol ve çevre yollarında CIE tarafından önerilenlerden düşük olmakla beraber diğer yollarda yaklaşık aynıdır.

CIE 115'te; yolun; aydınlatmanın kullanıldığı saatlerde genellikle ıslak olduğu bölgelerde, aydınlatma tasarımında bu durumun da göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Islak bir yolda; yolun kuru iken görece aydınlık kısımları daha da aydınlık, görece karanlık kısımları daha da karanlık gözükecektir. Bu; düzensüzlüklerin bozulması anlamına gelmektedir [6]. CIE 47'ye göre; yol ıslandığında W1, W2, W3 veya W4

parıltı sınıfına ilişkin tablolardan biri kullanılmalıdır. Bu sınıflandırmada, kuru yollar için yapılan sınıflandırmalarda olduğu gibi, W harfinin yanındaki sayı büyüdükçe yol daha aynasal yansıtma özellikleri göstermektedir. CIE 47'ye göre, yol W4 sınıfındakinden daha az aynasal yansıtma özellikleri gösterse bile bu tablolardan en kötü düzgünlük değerleri verecek olan W4 ile tasarım yapmak emin bir yaklaşımdır [17].

Yol ıslandığında; ortalama parıltı değerleri artar. Ancak bununla birlikte minimum parıltı değerleri düştüğünden özellikle ortalama düzgünlük çok azalmaktadır. Bu nedenle ıslak yol da dikkate alınarak yapılacak hesaplarda, parıltının ortalama düzgünlüğünün kontrol edilmesi amaçlanmalıdır. Hesaplarda W1, W2, W3 ve W4 yol sınıfları kullanılması durumunda elde edilmesi gereken en düşük ortalama düzgünlük değerleri sırasıyla 0.3, 0.25, 0.2 ve 0.15 olmalıdır [17]. CIE 115'e göre tesisat; hem uygun W tablosu ile ortalama düzgünlüğün 0.15'den büyük olması koşulunu hem de yolun kuru haldeki yansıtma tablosu kullanılarak yapılan hesapta söz konusu yol için öngörülen kriter değerlerini sağlamalıdır [6].

Görülebilirliğin kriter olarak alınması durumunda ise CIE 115 ve ANSI RP-8'de sırasıyla Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'deki değerler önerilmektedir.

**Tablo 3.6:** CIE 115'e göre görülebilirlik yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler

Aydınlatma Sınıfı	Görülebilirlik seviyesi	Yolun ortalama parıltısı $L_0$ (cd/m <sup>2</sup> )	Parıltının boyuna düzgünlüğü $U_1$	Bağıl eşik artışı TI (%)
M1	7.5	$\geq 1.0$	$\geq 0.2$	$\leq 10$
M2	7.0	$\geq 1.0$	$\geq 0.2$	$\leq 10$
M3	6.0	$\geq 0.7$	$\geq 0.2$	$\leq 10$
M4	5.5	$\geq 0.5$	$\geq 0.2$	$\leq 10$
M5	5.0	$\geq 0.5$	$\geq 0.2$	$\leq 10$

**Tablo 3.7:** ANSI RP-8'e göre görülebilirlik yöntemine göre tasarımda sağlanacak değerler

Aydınlatma Sınıfı	Yayaların bulunduğu bölgelerle ilişki	Ağırlıklı ortalama görülebilirlik düzeyi (STV)	Yolun ortalama parlıtısı $L_{avg}$ (cd/m <sup>2</sup> ) refüj < 7.3m	Yolun ortalama parlıtısı $L_{avg}$ (cd/m <sup>2</sup> ) refüj ≥ 7.3 m	Düzensünlük Oranı $L_{max}/L_{min}$ (maksimum)
Çevre yolu (sınıf 1)	-	3.2	0.5	0.4	6
Çevre yolu (sınıf 2)	-	2.6	0.4	0.3	6
Otoyol	-	3.8	0.5	0.4	6
Ana yol	Yüksek	4.9	1	0.8	6
	Orta	4	0.8	0.7	6
	Az	3.2	0.6	0.6	6
Toplayıcı yol	Yüksek	3.8	0.6	0.5	6
	Orta	3.2	0.5	0.4	6
	Az	2.7	0.4	0.4	6
Lokal yol	Yüksek	2.7	0.5	0.4	10
	Orta	2.2	0.4	0.3	10
	Az	1.6	0.3	0.3	10

Tablolar incelendiğinde, gerek CIE 115'de gerekse ANSI RP-8'de, görülebilirlik düzeyinin tasarım kriteri olarak kullanıldığı durumda ortalama parlıtı için önerilen değerlerin, çoğu yol sınıfı için, parlıtı yöntemindekine göre düşük verildiği ve çok daha düşük düzensünlüklerle yetinildiği görülmektedir.

Ancak ortalama parlıtı değerlerinin ve parlıtı düzensünlük oranlarının bu derece düşük tutulması gerçek koşullarda tehlikeli durumlara neden olabilir.

Yol aydınlatmasının, yoldaki engelleri görülebilir kılmamanın yanı sıra suç işlenmesini zorlaştırmak ve kullanıcılarda güvenlik hissi yaratmak gibi başka işlevleri de vardır. Çok düşük ortalama parlıtılar, aydınlatmanın bu işlevlerini yok edebilir. Ek olarak, yol parlıtısının yüksek olması, karşıdan gelen arabaların farlarının yaratacağı kamaşmayı azaltması açısından da önemlidir.

Tasarımda sağlanan düzensünlüklerin çok düşük tutulması ise, hesap noktalarındaki VL değerlerinin sayısal dağılımını kötüleştireceğinden, görülebilirlik açısından istenmeyen sonuçlar doğuracağı gibi, konfor hissini de azaltır.

Görülebilirlik kavramının esas alınması halinde, yol aydınlatması kriterlerinin alması gereken değerler konusunda kesin bilgiler henüz mevcut değildir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonun (CIE)'nin bu amaç için kurulan TC 4-36 sayılı "Visibility Design for Roadway Lighting" adlı teknik komitesi çalışmalarına devam etmektedir.

#### 4. YOL AYDINLATMASI KONTROL SİSTEMLERİ

Yol aydınlatması kontrol sistemleri; temelde yoldaki aydınlık düzeyini düşürerek enerji tasarrufu yapmaya yönelik sistemlerdir. Sistemin karmaşıklığına bağlı olarak, belirlenen değişkenlere göre sistemdeki lambaları otomatik olarak yakıp söndürmek ve/veya kademeli/kademesiz olarak loşlaştırmak, bozuk ve bozulmak üzere olan lambaları uzaktan tespit etmek, harcanan enerji miktarını ölçmek gibi işlevlerden bir veya birkaçını yerine getirebilirler.

Yoldaki aydınlık düzeyini düşürmenin en basit yolu, armatürlerden bazılarını devreden çıkarmaktır. Ancak bu türden bir uygulama parıltının düzgünlüğünü bozarak hem bazı noktalardaki görülebilirliği kötüleştireceğinden hem de konforsuzluk hissi yaratacağından, tercih edilmemelidir. Bunun yerine tüm lambaların aynı miktarda loşlaştırılması, düzgünlüğe hiç etki etmeksizin yolun parıltısını ve aydınlık düzeyini aklı ile aynı oranda düşürecek uygun bir çözümdür.

Loşlaştırma amacıyla kullanılacak çeşitli devreler ticari olarak bulunmaktadır. Bunlar çalışma şekillerine ve işlevlerine göre gruplandırılabilirler. Sonraki bölümde, söz konusu devreler, piyasada mevcut modellerle örneklenerek kabaca anlatılacak ve kontrol sistemlerinin genel özelliklerine değinilecektir.

Lamba kataloglarındaki verilere göre, tüm lambalar loşlaştırmaya uygun değildir. Teknik olarak, farklı tipte lambaların farklı oranlarda loşlaştırılmasının mümkün olduğu da göze çarpmaktadır. Geçmiş yıllarda yol aydınlatması tesisatlarında çok kullanılan yüksek basınçlı civa buharlı lambalar yerlerini etkinlik faktörleri daha yüksek (31-52 lm/W yerine 80-123 lm/W) ve ekonomik ömürleri daha uzun olan (4000 saat yerine 20000 saat) yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalara bırakmıştır. Yeni tesisatlarda genellikle bu lambalar kullanılmaktadır. Loşlaştırmaya uygun sodyum buharlı lambaların anma akılarının %20'sine kadar loşlaştırılacakları bildirilmektedir. Beyaz

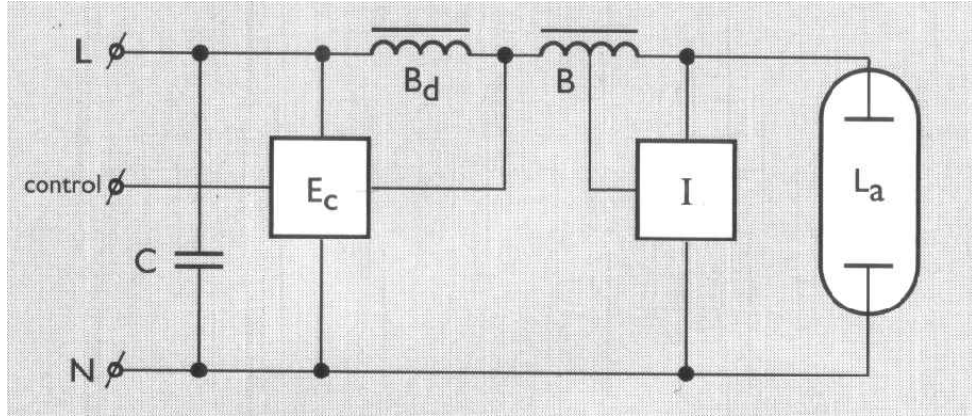
ışık vermeleriyle dikkat çeken metal halojen lambaların etkinlik faktörleri ise yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ile civa buharlı lambalar arasında bulunmaktadır ve %50 akıya kadar loşlaştırılabilmektedirler. [19].

#### 4.1 Loşlaştırma Devreleri

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların loşlaştırılmasında kullanılan devreler üç ana grupta toplanabilir.

##### 4.1.1 Manyetik balast ile iki kademeli loşlaştırma

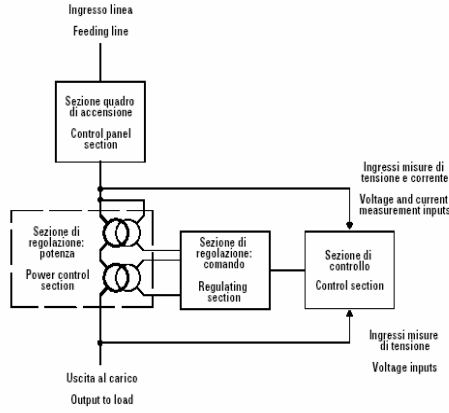
Tipik bir bağlantı şeması Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu devrede; devreye kendi balastının (B) yanı sıra ikinci bir balast daha seri bağlanır (Bd) ve akı kısılmak istendiğinde bir kontrol devresi tarafından (EC) devreye sokulur. İki ayrı balast yerine üç uçlu tek bir balast kullanmak da mümkündür.



Şekil 4.1: Manyetik balastla kademeli loşlaştırma

##### 4.1.2 Şebeke gerilimini regüle eden devreler

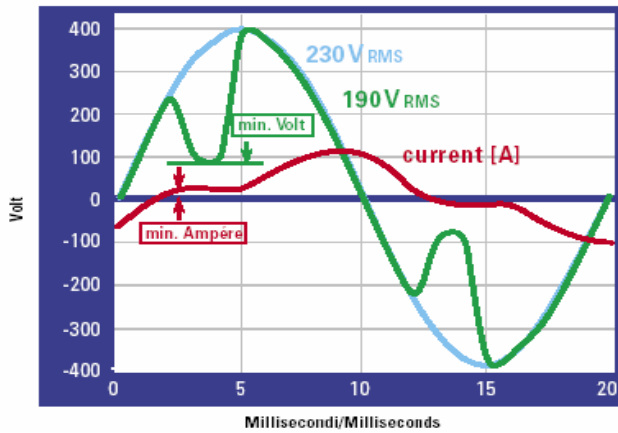
Bunlar da kendi aralarında iki gruba ayrılabilir. İlki; lambalara uygulanan gerilimin dalga şeklini değiştirmeksizin genliğini değiştiren devrelerdir. Merloni Progetti firmasının ürettiği bu türden bir ürünün blok şeması ve fotoğrafı Şekil 4.2’de verilmiştir.



**Şekil 4.2:** Şebeke geriliminin genliğini regüle eden devrelere bir örnek

Bu devrenin çalışma prensibine göre; lambaların beslendiği hat üzerine bir trafonun sekonder sargısı seri bağlanır. Trafonun primer akımı kontrol edilerek sekonder sargıda istenen genlik ve fazda bir gerilim elde edilir. Bu gerilimin şebeke gerilimi ile toplamı lamba gerilimini verdiği için, trafo sekonder gerilimini regüle ederek lamba gerilimini değiştirmek mümkündür. Söz konusu ürün ile bir grup yüksek basınçlı sodyum buharlı lambayı %35 akıya kadar kademesiz loşlaştırmak mümkündür.

İkinci gruptaki devreler; lambaya uygulanan gerilimin dalga şeklini değiştirmek suretiyle etkin değerini düşürürler. Merloni Progetti firmasının bu türden bir ürününe ait bir fotoğraf ile lamba akım ve geriliminin dalga şekilleri Şekil 4.3’de verilmiştir. Söz konusu ürün ile bir grup lambayı %20 akıya kadar kademesiz loşlaştırmak mümkündür.



**Şekil 4.3:** Şebeke geriliminin etkin değerini değiştiren bir güç elektroniği devresi

### **4.1.3 Loşlaştırma Yeteneğine Sahip Elektronik Balastlar**

Elektronik balastlar, şebeke gerilimini önce doğrultup sonra evirirler. Balastların çıkış frekansı düşük güçlü lambalarda 100-400 Hz, orta güçlü (250-400 W) lambalarda ise 100-200 kHz aralığındadır.

Piyasada 1-10 V ve DALI gibi aydınlatma otomasyonunda yaygın olarak kullanılan kontrol ara yüzlerine uyumlu tipleri bulunmaktadır.

Giriş güç faktörü kontrol (PFC) devreleri sayesinde giriş doğrultma devrelerinin şebekeyi harmonikli bir akım çekerek kirletmesi ve reaktif güç çekilmesi önlenir. (PF $\approx$ 1)

Arızalanan lambayı yeniden ateşlemeyi önleyerek kendini ve sistemi koruyan modelleri vardır.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar için akımın kademesiz olarak anma değerinin %20'sine kadar ve metal halojen lambalar için %50'sine kadar indirilmesine imkan veren modeller mevcuttur.

## **4.2 Kontrol Sistemlerinin Genel Özellikleri**

Her biri tek bir lambaya bağlı loşlaştırıcılar (iki kademeli manyetik balastlar ve elektronik balastlar) armatürün içine yerleştirilirler ve bir kontrol devresi tarafından kumanda edilirler.

Bu devre lambanın çalışma saatlerini ve arıza durumunu merkez bir birime bildirirken, buradan gelen bilgiye uygun kontrol gerilimini üreterek balasta uygular.

Merkez birimlerle kontrol devreleri arasında genellikle şebeke hatları üzerinden haberleşme teknolojisi kullanılır.

Merkez birimler armatürlerden gelen bilgileri kaydetme ve istendiğinde ya da düzenli olarak ana bir bilgisayara gönderme işlevine sahiptirler.

Yol aydınlatması tesisat giderlerinin önemli bir kısmını arızalı lambaların keşif giderleri oluşturmaktadır. Lambalardan arıza durumları hakkında geri besleme alınması sayesinde daha ekonomik bakım planları oluşturulabilmektedir.

Lamba çalışma saatlerinin sayılması ve kaydedilmesi sayesinde işletme giderlerinin daha net bir şekilde faturalanması mümkün olmuştur.

### **4.3 Faydalar**

Lambaları loşlaştırmak suretiyle yapılan aydınlık düzeyi ayarlamasının aşağıdaki ilave faydaları da bulunmaktadır.

- Lambayı şebeke gerilimindeki bozukluklardan koruyarak, lamba ömrünü %30 uzatma (elektronik balast)
- Bakım faktörü ve lamba güçlerinin kademeli olması nedeniyle başlangıçta gerekenden yüksek boyutlandırılan tesisatların ilk yıllarında loşlaştırılarak ekonomik işletilme imkanı
- Benzer şekilde lamba yaşlanarak ışık akısı düştüğünde loşlaştırma seviyesini arttırarak tasarım değerlerini sabit tutma imkanı
- Loşlaştırma sonucu armatür içinde oluşan ısının azalması nedeniyle armatür yaşlanmasının yavaşlaması
- Arızalı lambanın yeniden ateşlenmesi önlendiğinden, bu lambaya ait balast ve ateşleyicinin ömründe uzama (yalnızca elektronik balast)

## 5. YAPILAN HESAPLAR

Dünyanın en gelişkin yol aydınlatması kontrol sistemi Norveç'in Oslo kentinde bulunmaktadır. Hafslund ASA grubunun sahip olduğu Norveç'in en büyük dağıtım şirketi Viken Nett, Oslo bölgesindeki 250000 yol aydınlatma noktasının işletimi ve bakımından sorumludur. Bu şirketin verilerine göre Norveç'in 120 TWh olan yıllık elektrik enerjisi tüketiminin %15-20'si aydınlatma yüklerine aittir. Yol aydınlatması tarafından tüketilen enerji ise, toplam tüketimin %3'ünü oluşturmaktadır [20].

Oslo belediyesi, Hafslund ve konuyla ilgili devlet birimleri, Avrupa Birliği'ndeki 11 ülke ile birlikte E-STREET - "Avrupa'da Akıllı Yol ve Sokak Aydınlatması" adlı bir proje yürütmektedirler. Düşük enerji tüketimine sahip sistemlere odaklı bu projenin amaçları, yeni yol aydınlatması teknolojilerinin kullanımını teşvik etmek, bunların kullanımına ilişkin deneyim kazanmak ve ilgili yasal düzenlemelerin ve standartların gelişimini hızlandırmaktır.

Şu ana kadar, Oslo'daki yaklaşık 6500 yol aydınlatma armatürü yenileri ile değiştirilmiş, yüksek basınçlı civa buharlı lambalar yerine çok daha verimli ve uzun ömürlü olan şeffaf tüplü yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar takılmış ve lambaları loşlaştırmaya ve uzaktan izlemeye yönelik sistem bileşenleri tesisata eklenmiştir.

Söz konusu sistemde kontrol; zaman, meteorolojik koşullar, trafik yoğunluğu ve gün ışığı seviyesine göre yapılabilmektedir. Ancak mevcut durumda sadece zamana bağlı bir kontrol uygulanmakta ve trafik yoğunluğunun azaldığı gece saatlerinde lambalar loşlaştırılmaktadır.

Bir araç sürücüsünün gerekli manevrayı zamanında yapabilmesi için engeli en azından güvenli duruş mesafesinden görmesi gereklidir. Güvenli duruş mesafesi hızla karesel artar. Trafik yoğunluğu azaldığında sürücülerin hızlandığı düşünülürse, gece saatlerinde yolun daha uzak kesimlerinin de görülebilir olması gerektiği sonucu çıkar. Ancak aynı

aydınlatma altında cisme olan mesafe arttıkça önemli ölçüde azalan görülebilirlik, loşlaştırma yapıldığında daha da azalacaktır. Bu mantığa göre şu an Oslo'da uygulanan kontrol yönteminin doğruluğu kuşkuludur.

Trafiğin akış hızının ve loşlaştırmanın görülebilirliğe etkisini incelemek amacıyla Viken Nett yetkilileriyle bağlantı kurularak, Oslo'da E-STREET projesi kapsamında aydınlatma tesisatı yenilenen bir yolun tesisat bilgileri alınmıştır. Mevcut tesisata göre yolun ıslak ve kuru olması durumları için, parıltı ve farklı hızlara karşılık gelen güvenli duruş mesafelerinden görülebilirlik düzeyi hesapları yapılarak, yolun ortalama parıltı değerlerinin CIE-115'de önerilenden çok yüksek olmasına rağmen pek çok noktada istenen görülebilirlik koşullarını sağlamadığı görülmüştür. Bunun üzerine tesisat parametreleri, yolun ortalama parıltısını CIE-115'de önerilen seviyeye düşürecek şekilde değiştirilerek hesaplar tekrarlanmış, daha iyi görüş koşullarını daha ekonomik olarak elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Daha sonra ışık akısının belli oranlarda azaltılması durumunda görülebilirlik düzeylerinin değişimi incelenmiş, son olarak da mevcut ve düzeltilmiş tesisatlar ekonomik açıdan analiz edilmiştir.

İleride yapılacak bir çalışma ile hesap sonuçlarının deney yoluyla sınanması amaçlanmaktadır.

## **5.1 Hesapların Yapıldığı Yolun Özellikleri**

Tesisat bilgilerinin alındığı yol, Oslo'da Hallerudveien adında iki şeritli bir ana caddedir. Bir günde 8600 araç tarafından kullanılan bu yol, biri gidiş, diğeri dönüş için olmak üzere iki şeritlidir. Her bir şerit 3.5 m genişliğinde olup, yolun her iki tarafında da 2 m genişliğinde yaya kaldırımı bulunmaktadır.

Trafik kontrolünün durumu bilinmediğinden ve eldeki bilgilerle kullanıcı tiplerine göre ayırımın yeterli olup olmadığına ilişkin net bir değerlendirme yapılamadığından, CIE-115'e göre yol aydınlatma sınıfının M2 ya da M3 olabileceğine karar verilmiştir.

Yol yüzeyinin yansıtma sınıfı, yolun kuru olduğu durum için C2 olarak verilmiştir. Yolun ıslak olduğu durum için yapılan hesaplarda ise CIE 47’de belirtildiği üzere W4 yansıtma sınıfına ait tablo kullanılmıştır.

Daha önce 250 W’lık yüksek basınçlı civa buharlı lambaların kullanıldığı bu yolda, E\_STREET projesi kapsamında, lambalar 150 W yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ile değiştirilmiş ve armatürler yenilerek Philips HID Dynavision 1-10 V SON modeli loşlaştırma yeteneğine sahip elektronik balastlarla donatılmıştır. Philips Starsense uzaktan izleme sistemi kurularak, lambalar tek bir merkezden izlenebilir ve ayrı ayrı kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Direklerin yola uzaklığı, aralığı, yüksekliği, konsol boyu ve konsol açısı ise değiştirilmemiştir.

Direkler “kaydırılmış” düzende dizilidir. Aynı taraftaki iki direk arasındaki mesafe 40 m, direklerin yolun kenarından uzaklığı 2 m, direk yüksekliği 8 m, konsol boyu 1 m ve konsol eğimi 5 derece olarak verilmiştir. Şekil 5.1’de yola ait bir fotoğraf görülmektedir.

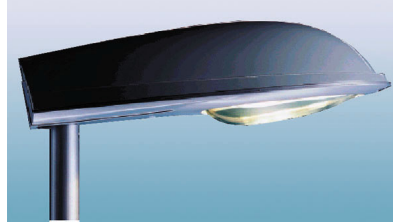


**Şekil 5.1:** “Hallerudveien” adlı caddenin görünüşü

## **5.2 Kullanılan Armatürün Özellikleri**

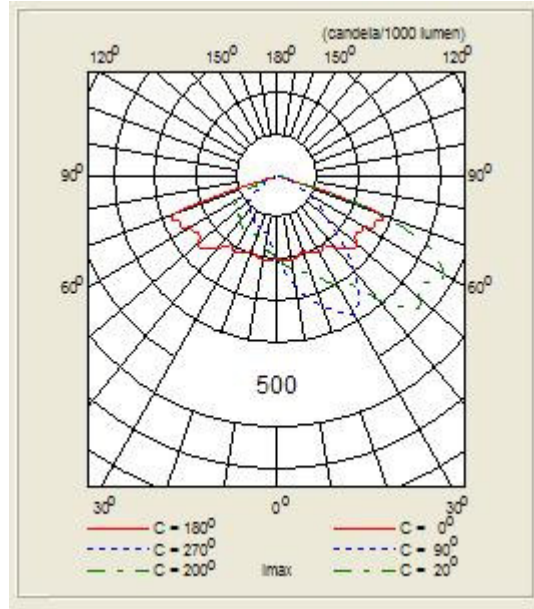
Yeni tesisatta Philips Iridium serisi SGS 253 modeli armatürler kullanılmıştır. Son teknoloji ürünü bu armatürler; çeşitli lamba, yansıtıcı, kırıcı, yayıcı, ekran ve lamba pozisyonu opsiyonlarıyla farklı ışık dağılımları vererek, esnek bir tasarıma olanak

sağlamaktadır. Balast ve ateşleyici/elektronik balast ve izleme sistemlerinde ilave edilmesi gereken kontrol modülü için armatürün içinde yer ayrılmış olup, yüksek IP derecesi ve sade iç tasarımı ile bakım gereksinimi ve zorluğu azaltılmıştır. Şekil 5.2’de bu seriden bir armatürün fotoğrafı görülmektedir.



**Şekil 5.2:** Philips Iridium serisi bir armatür

Ürün kodu SGS253\_FG\_TP\_P6 olarak verilen armatürün, armatürün merkezinden geçen ve yol eksenine dik düzleme göre simetrik olan ışık dağılım eğrisi Şekil 5.3’de görülmektedir. Burada “FG”, yassı cam kapak kullanıldığını, “TP” kullanılan yansıtıcı tipini ve “P6” lamba pozisyonunu göstermektedir.



**Şekil 5.3:** Kullanılan armatüre ait polar diyagram

Bu haliyle armatür; hiç bir C düzleminde 90 dereceye ışık vermediğinden ve 80 dereceye verdiği ışık şiddeti 100 lümeni geçmediğinden, “tam ekranlı” tip olarak adlandırılır.

### **5.3 Kullanılan Lambanın Özellikleri**

Daha önce de belirtildiği gibi, tesisatta bulunan civa buharlı lambalar, E-STREET projesi kapsamında yüksek basınçlı şeffaf tüplü sodyum buharlı lambalar ile değiştirilmiştir. Genel olarak bakıldığında civa buharlı lambaların etkinlik faktörleri lamba gücüne bağlı olarak 31-52 lm/W ve ömürleri sadece 4000 h iken, şeffaf tüplü yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların etkinlik faktörlerinin 80-123 lm/W ve ömürlerinin 20000 h olduğu görülmektedir. Bu nedenlerle şeffaf tüplü yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba kullanımı çok daha ekonomiktir ve yeni tesisatlarda genellikle bu lambalar tercih edilmektedir.

Yeni tesisatta Philips MASTER SON-T PIA Plus 150 W kullanılmıştır. Işık akısı 17500 lm olan bu lambanın etkinlik faktörü, balast hariç hesaplandığında 114 lm/W; tesisatta kullanılan balastla birlikte hesaplandığında 105 lm/W'dır.

### **5.4 Kullanılan Balastın Özellikleri**

Yeni tesisatta Philips HID Dynavision 150 SON 1-10 V modeli loşlaştırma yeteneğine sahip elektronik balast kullanılmıştır. Ayrıca bir ateşleyici kullanımını gerektirmeyen ve loşlaştırmaya uygun yüksek basınçlı sodyum buharlı ve metal halojen lambalarla kullanılabilen bu balast, 1-10 V kontrol sinyaliyle çalışmakta ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ışık akısını anma değerinin %20'sine, metal halojen lambalarının ise %50'sine kadar adımsız olarak kısabilmektedir. Aydınlatma sistemlerinde sıkça kullanılan DALI ara yüzü kontrol sinyallerine uyumlu olarak çalışabilen modeli de vardır.

Çalıştırıldıktan sonra 5 dakika süreyle kontrol gerilimine bakmaksızın %100 güç ile çalışarak lambayı koruma özelliğinin yanı sıra, ömrünün sonuna geldiği için ateşlenemeyen lambaları ateşlemeyi belli bir süre denedikten sonra daha fazla devam

etmeyerek kendini koruma özelliği de bulunmaktadır. Ani gerilim çökmelerinde lambanın sönmesi durumunda ise yeniden ateşler.

Akının %100'den %20 seviyesine inmesi 1.5 dakikadan kısa bir sürede, %20'den %100'e çıkması ise en fazla bir dakikada gerçekleşmektedir.

Lamba gerilimi ve akısı geniş bir şebeke gerilim aralığı için (180-264 V) giriş geriliminden bağımsız olduğu için çıkış akısı karardır ve lamba, şebekedeki bozukluklardan ve gerilim yükselmelerinden etkilenmez. Giriş güç faktörü yüke bağı olarak 0.93 ile 0.98 arasında kaldığı için şebekeden reaktif ve harmonikli akım çekmez.

Lamba ve balastın oluşturduğu sistem; lamba anma gücünde çalışırken 166 W çekmektedir.

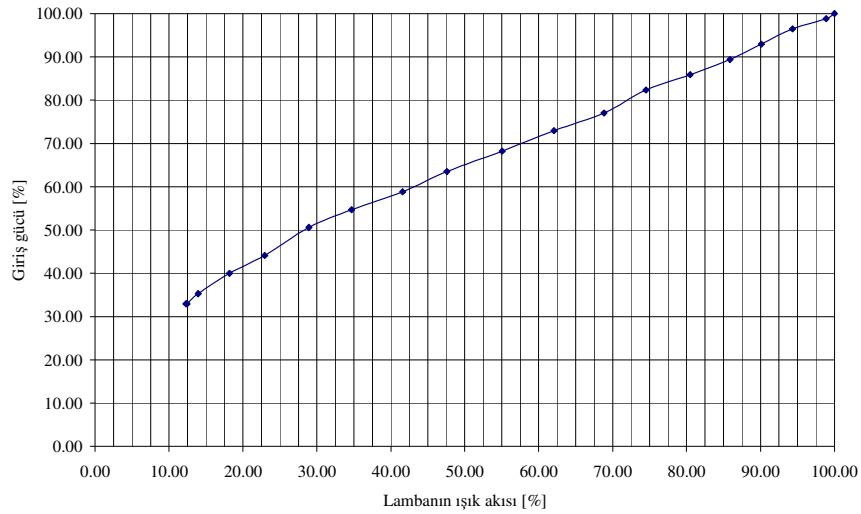
Loşlaştırma yeteneğine sahip elektronik balastlarda lamba loşlaştırıldığında, balastın girişten çektiği güç ile lambanın akısı aynı oranda azalmamaktadır. Ekonomik analizlerin sağlıklı olarak yapılabilmesi için, Oslo'daki sistemde kullanılan balast ve lambanın aynaları temin edilerek balastın akı-giriş gücü karakteristiği laboratuvarında deneyle çıkartılmıştır. Ayrıca, uygulamada çıkış akısının kontrol gerilimiyle ilişkisi de bilinmelidir. Bu nedenle yapılan deneyde kontrol gerilimi-akı karakteristiği de ayrıca çıkarılmıştır.

Deney İ.T.Ü Enerji Enstitüsü Enerji Verimliliği ve Aydınlatma Tekniği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarın fotometrik ölçme bölümünün tüm duvarları, zemini ve tavanı hiç ışık yansımamasını sağlayacak şekilde siyaha boyanmıştır ve içinde hiç bir eşya bulunmamaktadır. Lamba, balast ve kontrol gerilimini ayarlamak için kullanılan potansiyometreden oluşan sistemin girişine bir wattmetre bağlanmış ve lambanın karşısına bir lüksmetre sabitlenmiştir. Daha sonra kontrol gerilimi maksimum değeri olan 10 V'tan başlayarak 0.5 V'luk adımlarla azaltılarak her adımda giriş gücü ve lambanın lüksmetrenin algılayıcısı üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Çevreden ışık yansımadığından, ölçülen aydınlık düzeyi değeri doğrudan lambanın ışık akısıyla orantılıdır. Deneyden önce lamba; sürekli çalışma durumundaki karakteristiğini kazanması için yaklaşık yüz saat

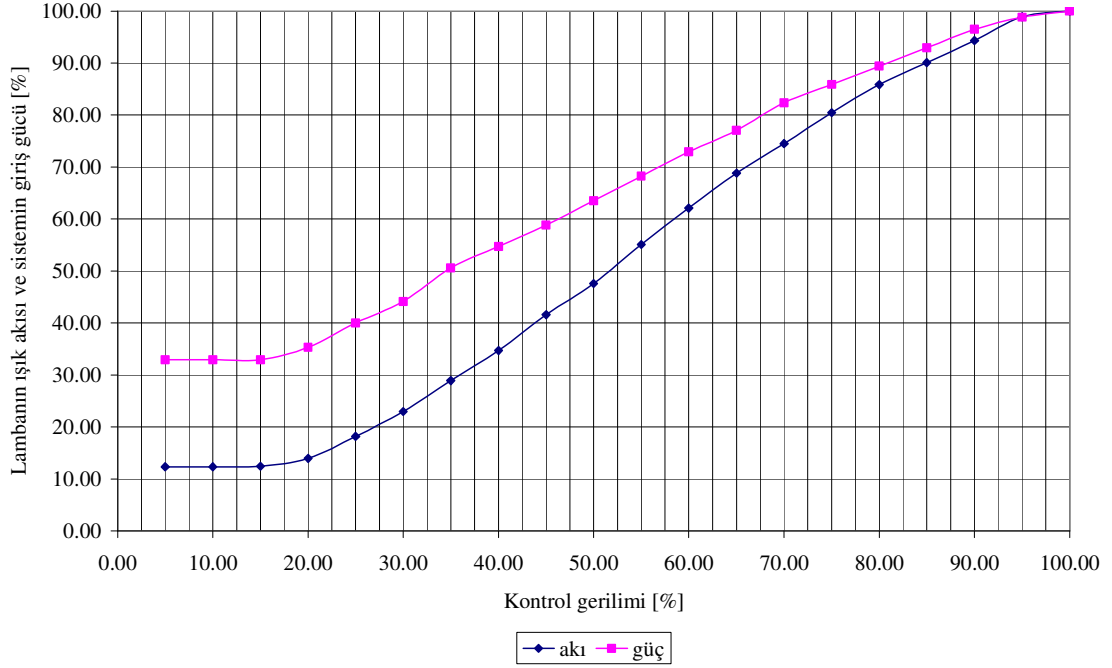
boyunca çalıştırılmış ve giriş gerilimi deney sırasında bir varyak yardımıyla 220 V'ta sabit tutulmuştur. Deney sonuçları Tablo 5.1'de ve bu sonuçlara dayanarak çizilen grafikler Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de verilmiştir.

**Tablo 5.1:** Balastın akı-güç-kontrol gerilimi ilişkisi

Giriş gücü Pg [W]	Giriş gücü Pg [%]	Aydınlık düzeyi E [lux]	Kontrol gerilimi Uk [V]	Kontrol gerilimi Uk [%]	Lamba akısı Φ [%]
170.00	100.00	25.97	10.00	100.00	100.00
168.00	98.82	25.68	9.50	95.00	98.88
164.00	96.47	24.50	9.00	90.00	94.34
158.00	92.94	23.40	8.50	85.00	90.10
152.00	89.41	22.30	8.00	80.00	85.87
146.00	85.88	20.90	7.50	75.00	80.48
140.00	82.35	19.35	7.00	70.00	74.51
131.00	77.06	17.88	6.50	65.00	68.85
124.00	72.94	16.12	6.00	60.00	62.07
116.00	68.24	14.30	5.50	55.00	55.06
108.00	63.53	12.36	5.00	50.00	47.59
100.00	58.82	10.80	4.50	45.00	41.59
93.00	54.71	9.01	4.00	40.00	34.69
86.00	50.59	7.51	3.50	35.00	28.92
75.00	44.12	5.96	3.00	30.00	22.95
68.00	40.00	4.72	2.50	25.00	18.17
60.00	35.29	3.62	2.00	20.00	13.94
56.00	32.94	3.23	1.50	15.00	12.44
56.00	32.94	3.20	1.00	10.00	12.32
56.00	32.94	3.20	0.50	5.00	12.32



**Şekil 5.4:** Balastın şebekeden çektiği gücün lambanın ışık akısıyla değişimi



**Şekil 5.5:** Lamba ışık akısı ve balastın şebekeden çektiği gücün kontrol gerilimiyle değişimi

## 5.5 Kontrol Sisteminin Özellikleri

Oslo’da E-STREET projesi kapsamında yenilenen tesisatların tümü Philips Starsense ailesi uzaktan izleme ve kontrol donanımı ile yönetilmektedir.

Starsense mimarisi; donanımsal olarak bir merkezde bulunan ana kontrol bilgisayarından, “segment controller – bölgesel denetleyici” (SC) ve “outdoor luminaire controller – armatür denetleyici” (OLC) adı verilen modüllerden, algılayıcılardan ve kumanda edilebilir balastlardan oluşur. Yazılım tarafındaki bileşenler ise, haberleşme protokolü, çeşitli değişkenlerin değerlerine bakarak lambaların durumunun ne olması gerektiğini (açık/kapalı/belli oranda loşlaştırılmış) otomatik olarak belirlemeye ve tesisat ile ilgili bilgileri raporlamaya yarayan program ve toplanan bilgileri görüntüleyen PC yazılımıdır.

OLC modüllerinin işlevleri şunlardır:

- SC modüllerinden gelen bilgiye göre açma/kapama veya istenen oranda loşlaştırma için gerekli kontrol sinyallerini üretir ve balasta uygular.
- Lamba ve balastın iç değişkenlerini (lamba durumu, loşlaştırma yüzdesi, gibi) ve oluşan sorunları (lambanın arızası, şebeke geriliminin olmaması vb.) saklar ve SC'ye aktarır.

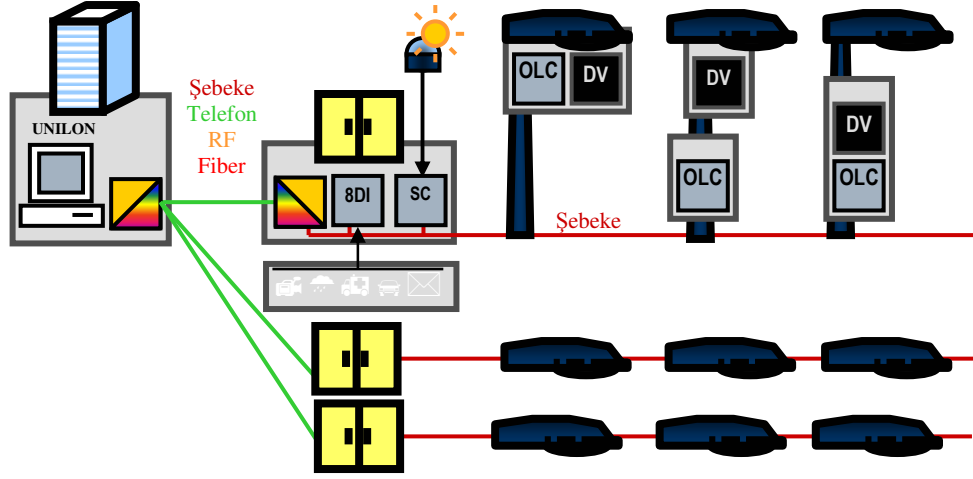
OLC modülleri armatüre ya da direğe yerleştirilir. OLC modülleri ile SC modülleri kendi aralarında LonTalk açık protokolünü kullanarak şebeke hattı üzerinden haberleşirler.

SC modülleri ana bilgisayara bağlantılı olmaksızın da çalışabilirler. SC modüllerinin işlevleri şunlardır:

- Ana bilgisayardan gelen komutları OLC'lere iletir.
- İstenirse dijital ve analog girişlerine uygulanan sinyaller doğrultusunda belli senaryoları uygulayacak şekilde programlanarak lambanın hangi durumda (açık/kapalı/loş) olmasının uygun olacağını belirler ve bu bilgiyi OLC'lere gönderir. Söz konusu sinyaller örneğin bir gün ışığı algılayıcısı veya trafik yoğunluğu algılayıcısı tarafından üretiliyor olabilir.
- Küresel koordinatların programlanması durumunda astronomik saat işlevi görür ve güneşin doğuş ve batış saatlerine göre programlanan senaryoları yürütebilir. Ayrıca; takvim işlevi sayesinde çalışma günlerini tatil günlerinden ve hafta sonlarından ayırt ederek her birine özgü farklı senaryolar yürütebilir.
- Ana bilgisayara bağlı olması durumunda OLC'lerden gelen verileri ana bilgisayara iletir, aksi halde kaydeder.

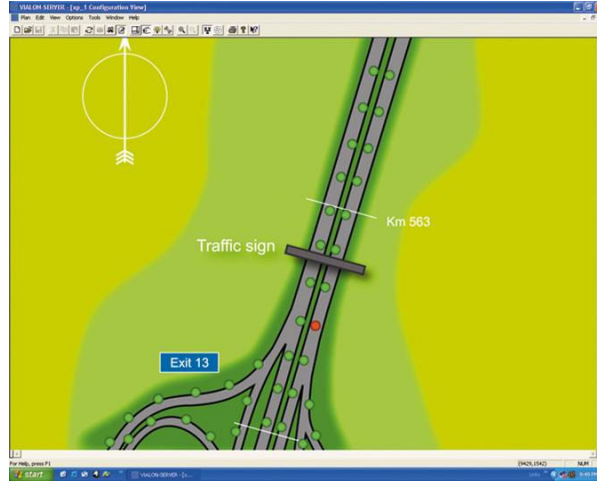
Her bir SC modülü en fazla 100 adet OLC modülüne kumanda edebilir. SC modülleri ile ana bilgisayar arasındaki haberleşmede de LonTalk protokolü kullanılır. Ortam olarak ise şebeke hattı, telefon hattı, fiber optik kablo ya da radyo dalgaları kullanılabilir. Oslo'daki sistemde GPRS haberleşmesi kullanılmıştır.

Starsense mimarisi aşağıda şematik olarak gösterilmiştir:



Şekil 5.6: Starsense mimarisi

UNILON adlı Starsense yazılımı; arızalı lambaları bir harita üzerinde gösterebilme özelliğine sahiptir. Bu sayede hem keşif gereksinimi ortadan kalktığından hem de ekonomik bakım programları oluşturmak mümkün olacağından, bakım maliyetleri düşmektedir. Aşağıda bu yazılımdan bir görüntü verilmiştir:



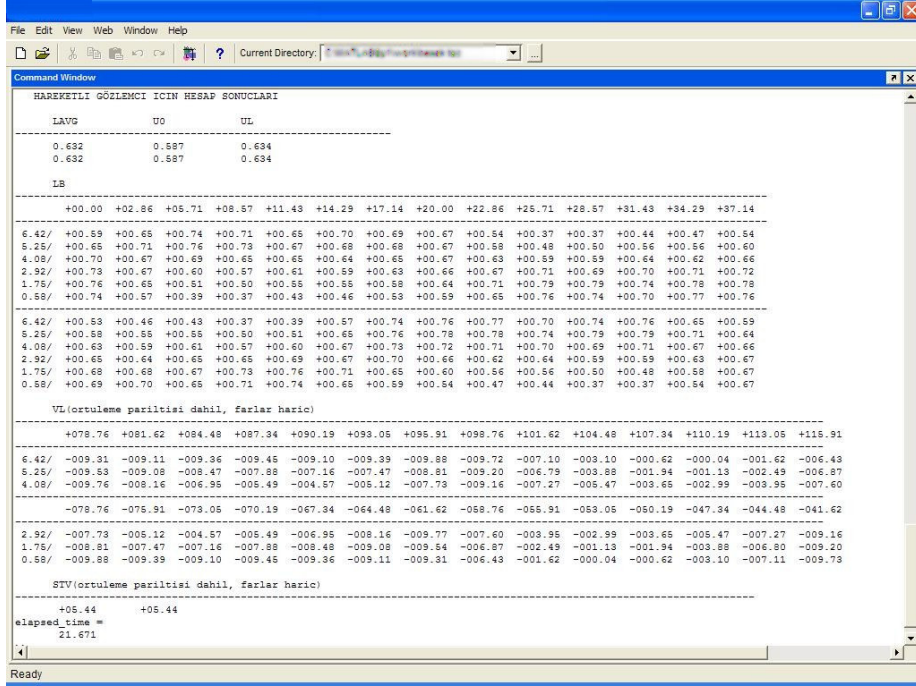
Şekil 5.7: UNILON yazılımından bir görüntü

## 5.6 Bilgisayar Programı

Piyasada bulunan ticari programlardan hiç biri görülebilirlik hesabı yapmadığı için, bu tez kapsamında örnek tesisatla ilgili aydınlatma hesaplarını yapmaya yönelik bir program yazılması gerekmiştir. Program; soldan tek taraflı, sağdan tek taraflı, kaydırılmış, karşılıklı ve refüjden çift taraflı düzenekler için aşağıdaki hesapları yapabilmektedir:

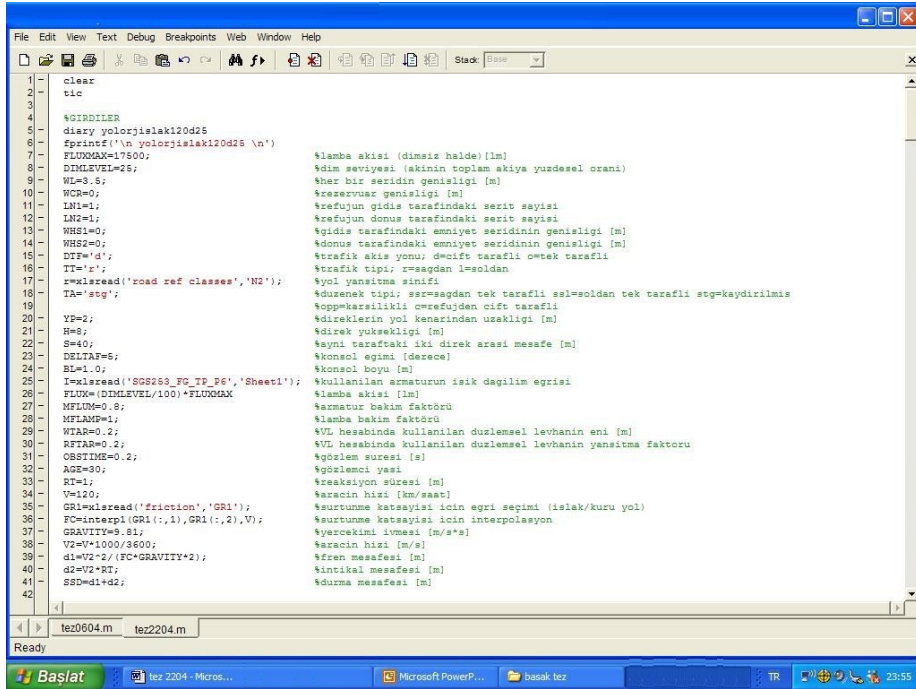
- CIE 140'a göre parıltı hesabı (hesap alanının başlangıcından 60 m geride ve şerit eksenini üzerinde duran sabit gözlemciler için tüm noktaların parıltıları, ortalama parıltılar, ortalama ve boyuna düzgünlük değerleri)
- Çevre aydınlatma oranı ve bağlı eşik artışı değerleri
- CIE 88-2004 nolu ve "Yol Tünelleri ve Alt geçitlerin Aydınlatılmaları için Kılavuz" adlı yayına göre ıslak ve kuru yol için güvenli duruş mesafesi (SSD) hesabı
- Hareketli gözlemci için parıltı hesabı (şerit eksenini üzerinde ve hesap noktasına verilen bir uzaklıkta duran gözlemciler için tüm noktaların parıltıları, ortalama parıltılar, ortalama ve boyuna düzgünlük değerleri)
- Sabit gözlemci için hesap alanındaki tüm noktalarda Adrian modeline göre görülebilirlik düzeyi (VL) değerlerinin hesabı ve her bir şeritteki STV değerlerinin hesabı
- Hareketli gözlemci için hesap alanındaki tüm noktalarda Adrian modeline göre görülebilirlik düzeyi (VL) değerlerinin hesabı ve her bir şeritteki STV değerlerinin hesabı
- Bir binek otomobile ait halojen kısa farların etkisi hesaba katılmış halde parıltı ve görülebilirlik düzeyi (VL) değerleri

Program bir gövde ve dokuz alt programdan oluşmaktadır. Ürettiği çıktılarından bir örnek aşağıda verilmiştir:



Şekil 5.8: Hesap sonuçları

Bu çıktıyı üreten gövde ve alt programlardan birkaç görünüm aşağıda verilmiştir:



Şekil 5.9: Hesapları yapan programdan bir görüntü

```

File Edit View Text Debug Breakpoints Web Window Help
Stack Base
158 %Gözetimci koordinatları
159 if WHS1=0
160     A=1;
161 else
162     A=0;
163 end
164 if WHS2=0
165     B=1;
166 else
167     B=0;
168 end
169 for on=1:(A+LN1+LN2+B)
170     for j=1:(A+LN1+LN2+B)*3
171         if DTF='o'
172             OBSPOSXD(on,:)=CFPOSX-SSD;
173             OBSPOSXII(on,:)=CFPOSX-2.75*(H-1.5)-D/2;
174             for k=1:N
175                 OBSPOSXS(on,k)=-60-D/2;
176             end
177         elseif and(DTF='d',TI='1')==1
178             if on<=(B+LN2)
179                 OBSPOSXD(on,:)=CFPOSX+SSD;
180                 OBSPOSXII(on,:)=CFPOSX+2.75*(H-1.5)+D/2;
181                 for k=1:N
182                     OBSPOSXS(on,k)=60+D/2+(N-1)*D;
183                 end
184             else
185                 OBSPOSXD(on,:)=CFPOSX-SSD;
186                 OBSPOSXII(on,:)=CFPOSX-2.75*(H-1.5)-D/2;
187                 for k=1:N
188                     OBSPOSXS(on,k)=-60-D/2;
189                 end
190             end
191         elseif and(DTF='d',TI='1')==1
192             if on<=(B+LN2)
193                 OBSPOSXD(on,:)=CFPOSX-SSD;
194                 OBSPOSXII(on,:)=CFPOSX-2.75*(H-1.5)-D/2;
195                 for k=1:N
196                     OBSPOSXS(on,k)=-60-D/2;
197                 end
198             end
199
Ready

```

Şekil 5.10: Hesapları yapan programdan bir görüntü

```

File Edit View Text Debug Breakpoints Web Window Help
Stack Base
1 %Hesap noktalarındaki paritli hesabi
2
3 for on=1:(A+LN1+LN2+B)
4     for j=1:3*(A+LN1+LN2+B)
5         for k=1:N
6             for n=1:nL2;
7                 LPCP=1/(CPPOSX(k)-LPPOSX(n));(CPPOSY(j)-LPPOSY(n));(CPPOSZ-LPPOSZ));
8                 LPAXIS1=[AXIS1POSX(n)-LPPOSX(n);(AXIS1POSY(n)-LPPOSY(n));(AXIS1POSZ-LPPOSZ)];
9                 TGEPIS(j,k,n)=tan(acos((LPPOSZ-CPPOSZ)/norm(LPCP)));
10                EPS(j,k,n)=rad2deg(acos((LPPOSZ-CPPOSZ)/norm(LPCP)));
11                CPOSXPROJ=[(OBSPOSX(on,k)-CPPOSX(k));(OBSPOSY(on)-CPPOSY(j))];
12                CPLPPROJ=[(LPPOSX(n)-CPPOSX(k));(LPPOSY(n)-CPPOSY(j))];
13                BETA(j,k,n,on)=180-rad2deg(acos((CPOSXPROJ*CPLPPROJ)/norm(CPOSXPROJ)*norm(CPLPPROJ)));
14                if TA=='s1'
15                    C(j,k,n)=zero22pi(rad2deg(atan2((CPPOSY(j)-AXIS1POSY(n)),(CPPOSX(k)-AXIS1POSK(n))))+180);
16                elseif TA=='s2'
17                    C(j,k,n)=zero22pi(rad2deg(atan2((CPPOSY(j)-AXIS1POSY(n)),(CPPOSX(k)-AXIS1POSK(n))));
18                else
19                    if mod(n,2)==0
20                        C(j,k,n)=zero22pi(rad2deg(atan2((CPPOSY(j)-AXIS1POSY(n)),(CPPOSX(k)-AXIS1POSK(n))));
21                    else
22                        C(j,k,n)=zero22pi(rad2deg(atan2((CPPOSY(j)-AXIS1POSY(n)),(CPPOSX(k)-AXIS1POSK(n)))+180);
23                    end
24                end
25                GAMMA(j,k,n)=rad2deg(acos((LPAXIS1*LPCP)/norm(LPAXIS1)*norm(LPCP)));
26            end
27        end
28    end
29 end
30 clear INTMAT
31 clear INTRES
32 clear INTRES
33 clear R
34 for on=1:(A+LN1+LN2+B)
35     for k=1:N;
36         for j=1:3*(A+LN1+LN2+B);
37             INT1=TGEPIS(j,k,n);
38             INT2=BETA(j,k,n,on);
39             INTMAT=x;
40             INTMAT=x;
41             s=min(find(INTMAT(:,1)>=INT1));
42
Ready

```

Şekil 5.11: Yol parlıtısı hesaplayan alt program

## 5.7 Güvenli Duruş Mesafesi (SSD) Hesabı

Güvenli duruş mesafesinin hesabında CIE'nin 88-2004 nolu ve "Yol Tünelleri ve Alt geçitlerin Aydınlatılmaları için Kılavuz" adlı yayında [21] bulunan aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$SD = u \cdot t_0 + \frac{u^2}{2 \cdot g \cdot (f \pm s)} \quad (5.1)$$

Burada;

SD; m cinsinden durma mesafesi,

u; aracın m/s cinsinden hızı

$t_0$ ; s cinsinden reaksiyon süresi

g;  $m/s^2$  cinsinden yerçekimi ivmesi

f; lastiklerle yol arasındaki sürtünme katsayısı ve

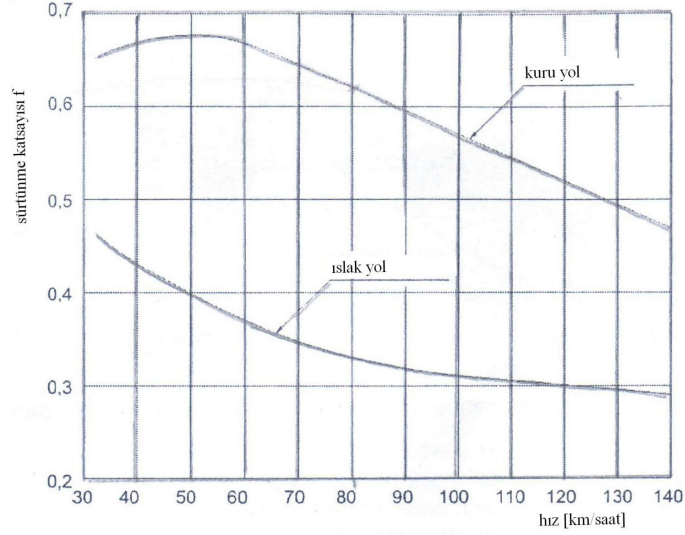
s; yolun eğiminin tanjantıdır

Durma mesafesi; iki bileşenden oluşmaktadır. Bunlardan ilki sürücünün yoldaki engeli görmesiyle frene basması arasında geçen sürede ( $t_0$ ) alacağı yol olan "adaptasyon mesafesi", ikincisi ise frene bastıktan sonra durana kadar alacağı yol olan "fren mesafesi"dir.

Adaptasyon mesafesi reaksiyon süresine ve aracın hızına bağlıdır. CIE 88; reaksiyon süresinin 1 s olarak kabul edilebileceğini belirtmiştir.

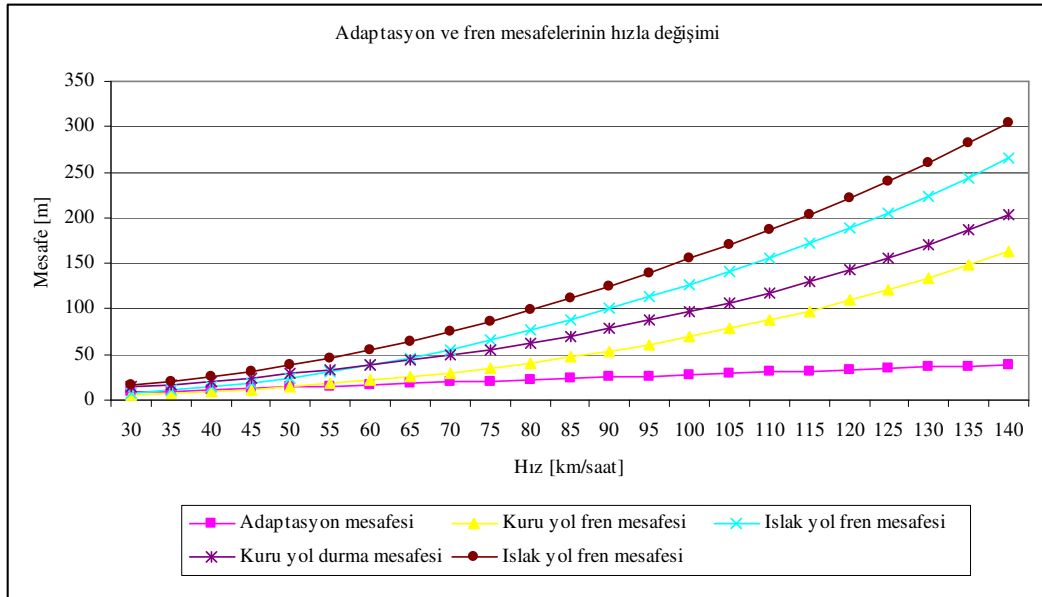
Fren mesafesi ise yolun eğimine, lastiklerle yol arasındaki sürtünme katsayısına ve aracın hızına bağlıdır. Bu çalışma kapsamında yapılan hesaplarda yolun eğimsiz olduğu kabul edilmiştir. Lastiklerle yol arasındaki sürtünme katsayısı değerleri; CIE 88'de verilen ve tipik ölçüm sonuçlarını gösteren bir grafikten alınmıştır. Şekil 5.12'de

gösterilen grafiğe göre sürtünme katsayısı değerleri aracın hızına ve yolun ıslak veya kuru oluşuna bağlı olarak değişmektedir.



**Şekil 5.12:** Sürtünme katsayısının aracın hızıyla değişimi

30-140 km/saat arası hızlarda ve hem ıslak hem kuru yol koşulları için hesaplanan adaptasyon mesafesi, fren mesafesi ve güvenli duruş mesafesi değerleri Şekil 5.13'de ve Tablo 5.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.13:** Adaptasyon ve fren mesafelerinin aracın hızıyla değişimi

**Tablo 5.2:** Farklı hızlar için intikal, fren ve durma mesafesi değerleri

Hız [km/saat]	Adaptasyon mesafesi [m]	Kuru yol fren mesafesi [m]	Islak yol fren mesafesi [m]	Kuru yol durma mesafesi [m]	Islak yol durma mesafesi [m]
30	8.3333	5.485	7.4437	13.818	15.777
35	9.7222	7.316	10.638	17.038	20.361
40	11.111	9.3679	14.627	20.479	25.738
45	12.5	11.817	19.185	24.317	31.685
50	13.889	14.54	24.58	28.429	38.469
55	15.278	17.702	30.908	32.98	46.186
60	16.667	21.198	38.285	37.864	54.952
65	18.056	25.306	46.348	43.361	64.404
70	19.444	29.863	55.502	49.307	74.947
75	20.833	34.895	65.497	55.728	86.331
80	22.222	40.427	76.666	62.649	98.889
85	23.611	46.768	88.065	70.379	111.68
90	25	53.764	100.49	78.764	125.49
95	26.389	61.074	113.32	87.463	139.71
100	27.778	69.02	127.11	96.798	154.89
105	29.167	77.899	140.98	107.07	170.15
110	30.556	87.571	155.66	118.13	186.22
115	31.944	97.958	171.74	129.9	203.68
120	33.333	109.22	188.77	142.56	222.11
125	34.722	121.35	206	156.07	240.72
130	36.111	134.46	224.08	170.57	260.2
135	37.5	148.62	244.46	186.12	281.96
140	38.889	163.93	265.98	202.82	304.87

## 5.8 Hesaplarla ilgili kısıtlama ve kabuller

Bölüm 3.1’de anlatıldığı gibi, yol yansıtma tabloları; düşey düzlemde yoldan yansıyan ışık ile yatay arasındaki  $\alpha$  açısının 0.5-1.5 derece aralığında olması durumunda geçerlidir. Güncel yönerge ve standartlara göre parıltı yönteminde yolun 60-160 m’lik kısmının dikkate alınması yeterli görülmektedir ve göz yüksekliği yaklaşık 1.5 m olarak kabul edilen sürücü için  $\alpha$  açısı söz konusu aralığı aşmamaktadır. Ancak güvenli duruş mesafesine bağlı görülebilirlik değerleri hesaplanırken taşıt yollarında karşılaşılan hızlar; 60 m’den daha kısa ve 160 m’den daha uzun mesafelerden parıltı hesabı yapılmasını gerekli kılabilir. Farklı hızlardaki güvenli duruş mesafelerinin verildiği Tablo 5.2’de verilen durma mesafesi değerleri kullanılarak ve göz yüksekliği 1.5 m alınarak hesap yapıldığında,  $\alpha$  açısının kuru yol için sadece 80-125 km/saat arasında, ıslak yol içinse sadece 65-100 km/saat arasında istenen aralıkta olduğu görülmektedir. Anlatılan olgunun yol yansıtma özelliklerine etkisi olup olmadığı ve etki

derecesi bilinmediğinden, yansıtma tablosunun geçersiz olduğu hızlarda da mevcut olan yol yansıtma değerleri kullanılmıştır. Ancak taşıt yollarında karşılaşılan 50–120 km/saat aralığındaki hızlarda güvenilir hesaplar yapılabilmesi için, yol yansıtma tablolarının; 0.3-3 derece aralığındaki tüm  $\alpha$  açıları için geçerli olacak şekilde genişletilmesi gereklidir.

Bu tezde yapılan tüm görülebilirlik hesaplarında; Tablo 5.3’de belirtilen değerler kullanılmıştır. Ayrıca cismin fon parıltısı; cismin bulunduğu noktadaki yol parıltısı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 5.3:** Görülebilirlik hesabında kullanılan parametre değerleri

Göz yüksekliği	1.5 m
Gözlemci yaşı	30
Cisim boyutu	20 cm x 20 cm
Cismin yansıtma faktörü	0.2
Gözlem süresi	0.2 s

Trafiğin yoğun olduğu saatlerde, sürücülerin öndeki aracı daha yakından takip etmeleri sonucu; yolda bulunduğu varsayılan 20x20 cm boyutlarında bir cismin görülebilirliğinin araştırılması anlamsız hale gelmektedir. Bu koşullarda öndeki aracın arka lambalarının belli bir uzaklıktan görülmesi yeterlidir. Bu uzaklığın ne olması gerektiği ise iki araç arasındaki hız farkına bağlıdır ve genellikle güvenli duruş mesafesinden kısa olacağını düşünmek akla yakındır. Ancak “küçük cisim görülebilirliği” hesabı, tasarıma ilave bir emniyet faktörü getirdiğinden hesapların bu şekilde yapılmasında sakınca görülmemiştir.

## 5.9 Hesap Sonuçları

Öncelikle, örnek yolda kurulu olan tesisatta, aydınlatma kriterlerinin CIE 115’de önerilen değerleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Bu amaçla; yazılan bilgisayar programıyla, mevcut yol için aşağıdaki büyüklükler hesaplanmıştır:

- CIE 140’a göre, yani her iki şeritte de hesap alanının başlangıcından 60 m geride duran gözlemciler için (sabit gözlemci) tüm hesap noktalarının parıltı değerleri. Bunlardan türetilen ortalama parıltı ( $L_0$ ), ortalama düzgünlük ( $U_0$ ) ve boyuna düzgünlük ( $U_1$ ) değerleri

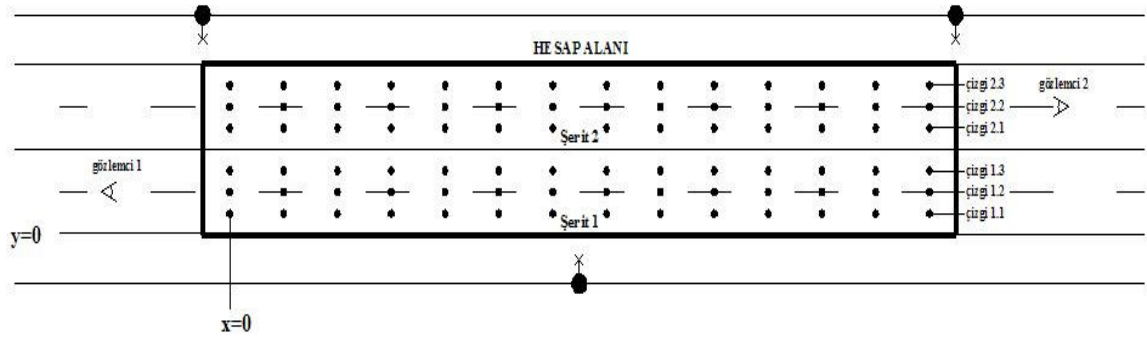
- CIE 140'a göre çevre aydınlatma oranı (SR) değerleri
- EN 13201'in taslağında verilen formüle göre bağıl eşik artışı (TI) değerleri

Mevcut yolun tesisat bilgileri Tablo 5.4'de topluca verilmiştir:

**Tablo 5.4:** Mevcut yolun tesisat bilgileri

Şerit genişliği	3.5 m
Şerit sayısı	2
Kaldırım genişliği	2 m
Yol yüzeyinin yansıtma sınıfı	Kuru iken C2, ıslak iken W4
Yol aydınlatma sınıfı	M2 veya M3
Düzenek tipi	Kaydırılmış
Aynı taraftaki iki direk arası mesafe	40 m
Direklerin yol kenarından uzaklığı	2 m
Direk yüksekliği	8 m
Konsol boyu	1 m
Konsol eğimi	5 derece
Kullanılan armatür	Philips Iridium SGS 253_FG_TP_P6
Kullanılan balast	Philips HID Dynavision 150 SON 1-10 V
Kullanılan lamba	Philips MASTER SON-T PIA Plus 150 W
Lambanın ışık akısı	17500 lm
Uzaktan izleme tertibatı	Philips Starsense

Yolun şematik gösterimi Şekil 5.14'de verilmiştir.



**Şekil 5.14:** Yolun şematik gösterimi

CIE 140'a göre (60 m uzaktaki sabit gözlemciyle) yapılan hesapta, hesap noktalarının parıltıları gözlemci 1 ve gözlemci 2 için Tablo 5.5'de verilmiştir. Burada x ve y; hesap noktalarının  $x=0$  ve  $y=0$  koordinatlarına sahip olan başlangıç noktasına göre koordinatlarını göstermektedir (bkz. Şekil 5.14).

**Tablo 5.5:** Kuru yol için CIE 140'a göre parıltı hesabında hesap noktalarının parıltı değerleri

		Hesap noktalarının parıltı değerleri [cd/m <sup>2</sup> ]														
		x[m]	0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1
	y [m]															
Gözlemci 2	6.42 m	Şerit 2	2.36	2.59	2.94	2.82	2.58	2.8	2.77	2.67	2.15	1.49	1.49	1.77	1.89	2.14
	5.25 m		2.59	2.83	3.04	2.94	2.69	2.73	2.73	2.67	2.32	1.93	2.01	2.24	2.25	2.39
	4.08 m		2.78	2.68	2.76	2.59	2.6	2.56	2.61	2.68	2.51	2.38	2.35	2.58	2.49	2.66
	2.92 m	Şerit 1	2.88	2.66	2.4	2.27	2.45	2.37	2.51	2.65	2.66	2.83	2.76	2.82	2.87	2.93
	1.75 m		2.97	2.53	2.01	2.01	2.2	2.2	2.34	2.54	2.86	3.19	3.2	3.03	3.2	3.26
	0.58 m		2.93	2.29	1.56	1.49	1.73	1.86	2.11	2.35	2.6	3.04	2.96	2.82	3.13	3.08
Gözlemci 1	6.42 m	Şerit 2	2.1	1.84	1.71	1.47	1.55	2.3	2.95	3.05	3.05	2.78	2.92	3.02	2.6	2.36
	5.25 m		2.33	2.19	2.19	2.01	2.04	2.6	3.06	3.11	3.08	2.95	3.14	3.16	2.85	2.55
	4.08 m		2.49	2.35	2.43	2.26	2.41	2.69	2.92	2.87	2.81	2.78	2.73	2.81	2.66	2.67
	2.92 m	Şerit 1	2.59	2.54	2.58	2.58	2.75	2.69	2.79	2.64	2.48	2.57	2.34	2.38	2.52	2.7
	1.75 m		2.73	2.73	2.69	2.94	3.04	2.83	2.59	2.39	2.25	2.24	2.01	1.93	2.32	2.67
	0.58 m		2.81	2.82	2.61	2.83	2.95	2.59	2.36	2.15	1.89	1.77	1.48	1.48	2.12	2.64

Her iki gözlemci için bu parıltı değerleri kullanılarak ayrı ayrı hesaplanan kalite kriterleri Tablo 5.6'da verilmiştir:

**Tablo 5.6:** Kuru yol için CIE 140'a göre hesaplanan parıltı kalite kriter değerleri

	L <sub>0</sub> (cd/m <sup>2</sup> )	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	TI	SR
Gözlemci 1	2.531	0.59	0.63	8.85	0.482
Gözlemci 2	2.522	0.58	0.63	8.74	

CIE 140'a göre yapılan hesaba göre, yolun kuru olması durumunda mevcut tesisat için bulunan kalite kriterleri ile M2 ve M3 sınıfına giren yollar için CIE 115'de önerilen değerler Tablo 5.7'de bir arada verilmiştir.

**Tablo 5.7:** Kuru yol için CIE 140'a göre hesaplanan parıltı kalite kriter değerleri ve CIE 115'de önerilen değerler

Aydınlatma Sınıfı	L <sub>0</sub> (cd/m <sup>2</sup> )	U <sub>0</sub>	TI (%)	U <sub>1</sub>	SR
M2	≥1.5	≥0.4	≤10	≥0.7	≥0.5
M3	≥1.0	≥0.4	≤10	≥0.5	≥0.5
Mevcut yol	2.522	0.58	8.85	0.63	0.482

Tablodan görülebileceği gibi, ortalama parıltı önerilen değerlerin çok üzerinde olmasına rağmen çevresel aydınlatma oranı olması gerekenden düşüktür. Yolun M2 sınıfı olarak kabul edilmesi durumunda boyuna düzgünlük koşulu da sağlanamamaktadır.

Yolun ıslak olması durumu için aranan ortalama düzgünlüğün 0.15’den büyük olması şartının sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek için sabit gözlemci ile yapılan parıltı hesabında Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’daki değerlere ulaşılmıştır. Bu tablolarda, tasarımın değerlendirilmesine etki edecek tek değer ortalama düzgünlük değeridir. Bunun dışındakiler bilgi amaçlı verilmiştir.

**Tablo 5.8:** Islak yol için CIE 140’a göre parıltı hesabında hesap noktalarının parıltı değerleri

		Hesap noktalarının parıltı değerleri [cd/m <sup>2</sup> ]															
		x [m]	0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
	y [m]																
Gözlemci 2	6.42 m	Şerit 2	2.1	2.24	3.94	6.39	8.92	12.9	14.7	16.6	13.3	6.84	3.32	2.54	2.16	2.21	
	5.25 m		2.08	2.08	2.78	3.65	4.74	5.89	6.39	6.89	5.38	2.93	1.92	1.88	2.03	2.16	
	4.08 m		2.55	2.26	2.14	2.18	2.58	2.88	3.02	2.88	2.3	1.92	1.78	2.21	2.5	2.61	
	2.92 m	Şerit 1	4.58	4.23	2.84	2.06	2.05	2.19	2.3	2.13	2.02	2.21	2.65	3.3	4.67	4.86	
	1.75 m		11.3	9.55	5.68	3.27	2.65	2.33	2.34	2.27	2.3	3.44	5.25	7.83	11.4	13.6	
	0.58 m		25.4	20.4	10.5	4.84	3.12	2.33	2.19	2.07	2.28	4.39	8.08	13	21.2	26.8	
Gözlemci 1	6.42 m	Şerit 2	2.01	2.08	2.69	4.22	10.7	22.9	28	23.9	18.8	11.8	7.63	4.34	2.34	2.18	
	5.25 m		2.43	2.46	2.92	3.79	6.87	11.6	12.9	11.5	9.92	7.01	4.82	3.27	2.23	2.23	
	4.08 m		2.31	2.21	2.09	2.14	3.05	4.65	5.08	4.33	4.29	3.14	2.54	2.18	2.04	2.15	
	2.92 m	Şerit 1	2.91	2.78	2.54	2.17	2.18	2.29	2.59	2.53	2.45	2.19	1.8	1.97	2.4	2.95	
	1.75 m		6.39	5.89	4.74	3.65	2.78	2.08	2.08	2.16	2.03	1.88	1.92	2.93	5.38	6.89	
	0.58 m		15.6	13.4	9.2	6.52	4	2.27	2.12	2.17	2.11	2.44	3.15	6.45	12.6	15.8	

**Tablo 5.9:** Islak yol için CIE 140’a göre hesaplanan parıltı kalite kriter değerleri

	L <sub>0</sub> (cd/m <sup>2</sup> )	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	TI	SR
Gözlemci 1	5.412	0.33	0.27	4.82	0.482
Gözlemci 2	5.384	0.33	0.27	4.76	

Parıltının ortalama düzgünlüğü için hesaplanan 0.33 değeri, önerilen 0.15’in üzerinde olduğundan ıslak yol için tasarım koşulu sağlanmaktadır.

Mevcut tesisatın görülebilirlik koşullarını sağlayıp sağlamadığının anlaşılması amacıyla, yolun ıslak ve kuru olduğu durumlarda; parıltısı hesaplanan noktanın 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 km/saat hızlara karşılık gelen güvenli duruş mesafesi kadar gerisinde bulunan hareketli gözlemciler için görülebilirlik düzeyi (VL) ve STV değerleri de hesaplanmıştır.

Kuru yol için VL değerleri ile gözlemci ve hesap noktalarının başlangıç noktasına göre konumları Tablo 5.10 – Tablo 5.17’de verilmiştir. Birinci şerit içerisinde kalan noktaların görülebilirlik değerleri birinci gözlemciye göre; ikinci şerit içerisinde kalan noktaların görülebilirlik değerleri ikinci gözlemciye göre hesaplanmıştır.  $|VL| < 7$  olan noktalar gölgeli olarak gösterilmiştir.

**Tablo 5.10:** Kuru yol için 50 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		50 km/saat için VL değerleri (SSD=28.4 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		28.4	31.3	34.1	37	39.9	42.7	45.6	48.4	51.3	54.1	57	59.9	62.7	65.6	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-51.2	-48.2	-47.9	-47.4	-48.3	-49.3	-52.3	-54.4	-42.3	-20.9	-3.42	0.3	-8.47	-35.3
			-51	-46.8	-42.5	-38.5	-36.4	-38.3	-45.4	-49.6	-37.5	-22.4	-9.99	-5.93	-13.5	-36.8
			-51.9	-43.2	-35.8	-26.5	-21.5	-24.8	-38.7	-48.3	-38.5	-29.8	-19.3	-17.1	-22.6	-41
	Şerit 1	1.75	-28.4	-25.6	-22.7	-19.9	-17	-14.1	-11.3	-8.43	-5.57	-2.71	0.14	3	5.86	8.71
			-38.7	-24.8	-21.5	-26.5	-35.8	-43.2	-51.9	-41	-22.6	-17.1	-19.4	-29.8	-38.5	-48.3
			-45.4	-38.3	-36.4	-38.5	-42.5	-46.8	-51	-36.8	-13.5	-5.94	-10	-22.4	-37.5	-49.6
		-52.3	-49.3	-48.3	-47.4	-47.9	-48.2	-51.2	-35.3	-8.48	0.3	-3.43	-20.9	-42.3	-54.4	

**Tablo 5.11:** Kuru yol için 60 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		60 km/saat için VL değerleri (SSD=37.9 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		37.9	40.7	43.6	46.4	49.3	52.2	55	57.9	60.7	63.6	66.4	69.3	72.2	75	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-38.7	-37.2	-37.4	-38.4	-38.4	-38.7	-40.8	-39.7	-31.6	-15.4	-2.97	0.12	-6.87	-27.7
			-38.8	-36.3	-33.4	-31.3	-29.2	-30.3	-35.8	-36.5	-28.3	-17.1	-8.51	-4.83	-10.7	-28.9
			-39.4	-33.2	-28	-21.9	-17.8	-20.2	-30.9	-35.7	-29.4	-23	-16	-13.3	-17.3	-31.9
	Şerit 1	1.75	-37.9	-35	-32.2	-29.3	-26.4	-23.6	-20.7	-17.9	-15	-12.2	-9.29	-6.44	-3.58	-0.72
			-30.9	-20.2	-17.8	-21.9	-28	-33.2	-39.4	-31.9	-17.3	-13.3	-16	-23	-29.4	-35.8
			-35.8	-30.3	-29.2	-31.3	-33.4	-36.3	-38.8	-28.9	-10.7	-4.84	-8.51	-17.1	-28.4	-36.5
		-40.8	-38.7	-38.4	-38.4	-37.4	-37.2	-38.7	-27.7	-6.87	0.12	-2.97	-15.4	-31.6	-39.8	

**Tablo 5.12:** Kuru yol için 70 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		70 km/saat için VL değerleri (SSD=49.3 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		49.3	52.2	55	57.9	60.7	63.6	66.5	69.3	72.2	75	77.9	80.7	83.6	86.5	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-29.9	-28.4	-28.3	-27.2	-27.8	-28.7	-30.4	-31.4	-23.8	-11.2	-2.08	0.01	-5.16	-20.6
			-30	-27.7	-25.3	-22.4	-21.4	-22.7	-26.9	-29.3	-21.8	-12.8	-6.1	-3.54	-7.9	-21.6
			-30.4	-25.3	-21.2	-15.7	-13.3	-15.3	-23.4	-28.8	-22.8	-17.3	-11.4	-9.51	-12.6	-23.7
	Şerit 1	1.75	-49.3	-46.5	-43.6	-40.7	-37.9	-35	-32.2	-29.3	-26.5	-23.6	-20.7	-17.9	-15	-12.2
			-23.4	-15.3	-13.4	-15.7	-21.2	-25.3	-30.4	-23.7	-12.6	-9.52	-11.4	-17.3	-22.8	-28.8
			-26.9	-22.7	-21.4	-22.4	-25.3	-27.7	-30	-21.6	-7.9	-3.55	-6.1	-12.8	-21.8	-29.3
-30.4	-28.7	-27.8	-27.2	-28.3	-28.4	-29.9	-20.6	-5.16	0.01	-2.08	-11.2	-23.8	-31.4			

**Tablo 5.13:** Kuru yol için 80 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		80 km/saat için VL değerleri (SSD=62.7 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		62.7	65.5	68.4	71.2	74.1	76.9	79.8	82.7	85.5	88.4	91.2	94.1	96.9	99.8	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-21.7	-20.8	-20.9	-21.2	-20.8	-20.5	-21.9	-22.8	-17.1	-7.83	-1.56	-0.05	-3.5	-14.5
			-21.8	-20.4	-18.7	-17.5	-16.2	-16.3	-19.5	-21.4	-15.9	-9.29	-4.61	-2.64	-5.37	-15.2
			-22.1	-18.5	-15.6	-12.4	-10.3	-11.1	-17.1	-21.2	-16.8	-12.7	-8.52	-6.94	-8.53	-16.7
	Şerit 1	1.75	-62.7	-59.8	-56.9	-54.1	-51.2	-48.4	-45.5	-42.7	-39.8	-36.9	-34.1	-31.2	-28.4	-25.5
			-17.1	-11.1	-10.3	-12.4	-15.6	-18.5	-22.1	-16.7	-8.54	-6.94	-8.52	-12.7	-16.8	-21.2
			-19.5	-16.3	-16.2	-17.5	-18.7	-20.4	-21.8	-15.3	-5.38	-2.64	-4.61	-9.29	-15.9	-21.4
-21.9	-20.6	-20.8	-21.2	-20.9	-20.8	-21.7	-14.5	-3.51	-0.05	-1.56	-7.83	-17.1	-22.8			

**Tablo 5.14:** Kuru yol için 90 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		90 km/saat için VL değerleri (SSD=78.8 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		78.8	81.6	84.5	87.3	90.2	93.1	95.9	98.8	102	104	107	110	113	116	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-15.3	-14.9	-15	-15.3	-14.9	-15.2	-16	-15.7	-11.9	-5.36	-1.08	-0.08	-2.75	-10.8
			-15.5	-14.6	-13.5	-12.7	-11.6	-12.1	-14.3	-14.8	-11.2	-6.56	-3.27	-1.88	-4.15	-11.4
			-15.7	-13.3	-11.3	-8.97	-7.47	-8.39	-12.6	-14.8	-11.9	-9.03	-6.04	-4.9	-6.49	-12.4
	Şerit 1	1.75	-78.8	-75.9	-73.1	-70.2	-67.3	-64.5	-61.6	-58.8	-55.9	-53.1	-50.2	-47.3	-44.5	-41.6
			-12.6	-8.39	-7.48	-8.97	-11.3	-13.3	-15.7	-12.4	-6.49	-4.9	-6.04	-9.03	-11.9	-14.8
			-14.3	-12.1	-11.6	-12.7	-13.5	-14.6	-15.5	-11.4	-4.15	-1.88	-3.27	-6.57	-11.2	-14.9
-16	-15.2	-14.9	-15.3	-15	-14.9	-15.3	-10.8	-2.75	-0.08	-1.08	-5.36	-11.9	-15.7			

**Tablo 5.15:** Kuru yol için 100 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		100 km/saat için VL değerleri (SSD=96.8 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		96.8	99.7	103	105	108	111	114	117	120	123	125	128	131	134	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-10.6	-10.5	-10.8	-11.1	-10.7	-11	-11.6	-11.5	-8.45	-3.75	-0.76	-0.07	-1.99	-7.77
			-10.8	-10.4	-9.8	-9.19	-8.45	-8.8	-10.4	-11	-8.1	-4.7	-2.35	-1.36	-3	-8.21
			-11	-9.4	-8.12	-6.52	-5.47	-6.14	-9.21	-10.9	-8.64	-6.52	-4.33	-3.5	-4.66	-8.95
	Şerit 1	1.75	<b>-96.8</b>	<b>-93.9</b>	<b>-91.1</b>	<b>-88.2</b>	<b>-85.4</b>	<b>-82.5</b>	<b>-79.7</b>	<b>-76.8</b>	<b>-73.9</b>	<b>-71.1</b>	<b>-68.2</b>	<b>-65.4</b>	<b>-62.5</b>	<b>-59.7</b>
			-9.21	-6.14	-5.47	-6.53	-8.13	-9.41	-11	-8.95	-4.66	-3.51	-4.33	-6.52	-8.64	-10.9
			-10.4	-8.8	-8.45	-9.19	-9.81	-10.4	-10.8	-8.21	-3	-1.36	-2.35	-4.71	-8.11	-11
		-11.6	-11	-10.7	-11.1	-10.9	-10.5	-10.6	-7.77	-1.99	-0.07	-0.76	-3.75	-8.45	-11.5	

**Tablo 5.16:** Kuru yol için 110 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		110 km/saat için VL değerleri (SSD=118 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		118	121	124	127	130	132	135	138	141	144	147	150	152	155	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-7.96	-7.75	-7.88	-7.98	-7.7	-7.89	-8.32	-8.09	-5.99	-2.64	-0.53	-0.06	-1.43	-5.57
			-8.1	-7.68	-7.14	-6.66	-6.1	-6.36	-7.5	-7.75	-5.81	-3.37	-1.68	-0.98	-2.15	-5.9
			-8.22	-6.92	-5.91	-4.73	-3.98	-4.46	-6.67	-7.76	-6.23	-4.7	-3.1	-2.5	-3.33	-6.43
	Şerit 1	1.75	<b>-118</b>	<b>-115</b>	<b>-112</b>	<b>-110</b>	<b>-107</b>	<b>-104</b>	<b>-101</b>	<b>-98.1</b>	<b>-95.3</b>	<b>-92.4</b>	<b>-89.6</b>	<b>-86.7</b>	<b>-83.8</b>	<b>-81</b>
			-6.67	-4.47	-3.98	-4.74	-5.91	-6.92	-8.22	-6.43	-3.33	-2.5	-3.1	-4.7	-6.23	-7.77
			-7.5	-6.36	-6.1	-6.66	-7.14	-7.68	-8.11	-5.9	-2.15	-0.98	-1.68	-3.37	-5.81	-7.75
		-8.32	-7.89	-7.7	-7.98	-7.88	-7.75	-7.97	-5.57	-1.43	-0.06	-0.53	-2.64	-6	-8.1	

**Tablo 5.17:** Kuru yol için 120 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		120 km/saat için VL değerleri (SSD=143 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		143	145	148	151	154	157	160	163	165	168	171	174	177	180	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-5.85	-5.66	-5.74	-5.79	-5.56	-5.55	-5.92	-6.09	-4.39	-1.88	-0.38	-0.05	-0.96	-3.88
			-5.96	-5.62	-5.21	-4.85	-4.43	-4.49	-5.35	-5.86	-4.28	-2.44	-1.22	-0.71	-1.46	-4.13
			-6.04	-5.06	-4.31	-3.45	-2.9	-3.17	-4.78	-5.88	-4.61	-3.42	-2.24	-1.8	-2.26	-4.51
	Şerit 1	1.75	<b>-143</b>	<b>-140</b>	<b>-137</b>	<b>-134</b>	<b>-131</b>	<b>-128</b>	<b>-125</b>	<b>-123</b>	<b>-120</b>	<b>-117</b>	<b>-114</b>	<b>-111</b>	<b>-108</b>	<b>-105</b>
			-4.86	-3.26	-2.91	-3.45	-4.32	-5.08	-6.1	-4.65	-2.4	-1.8	-2.24	-3.42	-4.61	-5.88
			-5.45	-4.62	-4.43	-4.85	-5.22	-5.64	-6.02	-4.27	-1.55	-0.71	-1.22	-2.44	-4.28	-5.86
		-6.02	-5.71	-5.57	-5.8	-5.75	-5.69	-5.92	-4.03	-1.03	-0.05	-0.38	-1.88	-4.39	-6.1	

Islak yol için VL değerleri ile gözlemci ve hesap noktalarının başlangıç noktasına göre konumları Tablo 5.18 - Tablo 5.25'de verilmiştir. Birinci şerit içerisinde kalan noktaların görülebilirlik değerleri birinci gözlemciye göre; ikinci şerit içerisinde kalan

noktaların görülebilirlik değerleri ikinci gözlemciye göre hesaplanmıştır.  $|VL| < 7$  olan noktalar gölgeli olarak gösterilmiştir.

**Tablo 5.18:** Islak yol için 50 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		50 km/saat için VL değerleri (SSD=38.47 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	38.5	41.3	44.2	47	49.9	52.8	55.6	58.5	61.3	64.2	67	69.9	72.8	75.6
			-36.9	-34.7	-44.1	-51.8	-54.8	-56	-56.8	-56.7	-56.1	-52.1	-36.7	-20.8	-15.8	-29.4
			-33.3	-27.5	-30.4	-36.6	-42.6	-46.6	-50.2	-51.2	-46.5	-30.9	-6.19	2.16	-5.77	-25.3
	Şerit 1	1.75	-39	-30	-22.9	-15.2	-16	-22.2	-31.9	-35.1	-24.5	-10.4	-1.78	-7.3	-18.5	-32.6
			-38.5	-35.6	-32.8	-29.9	-27	-24.2	-21.3	-18.5	-15.6	-12.8	-9.9	-7.04	-4.18	-1.33
			-31.9	-22.2	-16	-15.2	-22.9	-30	-39.1	-32.6	-18.5	-7.3	-1.78	-10.4	-24.5	-35.2
-50.2	-46.6	-42.6	-36.6	-30.4	-27.5	-33.3	-25.3	-5.78	2.16	-6.19	-30.9	-46.5	-51.3			
-56.8	-56	-54.8	-51.8	-44.1	-34.7	-36.9	-29.4	-15.8	-20.8	-36.7	-52.1	-56.1	-56.7			

**Tablo 5.19:** Islak yol için 60 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		60 km/saat için VL değerleri (SSD=54.95 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	55	57.8	60.7	63.5	66.4	69.2	72.1	75	77.8	80.7	83.5	86.4	89.2	92.1
			-24.8	-21.3	-29.3	-36.1	-39.2	-40.8	-41.7	-42.3	-40.8	-36.1	-23.2	-12	-9.09	-18.8
			-22.7	-17	-19.9	-24.8	-29.4	-32.7	-35.4	-37.2	-32.3	-20.6	-4.03	1.56	-3.79	-16.7
	Şerit 1	1.75	-26	-18.1	-13.4	-10.1	-11.4	-15.7	-22.7	-25.9	-16.9	-8.29	-1.55	-3.79	-11.3	-20.5
			-55	-52.1	-49.2	-46.4	-43.5	-40.7	-37.8	-35	-32.1	-29.2	-26.4	-23.5	-20.7	-17.8
			-22.7	-15.7	-11.4	-10.1	-13.5	-18.1	-26	-20.5	-11.3	-3.79	-1.55	-8.3	-16.9	-25.9
-35.4	-32.7	-29.4	-24.8	-20	-17.1	-22.7	-16.7	-3.79	1.55	-4.03	-20.6	-32.3	-37.2			
-41.7	-40.8	-39.2	-36.1	-29.3	-21.3	-24.8	-18.8	-9.09	-12	-23.2	-36.1	-40.8	-42.3			

**Tablo 5.20:** Islak yol için 70 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		70 km/saat için VL değerleri (SSD=74.95 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	75	77.8	80.7	83.5	86.4	89.2	92.1	95	97.8	101	104	106	109	112
			-15.8	-14.1	-19.5	-24.6	-27.2	-28.9	-29.6	-30.3	-28.5	-24.1	-14.3	-6.85	-5.2	-11.8
			-14.6	-11.4	-13.2	-16.5	-19.8	-22.3	-24.2	-25.6	-21.6	-13.4	-2.58	1.1	-2.43	-10.7
	Şerit 1	1.75	-16.5	-11.8	-8.25	-6.61	-7.83	-10.8	-15.5	-17.4	-11	-6.02	-1.21	-2.08	-6.92	-12.8
			-75	-72.1	-69.2	-66.4	-63.5	-60.7	-57.8	-55	-52.1	-49.2	-46.4	-43.5	-40.7	-37.8
			-15.5	-10.8	-7.83	-6.61	-8.25	-11.9	-16.5	-12.8	-6.92	-2.08	-1.22	-6.03	-11	-17.4
-24.2	-22.3	-19.8	-16.5	-13.2	-11.4	-14.6	-10.7	-2.43	1.1	-2.58	-13.4	-21.6	-25.6			
-29.6	-28.9	-27.2	-24.6	-19.5	-14.1	-15.8	-11.8	-5.2	-6.85	-14.3	-24.1	-28.5	-30.3			

**Tablo 5.21:** Islak yol için 80 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		80 km/saat için VL değerleri (SSD=98.89 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	98.9	102	105	107	110	113	116	119	122	125	127	130	133	136
			-9.57	-9.13	-12.9	-16.6	-18.6	-20.1	-20.7	-21.2	-20	-16.2	-8.93	-4.02	-3.07	-7.5
			-8.94	-7.47	-8.69	-10.9	-13.3	-15.1	-16.5	-17.3	-14.9	-8.93	-1.67	0.78	-1.57	-6.94
	Şerit 1	1.75	-10.1	-7.62	-5.16	-4.34	-5.28	-7.42	-10.4	-11.4	-7.99	-4.35	-0.91	-1.2	-4.32	-8.1
			<b>-98.9</b>	<b>-96</b>	<b>-93.2</b>	<b>-90.3</b>	<b>-87.5</b>	<b>-84.6</b>	<b>-81.8</b>	<b>-78.9</b>	<b>-76</b>	<b>-73.2</b>	<b>-70.3</b>	<b>-67.5</b>	<b>-64.6</b>	<b>-61.8</b>
			-10.4	-7.42	-5.28	-4.34	-5.16	-7.63	-10.1	-8.1	-4.32	-1.2	-0.91	-4.35	-7.99	-11.4
-16.5	-15.1	-13.3	-10.9	-8.69	-7.47	-8.95	-6.94	-1.57	0.78	-1.67	-8.93	-14.9	-17.3			
-20.7	-20.1	-18.6	-16.6	-12.9	-9.13	-9.58	-7.5	-3.07	-4.02	-8.93	-16.2	-20	-21.2			

**Tablo 5.22:** Islak yol için 90 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		90 km/saat için VL değerleri (SSD=125.49 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	125	128	131	134	137	140	143	145	148	151	154	157	160	163
			-6.67	-6.17	-8.8	-11.5	-12.7	-14.1	-14.7	-15.2	-14.2	-11	-5.8	-2.42	-1.89	-4.92
			-6.27	-5.08	-5.89	-7.46	-8.81	-10.3	-11.4	-12.1	-10.4	-6.05	-1.11	0.54	-1.03	-4.61
	Şerit 1	1.75	-7.01	-5.13	-3.42	-2.95	-3.44	-5.05	-7.11	-7.91	-5.68	-3.08	-0.67	-0.72	-2.77	-5.3
			<b>-125</b>	<b>-123</b>	<b>-120</b>	<b>-117</b>	<b>-114</b>	<b>-111</b>	<b>-108</b>	<b>-105</b>	<b>-103</b>	<b>-99.8</b>	<b>-96.9</b>	<b>-94.1</b>	<b>-91.2</b>	<b>-88.4</b>
			-7.18	-5.19	-3.65	-2.95	-3.42	-5.13	-7.02	-5.3	-2.78	-0.72	-0.67	-3.08	-5.68	-7.92
-11.4	-10.5	-9.14	-7.46	-5.89	-5.08	-6.27	-4.61	-1.03	0.54	-1.11	-6.05	-10.4	-12.1			
-14.7	-14.2	-13	-11.5	-8.8	-6.17	-6.67	-4.92	-1.89	-2.43	-5.8	-11	-14.2	-15.2			

**Tablo 5.23:** Islak yol için 100 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		100 km/saat için VL değerleri (SSD=154.89 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	155	158	161	163	166	169	172	175	178	181	183	186	189	192
			-4.59	-4.13	-6.09	-8.12	-9.31	-10.3	-10.7	-11	-10	-7.64	-3.89	-1.63	-1.27	-3.39
			-4.34	-3.41	-4.05	-5.21	-6.45	-7.42	-8.15	-8.67	-7.14	-4.13	-0.76	0.41	-0.72	-3.21
	Şerit 1	1.75	-4.83	-3.42	-2.33	-2.05	-2.57	-3.7	-5.07	-5.59	-3.87	-2.15	-0.49	-0.48	-1.92	-3.65
			<b>-155</b>	<b>-152</b>	<b>-149</b>	<b>-146</b>	<b>-143</b>	<b>-141</b>	<b>-138</b>	<b>-135</b>	<b>-132</b>	<b>-129</b>	<b>-126</b>	<b>-123</b>	<b>-121</b>	<b>-118</b>
			-5.08	-3.71	-2.58	-2.06	-2.37	-3.52	-4.84	-3.65	-1.92	-0.49	-0.49	-2.21	-4.08	-5.59
-8.15	-7.43	-6.46	-5.23	-4.1	-3.52	-4.35	-3.21	-0.72	0.41	-0.77	-4.22	-7.34	-8.67			
-10.7	-10.3	-9.32	-8.14	-6.15	-4.25	-4.6	-3.4	-1.27	-1.63	-3.92	-7.73	-10.2	-11			

**Tablo 5.24:** Islak yol için 110 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		110 km/saat için VL değerleri (SSD=186.22m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		186	189	192	195	198	201	203	206	209	212	215	218	221	223	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-3.27	-3.03	-4.45	-5.95	-6.86	-7.64	-7.93	-8.2	-7.53	-5.6	-2.76	-1.12	-0.88	-2.42
			-3.1	-2.52	-2.95	-3.79	-4.71	-5.44	-5.99	-6.38	-5.37	-3.05	-0.55	0.31	-0.52	-2.31
			-3.45	-2.5	-1.69	-1.49	-1.88	-2.72	-3.71	-4.07	-3.01	-1.63	-0.37	-0.34	-1.36	-2.6
	Şerit 1	1.75	-186	-183	-181	-178	-175	-172	-169	-166	-163	-161	-158	-155	-152	-149
			-3.71	-2.72	-1.88	-1.49	-1.7	-2.51	-3.46	-2.6	-1.36	-0.34	-0.37	-1.63	-3.01	-4.07
			-5.99	-5.45	-4.71	-3.79	-2.96	-2.52	-3.12	-2.31	-0.52	0.31	-0.55	-3.05	-5.38	-6.38
			-7.93	-7.64	-6.87	-5.96	-4.45	-3.04	-3.29	-2.43	-0.88	-1.12	-2.76	-5.6	-7.53	-8.2

**Tablo 5.25:** Islak yol için 120 km/saat hızdaki güvenli duruş mesafesinden hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerleri

		120 km/saat için VL değerleri (SSD=222.11 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		222	225	228	231	234	236	239	242	245	248	251	254	256	259	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-2.37	-2.19	-3.25	-4.38	-5.08	-5.7	-5.92	-6.12	-5.59	-4.09	-1.97	-0.78	-0.62	-1.75
			-2.26	-1.82	-2.15	-2.77	-3.46	-4.01	-4.42	-4.72	-3.96	-2.22	-0.4	0.23	-0.38	-1.67
			-2.5	-1.81	-1.23	-1.09	-1.38	-2.01	-2.72	-2.98	-2.23	-1.21	-0.28	-0.24	-0.98	-1.87
	Şerit 1	1.75	-222	-219	-216	-214	-211	-208	-205	-202	-199	-196	-194	-191	-188	-185
			-2.73	-2.01	-1.38	-1.09	-1.23	-1.81	-2.5	-1.87	-0.98	-0.24	-0.28	-1.21	-2.23	-2.98
			-4.42	-4.01	-3.46	-2.77	-2.15	-1.83	-2.26	-1.67	-0.38	0.23	-0.4	-2.22	-3.96	-4.72
			-5.92	-5.7	-5.08	-4.38	-3.25	-2.19	-2.37	-1.75	-0.62	-0.78	-1.97	-4.09	-5.59	-6.12

5.10-5.25 numaralı tablolardan görülebileceği gibi, mevcut tesisatta  $|VL| < 7$  olan, yani yeterli görülebilirlik koşulunu sağlamayan noktalar vardır. Tablo 5.26'da her bir şeritte bulunan 42 hesap noktasından kaçında  $|VL| < 7$  olduğu gösterilmiştir.

**Tablo 5.26:** Görülebilirlik koşulunu sağlamayan hesap noktası sayıları

Hız	$ VL  < 7$ olan nokta sayısı Şerit 1		$ VL  < 7$ olan nokta sayısı Şerit 2	
	Kuru yol	Islak yol	Kuru yol	Islak yol
50 km/saat	3	4	3	4
60 km/saat	4	5	4	5
70 km/saat	5	10	5	10
80 km/saat	7	13	7	13
90 km/saat	11	25	11	25
100 km/saat	15	31	15	31
110 km/saat	27	38	27	38
120 km/saat	42	42	42	42

Hız arttıkça güvenli duruş mesafesi de artmakta ve gözlemci noktaya daha uzaktan baktığı için görülebilirlik değerleri kötüleşmektedir. Bu nedenle yüksek hızlarda  $|VL| < 7$  olan noktaların sayısı fazladır. Öyle ki, 120 km/saat hızla giden bir aracın 30 yaşındaki sürücüsü, tanımlanan özelliklere sahip bir cismi, cisim yolun neresinde olursa olsun yeterince uzaktan göremeyecektir. Ancak sürücünün cisme yalnızca 28 m uzaktan baktığı, kuru yolda 50 km/saat hız koşullarında bile görülemeyen noktalar bulunmaktadır. Daha yaşlı sürücüler için durum bundan da kötü olacaktır.

Yolun kuru ve ıslak olduğu durumlar için yukarıda verilen VL değerleri kullanılarak hesaplanan STV değerleri Tablo 5.27’de verilmiştir.

**Tablo 5.27:** Farklı hızlar için hesaplanan STV değerleri

Hız	Mevcut tesisat STV değerleri			
	Kuru		Islak	
	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 2
50 km/saat	13.23	13.23	12.84	12.84
60 km/saat	12.37	12.37	10.87	10.87
70 km/saat	10.98	10.98	8.71	8.71
80 km/saat	9.45	9.45	6.69	6.69
90 km/saat	7.82	7.82	5.06	5.08
100 km/saat	6.2	6.2	3.83	3.86
110 km/saat	4.78	4.78	2.95	2.96
120 km/saat	3.27	3.27	2.25	2.25

Söz konusu yol; ANSI RP-8’e göre, yaya trafiğiyle ilişkisi yüksek bir anayol olarak tanımlanabilir. RP-8’de böyle bir yolda STV’nin en az 4.9 değerini sağlaması gerektiği belirtilmiştir. Önerilen STV değeri kuru yol durumunda neredeyse 110 km/saat hıza kadar, ıslak yol durumunda ise 90 km/saat hıza kadar sağlanmakla birlikte, Tablo 5.26’da verilen tek tek VL değerleri, STV değerleri önerilenin üzerinde olsa bile, yol üzerinde görülemeyen pek çok nokta bulunduğunu göstermektedir.

Bu noktaya kadar verilen tablolar lambaların tam güçlerinde çalıştırılması durumunu yansıtmaktadır. Lambalar loşlaştırıldığında, ortalama parıltının lamba akısıyla doğru orantılı olarak azaldığı, fakat düzgünlüklerin ve çevre aydınlatma oranının değişmediği görülmüştür. Bağlı eşik artışı ve görülebilirlik değerleri de azalmıştır ancak bu azalma lamba akısındaki oranla daha düşüktür. Lambaların anma akısının tam değerini ve

anma akısının %75, %50 ve %25'ini verecek şekilde çalıştırılması durumları için kuru yolda parıltı yöntemine ilişkin hesaplanan değerler Tablo 5.28'de verilmiştir.

**Tablo 5.28:** Loşlaştırma yapıldığında parıltı kalite kriterlerinin aldığı değerler

Lamba akı seviyesi	$L_0$ (cd/m <sup>2</sup> )	$U_0$	UI	TI	SR
100%	2.522	0.583	0.634	8.736	0.482
75%	1.891	0.583	0.634	8.247	0.482
50%	1.261	0.583	0.634	7.605	0.482
25%	0.63	0.583	0.634	6.62	0.482

Yukarıda belirtilen akı seviyelerinde, 50 km/saat hız ve kuru yol durumu için yapılan görülebilirlik düzeyi hesaplarında ise Tablo 5.29 – Tablo 5.32'de verilen bulgulara ulaşılmıştır.

**Tablo 5.29:** Kuru yol için 50 km/saat hızda, loşlaştırma yapılmamış durumda görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat ve %100 akı seviyesi için VL değerleri (SSD=28.4 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	28.43	31.3	34.1	37	39.9	42.7	45.6	48.4	51.3	54.1	57	59.9	62.7	65.6
			-51.2	-48	-48	-47	-48	-49	-52	-54	-42	-21	-3.4	0.3	-8.5	-35
			-51	-47	-42	-39	-36	-38	-45	-50	-37	-22	-10	-5.9	-13	-37
	Şerit 1	1.75	-51.9	-43	-36	-27	-21	-25	-39	-48	-38	-30	-19	-17	-23	-41
			-28.4	-26	-23	-20	-17	-14	-11	-8.4	-5.6	-2.7	0.14	3	5.86	8.71
			-38.7	-25	-22	-27	-36	-43	-52	-41	-23	-17	-19	-30	-38	-48
-45.4	-38	-36	-39	-42	-47	-51	-37	-13	-5.9	-10	-22	-37	-50			
-52.3	-49	-48	-47	-48	-48	-51	-35	-8.5	0.3	-3.4	-21	-42	-54			

**Tablo 5.30:** Kuru yol için 50 km/saat hızda, lambaların %75 akı verdiği durumda görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat ve %75 akı seviyesi için VL değerleri (SSD=28.4 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	28.43	31.3	34.1	37	39.9	42.7	45.6	48.4	51.3	54.1	57	59.9	62.7	65.6
			-49.3	-47	-47	-46	-47	-48	-51	-53	-41	-20	-3.3	0.28	-8.1	-34
			-49.3	-45	-41	-37	-35	-37	-44	-48	-36	-21	-9.6	-5.7	-13	-35
	Şerit 1	1.75	-50.3	-42	-35	-26	-21	-24	-37	-47	-37	-29	-19	-17	-22	-40
			-28.4	-26	-23	-20	-17	-14	-11	-8.4	-5.6	-2.7	0.14	3	5.86	8.71
			-37.3	-24	-21	-26	-35	-42	-50	-40	-22	-17	-19	-29	-37	-47
-44	-37	-35	-37	-41	-45	-49	-35	-13	-5.7	-9.6	-21	-36	-48			
-50.8	-48	-47	-46	-47	-47	-49	-34	-8.1	0.28	-3.3	-20	-41	-53			

**Tablo 5.31:** Kuru yol için 50 km/saat hızda, lambaların %50 akı verdiği durumda görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat ve %50 akı seviyesi için VL değerleri (SSD=28.4 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		28.43	31.3	34.1	37	39.9	42.7	45.6	48.4	51.3	54.1	57	59.9	62.7	65.6	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-46	-44	-44	-43	-44	-45	-48	-50	-38	-18	-3	0.25	-7.5	-31
			-46.1	-43	-39	-35	-33	-35	-41	-45	-34	-20	-8.9	-5.3	-12	-33
			-47.3	-39	-33	-24	-19	-22	-35	-44	-35	-27	-18	-16	-20	-37
	Şerit 1	1.75	<b>-28.4</b>	<b>-26</b>	<b>-23</b>	<b>-20</b>	<b>-17</b>	<b>-14</b>	<b>-11</b>	<b>-8.4</b>	<b>-5.6</b>	<b>-2.7</b>	<b>0.14</b>	<b>3</b>	<b>5.86</b>	<b>8.71</b>
			-34.9	-22	-19	-24	-33	-39	-47	-37	-20	-16	-18	-27	-35	-44
			-41.3	-35	-33	-35	-39	-43	-46	-33	-12	-5.3	-8.9	-20	-34	-45
-47.8	-45	-44	-43	-44	-44	-46	-31	-7.5	0.25	-3	-18	-38	-50			

**Tablo 5.32:** Kuru yol için 50 km/saat hızda, lambaların %25 akı verdiği durumda görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat ve %25 akı seviyesi için VL değerleri (SSD=28.4 m)														
		Hesap noktası konumu x[m]														
		0	2.86	5.71	8.57	11.4	14.3	17.1	20	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	
		Gözlemci konumu x[m]														
		28.43	31.3	34.1	37	39.9	42.7	45.6	48.4	51.3	54.1	57	59.9	62.7	65.6	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-39.7	-38	-38	-38	-38	-39	-42	-43	-33	-16	-2.6	0.2	-6.4	-27
			-40	-37	-34	-31	-29	-30	-36	-39	-29	-17	-7.7	-4.6	-10	-29
			-41.2	-34	-28	-21	-17	-19	-30	-38	-30	-23	-15	-13	-18	-32
	Şerit 1	1.75	<b>-28.4</b>	<b>-26</b>	<b>-23</b>	<b>-20</b>	<b>-17</b>	<b>-14</b>	<b>-11</b>	<b>-8.4</b>	<b>-5.6</b>	<b>-2.7</b>	<b>0.14</b>	<b>3</b>	<b>5.86</b>	<b>8.71</b>
			-30.2	-19	-17	-21	-28	-34	-41	-32	-18	-13	-15	-23	-30	-38
			-35.8	-30	-29	-31	-34	-37	-40	-29	-10	-4.6	-7.7	-17	-29	-39
-41.7	-39	-38	-38	-38	-38	-40	-27	-6.4	0.2	-2.6	-16	-33	-43			

Yukarıdaki tablolardan görülebileceği gibi VL seviyelerindeki azalma lamba akısındaki azalma kadar şiddetli değildir. VL değerindeki azalma nedeniyle %100 akı seviyesinde çalışan tesisatta görülebilirlik koşulunu ancak sağlayan bazı noktalar, lambalar loşlaştırıldığında görülmez hale gelmişlerdir. Lambaları loşlaştırılmış tesisatta görülebilirlik hesabı, 50-120 km/saat arası sekiz hız kademesinde, %100-%25 arası dört akı kademesi kullanılarak, hem kuru hem ıslak yol için tekrarlanmış ve aynı sonuçlara ulaşılmıştır.

Mevcut tesisat; CIE 115'e göre değerlendirildiğinde; ortalama parlıltı önerilenden çok yüksek olmasına rağmen, ne parlıltı yönteminin kriterlerini ne de alternatif kriter takımındaki görülebilirlik koşulunu hiç bir hızda ve loşlaştırma seviyesinde sağlayamamaktadır. Bu nedenle tesisat büyüklükleri; yolun ait olduğu düşünülen M2 ve M3 aydınlatma sınıfları için CIE 115'de önerilen ortalama parlıltılar olan  $1.5 \text{ cd/m}^2$  ve 1

cd/m<sup>2</sup> elde edecek şekilde yeniden düzenlenerek iki alternatif tesisat elde edilmiştir. Düzenlemede; parlıtlı düzeyi yeterli görülen değere düşürülürken, görülebilirlik seviyesi değerlerinin de artırılması ve bu işin asgari değişiklikle yapılması esas alınmıştır. Direk boyunu arttırmanın düzgünlükleri arttıracacağı ve bu nedenle görülebilirliği iyileştireceği bilinmektedir [15]. Bu nedenle her iki alternatif tesisatta da direk yükseklikleri 8 m yerine 14 m olarak kabul edildikten sonra, direk aralıkları 1 ve 1.5 cd/m<sup>2</sup> ortalama parlıtlı değerlerini tutturacak şekilde değiştirilmiştir. M3 aydınlatma sınıfı için yapılan düzenlemede, mevcut lambalarla parlıtlıyı 1 cd/m<sup>2</sup>'ye düşürmek için direk aralığını çok arttırmak gerekmektedir. Ancak bu, düzgünlüğü bozacağından istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta lamba gücü 150 W'tan 100 W'a düşürülmüştür. Mevcut tesisat ve alternatif tesisat değerleri Tablo 5.33'de bir arada verilmiştir.

**Tablo 5.33:** Mevcut tesisat ve alternatif olarak düzenlenen tesisatların farkları

	Mevcut tesisat	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'ye göre düzenlenen tesisat	1 cd/m <sup>2</sup> 'ye göre düzenlenen tesisat
<b>Aynı sıradaki iki direk arası mesafe</b>	40 m	47 m	43 m
<b>Direk yüksekliği</b>	8 m	14 m	14 m
<b>Lamba</b>	SON-T PIA Plus 150 W 17500 lm	SON-T PIA Plus 150 W 17500 lm	SON-T PIA Plus 100 W 10700 lm

Öncelikle alternatif tesisatlar için sabit gözlemciye göre kuru ve ıslak yol koşullarında parlıtlı hesabı yapılarak parlıtlı yöntemi kriterlerinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir.

**Tablo 5.34:** Mevcut tesisat ve alternatif tesisatlar için CIE 140'a göre hesaplanan parlıtlı kriter değerleri

	L <sub>0</sub> (cd/m <sup>2</sup> )	U <sub>0</sub> kuru	U <sub>0</sub> ıslak	U <sub>1</sub>	TI	SR
<b>Mevcut tesisat</b>	2.522	0.583	0.33	0.634	8.736	0.482
<b>1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat</b>	1.508	0.769	0.389	0.825	3.737	0.722
<b>1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat</b>	1.007	0.81	0.456	0.842	3.206	0.724

Tablo 5.34'de verilen sonuçlara bakıldığında her iki alternatif tesisat için hesaplanan tüm değerlerin mevcut tesisat değerlerinden iyi olduğu ve tüm parlıtlı yöntemi kriterlerinin sağlandığı görülmektedir.

1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik ortalama parıltıya sahip olan yolda, yolun kuru olduğu durumda çeşitli hızlara karşılık gelen fren mesafelerinden görülebilirlik hesaplandığında bulunan ve Tablo 5.35 – Tablo 5.42’ de verilen sonuçlar incelendiğinde, tesisatın 90 km/saat’e kadar tüm hızlarda yolun her noktasında görülebilirlik koşulunu sağladığı görülmektedir.

**Tablo 5.35:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat için VL değerleri (SSD=28.4 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.9	5.9	8.8	12	15	18	21	24	26	29	32	35	38	41	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67	70	72
			-38	-32	-27	-25	-30	-35	-38	-45	-49	-45	-38	-38	-37	-36	-35	-38
			-42	-36	-31	-29	-34	-38	-39	-45	-47	-44	-37	-36	-37	-37	-36	-41
	Şerit 1	1.75	-45	-41	-35	-34	-36	-39	-39	-43	-45	-40	-33	-32	-35	-37	-38	-43
			<b>-28</b>	<b>-25</b>	<b>-23</b>	<b>-20</b>	<b>-17</b>	<b>-14</b>	<b>-11</b>	<b>-7.9</b>	<b>-4.9</b>	<b>-2</b>	<b>1</b>	<b>3.9</b>	<b>6.8</b>	<b>9.8</b>	<b>13</b>	<b>16</b>
			-43	-39	-39	-36	-34	-35	-41	-45	-43	-38	-37	-35	-32	-33	-40	-45
-45	-39	-38	-34	-29	-31	-36	-42	-41	-36	-37	-37	-36	-37	-44	-47			
-45	-38	-35	-30	-25	-27	-32	-38	-38	-35	-36	-37	-38	-45	-49				

**Tablo 5.36:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		60 km/saat için VL değerleri (SSD=37.9 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.9	5.9	8.8	12	15	18	21	24	26	29	32	35	38	41	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67	70	73	76	79	82
			-28	-24	-21	-20	-23	-27	-29	-34	-36	-34	-30	-30	-29	-28	-27	-28
			-31	-27	-25	-23	-26	-29	-30	-33	-36	-33	-29	-28	-29	-29	-28	-30
	Şerit 1	1.75	-34	-31	-27	-26	-28	-30	-30	-32	-34	-30	-26	-25	-27	-29	-29	-32
			<b>-38</b>	<b>-35</b>	<b>-32</b>	<b>-29</b>	<b>-26</b>	<b>-23</b>	<b>-20</b>	<b>-17</b>	<b>-14</b>	<b>-11</b>	<b>-8.5</b>	<b>-5.6</b>	<b>-2.6</b>	<b>0.3</b>	<b>3.3</b>	<b>6.2</b>
			-32	-30	-30	-28	-26	-27	-31	-34	-32	-29	-29	-27	-25	-26	-30	-34
-33	-30	-29	-26	-23	-25	-27	-31	-30	-28	-29	-29	-28	-29	-33	-36			
-34	-29	-27	-23	-20	-21	-24	-28	-28	-27	-28	-29	-30	-30	-34	-36			

**Tablo 5.37:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		70 km/saat için VL değerleri (SSD=49.3 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.9	5.9	8.8	12	15	18	21	24	26	29	32	35	38	41	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-21	-18	-16	-14	-17	-20	-21	-25	-27	-25	-22	-21	-21	-21	-19	-21
			-23	-20	-18	-16	-19	-21	-22	-25	-26	-24	-21	-20	-21	-21	-20	-23
			-25	-22	-20	-18	-20	-22	-22	-24	-25	-23	-20	-18	-20	-21	-21	-24
	Şerit 1	1.75	-49	-46	-43	-40	-38	-35	-32	-29	-26	-23	-20	-17	-14	-11	-8.2	-5.2
			-24	-22	-22	-20	-18	-20	-22	-25	-24	-21	-21	-20	-18	-20	-23	-25
			-25	-22	-21	-19	-16	-18	-20	-23	-23	-20	-21	-21	-20	-21	-24	-26
-25	-21	-20	-17	-14	-16	-18	-21	-21	-19	-21	-21	-21	-22	-25	-27			

**Tablo 5.38:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		80 km/saat için VL değerleri (SSD=62.7 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.9	5.9	8.8	12	15	18	21	24	26	29	32	35	38	41	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	-15	-13	-11	-11	-12	-14	-15	-18	-19	-18	-16	-16	-15	-15	-14	-15
			-16	-14	-13	-12	-14	-15	-15	-18	-19	-17	-15	-15	-15	-15	-14	-16
			-18	-16	-14	-13	-15	-16	-15	-17	-18	-16	-14	-14	-15	-15	-15	-17
	Şerit 1	1.75	-63	-60	-57	-54	-51	-48	-45	-42	-39	-36	-33	-30	-27	-24	-22	-19
			-17	-15	-16	-15	-13	-14	-16	-18	-17	-15	-15	-15	-14	-14	-16	-18
			-18	-15	-15	-14	-12	-13	-14	-16	-16	-14	-15	-15	-15	-15	-17	-19
-18	-15	-14	-12	-11	-11	-13	-15	-15	-14	-15	-15	-15	-16	-16	-18	-19		

**Tablo 5.39:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		90 km/saat için VL değerleri (SSD=78.8 m)																	
		Hesap noktası konumu x[m]																	
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1		
		Gözlemci konumu x[m]																	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	78.8	81.7	84.6	87.6	90.5	93.5	96.4	99.3	102	105	108	111	114	117	120	123	
			-11	-8.8	-7.9	-7.4	-8.6	-10	-11	-13	-14	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-9.8	-11
			-12	-9.8	-9	-8.4	-9.7	-11	-11	-13	-13	-12	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-11
	Şerit 1	1.75	-13	-11	-9.9	-9.4	-10	-11	-11	-12	-13	-11	-10	-9.6	-10	-11	-11	-12	
			-79	-76	-73	-70	-67	-64	-61	-58	-55	-52	-49	-46	-44	-41	-38	-35	
			-12	-11	-11	-10	-9.4	-9.9	-11	-13	-12	-11	-11	-10	-9.6	-10	-11	-13	
-13	-11	-11	-9.7	-8.4	-9	-9.8	-12	-11	-10	-11	-11	-10	-11	-11	-12	-13			
-13	-11	-10	-8.6	-7.4	-7.9	-8.8	-11	-11	-9.8	-11	-11	-11	-11	-11	-12	-14			

**Tablo 5.40:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		100 km/saat için VL değerleri (SSD=96.8 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	96.8	99.7	103	106	109	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141
			-7.5	-6.4	-5.7	-5.2	-6.1	-7.1	-7.6	-9	-9.7	-9	-7.9	-7.7	-7.6	-7.5	-7	-7.6
			-8.3	-7.2	-6.5	-5.9	-6.9	-7.7	-7.8	-9	-9.6	-8.8	-7.7	-7.4	-7.6	-7.6	-7.3	-8.1
	Şerit 1	1.75	-8.9	-8	-7.1	-6.6	-7.3	-7.9	-7.8	-8.8	-9.1	-8.3	-7.3	-6.8	-7.4	-7.7	-7.6	-8.6
			-97	-94	-91	-88	-85	-82	-79	-76	-73	-70	-67	-64	-62	-59	-56	-53
			-8.8	-7.8	-7.9	-7.3	-6.6	-7.1	-8	-8.9	-8.6	-7.6	-7.7	-7.4	-6.8	-7.3	-8.3	-9.1
-9	-7.8	-7.7	-6.9	-5.9	-6.5	-7.2	-8.3	-8.1	-7.3	-7.6	-7.6	-7.4	-7.7	-8.8	-9.6			
-9	-7.6	-7.1	-6.1	-5.2	-5.7	-6.4	-7.5	-7.6	-7	-7.5	-7.6	-7.7	-7.9	-9	-9.7			

**Tablo 5.41:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		110 km/saat için VL değerleri (SSD=118 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	118	121	124	127	130	133	136	139	142	145	148	150	153	156	159	162
			-5.3	-4.5	-4.1	-3.7	-4.3	-5	-5.4	-6.4	-6.9	-6.4	-5.6	-5.4	-5.4	-5.3	-4.9	-5.4
			-5.9	-5.1	-4.6	-4.2	-4.9	-5.5	-5.5	-6.4	-6.8	-6.3	-5.5	-5.2	-5.4	-5.4	-5.2	-5.7
	Şerit 1	1.75	-6.3	-5.6	-5.1	-4.7	-5.2	-5.6	-5.5	-6.3	-6.5	-5.9	-5.2	-4.9	-5.3	-5.5	-5.4	-6.1
			-118	-115	-112	-109	-106	-103	-101	-98	-95	-92	-89	-86	-83	-80	-77	-74
			-6.3	-5.6	-5.6	-5.2	-4.7	-5.1	-5.7	-6.3	-6.1	-5.4	-5.5	-5.3	-4.9	-5.2	-5.9	-6.5
-6.4	-5.5	-5.5	-4.9	-4.2	-4.6	-5.1	-5.9	-5.7	-5.2	-5.4	-5.4	-5.2	-5.5	-6.3	-6.8			
-6.4	-5.4	-5	-4.3	-3.7	-4.1	-4.5	-5.3	-5.4	-4.9	-5.3	-5.4	-5.4	-5.6	-6.4	-6.9			

**Tablo 5.42:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		120 km/saat için VL değerleri (SSD=143 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	143	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187
			-3.8	-3.2	-2.9	-2.6	-3.1	-3.6	-3.8	-4.6	-4.9	-4.5	-4	-3.9	-3.9	-3.8	-3.5	-3.9
			-4.2	-3.6	-3.3	-3	-3.5	-3.9	-4	-4.6	-4.9	-4.5	-3.9	-3.8	-3.9	-3.9	-3.7	-4.1
	Şerit 1	1.75	-4.5	-4	-3.6	-3.4	-3.7	-4	-4	-4.5	-4.7	-4.2	-3.7	-3.5	-3.8	-4	-3.9	-4.3
			-143	-140	-137	-134	-131	-128	-125	-122	-119	-116	-113	-110	-107	-104	-101	-98
			-4.5	-4	-4	-3.7	-3.4	-3.6	-4	-4.5	-4.3	-3.9	-4	-3.8	-3.5	-3.7	-4.2	-4.7
-4.6	-4	-3.9	-3.5	-3	-3.3	-3.6	-4.2	-4.1	-3.7	-3.9	-3.9	-3.8	-3.9	-4.5	-4.9			
-4.6	-3.8	-3.6	-3.1	-2.6	-2.9	-3.2	-3.8	-3.9	-3.5	-3.8	-3.9	-3.9	-4	-4.5	-4.9			

Aynı hesap ıslak yol için tekrarlandığında bulunan ve Tablo 5.43 – Tablo 5.50’de verilen sonuçlar incelendiğinde, tesisatın ıslak durumda da mevcut tesisata göre iyi bir

performans sergilediğini ve 80 km/saat'e kadar tüm hızlarda yolun her noktasında görülebilirlik koşulunu sağladığı görülmektedir.

**Tablo 5.43:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat için VL değerleri (SSD=38.47 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	38.5	41.4	44.3	47.3	50.2	53.2	56.1	59	62	64.9	67.8	70.8	73.7	76.7	79.6	83
			-48	-41	-34	-32	-37	-44	-48	-52	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-54	-52
			-44	-40	-35	-34	-38	-44	-46	-49	-51	-51	-49	-49	-50	-50	-49	-47
	Şerit 1	1.75	-46	-46	-44	-44	-47	-48	-47	-48	-47	-44	-40	-39	-42	-43	-43	-45
			<b>-38</b>	<b>-36</b>	<b>-33</b>	<b>-30</b>	<b>-27</b>	<b>-24</b>	<b>-21</b>	<b>-18</b>	<b>-15</b>	<b>-12</b>	<b>-9.1</b>	<b>-6.2</b>	<b>-3.2</b>	<b>-0.3</b>	<b>2.66</b>	<b>5.6</b>
			-48	-47	-48	-47	-44	-44	-46	-46	-45	-43	-43	-42	-39	-40	-44	-47
-49	-46	-44	-38	-34	-35	-40	-44	-47	-49	-50	-50	-49	-49	-51	-51			
-52	-48	-44	-37	-32	-34	-41	-48	-52	-54	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55		

**Tablo 5.44:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		60 km/saat için VL değerleri (SSD=54.95 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	55	57.9	60.8	63.8	66.7	69.6	72.6	75.5	78.5	81.4	84.3	87.3	90.2	93.1	96.1	99
			-32	-26	-22	-21	-25	-30	-32	-36	-38	-38	-38	-39	-39	-39	-38	-36
			-30	-26	-23	-22	-26	-30	-31	-34	-35	-35	-34	-34	-35	-35	-34	-32
	Şerit 1	1.75	-31	-30	-28	-29	-31	-32	-32	-32	-32	-30	-27	-27	-29	-30	-30	-31
			<b>-55</b>	<b>-52</b>	<b>-49</b>	<b>-46</b>	<b>-43</b>	<b>-40</b>	<b>-37</b>	<b>-34</b>	<b>-31</b>	<b>-29</b>	<b>-26</b>	<b>-23</b>	<b>-20</b>	<b>-17</b>	<b>-14</b>	<b>-11</b>
			-32	-32	-32	-31	-29	-28	-30	-31	-31	-30	-30	-29	-27	-27	-30	-32
-34	-31	-30	-26	-22	-23	-26	-30	-32	-34	-35	-35	-34	-34	-35	-35			
-36	-32	-30	-25	-21	-22	-26	-32	-36	-38	-39	-39	-39	-39	-38	-38	-38		

**Tablo 5.45:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		70 km/saat için VL değerleri (SSD=74.95 m)																	
		Hesap noktası konumu x[m]																	
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44		
		Gözlemci konumu x[m]																	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	75	77.9	80.8	83.8	86.7	89.6	92.6	95.5	98.5	101	104	107	110	113	116	119	
			-21	-17	-14	-14	-16	-19	-21	-24	-25	-26	-26	-26	-26	-27	-27	-26	-24
			-20	-17	-15	-14	-17	-19	-20	-22	-23	-24	-23	-23	-23	-23	-23	-22	-21
	Şerit 1	1.75	-20	-19	-18	-18	-20	-21	-21	-21	-21	-20	-18	-18	-20	-20	-20	-20	
			-75	-72	-69	-66	-63	-60	-57	-54	-51	-49	-46	-43	-40	-37	-34	-31	
			-21	-21	-21	-20	-18	-18	-19	-20	-20	-20	-20	-20	-18	-18	-20	-21	
-22	-20	-19	-17	-14	-15	-17	-20	-21	-22	-23	-23	-23	-23	-23	-24	-23			
-24	-21	-19	-16	-14	-14	-17	-21	-24	-26	-27	-27	-27	-27	-26	-26	-25			

**Tablo 5.46:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		80 km/saat için VL değerleri (SSD=98.89 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	98.9	102	105	108	111	114	117	119	122	125	128	131	134	137	140	143
			-14	-11	-8.9	-8.7	-10	-13	-14	-16	-17	-18	-17	-18	-18	-18	-17	-16
			-13	-11	-9.4	-9.2	-11	-13	-13	-15	-16	-16	-15	-15	-16	-16	-15	-14
	Şerit 1	1.75	-13	-12	-11	-12	-13	-14	-14	-14	-14	-13	-12	-12	-13	-13	-13	
			-99	-96	-93	-90	-87	-84	-81	-78	-75	-72	-70	-67	-64	-61	-58	-55
			-14	-14	-14	-13	-12	-11	-12	-13	-13	-13	-13	-13	-12	-12	-13	-14
-15	-13	-13	-11	-9.2	-9.4	-11	-13	-14	-15	-16	-16	-16	-15	-15	-16	-16		
-16	-14	-13	-10	-8.7	-8.9	-11	-14	-16	-17	-18	-18	-18	-18	-17	-18	-17		

**Tablo 5.47:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		90 km/saat için VL değerleri (SSD=125.49 m)																	
		Hesap noktası konumu x[m]																	
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44		
		Gözlemci konumu x[m]																	
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	125	128	131	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	
			-9.2	-7.1	-5.9	-5.8	-7	-8.5	-9.4	-11	-12	-12	-12	-12	-12	-13	-13	-12	-11
			-8.6	-7.3	-6.3	-6.2	-7.3	-8.7	-9.2	-10	-11	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-9.5
	Şerit 1	1.75	-8.8	-8.1	-7.6	-7.9	-8.7	-9.3	-9.2	-9.5	-9.4	-9.1	-8.5	-8.6	-9.1	-9.3	-8.9	-8.9	
			-125	-123	-120	-117	-114	-111	-108	-105	-102	-99	-96	-93	-90	-87	-84	-81	
			-9.5	-9.2	-9.3	-8.7	-7.9	-7.6	-8.1	-8.8	-8.9	-8.9	-9.3	-9.1	-8.6	-8.5	-9.1	-9.4	
-10	-9.2	-8.7	-7.3	-6.2	-6.3	-7.3	-8.6	-9.5	-10	-11	-11	-11	-11	-10	-11	-11			
-11	-9.4	-8.5	-7	-5.8	-6	-7.1	-9.2	-11	-12	-12	-13	-13	-12	-12	-12	-12			

**Tablo 5.48:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

Gözl. konumu y [m]		100 km/saat için VL değerleri (SSD=154.89 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	155	158	161	164	167	170	173	175	178	181	184	187	190	193	196	199
			-6.3	-5	-4.1	-4	-4.8	-5.9	-6.6	-7.4	-8.1	-8.5	-8.6	-8.9	-9	-9	-8.3	-7.4
			-5.9	-5.1	-4.4	-4.3	-5.1	-6.1	-6.4	-7	-7.4	-7.6	-7.4	-7.5	-7.7	-7.7	-7.2	-6.5
	Şerit 1	1.75	-6	-5.7	-5.3	-5.5	-6.1	-6.5	-6.4	-6.5	-6.6	-6.4	-6	-6.1	-6.4	-6.6	-6.2	-6.1
			-155	-152	-149	-146	-143	-140	-137	-134	-131	-128	-126	-123	-120	-117	-114	-111
			-6.5	-6.4	-6.5	-6.1	-5.5	-5.3	-5.7	-6	-6.1	-6.2	-6.6	-6.4	-6.1	-6	-6.4	-6.6
-7	-6.4	-6.1	-5.1	-4.3	-4.4	-5.1	-5.9	-6.5	-7.2	-7.7	-7.7	-7.5	-7.4	-7.6	-7.4			
-7.4	-6.6	-5.9	-4.8	-4	-4.1	-5	-6.3	-7.4	-8.3	-9	-9	-8.9	-8.6	-8.5	-8.1			

**Tablo 5.49:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

Gözl. konumu y [m]		110 km/saat için VL değerleri (SSD=186.22m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	186	189	192	195	198	201	204	207	210	213	216	219	221	224	227	230
			-4.6	-3.6	-3	-2.9	-3.4	-4.2	-4.7	-5.4	-5.9	-6.2	-6.3	-6.5	-6.6	-6.5	-6	-5.4
			-4.3	-3.7	-3.2	-3.1	-3.6	-4.3	-4.6	-5.1	-5.4	-5.6	-5.4	-5.5	-5.6	-5.6	-5.2	-4.8
	Şerit 1	1.75	-4.4	-4.1	-3.8	-3.9	-4.3	-4.6	-4.6	-4.8	-4.8	-4.7	-4.4	-4.5	-4.6	-4.8	-4.5	-4.4
			-186	-183	-180	-177	-174	-172	-169	-166	-163	-160	-157	-154	-151	-148	-145	-142
			-4.8	-4.6	-4.6	-4.3	-3.9	-3.8	-4.1	-4.4	-4.4	-4.5	-4.8	-4.6	-4.5	-4.4	-4.7	-4.8
-5.1	-4.6	-4.3	-3.6	-3.1	-3.2	-3.7	-4.3	-4.8	-5.2	-5.6	-5.6	-5.5	-5.4	-5.6	-5.4			
-5.4	-4.7	-4.2	-3.4	-2.9	-3	-3.6	-4.6	-5.4	-6	-6.5	-6.6	-6.5	-6.3	-6.2	-5.9			

**Tablo 5.50:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

Gözl. konumu y [m]		120 km/saat için VL değerleri (SSD=222.11 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	222	225	228	231	234	237	240	243	246	249	251	254	257	260	263	266
			-3.3	-2.5	-2.1	-2.1	-2.5	-3.1	-3.4	-4	-4.3	-4.5	-4.6	-4.8	-4.9	-4.8	-4.4	-3.9
			-3.1	-2.7	-2.3	-2.2	-2.7	-3.2	-3.4	-3.7	-3.9	-4.1	-3.9	-4	-4.1	-4.1	-3.8	-3.5
	Şerit 1	1.75	-3.1	-2.9	-2.7	-2.8	-3.2	-3.4	-3.4	-3.5	-3.5	-3.4	-3.2	-3.3	-3.4	-3.5	-3.3	-3.2
			-222	-219	-216	-213	-210	-207	-204	-202	-199	-196	-193	-190	-187	-184	-181	-178
			-3.5	-3.4	-3.4	-3.2	-2.8	-2.7	-3	-3.2	-3.2	-3.3	-3.5	-3.4	-3.3	-3.2	-3.4	-3.5
-3.7	-3.4	-3.2	-2.7	-2.2	-2.3	-2.7	-3.1	-3.5	-3.8	-4.1	-4.1	-4	-3.9	-4.1	-3.9			
-4	-3.4	-3.1	-2.5	-2.1	-2.1	-2.6	-3.3	-3.9	-4.4	-4.8	-4.9	-4.8	-4.6	-4.5	-4.3			

1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta 48 nokta arasından |VL|<7 olan noktaların sayısı ve STV değerleri sırasıyla Tablo 5.51 ve Tablo 5.52'de verilmiştir.

**Tablo 5.51:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta görülebilirlik koşulunu sağlamayan hesap noktası sayıları

Hız	VL <7 olan nokta sayısı Şerit 1		VL <7 olan nokta sayısı Şerit 2	
	Kuru yol	Islak yol	Kuru yol	Islak yol
50 km/saat	0	0	0	0
60 km/saat	0	0	0	0
70 km/saat	0	0	0	0
80 km/saat	0	0	0	0
90 km/saat	0	5	0	5
100 km/saat	10	32	10	32
110 km/saat	48	48	48	48
120 km/saat	48	48	48	48

**Tablo 5.52:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta hesaplanan STV değerleri

Hız	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat STV değerleri			
	Kuru		Islak	
	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 2
50 km/saat	34.71	34.73	41.69	41.69
60 km/saat	27.43	27.43	28.75	28.75
70 km/saat	20.29	20.3	19.39	19.4
80 km/saat	14.77	14.78	13.02	13.02
90 km/saat	10.5	10.5	8.98	8.98
100 km/saat	7.54	7.54	6.35	6.35
110 km/saat	5.37	5.37	4.63	4.63
120 km/saat	3.86	3.86	3.4	3.41

Tablo 5.52'den 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatın, kuru ve ıslak yol durumlarında neredeyse 120 km/saat hariç tüm hızlarda ANSI RP-8'de önerilen STV değerini sağladığı görülmektedir. Fakat tek tek VL değerleri incelendiğinde 110 km/saat hızda yoldaki hiç bir noktanın |VL|≥7 görülebilirlik koşulunu sağlamadığı görülmektedir. Benzer şekilde, 100 km/saat hızda kuru durumda yoldaki 48 noktadan 10 tanesi, ıslak durumda ise 32 tanesi görülmezdir (Bkz. Tablo 5.51)

1 cd/m<sup>2</sup>'lik ortalama parıltıya sahip olan tesisatta, yolun kuru olduğu durumda çeşitli hızlara karşılık gelen fren mesafelerinden görülebilirlik hesaplandığında bulunan ve Tablo 5.53 - Tablo 5.60'da verilen sonuçlar incelendiğinde, tesisatın 90 km/saat'e kadar tüm hızlarda yolun her noktasında görülebilirlik koşulunu sağladığı görülmektedir.

**Tablo 5.53:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat için VL değerleri (SSD=28.4 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.9	5.7	8.6	11	14	17	20	23	26	29	32	34	37	40	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	28	31	34	37	40	43	46	49	51	54	57	60	63	66	69
			-36	-29	-25	-25	-30	-34	-38	-44	-40	-36	-33	-35	-34	-35	-37
			-38	-32	-29	-28	-33	-37	-39	-44	-39	-35	-32	-34	-35	-37	-39
	Şerit 1	1.75	-40	-35	-32	-31	-35	-38	-39	-43	-37	-32	-29	-32	-34	-37	-40
			-28	-26	-23	-20	-17	-14	-11	-8.4	-5.5	-2.6	0.2	3.1	6	8.8	12
			-41	-38	-36	-33	-31	-33	-37	-42	-38	-36	-34	-30	-30	-35	-40
-41	-38	-35	-30	-28	-30	-35	-40	-37	-36	-35	-33	-33	-37	-42			
-41	-36	-32	-27	-25	-27	-33	-38	-36	-35	-34	-34	-34	-38	-42			

**Tablo 5.54:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		60 km/saat için VL değerleri (SSD=37.9 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.9	5.7	8.6	11	14	17	20	23	26	29	32	34	37	40	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	38	41	44	46	49	52	55	58	61	64	67	69	72	75	78
			-26	-22	-20	-19	-23	-26	-27	-32	-29	-27	-26	-26	-26	-27	-27
			-28	-23	-22	-21	-25	-28	-28	-32	-29	-26	-24	-26	-26	-28	-28
	Şerit 1	1.75	-29	-26	-24	-24	-27	-28	-29	-32	-28	-24	-23	-25	-26	-28	-29
			-38	-35	-32	-29	-26	-24	-21	-18	-15	-12	-9.2	-6.3	-3.5	-0.6	2.3
			-30	-29	-27	-25	-23	-24	-27	-31	-28	-27	-26	-23	-24	-26	-30
-30	-28	-27	-23	-21	-22	-26	-30	-27	-27	-26	-25	-25	-27	-31			
-30	-27	-24	-21	-19	-20	-24	-28	-26	-27	-26	-26	-26	-28	-31			

**Tablo 5.55:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		70 km/saat için VL değerleri (SSD=49.3 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.9	5.7	8.6	11	14	17	20	23	26	29	32	34	37	40	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	49	52	55	58	61	64	67	69	72	75	78	81	84	87	89
			-19	-16	-14	-13	-16	-18	-20	-24	-21	-19	-18	-19	-19	-19	-20
			-21	-17	-15	-15	-18	-20	-21	-24	-21	-19	-17	-19	-19	-20	-21
	Şerit 1	1.75	-21	-18	-17	-17	-19	-20	-21	-23	-20	-18	-16	-18	-19	-20	-22
			-49	-46	-44	-41	-38	-35	-32	-29	-26	-24	-21	-18	-15	-12	-9.2
			-22	-21	-20	-18	-16	-18	-20	-23	-21	-20	-18	-17	-17	-19	-22
-22	-20	-19	-16	-15	-16	-19	-22	-20	-19	-19	-18	-18	-20	-22			
-22	-19	-17	-15	-13	-14	-18	-20	-19	-19	-19	-18	-18	-20	-23			

**Tablo 5.56:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		80 km/saat için VL değerleri (SSD=62.7 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.9	5.7	8.6	11	14	17	20	23	26	29	32	34	37	40	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	63	66	68	71	74	77	80	83	86	88	91	94	97	100	103
			-14	-11	-10	-9.6	-12	-13	-14	-17	-15	-14	-13	-13	-13	-13	-14
			-14	-12	-11	-11	-13	-14	-15	-16	-15	-13	-12	-13	-14	-14	-15
	Şerit 1	1.75	-15	-13	-12	-12	-13	-14	-15	-16	-14	-12	-12	-13	-14	-14	-15
			-63	-60	-57	-54	-51	-48	-45	-43	-40	-37	-34	-31	-28	-25	-23
			-15	-14	-14	-13	-12	-12	-14	-16	-14	-14	-13	-12	-12	-13	-15
-15	-14	-14	-12	-11	-11	-13	-15	-14	-14	-13	-13	-13	-14	-16			
-15	-13	-12	-11	-9.6	-10	-12	-14	-13	-13	-13	-13	-13	-14	-16			

**Tablo 5.57:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		90 km/h için VL değerleri (SSD=78.8 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	78.8	81.6	84.5	87.4	90.2	93.1	96	98.8	102	105	107	110	113	116	119
			-9.2	-7.5	-6.9	-6.6	-8	-9.1	-9.9	-11	-10	-9.3	-8.9	-9.2	-9.2	-9.4	-9.8
			-9.9	-8.1	-7.7	-7.5	-8.9	-9.8	-10	-11	-10	-9.1	-8.6	-9.2	-9.4	-9.8	-10
	Şerit 1	1.75	-10	-8.9	-8.4	-8.2	-9.3	-10	-10	-11	-9.8	-8.6	-8.2	-8.9	-9.5	-10	-11
			-79	-76	-73	-70	-67	-64	-62	-59	-56	-53	-50	-47	-44	-42	-39
			-11	-10	-9.7	-8.7	-8.1	-8.4	-9.5	-11	-10	-9.9	-9.2	-8.4	-8.5	-9.2	-11
-11	-10	-9.4	-8.1	-7.5	-7.8	-9	-10	-10	-9.7	-9.3	-9	-8.8	-9.6	-11			
-11	-9.4	-8.6	-7.3	-6.7	-7	-8.5	-9.7	-9.5	-9.4	-9.2	-9.1	-9	-9.8	-11			

**Tablo 5.58:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		100 km/h için VL değerleri (SSD=96.8 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	96.8	99.7	103	105	108	111	114	117	120	123	125	128	131	134	137
			-6.6	-5.3	-4.8	-4.6	-5.6	-6.4	-6.9	-8.1	-7.1	-6.5	-6.2	-6.5	-6.5	-6.6	-6.9
			-7.1	-5.7	-5.4	-5.2	-6.3	-6.9	-7.2	-8.1	-7.1	-6.4	-6.1	-6.5	-6.6	-6.9	-7.2
	Şerit 1	1.75	-7.4	-6.2	-5.9	-5.7	-6.5	-7.1	-7.3	-8	-6.9	-6.1	-5.8	-6.3	-6.7	-7.1	-7.5
			-97	-94	-91	-88	-85	-82	-80	-77	-74	-71	-68	-65	-62	-60	-57
			-7.6	-7.2	-6.8	-6.1	-5.7	-5.9	-6.7	-7.8	-7.2	-7	-6.5	-5.9	-6	-6.4	-7.6
-7.6	-7.1	-6.6	-5.7	-5.2	-5.4	-6.3	-7.5	-7	-6.8	-6.6	-6.3	-6.2	-6.7	-7.7			
-7.5	-6.6	-6.1	-5.1	-4.7	-4.9	-5.9	-7	-6.7	-6.6	-6.5	-6.4	-6.3	-6.9	-7.7			

**Tablo 5.59:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		110 km/h için VL değerleri (SSD=118 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	118	121	124	127	130	132	135	138	141	144	147	150	153	155	158
			-4.7	-3.7	-3.4	-3.3	-4	-4.5	-4.9	-5.7	-5	-4.6	-4.4	-4.5	-4.5	-4.7	-4.8
			-5	-4	-3.8	-3.7	-4.4	-4.9	-5.1	-5.7	-5	-4.5	-4.3	-4.6	-4.7	-4.8	-5.1
	Şerit 1	1.75	-5.2	-4.3	-4.1	-4	-4.6	-5	-5.1	-5.7	-4.8	-4.3	-4.1	-4.4	-4.7	-5	-5.3
			-118	-115	-112	-110	-107	-104	-101	-98	-95	-92	-89	-87	-84	-81	-78
			-5.4	-5.1	-4.8	-4.3	-4	-4.1	-4.7	-5.5	-5.1	-4.9	-4.6	-4.2	-4.2	-4.5	-5.3
-5.4	-5	-4.7	-4	-3.7	-3.8	-4.4	-5.3	-4.9	-4.8	-4.6	-4.4	-4.4	-4.7	-5.4			
-5.2	-4.6	-4.3	-3.6	-3.3	-3.4	-4.2	-4.9	-4.7	-4.7	-4.5	-4.5	-4.4	-4.8	-5.4			

**Tablo 5.60:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		120 km/saat için VL değerleri (SSD=143 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	143	145	148	151	154	157	160	163	165	168	171	174	177	180	183
			-3.2	-2.6	-2.4	-2.3	-2.8	-3.2	-3.4	-4	-3.5	-3.3	-3.1	-3.2	-3.2	-3.3	-3.4
			-3.5	-2.9	-2.7	-2.6	-3.1	-3.5	-3.6	-4	-3.6	-3.2	-3	-3.3	-3.3	-3.4	-3.6
	Şerit 1	1.75	-3.6	-3.1	-2.9	-2.9	-3.3	-3.6	-3.6	-3.9	-3.5	-3.1	-2.9	-3.2	-3.4	-3.5	-3.8
			-143	-140	-137	-134	-131	-128	-125	-122	-120	-117	-114	-111	-108	-105	-102
			-3.8	-3.6	-3.4	-3.1	-2.8	-3	-3.3	-3.8	-3.6	-3.5	-3.3	-3	-3	-3.3	-3.7
-3.8	-3.5	-3.3	-2.8	-2.6	-2.7	-3.2	-3.7	-3.5	-3.4	-3.3	-3.2	-3.1	-3.4	-3.8			
-3.7	-3.3	-3	-2.6	-2.3	-2.4	-3	-3.4	-3.3	-3.3	-3.2	-3.2	-3.1	-3.4	-3.8			

Aynı hesap ıslak yol için tekrarlandığında bulunan ve Tablo 5.61 – Tablo 5.68’de verilen sonuçlar incelendiğinde, tesisatın ıslak durumda da mevcut tesisata göre iyi bir performans sergilediğini ve 80 km/saat’e kadar tüm hızlarda yolun her noktasında görülebilirlik koşulunu sağladığı görülmektedir.

**Tablo 5.61:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 50 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		50 km/saat için VL değerleri (SSD=38.47 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	38.5	41.3	44.2	47.1	49.9	52.8	55.7	58.5	61.4	64.3	67.1	70	72.9	75.7	78.6
			-50.9	-45.3	-38.5	-33.9	-36.9	-41.8	-44.9	-49.5	-50.6	-51.7	-52.3	-53.4	-53.8	-54.5	-53.5
			-44.8	-39.5	-35.2	-33	-36.7	-40.9	-43.3	-46.7	-46.5	-46.2	-46	-47	-47.5	-48.9	-48
	Şerit 1	1.75	-42.8	-40.7	-40.5	-40.9	-44.1	-45.8	-46.2	-46.6	-43.7	-39.7	-37.4	-38	-40	-42	-42.9
			<b>-38.5</b>	<b>-35.6</b>	<b>-32.7</b>	<b>-29.9</b>	<b>-27</b>	<b>-24.1</b>	<b>-21.3</b>	<b>-18.4</b>	<b>-15.5</b>	<b>-12.7</b>	<b>-9.8</b>	<b>-6.94</b>	<b>-4.07</b>	<b>-1.2</b>	<b>1.66</b>
			-46.5	-46.4	-44.8	-42.5	-40.5	-40.2	-41.9	-43.8	-42	-41.2	-39.3	-37	-38.5	-41.7	-45.1
-45.1	-42.6	-38.6	-34.5	-33.7	-37	-42.3	-47.3	-48.4	-48.2	-47.5	-46.2	-46.3	-46.3	-46.6			
-47.2	-43.6	-39.4	-34.9	-35.8	-41.7	-48.5	-52.8	-53.9	-54.2	-53.8	-52.7	-52	-51.4	-50.1			

**Tablo 5.62:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 60 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		60 km/saat için VL değerleri (SSD=54.95 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	55	57.8	60.7	63.6	66.4	69.3	72.2	75	77.9	80.8	83.6	86.5	89.4	92.2	95.1
			-33.8	-29.2	-24.3	-21.5	-23.9	-27.4	-29.8	-33.1	-33.6	-34.9	-35.5	-36.6	-37	-37.5	-36.7
			-29.5	-25.6	-22.7	-21.1	-23.8	-26.8	-28.9	-31.2	-30.7	-30.8	-30.7	-31.5	-32	-33	-32.5
	Şerit 1	1.75	-27.8	-25.9	-25.5	-25.6	-28.2	-29.7	-30.5	-30.8	-28.1	-25.9	-24.9	-25.6	-27	-28.3	-28.9
			<b>-55</b>	<b>-52.1</b>	<b>-49.2</b>	<b>-46.4</b>	<b>-43.5</b>	<b>-40.6</b>	<b>-37.8</b>	<b>-34.9</b>	<b>-32</b>	<b>-29.2</b>	<b>-26.3</b>	<b>-23.4</b>	<b>-20.6</b>	<b>-17.7</b>	<b>-14.8</b>
			-30.8	-30.2	-28.9	-26.8	-25.3	-25.4	-27	-29.1	-28.5	-27.9	-26.5	-24.8	-25.4	-26.8	-29.2
-30.1	-28	-25.2	-22.2	-21.6	-23.9	-27.6	-31.8	-33	-32.6	-32	-30.9	-30.9	-30.7	-30.7			
-31.4	-28.6	-25.6	-22.4	-22.4	-26.6	-31.8	-35.9	-37.2	-37.3	-36.9	-35.9	-35.3	-34.4	-33.1			

**Tablo 5.63:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 70 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		70 km/saat için VL değerleri (SSD=74.95 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	75	77.8	80.7	83.6	86.4	89.3	92.2	95	97.9	101	104	106	109	112	115
			-22.2	-18.6	-15.2	-13.4	-15.1	-17.5	-19.1	-21.3	-21.8	-22.9	-23.4	-24.3	-24.7	-25	-24.3
			-19.3	-16.4	-14.4	-13.4	-15.1	-17.2	-18.6	-20.2	-20	-20.1	-20.1	-20.7	-21.1	-21.7	-21.3
	Şerit 1	1.75	-18.1	-16.4	-15.9	-15.9	-17.8	-18.9	-19.5	-19.9	-18.1	-16.7	-16.2	-16.8	-17.8	-18.6	-18.8
			<b>-75</b>	<b>-72.1</b>	<b>-69.2</b>	<b>-66.4</b>	<b>-63.5</b>	<b>-60.6</b>	<b>-57.8</b>	<b>-54.9</b>	<b>-52</b>	<b>-49.2</b>	<b>-46.3</b>	<b>-43.4</b>	<b>-40.6</b>	<b>-37.7</b>	<b>-34.8</b>
			-19.8	-19.3	-18.3	-16.8	-15.7	-15.9	-17.2	-18.8	-18.7	-18.3	-17.5	-16.3	-16.5	-17.4	-19.1
-19.4	-18	-16.1	-14.1	-13.7	-15.2	-17.7	-20.7	-21.7	-21.4	-21	-20.2	-20.2	-20	-20.2			
-20.2	-18.3	-16.3	-14.1	-14	-16.7	-20.4	-23.6	-24.8	-24.9	-24.6	-23.8	-23.2	-22.4	-21.6			

**Tablo 5.64:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 80 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		80 km/saat için VL değerleri (SSD=98.89 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	98.9	102	105	107	110	113	116	119	122	125	128	130	133	136	139
			-14.3	-11.9	-9.59	-8.47	-9.58	-11.2	-12.3	-13.6	-14.2	-15	-15.4	-16	-16.4	-16.6	-16
			-12.4	-10.5	-9.23	-8.52	-9.67	-11.1	-12	-12.9	-13	-13.2	-13.2	-13.5	-13.8	-14.3	-13.9
	Şerit 1	1.75	-11.5	-10.5	-10	-9.99	-11.3	-12.1	-12.6	-12.7	-11.8	-11	-10.6	-11	-11.7	-12.2	-12.2
			<b>-98.9</b>	<b>-96</b>	<b>-93.2</b>	<b>-90.3</b>	<b>-87.4</b>	<b>-84.6</b>	<b>-81.7</b>	<b>-78.8</b>	<b>-76</b>	<b>-73.1</b>	<b>-70.2</b>	<b>-67.4</b>	<b>-64.5</b>	<b>-61.6</b>	<b>-58.8</b>
			-12.7	-12.4	-11.7	-10.6	-9.84	-10	-11.1	-12	-12.2	-12.1	-11.5	-10.7	-10.8	-11.3	-12.2
-12.6	-11.6	-10.3	-8.99	-8.76	-9.78	-11.5	-13.3	-14.2	-14.1	-13.8	-13.2	-13.3	-13.1	-12.9			
-13	-11.7	-10.4	-8.91	-8.85	-10.6	-13.2	-15.3	-16.4	-16.5	-16.3	-15.6	-15.2	-14.7	-13.9			

**Tablo 5.65:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 90 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		90 km/h için VL değerleri (SSD=125.49 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	125	128	131	134	137	140	143	146	148	151	154	157	160	163	166
			-9.63	-7.9	-6.32	-5.58	-6.33	-7.44	-8.08	-9.16	-9.55	-10.1	-10.4	-10.9	-11.2	-11.3	-10.8
			-8.35	-7.07	-6.16	-5.66	-6.43	-7.4	-7.96	-8.71	-8.78	-8.91	-8.9	-9.17	-9.38	-9.61	-9.36
	Şerit 1	1.75	-7.74	-6.98	-6.6	-6.58	-7.46	-8.06	-8.29	-8.51	-7.95	-7.44	-7.23	-7.49	-7.94	-8.19	-8.17
			<b>-125</b>	<b>-123</b>	<b>-120</b>	<b>-117</b>	<b>-114</b>	<b>-111</b>	<b>-108</b>	<b>-105</b>	<b>-103</b>	<b>-99.7</b>	<b>-96.8</b>	<b>-94</b>	<b>-91.1</b>	<b>-88.2</b>	<b>-85.4</b>
			-8.43	-8.18	-7.75	-6.98	-6.48	-6.66	-7.4	-8.11	-8.17	-8.19	-7.79	-7.24	-7.37	-7.65	-8.21
-8.34	-7.68	-6.87	-5.97	-5.82	-6.54	-7.71	-9.02	-9.57	-9.56	-9.34	-8.94	-8.99	-8.82	-8.73			
-8.6	-7.71	-6.88	-5.88	-5.83	-7.03	-8.8	-10.3	-11.1	-11.3	-11.1	-10.6	-10.3	-9.91	-9.33			

**Tablo 5.66:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 100 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		100 km/h için VL değerleri (SSD=154.89 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	155	158	161	163	166	169	172	175	178	181	184	186	189	192	195
			-6.68	-5.42	-4.32	-3.75	-4.3	-5.09	-5.61	-6.36	-6.64	-7.06	-7.21	-7.55	-7.78	-7.92	-7.57
			-5.81	-4.88	-4.24	-3.83	-4.38	-5.08	-5.55	-6.06	-6.11	-6.21	-6.15	-6.35	-6.52	-6.75	-6.55
	Şerit 1	1.75	-5.37	-4.81	-4.52	-4.43	-5.07	-5.52	-5.75	-5.91	-5.53	-5.19	-4.99	-5.18	-5.52	-5.76	-5.71
			<b>-155</b>	<b>-152</b>	<b>-149</b>	<b>-146</b>	<b>-143</b>	<b>-141</b>	<b>-138</b>	<b>-135</b>	<b>-132</b>	<b>-129</b>	<b>-126</b>	<b>-123</b>	<b>-120</b>	<b>-118</b>	<b>-115</b>
			-5.86	-5.67	-5.29	-4.72	-4.37	-4.57	-5.11	-5.65	-5.73	-5.7	-5.41	-5.01	-5.15	-5.33	-5.71
-5.81	-5.35	-4.7	-4.05	-3.94	-4.51	-5.34	-6.29	-6.72	-6.65	-6.48	-6.18	-6.26	-6.14	-6.08			
-5.97	-5.35	-4.69	-3.97	-3.92	-4.81	-6.08	-7.22	-7.81	-7.89	-7.72	-7.33	-7.18	-6.9	-6.48			

**Tablo 5.67:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 110 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		110 km/h için VL değerleri (SSD=186.22m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	186	189	192	195	198	201	203	206	209	212	215	218	221	223	226
			-4.77	-3.85	-3.06	-2.7	-3.09	-3.65	-4.02	-4.52	-4.75	-5.08	-5.23	-5.49	-5.65	-5.76	-5.48
			-4.14	-3.47	-3.02	-2.76	-3.15	-3.66	-3.99	-4.32	-4.37	-4.46	-4.47	-4.61	-4.73	-4.89	-4.74
	Şerit 1	1.75	-3.82	-3.41	-3.21	-3.18	-3.64	-3.97	-4.13	-4.2	-3.95	-3.73	-3.64	-3.77	-4.01	-4.18	-4.13
			<b>-186</b>	<b>-183</b>	<b>-180</b>	<b>-178</b>	<b>-175</b>	<b>-172</b>	<b>-169</b>	<b>-166</b>	<b>-163</b>	<b>-160</b>	<b>-158</b>	<b>-155</b>	<b>-152</b>	<b>-149</b>	<b>-146</b>
			-4.21	-4.07	-3.8	-3.39	-3.14	-3.25	-3.63	-4.03	-4.15	-4.14	-3.94	-3.65	-3.71	-3.82	-4.07
-4.18	-3.85	-3.38	-2.92	-2.85	-3.21	-3.8	-4.5	-4.86	-4.83	-4.71	-4.49	-4.51	-4.4	-4.34			
-4.28	-3.84	-3.36	-2.85	-2.82	-3.4	-4.33	-5.17	-5.66	-5.72	-5.6	-5.32	-5.17	-4.95	-4.63			

**Tablo 5.68:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak yol için 120 km/saat hızda güvenli duruş mesafesinden hesaplanmış görülebilirlik seviyesi değerleri

		120 km/h için VL değerleri (SSD=222.11 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.87	5.73	8.6	11.5	14.3	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	34.4	37.3	40.1	
		Gözlemci konumu x[m]															
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	222	225	228	231	234	236	239	242	245	248	251	254	257	259	262
			-3.48	-2.79	-2.18	-1.92	-2.21	-2.63	-2.9	-3.3	-3.46	-3.7	-3.79	-3.98	-4.11	-4.2	-3.99
			-3.03	-2.53	-2.16	-1.97	-2.26	-2.64	-2.88	-3.16	-3.19	-3.25	-3.23	-3.34	-3.44	-3.56	-3.44
	Şerit 1	1.75	-2.79	-2.48	-2.3	-2.27	-2.61	-2.86	-2.98	-3.07	-2.88	-2.72	-2.64	-2.74	-2.92	-3.04	-3
			<b>-222</b>	<b>-219</b>	<b>-216</b>	<b>-214</b>	<b>-211</b>	<b>-208</b>	<b>-205</b>	<b>-202</b>	<b>-199</b>	<b>-196</b>	<b>-193</b>	<b>-191</b>	<b>-188</b>	<b>-185</b>	<b>-182</b>
			-3.04	-2.94	-2.74	-2.44	-2.26	-2.36	-2.65	-2.95	-3.02	-3.02	-2.87	-2.67	-2.71	-2.79	-2.97
-3.03	-2.78	-2.45	-2.11	-2.06	-2.33	-2.77	-3.3	-3.54	-3.52	-3.43	-3.27	-3.29	-3.21	-3.17			
-3.1	-2.77	-2.43	-2.06	-2.03	-2.46	-3.14	-3.78	-4.13	-4.17	-4.09	-3.87	-3.76	-3.61	-3.38			

1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta 45 nokta arasında |VL|<7 olan noktaların sayısı ve STV değerleri sırasıyla Tablo 5.69 ve Tablo 5.70'de verilmiştir.

**Tablo 5.69:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta görülebilirlik koşulunu sağlamayan nokta sayıları

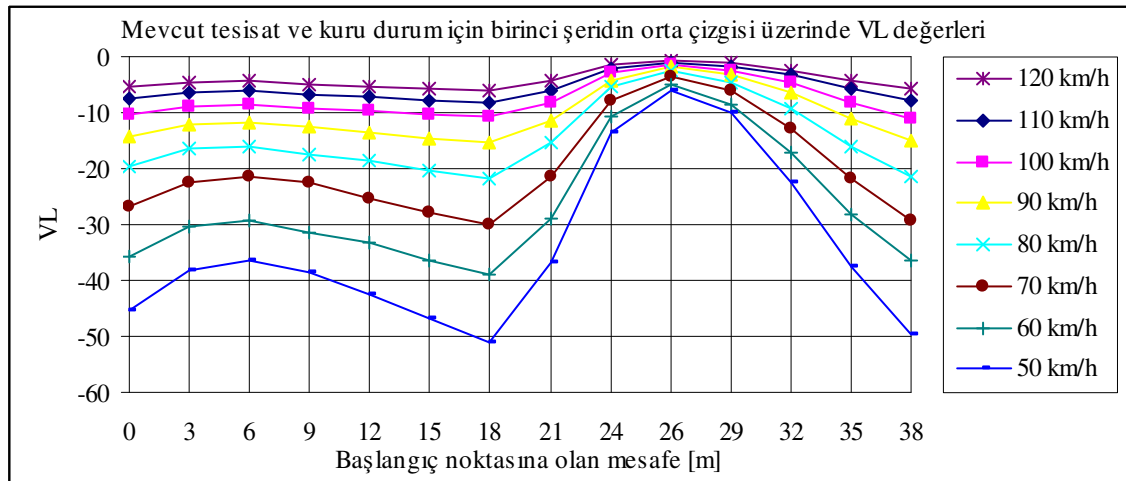
	VL <7 olan nokta sayısı Şerit 1		VL <7 olan nokta sayısı Şerit 2	
	Kuru yol	Islak yol	Kuru yol	Islak yol
50 km/saat	0	0	0	0
60 km/saat	0	0	0	0
70 km/saat	0	0	0	0
80 km/saat	0	0	0	0
90 km/saat	2	10	2	10
100 km/saat	32	39	32	39
110 km/saat	45	45	45	45
120 km/saat	45	45	45	45

**Tablo 5.70:** 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat için hesaplanan STV değerleri

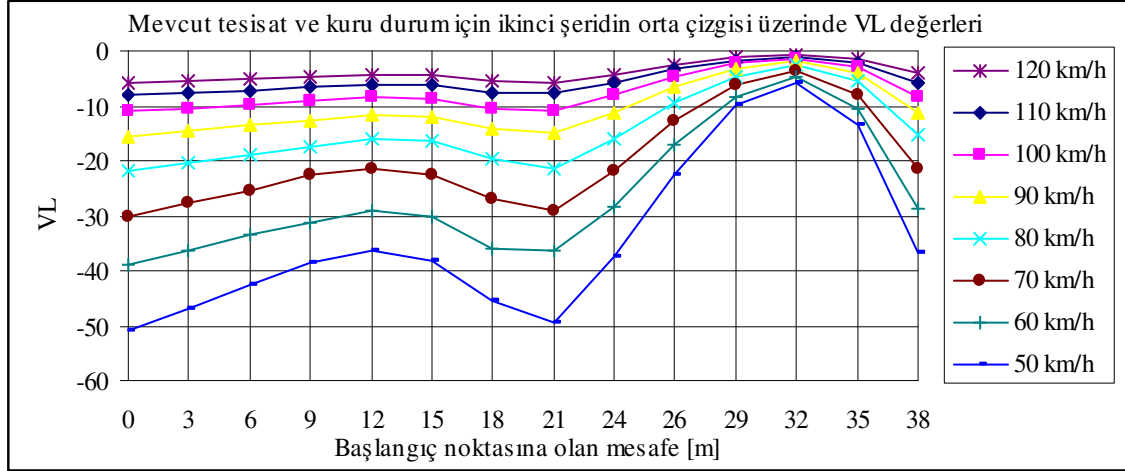
Hız	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat STV değerleri			
	Kuru		Islak	
	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 2
50 km/saat	32.72	32.83	41.07	41.17
60 km/saat	25.19	25.22	27.44	27.48
70 km/saat	18.23	18.26	18.01	18.02
80 km/saat	13.06	13.07	11.82	11.83
90 km/saat	9.12	9.13	8.02	8.02
100 km/saat	6.45	6.46	5.59	5.59
110 km/saat	4.55	4.55	4.04	4.04
120 km/saat	3.24	3.24	2.94	2.95

STV değerleri incelendiğinde 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatın 100 km/saat'e kadar tüm hızlarda ANSI RP-8'e göre görülebilirlik açısından yeterli olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Ancak 100 km/saat hızda görülemez nokta sayısı kuru durumda 32, ıslak durumda ise 39'dur.

Görülebilirlik düzeyi tabloları incelendiğinde, tesisatın simetrisinden ötürü birinci şeritle ikinci şeritte VL değerlerinin mesafeyle değişiminin yaklaşık aynı şekilde olduğu görülmektedir. Bu durum Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da açıklanmaya çalışılmıştır.

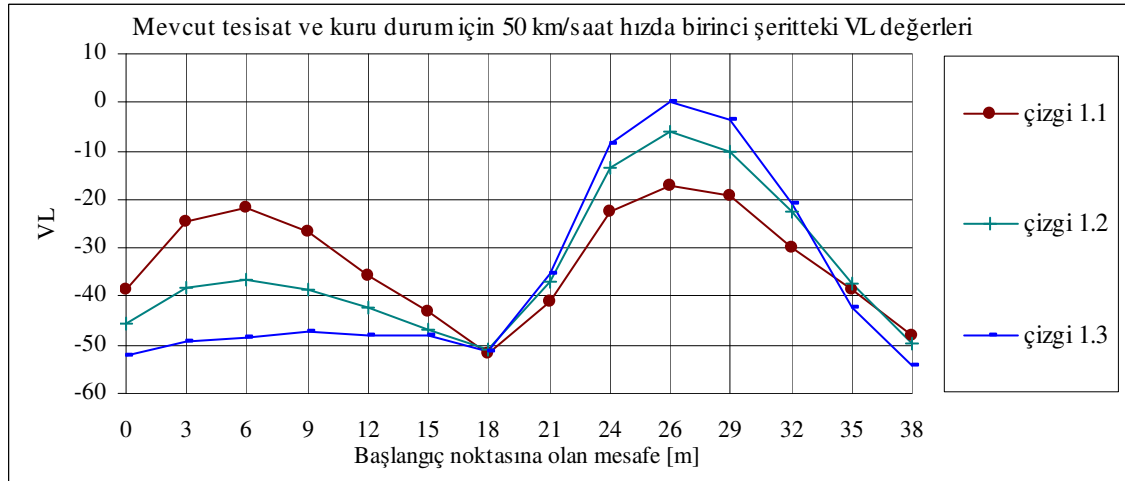


**Şekil 5.15:** Farklı hızlarda, birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri



**Şekil 5.16:** Farklı hızlarda, ikinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri

Ayrıca; şeridin orta çizgisinde elde edilen değerlerin mesafeyle değişimi, aynı şeridin orta çizgisinin altında ve üstündeki çizgideki değerlerin mesafeyle değişimine çok benzemektedir (Bkz. Şekil 5.17).

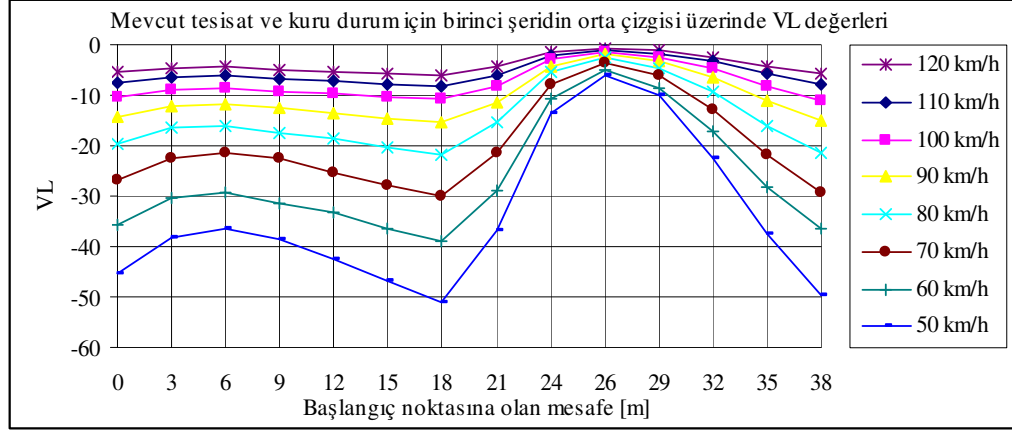


**Şekil 5.17:** 50 km/saat hızda birinci şerit üzerindeki üç çizgideki VL değerleri

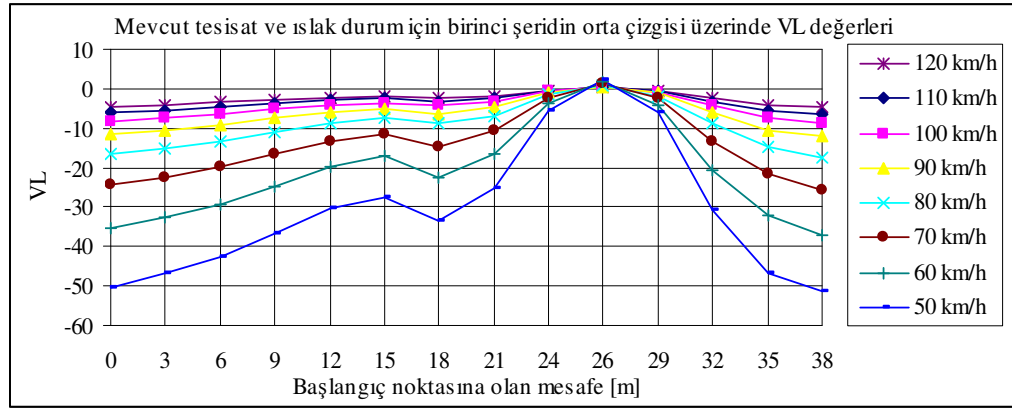
Yukarıda sayılan benzerlikler nedeniyle, tek bir şeridin orta çizgisi üzerindeki VL değerlerinin değişim grafiğinin tüm yolu temsil edebileceği kabulü yapılabilir. Bu sebeplere dayanarak, ilerleyen sayfalarda verilecek olan ve tesisatlardaki görülebilirlik

değerlerinin yol boyunca değişimleri arasındaki farkları ortaya koymayı amaçlayan grafiklerin birinci şeridin orta çizgisine göre çizilmesi yeterli görülmüştür.

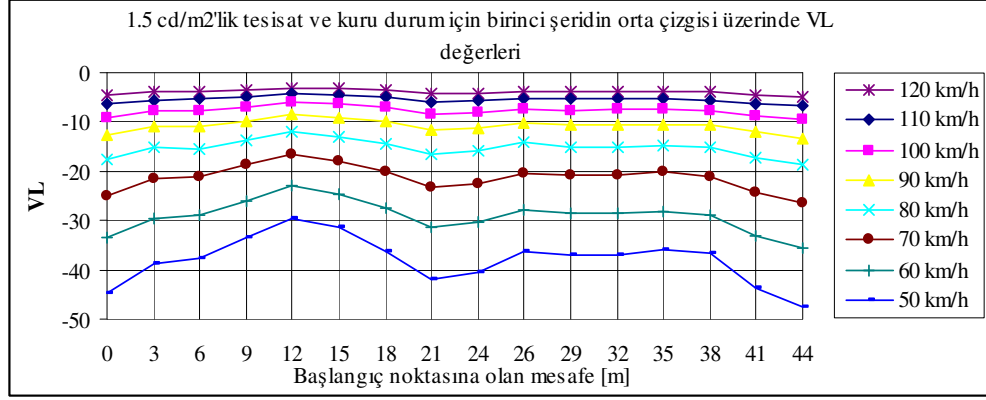
Her üç tesisatın (mevcut, 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik ve 1 cd/m<sup>2</sup>'lik) kuru ve ıslak olduğu durumlar için yapılan hesaplarda birinci şeridin orta çizgisi üzerinde elde edilen VL değerlerinin aracın hızıyla değişimi Şekil 5.18 – Şekil 5.23’de verilmiştir.



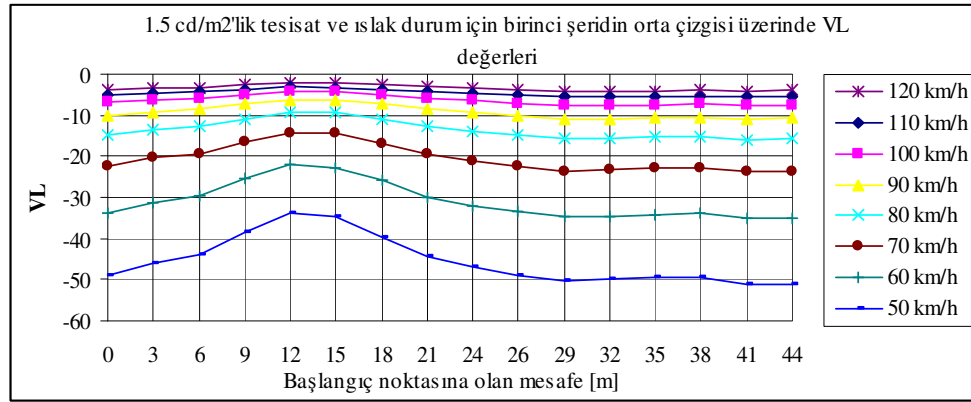
Şekil 5.18: Mevcut tesisat ve kuru durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri



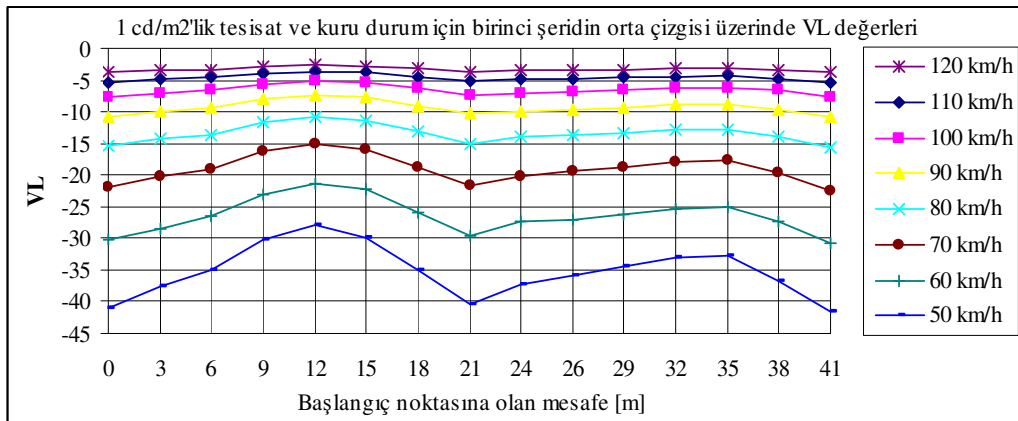
Şekil 5.19: Mevcut tesisat ve ıslak durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri



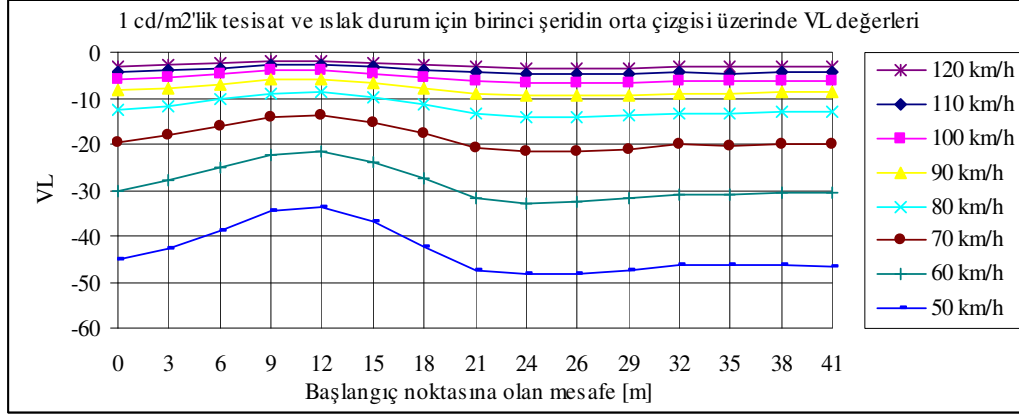
Şekil 5.20: 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri



Şekil 5.21: 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri



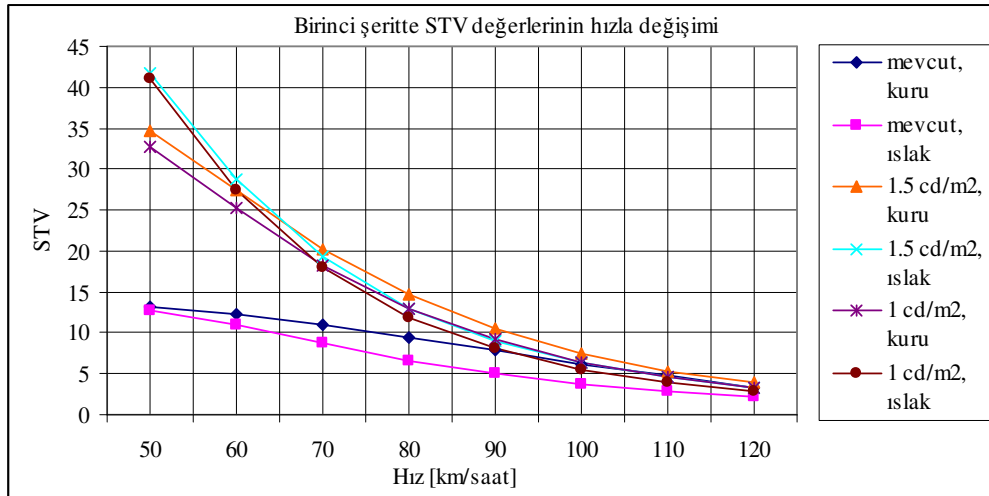
Şekil 5.22: 1cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri



**Şekil 5.23:** 1cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve ıslak durumda birinci şeridin orta çizgisinde VL değerleri

Bu grafikler; tüm tesisatlarda hız arttıkça görülebilirlik seviyesi değerlerinin düştüğünü açıkça göstermektedir.

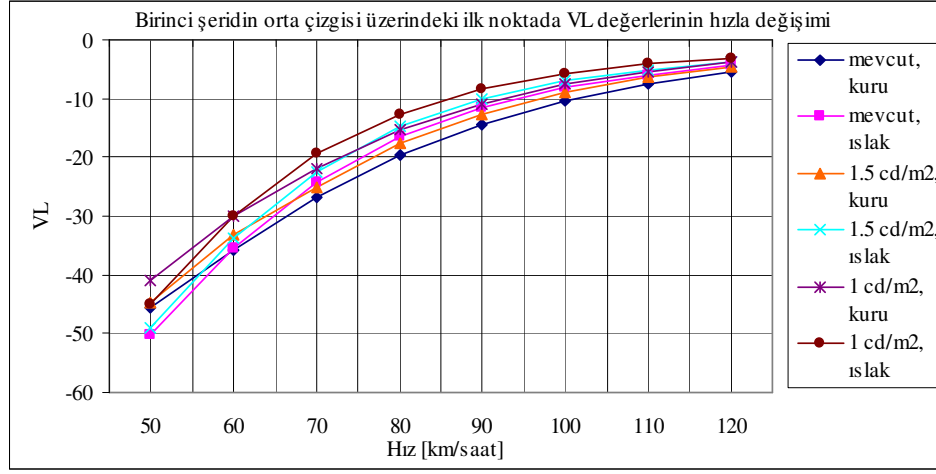
STV değerlerinin hızla değişimi ise Şekil 5.24'deki gibidir:



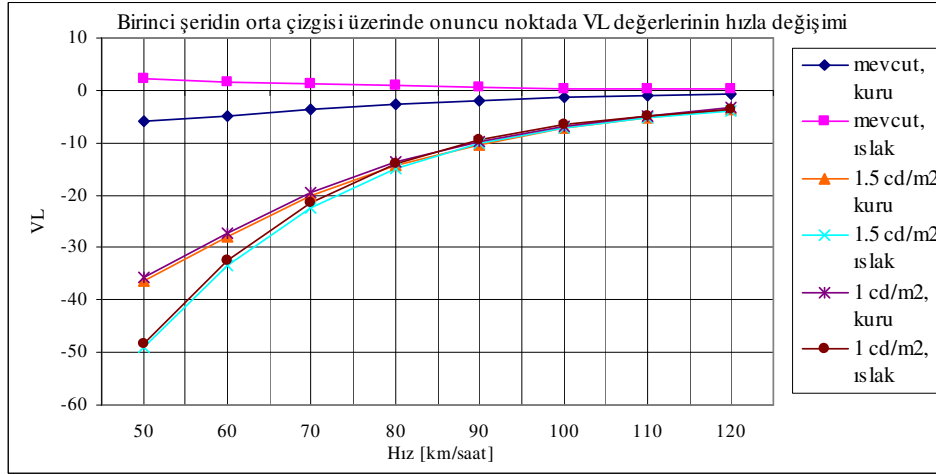
**Şekil 5.24:** Tüm tesisatlarda birinci şeridin ortasında STV değerleri

Tek bir noktadaki VL değerinin tesisatla ve hızla ilişkisini göstermek amacıyla; birinci şeridin orta çizgisindeki ilk noktada ve eğrilerin birbirinden iyice ayrıldığı, başlangıç noktasından uzaklığı yaklaşık 26 m olan onuncu noktada hesaplanan VL

değerleriyle Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'daki grafikler çizilmiştir. Grafikler okunurken; görme olayı açısından VL değerinin mutlak değerinin önem taşıdığı hatırlanmalıdır.



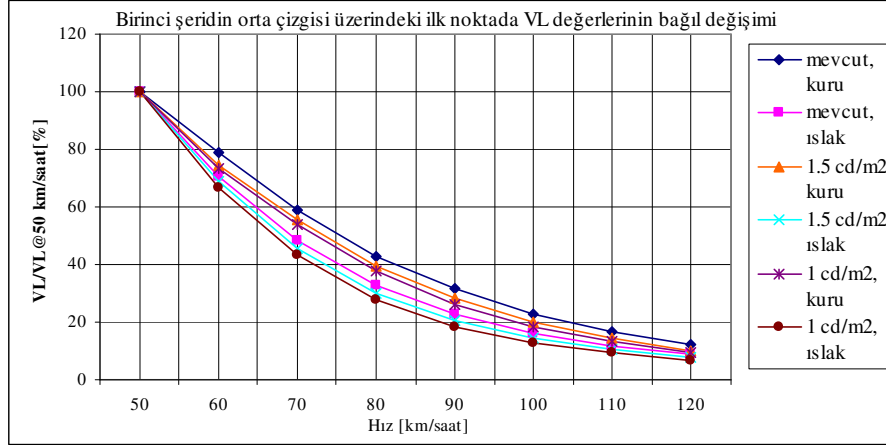
**Şekil 5.25:** Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki ilk noktada VL değerlerinin hızla değişimi



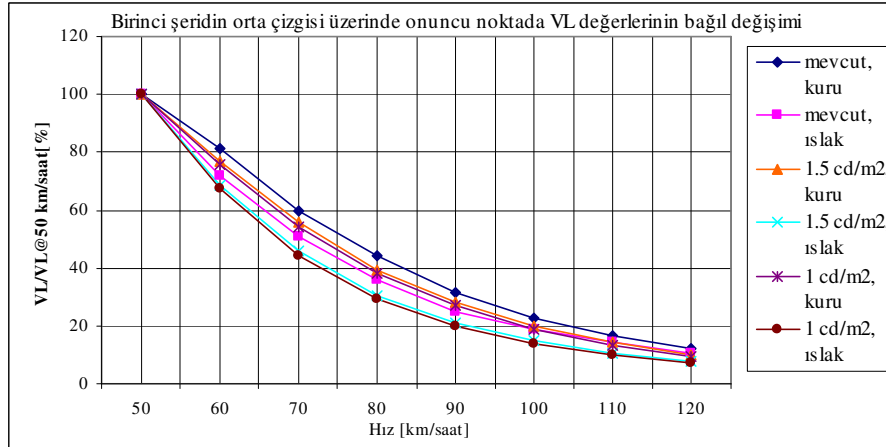
**Şekil 5.26:** Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki onuncu noktada VL değerlerinin hızla değişimi

Birinci noktada tüm tesisatlarda ve onuncu noktada alternatif tesisatlarda görülebilirliğin hızdaki artışa bağlı olarak önce şiddetle azaldığı ancak yüksek hızlarda değişimin yavaşladığı görülmektedir. Ancak onuncu noktada mevcut tesisat aykırı bir değişim sergilemektedir. Bunun nedeni; söz konusu noktada VL değerlerinin 50 km/saat için bile

çok kötü olmasıdır. VL değerlerindeki bağıl değişime bakıldığında; yani diğer tüm hızlar için bulunan değerlerin 50 km/saatteki değere oranının değişimi çizildiğinde bu farklılık ortadan kalkmaktadır. İlgili grafikler Şekil 5.27 ve Şekil 5.28’de verilmiştir.



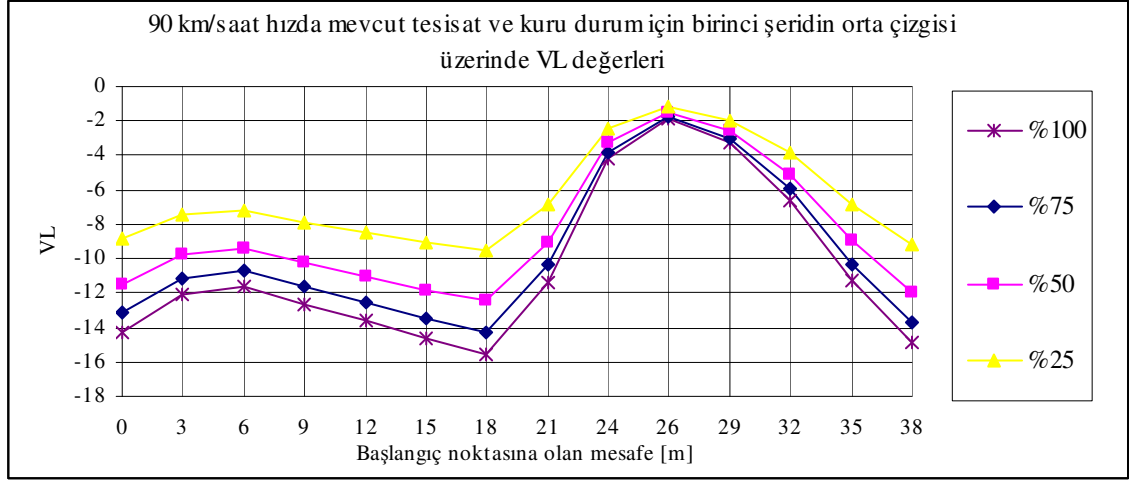
**Şekil 5.27:** Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki ilk noktada VL değerlerinin hızla bağıl değişimi



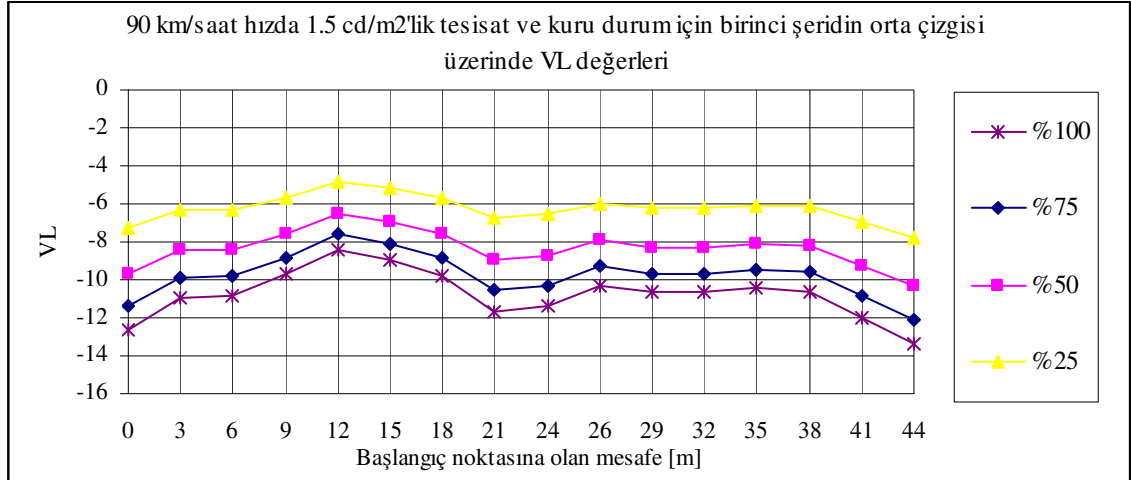
**Şekil 5.28:** Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki onuncu noktada VL değerlerinin hızla bağıl değişimi

Bu şekiller yorumlandığında; tüm tesisatların tüm noktalarında VL değerlerinin hızla ilişkili olduğu ve hızı kontrol parametresi olarak almanın gerekli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

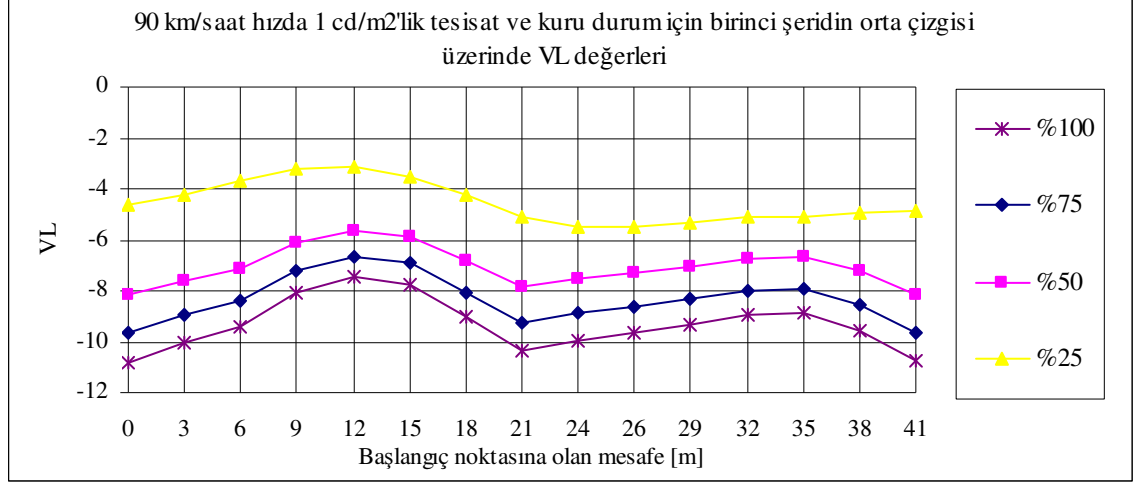
Lambaların tam güçte çalıştırılması ve akıların %75, %50 ve %25 seviyelerine kısılması durumları için, her üç tesisatta 90 km/saat hızda, birinci şeridin orta çizgisi üzerinde VL değerlerinin değişimi Şekil 5.29 – Şekil 5.31’de verilmiştir. Akı azaldıkça VL değerlerinin azaldığı görülmektedir. Diğer hızlar için de aynı durum söz konusudur.



Şekil 5.29: 90 km/saat hızda mevcut tesisat ve kuru durum için birinci şeridin orta çizgisi üzerinde VL değerleri

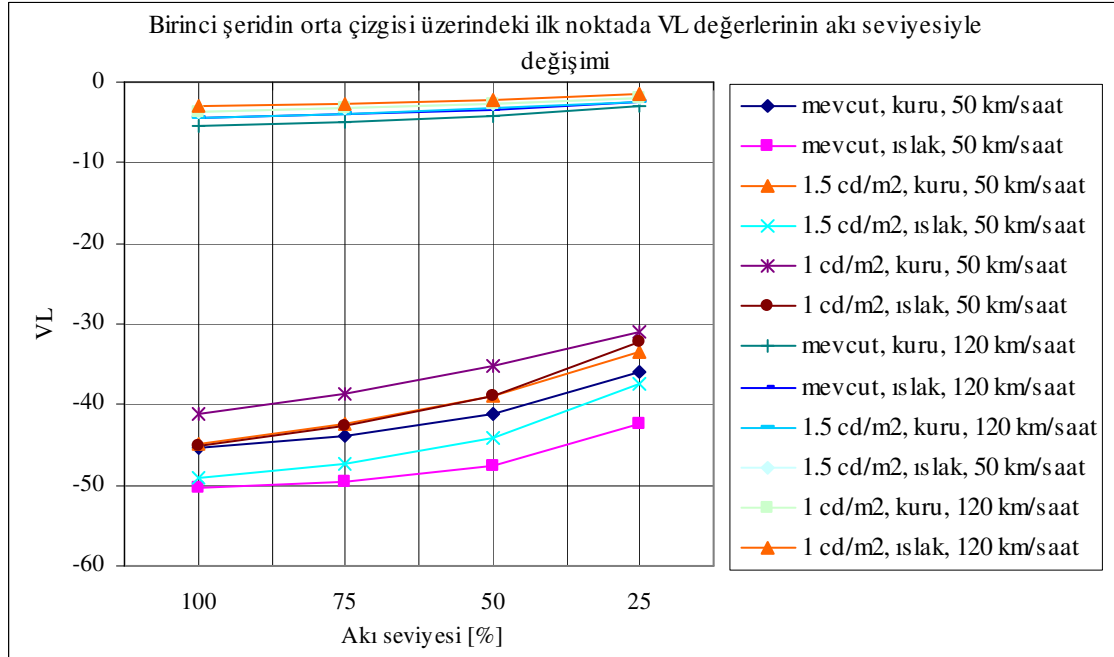


Şekil 5.30: 90 km/saat hızda 1.5 cd/m²'lik tesisat ve kuru durum için birinci şeridin orta çizgisi üzerinde VL değerleri



**Şekil 5.31:** 90 km/saat hızda 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat ve kuru durum için birinci şeridin orta çizgisi üzerinde VL değerleri

Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki ilk noktada VL değerlerinin akı seviyesiyle değişim grafiği 50 ve 120 km/saat hızlar için Şekil 5.32'de verilmiştir. Diğer hızlara ilişkin eğriler bu iki eğri takımının arasında kalacaktır.



**Şekil 5.32:** Birinci şeridin orta çizgisi üzerindeki ilk noktada VL değerlerinin akı seviyesiyle değişimi

Tesisatlar loşlaştırıldığında, çeşitli hızlarda  $|VL| < 7$  olan noktaların söz konusu tesisatta bulunan toplam nokta sayısına oranı Tablo 5.71’de verilmiştir. Tabloda bu oranın sıfır olması; söz konusu tesisatta, akı seviyesinde ve hızda yoldaki tüm noktaların görülebildiği anlamına gelmektedir. Böyle değerler koyu fon rengiyle vurgulanmıştır. Tablo incelendiğinde, bazı noktalarda söz konusu oranın sıfıra çok yakın olduğu görülmektedir. Oranın sıfırdan farklı ancak %5’den küçük olduğu noktalar italik yazılı olarak vurgulanmıştır. Bu tesisatlarda hesap noktalarından yalnızca 2-3 tanesi görülemez olduğundan, görülebilirlik koşulunun sağlandığı kabulü yapılabilir.

**Tablo 5.71:** Tüm tesisatlarda, dört farklı akı seviyesinde ve farklı hızlarda görülebilirlik koşulunu sağlamayan nokta sayısının toplam nokta sayısına oranı

		Hız [km/saat]							
		50	60	70	80	90	100	110	120
	<b>Akı seviyesi</b>								
<b>Mevcut tesisat, kuru</b>	<b>%25</b>	%9.5	%11.9	%16.7	%28.6	%45.2	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%50</b>	%7.1	%9.5	%14.3	%21.4	%31.0	%54.8	%100.0	%100.0
	<b>%75</b>	%7.1	%9.5	%11.9	%16.7	%28.6	%35.7	%76.2	%100.0
	<b>%100</b>	%7.1	%9.5	%11.9	%16.7	%26.2	%35.7	%64.3	%100.0
<b>Mevcut tesisat, ıslak</b>	<b>%25</b>	%11.9	%19.0	%38.1	%69.0	%78.6	%92.9	%100.0	%100.0
	<b>%50</b>	%11.9	%14.3	%28.6	%50.0	%71.4	%85.7	%100.0	%100.0
	<b>%75</b>	%11.9	%11.9	%23.8	%40.5	%66.7	%78.6	%90.5	%100.0
	<b>%100</b>	%9.5	%11.9	%23.8	%31.0	%59.5	%73.8	%90.5	%100.0
<b>1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, kuru</b>	<b>%25</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%4.2	%83.3	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%50</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%12.5	%95.8	%100.0	%100.0
	<b>%75</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%2.1	%66.7	%100.0	%100.0
	<b>%100</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%20.8	%100.0	%100.0
<b>1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak</b>	<b>%25</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%18.8	%85.4	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%50</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%4.2	%41.7	%93.8	%100.0	%100.0
	<b>%75</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%18.8	%81.3	%100.0	%100.0
	<b>%100</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%10.4	%66.7	%100.0	%100.0
<b>1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, kuru</b>	<b>%25</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%13.3	%100.0	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%50</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%46.7	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%75</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%11.1	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%100</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%4.4	%71.1	%100.0	%100.0
<b>1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak</b>	<b>%25</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%51.1	%100.0	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%50</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%8.9	%75.6	%100.0	%100.0	%100.0
	<b>%75</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%44.4	%93.3	%100.0	%100.0
	<b>%100</b>	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%22.2	%86.7	%100.0	%100.0

Mevcut tesisat; lambaların tam güçte yandığı durumda ve 50 km/saat hızda bile istenen görülebilirlik koşullarını tüm noktalarda sağlayamamaktadır. Bu nedenle böyle bir tesisatta loşlaştırma yaparak görüş koşullarını daha da kötüleştirmemek gerekir.

1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta lambalar, tüm noktalarda  $|VL| \geq 7$  koşulundan ödün verilmeksizin, yolun kuru olduğu ve trafiğin 50, 60 ve 70 km/saat hızla aktığı zamanlarda %25 akıya, 80 km/saat hızla aktığı zamanlarda ise %33 akıya kadar loşlaştırılabilir. Yolun ıslak olduğu zamanlarda ise 50, 60, 70 km/saat hızlarda gene %25, 80 km/saat hızda ise %57 akı seviyesine inmek mümkündür.

1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisatta lambalar, tüm noktalarda  $|VL| \geq 7$  koşulundan ödün verilmeksizin, yolun kuru olduğu ve trafiğin 50, 60 ve 70 km/saat hızla aktığı zamanlarda %25 akıya, 80 km/saat hızla aktığı zamanlarda ise %44 akıya kadar loşlaştırılabilir. Yolun ıslak olduğu zamanlarda ise 50, 60, 70 km/saat hızlarda gene %25, 80 km/saat hızda ise %63 akı seviyesine inmek mümkündür.

### **5.10 Örnek Yol için Kontrol Senaryoları**

Yapılan hesaplar kullanılarak ve yolun ıslaklık durumu, trafik yoğunluğu, hızı ve gün doğuş/batış saatlerinin aylık ortalamaları dikkate alınarak Oslo'daki örnek yolda 1.5 ve 1 cd/m<sup>2</sup> ortalama parlıtya sahip tesisatlar için, yoldaki tüm noktaları görülebilir kılmayı esas alan örnek kontrol senaryoları yazılmıştır.

Oslo'da 2006 yılının gün doğuş/batış saatleri bulunarak [22], her bir ay için ortalamaları çıkarılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 5.72'de görülmektedir. Aylık ortalama değerlerin kullanılması, senaryoların sunumunda ve anlatımında yaratacağı kolaylık açısından tercih edilmiştir. Uygulamada lambaların yanıp söneceği saatlerin, güneş doğuş/batış saatlerine göre günlük değişecek şekilde ayarlanması daha uygun olacaktır.

**Tablo 5.72:** Oslo’da güneş doğuş ve batış saatlerinin aylık ortalamaları

	Ortalama güneş doğuş saati	Ortalama güneş batış saati
<b>Ocak</b>	09:00	15:53
<b>Şubat</b>	07:56	17:06
<b>Mart</b>	06:43	18:32
<b>Nisan</b>	06:00	20:35
<b>Mayıs</b>	04:39	21:49
<b>Haziran</b>	03:57	22:38
<b>Temmuz</b>	04:24	22:19
<b>Ağustos</b>	05:33	21:07
<b>Eylül</b>	06:45	19:37
<b>Ekim</b>	07:52	18:00
<b>Kasım</b>	08:15	15:49
<b>Aralık</b>	09:11	15:14

Evden işe ve işten eve dönüş trafiği göz önünde bulundurularak 07:00-09:00 ve 17:00-20:00 saatleri arasında trafik yoğunluğu %100 kabul edilmiştir. Yoğunluk; 09:00-10:00, 15:00-17:00 ve 20:00-00:00 saat dilimlerinde %75; 00:00-03:00 saat diliminde %50, 03:00-07:00 saat diliminde ise %25 ve daha az olarak kabul edilmiştir. Senaryo; istenirse hafta sonu ve tatil günleri için çeşitlendirilebilir.

Örnek yolun şehir içinde bulunduğu ve gidiş-gelişe birer şerit verildiği düşünülerek, bu yolda yasal hız sınırının en fazla 90 km/saat olabileceği sonucuna varılmıştır. %100 yoğunluğa karşılık gelen hızın 50 km/saat, %75 yoğunluğa karşılık gelen hızın 70 km/saat, %50 yoğunluğa karşılık gelen hızın 80 km/saat ve %25 yoğunluğa karşılık gelen hızın 90 km/saat olduğu düşünülmüştür.

Belli bir hıza karşılık gelen akı seviyesi belirlenirken bunun, yolun kuru olması durumunda 90 km/saate kadarki tüm hızlarda tüm hesap noktalarında  $|VL| \geq 7$  yapacak en düşük değer olması, yolun ıslak olması durumunda ise 90 km/saate kadarki tüm hızlarda yolda en çok sayıda noktada  $|VL| \geq 7$  yapacak en düşük değer olması esas alınmıştır. Bu değer; yolun geometrisine ve tesisata bağlıdır. Mevcut tesisat; lambaların tam güçte çalıştığı durumda bile yeterli görüş koşullarını sağlamadığından, mevcut tesisat için loşlaştırma senaryosu yazılmamıştır. Alternatif tesisatlar için yukarıda anlatılan şekilde belirlenen akı seviyeleri ve görülemeyen noktaların toplam nokta sayısına oranı Tablo 5.73’de verilmiştir. Tablo hazırlanırken, söz konusu oranın %5’den küçük olması

durumunda görülemeyen nokta sayısının en fazla 2-3 adet olacağı dikkate alınarak, böyle değerlerde görülebilirliğin yeterli olduğu kabulü yapılmıştır.

**Tablo 5.73:** Farklı hızlara karşılık gelen akı seviyeleri

	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, kuru	VL <7 olan nokta oranı	1.5 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak	VL <7 olan nokta oranı	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, kuru	VL <7 olan nokta oranı	1 cd/m <sup>2</sup> 'lik tesisat, ıslak	VL <7 olan nokta oranı
50 km/saat	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0
60 km/saat	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0
70 km/saat	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0	%25.0	%0.0
80 km/saat	%33.0	%0.0	%50.0	%4.2	%44.0	%0.0	%63.0	%0.0
90 km/saat	%75.0	%2.1	%100.0	%10.4	%100.0	%4.4	%100.0	%22.2

Senaryoların sunum ve anlatımında kolaylık sağlaması açısından %25, %50 , %75 ve %100 akı seviyeleri kullanılmış, Tablo 5.73'deki farklı değerler bu kademelerden en yakın ve büyük olanına yuvarlanmıştır. Yani %33, %44 ve %63 değerleri sırasıyla %50, %50 ve %75'e yuvarlanmıştır. Ayrıca trafiğin en yoğun olduğu işe gidiş/geliş saatlerinde geçerli olan 50 km/saat hız için %25 akı seviyesi yeterli olmakla birlikte, güvenlik açısından bu saatlerde akı seviyesi %50 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan senaryolar Tablo 5.74-5.81'de verilmiştir. Tablolarda trafik yoğunluğunun, hızın ve akı seviyesinin yanı sıra her bir akı seviyesine karşılık gelen lamba gücü ve kontrol geriliminin anma değerlerine oranları da verilmiştir.

**Tablo 5.74:** Senaryo 1A: 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, kuru yol, Ocak-Haziran

Ocak ayı									
Saat	GÜNDÜZ	15:53	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X	
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50		
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	75%	50%		
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	83%	65%		
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	70%	52%		
Şubat ayı									
Saat	GÜNDÜZ	17:06	20:00	00:00	03:00	07:00	07:56	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%	50%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%	65%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%	52%			
Mart ayı									
Saat	GÜNDÜZ	18:32	20:00	00:00	03:00	06:43	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		50	70	80	90				
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%				
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%				
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%				
Nisan ayı									
Saat	GÜNDÜZ	20:35	00:00	03:00	06:00	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%					
Mayıs ayı									
Saat	GÜNDÜZ	21:49	00:00	03:00	04:39	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%					
Haziran ayı									
Saat	GÜNDÜZ	22:38	00:00	03:00	03:57	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%					

**Tablo 5.75: Senaryo 1B: 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, kuru yol, Temmuz-Aralık**

Temmuz ayı											
Saat	GÜNDÜZ	22:19	00:00	03:00	04:24	GÜNDÜZ					
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X						
Hız [km/saat]		70	80	90							
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%							
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%							
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%							
Ağustos ayı											
Saat	GÜNDÜZ	21:07	00:00	03:00	05:33	GÜNDÜZ					
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X						
Hız [km/saat]		70	80	90							
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%							
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%							
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%							
Eylül ayı											
Saat	GÜNDÜZ	19:37	20:00	00:00	03:00	06:45	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		50	70	80	90						
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%						
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%						
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%						
Ekim ayı											
Saat	GÜNDÜZ	18:00	20:00	00:00	03:00	07:00	07:52	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X				
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50					
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%	50%					
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%	65%					
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%	52%					
Kasım ayı											
Saat	GÜNDÜZ	15:49	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	08:15	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X			
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50				
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	75%	50%				
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	83%	65%				
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	70%	52%				
Aralık ayı											
Saat	GÜNDÜZ	15:14	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	09:11	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	X		
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50	70			
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	75%	50%	25%			
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	83%	65%	46%			
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	70%	52%	32%			

**Tablo 5.76:** Senaryo 2A: 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak yol, Ocak-Haziran

Ocak ayı									
Saat	GÜNDÜZ	15:53	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X	
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50		
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	100%	50%		
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	100%	65%		
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	100%	52%		
Şubat ayı									
Saat	GÜNDÜZ	17:06	20:00	00:00	03:00	07:00	07:56	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%	50%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%	65%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%	52%			
Mart ayı									
Saat	GÜNDÜZ	18:32	20:00	00:00	03:00	06:43	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		50	70	80	90				
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%				
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%				
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%				
Nisan ayı									
Saat	GÜNDÜZ	20:35	00:00	03:00	06:00	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%					
Mayıs ayı									
Saat	GÜNDÜZ	21:49	00:00	03:00	04:39	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%					
Haziran ayı									
Saat	GÜNDÜZ	22:38	00:00	03:00	03:57	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%					

**Tablo 5.77: Senaryo 2B: 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık**

Temmuz ayı										
Saat	GÜNDÜZ	22:19	00:00	03:00	04:24	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		70	80	90						
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%						
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%						
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%						
Ağustos ayı										
Saat	GÜNDÜZ	21:07	00:00	03:00	05:33	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		70	80	90						
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%						
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%						
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%						
Eylül ayı										
Saat	GÜNDÜZ	19:37	20:00	00:00	03:00	06:45	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		50	70	80	90					
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%					
Ekim ayı										
Saat	GÜNDÜZ	18:00	20:00	00:00	03:00	07:00	07:52	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X			
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50				
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%	50%				
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%	65%				
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%	52%				
Kasım ayı										
Saat	GÜNDÜZ	15:49	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	08:15	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	100%	50%			
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	100%	65%			
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	100%	52%			
Aralık ayı										
Saat	GÜNDÜZ	15:14	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	09:11	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	X	
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50	70		
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	100%	50%	25%		
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	100%	65%	46%		
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	100%	52%	32%		

**Tablo 5.78: Senaryo 3A: 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, kuru yol, Ocak-Haziran**

Ocak ayı									
Saat	GÜNDÜZ	15:53	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X	
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50		
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	100%	50%		
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	100%	65%		
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	100%	52%		
Şubat ayı									
Saat	GÜNDÜZ	17:06	20:00	00:00	03:00	07:00	07:56	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%	50%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%	65%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%	52%			
Mart ayı									
Saat	GÜNDÜZ	18:32	20:00	00:00	03:00	06:43	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		50	70	80	90				
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%				
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%				
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%				
Nisan ayı									
Saat	GÜNDÜZ	20:35	00:00	03:00	06:00	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%					
Mayıs ayı									
Saat	GÜNDÜZ	21:49	00:00	03:00	04:39	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%					
Haziran ayı									
Saat	GÜNDÜZ	22:38	00:00	03:00	03:57	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%					

**Tablo 5.79: Senaryo 3A: 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık**

Temmuz ayı											
Saat	GÜNDÜZ	22:19	00:00	03:00	04:24	GÜNDÜZ					
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X						
Hız [km/saat]		70	80	90							
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%							
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%							
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%							
Ağustos ayı											
Saat	GÜNDÜZ	21:07	00:00	03:00	05:33	GÜNDÜZ					
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X						
Hız [km/saat]		70	80	90							
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%							
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%							
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%							
Eylül ayı											
Saat	GÜNDÜZ	19:37	20:00	00:00	03:00	06:45	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		50	70	80	90						
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%						
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%						
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%						
Ekim ayı											
Saat	GÜNDÜZ	18:00	20:00	00:00	03:00	07:00	07:52	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X				
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50					
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%	50%					
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%	65%					
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%	52%					
Kasım ayı											
Saat	GÜNDÜZ	15:49	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	08:15	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X			
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50				
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	100%	50%				
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	100%	65%				
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	100%	52%				
Aralık ayı											
Saat	GÜNDÜZ	15:14	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	09:11	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	X		
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50	70			
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	100%	50%	25%			
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	100%	65%	46%			
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	100%	52%	32%			

**Tablo 5.80: Senaryo 4A: 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak yol, Ocak-Haziran**

Ocak ayı									
Saat	GÜNDÜZ	15:53	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X	
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50		
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	75%	100%	50%		
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	83%	100%	65%		
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	70%	100%	52%		
Şubat ayı									
Saat	GÜNDÜZ	17:06	20:00	00:00	03:00	07:00	07:56	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	75%	100%	50%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	83%	100%	65%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	70%	100%	52%			
Mart ayı									
Saat	GÜNDÜZ	18:32	20:00	00:00	03:00	06:43	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		50	70	80	90				
Akı seviyesi [%]		50%	25%	75%	100%				
Güç seviyesi [%]		65%	46%	83%	100%				
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	70%	100%				
Nisan ayı									
Saat	GÜNDÜZ	20:35	00:00	03:00	06:00	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	75%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	83%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	70%	100%					
Mayıs ayı									
Saat	GÜNDÜZ	21:49	00:00	03:00	04:39	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	75%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	83%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	70%	100%					
Haziran ayı									
Saat	GÜNDÜZ	22:38	00:00	03:00	03:57	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		70	80	90					
Akı seviyesi [%]		25%	75%	100%					
Güç seviyesi [%]		46%	83%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		32%	70%	100%					

**Tablo 5.81: Senaryo 4B: 1 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık**

Temmuz ayı										
Saat	GÜNDÜZ	22:19	00:00	03:00	04:24	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		70	80	90						
Akı seviyesi [%]		25%	75%	100%						
Güç seviyesi [%]		46%	83%	100%						
Kontrol gerilimi [%]		32%	70%	100%						
Ağustos ayı										
Saat	GÜNDÜZ	21:07	00:00	03:00	05:33	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		70	80	90						
Akı seviyesi [%]		25%	75%	100%						
Güç seviyesi [%]		46%	83%	100%						
Kontrol gerilimi [%]		32%	70%	100%						
Eylül ayı										
Saat	GÜNDÜZ	19:37	20:00	00:00	03:00	06:45	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		50	70	80	90					
Akı seviyesi [%]		50%	25%	75%	100%					
Güç seviyesi [%]		65%	46%	83%	100%					
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	70%	100%					
Ekim ayı										
Saat	GÜNDÜZ	18:00	20:00	00:00	03:00	07:00	07:52	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X			
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50				
Akı seviyesi [%]		50%	25%	75%	100%	50%				
Güç seviyesi [%]		65%	46%	83%	100%	65%				
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	70%	100%	52%				
Kasım ayı										
Saat	GÜNDÜZ	15:49	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	08:15	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	75%	100%	50%			
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	83%	100%	65%			
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	70%	100%	52%			
Aralık ayı										
Saat	GÜNDÜZ	15:14	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	09:00	09:11	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	X	
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50	70		
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	100%	50%	25%		
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	100%	65%	46%		
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	100%	52%	32%		

Yukarıdaki tablolardan görüldüğü üzere, görülebilirliği yeterli düzeyde tutmak için lambaları anma güçlerinde çalıştırmak çoğunlukla gerekli değildir. Örnek yolda yüksek bir tasarruf potansiyeli bulunmaktadır.

### 5.11 Kontrollü ve Kontrolsüz Tesisatların Ekonomik Açından Karşılaştırılması

Bu bölümde, lambaların ışık akısının görülebilirlik esasına göre kontrol edildiği bir tesisat ile aynı tesisatın kontrol donanımına sahip olmayan halinin ekonomik açıdan karşılaştırması verilmiştir. Bu amaçla, söz konusu tesisatların kurulum maliyetleri ve işletme giderleri hesaplanmıştır.

Hesaplar; önceki bölümlerde bahsi geçen, Oslo'daki örnek yolda mevcut tesisata alternatif olarak önerilen ve hem parıltı yöntemi kriterlerini, hem de 90 km/saat hıza kadar görülebilirlik koşulunu ( $|VL| \geq 7$ ) sağlayan, 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat için yapılmıştır. Ancak; hesapların Türkiyenin bulunduğu coğrafi bölge için geçerli olan tasarruf potansiyelini yansıtması istendiğinden, işletme maliyetleri, İstanbul'daki güneş doğuş/batış saatlerini esas alan ve Tablo 5.83-5.86'da verilen yeni senaryolara göre çıkarılmıştır.

İstanbul için 2006 yılına ait güneş doğuş/batış saatleri bulunarak [22], aylık ortalamaları çıkarılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 5.82'de görülmektedir.

**Tablo 5.82:** İstanbul'da güneş doğuş ve batış saatlerinin aylık ortalamaları

	Ortalama gün doğuş saati	Ortalama gün batış saati
<b>Ocak</b>	07:25	17:01
<b>Şubat</b>	06:58	17:37
<b>Mart</b>	06:19	18:08
<b>Nisan</b>	06:25	19:44
<b>Mayıs</b>	05:46	20:15
<b>Haziran</b>	05:32	20:37
<b>Temmuz</b>	05:46	20:33
<b>Ağustos</b>	06:14	20:00
<b>Eylül</b>	06:44	19:12
<b>Ekim</b>	07:15	18:25
<b>Kasım</b>	06:51	16:46
<b>Aralık</b>	07:21	16:38

Aylık ortalama değerlerin kullanılması, senaryoların sunumunda ve anlatımında yaratacağı kolaylık açısından tercih edilmiştir. Uygulamada lambaların yanıp söneceği saatlerin, güneş doğuş/batış saatlerine göre günlük değişecek şekilde ayarlanması daha uygun olacaktır.

İstanbul için çıkarılan aydınlatma senaryolarında saatlere ilişkin trafik yoğunluklarının, bu yoğunluklara karşılık gelen hızların ve söz konusu hızlara karşılık gelen akı seviyelerinin belirlenmesinde Oslo için geçerli olan senaryoların hazırlanışında kullanılan kabuller yapılmıştır. Bunlar; bölüm 5.10’da tanımlanmıştır.

**Tablo 5.83:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>’lik tesisat, kuru yol, Ocak- Haziran

Ocak ayı								
Saat	GÜNDÜZ	17:01	20:00	00:00	03:00	07:00	07:25	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X	
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50		
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%	50%		
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%	65%		
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%	52%		
Şubat ayı								
Saat	GÜNDÜZ	17:37	20:00	00:00	03:00	06:58	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%			
Mart ayı								
Saat	GÜNDÜZ	18:08	20:00	00:00	03:00	06:19	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%			
Nisan ayı								
Saat	GÜNDÜZ	19:44	20:00	00:00	03:00	06:25	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%			
Mayıs ayı								
Saat	GÜNDÜZ	20:15	00:00	03:00	05:46	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		70	80	90				
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%				
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%				
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%				
Haziran ayı								
Saat	GÜNDÜZ	20:37	00:00	03:00	05:32	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		70	80	90				
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%				
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%				
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%				

**Tablo 5.84:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, kuru yol, Temmuz-Aralık

Temmuz ayı										
Saat	GÜNDÜZ	20:33	00:00	03:00	05:46	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		70	80	90						
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%						
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%						
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%						
Ağustos ayı										
Saat	GÜNDÜZ	20:00	00:00	03:00	06:14	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]		70	80	90						
Akı seviyesi [%]		25%	50%	75%						
Güç seviyesi [%]		46%	65%	83%						
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	70%						
Eylül ayı										
Saat	GÜNDÜZ	19:12	20:00	00:00	03:00	06:44	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]		50	70	80	90					
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%					
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%					
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%					
Ekim ayı										
Saat	GÜNDÜZ	18:25	20:00	00:00	03:00	07:00	07:15	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X			
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50				
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	75%	50%				
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	83%	65%				
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	70%	52%				
Kasım ayı										
Saat	GÜNDÜZ	16:46	17:00	20:00	00:00	03:00	06:51	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90				
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	75%				
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	83%				
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	70%				
Aralık ayı										
Saat	GÜNDÜZ	16:38	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	07:21	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	75%	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]		70	50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]		25%	50%	25%	50%	75%	50%			
Güç seviyesi [%]		46%	65%	46%	65%	83%	65%			
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	32%	52%	70%	52%			

**Tablo 5.85:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak yol, Ocak-Haziran

Ocak ayı								
Saat	GÜNDÜZ	17:01	20:00	00:00	03:00	07:00	07:25	GÜNDÜZ
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	100%	X	
Hız [km/saat]		50	70	80	90	50		
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%	50%		
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%	65%		
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%	52%		
Şubat ayı								
Saat	GÜNDÜZ	17:37	20:00	00:00	03:00	06:58	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%			
Mart ayı								
Saat	GÜNDÜZ	18:08	20:00	00:00	03:00	06:19	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%			
Nisan ayı								
Saat	GÜNDÜZ	19:44	20:00	00:00	03:00	06:25	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X	100%	75%	50%	25%	X		
Hız [km/saat]		50	70	80	90			
Akı seviyesi [%]		50%	25%	50%	100%			
Güç seviyesi [%]		65%	46%	65%	100%			
Kontrol gerilimi [%]		52%	32%	52%	100%			
Mayıs ayı								
Saat	GÜNDÜZ	20:15	00:00	03:00	05:46	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		70	80	90				
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%				
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%				
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%				
Haziran ayı								
Saat	GÜNDÜZ	20:37	00:00	03:00	05:32	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]		70	80	90				
Akı seviyesi [%]		25%	50%	100%				
Güç seviyesi [%]		46%	65%	100%				
Kontrol gerilimi [%]		32%	52%	100%				

**Tablo 5.86:** 1.5 cd/m<sup>2</sup>'lik tesisat, ıslak yol, Temmuz-Aralık

Temmuz ayı											
Saat	GÜNDÜZ		20:33	00:00	03:00	05:46	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X		75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]			70	80	90						
Akı seviyesi [%]			25%	50%	100%						
Güç seviyesi [%]			46%	65%	100%						
Kontrol gerilimi [%]			32%	52%	100%						
Ağustos ayı											
Saat	GÜNDÜZ		20:00	00:00	03:00	06:14	GÜNDÜZ				
Yoğunluk [%]	X		75%	50%	25%	X					
Hız [km/saat]			70	80	90						
Akı seviyesi [%]			25%	50%	100%						
Güç seviyesi [%]			46%	65%	100%						
Kontrol gerilimi [%]			32%	52%	100%						
Eylül ayı											
Saat	GÜNDÜZ		19:12	20:00	00:00	03:00	06:44	GÜNDÜZ			
Yoğunluk [%]	X		100%	75%	50%	25%	X				
Hız [km/saat]			50	70	80	90					
Akı seviyesi [%]			50%	25%	50%	100%					
Güç seviyesi [%]			65%	46%	65%	100%					
Kontrol gerilimi [%]			52%	32%	52%	100%					
Ekim ayı											
Saat	GÜNDÜZ		18:25	20:00	00:00	03:00	07:00	07:15	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X		100%	75%	50%	25%	100%	X			
Hız [km/saat]			50	70	80	90	50				
Akı seviyesi [%]			50%	25%	50%	100%	50%				
Güç seviyesi [%]			65%	46%	65%	100%	65%				
Kontrol gerilimi [%]			52%	32%	52%	100%	52%				
Kasım ayı											
Saat	GÜNDÜZ		16:46	17:00	20:00	00:00	03:00	06:51	GÜNDÜZ		
Yoğunluk [%]	X		75%	100%	75%	50%	25%	X			
Hız [km/saat]			70	50	70	80	90				
Akı seviyesi [%]			25%	50%	25%	50%	100%				
Güç seviyesi [%]			46%	65%	46%	65%	100%				
Kontrol gerilimi [%]			32%	52%	32%	52%	100%				
Aralık ayı											
Saat	GÜNDÜZ		16:38	17:00	20:00	00:00	03:00	07:00	07:21	GÜNDÜZ	
Yoğunluk [%]	X		75%	100%	75%	50%	25%	100%	X		
Hız [km/saat]			70	50	70	80	90	50			
Akı seviyesi [%]			25%	50%	25%	50%	100%	50%			
Güç seviyesi [%]			46%	65%	46%	65%	100%	65%			
Kontrol gerilimi [%]			32%	52%	32%	52%	100%	52%			

Aydınlatma tesisatlarının işletme maliyeti; enerji ve bakım giderlerinden meydana gelir. TEDAŞ yetkililerinden alınan bilgiye göre, aydınlatma tesisatlarında düzenli bir bakım söz konusu değildir. Bakım giderleriyle ilgili veri yetersizliği nedeniyle yalnızca işletme maliyeti hesaplanabilmektedir.

İstanbul için yolun kuru ve ıslak olduğu durumlar için yukarıda ayrı ayrı verilen senaryolardan, lambaların bir sene boyunca %25, %50, %75 ve %100 akı seviyelerinde

çalıştırıldığı toplam süreler çıkartılmıştır. Balast akı-güç karakteristiği çıkarmak amacıyla yapılmış olan deneyin Tablo 5.1’de verilmiş olan sonuçları kullanılarak bu akılara karşılık gelen güçlerin sırasıyla 79, 110, 140 ve 170 W olduğu bulunmuştur. Sürelere karşılık gelen güç değeriyle ve 1000 m’deki direk sayısı olan 43 ile çarpılarak tesisatın 1 km uzunluğundaki bir bölümünün senede kaç kWh enerji tükettiği hesaplanmıştır. Bulunan rakamlar TEDAŞ’ın Mayıs 2006 tarifelerinde belirtilen genel aydınlatma aktif enerji bedeli olan 12.33 Ykr/kWh [23] ile çarpılarak enerji giderlerine ulaşılmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 5.87’de verilmiştir. Kontrollü tesisat ile ilgili olarak, bir yıl boyunca gecelerin tümünde kuru, tümünde ıslak ve yarısında ıslak yarısında kuru olmak üzere üç değer hesaplanmıştır.

**Tablo 5.87:** Tesisatın 1000 m’lik kısmı için yıllık enerji bedeli

	1.5 cd/m <sup>2</sup> lik kontrolsüz tesisat	1.5 cd/m <sup>2</sup> lik kontrollü tesisat, senaryo 1 (kuru yol)	1.5 cd/m <sup>2</sup> lik kontrollü tesisat, senaryo 2 (ıslak yol)	1.5 cd/m <sup>2</sup> lik kontrollü tesisat, senaryo 1+2 (gece saatlerinin %50’sinde kuru %50’sinde ıslak yol)
Lambaların %25 akıyla çalıştığı süre	0	1397 saat 30 dakika	1397 saat 30 dakika	1397 saat 30 dakika
Lambaların %25 akıyla çalıştığı sürede harcanan enerji [kWh]	0	4723.292	4723.292	4723.292
Lambaların %50 akıyla çalıştığı süre	0	1587 saat	1587 saat	1587 saat
Lambaların %50 akıyla çalıştığı sürede harcanan enerji [kWh]	0	7506.51	7506.51	7506.51
Lambaların %75 akıyla çalıştığı süre	0	1265 saat 30 dakika	18 saat	641 saat 45 dakika
Lambaların %75 akıyla çalıştığı sürede harcanan enerji [kWh]	0	7618.31	108.36	3863.55
Lambaların %100 akıyla çalıştığı süre	4250 saat	0	1247 saat 30 dakika	623 saat 45 dakika
Lambaların %100 akıyla çalıştığı sürede harcanan enerji [kWh]	31067.5	0	9119.225	4559.634
Harcanan toplam yıllık enerji [kWh]	31067.5	19848.112	21457.387	20652.986
Harcanan toplam yıllık enerji bedeli [YTL]	3827	2447	2645	2547

Islak yolların aydınlatılmasına ilişkin CIE yönergesi olan ve Danimarka’da yapılan yağış istatistiklerini de içeren CIE-47’ye göre, senede yaklaşık 750 mm yağış alan ve yağışın sene boyunca düzgün dağıldığı yerlerde, aynı istatistiklerin kullanılabilceği belirtilmiştir. Söz konusu verilere göre, bir sene içerisinde gecelerin yarısında yol kuru,

kalan yarısında ise farklı derecelerde ıslaktır. İstanbul meteoroloji bölge müdürlüğünün verilerine göre; İstanbul yılda ortalama 787 mm yağış almaktadır. Yağışın %35'i kış, %23'ü ilkbahar, %14'ü yaz ve %18'i sonbahar mevsimlerinde meydana gelmiştir [24]. Bu bilgilere dayanarak, İstanbul'da da yolların bir senedeki gecelerin yarısında kuru, yarısında ıslak olduğu kabul edilmiş ve amortisman hesabında söz konusu koşullar için hesaplanan yıllık enerji bedeli değeri kullanılmıştır.

Kurulum maliyetlerini hesaplamak amacıyla Türk Philips Anonim Şirketi'nden Oslo'da bulunan örnek tesisatta kullanılan armatür, elektronik balast, lamba, söz konusu lamba ile kullanılan manyetik balast ve kontrol sistemi bileşenlerinin fiyatları ve Türkiye Elektrik Anonim Şirketi (TEDAŞ)'tan direk, topraklama iletkeni, topraklama elektrodu otomatik sigorta ve kablo malzeme ve montaj fiyatları ve armatür montaj fiyatı alınmıştır. Kontrolsüz ve kontrollü tesisatların 1000 m'lik kısmı için hesaplanan kurulum maliyetleri Tablo 5.88 ve 5.99'da verilmiştir.

TEDAŞ yetkililerinden alınan bilgiye göre, yeni tesisatlarda yaygın olarak galvanizli çelik aydınlatma direkleri kullanılmaktadır. Hesaplar bu türden bir direk yapılmıştır. Direğin montaj birim fiyatı, kg başına verilmiştir. 1000 m mesafeye koruma topraklaması için çıplak bakır serildiği ve hattın başı, ortası ve sonuna olmak üzere 3 adet topraklama elektrodunun bu çıplak iletkene bağlanarak koruma topraklaması yapıldığı kabul edilmiştir. 2 adet 20 m uzunluğunda izoleli 50 mm<sup>2</sup> kablo ve 2 adet topraklama elektrodu ile de hattın iki başına işletme topraklaması yapıldığı düşünülmüştür. 4x10 mm<sup>2</sup> lik 1000 m yer altı kablosu; kanal ücreti dahil olarak verilmektedir. Her bir direğin sigorta kapağına kadar çekilen 4x10 mm<sup>2</sup>'lik 4 m kablo ayrıca fiyatlandırılmıştır. 2x2,5 mm<sup>2</sup> kablo ile direğin sigorta kapağından konsola kadar her bir armatüre iletken çekilmektedir.

**Tablo 5.88: Kontrolsüz tesisatın 1000 m'lik kısmı için kurulum maliyeti**

	Birim	Miktar	Malzeme birim fiyatı [YTL]	Malzeme tutarı [YTL]	Montaj birim fiyatı [YTL]	Montaj tutarı [YTL]	Toplam tutar [YTL]		
AD1 - 140/ 10 Tipi., 255 Kg galvanizli poligon aydınlatma direği	adet	43	497.75	21403.25	0.58	6359.7	27762.95		
<u>Adet</u>								<u>Ağırlık [kg]</u>	<u>Toplam ağırlık [kg]</u>
43								255	10965
PHILIPS IRIDIUM SGS253 Armatür (Lamba hariç manyetik balast dahil)	adet	43	927.75	39893.25	38.23	1643.89	41537.14		
PHILIPS MASTER SON-T PIA Plus 150W	adet	43	29	1247	0	0	1247		
Otomatik Sigorta 16 A, B tipi (6 adet balasta bir adet)	adet	7.166667	1.71	12.255	6.6	47.3	59.555		
<b>TOPRAKLAMA</b>									
50 mm <sup>2</sup> NYY Kablo ve Gömülmesi	m	40	3.5	140	3.44	137.6	277.6		
50 mm <sup>2</sup> Bakır İletken ve Gömülmesi (Çıplak)	m	1000	3.21	3210	3.44	3440	6650		
2 m uzunluğunda, Galvanizli 65 X 65 X 7 'lik Toprak Elektrodu ve Gömülmesi	adet	5	19.22	96.1	23.96	119.8	215.9		
<b>KABLAJ</b>									
0,6kV YVV (NYY) Kablo (PVC Yalıtkanlı, PVC Dış Kılıflı) yer altı kablosu (4x10 mm <sup>2</sup> )	m	1000	3.14	3140	15.02	15020	18160		
0,6kV YVV (NYY) Kablo (PVC Yalıtkanlı, PVC Dış Kılıflı) kablo									
2x2,5 mm <sup>2</sup>	m	602	0.66	397.32	2.49	1498.98	1896.3		
4x10 mm <sup>2</sup>	m	172	3.14	540.08	2.64	454.08	994.16		
<b>GENEL TOPLAM</b>				<b>70079</b>		<b>28721</b>	<b>98801</b>		

**Tablo 5.89: Kontrollü tesisatın 1000 m’lik kısmı için kurulum maliyeti**

			Birim	Miktar	Malzeme birim fiyatı [YTL]	Malzeme tutarı [YTL]	Montaj birim fiyatı [YTL]	Montaj tutarı [YTL]	Toplam tutar [YTL]
AD1 - 140/ 10 Tipi., 255 Kg galvanizli poligon aydınlatma direği			adet	43	497.75	21403.25	0.58	6359.7	27763
<u>Adet</u>	<u>Ağırlık [kg]</u>	<u>Toplam ağırlık [kg]</u>							
43	255	10965							
PHILIPS IRIDIUM SGS253 armatür (Lamba ve balast hariç)			adet	43	900	38700	38.23	1643.89	40343.9
PHILIPS HID Dynavision 150 SON 1-10 V balast			adet	43	185	7955	0	0	7955
PHILIPS MASTER SON-T PIA Plus 150W			adet	43	29	1247	0	0	1247
PHILIPS Starsense Outdoor Luminaire Controller			adet	43	510	21930	0	0	21930
PHILIPS LFC7050/00 Segment Controller LON (her 100 armatüre 1 adet)			adet	0.43	1000	430	0	0	430
Otomatik Sigorta 16 A, B tipi (6 adet balasta bir adet)			adet	7.166667	1.71	12.255	6.6	47.3	59.555
<b>TOPRAKLAMA</b>									
50 mm <sup>2</sup> NYY Kablo ve Gömülmesi			m	40	3.5	140	3.44	137.6	277.6
50 mm <sup>2</sup> Bakır İletken ve Gömülmesi (Çıplak)			m	1000	3.21	3210	3.44	3440	6650
2 m uzunluğunda, Galvanizli 65 X 65 X 7 'lik Toprak Elektrodu ve Gömülmesi			adet	5	19.22	96.1	23.96	119.8	215.9
<b>KABLAJ</b>									
0,6kV YVV (NYY) Kablo (PVC Yalıtkanlı, PVC Dış Kılıflı) yer altı kablo (4x10 mm <sup>2</sup> )			m	1000	3.14	3140	15.02	15020	18160
0,6kV YVV (NYY) Kablo (PVC Yalıtkanlı, PVC Dış Kılıflı) kablo									
2x2,5 mm <sup>2</sup>			m	602	0.66	397.32	2.49	1498.98	1896.3
4x10 mm <sup>2</sup>			m	172	3.14	540.08	2.64	454.08	994.16
<b>GENEL TOPLAM [YTL]</b>						<b>99201</b>		<b>28721</b>	<b>127922</b>

Kontrollü aydınlatma tesisatının 1000 m’lik kısmının kurulumunun, kontrolsüz tesisata göre 29121 YTL daha pahalı olduğu görülmektedir. Kontrollü ve kontrolsüz tesisatların 1000 m’lik kısımları için yıllık 1280 YTL’lik enerji gideri farkı bulunduğu düşünüldüğünde, kontrollü tesisatın kontrolsüz tesisat ile arasındaki kurulum maliyeti farkını yaklaşık 23 senede amorti edeceği ortaya çıkmaktadır. Kontrollü tesisatta lambaların ömründeki uzama, uzaktan izleme sayesinde bakım planları yapmak

mümkün olacağı için bakım masraflarının önemli ölçüde düşmesi ve keşif masrafının sifira inmesi düşünüldüğünde amortisman süresinin kısılacağı açıktır.

## 5.12 Farların Görülebilirliğe Etkisi

Farların görülebilirliğe etkisini hesaplara katabilmek için; farlar için çıkarılmış, armatürlerinkine benzer ışık dağılım tablolarına ihtiyaç vardır. Bu nedenle; MAKO firmasından bir binek araç farının ışık dağılımı istenmiş ve far üretim sürecinde, istenen ölçümün standart olmadığı ve farların; TSE ECE R112 standardına göre test edilerek onaylandığı bilgisi alınmıştır. “Asimetrik kısa Huzme ya da uzun huzme veya ikisini de yayan ve filamanlı lambalarla donatılmış, motorlu taşıt farlarının onayı ile ilgili hükümler” adlı bu standarda göre yapılan ölçümlerde; farın 25m önünde bulunan bir ekran üzerindeki belli noktalardaki aydınlık düzeyleri saptanmaktadır. Modern ölçüm cihazları; ilave olarak, tüm ekran üzerindeki eş aydınlık düzeyi eğrilerini de verebilmektedirler. MAKO firması tarafından sağlanan bilgi bu biçimdedir ve Renault Kangoo modeli bir aracın farına aittir.

Ekran üzerindeki eş aydınlık düzeyi eğrileri ve perdenin farın 25 m önünde bulunduğu bilgisi kullanılarak ve eğriler arasındaki noktalarda interpolasyon yapılarak; far eksenine dik ve 5 derece aralıklı tüm düzlemlerde, ışının far eksenine yaptığı açının 0.1 derecelik adımları için farın ışık dağılım tablosu çıkartılmıştır.

Bu şekilde ışık dağılım eğrisi belirlenen farın, yolun ve cismin parıltılarına etkisi hesaplandığında, farların yol parıltısına etkisi olmadığı görülmüştür. Bunun nedeni, yolun yansıtma faktörünün, düşey dikme ile gelen ışık arasındaki açı olan  $\gamma$  açısının tanjantının 12’den büyük olması durumunda sıfır olmasıdır. Farın yerden yaklaşık 0.8 m yüksekte durduğu tipik bir araçta, 50 km/saat ve üstü güvenli duruş mesafelerinde söz konusu açı yaklaşık 88 derece olmaktadır.

Farların cisim parıltısına etkisinin ise uzaklıkla değiştiği ve özellikle yakın mesafelerde çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum görülebilirlik düzeyi değerlerine de yansımaktadır. 1.5 cd/m<sup>2</sup> ortalama yol parıltısına sahip tesisatta, lambaların tam güçlerinde çalıştırıldığı, yolun kuru ve farların açık olduğu durumda 50, 60, 70, 80,

90,100, 110, 120 km/saat hızlar için güvenli duruş mesafelerinden görülebilirlik seviyesi değerleri Tablo 5.90-.5.97’de verilmiştir.

**Tablo 5.90: 50 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri**

		50 km/h için VL değerleri (SSD=28.4 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	28.4	31.4	34.3	37.2	40.2	43.1	46.1	49	51.9	54.9	57.8	60.7	63.7	66.6	69.6	72.5
			251	262	242	244	229	225	232	226	218	217	211	204	208	211	235	241
			122	127	117	118	109	108	116	115	113	113	109	105	106	107	118	121
	Şerit 1	1.75	199	198	183	184	180	179	196	205	208	210	198	195	190	186	199	202
			-28	-25	-23	-20	-17	-14	-11	-7.9	-4.9	-2	0.95	3.88	6.82	9.76	12.7	15.6
			205	196	179	180	184	183	198	199	202	199	186	190	196	198	210	208
115	116	108	109	118	117	127	122	121	118	107	106	105	109	113	113			
225	232	225	229	244	242	262	251	241	235	211	208	204	211	217	218			

**Tablo 5.91: 60 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri**

		60 km/h için VL değerleri (SSD=37.9 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	37.9	40.8	43.7	46.7	49.6	52.6	55.5	58.4	61.4	64.3	67.2	70.2	73.1	76.1	79	81.9
			122	129	125	126	117	113	116	109	106	107	108	103	105	106	118	116
			36.4	39.5	38.2	38.7	34.3	32.9	35.4	33.1	31.9	33	34.1	32.6	32.6	32.6	36.8	35.8
	Şerit 1	1.75	54.7	55.8	54.2	54.4	51.8	50.7	55.8	55.5	56.3	58.1	57.6	57	54.3	52.6	57	55.3
			-38	-35	-32	-29	-26	-23	-20	-17	-14	-11	-8.5	-5.6	-2.6	0.32	3.26	6.2
			55.5	55.8	50.7	51.8	54.4	54.2	55.8	54.7	55.3	57	52.6	54.2	57	57.6	58.1	56.3
33.2	35.4	32.9	34.3	38.7	38.2	39.5	36.4	35.8	36.8	32.6	32.6	32.6	34.1	33	31.9			
109	116	113	116	126	125	129	122	116	118	106	105	103	108	107	106			

**Tablo 5.92: 70 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri**

		70 km/h için VL değerleri (SSD=49.3 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	49.3	52.2	55.2	58.1	61.1	64	66.9	69.9	72.8	75.7	78.7	81.6	84.6	87.5	90.4	93.4
			37.9	40.9	39.8	39	35.6	34	34.8	32.4	30.5	31.2	32.3	29.9	30.6	31.2	35.8	36.1
			2.21	4.07	4.34	4.75	2.79	1.7	2.26	0.75	-0.4	0.77	2.13	1.82	1.7	1.71	3.07	2.34
	Şerit 1	1.75	7.48	8.59	8.88	9.08	7.78	7.03	8.48	7.89	7.64	8.84	9.65	9.47	8.31	7.67	8.98	8.1
			-49	-46	-43	-40	-38	-35	-32	-29	-26	-23	-20	-17	-14	-11	-8.2	-5.2
			7.89	8.48	7.03	7.79	9.08	8.88	8.59	7.47	8.1	8.98	7.67	8.32	9.48	9.65	8.84	7.64
0.75	2.26	1.7	2.79	4.75	4.34	4.07	2.21	2.34	3.07	1.71	1.7	1.82	2.13	0.77	-0.4			
32.4	34.8	34	35.6	39	39.8	40.9	37.9	36.1	35.8	31.2	30.6	29.9	32.3	31.2	30.5			

**Tablo 5.93: 80 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri**

Gözl. konumu y [m]		80 km/h için VL değerleri (SSD=62.7 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1
		Gözlemci konumu x[m]															
Şerit 2	5.25	62.7	65.6	68.5	71.5	74.4	77.3	80.3	83.2	86.2	89.1	92	95	97.9	101	104	107
		7.08	8.76	8.95	9.35	7.59	6.34	6.03	4.37	3.37	4.08	5.17	4.7	4.94	5.17	6.73	6.37
		-8.6	-6.3	-5.3	-4.5	-6.7	-8.2	-7.8	-10	-11	-9.9	-7.9	-7.8	-8.1	-8.1	-6.8	-8.2
Şerit 1	1.75	-7.1	-5.5	-4.3	-3.6	-5.1	-6.1	-5.2	-6.7	-7.3	-5.7	-4	-3.6	-4.9	-5.6	-4.7	-6.3
		-63	-60	-57	-54	-51	-48	-45	-42	-39	-36	-33	-30	-27	-24	-22	-19
		-6.7	-5.2	-6.1	-5.1	-3.6	-4.3	-5.5	-7.1	-6.3	-4.7	-5.6	-4.9	-3.6	-4	-5.7	-7.3
		-10	-7.8	-8.2	-6.7	-4.5	-5.3	-6.3	-8.6	-8.2	-6.8	-8.1	-8.1	-7.8	-7.9	-9.9	-11
		4.37	6.03	6.33	7.59	9.35	8.95	8.76	7.07	6.37	6.73	5.17	4.94	4.7	5.17	4.08	3.37

**Tablo 5.94: 90 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri**

Gözl. konumu y [m]		90 km/h için VL değerleri (SSD=78.8 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1
		Gözlemci konumu x[m]															
Şerit 2	5.25	78.8	81.7	84.6	87.6	90.5	93.5	96.4	99.3	102	105	108	111	114	117	120	123
		-1.8	-0.1	0.34	0.66	-0.6	-2	-2.4	-4.4	-5.6	-4.5	-3.1	-3.4	-3.2	-2.9	-1.6	-2.3
		-9.2	-7.4	-6.6	-6.1	-7.5	-8.6	-8.6	-10	-11	-9.8	-8.3	-8.2	-8.5	-8.5	-7.9	-9
Şerit 1	1.75	-9.2	-7.7	-6.8	-6.3	-7.3	-8	-7.8	-9	-9.4	-8.1	-6.8	-6.5	-7.3	-7.8	-7.5	-8.7
		-79	-76	-73	-70	-67	-64	-61	-58	-55	-52	-49	-46	-44	-41	-38	-35
		-9	-7.8	-8	-7.3	-6.3	-6.8	-7.7	-9.2	-8.7	-7.5	-7.8	-7.3	-6.5	-6.8	-8.1	-9.4
		-10	-8.6	-8.6	-7.5	-6.1	-6.6	-7.4	-9.2	-9	-7.9	-8.5	-8.5	-8.2	-8.3	-9.8	-11
		-4.4	-2.4	-2	-0.6	0.66	0.34	-0.1	-1.8	-2.3	-1.6	-2.9	-3.2	-3.4	-3.1	-4.5	-5.6

**Tablo 5.95: 100 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri**

Gözl. konumu y [m]		100 km/h için VL değerleri (SSD=96.8 m)															
		Hesap noktası konumu x[m]															
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1
		Gözlemci konumu x[m]															
Şerit 2	5.25	96.8	99.7	103	106	109	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141
		-4.5	-3.3	-2.8	-2.3	-3.3	-4.3	-4.7	-6.2	-6.9	-6.2	-5.1	-5.1	-5	-4.9	-4.1	-4.7
		-7.5	-6.3	-5.7	-5.2	-6.1	-6.9	-7	-8.2	-8.7	-8	-6.9	-6.6	-6.8	-6.8	-6.5	-7.3
Şerit 1	1.75	-7.7	-6.8	-6	-5.5	-6.2	-6.8	-6.7	-7.6	-7.9	-7.1	-6.1	-5.7	-6.3	-6.6	-6.5	-7.3
		-97	-94	-91	-88	-85	-82	-79	-76	-73	-70	-67	-64	-62	-59	-56	-53
		-7.6	-6.7	-6.8	-6.2	-5.5	-6	-6.8	-7.7	-7.3	-6.5	-6.6	-6.3	-5.7	-6.1	-7.1	-7.9
		-8.2	-7	-6.9	-6.1	-5.2	-5.7	-6.3	-7.5	-7.3	-6.5	-6.8	-6.8	-6.6	-6.9	-8	-8.7
		-6.2	-4.7	-4.4	-3.3	-2.3	-2.8	-3.3	-4.5	-4.7	-4.1	-4.9	-5	-5.1	-5.1	-6.2	-6.9

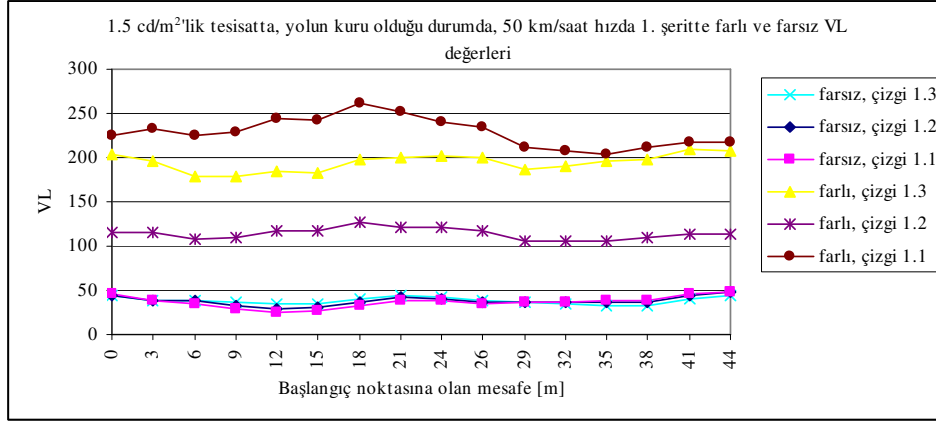
**Tablo 5.96:** 110 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri

		110 km/h için VL değerleri (SSD=118 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	118	121	124	127	130	133	136	139	142	145	148	150	153	156	159	162
			-4.2	-3.5	-3	-2.7	-3.3	-4.1	-4.4	-5.4	-5.9	-5.4	-4.6	-4.5	-4.5	-4.4	-3.9	-4.4
			-5.6	-4.8	-4.3	-3.9	-4.6	-5.2	-5.2	-6.1	-6.5	-6	-5.2	-5	-5.1	-5.1	-4.9	-5.5
	Şerit 1	1.75	-5.8	-5.2	-4.6	-4.2	-4.7	-5.2	-5.1	-5.8	-6	-5.4	-4.7	-4.4	-4.8	-5	-4.9	-5.6
			-118	-115	-112	-109	-106	-103	-101	-98	-95	-92	-89	-86	-83	-80	-77	-74
			-5.8	-5.1	-5.2	-4.7	-4.2	-4.6	-5.2	-5.8	-5.6	-4.9	-5.1	-4.8	-4.4	-4.7	-5.4	-6
-6.1	-5.2	-5.2	-4.6	-3.9	-4.3	-4.8	-5.6	-5.5	-4.9	-5.1	-5.1	-5	-5.2	-6	-6.5			
-5.4	-4.4	-4.1	-3.3	-2.7	-3	-3.5	-4.2	-4.4	-3.9	-4.4	-4.5	-4.5	-4.6	-5.4	-5.9			

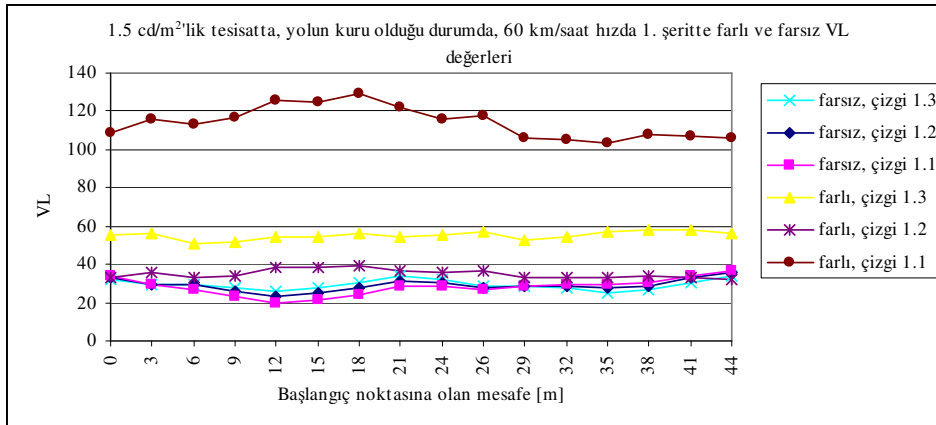
**Tablo 5.97:** 120 km/saat hız için güvenli duruş mesafesinden farlı VL değerleri

		120 km/h için VL değerleri (SSD=143 m)																
		Hesap noktası konumu x[m]																
		0	2.94	5.88	8.81	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	32.3	35.3	38.2	41.1	44.1	
		Gözlemci konumu x[m]																
Gözl. konumu y [m]	Şerit 2	5.25	143	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187
			-3.4	-2.9	-2.5	-2.3	-2.8	-3.3	-3.5	-4.2	-4.6	-4.2	-3.6	-3.6	-3.5	-3.5	-3.2	-3.5
			-4.1	-3.5	-3.2	-2.9	-3.4	-3.8	-3.9	-4.5	-4.7	-4.4	-3.8	-3.7	-3.8	-3.8	-3.6	-4
	Şerit 1	1.75	-4.3	-3.8	-3.4	-3.2	-3.5	-3.8	-3.8	-4.3	-4.5	-4	-3.5	-3.3	-3.6	-3.8	-3.7	-4.1
			-143	-140	-137	-134	-131	-128	-125	-122	-119	-116	-113	-110	-107	-104	-101	-98
			-4.3	-3.8	-3.8	-3.5	-3.2	-3.4	-3.8	-4.3	-4.1	-3.7	-3.8	-3.6	-3.3	-3.5	-4	-4.5
-4.5	-3.9	-3.8	-3.4	-2.9	-3.2	-3.5	-4.1	-4	-3.6	-3.8	-3.8	-3.7	-3.8	-4.4	-4.7			
-4.2	-3.5	-3.3	-2.8	-2.3	-2.5	-2.9	-3.4	-3.5	-3.2	-3.5	-3.5	-3.6	-3.6	-4.2	-4.6			

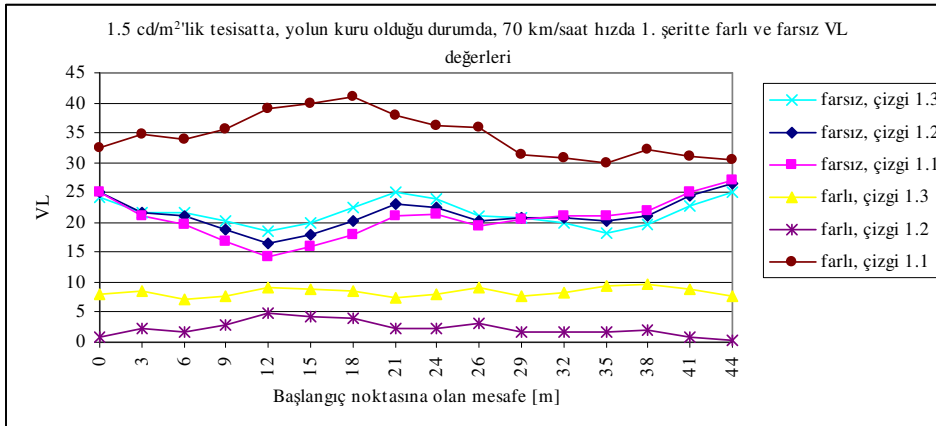
Farlı durumdaki VL değerleri; Tablo 5.35 – 5.42’de verilen farsız durumdaki değerlerle karşılaştırıldığında; farların özellikle düşük hızlara karşılık gelen yakın mesafelerde negatif kontrasta (negatif görülebilirlik seviyesine) sahip cisimlerin kontrastını pozitif çevirecek kadar etikili olduğu dikkati çekmektedir. Farların 50 ve 60 km/saat hızlarda görülebilirliği tüm hesap noktalarında önemli ölçüde arttırdığı görülmektedir. 70 km/saat hızda farların yoldaki bazı noktalarda görülebilirliği iyileştirirken bazılarında kötüleştirdiği, hatta farsız durumda görülebilen, yani  $|VL| \geq 7$  olan bazı noktaları görülmez hale getirdiği sonucu çıkmaktadır. 80 km/saat ve 90 km/saat hızlarda farların tüm yolda görülebilirliği belirgin bir şekilde azalttığı, daha yüksek hızlarda ise etkisinin giderek kaybolduğu söylenebilir. Şekil 5.33 – Şekil 5.40’da birinci şerit üzerindeki üç ayrı doğru üzerindeki noktalarda farlı ve farsız durumlardaki görülebilirlik düzeylerinin mutlak değerlerinin yol boyunca değişimi farklı hızlar için gösterilmiştir.



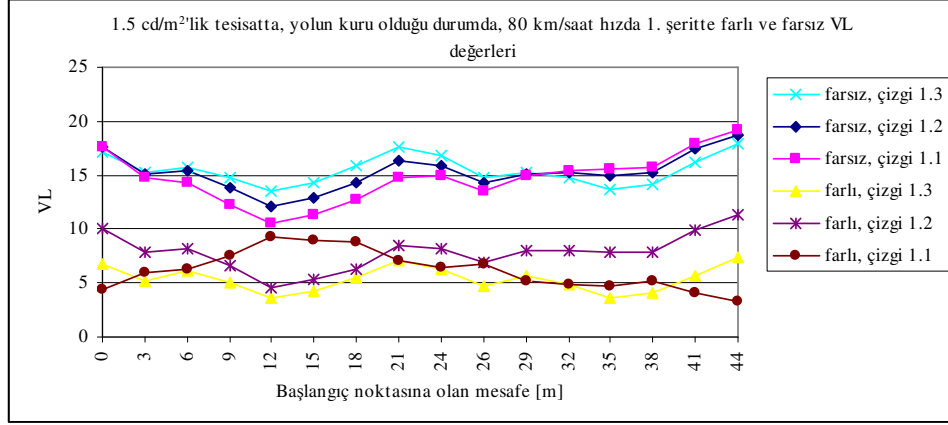
Şekil 5.33: Birinci şerit üzerinde, 50 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri



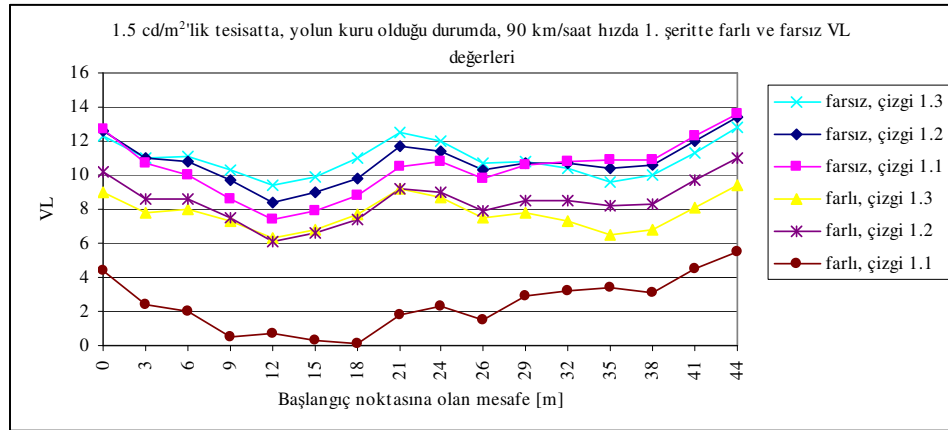
Şekil 5.34: Birinci şerit üzerinde, 60 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri



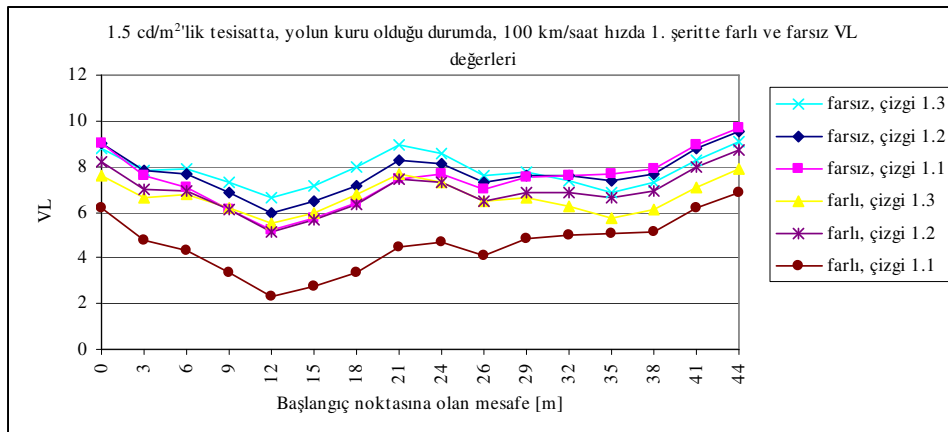
Şekil 5.35: Birinci şerit üzerinde, 70 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri



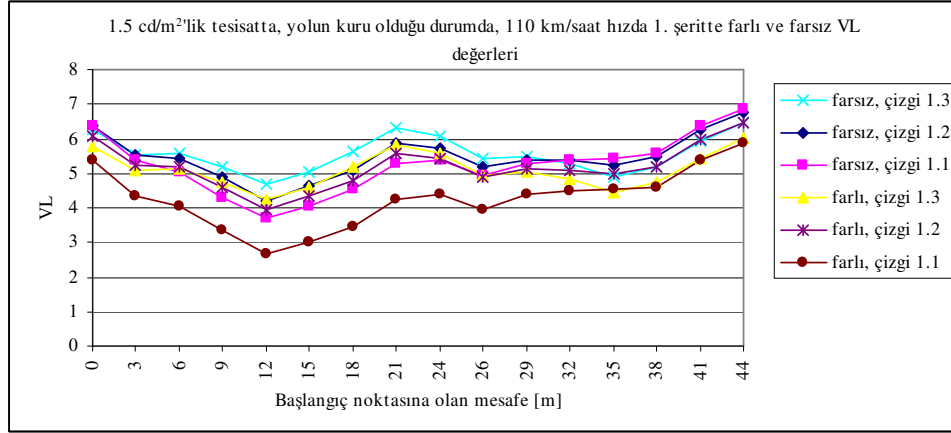
Şekil 5.36: Birinci şerit üzerinde, 80 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri



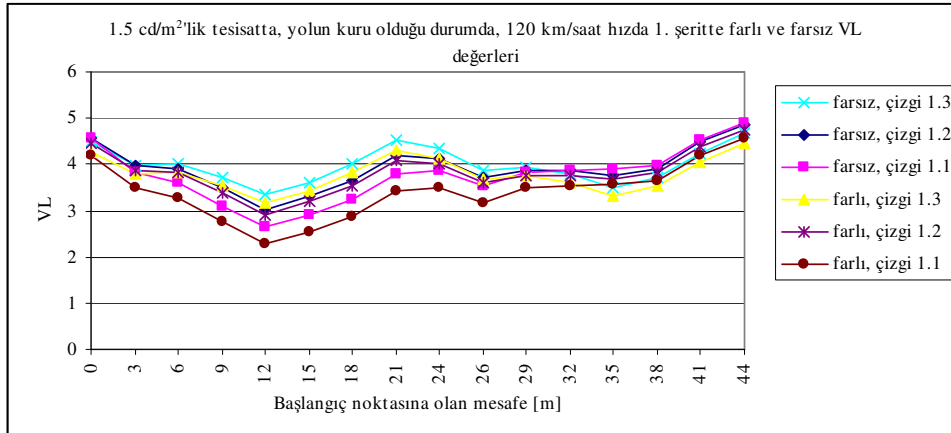
Şekil 5.37: Birinci şerit üzerinde, 90 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri



Şekil 5.38: Birinci şerit üzerinde, 100 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri



Şekil 5.39: Birinci şerit üzerinde, 110 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri



Şekil 5.40: Birinci şerit üzerinde, 120 km/saat hızda, farlı ve farsız durumdaki VL değerleri

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada; yol aydınlatması hesap tekniğinin; gözün fizyolojisiyle ilgili yeni bilgiler ve tesisat elemanları ile ilgili teknolojik gelişmeler ışığında hangi yönde ve ne şekilde geliştirilmesi gerektiği araştırılmıştır.

Öncelikle, görülebilirlik kavramının yol aydınlatması alanında kullanımı irdelenmiş, bir cismin görülebilirliğini sayısal olarak ifade etmeye yarayan ve yürürlükte olan yol aydınlatması yönerge ve standartlarına yakın zamanda girmiş olan, ancak yol aydınlatması kriteri olarak ne şekilde kullanılmaları gerektiği açık olmayan, görülebilirlik düzeyi ve küçük cisim görülebilirliği kavramları değerlendirilmiştir. Elde edilecek teorik sonuçların ileriki bir çalışmada saha deneyleriyle desteklenmesi düşünüldüğünden, kontrol ve uzaktan izleme tertibatı ile halihazırda donatılmış olan, Norveç'in Oslo kentinde bir yolun tesisat bilgileri alınmış ve çalışmalar bu yol için yapılan hesaplara dayandırılmıştır.

Piyasada bulunan ticari programlardan hiç biri görülebilirlik hesabı yapmadığı için, örnek tesisatla ilgili aydınlatma hesaplarını yapmaya yönelik bir program yazılması gerekmiştir. Program; soldan tek taraflı, sağdan tek taraflı, kaydırılmış, karşılıklı ve refüjden çift taraflı düzenekler için aşağıdaki hesapları yapabilmektedir:

- CIE 140'a göre parıltı hesabı (hesap alanının başlangıcından 60 m geride ve şerit eksenini üzerinde duran sabit gözlemciler için tüm noktaların parıltıları, ortalama parıltılar, ortalama ve boyuna düzgünlük değerleri)
- Çevre aydınlatma oranı ve bağıl eşik artışı değerleri
- CIE 88-2004 nolu ve "Yol Tünelleri ve Alt geçitlerin Aydınlatılmaları için Kılavuz" adlı yayına göre ıslak ve kuru yollar için güvenli duruş mesafesi (SSD) hesabı

- Hareketli gözlemci için parıltı hesabı (şerit ekseninde ve hesap noktasına verilen bir uzaklıkta duran gözlemciler için tüm noktaların parıltıları, ortalama parıltılar, ortalama ve boyuna düzgünlük değerleri)
- Sabit gözlemci için hesap alanındaki tüm noktalarda Adrian modeline göre görülebilirlik düzeyi (VL) değerlerinin hesabı ve her bir şeritteki STV değerlerinin hesabı
- Hareketli gözlemci için hesap alanındaki tüm noktalarda Adrian modeline göre görülebilirlik düzeyi (VL) değerlerinin hesabı ve her bir şeritteki STV değerlerinin hesabı
- Bir binek otomobile ait halojen kısa farların etkisi hesaba katılmış halde parıltı ve görülebilirlik düzeyi (VL) değerleri

Oslo'daki yol için yukarıda belirtilen hesaplar yapılarak tesisatın mevcut durumu hem parıltı yöntemi açısından CIE 115'e göre hem de görülebilirlik esasına göre değerlendirilmiştir. Bir noktanın görülebilir sayılması için; görülebilirlik düzeyinin mutlak değerinin 7'den büyük olması koşulu aranmıştır. Bu; konuyla ilgili literatürde yaygın olarak kabul gören ve doğruluğu deneysel çalışmalarla desteklenmiş bir görüştür. Ayrıca yoldaki noktaların görülebilirlik değerlerinin bir arada değerlendirilerek yolun görülebilirliğine ilişkin tek bir gösterge çıkarmaya çalışmanın yanıltıcı olabileceği düşünüldüğünden, bir yolda görülebilirlik koşulunun sağlanması için yoldaki tüm noktaların mutlak görülebilirlik seviyelerinin ayrı ayrı 7'den büyük olması gerektiği fikri benimsenmiştir.

Konuya getirilen yenilikçi bir yaklaşım, görülebilirlik düzeyi değerlerinin hesap noktasına güvenli duruş mesafesinden bakan hareketli gözlemciye göre hesaplanmasıdır. Bu sayede araç hızının ve yolun ıslak/kuru oluşunun görülebilirliğe etkisi hesaplara dahil edilebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, mevcut durumda yol yansıtma katsayılarının yalnız 0.5-1.5 derece arası görüş açıları için tanımlanmış olmasıdır. Taşıt yollarında geçerli olabilecek 50–120 km/saat aralığındaki hızlarda güvenilir hesaplar

yapılabilmesi için, yol yansıtma tablolarının; 0.3-3 derece aralığındaki tüm  $\alpha$  açıları için geçerli olacak şekilde genişletilmesi gereklidir.

Mevcut tesisatın ne CIE 115’de önerilen parıltı yöntemi kriterlerini ne de yoldaki tüm hesap noktalarının görülebilirliğini sağladığı bulunmuştur. Bunun üzerine tesisatın hem parıltı yöntemi hem de görülebilirlik açısından kabul edilebilir olması için ne şekilde revize edilmesi gerektiği araştırılmış, yoldaki tüm hesap noktalarının mutlak görülebilirlik düzeylerinin en az 7 olması için yolda kontrast geçişi olmaması gerektiği anlaşılmıştır. Bu; direk boylarını yüksek seçerek ve sık yerleştirerek mümkün olmaktadır.

Mevcut tesisatta direk aralığı, yüksekliği ve lamba gücü değiştirilerek, istenen şartları sağlayan iki alternatif tesisat oluşturulmuş ve aynı hesaplar tekrarlanmıştır.

Ayrıca; mevcut ve alternatif tesisatlarda lambaların %25, %50 ve %75 akı seviyelerini elde edecek şekilde loşlaştırılmaları durumunda görülebilirliğin ne şekilde etkilendiği de incelenmiş ve loşlaştırmanın hesap noktalarındaki görülebilirlik düzeyi değerlerini bir miktar azalttığı görülmüştür. Çeşitli hızlar için, yukarıda belirtilen seviyelerde loşlaştırma yapıldığında, yol üzerinde görülemeyen kaç nokta bulunduğu araştırılarak, yeterli görüş koşullarından taviz verilmeksizin farklı hızlarda hangi miktarda loşlaştırma yapılabileceği sonucu çıkarılmıştır.

Hesaplanan görülebilirlik düzeyi değerlerinden elde edilen STV değerleri incelendiğinde; STV’nin ANSI RP-8 Amerikan yol aydınlatma standardında önerilen değerlerin üzerinde olduğu durumlarda bile yolda pek çok görülemeyen nokta bulunduğu fark edilmektedir. Bu bulgu; görülebilirlik düzeyi değerlerinin her bir nokta için ayrı ayrı ele alınması gerektiği şeklinde yapılan öngörüü desteklemektedir.

Elde edilen sonuçlar; araçların hızının ve yolun ıslak/kuru oluşunun görülebilirliği esas alan bir tasarım hesabında mutlaka dikkate alınması gereken önemli kriterler olduğunu göstermiştir. Trafiğin hızı arttığında; güvenli duruş mesafesi arttığından, sürücünün muhtemel bir engeli daha uzaktan görmesi gerekmektedir. Hesaplara göre, gerekli minimum görülebilirlik düzeyini daha uzak bir mesafe için elde etmek için lambaların

akısını arttırmak gerekmektedir. Bir başka deyişle; görülebilirlik seviyesi, hız arttıkça azalmaktadır.

Bu bulgu, kontrollü yol aydınlatması tesisatlarında sıkça karşılaşılan, trafik yoğunluğu azaldığında (trafik hızı arttığında) lambaların ışık şiddetini azaltma uygulamasının yanlışlığını ortaya koymaktadır.

Oslo'daki örnek yol ve alternatif tesisatlar için, yoldaki tüm noktaların görülebilmesi esasına dayanan ve güneş doğuş/batış saatlerini, trafik yoğunluğunu ve hızını dikkate alan kontrol senaryoları hazırlanmıştır. Bu senaryolar, yapılması düşünülen saha deneylerine temel oluşturacaktır.

Kontrollü tesisatların tasarruf potansiyelini ortaya koymak amacıyla aynı yolun İstanbul'da olduğu varsayılarak alternatif tesisatlardan biri için ilave kontrol senaryoları yazılmış ve gerek kontrollü gerekse kontrolsüz tesisatlar için kurulum maliyetleri ve işletme giderleri hesaplanmıştır. Tasarım hesapları; mevcut bir tesisat için yapılmış olduğundan, kurulum maliyetlerinin hesabında bu tesisatta bulunan malzemelerin fiyatları kullanılmıştır. Alternatif tesisat, görülebilirlik esasına göre tasarlanmış olduğundan, direkler sık tutulmuştur. Bu durum, kurulum maliyetlerinin yalnızca parıltı yöntemi kriterlerinin dikkate alınacağı bir tesisata göre yüksek ve amortisman süresinin uzun olmasına sebep olmaktadır. Görülebilirliği esas alan kontrollü tesisatların yaygınlaşabilmesi için kullanılan kontrol sistemi bileşenlerinin ucuzlaması gerektiği görülmektedir.

Konunun diğer bir açılımı; araç farlarının görülebilirlik seviyesine olan etkisinin araştırılmasıdır. Bunu hesaplara katabilmek için; farlar için çıkarılmış, armatürlerinkine benzer ışık dağılım tablolarına ihtiyaç vardır, ancak bu tabloların çıkartılması için gerekli ölçüm, günümüzde far test ve onay sürecinde bulunan standart bir ölçüm olmadığından bulunamamıştır. Mevcut durumda farların fotometrik açıdan değerlendirmesi; farın 25 m uzakta far eksenine dik düşey düzlemde oluşturduğu aydınlık düzeyi değerlerini esas almaktadır. Renault Kangoo marka bir aracın farları için yapılmış olan bu türden bir ölçüm sonucu kullanılarak interpolasyon yoluyla farın ışık dağılım tablosu çıkartılmaya çalışılmıştır. Farların görülebilirlik seviyelerine etkisi

incelendiğinde, etkinin uzaklıkla değiştiği ve özellikle yakın mesafelerde çok yüksek olduğu görölmektedir. Hesap noktalarının tümünde farsız cismin kontrastının negatif olduğu örnek yolda; farlar özellikle düşük hızlara karşılık gelen yakın mesafelerde cisimlerin kontrastını yüksek pozitif değerlere çevirecek kadar etkilidir. Farların 50 ve 60 km/saat hızlarda görülebilirliğin mutlak değerini tüm hesap noktalarında önemli ölçüde arttırdığı görölmektedir. 70 km/saat hızda farların yoldaki bazı noktalarda görülebilirliği iyileştirirken bazılarında kötüleştirdiği, hatta farsız durumda görülebilen, yani mutlak görülebilirlik düzeyi değeri 7'ye yakın olan bazı noktaları görülmez hale getirdiği sonucu çıkmaktadır. 80 km/saat ve 90 km/saat hızlarda farlar tüm yolda görülebilirliği belirgin bir şekilde azaltmakta, daha yüksek hızlarda ise etkileri giderek kaybolmaktadır. Farların yol aydınlatma tasarımında dikkate alınabilmesi için armatürlerin olduğu gibi, farların da ışık dağılım tablolarının tanımlanmasında fayda vardır.

Elde edilen sonuçların Uluslar arası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin TC 4-36 sayılı "Taşıt Yolu Aydınlatmasında Görülebilirlik Tasarımı" ve TC 4-44 sayılı "Yol Aydınlatması Yönetimi ve Bakımı" adlı teknik komitelerinin çalışmalarına yardımcı olması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Özkaya M.**, 1994. Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [2] The IESNA Lighting Handbook, 2000, New York.
- [3] **Adrian W.**, 1989. Visibility of targets: Model for calculation, *Lighting Res. Technology*, 21(4), 181-188.
- [4] **Onaygil, S.**, Yol aydınlatma projelerinde yol sınıfının belirlenmesinin önemi, *Kaynak Elektrik Dergisi*, 1998/12, 125-132.
- [5] CIE/PIARC Joint Technical Report, Road surfaces and lighting, 1983.
- [6] CIE Pub 115, Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic, 1995.
- [7] CIE Pub 47, Road lighting for wet conditions, 1979.
- [8] CIE Pub 140, Road lighting calculations, 2000.
- [9] ANSI/IESNA RP-8-00, American National Standard Practice for Roadway Lighting, 1990.
- [10] Philips Lighting Manual, 1993. 5. Edition, Netherlands.
- [11] **Adrian, W.**, Visibility levels in street lighting: an analysis of different experiments, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, Summer 1993, 49-52.
- [12] **Owens M.**, Visibility as a metric for roadway lighting, Lux Pasifica '97 (3. Pasific Basin Lighting Congress) Nagoya, Japan, October 1997 – G- 43, 55.
- [13] **Güler Ö., Onaygil S., Erkin E.**, Investigations of the studies on visibility concept in road lighting, Lux Europa European Lighting Conference, 2005.
- [14] **Lecocq J.**, Visibility in Road Lighting – Correlation of subjective assessments with calculated values, Lux Europa European Lighting Conference, 1997.
- [15] **Güler Ö. ve Onaygil S.**, The effect of luminance uniformity on visibility level in road lighting, *Lighting Res. Technology*, 2002, **35,3**, 199-215.
- [16] **Güler Ö., Onaygil S., Erkin E.**, "The Effect of Vehicle Headlights on Visibility Level in Road Lighting" Leon'05, CIE Midterm Meeting and International Lighting Congress, Leon, Spain, 2005.
- [17] **Adrian W.**, Visibility levels under night-time driving conditions, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, Summer 1987.
- [18] **Dijon, J. M ve Maldague L.**, Quality Criteria for Road Lighting: Luminance and Uniformity Levels? Or Visibility?, 2.National Illumination Congress, 26-27 November, İstanbul, 1998.

- [19] Philips Lamps&Gear Catalogue, 2005/2006.
- [20] **Bjelland, E.**, Intelligent Road Lighting-“Light-on the road”, CIE Session 2003.
- [21] CIE Pub 88, Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses, 2004.
- [22] <http://www.timeanddate.com/worldclock/astronomy.html>.
- [23] <http://www.tedas.gov.tr/193,2006tarifeleri.html>.
- [24] <http://istanbul.meteor.gov.tr/marmaraiklimi.htm>.

## ÖZGEÇMİŞ

Sevgi Başak Semiz, 1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla Hamdullah Suphi Tanrıöver İlköğretim Okulu ve Cağaloğlu Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği bölümünü bitirdi. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Mühendisliği Programına kabul edildi.