

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SPOR ALANLARINDA UYGULANAN AYDINLATMA
KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Elk. Müh. Yusuf BOYRAZ

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında Elektrik Tesisleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Erdin GÖKALP

İSTANBUL, 2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. AYDINLATMADA KULLANILAN TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1 Giriş	3
2.2 Düzlemsel Açı ve Uzaklık Açısı	3
2.3 Işık Akısı	3
2.4 Işık Şiddeti	4
2.5 Aydınlanma Düzeyi	4
2.6 Parlaklık	5
2.7 Kontrast	6
2.8 Etkinlik Faktörü (Aydınlatma Verimi)	6
2.9 Renk Sıcaklığı	7
2.10 Renksel Geriverim	8
2.11 Ortalama Ömür	9
2.12 Ekonomik Ömür	9
3. SPOR ALANLARI VE GENEL AYDINLATMA KRİTERLERİ	10
3.1 Giriş	10
3.2 Spor Alanlarının Aydınlatılmasında Kullanılan Anahtar Terimler	11
3.2.1 Yatay Aydınlanma Düzeyi	11
3.2.2 Düşey Aydınlanma Düzeyi	12
3.2.3 Aydınlatma Düzeyinin Düzgünlüğü	13
3.2.4 Renk Sıcaklığı	14
3.2.5 Renksel Geriverim	15
3.2.6 Kamaşma	17
3.3 Kapalı Tip Spor Salonları	19
3.3.1 Çok Amaçlı Spor Salonları	19
3.3.1.1 Basketbol, Hentbol, Voleybol, Fistbol, Dövüş v.b. Salonları	20
3.3.1.2 Hokey, Masa Tenisi, Badminton, Eskrim, Boks Spor Salonları	21
3.3.2 Özel Spor Salonları	24
3.3.2.1 Tenis, Squash, Bisiklet ve Binicilik Salonları	24
3.4 Açık Spor Alanları	32

4.	SPOR ALANLARINDA KULLANILAN ARMATÜRLER.....	36
4.1	Giriş	36
4.2	Armatürler ve Teknik Özellikleri	38
4.2.1	Armatürlere Ait Fotometrik Ölçümler.....	38
4.2.1.1	Polar Işık Dağılım Eğrisi	38
4.2.1.2	Kartezyen Işık Diyagramı.....	40
4.2.1.3	Konik Performans Diyagramı.....	42
4.2.2	Armatür Tipleri.....	42
4.2.2.1	Flüoresan Ampullü Armatürler.....	42
4.2.2.2	Simetrik Projektörler	44
4.2.2.3	Asimetrik Projektörler	46
4.2.2.4	Rotasyonel Projektörler	49
5.	AYDINLATMA TASARIMINDA KULLANILAN PROGRAMLAR	52
5.1	Giriş	52
5.2	Aydınlık Düzeyi Hesaplaması	53
5.3	Aydınlatma Programlarında Kullanılan Fotometrik Aygıt Formatları.....	55
5.3.1	CIE.....	55
5.3.2	Eulumdat Formatı	55
5.3.3	IES LM-63	56
5.3.4	CIBSE TM 14.....	56
5.4	Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Programlar.....	56
5.4.1	Luxuswin	57
5.4.2	Thorlux Lighting Design	58
5.4.3	Prolite.....	59
5.4.4	Calculux.....	60
5.4.5	RELUX.....	62
5.4.6	Dialux	65
5.4.7	Lightscape.....	67
6.	CALCULUX AYDINLATMA PROGRAMI İLE KAPALI SALON AYDINLATMASI İÇİN ÖRNEK BİR PROJENİN YAPILMASI	70
6.1	Giriş	70
6.2	Proje Oluşturma, Uygulama Alanı Tanımlama, Armatür ve Anahtarlama Modu Seçimi	70
6.3	Hesaplama ve Hesap Sunum Ayarları	72
6.4	Armatürlerin Yerleşimlerinin Tanımlanması ve Ayarlar	74
6.5	Yatırım Maliyeti ve Yıllık Maliyetlerin Hesaplanması	82
6.6	Proje Çıktılarının Ayarlanması	83
7.	ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE AYDINLATMA AÇISINDAN ABDİ İPEKÇİ SPOR SALONU REVİZE AYDINLATMA PROJESİNİN İNCELENMESİ.....	86
7.1	Giriş	86
7.2	Abdi İpekçi Spor Salonu Aydınlatma Revizyonunun İncelenmesi	86
7.2.1	Salon Mevcut Aydınlatma Tesisatı ve Revize Aydınlatma Tesisatına Ait	

	Bilgiler	86
7.2.2	Yeni Aydınlatma Projesinin Sonuçları ve Avantajları	88
7.2.3	Revize Aydınlatma Projesinin Maliyet ve Geri Ödeme Süresi Açısından İncelenmesi	89
8.	SONUÇ ve ÖNERİLER	92
	KAYNAKLAR.....	94
	EKLER	97
	Ek 1	98
	Ek 2	125
	ÖZGEÇMİŞ.....	153

SİMGE LİSTESİ

a	K Değerindeki Sapma
A	Düzlem
b	Renk Sıcaklığı Değeri
B	Düzlem
C	Düzlem
cd	Küre yarıçapı
d	Nokta-Kaynak Uzaklığı
E	Aydınlık Düzeyi
E _a	Düzlem Üzerindeki Noktada Aydınlik Düzeyi
E _d	Düşey Aydınlik Düzeyi
E _{max}	Maksimum Aydınlik Düzeyi
E _{min}	Minimum Aydınlik Düzeyi
E _n	Düzlemin N. Noktasındaki Aydınlik Düzeyi
E _o	Düzlem Üzerindeki Noktada Aydınlik Düzeyi
E _{ort}	Ortalama Aydınlik Düzeyi
E _p	Noktada aydınlık
E _v	Işıksal aydınlık
E _y	Yatay Aydınlik Düzeyi
E ₁	Düzlemin 1. Noktasındaki Aydınlik Düzeyi
E ₂	Düzlemin 2. Noktasındaki Aydınlik Düzeyi
I _m	Ampul Işık Akısı
I _{Max}	Maksimum Işık Akısı
I _o	Kaynağın Yüzey Normali Doğrultusundaki Işık Yeğirliğı
K	Renk Sıcaklığı
L	Parıltı
L _c	Cisim Parıltısı
L _f	Fon Parıltısı
lm	Lümen
m	Metre
N	Nokta Sayısı
r	Yarıçap
R _a	Renksel Geriverim
sr	Steradyan
U	Aydınlatma Yüzey Düzgünlüğü
W	Katı açısı
ΔA	Yüzey Alanı
ΔA _g	Dik Düzlemde Görünen Alan
ΔS	Yüzey
Φ	Işık akısı
Φ _v	Işık akısı
Δφ	Işık Akısı
α	Açı
β	Açı
ρ	Yüzeyin Yansıtma Faktörünü

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BEDAŞ	Bogaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş.
CIBSE	İngiliz Chartered Institution of Building Service Engineers
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
FIBA	Federation Internationale de Basketball
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	European Norm
HDTV	High Definition Television
IES	Illuminating Engineering Society of North America
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
IP	Important Person
L.O.R	Lighting Output Ratio
MDI	Microsoft Document Imaging
TIFF	Tagged Image File Format
TL5	Tubular Lamp
TV	Televizyon

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Düzlemsel açı.....	3
Şekil 2.2 Uzay açısı	3
Şekil 2.3 Işık akısı ve lümen	4
Şekil 2.4 Aydınlanma düzeyi	5
Şekil 2.5 Renk sıcaklıkları	7
Şekil 3.1 Yatay aydınlık düzeyinin gösterimine ilişkin futbol sahası örneği	12
Şekil 3.2 Stadyum içerisinde kamera pozisyonları için düşey aydınlık düzeyleri.....	12
Şekil 3.3 Oyuncu çevresindeki a) Işığın b) Düşey aydınlatmanın gösterimi.....	13
Şekil 3.4 Aydınlanma düzeyliliğinin a) Zayıf olduğu durum, b) İyi olduğu durum.....	14
Şekil 3.5 Renk sıcaklığının değişimi ile görüş kalitesinin ilişkisi	14
Şekil 3.6 Renk sıcaklığının aydınlatma alanı içerisindeki tolerans değerleri	15
Şekil 3.7 a) Gün ışığı ve renklerin doğal görünüşü, b) Renksel geriverimin düşük olduğu aydınlatmadaki görünüş, c) Renksel geriverimin yüksek olduğu aydınlatmadaki görünüş.....	16
Şekil 3.8 Metal halide ve sodyum ampüllü projektörler ile aydınlatması yapılmış Amerikan futbolu sahalarının renksel geriverim açısından farklılığı	17
Şekil 3.9 a) Kamaşmaya sebep veren aydınlatma armatürlerinin kullanımı, b) Kamaşma olmayan aydınlatma armatürleri kullanımı.....	17
Şekil 3.10 Kamaşmanın saha içerisinde ve çevresinde etkileri	18
Şekil 3.11 Basketbol, güreş, dövüş sporları, hentbol çok amaçlı spor salonları.....	20
Şekil 3.12 Kapalı spor salonlarında uygun armatür yerleşimi	20
Şekil 3.13 Hokey, eskrim, boks, masa tenisi, badminton çok amaçlı spor salonları	22
Şekil 3.14 Tenis kortlarında kamaşmanın önlenmesi için önerilen armatür yerleşimi	24
Şekil 3.15 Tenis kortlarında projektör veya flüoresan ampüllü armatürlerle yapılan çözüm.....	25
Şekil 3.16 Squash salonu	26
Şekil 3.17 Binicilik spor salonuna örnek	27
Şekil 3.18 Buz hokeyi salonu.....	28
Şekil 3.19 Buz hokeyi salonunda hedef bölgesi	29
Şekil 3.20 Havuz aydınlatmasında armatür yerleşimi ve yatay aydınlık düzeyi	30
Şekil 3.21 Dalgıcın suya girdiği noktadaki düşey aydınlık düzeyi.....	31
Şekil 3.22 Antrenman ve turnuva modları için aydınlatma düzeni	32
Şekil 3.23 Standart beysbol saha ölçüleri ve alanları.....	33
Şekil 3.24 Futbol sahası ve atletizm pistinin ortak çözümü (Letzigrund Stadium – Zürich)	34
Şekil 4.1 Renksel geriverim değerine göre görüntüdeki farklılık.....	37
Şekil 4.2 Işık dağılım eğrileri için kullanılan armatür düzlemleri a) Armatür A düzlemi, b) Armatür B düzlemi	39
Şekil 4.3 Armatürler için kullanılan C düzleminin gösterimi	39
Şekil 4.4 400W Metal halide ampüllü asimetric projektöre ait ışık dağılım eğrisi	40
Şekil 4.5 Philips MVF403 CAT A1 2000W metal halide dar açılı rotasyonel projektöre ait diyagram	41
Şekil 4.6 Siteco R3 Maxi LDC1 dar açılı 2000W metal halide rotasyonel projektöre ait diyagram	41
Şekil 4.7 Siteco R3 Maxi LDC1 dar açılı 2000W metal halide rotasyonel projektöre ait konik performans diyagramı	42
Şekil 4.8 4x54W TL5 flüoresan ampüllü armatür	43

Şekil 4.9	Flüoresan ampullü armatürlerin kullanımı	44
Şekil 4.10	Simetrik yapıda projektör	44
Şekil 4.11	Simetrik projektörlerin farklı açılar ve montaj şekilleri için görselleştirilmesi...	45
Şekil 4.12	400W simetrik projektöre ait Siteco ürün kataloğundan alınmış fotometrik veriler a) Projektör kartezyen diyagramı, b) Projektör izolüks eğrisi	45
Şekil 4.13	2000W metal halide ampullü simetrik projektöre ait üç Philips ürün kataloğundan alınmış üç farklı açıya ait kartezyen diyagramlar a)Dar açılı projektöre ait diyagram b) Orta açılı projektöre ait diyagram c)Dar açılı projektöre ait diyagram.....	46
Şekil 4.14	Ekranlı simetrik projektörlere ait ürün resimleri a)dahili ekranlı simetrik projektör b) harici montajlı projektör	46
Şekil 4.15	Asimetrik projektörlere ait farklı yapıda reflektörler	47
Şekil 4.16	Üç farklı açı için asimetrik projektöre ait kartezyen diyagramı	47
Şekil 4.17	Asimetrik projektörün ışık dağılımına ait görselleştirme	48
Şekil 4.18	Asimetrik projektörlerle aydınlatılmış saha örneği	48
Şekil 4.19	Asimetrik projektörlerde kullanılan harici montajlı aparat.....	48
Şekil 4.20	Rotasyonel projektöre ait ürün resmi ve ışık dağılımının gösterimi.....	49
Şekil 4.21	Philips MVF403 serisi ürün grubundan 7 farklı açıda üretilmiş armatürlere ait fotometrik veriler	49
Şekil 4.22	Rotasyonel projektörlerde uygulanan ışık filtrelerine ait resimler	50
Şekil 4.23	Balastlar a) Normal balast b)Sıcak ateşlemeli balast.....	50
Şekil 5.1	21 nokta için yapılmış hesaplama örneği ve sonuçlar	54
Şekil 5.2	2048 nokta için yapılmış hesaplama örneği ve sonuçlar	55
Şekil 5.3	Luxuswin aydınlatma programı kullanıcı arayüzü	57
Şekil 5.4	Luxuswin programı armatür veri tabanı	58
Şekil 5.5	Thorlux aydınlatma tasarım programının ana ekran görüntüsü.....	58
Şekil 5.6	Prolite programı ana menü görüntüsü.....	59
Şekil 5.7	Prolite armatür seçimi menüsü ve hesaplama yapılan projenin 3 boyutlu modeli..	59
Şekil 5.8	Calculux programında standart yol ve basketbol sahasının gösterimi.....	60
Şekil 5.9	Calculux programında yapılan futbol sahası armatür yerleşimi ve noktasal olarak aydınlatma sonuçlarını gösterir çıktı görüntüsü	61
Şekil 5.10	Relux program ana menü görüntüsü.....	62
Şekil 5.11	Relux armatür seçim menüsünden görünüm	63
Şekil 5.12	Relux programı Kasımpaşa Stadyumuna ait noktada aydınlık düzeyini gösterir tablo	64
Şekil 5.13	Relux programı ile hazırlanmış Kasımpaşa Stadyumuna ait 3D görünüş	64
Şekil 5.14	Dialux hesaplama programı ana menüsünden	65
Şekil 5.15	Dialux programı armatür seçim menüsü.....	66
Şekil 5.16	Dialux programı ile yapılan 3D görselleştirme	67
Şekil 5.17	Lightscape programı noktada aydınlık düzeyi sonuçları	68
Şekil 5.18	Lightscape programı renklere göre aydınlık düzeyi sonuçları.....	68
Şekil 6.1	Calculux Programında Proje oluşturma ve bilgi girişi	70
Şekil 6.2	Uygulama alanının tanımlanması ve konumlandırma	71
Şekil 6.3	Projede kullanılacak armatürlerin seçimi	71
Şekil 6.4	Aydınlatma sisteminin kademelendirilmesi	72
Şekil 6.5	Hesaplamaların tanımlanması.....	73
Şekil 6.6	Hesap sunum ayarlarının yapılması.....	73
Şekil 6.7	Armatür düzenlerinin tanımlanması	74
Şekil 6.8	Armatür düzenlerinde değişiklik ve ayar yapılması	74
Şekil 6.9	Armatür konumları ve anahtarlama kademeleri	75

Şekil 6.10	Antrenman kademesinin hesaplamasına ait renk skalasına göre değişim grafiği.....	76
Şekil 6.11	Müsabaka kademesi armatür yerleşimi	77
Şekil 6.12	Müsabaka kademesi sonuçlarına ait noktasal aydınlık düzeylerini gösterir grafik.....	78
Şekil 6.13	Müsabaka kademesi hesap sonuçları	78
Şekil 6.14	Müsabaka kademesi nihai hesap sonuçları	79
Şekil 6.15	Müsabaka kademesi basketbol sahası renk skalasına göre değişim grafiği.....	79
Şekil 6.16	Müsabaka kademesi voleybol sahası renk skalasına göre değişim grafiği.....	80
Şekil 6.17	TV çekim modu için armatürlerin ilave edilmesi ve armatür yerleşiminin gösterimi	80
Şekil 6.18	CTV kademesi için yapılan hesaplama sonuçları	81
Şekil 6.19	TV çekim modu için voleybol sahasına ait aydınlatma düzeylerini gösterir grafik.....	81
Şekil 6.20	TV çekim modu için basketbol sahasına ait noktasal aydınlatma düzeyleri grafiği.....	82
Şekil 6.21	Programın maliyet hesaplamasına ait tablo	83
Şekil 6.22	Proje çıktı ayarlamalarının yapıldığı Setup menüsü	84
Şekil 6.23	Proje raporuna yazıcı ve çıktı ayarlarının yapılması	85
Şekil 7.1	Philips HNF serisi ve MVF 024 serisi armatürler	87
Şekil 7.2	MVF403 serisi CAT-A6 armatürüne ait teknik özellikler.....	88
Şekil 7.3	Calculux programı ile yapılan revize aydınlatma projesine ait hesaplama sonuçları.....	88
Şekil 7.4	Canlı yayın kademesi noktasal aydınlık düzeylerini gösterir grafik	89
Şekil 7.5	Philips MHN-LA 1000W ampul ve teknik özellikler tablosu	89
Şekil 7.6	Aydınlatma sisteminde kullanılan armatür sayıları ve toplam güçleri	90

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Renksel geriverim değerlerinin sınıflandırılması.....	9
Çizelge 3.1 Spor organizasyonlarının aydınlatma seviyelerine göre sınıflandırılması (DIN EN12193)	11
Çizelge 3.2 Renksel geriverim değerinin değişimi ile renklerin algılanmasındaki değişim.	15
Çizelge 3.3 Metal halide ve sodyum buharlı lambaların farklı güç ve tipler için renksel geri verim değerleri.....	16
Çizelge 3.4 Hentbol, basketbol, voleybol, dövüş sporları ve halter için istenen aydınlatma değerleri.....	21
Çizelge 3.5 Hokey, masa tenisi, badminton salonları için DIN EN 12193normu aydınlatma değerleri.....	22
Çizelge 3.6 Eskrim Salonları için EN 12193 normu aydınlatma değerleri.....	23
Çizelge 3.7 Boks Salonları için EN 12193 normu aydınlatma değerleri.	23
Çizelge 3.8 Tenis için DIN EN 12193Normu aydınlatma değerleri.	25
Çizelge 3.9 Squash için DIN EN 12193Normu aydınlatma değerleri	26
Çizelge 3.10 Binicilik sporları için DIN EN 12193Normu aydınlatma değerleri.....	27
Çizelge 3.11 Bisiklet için DIN EN 12193Normu aydınlatma değerleri.	28
Çizelge 3.12 Buz hokeyi, artistik buz pateni pistleri için DIN EN 12193Normu aydınlatma değerleri.....	28
Çizelge 3.13 Körling salonları için DIN EN 12193Normu aydınlatma değerleri.....	29
Çizelge 3.14 Atıcılık, okçuluk ve bowling salonları için DIN EN 12193Normu aydınlatma değerleri	30
Çizelge 3.15 Yüzme, su topu, senkronize yüzme ve dalış spor salonları için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri.....	31
Çizelge 3.16 Futbol ve Amerikan futbolu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri	32
Çizelge 3.17 Hokey sporu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri	33
Çizelge 3.18 Beysbol sporu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri.....	34
Çizelge 3.19 Atletizm sporu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri.....	35
Çizelge 4.1 Farklı ampul tiplerinin güç, renksel geriverim, renk sıcaklığı, ışık akısı ve verim yönünden karşılaştırılması	37
Çizelge 4.2 Flüoresan ampullü armatürlerinin verim açısından karşılaştırılması.....	43
Çizelge 6.1 Projede istenen aydınlatma değerleri	75
Çizelge 6.2 Antrenman kademesi için farklı açılarda yapılan hesaplama sonuçları	76
Çizelge 7.1 Mevcut ve yeni aydınlatma tesisatının maliyet hesaplamaları	90

ÖNSÖZ

Bu çalışmada spor alanlarının aydınlatılmasında tasarım aşamasında ve mevcut tesisatlardaki iyileştirmeler de yapılacak uygulamalara ışık tutmak amaçlanmıştır.

Öncelikle, beni bu konuda çalışmaya yönlendiren ve yol gösteren merhum Yrd. Doç Dr. Ferit ATTAR hocama, danışman hocam Yrd. Doç Dr. Erdin GÖKALP' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde en büyük pay sahibi olan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunar, zor günlerimde yanımda olan eşime teşekkür ederim.

İstanbul, Kasım 2011

ÖZET

Günümüzde spor müsabakalarının tanıtım ve reklam açısından önem kazanması sonucu, izleyici sayısında artışı sağlayabilmek için spor dallarının çoğunda müsabakalar akşam saatlerine alınmıştır. Müsabakaların akşam saatlerine alınması ve yayın teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda spor alanlarının aydınlatılması da önem kazanmıştır.

Spor alanlarının aydınlatmasına değinmeden önce tezin ikinci bölümünde aydınlatmada kullanılan temel kavramlardan bahsedilmiştir.

Bu çalışmanın üçüncü bölümünde ise spor alanları ve aydınlatma kriterleri genel olarak ele alınmış, spor dalı bazında standartlar gereği sağlanması gereken aydınlatma değerleri üzerinde odaklanılmıştır.

Dördüncü bölümde spor alanlarının aydınlatmasında kullanılan aydınlatma elemanları hakkında bilgi verilmiştir.

Aydınlatma tasarımında kullanılan yöntemler ile aydınlatma tasarım programlarının faydaları ve yaygın olarak kullanılan aydınlatma programlarının özellikleri çalışmanın beşinci bölümünde ele alınmıştır.

Altıncı bölümde ise bir önceki bölümde ele alınmış olan aydınlatma programlarından biri ile örnek bir basketbol salonu aydınlatma tasarımı yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Çalışmanın yedinci bölümünde aydınlatma tesisatlarında yapılacak iyileştirmelere örnek olması için bir proje aydınlatma değerleri ve enerji tasarrufu açısından değerlendirilmiştir.

Sonuç ve öneriler bölümünde, spor alanlarının aydınlatılmasında dikkat edilecek hususlar hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Spor alanlarının aydınlatılması, aydınlatma tasarımı, aydınlatma kriterleri, aydınlatma hesap yöntemleri

ABSTRACT

Because of the importance of publicity and advertising and also in an effort to provide increase in the number of spectators, nowadays most competitions in sports are taken in evening hours. So, lighting of sports halls have gained importance in accordance to this reason and the development of broadcasting technologies.

Before mentioning the areas of sports lighting, basic concepts of lighting are described in the second part of the thesis.

In the third part of this study, sports fields and general lighting criterias are discussed and focused on the values of lighting that must be provided according to the standards on the basis of sport.

In the fourth section, lighting components that used in lighting of sports fields are explained.

Lighting design methods, benefits of lighting design programs and characteristics of most widely used lighting programs are discussed in the fifth section of study.

In the sixth section, a basketball hall lighting design have made by using Calculux lighting design program and results are evaluated.

In the seventh section of the study, a sample project are evaluated in terms of lighting levels and energy savings for the purpose of being an example to the improvements in lighting installations.

In conclusions and recommendations section, important points that must be noticed in lighting of sport fields are considered.

Keywords : Sport fields lighting, lighting design, lighting criterias, methods of lighting calculation, lighting design programs

1. GİRİŞ

Günümüzde özellikle tanıtım ve reklam amaçlarına hizmet eden araçlardan biri haline gelen spor müsabakası canlı yayınlarının daha çok izleyici çekebilmek amacıyla akşam saatlerinde yapılması spor alanlarının aydınlatılması ihtiyacını doğurmaktadır.

Son zamanlarda popüler olan stadyum aydınlatmalarının dışında Türkiye’de at yarışlarının yapıldığı hipodromlar dahi akşam yarışları için aydınlatılmaya başlanmıştır. Türkiye’nin de ev sahipliği yaptığı Formula 1 yarışlarının uluslar arası bir spor organizasyon olması ve saat farkı nedeniyle izlenme oranlarında artışın sağlanması için Singapur pisti aydınlatılarak yarışların istenilen saatte yapılmasına imkan tanınmıştır.

Söz konusu aydınlatma yatırımları maddi açıdan büyük maliyet gerektiren yatırımlardır. İstanbul Veli Efendi Hipodromu’nun aydınlatması için yaklaşık 1850 adet 2000W rotasyonel projektör kullanılmış olup, 2004 Atina Olimpiyatları için yapılan 30 tesiste kullanılan toplam armatür sayısının 4000 adet olduğu göz önüne alınırsa projenin büyüklüğü ortaya çıkmaktadır.

Spor müsabakalarının akşam saatlerinde yapılması ile seyirci sayısı ve televizyon reytinglerinde artışın olması, aydınlatmanın önemini zamanla arttırmakta, canlı yayın teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda aydınlatma tesisatında ilaveler yapılması veya iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

Aydınlatma kalitesinin yanı sıra aydınlatma sırasında tüketilen enerji ve aydınlatma tesisatının verimliliği de ekonomik açıdan önem taşımaktadır. Aydınlatmada kullanılan aydınlatma cihazlarının nicelikleri ve nitelikleri ortaya çıkacak aydınlatma kalitesini doğrudan etkileyen en büyük faktördür. Bu nedenle armatür teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda verimliliği sağlamak amacıyla mevcut aydınlatma tesisatında revizyonların yapılması gerekebilir.

Aydınlatmada güncel ihtiyaçları karşılamak için aydınlatma tesisatlarında yapılacak ilaveler ve iyileştirmeler neticesinde, mevcut görsel koşulları bozmadan ve mevcut aydınlık düzeyi değerlerinin daha üzerinde bir aydınlık düzeyi sağlanması amaç edinmelidir.

Açık veya kapalı tip spor alanlarında yapılan, antrenmanlar, maçlar, yarışmalar ve etkinlikler esnasında seyircilerin, kullanıcıların ve televizyon yayıncılarının iyi bir aydınlatma ya ihtiyaçları vardır. İyi bir aydınlatma;

- Sahanın her alanındaki görüş ihtiyacını karşılayabilmeli,

- Sahada düzgün bir ışık dağılımı sağlamalı,
- Uluslararası federasyonların öngördüğü minimum aydınlatma değerlerini elde etmelidir.

Bunların yanı sıra projelerde tasarım aşamasında, kullanıcıların ihtiyaçlarının, standartlarla belirlenmiş aydınlatma kriterleri ile uygulama kriterlerinin doğru olarak belirlenmesi gerekir.

Bu tez çalışmasında muhtelif spor dalları için yapılan açık ve kapalı spor alanlarının aydınlatılmasında uyulması gereken uygulama kriterlerine değinilmiş, tasarım sonucunda ilgili normlar doğrultusunda ulaşılması gereken aydınlatma büyüklüklerine yer verilmiştir. Ayrıca aydınlatma sektöründe kullanılan, tasarım aşamasında süreci kısaltmada büyük fonksiyonu olan aydınlatma programları hakkında genel bilgiler verilerek ve örnek bir uygulama yapılarak bu tür uygulamalara kaynaklık etmek amaçlanmıştır.

Mevcut bir salon aydınlatmasında yapılmış olan aydınlatma revizyon projesi, enerji tüketimi ve yatırım maliyetleri açısından ele alınmış, konuya enerji verimliliği ve ekonomik açıdan bir bakış sağlanarak konunun önemi ortaya konmuş olup, çalışmanın bu sektördeki işletmelere ışık tutması amaçlanmıştır.

2. AYDINLATMADA KULLANILAN TEMEL KAVRAMLAR

2.1 Giriş

Bu bölümde, aydınlatma teknikleri uygulanırken temel olarak kullanılan bazı fotometrik kavramlar kısaca açıklanmıştır.

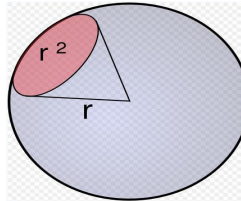
2.2 Düzlemsel Açı ve Uzay Açısı

Düzlemsel açı, bir noktadan çıkan iki yarım doğru arasında kalan açıdır (Şekil 2.1). Bu açı iki yarım doğru arasında kalan yay uzunluğunun yarıçapa bölümü ile ölçülür ve birimi radyandır. Bir noktaya ait düzlemsel açı 2π radyandır.



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 (Şekil 2.2). 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 4π steradyandır (Büyükkınacı, 2008).



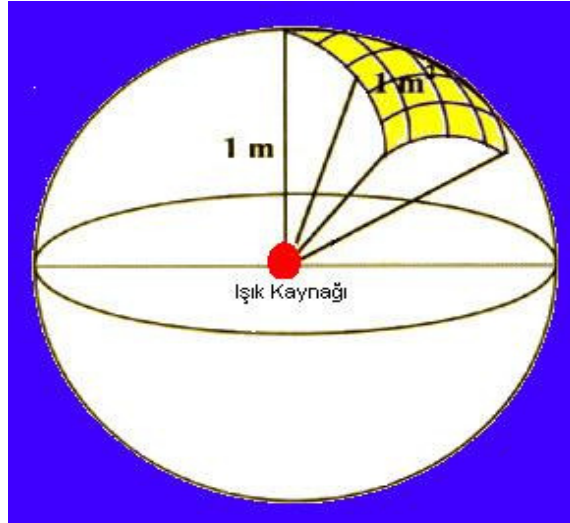
Şekil 2.2 Uzay açısı

2.3 Işık Akısı

Işık akısı ışık enerjisinin akış miktarı olarak tanımlanabilir. Birim yüzeye dik olarak düşen ışık miktarıdır. Birimi lümen'dir:

1 lümen = 1 candela x 1 steradyan

Bir kürenin merkezindeki noktasal bir ışık kaynağının küre yüzeyinde oluşturduğu ışık akısı $4\pi I$ lümenidir. Burada, I , ışık şiddetini 1, cd: kürenin yarıçapını da 1 m kabul edersek ışık akısının birimi olan lümeni elde ederiz. Kürede her 1 metrekare yüzeye 1 lümen ışık akısı düşer (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Işık akısı ve lümen

Teorik olarak 1 cd şiddetinde noktasal bir ışık kaynağı 12,57 lm ışık akısı sağlayabilir, ancak gerçek ışık kaynakları düzgün dağılımlı ışık sağlayamaz (Erdem, 2007).

2.4 Işık Şiddeti

Işık şiddeti, bir noktadan belirli bir yönde birim katı açı başına yayılan ışık akısıdır. Bir bakıma kaynağın belirli bir yönde yaydığı ışık enerjisidir.

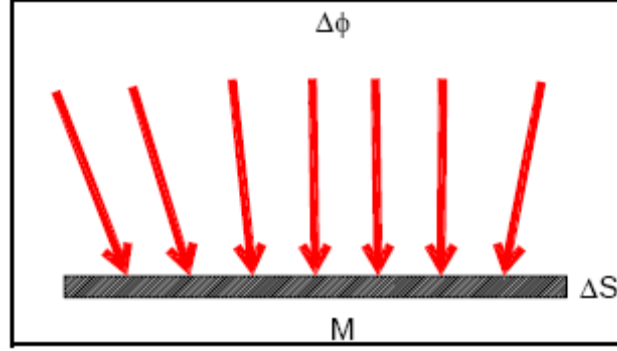
$$I \text{ (cd)} = F \text{ (lm)} / W \text{ (sr)} \quad (2.1)$$

Burada W katı açısının birimi olan steradyan, bir kürenin yüzeyinde, kenar uzunlukları kürenin yarıçapına eşit büyüklükte bir kare oluşturacak şekilde, kürenin merkezinden yüzeyine uzanan düzlemler arasındaki açıdır (Erdem,2007).

2.5 Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi “E” harfi ile gösterilir. Birimi “lux” tür. Aydınlık düzeyi, bir yüzeyin birim alanına düşen ışık veya ışık akısı miktarıdır. Bir yüzeyin bir M noktasındaki ortalama aydınlık

düzeyi bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen $\Delta\phi$ ışık akısının ΔS yüzeyine bölümüne eşittir (Şekil 2.4). ΔS yüzeyi sıfıra yaklaşırsa $\Delta S / \Delta\phi$ oranının limiti bu noktadaki aydınlık düzeyinin verir.



Şekil 2.4. Aydınlık düzeyi

$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta S} = \frac{d\phi}{dS} \quad \left[lux = \frac{lm}{m^2} \right] \quad (2.2)$$

Eğer ϕ lümen S metrekare olarak alınırsa E lux cinsinden bulunur. Aydınlanma, ışık akısının yüzeye varış yönünden bağımsızdır.

2.6 Parıltı

Bir yüzeyin göze ne kadar parlak görüldüğünün ölçüsüdür. L harfi ile gösterilir. Birimi “cd/m²”dir. Yüzeyin birim alanından belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili bir kavramdır. Işık yayan yüzey kendisi ışık üreten bir lamba veya ışık geçiren bir armatür yüzeyi gibi birincil ışık kaynağı olabileceği gibi, başka bir kaynaktan ulaşan ışığı yansıtan ikincil bir ışık kaynağı da olabilir.

Parıltı tanımı şöyle yapılabilir: “Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔA yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu ΔI_α ışık şiddetinin ΔA ’nın bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔA_g görünen alanına oranının limitidir”.

$$L_\alpha = \lim_{\Delta A_g \rightarrow 0} \Delta I_\alpha / \Delta A_g = dI_\alpha / dA_g \quad (\Delta A_g \rightarrow 0) \quad (2.3)$$

Parıltı kavramı, yüzeyin belli bir noktası ve gözlem doğrultusunu kapsadığından, parıltıdan söz ederken bunun hangi yüzeyin hangi noktası ve doğrultuya ait olduğunu belirtmek gerekir. İdeal yansıtıcı yüzeylerin parıltısı, aydınlık düzeyinden yararlanılarak hesaplanabilir.

Parıltı ile aydınlık düzeyi arasında aşağıdaki ilişki vardır:

$$L = \rho \cdot E / \pi \quad (2.4)$$

Burada ρ ; yüzeyin yansıtma faktörünü göstermektedir (Özkaya, 1994).

Işıklılığın aşırı derecede yüksek olması veya ışık kaynağından yayılan ışınların direkt olarak göze gelerek rahatsız edici olarak algılanması kamaşmadır. Parıltı görsel “gürültü”dür ve insan gözünü rahatsız edecek düzeydeki parlaklık kamaşma olarak algılanır.

Parıltı kamaşmaya ve gözün yüksek parlaklığa adapte olması sonucunda normal aydınlatılmış bir yüzeyi görememesine neden olur.

Aydınlatma armatürlerinin yanlış yönlendirilmesi, yanlış seçilmesi ve gereğinden fazla güçte ve sayıda kullanılması bu soruna yol açabilir.

2.7 Kontrast

Bir cisim ancak kendisinin parıltısı ile fonunun parıltısı arasında belirli bir parıltı farkı varsa algılanabilir. Bu fark kontrast olarak adlandırılır. Bir cismin algılanabilir olması için gerekli kontrast ihtiyacı cismin görüldüğü açıya ve gözlemcinin görüş alanındaki parıltı dağılımına bağlıdır. Bir cisimle fonu arasındaki mutlak parıltı farkı veya kontrast, fon parıltısı ile cismin parıltısının farkı olarak tanımlanır (Özkaya, 1994).

$$\Delta L = L_f - L_c \quad (2.5)$$

Burada L_f : fon parıltısı (cd/m^2) ve L_c : cisim parıltısı (cd/m^2) olarak ifade edilmiştir.

2.8 Etkinlik Faktörü (Aydınlatma Verimi)

Işık akısı ile sarf edilen güç arasındaki ilişkiye “Aydınlanma Verimi veya Etkinlik Faktörü” denir. Bir ışık kaynağının etkinlik faktörü, kaynaktan çıkan toplam ışık akısının kaynağın gücüne oranıdır. Birimi lümen/watt (lm/W) dır.

Projelendirmede, ışık kaynağı tercihi yapılırken, istenilen şartları sağlayan en yüksek etkinlik faktörüne sahip olan kaynağı seçmek, sistemi verimli kılmak için yapılacak en temel kriterdir (Ünal, Özenç, 2004).

2.9 Renk Sıcaklığı

İnsan gözü ışığı parlaklığı ile algıladığı gibi rengiyle de algılamaktadır. Işığın farklı renkleri, elektromanyetik yapıdan kaynaklandığı düşünülen farklı ışık frekanslarından dolayı meydana gelmektedir ki, bu frekanslar aşırı derecede yüksek bir değere sahip olup, en büyük değerdeki dalga boyu bile TV yayınları dalga boyundan çok küçüktür.

Sıradan güneş ışığı beyaz olarak görünürken, gerçekte çok sayıda renkten meydana gelmiştir. 1966 yılında bir ışık ışınını bir prizma içerisinden geçiren Sir I. Newton, onun gökkuşağındaki gibi bütün renkleri içerdiğini görmüştür. Kırmızı, mavi ve yeşil üç ana rengi meydana getirmesine rağmen karışımları sarı, turuncu, kahverengi, siyah gibi diğer renkleri meydana getirmektedir. Bu renklerden maviye bakan renkler soğuk renkler olarak tanımlanırken, kırmızıya bakan renkler sıcak renkler olarak tanımlanır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Renk sıcaklıkları

Beyaz yada günışığı genellikle aydınlatma için en çok arzulanan ışık şeklidir. Fakat bu ışığın görünen rengi gerçekte beyaz olmasın rağmen, güneş ışığında olduğu gibi belirli sayıdaki birçok rengi içermelidir. Çünkü birçok rengin bileşimi olan beyaz ışık değişik objelere çarpıp, onlardan gözlerimize yansıtıldığında onları fark edebildiğimiz gibi, objelerden yansıtılırken dalga boylarında meydana gelen değişimlerden dolayı, objeleri bu dalga boyunun gerektirdiği renklerde görürüz. Belli yüzeyler ve materyaller bir renk ve frekanstaki ışığı absorbe ederken bir diğer renkteki ışığı yansıtırlar. Bu farklılık bize görünen çeşitli objeler arasında renk ayrımı yapabilmeyi sağlar. Beyaz ve açık tonlu yüzeyler koyu tonlu yüzeylere nazaran daha fazla ışık yansıtırlar (İmal, 2007).

Aşağıda renk sıcaklığı değerleri için bazı örnekler verilmiştir:

- 1500-2000 K : Mum ışığı
- 2500-3500 K : Enkandesan lamba
- 2500-3500 K : Gün batımı ve güneşin doğuşu
- 4000-4500 K : Ay ışığı

- 5000-6000 K : Xenon lamba
- 5500-6000 K : Elektronik foto-flaş
- 5000-6000 K : Öğle saatlerinde gün ışığı
- 6000-7500 K : Bulutlu gökyüzü
- 9500-12000 K : Mavi gökyüzü

Renk sıcaklıklarına göre lambaların önerilen kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır:

- 6000 K renk sıcaklığına sahip lambaların hastaneler, ofisler, gıda sektörü, endüstriyel tesislerde,
- 4000 K renk sıcaklığına sahip lambaların spor salonları, açık spor sahaları, endüstriyel tesisler,
- 3000 K renk sıcaklığına sahip lambaların mağazalar, marketler, restoranlar, konferans salonları gibi daha çok ticari amaçlı mekanlarda,
- 2000 K renk sıcaklığına sahip sodyum buharlı lambaların ise tarihi binalarının dış cepheleeri, depolama alanları ve tünellerde kullanılması önerilmektedir.

Lambalar için ışık rengi, renk sıcaklığı ile üç ana grupta tarif edilmektedir:

- Sıcak beyaz < 3300 K (ww),
- 3300 K < Doğal beyaz < 5000 K (nw),
- Gün ışığı beyazı > 5000 K (tw).

Aynı ışık rengine rağmen, lambalar, ışıklarının tayfsal bileşimleri nedeniyle çok farklı renksel geriverim özelliklerine sahiptirler.

2.10 Renksel Geriverim

Kullanım yerine ve görüş görevine göre yapay ışık olabildiğince doğru bir renk algılamasını (günüşığında olduğu gibi) sağlamalıdır. Bunun ölçüsü bir ışık kaynağının “Genel renksel geriverim indisi” Ra kademeleri ile belirtilen renksel geriverim özelliğidir.

Renksel geriverim indisi cisim renginin ilgili referans ışık kaynağı altındaki görüntüsü ile aynı olması ölçüsünü belirtir. Ra değerinin belirlenmesi için, test renkleri kontrol edilecek ışık kaynağı ile veya referans kaynak ile aydınlatıldıklarında ortaya çıkan DIN 6169 da standartlaştırılmış 8

test rengindeki renk kaymaları ile tespit edilir. Sapma ne kadar küçük ise, kontrol edilen lambanın renksel geriverim özelliği o kadar iyidir.

$R_a = 100$ olan bir renk kaynağı referans ışık kaynağı altında olduğu gibi tüm renkleri en uygun şekilde gösterir. R_a değeri ne kadar düşükse, renksel geriverim o kadar iyi değildir (Tefken,2010). Bu durum Çizelge 3.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1 Renksel geriverim değerlerinin sınıflandırılması

Renksel Geriverim Sınıfı	Renksel Geriverim Endeksi	Renksel Geriverim Özelliği	Renk Görünümü	Uygulama Örnekleri	
				Tercih Edilen	Kabul Edilen
1A	$R_a > 90$	Çok İyi	Sıcak Orta Sıcak Soğuk	Renk Karşılaştırması Klinik İncelemeler Resim Galerileri	
1B	$90 > R_a > 80$	Çok İyi	Orta Sıcak Soğuk	Ev, Otel, Dükkan Baskı, Boya, Tekstil	
2	$80 > R_a > 60$	İyi	Sıcak Orta Sıcak Soğuk	Endüstri işleri	Ofisler, Okullar
3	$60 > R_a > 40$	Orta		Kaba İşler	Endüstri İşleri
4	$40 > R_a > 20$	Kötü			Renk Ayrımının Önemli Olmadığı Endüstri İşleri

2.11 Ortalama Ömür

İstatistiksel bakımdan değerlendirilebilecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde, normal koşullarda lambaların %50’sinin kullanılamaz hale gelmesi için geçen süredir

2.12 Ekonomik Ömür

Hizmet ömrü, lambanın ekonomik ömrünün basit bir pratik ölçüsüdür. Buradan sistem ışık akısının (yani göreceli ışık akısı ve hala çalışır durumdaki lambaların göreceli oranının ürünü) başlangıç değerinin (100 saat) hala % 80 olduğu çalışma süresi anlaşılır (Tefken, 2010).

3. SPOR ALANLARI VE GENEL AYDINLATMA KRİTERLERİ

3.1 Giriş

Futbol stadyumlarından fitness salonlarına tüm tesisler sosyal ve toplumsal açıdan insanlığın hizmetine sunulan spor, eğlence ve kültürel amaçlı mimari yapılardır. Spor tesisleri, insanoğlunun sosyalleşmesindeki önemi nedeniyle büyük gelişmeler göstermiştir. Ayrıca bu önemi nedeniyle açık veya kapalı tüm spor tesisleri, görsel ve mimari açıdan masraftan kaçınılmayan, giderek mükemmele yaklaşan yapılar haline gelmişlerdir.

Bu büyük tesislerin yapımı kadar çalıştırılması da masraflı olup, tesisin devamlılığının sağlanabilmesi tesisin yeterince kullanılmasına dayanmaktadır. Tesislerin kullanılabilirliğinin arttırılabilmesi için sadece mimari ve sanatsal cazibe yeterli olmayıp, havanın karardığı zamanlarda spor etkinlikleri, zaman ve eğlence aktiviteleri için rahat bir ortam hazırlanması gerekir. İşte bu noktada aydınlatma devreye girer.

Tarihte insanoğlu gün ışığının aydınlattığı saatlerde spor alanlarını kullanmaya mecbur iken, günümüzde gündüz saatlerinde açık veya kapalı spor tesislerinde yer almayı tercih etmemektedir. Spor alanlarının gece müsabakaları için aydınlatılması günümüzde oldukça popüler hale geldiği artan seyirci sayısı ve televizyon reytinglerinden anlaşılmaktadır.

Açık veya kapalı tip spor alanlarında yapılan spor ve eğlence aktivitelerinde, antrenmanlar, maçlar, yarışmalar, etkinlikler esnasında seyircilerin, kullanıcıların ve televizyon yayıncılarının iyi bir aydınlatmaya ihtiyaçları vardır. İyi bir aydınlatma

- Sahanın her alanındaki görüş ihtiyacını karşılayabilmeli,
- Sahada düzgün bir ışık dağılımı sağlamalı,
- Uluslararası federasyonların öngördüğü minimum aydınlatma değerlerini elde etmelidir.

(Yavuz, 2006)

Her bir spor dalı için gerekli minimum aydınlatma kriterleri ilgili federasyonlar tarafından belirlenirken, tamamlayıcı nitelikte aydınlatmanın kalitesini belirleyen **renksel geriverim**, **kamaşma sınır değeri**, **referans alan**, **şart koşulan hesaplanacak nokta sayısı** gibi özellikler için **DIN EN 12193** normundan faydalanılır.

Bu normda her bir spor dalı için aydınlatma ihtiyaçlarının ana hatları ile belirlendiği alana referans bölge, oyunun gerçekleştirileceği işaretli bölgeye esas bölge, esas bölgenin hemen dışında sınır bölgeyle belirlenen alan toplam alan tanımlanmıştır. Genel olarak esas bölge üzerinden tanımlamalar yapılır.

Aynı şekilde aydınlatmada genel sınıflandırılmaya gidilmiş ve Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi üç sınıf olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1 Spor organizasyonlarının aydınlatma seviyelerine göre sınıflandırılması
(DIN EN12193)

Organizasyon Seviyesi	Aydınlatma Seviyesi		
	I	II	III
Uluslararası/Ulusal	○		
Bölgesel	○	○	
Yerel	○	○	○
Antrenman		○	○
Okul ve Serbest Spor			○

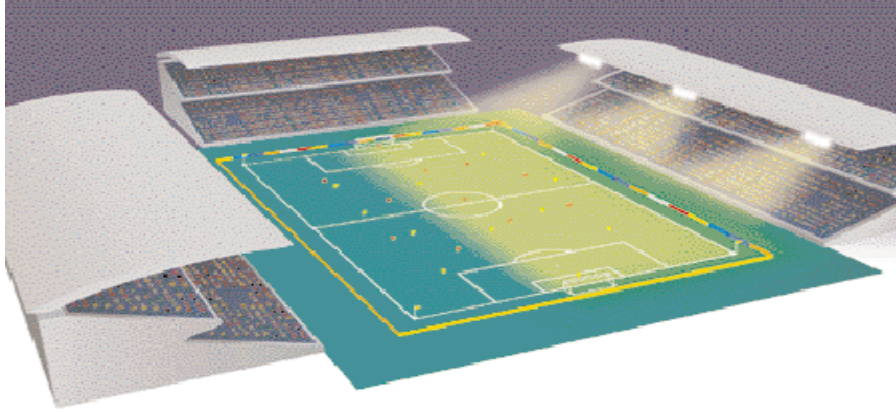
3.2 Spor Alanlarının Aydınlatılmasında Kullanılan Anahtar Terimler

İyi bir spor aydınlatması, sporcular ve seyirciler için optimum görüş imkanı sunmalı, mimariyle aydınlatma sistemini bütünleştirerek tatmin edici bir görsellik yaratmalıdır. Bu sonuçların ortaya çıkmasında etkili olan faktörler aşağıdadır.

3.2.1 Yatay Aydınlik Düzeyi

Spor dalının oynanabilmesi için gerekli olan aydınlık düzeyidir. Oyunun hızı ve oyun nesnesinin küçüklüğü ile artan bir değerdir. Aydınlatma sisteminin ilgili spor dalı için oyunun antrenman modundan televizyon yayını yapılan müsabaka moduna kadar her seviyede etkin kullanım için farklı ayarlarda veya değişik kademelerde istenen aydınlatma düzeyini sağlaması önerilir. “E_y” ile gösterilir. (Philips, 2006)

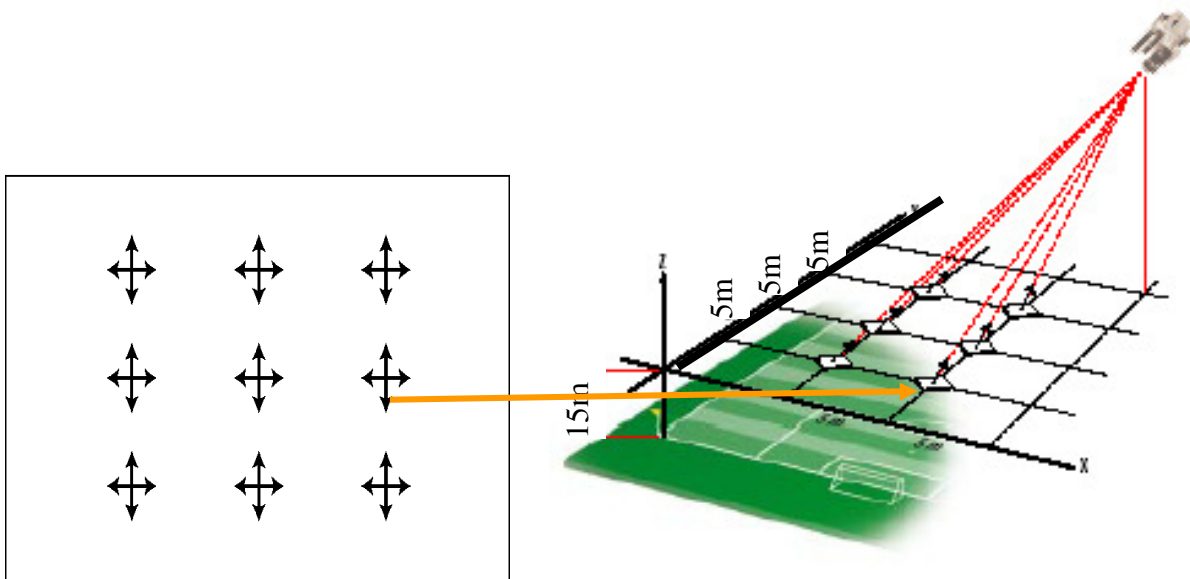
Ortalama yatay aydınlık düzeyi, gerekli göz adaptasyonunu sağlamak ve saha üzerinde oyuncuların ve topun yerinin çabuk ve rahat bir şekilde görülebilmesi esas alınarak belirlenen bir değerdir (Şekil 3.1) (İmal, 2007)



Şekil 3.1 Yatay aydınlık düzeyinin gösterimine ilişkin futbol sahası örneği (Philips, 2002)

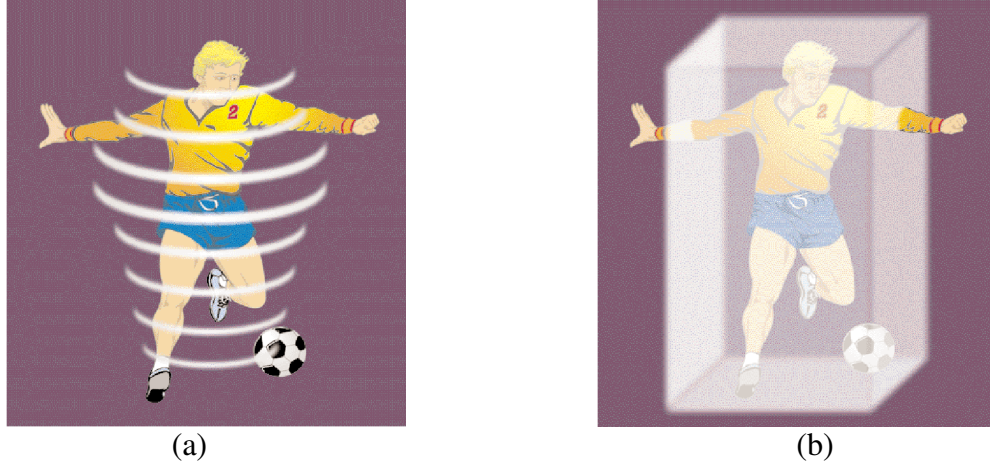
3.2.2 Düşey Aydınlık Düzeyi

Düşey aydınlık düzeyi, düşey planda sınırsız kamera pozisyonları doğrultusunda hesaplanması gereken aydınlatma değeridir. Hesaplamalar kamera pozisyonlarının aktüel açıları kullanılarak yapılır ve oyuncunun dış yüzeyi televizyon kamerası için referans alınır. Televizyon çekimi olan müsabakalarda kameralar aydınlık düzeyinin ideal olması için oyun nesnesinin havada olması durumu da göz önüne alınmalıdır (Şekil 3.2). Zemin kotu ile yukarı kotların aydınlık değerlerinin farklı olacağı muhakkaktır. Farklı bir örnek olarak dalış sporunda dalış noktası ile su yüzeyinin aydınlık seviyelerinin farklı olmasını verebiliriz.



Şekil 3.2 Stadyum içerisinde kamera pozisyonları için düşey aydınlık düzeyleri (Philips, 2002)

Ortalama düşey aydınlık düzeyi ise, kamera doğrultusunda oyuncuların yüzlerinin ve bedenlerinin net bir şekilde görülebilmesi için belirlenen değerdir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Oyuncu çevresindeki a) Işığın b) Düşey aydınlatmanın gösterimi (Philips, 2002)

3.2.3 Aydınlatma Düzeyinin Düzgünlüğü

Aydınlatma düzeyinin düzgünlüğünü kontrol etmek için iki değer alınır. Bunlar U1 ve U2 değerleridir. U1 ($E_{\min}/E_{\max}$), saha üzerinde insanların ve kameranın görsel adaptasyonu sağlayarak, görsel performansa katkıda bulunan bir değerdir ve saha üzerindeki en düşük aydınlık düzeyi değerinin, en yüksek aydınlık düzeyine oranı olarak ifade edilir.

U2 ($E_{\min}/E_{\text{ort}}$), gözün adapte olduğu ortalama değerle saha üzerindeki en karanlık nokta arasındaki farkla ilgili olup, görsel konfora katkıda bulunur. Bu değer, saha üzerindeki en düşük aydınlık düzeyi değerinin, ortalama aydınlık düzeyine oranı olarak ifade edilir.

Düşey aydınlık düzeyinin bir noktadaki düzgünlüğü oyun alanının dört düzlemine işaret eder ve olması istenen değer;

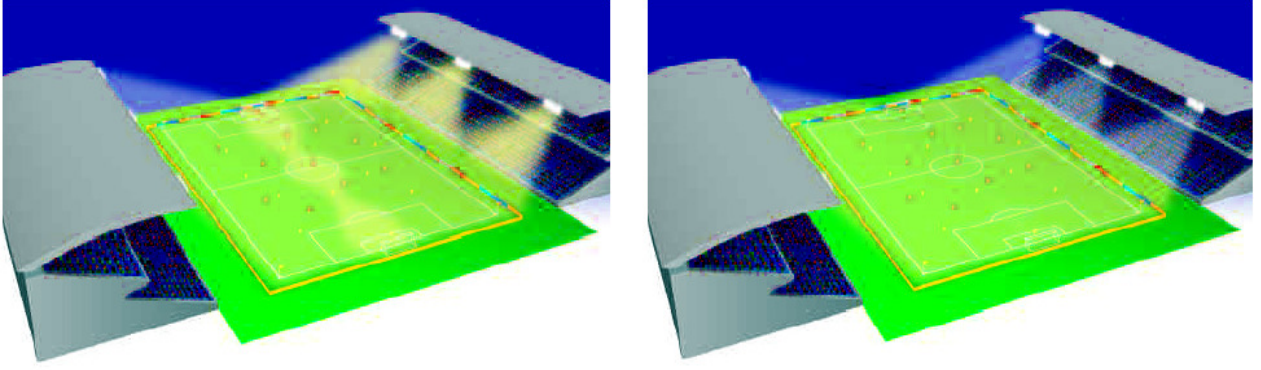
$$\frac{E_{d \min}}{E_{d \max}} \geq 0,3 \quad (3.1)$$

Oyun alanındaki yatay aydınlık düzeyinin düzgünlüğü

$$\frac{E_{y \min}}{E_{y \max}} \geq 0,5 \quad (3.2)$$

şeklinde tanımlanır. Yatay aydınlık düzeyinin zayıf ($\frac{E_{y \min}}{E_{y \max}} < 0,5$) ve iyi ($\frac{E_{y \min}}{E_{y \max}} \geq 0,5$) olduğu

durumlar Şekil 3.4’de ifade edilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.4 Aydınlik düzgünlüğünün a) Zayıf olduğu durum, b) İyi olduğu durum (Philips, 2006)

Yatay aydınlık düzeyinin düzgünlüğünde önemli bir nokta da yatay aydınlık düzeyinde standartlarda belirtilen mesafelerde büyük farklılıkların olmamasıdır. Örnek olarak futbol sahalarını ele alırsak, EN normuna göre futbol sahasının her beş metrede bir yatay aydınlık düzeyindeki değişim %25 den fazla olmamalıdır.

3.2.4 Renk Sıcaklığı

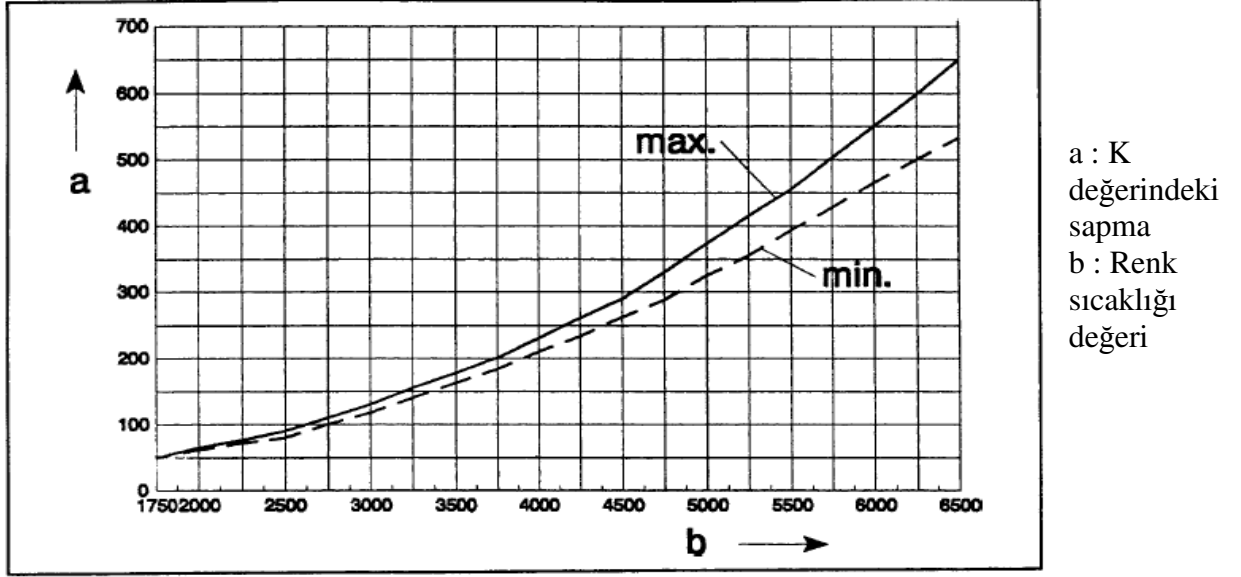
Işık kaynaklarının ürettiği ışık, ışınlardan meydana gelir ve bu ışınlar elektromanyetik dalgalardan oluşur. Farklı dalga boyları ışığın farklı renklerde görünmesini sağlar. Dalga boyunun artmasıyla kaynaktaki ışık rengi soğuktan sığağa göre değişir. Kaynağın renk derecesi Kelvin (K) ile belirlenir, renk derecesi ne kadar yüksekse, renk sıcaklığı o denli soğuk olacaktır (Şekil 3.5). Bunun yanı sıra insan gözünün en rahat olarak algıladığı kaynağın günışığı olduğu araştırmalar sonucu tespit edilmiştir.



Şekil 3.5 Renk sıcaklığının değişimi ile görüş kalitesinin ilişkisi (Philips, 2006)

Açık veya kapalı spor alanlarının aydınlatmasında gün ışığıyla entegre olan durumlarda, yapay aydınlatmanın renk sıcaklığı 4000K ile 6500K arasında olmalıdır. Yapay aydınlatmanın günışığı ile uyum sağlamaması durumunda renk sıcaklığı değeri 3000K ile 6500K aralığına çekilebilir.

DIN EN 12193 normunda aydınlatma uygulaması yapılan alan içinde olması gereken standart renk sıcaklığı, Şekil 3.6'da verilen grafikteki değerin artı eksi limitlerin dışında sapma göstermemelidir.



Şekil 3.6 Renk sıcaklığının aydınlatma alanı içerisindeki tolerans değerleri

3.2.5 Renksel Geriverim

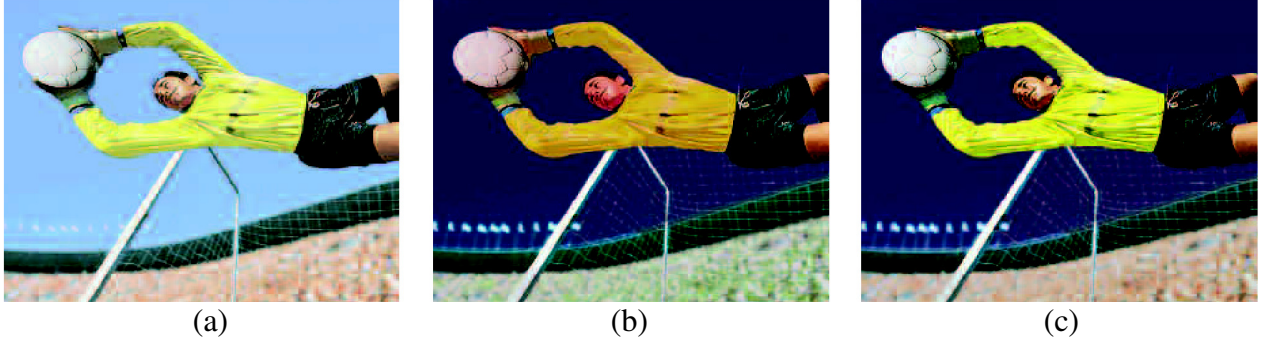
Renksel geriverim, ışık kaynağının aydınlattığı yüzeydeki renklerin doğru algılanmasını sağlama kabiliyetidir. Renksel geriverim indeksi Ra ile gösterilir ve Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi lambaların performansını değerlendirmek için kullanılır. (Philips, 2006)

Çizelge 3.2 Renksel geriverim değerinin değişimi ile renklerin algılanmasındaki değişim

Tanım	Renksel Geriverim Değeri
Renkler Uyumlu	Ra 91- 100
İyi Derecede Renksel Geriverim	Ra 81-90
Orta Derecede Renksel Geriverim	Ra 51-80
Zayıf Derecede Renksel Geriverim	Ra 21-50

$R_a = 100$ değerine sahip bir ışık kaynağı tüm renkleri, referans ışık kaynağı altındaki gibi optimal gösterir (Tefken, 2006).

Spor sahalarında, renklerin doğru olarak algılanması, hem oyuncuların forma renklerinin gerçek renginde görülmesinde hem de renkli televizyon çekiminde çok önemli olduğundan, renksel geriverimi yüksek ışık kaynakları seçmek gerekmektedir (Şekil 3.7). Spor alanlarının aydınlatılmasında EN normu gereği 65-80 aralığındaki renksel geriverim değeri tercih edilir.



Şekil 3.7 a) Gün ışığı ve renklerin doğal görünüşü, b) Renksel geriverimin düşük olduğu aydınlatmadaki görünüş, c) Renksel geriverimin yüksek olduğu aydınlatmadaki görünüş

Yukarıda belirtilen kriterlerden verimliliğin yüksek olması şartına lamba türleri içerisinde deşarj lambaları uyum sağlayabilmektedir. Deşarj lambaları içerisinde ise verimlilikte en üst sıraları sodyum buharlı ve metal halide lambalar paylaşmaktadırlar. Çizelge 3.3’de metal halide ve sodyum buharlı lambaların farklı güç ve tipleri için renksel geri verim değerleri verilmektedir.

Çizelge 3.3 Metal halide ve sodyum buharlı lambaların farklı güç ve tipler için renksel geri verim değerleri

Özellikler	Metal Halide Lambalar				Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar	
	Tüp	Elips	Soket	Çift Uçlu	Tüp	Çift Uçlu
Ampül Gücü (Watt)	70 2.000	70 1.000	35 150	70 2.000	50 1.000	70 400
Işık Akısı (Lümen)	5.200 200.000	5.200 95.000	3.400 12.700	6.100 220.000	4.400 130.000	6.800 48.000
Verim (lümen/watt)	74 100	74 95	87 92	86 108	88 130	97 120
Renksel Geriverim (R_a)	60–93	60–93	80–96	60–96	20–39	20–39

Sodyum buharlı lambalar Çizelge 3.3’de de görüldüğü üzere verimlilikte küçük bir oranda önde olsa, renksel geriverimlerinin aşırı düşük olması nedeniyle, spor alanlarının

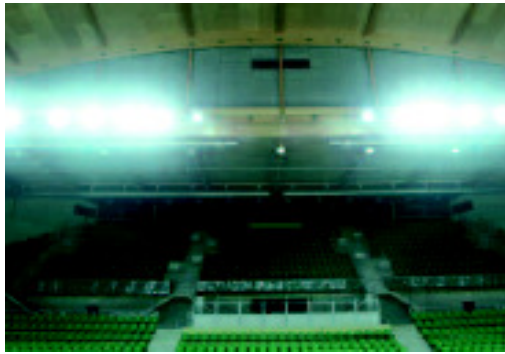
aydınlatmalarında kullanılmaları imkânsızdır. Verimlilikte sodyum buharlı lambalara yaklaşan metal halide lambalar, renksel geri verimlerinin yüksekliği nedeniyle spor alanlarının aydınlatmaları için tercih edilen lamba türüdür (Şekil 3.8).



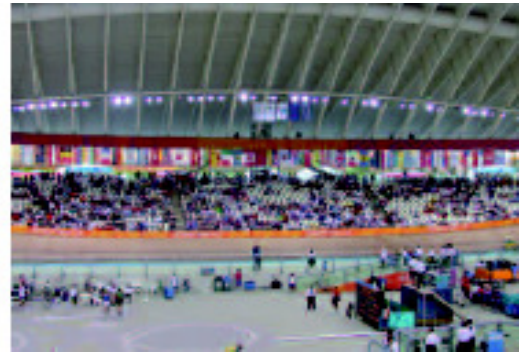
Şekil 3.8 Metal halide ve sodyum ampullü projektörler ile aydınlatması yapılmış Amerikan futbolu sahalarının renksel geriverim açısından farklılığı

3.2.6 Kamaşma

Kamaşma sağlam bir gözün dış etkilerle geçici olarak etrafındaki cisimleri göremez hale gelmesine denir (Şekil 3.9). Eğer gözün görme alanındaki parlaklık çok büyük değerler alırsa göz kamaşır ve buna “Direkt Kamaşma” denir. Kamaştırıcı kaynak gözün görme alanı dışında ise bu tip kamaşmaya da “Endirekt Kamaşma” denir.



(a)



(b)

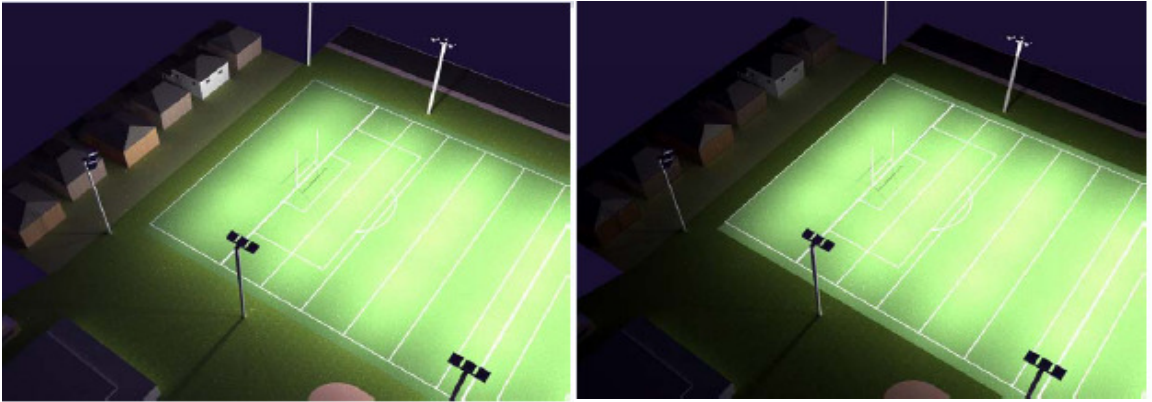
Şekil 3.9 a) Kamaşmaya sebep veren aydınlatma armatürlerinin kullanımı, b) Kamaşma olmayan aydınlatma armatürleri kullanımı

Kamaşma, tartışma yaratan bir konu olup, hesaplanabilen bir değer olmasına rağmen herhangi bir kişi 2kW gücündeki bir armatüre yakın bir noktadan bakarak kamaşma olduğunu iddia edebilir ve

bu nedenle kişilere göre değişen bir değerdir. Aydınlatma tasarımcısı dizaynı yapılan oyun alanındaki her türlü olasılığı ve görüş açısını düşünecek kişidir. Öyle ki armatürlerin yerleşimi, yükseklikleri, açısı kamaşma konusunda dikkat edilmesi gereken noktalardır. Bu şekilde çözüm bulunamadığı takdirde kamaşmayı kaynağından, armatürler üzerinde kontrol edecek şekilde aydınlatma dizaynı iyileştirilmelidir. (Philips, 2006)

İlk hedef televizyon çekimi yapan medya için uygun aydınlatma düzeyini sağlarken, aydınlatma yapılan alanda performans sergileyecek oyuncuların, görevlilerin, seyircilerin ve çevrenin kamaşmaya maruz kalmasını önlemektir. Tüm bunlar göz önüne alındığında;

- Spor tesisinin iç kısmında ve çevresinde oluşan kamaşma değeri belirli bir sınırdan tutulmalıdır. Şekil 3.10'da görüldüğü üzere, gerekli ayarlamalar yapılarak sahanın dışına taşan, hatta çevre evleri rahatsız edici boyuttaki ışık kirliliği sınırlandırılmıştır.
- Oyuncular ve saha görevlileri, aydınlatılan oyun alanında tam kapasitede performanslarını sergileyebilmelidir.
- Seyirciler, aydınlatılan alanda sergilenen oyunu, skor bordu, video gösterimlerini ve sahada gerçekleşen her türlü aktiviteyi kamaşmasız ve görme zorluğu olmaksızın konforlu bir şekilde seyredebilmelidir.
- Medya için ise oyun sırasında yapılan yayında aydınlatma düzgünlüğünün homojen olduğu, koyu gölgelerin oluşmadığı ve görüntü kalitesini etkileyecek düzeyde kamaşmanın olmadığı bir aydınlatma sağlanmalıdır.



Şekil 3.10 Kamaşmanın saha içerisinde ve çevresindeki etkileri (MMM Group, 2009).

Kamaşmayı engellemek için, tasarım aşamasında direk yüksekliği ve armatürlerin açısı uygun seçilmeli, armatür teknolojisindeki gelişmeler paralelinde yarı ekranlı, tam ekranlı vb. armatürler tercih edilmelidir.

3.3 Kapalı Tip Spor Salonları

Spor salonlarının çoğu farklı alanda birçok spor dalına hitap ederken, spor dışında sanatsal etkinliklere de ev sahipliği yaparlar. Salonların bu farklı kullanımları nedeniyle aydınlatma tasarımı bütün bu görsel çeşitliliğe cevap verebilmelidir. Bu yüzden aydınlatma tasarımcısı, dizayn öncesinde salonda yapılacak olan spor dallarını ve olması muhtemel sanatsal etkinlikleri kurgulamalıdır. Tasarımın sonucu, salonda yapılması muhtemel en yüksek aydınlatma seviyesini gerektiren spor dalına cevap verebilmelidir (FGL, 2000).

Tenis, squash vb. özel spor dalları için yapılan üst düzey tesislerde sporcuların performansı ve izleyicilerin görsel konforu için spor dalının gerektirdiği ilave aydınlatmalar yapılabilir. Bu tarz salonların ihtiyaç duyduğu aydınlatma tasarımında **DIN EN 12193** normları esas alınır.

Aydınlatma yalnızca iç ortamı aydınlık yapmak için değil, salonun spor etkinlikleri dışında kullanıldığı zamanlarda da uygun bir atmosferin elde edilebilmesi için de gereklidir.

Spor salonlarında genel olarak aydınlatma elemanları dikdörtgen formunda, oyun alanının kenarlarında dört veya altı farklı noktaya konumlandırılmalıdırlar. Bazı özel spor dallarında örneğin tenis, standart spor dallarından farklı olarak özel çözümler üretilebilir.

Aydınlatma elemanlarının yerleşiminde projektörler, oyuncuların yükselen toplarda yukarıya bakarken ışığın gözlerini kamaştırmaması amacıyla her zaman olabildiğince yükseğe yerleştirilmelidirler. Ayrıca armatürün karakteristik özelliği de kamaşma durumunu, oyuncular ve seyirciler açısından belirleyicidir. Bu durum göz ardı edilmemeli ve gerekirse armatürler ekranlı seçilmeli veya ayarlanabilir seçilmelidir.

Oyun alanında gölgeler belirgin olmamalı, bunun sağlanması için projektör ışınları sahayı kaplamalıdır. Belirgin gölgelerin önüne geçmek için sahanın tamamı tek bir yönden değil birkaç yönden aydınlatılmalıdır.

3.3.1 Çok Amaçlı Spor Salonları

Farklı spor dallarındaki yerel veya uluslararası maçlara ev sahipliği yapabilecek şekilde tasarlanan salonlardır. Salonlarda sabit armatürlerin yanı sıra ilave armatürlerinde eklenmesine

olanak sağlayacak altyapı tesisatı yer almaktadır. Öyle ki, genel aydınlatma sistemi farklı kademelere ayarlanabilmeli ve ilave aydınlatma ile farklı ihtiyaçları karşılayabilmelidir.

3.3.1.1 Basketbol, Hentbol, Voleybol, Fistbol, Dövüş v.b. Salonları

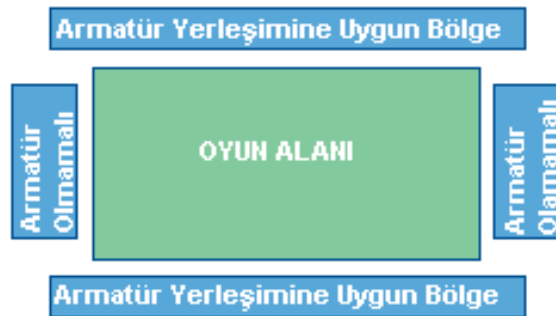
Top ile oynanan sporlar genelde takım sporları olup, hentbol, basketbol, voleybol, fistbol ve en yaygın olanı futboldur. Söz konusu spor dalları, takım sporu olmaları nedeniyle çoğu spor dallarından daha fazla sporcuyu kapsarlar ve genelde ortak salonlarda icra edilirler (Şekil 3.11). Bu yüzden salonlardaki sahanın veya kortun aydınlatması o derece önem kazanır (FGL, 2000).



Şekil 3.11 Basketbol, güreş, dövüş sporları, hentbol çok amaçlı spor salonları

Bu salonlar, farklı spor dallarında kimi zaman yerel bir takımın maçlarına, kimi zamanda uluslararası yarışmalara ev sahipliği yapabilirler. Bu nedenle başlangıçtan itibaren salonda yapılması düşünülen spor dalları ve olası etkinlikler göz önüne alınarak aydınlatma dizaynı tasarlanmalı, çok amaçlı salonların yapısına uygun çok fonksiyonlu aydınlatma sistemi yapılmalıdır.

Salon farklı spor dallarına hitap etse bile aydınlatmada aranan en önemli özellik, armatürlerin yerleşiminden kaynaklanan kamaşmanın olmamasıdır. Şekil 3.12’de verilen yerleşim ile bunun önüne geçilebilir.



Şekil 3.12 Kapalı spor salonlarında uygun armatür yerleşimi

Aydınlatmanın her spor dalı için ayrı bir önemi ve uyulması gereken bazı kriterleri vardır. Voleybolda, topun havada seyrini takip ederken oyuncunun gözlerinin kamaşmasını önlemek için armatürlerin direk oyun alanının üzerine monte edilmemesi gerekir. Aynı şekilde basketbolda da armatürlerin basket potalarından 4m yarıçapında uzağa yerleşimleri yapılmalıdır. Dövüş sporlarında hareketlerin hızlı ve anlık olması yanında sonuçlarının ölümcül olması nedeniyle yatay aydınlık seviyesinin homojen bir yapıda ve iyi bir görüş sağlıyor olması, gücün ve konsantrasyonun önemi büyük olan halter içinde aynı şartların sağlanması gerekir.

Önemli bir noktada çok amaçlı salonlarda kullanılan armatürlerin darbe dayanımlı olması gerekmektedir. Bu dayanım DIN VDE 0710-3 belirtilen, armatüre 3 farklı açıdan maksimum 60 km hızında hentbol topu büyüklüğüne topla yapılan 36 adet atış sonucunda belgelenir.

Çok amaçlı salonlarda, Çizelge 3.4'de DIN EN 12193 normunda verilen spor aydınlatmasına ilişkin değerler genel olarak verilmiştir. Burada verilen değerler genel olup, her spor dalının ilgili ulusal yada uluslararası federasyonu tarafından organizasyon veya şampiyona bazında farklı kriterler aranabilmektedir. Örnek olarak, Türkiye Basketbol Federasyonunun 2006-2007 Basketbol Ligi Sezonunda salonların uygunluk yönergesinde, oyun sahası aydınlatması için televizyon yayını yapılabilecek düzeyde, ancak yerden 1 m yükseklikte ışık gücünün asgari 1,750 lux güçte olması gerektiği belirtilmektedir. Uluslararası Basketbol Federasyonu tarafından 2010 Dünya Basketbol Şampiyonası için hazırlanan gereklilikler kılavuzunda ise final maçına ev sahipliği yapacak salonun aydınlatması için saha zemininden 1,5 m yüksekte istenen değerler; Yatay Aydınlık Düzeyi 1500-3000 lux, E_{min}/E_{ort} aydınlatma düzgünlük değeri 0.7 ve renksel geriverim değeri $R_a=90$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4 Hentbol, basketbol, voleybol, dövüş sporları ve halter için istenen aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim R_a
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	750 lux	0.7	60
II	500 lux	0.7	60
III	200 lux	0.5	20

3.3.1.2 Hokey, Masa Tenisi, Badminton, Eskrim, Boks Spor Salonları

Bu spor dalları ortak salonlarda yapılıyor olmasına rağmen, oyunlarda kullanılan materyallerin farklı olması ve aydınlatmada odaklanması gereken saha boyutları açısından normlarda istenen

aydınlatma kriterlerinde spor dalları arasında farklılıklar görülebilir. Çizelge 3.5’de DIN EN 12193 normuna göre hokey, masa tenisi ve badminton sporları için aydınlatma değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.5 Hokey, masa tenisi, badminton salonları için DIN EN 12193 normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim R_a
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	750 lux	0.7	60
II	500 lux	0.7	60
III	300 lux	0.7	20

Hokeyde küçük ve hızlı hareket eden bir topa oynanırken, bu topun daha küçüğü masa tenisinde kullanılır. Bu topların farklı yönlerde hızlı hareket etmesi nedeniyle aydınlık seviyesinin önemi büyüktür. DIN EN 12193 normunun gereği aydınlatma sınıfı III olan eğlence ve okul sporları düzeyinde dahi aydınlık seviyesi için en az 300 lux değeri aranmaktadır. Şekil 3.13’de çok amaçlı salonlara ait örnekler yer almaktadır.

Masa tenisinde ise yarışmalarda salonda birçok masa kullanılacağından her masa için dört projektör gerekir. Oyuncuların kamaşmadan etkilenmesini önlemek ve masa üzerinde yansımaya engel olmak için projektörlerin montajı yanlamasına yapılır. Ayrıca masa çevresinin 5 m ye kadar olan kısmı da oyuncular için derinlik katması amacıyla aydınlatılmalıdır (Philips, 2006).



Şekil 3.13 Hokey, eskrim, boks, masa tenisi, badminton çok amaçlı spor salonları

Badminton ucu tüylü topla oynanan bir spor dalı olup, rakip oyuncunun savunmada yüksek hızlı bir topa karşılık vereceği sırada yukarı bakarken gözlerinde kamaşma olmaması için aydınlatma armatürlerinin oyun alanının üstüne yerleştirilmemesi gerekir. Badminton ve masa tenisi için önemli bir noktada düşey aydınlık düzeyinin yüksek seviyede olmasıdır. Düşeyde kamufle olmuş bir bölge oyun esnasında yüksekte gelen topların karşılanmasında savunma yapan oyuncu için topun geldiği doğrultuda görme kaybına sebep olabilir (FGL, 2000).

Eskrim de anlık ve hızlı hareketlerin olduğu, rakibinin gövdesine dokunma prensibine dayanan bir spor dalı olup, EN 12193 normu ile düşey aydınlatma seviyesinin yüksek olması gerektiği belirtilmiştir. Çizelge 3.6'da Eskrim Salonları için EN 12193 normu aydınlatma değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.6 Eskrim Salonları için EN 12193 normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Düşey Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim R_a
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	E_{dort}	E_{dmin}/E_{dort}	
I	750 lux	0.7	500 lux	0.7	60
II	500 lux	0.7	300 lux	0.7	60
III	300 lux	0.7	200 lux	0.7	20

Boks sporunda, hareketlerin güçlü ve hızlı olması nedeniyle 500 lux değerinde olan yatay aydınlık düzeyi seviyesinin 2000 lux seviyesine çıkması gerekir. Boksörlerin, hakemlerin ve seyircilerin görüş konforunun sağlanması için EN 12193 normu gereği renksel geriverim değeri yüksek lambalar kullanılması gereklidir. İyi bir renksel geriverim video kaydı ve televizyon yayını için önceden alınması gereken bir önlemdir. Çizelge 3.7'de Boks Salonları için EN 12193 normu aydınlatma değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7 Boks Salonları için EN 12193 normu aydınlatma değerleri

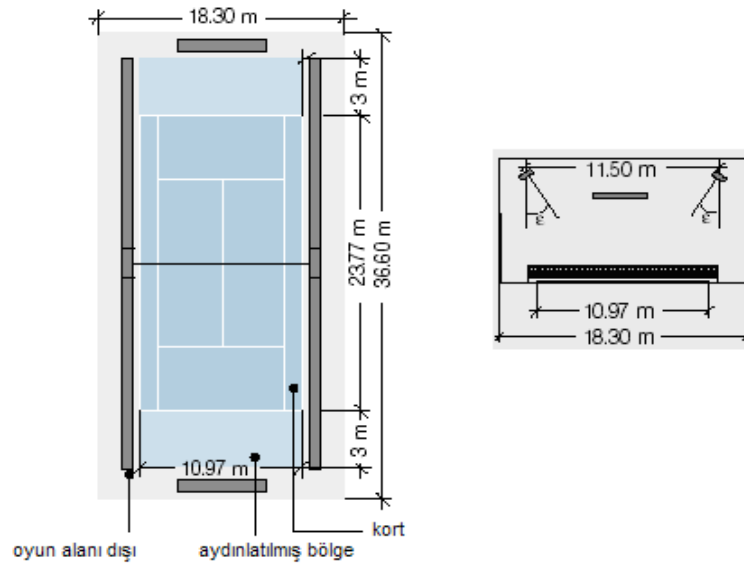
Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Düşey Aydınlatma Düzeyi	Yatay Aydınlatma Düzeyi	Renksel Geriverim R_a
	Ring		Ring	Antrenman Sahası	
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	E_{dort}	E_{yort}	
I	2000 lux	0.8	Yatay aydınlık düzeyi seviyesinin en az yarısı	300	80
II	1000 lux	0.8		300	80
III	500 lux	0.5		300	60

3.3.2 Özel Spor Salonları

İyi bir genel aydınlatma tek başına tüm ihtiyaçları karşılayamaz, tenis, bisiklet gibi belirli spor dalları için inşa edilen özel amaçlı spor salonlarında aydınlatma sisteminde ilavelerin ve farklı kriterlerin uygulanması gerekir.

3.3.2.1 Tenis, Squash, Bisiklet ve Binicilik Salonları

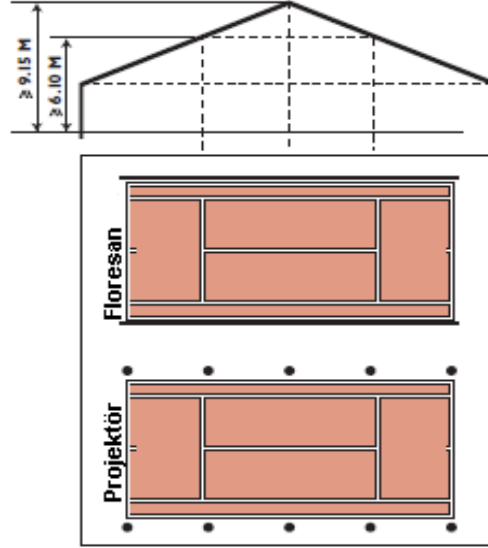
Tenis yüksek hızlı bir spor olması nedeniyle oyuncuların görüş keskinliğine dayanır. Bu nedenle tenis salonlarında aydınlatma sistemi, en az gölge ve kamaşmayı sağlamalı, top ile arka plan arasında belirgin kontrastı korumaya yardımcı olmalıdır. Ayrıca Şekil 3.14’de gösterilen tenis kortu üzerinde kenar çizgilerin birkaç metre yanı ile oyun alanı arasında yatay aydınlık düzeyinde oyuncuların o bölgelerde yoğun olarak bulunması nedeniyle belirgin farkların olmaması istenir (FGL, 2000).



Şekil 3.14 Tenis kortlarında kamaşmanın önlenmesi için önerilen armatür yerleşimi

Tenis salonlarında oyuncuların yüksekte gelen toplara karşı yukarı baktıklarında gözlerini kamaşmadan korumak amacıyla armatürler oyun alanının tam üstüne denk gelecek şekilde tavana yerleştirilmemelidirler. Şekil 3.14’de gösterilen saha arka çizgisinden itibaren 3m lik kısımda, oyuncuların servis atışı esnasında yukarı bakmaları nedeniyle armatür montajı yapılmamalıdır.

Geleneksel çözüm Şekil 3.15’de gösterildiği gibi projektör veya flüoresan ampullü armatürlerle yapılan çözümler için kenar çizgilere paralel yerleşim yapılmasıdır (FGL, 2000).



3.15 Tenis kortlarında projektör veya flüoresan ampullü armatürlerle yapılan çözüm

Armatürler tenis ağının olduğu doğrultuda saha yüzeyinden 9,144 m minimum yükseklikte ve taban çizgilerinin geçtiği bölgede ise 6,096 m minimum yükseklikte yerleştirilmelidir. Armatürler oyuncuların görüş alanında kalmamalı ve pencere konumları da hesaba katılarak armatür yerleşimi yapılmalıdır (Philips, 2006).

Tenis ve squash salonlarında kullanılan armatürler darbe dayanımlı armatürler olmalıdır. Tenis için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.8’de yer almaktadır.

Çizelge 3.8 Tenis için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	750 lux	0.7	60
II	500 lux	0.7	60
III	300 lux	0.5	20

Squash salonlarının (Şekil 3.16) aydınlatmasında en önemli nokta aydınlatma düzgünlüğüdür. Squash topu saatte 200 km hızlara ulaşır, farklı yörüngelerde hareket eder. Oyuncular topla birlikte rakibinin hareketlerini de aynı şekilde takip etmelidir.



Şekil 3.16 Squash salonu

Etkili bir çözüm Şekil 3.16’da görüldüğü gibi, ön duvara paralel bir sıra armatür yerleşimi, yan duvarlara paralel bir sıra armatür yerleşimi ile çözülebilir. Ön duvarda armatürleri, oyuncuları kamaşmadan koruma amaçlı duvara karşı asimetrik açılı olarak yerleştirilir.

Ayrıca yansıyan parlamalardan kaçınmak için armatürler duvarlardan en az bir metre içeride konumlandırılır. Squash için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.9’da yer almaktadır.

Çizelge 3.9 Squash için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renkssel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	750 lux	0.7	60
II	500 lux	0.7	60
III	200 lux	0.7	20

Engelli atlama ve at gösterileri gibi binicilik sporlarının yapıldığı salonlarda (Şekil 3.17), seyircilerden çok atların görüş konforunun sağlanması gerekir. Atların alacakaranlık görüş özelliği ileri derecede gelişmiş olup, atların gözleri aydınlatmadaki değişimlere karşı insanlardan daha fazla hassastırlar. Atların gösteri ve yarışlarda, karışıklıkları ve ani hastalanmalarını önlemek için aydınlatma düzeyinde olası dalgalanmaların önüne geçilmelidir.



Şekil 3.17 Binicilik spor salonuna örnek

Kapalı tip salonlarda toz ve yüksek nem olması nedeniyle, aydınlatma tasarımında IP koruma sınıfı yüksek olan armatürler düşünülmelidir. Binicilik sporları için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.10’da yer almaktadır.

Çizelge 3.10 Binicilik sporları için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Düşey Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	E_{dort}	E_{dmin}/E_{dort}	
I	500 lux	0.7	500 lux	0.7	60
II	300 lux	0.6	300 lux	0.6	60
III	200 lux	0.5	200 lux	0.5	20

Bisiklet parkurunda sürücüler, oyun gereği yavaş gidemezler ve önde giden sürücünün hava akımından daha çok faydalanabilmek için öndeki sporcuyu yakın takip etmek zorundadırlar. Yüksek hızda ve yakın takip etmeleri sonucunda olabilecek yaralanmaları ve kazaların önlenmesi diğer spor dallarında olduğu gibi bisiklet sporunda da iyi bir aydınlatma ihtiyacını doğurur.

Salonun aydınlatmasında sadece bisiklet parkuru için Çizelge 3.11’de belirtilen değerlerin sağlanması gerekir. Diğer dallardaki salon aydınlatmasında istenen aydınlatma kriterlerine ilave olarak parkur sonunda önem arz eden foto-finish kısmında düşey aydınlık seviyesi için 1000 lux değeri aranmaktadır.

Çizelge 3.11 Bisiklet için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

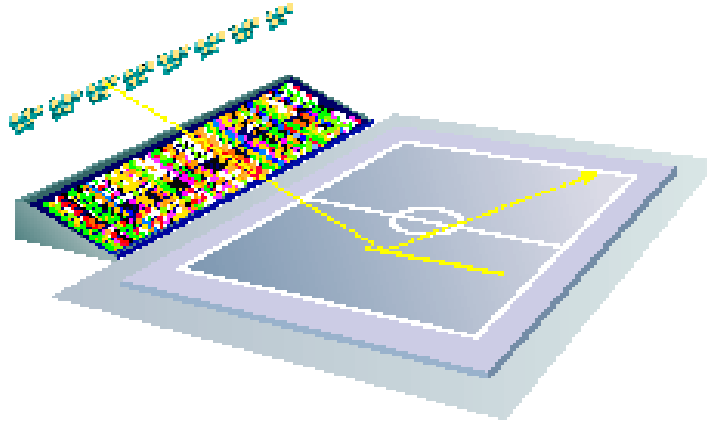
Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	750 lux	0.7	60
II	500 lux	0.7	60
III	200 lux	0.5	20

Kapalı buz pistleri her zaman sporcular için kullanılabilir durumdadır ve çoğu pist buz hokeyi, artistik buz pateni, sürat pateni ve körling gibi farklı paten sporlarının hepsi için kullanılabilir. Farklı sporlara hitap etmesi nedeniyle aydınlatmanın da tüm spor dallarını karşılayacak şekilde dizayn edilmesi gerekir. Genelde en çok talep edilen sporun ihtiyaçları karşılanır ve bu eğlence amaçlı buz patenidir. Buz hokeyi, artistik buz pateni pistleri için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.12’da yer almaktadır.

Çizelge 3.12 Buz hokeyi, artistik buz pateni pistleri için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{hmin}/E_{yort}	
I	750 lux	0.7	60
II	500 lux	0.7	60
III	300 lux	0.7	20

Bu tip salonların tavanında armatürler düzenli olarak konumlandırılmalı, ayrıca buz hokeyi kale ve çevresinde aydınlatma seviyesini yükseltmek için armatürler yakın aralıklarla dizilmeli veya daha güçlü ampuller ile donatılmalıdır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Buz hokeyi salonu

Buz hokeyinde kullanılan diskin küçüklüğü ve hızı nedeniyle seyirciler tarafından takip edilmesi her zaman kolay değildir. Diskin algılanabilmesi için arka plan aydınlatmasının yükseltilmesi ve daha iyi kontrast koşullarını sağlanması gerekir, ayrıca tribün dahil saha çevresi aydınlık olmalıdır.

Buz hokeyinde sahanın buz olması ve buzun ayna gibi davranması nedeniyle aydınlatma armatürlerinin yerleşiminde oyuncuların kamaşmadan etkilenmesini önlemek amacıyla Şekil 3.18’de gösterildiği armatürlerin sahaya dik olmayacak şekilde açılı olarak yerleştirilmesi önerilir (Philips, 2006).



Şekil 3.19 Buz hokeyi salonunda hedef bölgesi

Körling sporu mesafeleri ölçme yeteneğidir ve pist yüzeyindeki görsel koşulların iyi olması oyuncular için iyi bir görüş açısı sağlar. DIN EN 12193 normu tüm aydınlatma sınıflarında yatay aydınlatma düzeyi için 200 lux değerini, Şekil 3.19’da gösterilen hedef bölgesinde de 100 lux fazlasını istemektedir. Oyuncuların kullandıkları taşın yolunu rahat takip edebilmeleri için kulvar genelindeki aydınlatma düzgünlüğünün önemi büyüktür. Körling salonları için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.13’da yer almaktadır.

Çizelge 3.13 Körling salonları için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

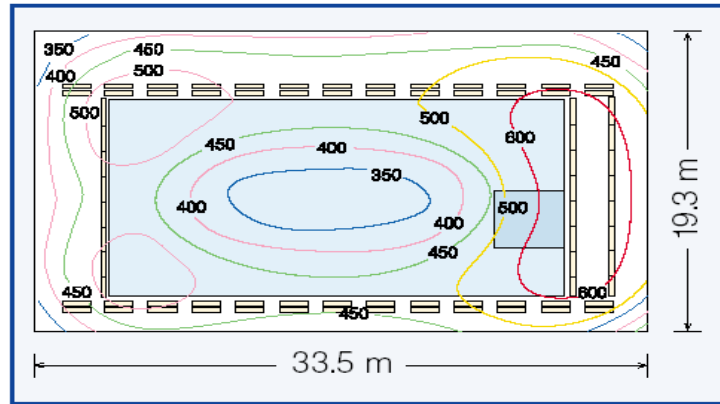
Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi (Hedef Bölgesi)		Yatay Aydınlatma Düzeyi (Oyun Alanı Genel)		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	E_{yort}	E_{hmin}/E_{yort}	
I	300 lux	0.7	200 lux	0.7	60
II	300 lux	0.7	200 lux	0.7	60
III	300 lux	0.7	200 lux	0.7	60

Bowling ve atıcılıkta katılımcılar hedef doğrultusunda tek yöne bakarlar ve skorların iyi olmasında aydınlık seviyesinin yüksek olması önemlidir. Normlar gereği üç spor dalı içinde yatayda aydınlık düzeyi için tüm aydınlatma sınıflarında 200 lux olarak önerilmiş, düşey aydınlık seviyesi ise bowling için tüm aydınlatma sınıflarında 500 lux, atıcılık ve okçuluk sporları için 25m mesafeli atışlar için 1000 lux, 50m mesafe atışlarında da 2000 lux olması önerilmiştir. Atıcılık, okçuluk ve bowling salonları için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.14’da yer almaktadır.

Çizelge 3.14 Atıcılık, okçuluk ve bowling için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma		Düşey Aydınlatma Düzeyi				Renksel Geriverim Ra
	Düzeyi Kulvar		Pins	Hedef	Hedef	Pins/Hedef	
	E_{ort}	E_{min}/E_{ort}	E_{ort}	E_{ort} (25m)	E_{ort} (50m)	E_{min}/E_{ort}	
I	200 lux	0.5	500 lux	1000 lux	2000 lux	0.8	60
II	200 lux	0.5	500 lux	1000 lux	2000 lux	0.8	60
III	200 lux	0.5	500 lux	1000 lux	2000 lux	0.8	60

Havuzlar yüzme, su topu, dalma gibi farklı spor dallarına ev sahipliği yaparlar. Farklı spor dallarına rağmen genel kriter havuz dışında seyirciler için iyi derecede görüş konforu sağlandı ise atletler için de sağlanmış olur (Şekil 3.20).

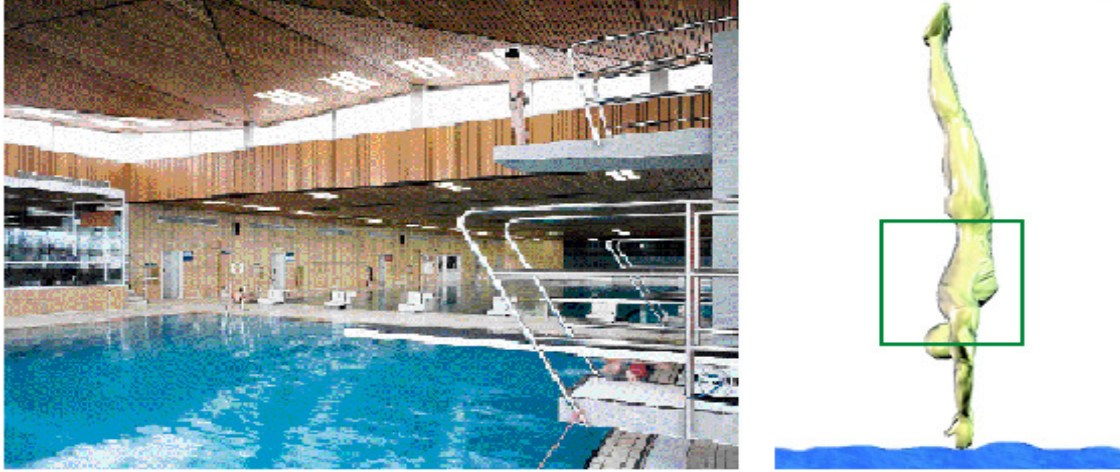


Şekil 3.20 Havuz aydınlatmasında armatür yerleşimi ve yatay aydınlık düzeyi

Havuz aydınlatmasında yüzeyin su olması ışığın direk olarak yansımaya neden olur, bunu önlemek için armatür yerleşimi havuz çevresine yapılır. Bu durumda asimetrik açılı armatürlerin kullanılarak yansımaların azalmasına da yardımcı olunur.

Farklı spor dallarında farklı aydınlatma gereksinimleri ortaya çıkar. Senkronize yüzmede havuz içi aydınlatma kamaşmayı engellemek için gerekli iken yüzme ve su topunda su altı aydınlatmalar kapatılır.

Dalışta da ilave aydınlatmaya ihtiyaç vardır ve düşey aydınlatma önem kazanır. Hakemlerin dalgıcın performansını doğru değerlendirebilmesi için atlama noktası ile dalış noktası çevresinde düşey aydınlık düzeyinin yüksek olması gerekir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Dalgıcın suya girdiği noktadaki düşey aydınlık düzeyi

Havuz aydınlatmalarında armatür seçimi yapılırken, havanın klorlu, nemli ve hatta tuzlu olması durumu hesaba katılmalıdır. Bu nedenle armatürlerin IP koruma sınıfları yüksek seçilmeli, bağlantı elemanları güvenlik amaçlı olarak korozyona dayanıklı paslanmaz malzemeden yapılmış armatürler tercih edilmelidir. Yüzme, su topu, senkronize yüzme ve dalış spor salonları için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.15’de yer almaktadır.

Çizelge 3.15 Yüzme, su topu, senkronize yüzme ve dalış spor salonları için
DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Dalış Sportu Atlama Noktası Ek Aydınlatma	Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	E_y/E_d	
I	500 lux	0.7	0.8	60
II	300 lux	0.7	0.5	60
III	200 lux	0.5	0.5	20

3.4 Açık Spor Alanları

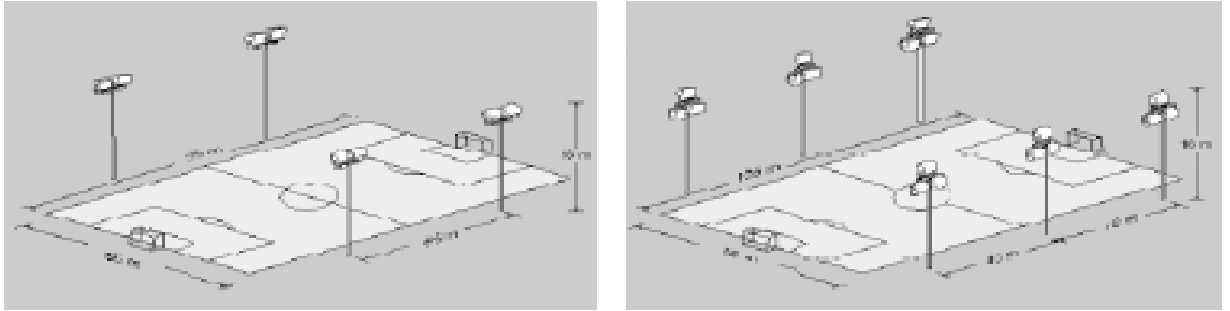
Açık spor alanlarının çoğu asgari futbol ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanır, bunun sonucunda alanlarda, 105x68 m saha ölçüsü standart hale getirilmiştir. Futbol, Amerikan futbolu, hokey, beysbol sporları için saha ebatları değişse bile aydınlatma ihtiyaçları futbol ile aynıdır.

Açık spor alanlarında oyuncuların görüş mesafeleri 100 m ye yakın değerlere ulaşır, oyuncuların rahat görebilmesi için antrenman ve eğlence amaçlı futbol, Amerikan futbolu için gerekli yatay aydınlık seviyesi DIN EN 12193 normu ile 75 lux olarak öngörülmektedir. Ayrıca futbol ve Amerikan futbolu için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.16’da yer almaktadır.

Çizelge 3.16 Futbol ve Amerikan futbolu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	500 lux	0.7	60
II	200 lux	0.6	60
III	75 lux	0.5	20

Seyircili ve turnuva amaçlı oynanan maçlarda aydınlatma ihtiyacı oyunculara oranla seyircilerin görsel konforunun sağlanması, sahadaki oyun çizgilerinin ve hareketlerin daha iyi algılanabilmesi için gerekli aydınlatma seviyelerinde artış yapılması gerekir (Şekil 3.22).



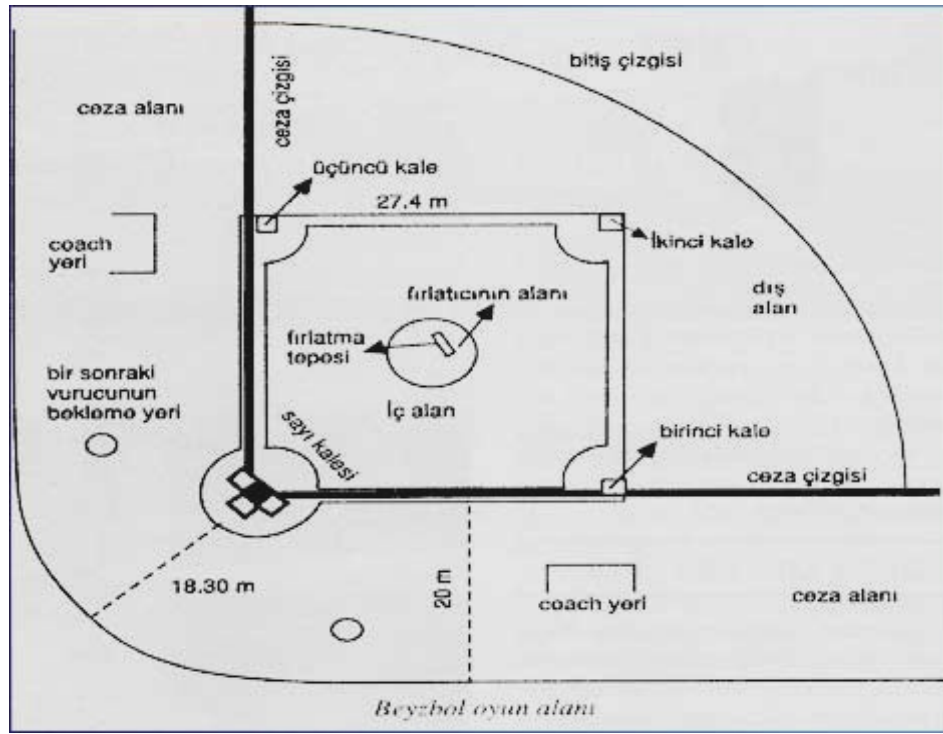
Şekil 3.22 Antrenman ve turnuva modları için aydınlatma düzeni

Beysbol ve hokey sporları, oynanan topun küçüklükleri nedeniyle benzerlikler gösteren iki spor dalı olup, görsel açıdan yüksek aydınlık seviyesine ihtiyaç duyarlar. Topun hızlı ve küçük olması nedeniyle oyuncuların doğru hamleler yapmasında aydınlatmada düzgünlüğün önemi fazladır ve istenen değer en az 0.7 dir. Ayrıca hokey sporu için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.17’da yer almaktadır.

Çizelge 3.17 Hokey sporu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	500 lux	0.7	60
II	200 lux	0.7	60
III	200 lux	0.7	20

Beysbolda DIN EN 12193 normu standartları sahayı iç ve dış olarak ayırır. Oyunda en çok hareketliliğin olduğu alan iç bölgedir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Standart beysbol saha ölçüleri ve alanları

Bir beysbol alanı için en iyi aydınlatma, topun 130 km/saate varan hızlara ulaşması nedeniyle yüksek aydınlık seviyesinden ziyade yüksek aydınlık seviyesi düzgünlüğü ve kamaşmaya sebebiyet vermeyen bir ışık dağılımının olmasıdır. Ayrıca aydınlatma direklerinin konumu da sayı kalesinde bulunan vurucunun gözlerinde kamaşmaya sebebiyet vermemesi açısından tasarım aşamasında göz önüne alınmalı ve projektör ışığının vurucuya direk etkilemeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Beysbol sporu için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.18’de yer almaktadır.

Çizelge 3.18 Beysbol sporu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi (Meydan/ İç Saha)		Yatay Aydınlatma Düzeyi (Saha/Dış Saha)		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	750 lux	0.7	500 lux	0.5	60
II	500 lux	0.7	300 lux	0.5	60
III	300 lux	0.5	200 lux	0.3	20

Spor alanlarını çevreleyen atletizm faaliyetlerine hizmet eden pistlerin (Şekil 3.24) aydınlatması için mevcut aydınlatma sistemlerinin uygun şekilde ayarlanması gerekir. Genel olarak altı direkli sistem yapısı ile çözüm geliştirilebilir, ama projektör sayısında ve projektör güçlerinde artışa gidilmesi kaçınılmazdır. Ayrıca her bir spor dalı için kamaşma faktörü hesaba katılmalıdır. Örneğin; koşuda başlama noktasına yönelik olarak herhangi bir direk konumlandırılmamalı ve projektörler koşuya çıkış doğrultusunda yönlendirilmemelidir.



Şekil 3.24 Futbol sahası ve atletizm pistinin ortak çözümü (Letzigrund Stadium – Zürich)

Dikkat edilmesi gereken diğer bir hususta; koşu sporunda bitiş noktalarında hakemlerin sıralamayı doğru, foto-finish kameraların kaliteli bir çekim yapabilmesi için düşey aydınlık seviyesinin 1.000 lux olması gerekmektedir. Atletizm sporu için gerekli olan DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri Çizelge 3.19’da yer almaktadır.

Çizelge 3.19 Atletizm sporu için DIN EN 12193 Normu aydınlatma değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Yatay Aydınlatma Düzeyi		Renksel Geriverim Ra
	E_{yort}	E_{ymin}/E_{yort}	
I	500 lux	0.7	60
II	200 lux	0.5	60
III	100 lux	0.5	20

Açık ve ortak spor dallarına hitap eden tesislerde unutulmaması gereken bir nokta da ışık kirliliğinden kaçınmaktır. Tesis yakınındaki yerleşimleri rahatsız etmemek için ışık kirliliği tasarım aşamasında hesaba katılmalı, uygun direk yüksekliği ile uygun tipte ve açıda armatür seçimi ile bu değerler minimize edilmelidir.

4.SPOR ALANLARINDA KULLANILAN ARMATÜRLER

4.1 Giriş

Spor alanları aydınlatmalarını yönlendiren birincil etmen; 1980'li yıllara kadar seyirciler, bundan sonra ise medya talepleri olmuştur. Ekonomikliği nedeniyle tercih edilen cıva buharlı, sodyum buharlı yada düşük kaliteli metal buharlı projektörler, zaman içerisinde yerini yüksek kaliteli metal halide projektörlere bırakmıştır (Çizelge 4.1).

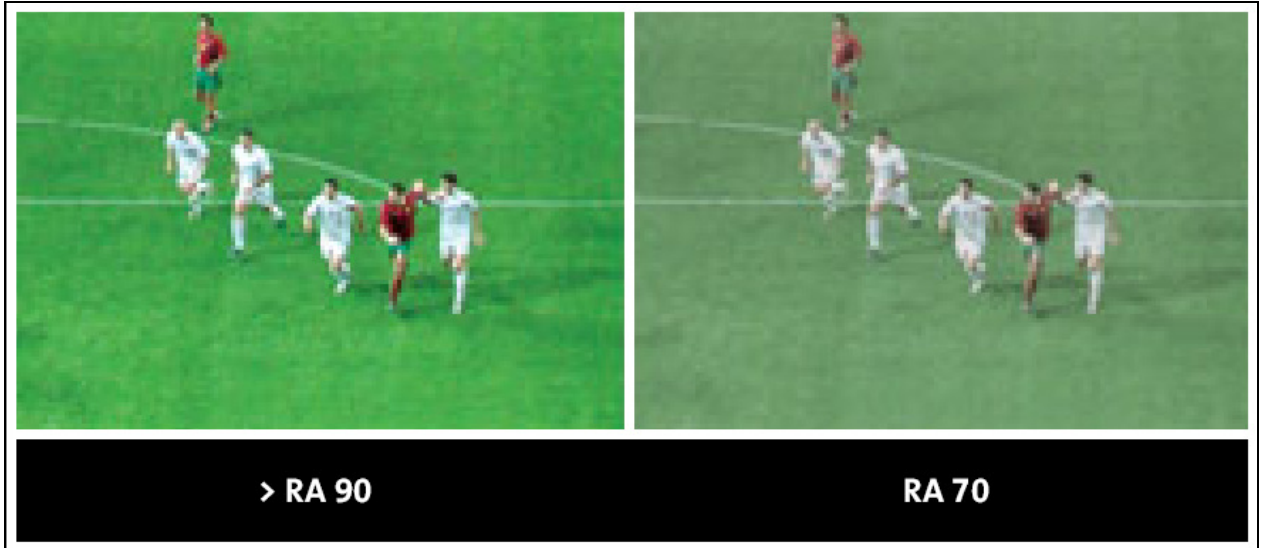
Çizelge 4.1 Farklı ampul tiplerinin güç, renksel geriverim, renk sıcaklığı, ışık akısı ve verim yönünden karşılaştırılması (Philips kataloğundan faydalanılarak)

Ampul Tipi	Ampul Gücü	Renksel Geriverim (Ra)	Renk Sıcaklığı (K)	Ampul Işık Akısı (lm)	Verim (lm/W)
YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI	250W	45	4100	12700	51
	400W	45	3900	22000	55
	700W	45	3900	38500	55
	1000W	36	3900	58500	59
YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI	250W	25	2000	28000	112
	400W	25	2000	48000	120
	1000W	25	2000	130000	130
METAL HALİDE	250W	65	4500	20500	84
	400W	65	4500	35000	89
	1000W	80	4200	100000	96.2
	1000W	90	5600	90000	86.5
	1800W	85	5600	170000	95
	1800W	90	5600	155000	86
	2000W	80	4200	220000	108
	2000W	90	5600	190000	93

Çizelge 4.1'den de anlaşılacağı üzere, projektör kalitesinin yüksekliği sadece ışık akısının fazlalığından değil, renksel geri veriminin yüksekliğinden de kaynaklanmaktadır.

1990'lı yılları takiben yüksek çözünürlüklü HDTV televizyon yayıncılığının giderek önem kazanması sebebiyle, kameralar spor alanlarında daha sık ve daha çok sayıda yer almaya başlamışlardır. Daha önceki yıllarda sodyum, cıva veya düşük kaliteli metal buharlı projektörler ile gerçekleştirilen düşük renksel geri verimli alan aydınlatmaları, bu dönemde hızla iyileştirilmiş ve günümüzde de iyileştirilmeye devam edilmektedir. Gerek cıva, gerekse sodyum buharlı lambaların, stadyum aydınlatmasında kullanılmasının getirdiği temel eksiklik, renk kalitelerinin düşük olmalarıdır. Cıva buharlı lambalarda kırmızı v.b. tonlarda renk yetersizliği mevcut iken, sodyum buharlı lambalarda mavi v.b. tonlarda renk yetersizliği mevcuttur (İmal,2007).

Renksel geriverim değerleri ise yaklaşık olarak cıva ve düşük kaliteli metal buharlı lambalar için % 50, sodyum buharlı lambalar için % 30 oranlarındadır. Bu sebeple bu lambaların aydınlattığı stadyumda; hem seyirciler, hem de kameralar sahadaki oyuncuları gerçekte olduğundan farklı renk tonunda görürler (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Renksel geriverim değerine göre görüntüdeki farklılık (Siteco, 2007)

Şekil 4.1 de görüldüğü üzere renksel geriverim değeri 70 olan ampuller kullanılarak aydınlatması yapılmış sahada yapılan çekimlere ait görüntü ile RA değeri 90 olan ampuller kullanılarak iyileştirildiği durumda yapılan çekimlere ait görüntü arasındaki kalite farkı ortadadır (İmal, 2007).

4.2 Armatürler ve Teknik Özellikleri

Aydınlatma armatürleri, içlerindeki ışık kaynağından çıkan ışığı amaca en uygun biçimde ve düzende dağıtan, yönlendiren, aynı zamanda ışık kaynağını ve kaynak için gerekli yardımcı elektriksel elemanları (duy, balast, ateşleyici, kondansatör vb.) dış etkilerden koruyan çeşitli montaj şekillerine sahip elemanlardır (Özkaya,1990).

Armatürler;

- Işık kaynağının ürettiği ışığı sahaya uygun şekilde dağıtacak,
- Kamaşma meydana getirmeyecek,
- Düzenli bakılmak koşuluyla özelliklerini uzun süre koruyacak şekilde imal edilmelidir.

Bütün bu özellikleri bir arada taşıyan armatüre *uygun armatür* veya *etkin aydınlatma armatürü* denilir. Fakat her etkin veya etkinliği çok yüksek olan aydınlatma armatürü uygun armatür olmayabilir, bunun terside doğrudur. Bu yüzden armatürleri kullanım yeri ve amacına uygun olarak seçmek ve buna uygun fotometrik özellikleri taşıyan armatürleri kullanmak enerji tasarrufu bakımından oldukça önemlidir. Aydınlatma armatürlerinde en önemli kısımları ışığı yansıtıcı ve dağıtıcı elemanlar oluştururlar. Bütün aydınlatma armatürlerinde olduğu gibi ışığı yansıtmak ve uygun bir şekilde dağıtmak için kullanılan elemanların yapıldıkları malzemelerin, armatürün içindeki ışık kaynağı tarafından üretilen ışığı armatürden dışarıya en verimli şekilde yayabilecek özellikte olmaları gerekir.

Armatür verimi, bir aydınlatma armatüründen çıkan ışık akısının armatürün içindeki ışık kaynağının ürettiği ışık akısına oranı olarak tanımlanır.

4.2.1 Armatürlere Ait Fotometrik Ölçümler

Fotometrik ölçüm sonuçları, basit olarak bir ışıklığın hangi yöne ne kadar ışık akısı gönderdiğinin grafiksel olarak görülmesi için kullanılır. Bu, bir aydınlatma projesinin planlanması aşamasında kullanılacak armatürlerin genel seçiminde grafiksel saptama olanağı tanıyarak, kolaylıklar getirir.

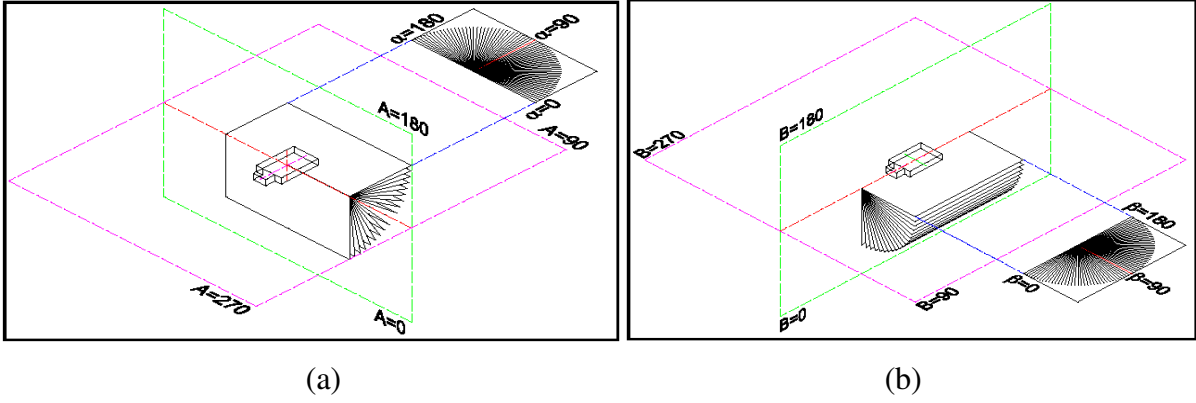
4.2.1.1 Polar Işık Dağılım Eğrisi

Işık kaynağının bulunduğu yerden, olabilecek tüm doğrultularda, hangi doğrultuya ne kadar ışık akısı gönderdiğini belirler. Bunun için kullanılan birim cd/klm (kandela / kilolümen) dir.

Işık şiddeti eğrisi, ışık yoğunluğunun yanı sıra geniş, dar, dolaylı, doğrudan vb. armatürün dağıtım türüne ilişkin görsel bir kılavuz sağlar.

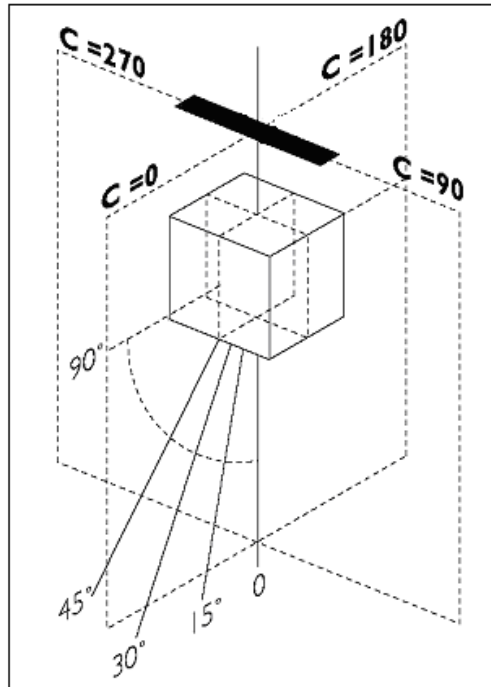
Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'na (CIE) göre armatürlerin ışık dağılım eğrileri A, B ve C olmak üzere üç farklı düzlem için verilebilir

Armatürün enine yatay eksen, dönme eksenini olarak alınırsa etrafındaki düzlemler A düzlemleridir. Işık dağılım eğrileri bu düzlemler içinde dönme eksenini ile α açıları yapan ışık şiddeti vektörleri ile verilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Işık dağılım eğrileri için kullanılan armatür düzlemleri a) Armatür A düzlemi, b) Armatür B düzlemi

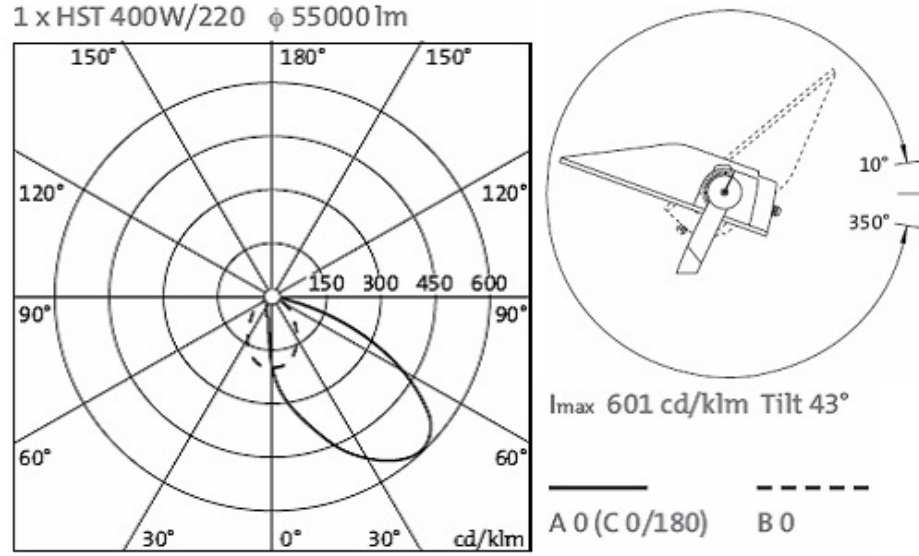
Armatürün boyuna yatay eksenini aynı zamanda dönme eksenini olarak alınırsa, dönme eksenini etrafındaki düzlemler B düzlemleridir. Işık dağılım eğrileri bu düzlemlerde dönme eksenini ile β açıları yapan ışık şiddetlerinin uç noktalarının geometrik yeridir (Şekil 4.2)



Şekil 4.3 Armatürler için kullanılan C düzleminin gösterimi

Işık dağılım eğrisi için armatürün düşey eksenini dönme eksenini olarak alınır ve dönme eksenini etrafındaki düzlemler C düzlemi olarak adlandırılır. Bu düzlemlerde dönme eksenini ile γ açıları yapan ışık şiddetlerinin uç noktalarının birleşmesi ile ışık dağılım eğrisi oluşur. (Şekil 4.3)

Işık dağılım eğrileri, tasarımcılar için armatür seçiminde ve aydınlatma hesabında yardımcı olurlar. Şekil 4.4’ te verilen ışık dağılım eğrisinden de görüldüğü üzere, armatürün (Siteco A2 Midi 400W) hangi düzlemde ve kaç derece açıyla ışığı yaydığı, maksimum hangi değere ulaştığı kolayca görülebilmektedir.



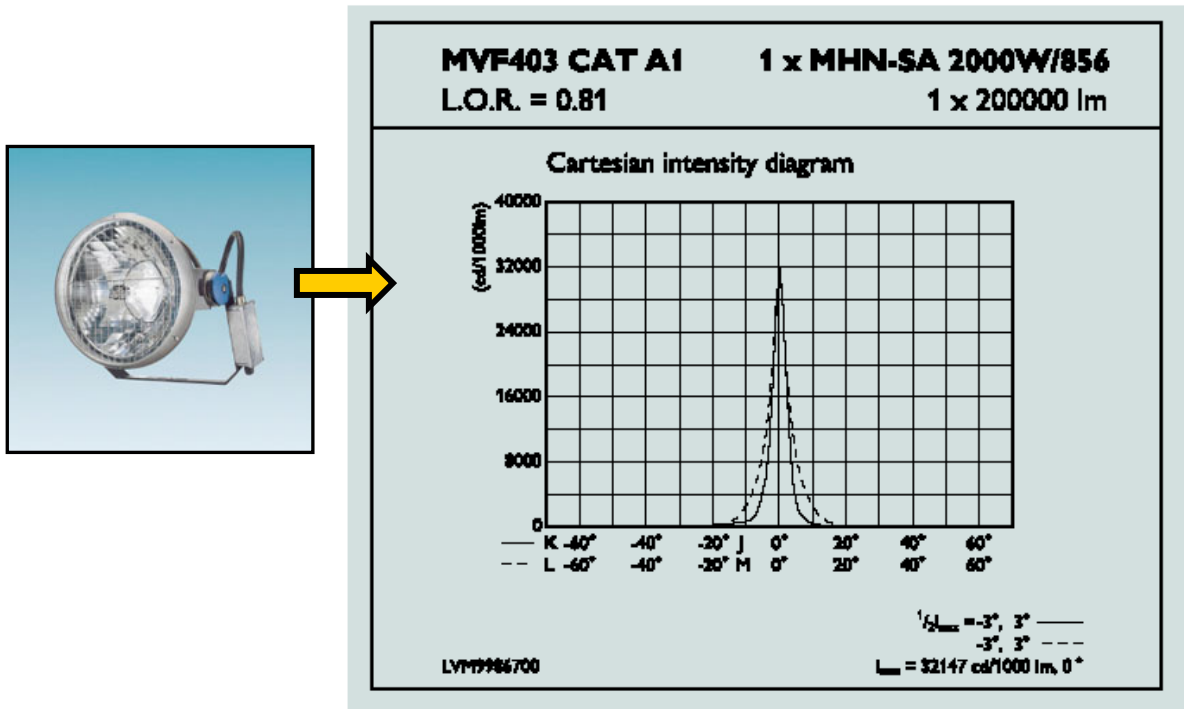
Şekil 4.4 400W Metal halide ampullü asimetrik projektöre ait ışık dağılım eğrisi

4.2.1.2 Kartezyen Işık Diyagramı

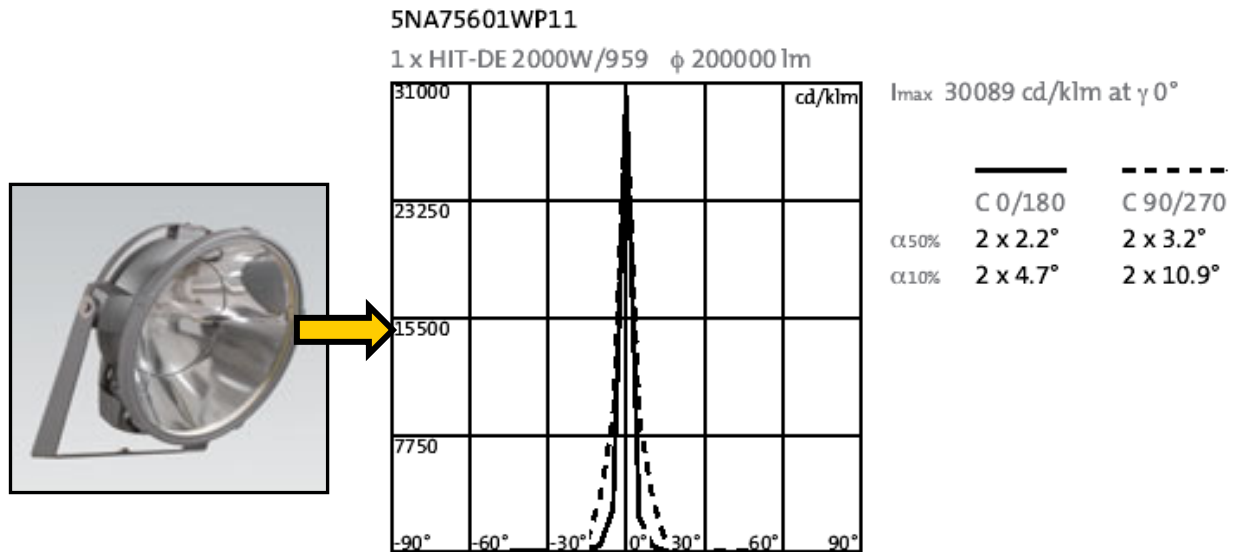
Kartezyen ışık diyagramı, farklı yönlerde dağılan ışık yoğunluğunun grafiksel gösterimidir. Polar diyagramdan farkı, polar koordinatlar yerine dikdörtgensel koordinatların kullanılmasıdır. Bu nedenle ölçekler daha kolay okunabilir, ama ışık dağılımının değerlendirilmesi daha zordur.

Kartezyen diyagramlar, ışık dağılım eğrilerinde olduğu gibi armatürün ışık dağılımının değerlendirilmesine rehberlik ederler. Bu şekilde armatürün dar veya geniş açılı olması durumları değerlendirilebilir.

Kartezyen diyagramlar, katalog bilgilerinde aydınlatma tasarımcısına yardımcı olmak amacıyla fotometrik veri kısmında yer almaktadırlar. Şekil 4.5’te Philips MVF403 ürününe ait fotometrik ölçüm değerleri olan, ışık dağılım açısı, maksimum kandela değeri, armatür verimi (L.O.R) değerleri, Şekil 4.6’da da Siteco R3 ürünü için ışık dağılım açısı, maksimum kandela değerleri verilmiştir.



Şekil 4.5 Philips MVF403 CAT A1 2000W metal halide dar açılı rotasyonel projektöre ait diyagram [11]



Şekil 4.6 Siteco R3 Maxi LDC1 dar açılı 2000W metal halide rotasyonel projektöre ait diyagram[1]

Bu iki diyagram karşılaştırılırsa, her iki projektörün belirtilen güçte kendi markalarında en dar açılı ürünleri olmasına rağmen ışık dağılımlarında ve ölçülen değerlerinde az da olsa farklılık göstermesi, tasarım aşamasında marka seçiminin de önemli bir faktör olduğu sonucuna ulaşılabilir.

4.2.1.3 Konik Performans Diyagramı

Konik performans diyagramı, simetrik (her düzlemdeki ışık dağılımı aynı olan) ışık kaynaklarında, tepe açısı içinde kalan bölgenin gösterildiği ve değişik uzaklıklarda bu bölge içinde kalan alanın çapı veya alanın metrekare değeri ve bu alan içindeki maksimum aydınlık değerinin verildiği diyagramlardır. Diyagramlarda uzaklıklar ve çap metre, alan metrekare ve aydınlık düzeyleri de lüks cinsinden verilir (Şekil 4.7).

H(m)	ϕ (m)	E _{max} (lx)
4	0.31	376114
8	0.61	94028
12	0.92	41790
16	1.23	23507
20	1.54	15045

Şekil 4.7 Siteco R3 Maxi LDC1 dar açılı 2000W metal halide rotasyonel projektöre ait konik performans diyagramı (Siteco, 2007)

4.2.2 Armatür Tipleri

Spor alanlarında kullanılan aydınlatma armatürlerini yapı bakımından yüksek verimli flüoresan armatürler, simetrik, asimetrik ve rotasyonel projektörler olarak dört başlık altında inceleyebiliriz.

4.2.2.1 Flüoresan Ampullü Armatürler

Enerji maliyetlerinin yükselmesi, reflektörler ve T5 serisi flüoresan ampullerin verimliliğindeki artışlardan dolayı teknolojiye gelişmeler doğrultusunda son zamanlarda yüksek tavanlı kapalı alan aydınlatmalarının çözümünde flüoresan ampullü armatürler de yerini almıştır. Flüoresan ampullü armatürlerinin verim açısından karşılaştırılması Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Flüoresan ampullü armatürlerinin verim açısından karşılaştırılması

Armatür Tipi	Toplam Işık Akısı (lm)	Verim (lm/W)
3x54 W TL5	10400	64
4x54 W TL5	17800	82
6x54 W TL5	26700	82
3x80 W TL5	18450	77
4x80 W TL5	24600	77
6x80 W TL5	36900	77

Çizelge 4.2' den de görüldüğü üzere flüoresan ampullü armatürler (Şekil 4.8), verim açısından civa buharlı armatürlerin verim değerlerini yakalamış olup, toplam ışık akısı açısından da 400W metal halide ampulün lümen değerine ulaşmışlardır.



Şekil 4.8 4x54W TL5 flüoresan ampullü armatür [2]

Verimlilik oranı geliştirilmiş, parlak, eloksallı, % 99,98 saflıkta reflektörü sayesinde daha yüksek enerjiyi daha tasarruflu olarak sunan armatürler, TL5 ampullerinde kullanılmasıyla gaz deşarjlı armatürlere karşı renksel geriverim, ampul ömrü, enerji tasarrufu, dim edilebilme özelliği, şarj kiti adapte edilmesi, elektronik balast kullanılması nedeniyle çabuk açma ve kapama kolaylığı gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmektedirler.

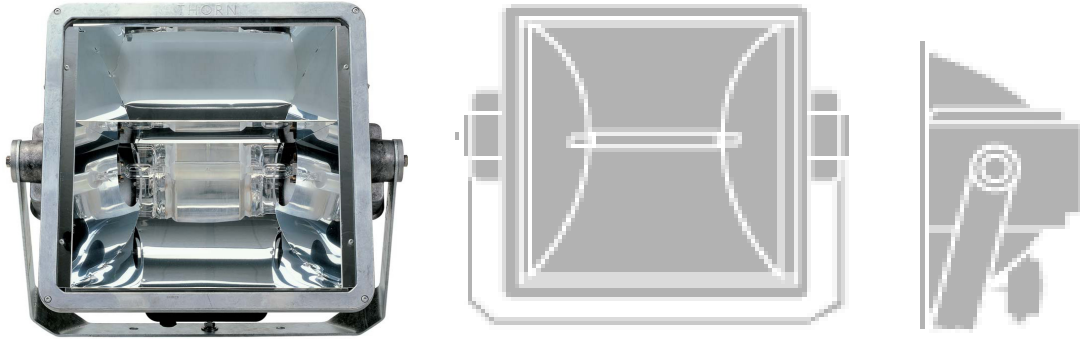
Genel olarak squash salonları, amatör spor salonları, tavan yüksekliğinin yeterli olduğu çok amaçlı kapalı spor salonlarında kullanılırlar (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Flüoresan ampullü armatürlerin kullanımı [3]

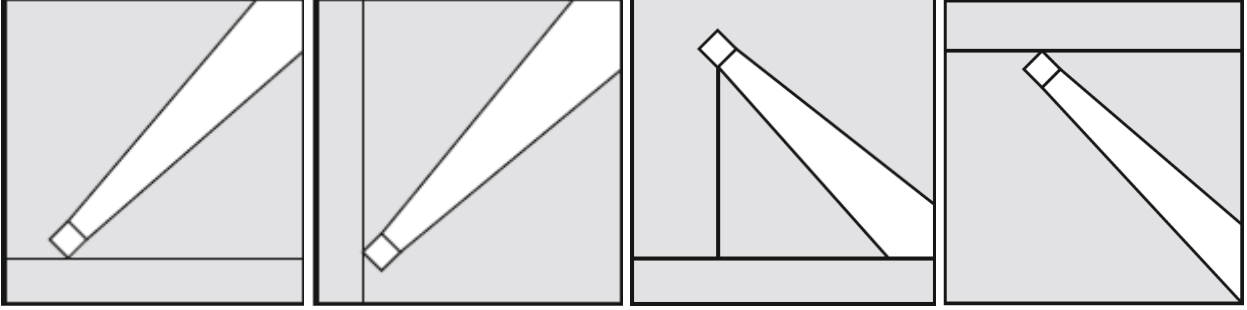
4.2.2.2 Simetrik Projektörler

Simetrik yapıdaki projektörler, iki düzlem etrafında ışık dağılımı simetrik olan projektörlerdir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Simetrik yapıda projektör (Thorn, 2007)

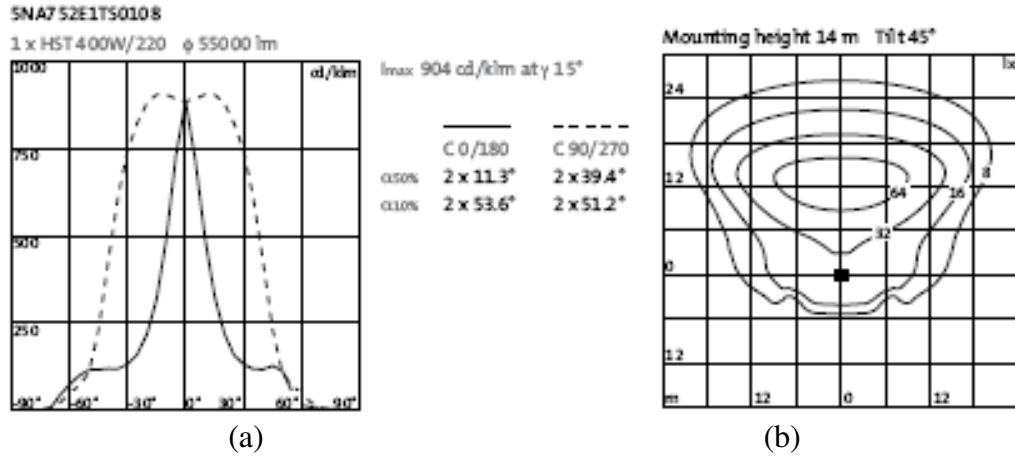
Şekil 4.10'dan da görüldüğü üzere projektörün reflektör yapısı, ampulün yerleşimine dik ve paralel iki düzlem için simetrik bir yapıdadır. Bu tip projektörler yönlendirme bakımından yukardan aşağı, aşağıdan yukarıya vb. olmak üzere farklı montaj şekilleri ile kullanıma uygundurlar (Şekil 4.11)



Şekil 4.11 Simetrik projektörlerin farklı açılar ve montaj şekilleri için görselleştirilmesi[1]

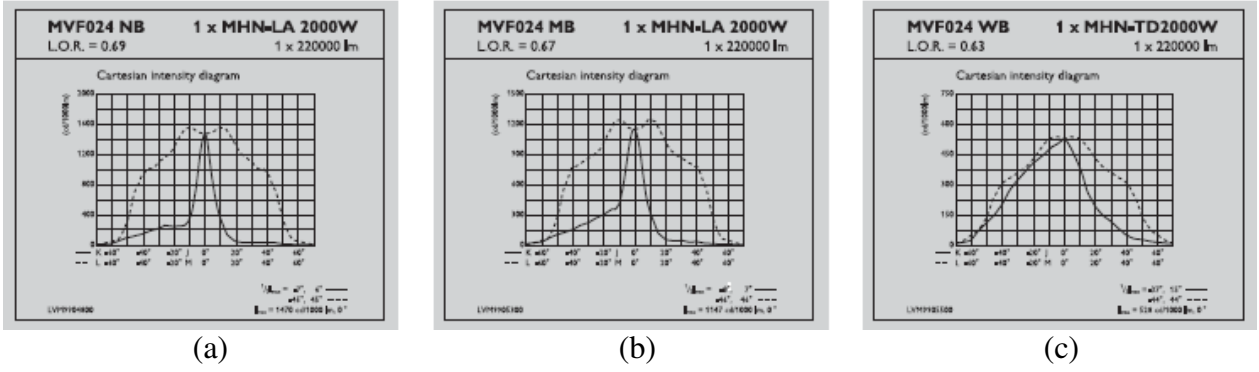
Simetrik projektörlerin genel olarak dar, orta ve geniş açılı olmak üzere üç farklı açıda üretimi yapılır. Aynı şekilde metal halide ampullü projektörler 70 W, 150 W, 250 W, 400 W, 1000 W, 2000 W güçlerinde üretilmektedir.

Tasarım aşamasında kullanım yerine ve yüksekliğine göre uygun güçte, uygun açıda projektör seçimi yapılır. Ürün kataloglarında standart olarak fotometrik veriler ve kartezyen diyagramı ile ürünün iki düzlemde sergilediği ışık dağılımına ilişkin açı bilgileri, uygun montaj yüksekliği ve montaj açısı için verilen izolüks eğrisi ile de projektörün monte edildiği nokta çevresinde elde edilen aydınlatma şiddeti lüks türünden elde edilerek projektör seçiminde rehberlik ederler (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 400 W simetrik projektöre ait Siteco ürün katalogundan alınmış fotometrik veriler
a) Projektör kartezyen diyagramı, b) Projektör izolüks eğrisi [1]

Simetrik projektörlerin farklı açılarda imal edilmesi projektörlerin sadece ışık yayılım açılarında değişiklik oluşturmaz. Şekil 4.13'de görüldüğü gibi projektör açısı genişledikçe I_{max} değeri ile verim değerinin (L.O.R) düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.13 2000 W metal halide ampullü simetrik projektöre ait Philips ürün kataloğundan alınmış üç farklı açığa ait kartezyen diyagramlar a)Dar açılı projektöre ait diyagram b) Orta açılı projektöre ait diyagram c)Dar açılı projektöre ait diyagram [5]

Simetrik projektörlerde hedeflenen alanın dışına çıkan veya gökyüzüne taşan ışığın engellenmesi için Şekil 4.14 de gösterildiği gibi dahili filtreli projektörler veya harici montajlı filtre aparatları geliştirilmiştir. Şekil 4.13’de kartezyen diyagramlar simetrik projektöre ait olmasına rağmen ışık dağılımının her iki düzlemde de simetrik olmadığı, C0-180 düzleminde simetrik dağılımın dahili ekran nedeniyle bozulduğu görülmektedir.



Şekil 4.14 Ekranlı simetrik projektörlere ait ürün resimleri a)dahili ekranlı simetrik projektör b) harici montajlı projektör [5]

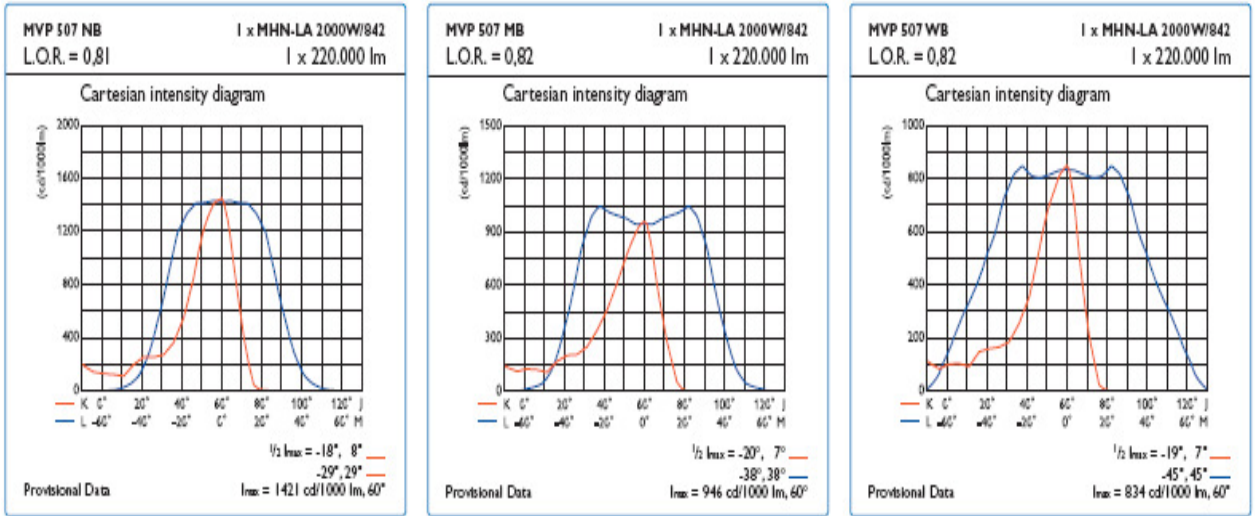
4.2.2.3 Asimetrik Projektörler

Asimetrik projektör, armatürün tek bir düzlemdeki ışık dağılımının tek yönlü yada asimetrik yapıda olduğu projektörlerdir. Bu tür projektörlerde Şekil 4.15’de görüldüğü gibi reflektörün yapısı ampulün yerleşim eksenine dik doğrultuda tek yönde ışığı yönlendirirken, diğer ekseninde iki yönlü simetrik bir dağılım sağlanmaktadır.



Şekil 4.15 Asimetrik projektörlere ait farklı yapıda reflektörler [4]

Asimetrik projektörlerde de üreticiler tarafından dar açılı, orta açılı ve geniş açılı olmak üzere üç farklı açılı üretim yapılmaktadır. Şekil 4.16'da 2000 W metal halide ampullü asimetrik projektörün üç farklı açısı için -Narrow Beam (Dar Açılı), Medium Beam (Orta Açılı), Wide Beam (Geniş Açılı)- kartezyen diyagramları verilmiştir.



Şekil 4.16 Üç farklı açı için asimetrik projektöre ait kartezyen diyagramı [7]

Asimetrik projektörler, açık alanların aydınlatmasında kamaşma ve ışık kirliliği bakımından sağladığı avantajlar nedeniyle (Şekil 4.17) daha çok tercih edilirler. Armatürün reflektör yapısı nedeniyle kaynaktan çıkan ışık, reflektör ile yönlendirilirken projektör gövdesi etkin açı dışında kalan ve ışık kirliliğine neden olacak yansımalarla engel olur.



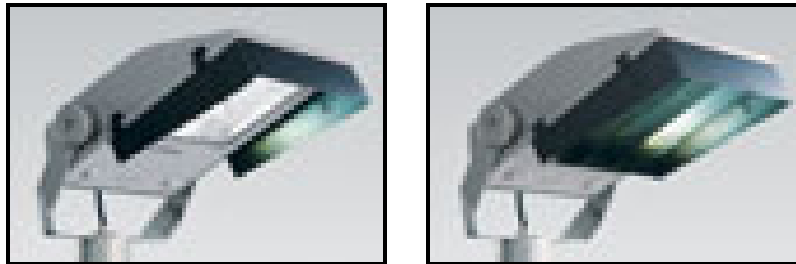
Şekil 4.17 Asimetrik projektörün ışık dağılımına ait görselleştirme (Thorn, 2007)

Asimetrik projektörler, simetrik projektör kullanılan uygulamalarda montajda verilen açı ile ulaşmak istenen noktalara, sıfır derece açı ile monte edilerek dahi istenen aydınlatma seviyesi elde edilebilmektedir. Bu özelliği de ayrıca aydınlatılan alana komşu çevre alanlara ve gökyüzüne yayılan ışıklara engel olmaktadır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Asimetrik projektörlerle aydınlatılmış saha örneği (Austin, 2000)

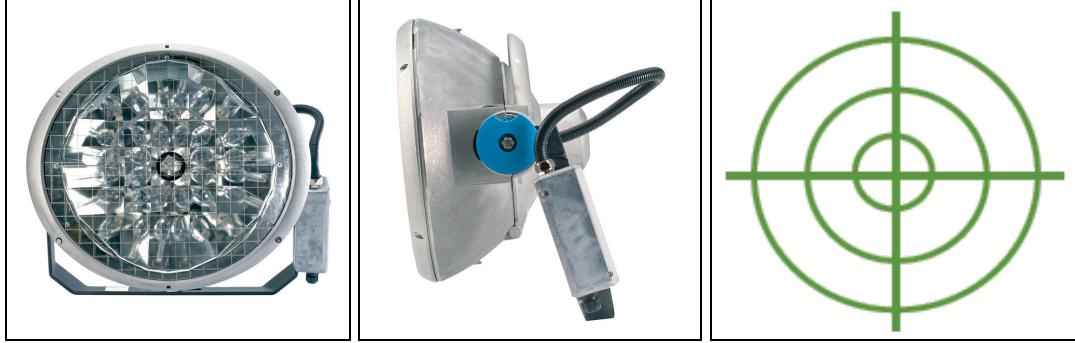
Simetrik armatürlerde olduğu gibi projektörün açılı monte edilmesi durumlarında tercihe bağlı olarak üretilen harici montajlı ışığı engelleyen aparatlar Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Asimetrik projektörlerde kullanılan harici montajlı aparat [1]

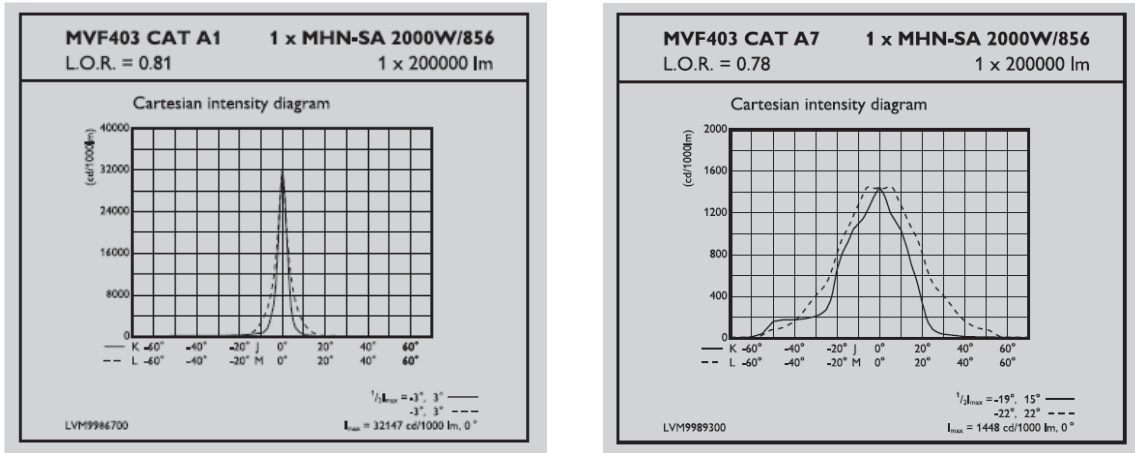
4.2.2.4 Rotasyonel Projektörler

Rotasyonel projektörler, ışık dağılımının her iki düzlemde de simetrik olduğu ve dairesel yapıda gövdeye sahip projektörlerdir. Şekil 4.20’de Philips MVF404 ürününe ait ön-yan görünüşü ile ışık dağılımı sembolik olarak gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.20 Rotasyonel projektöre ait ürün resmi ve ışık dağılımının gösterimi [4]

Rotasyonel projektörler, reflektör yapıları ve yüksek verimleri nedeniyle uzun mesafeli alan aydınlatmalarında diğer armatürlere oranla daha çok tercih edilir. Rotasyonel armatürler çok geniş yelpazede lamba ve reflektör kullanım olanakları ile farklı mesafeler için istenen aydınlatma etkisinin sağlanmasını mümkün kılar. Şekil 4.21’de Philips MVF403 serisi ürün grubundan 7 farklı açıda üretilmiş armatürlerinden en dar açılı ve en geniş açılı armatürlere ait fotometrik veriler verilmiştir.

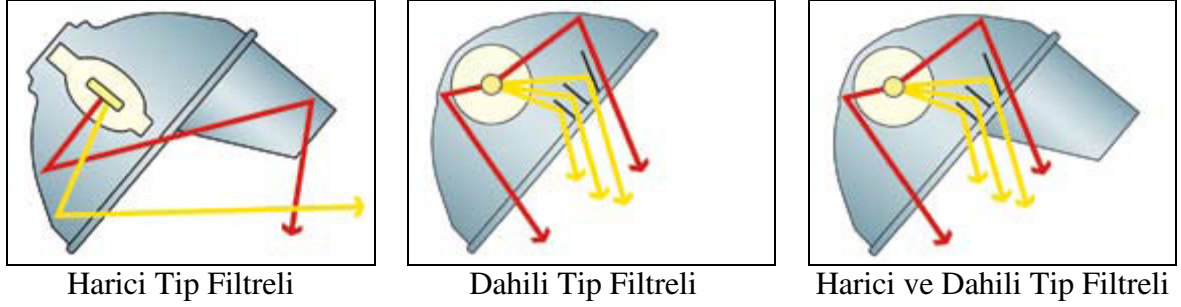


Şekil 4.21 Philips MVF403 serisi ürün grubundan 7 farklı açıda üretilmiş armatürlere ait fotometrik veriler [4]

Armatürün açısı mesafe ile bağlantılı olup, mesafe arttıkça armatürün istenen aydınlatma düzeyini sağlayabilmesi için açısının düşürülmesi gerekir. Aynı düzleme farklı mesafelerden

aydınlatma yapılması olasılığı düşünülürse, tek bir projede farklı mesafelerden aydınlatma yapılması ve farklı ışık dağılımı açılarına sahip armatürlerin bir arada kullanımı muhtemeldir.

Rotasyonel projektörlerde de simetrik ve asimetrik projektörlerde olduğu gibi kamaşmayı ve ışık kirliliğini önlemek amacıyla dahili ve harici filtre uygulamaları yapılmaktadır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 Rotasyonel projektörlerde uygulanan ışık filtrelerine ait resimler [7]

Gaz deşarjlı ışık kaynaklarının maksimum ışık çıkışları ancak deşarj tüpü içerisindeki basınç ve sıcaklık değerlerinin nominal seviyelere ulaşmasıyla mümkün olmakta, bu durum dakikalar ile ölçülen bir bekleme süreci oluşturmaktadır. Olası bir arıza yada kısa süreli kesinti durumunda ise kaynakların tekrar ateşleme sürecine girmeleri deşarj tüpünün sıcaklığının yüksek olması sebebiyle 10–15 dakikaya varan uzun bir zaman dilimini gerektirebilmektedir (Şekil 4.23 a).

Bu durumun önüne geçilmesi için yeni teknoloji hot restrike (sıcak ateşlemeli) balastlar (Şekil 4.23 b) üretilmiştir. Bu tür balastlar sayesinde oyun esnasında meydana gelecek bir kesinti sonrasında yanar vaziyette olan armatürler kısa sürede rejime girerek kesintinin hissedilmeyecek derecede azalmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.23 Balastlar a) Normal balast b) Sıcak ateşlemeli balast [4]

Ayrıca kapalı ve açık spor tesislerinde, oyun öncesinde veya sonrasında yapılan görsel etkinliklerden sonra kısa sürede oyuna geçilmesi istenir. Geçişin sağlanması normal balastlar ile rejime girme süreleri nedeniyle uzun olacağından, uzaktan kontrollü ışığı engelleyecek motorlu

aparatlar kullanılmalı veya sıcak ateşlemeli balastlar kullanılmalıdır. Uzaktan kontrollü aparatlar armatüre ek maliyet ve tesise ilave kablo maliyeti getirmesiyle nedeniyle sıcak ateşlemeli balast çözümü cazip hale gelmiştir.

5. AYDINLATMA TASARIMINDA KULLANILAN PROGRAMLAR

5.1 Giriş

Aydınlatma tasarımı, aydınlatma tekniğine uygun ve belli bir konu için oluşturulan aydınlık düzeni kurma çalışmasıdır. Aydınlatma tasarımı kapsamında yer alan çalışmaların, hem gerçekleşmesi hem de sunulması için çeşitli araçlar bulunmaktadır. Bu araçlardan biri de bilgisayar programlarıdır.

Aydınlatmaya yönelik bilgisayar programları, çeşitli özelliklerde hazırlanmış, birbirinden bağımsız konuları içeren, değişik hesap yöntemleri ve varsayımları dikkate alan araçlardır.

Açık ya da kapalı bir mekanda, aydınlatma düzeni kurma çalışmalarının gerek aydınlatma konseptinin oluşturulması, gerekse kesinleştirme/projelendirme aşamalarında,

- Aydınlatma tasarımının aydınlatma tekniği ölçütleri bağlamında sınanmasını ve görselleştirilmesini sağlamak,
- Aydınlatma tasarımı sonuçlarını kullanıcıya gösterebilmek,
- Aydınlatma tasarımına ilişkin projeyi oluşturabilmek

gibi değişik amaçlarla, çeşitli sunum teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler sayesinde aydınlatma tasarımı kararlarının denetlenmesi ve uygulamadan önce görülebilmesine olanak sağlanır.

Söz konusu sunum teknikleri, ilkesel olarak, çizim teknikleri kullanarak yapılan 2 ve 3 boyutlu çalışmalar,

- Elle yapılan çalışmalar,
- Bilgisayar programları kullanarak yapılan çalışmalar
- Maket teknikleri kullanarak yapılan 3 boyutlu çalışmalar,

olarak gruplanabilir. (Çelebi, 2007)

Aydınlatma tasarımlarını sunmak amacıyla hazırlanan çizimlerde, ışık huzmelerinin kontur şeklinde gösterilmesi ya da renklendirmesi biçimindeki teknikler kullanılabilir. Ayrıca tavan planları, kesit ve görünüşlerde ışık kaynaklarının konumları ve düzenleri gösterilebilir ve aygıt tipi, gücü ve kullanılan lamba ile ilgili bilgiler verilebilir. Çizim teknikleri kullanarak, eş

aydınlık eğrileri ile bir mekandaki aydınlık düzeyi dağılımlarını göstermek, mekan perspektiflerinde renklere göre aydınlık düzeyi ve ışıklılık dağılımlarını ifade etmek olanaklıdır.

Aydınlatma tasarımına yönelik sunumlarda bilgisayar programlarının kullanımı, hesaplama ve çizimler için gerekli süreyi kısaltmaktadır. Ancak, sunumların gerçeğe uygunluğu, kullanılan programın özelliklerine bağlıdır.

5.2 Aydınlık Düzeyi Hesaplaması

Aydınlık düzeyi hesaplamaları, aydınlatma düzeninin sağlayacağı aydınlık düzeyi hakkında bilgi edinebilmek amacıyla yapılan matematiksel işlemleri kapsamaktadır. Bu hesaplamalar, ışığın davranışı ile ilgili karmaşık ve fiziksel olayların matematiksel formülasyonlarından oluşur.

- Aydınlık düzeyi, bir yüzeyin bir noktasını çevreleyen sonsuz küçük bir parçacığının aldığı ışıksal akının, bir yüzey parçacığı alanına bölümü olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki 5.1 numaralı eşitlikle hesaplanmaktadır (Çelebi, 2007).

$$E_v = d\Phi_v / dA \quad (5.1)$$

Burada; E_v = Işıksal aydınlık, Φ_v = Işık akısı, A = Yüzey parçacığının alanını (m^2) 'dır.

- 5.2 numaralı eşitlikte verilen yüzey alanının, geometrik olarak bir nokta (boyutsuz) olması durumunda noktada aydınlık düzeyi,

$$E_p = \Phi / S \text{ lm/m}^2 \quad (5.2)$$

Burada; E_p = Noktada aydınlık, Φ = Işık akısı, S = Yüzey parçacığının alanını (m^2) 'dır.

- Geometrik olarak noktadan daha büyük olması durumunda ortalama aydınlık düzeyi,

$$E_{ort} = [(E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n) / N] \quad (5.3)$$

hesaplarından söz edilir.

Burada, E_{ort} = Ortalama aydınlık düzeyi (lm/m^2), E_1 = Düzlemin 1. noktasındaki aydınlık düzeyi (lm/m^2), E_2 = Düzlemin 2. noktasındaki aydınlık düzeyi (lm/m^2), E_n = Düzlemin n. noktasındaki aydınlık düzeyi (lm/m^2), N = nokta sayısıdır.

Noktada aydınlık düzeyi hesaplamalarında, yüzeye gelen ışık yeğirliği bilindiğinde 5.4 ve 5.5 numaralı eşitliklerden yararlanılır (IESNA, 2000).

- Işığın yüzeye dik gelmesi durumunda,

$$E_o = I_o / d^2 \quad (5.4)$$

Burada, E_o = düzlem üzerindeki noktada aydınlık düzeyi (lm/m^2), I_o = kaynağın yüzey normali doğrultusundaki ışık yeğinliği (cd), d = nokta-kaynak uzaklığı (m)'dir.

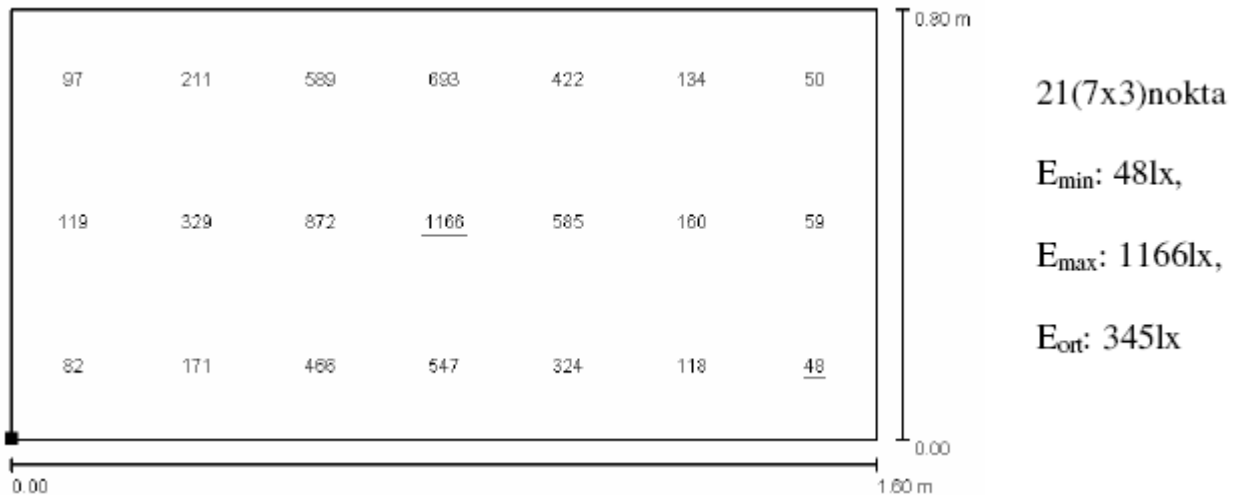
- Işığın yüzeye eğik gelmesi durumunda,

$$E_a = (I_o / d^2) \times \cos \alpha \quad (5.5)$$

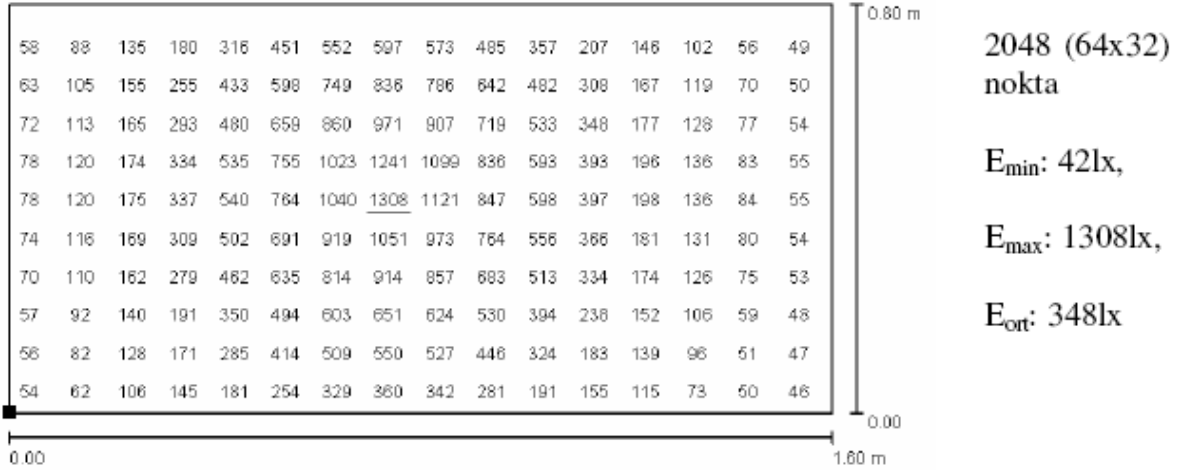
Burada, E_a = düzlem üzerindeki noktada aydınlık düzeyi (lm/m^2), α = ışığın geliş doğrultusu ile yüzey normali arasındaki açı, I_o = kaynağın yüzey normali doğrultusundaki ışık yeğinliği (cd), d = nokta-kaynak uzaklığı (m)'dir.

Belirli bir büyüklükte alan üzerindeki değişik noktalarındaki aydınlık düzeyinin hesaplanması ile hem o alandaki ortalama aydınlık düzeyinin hem de o alandaki aydınlık dağılımının belirlenmesi olanaklıdır.

Bir alandaki, gerek ortalama aydınlık düzeyi hesaplanırken, gerekse aydınlık dağılımı belirlenirken, alandaki hesap noktalarının sayısı arttıkça, elde edilen sonuçların duyarlılığı artacaktır. Şekil 5.1'de belli bir yapay ışık kaynağı ile aydınlatılan 1,6 m x 0,8 m boyutlarında, 1,28 m² 'lik bir alanda 21 (7x3) ve 2048 (64x32) nokta ile yapılan noktada aydınlık düzeyi hesabı bağlamında elde edilen E_{min} , E_{max} ve E_{ort} değerleri ve aydınlık dağılımı örneklenmiştir. Bu örneklerden görüleceği üzere, hesap noktası sayısı arttıkça aydınlık düzeyi değerleri değişmekte ve aydınlık dağılımı daha duyarlı olarak belirlenebilmektedir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).



Şekil 5.1 21 nokta için yapılmış hesaplama örneği ve sonuçlar



Şekil 5.2 2048 nokta için yapılmış hesaplama örneği ve sonuçlar

5.3 Aydınlatma Programlarında Kullanılan Fotometrik Aygıt Formatları

Bir yüzeye gelen ışığın oluşturduğu aydınlık düzeyi hesapları yapılırken, kullanılacak yapay ışık kaynaklarının, ışık yeğinlik dağılımlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu ışık yeğinlik dağılımlarının bilgisayar ortamında kullanılabilmesi için, dağılımın sayısal değerlerinin belirli bir düzen içinde sıralanması gereklidir. Günümüzde yapay ışık kaynaklarının 3 boyutlu ışık yeğinlik dağılımına ilişkin sayısal veri formatları, Eulumdat, IES, CIBSE, CIE olarak dört ayrı grupta toplanmaktadır (Çelebi, 2007).

5.3.1 CIE

CIE'nin 1993 yılında yayımlanan ve 102 numaralı yayınında tanımlanan format, aygıt ışık yeğinliğini CIE'nin önerdiği kandela değerlerinde saklayan bir formattır. Bu format, aygıt endüstrisi alanında, bölgelere ait farklılıkları ortadan kaldırmak üzere, bir “aygıt fotometrik verisinin elektronik transferi için, bir format önerisi hazırlamak” amacıyla yapılmış bir denemedir.

5.3.2 Eulumdat Formatı

Eulumdat, Avrupa ülkelerinde kullanılan ışık yeğinlik dağılımı formatıdır. Bu formatta ışık kaynağının, 3 boyutlu ışık yeğinlik dağılımının sayısal değerleri “kandela/kilolümen” olarak verilir. Değerlerin cd/klm olarak verilmesi aynı aygıt içinde değişik özellikte lambalar kullanılması durumunda da hesaplamayı olanaklı kıldığından, iyi planlanmış bir metin dosyası olarak tanımlanabilir. Eulumdat formatının dosya uzantısı “.ldt” dir.

5.3.3 IES LM-63

IES, Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisliği Birliği (Illuminating Engineering Society of North America, IESNA), tarafından desteklenen ve yaygın olarak Amerika’da kullanılan formattır. Bu formatta ışık kaynağının, 3 boyutlu ışık yeğirlik dağılımının sayısal değerleri kandela olarak verilir. Değerlerin “kandela” olarak verilmesi aynı aygıtta farklı lambalar kullanılması durumunda, her değişik lamba için ayrı bir format gerektirdiğinden, iyi planlanmamış bir metin dosyası olarak tanımlanır. Üç farklı teknik özellikte hazırlanmış olan formatın, en yaygın olarak kullanılanı IES LM-63 olup dosya uzantısı “IES” dir.

5.3.4 CIBSE TM 14

CIBSE TM 14, CIBSE (İngiliz Chartered Institution of Building Service Engineers) tarafından geliştirilen ve ağırlıklı olarak İngiltere’de kullanılan bir formattır. Bu formatta ışık kaynağının, 3 boyutlu ışık yeğirlik dağılımının sayısal değerleri kandela olarak verilir. Değerlerin kandela olarak verilmesi aynı aygıtta farklı lambalar kullanılması durumunda, her değişik lamba için ayrı bir format gerektirdiğinden, iyi planlanmamış bir metin dosyası olarak tanımlanır. Format IES formatına benzer özelliktedir, ancak aygıtın ürün bilgileri konusunda çok daha kesin bir tanımlamaya sahiptir. Aygıtta yerleştirilen lambanın ışık akısını doğru bir biçimde kodlamak bu formatta olanaklı değildir. Bu durumda üreticiler, bu bilgiyi ürün bilgisi bölümü içinde standart dışı bir yorumlama ile kodlamaktadırlar. Bu sınırlama nedeniyle, CIBSE TM 14 formatının kullanımı kolay olmayan bir format olduğu söylenebilir.

5.4 Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Programlar

Günümüzde bilgisayar teknolojileri, her alanda olduğu gibi aydınlatma alanında da hesaplamaların yapılması ve ışığın davranışlarının görselleştirilmesinde, oldukça etkin biçimde kullanılmaktadır. Böylece, aydınlık düzeyi hesapları çok daha kolay ve hızlı şekilde yapılabilmekte, sayısal olarak iki boyutlu ortamda sunulabilmekte, grafik tabanlı programlar kullanılarak sonuçlar 3 boyutlu sanal ortamda görselleştirilebilmektedir.

Aydınlatma programları,

- Basit Görselleştirme Yapan Aydınlatma Programları,
- İleri Görselleştirme Yapan Aydınlatma Programları

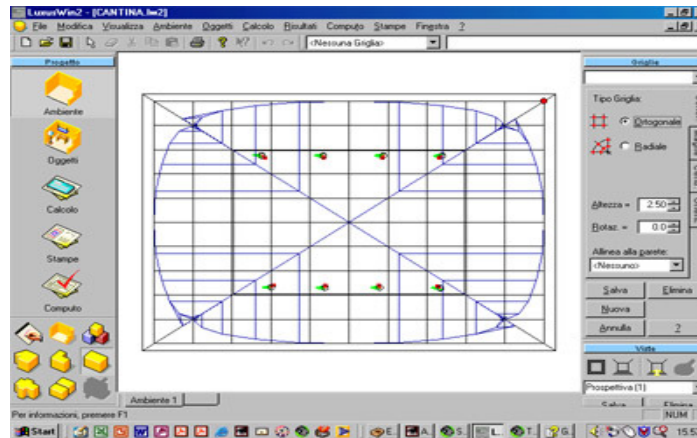
olmak üzere iki grupta ele alınabilir.

Basit görselleştirme yapan aydınlatma programları, oda boyutları, yararlı düzlem yüksekliği, yüzeylerin yansıtma çarpanları, kaynağın ışık yeğinlik diyagramı vb. etkenleri dikkate alarak belli bir biçim ve formüllere göre, döşeme, yararlı düzlem, tavan, duvar vb. yüzeyler üzerindeki aydınlık düzeyi hesabı yapabilmektedir. Hesaplama sonuçları, eş aydınlık eğrileri, noktada aydınlık düzeyi gösteren tablolar, renklere göre aydınlık düzeyi değişimini gösteren şekiller v.b biçimlerde sunulmaktadır. Bu tür programlar ile ortamın 3 boyutlu sanal görüntülerini oluşturmak ve ışığın yüzeylerdeki dağılımını görüntülemek olanaklıdır.

Aydınlatma simülasyonu yapan ileri düzey programlar, yukarıda değinilen basit görselleştirme yapan aydınlatma programları gibi, değişik etkenleri göz önüne alarak aydınlık düzeyi hesabı yapabilmekte, hesap sonuçlarını değişik biçimlerde verebilmektedir. Bu gruptaki programlar sanal görüntü oluşturmadaki gelişmişlik düzeyi, 3 boyutlu grafik algoritmalarının gelişmesiyle paralellik göstermektedir. Gerçekçi modeller üzerinde, ışığın yayılımını gerçekçi şekilde modellemeyi hedefleyen bu programlar, 3 boyutlu modelleme programlarıyla veri alışverişi yaparak, nesnelere gerçekçi malzemeler atayarak, karmaşık geometri ve nesnelerde çalışma olanağı sağlayan simülasyon programlarıdır.

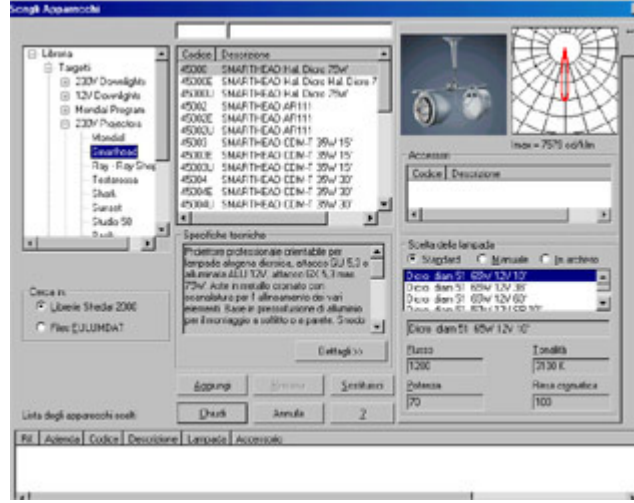
5.4.1 Luxuswin

Targetti firması tarafından geliştirilen ve firma sitesinden ücretsiz olarak indirilebilen program ile iç aydınlatma hesabı yapılabilir. Şekil 5.3’de görüldüğü gibi Programın kullanıcı arayüzü üzerinde ikonlar kısayol olarak bulunmakta olup kullanımı kolaylaştırmaktadır.



Şekil 5.3 Luxuswin aydınlatma programı kullanıcı arayüzü [8]

Targetti markasının veri dosyalarını içeren programda diğer markalara ait ürünler Eulumdat uzantılı dosyaların programa aktarılması ile kullanılabilir (Şekil 5.4).

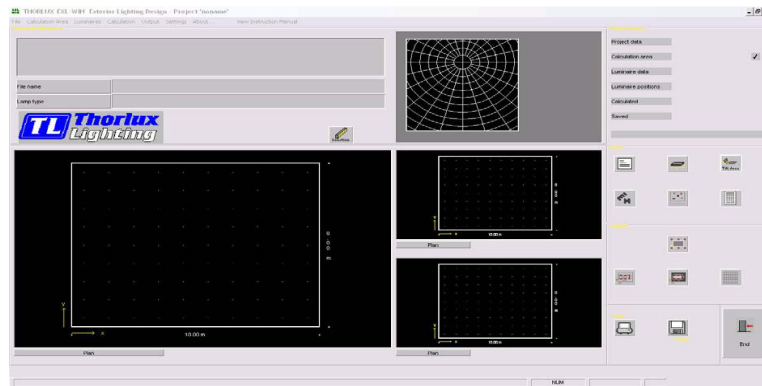


Şekil 5.4 Luxuswin programı armatür veri tabanı[8]

Program aydınlatma hesabının yanında gerekli verilerin girilmesi ile projede kullanılan armatür çeşitlerini, adetlerini, birim fiyatlarını ve toplam maliyetini çıktı olarak verebilmektedir.

5.4.2 Thorlux Lighting Design

Thorlux firması tarafından geliştirilen ve Thorlux firmasının sitesinden ücretsiz olarak indirilen program ile iç ve dış aydınlatma hesabı yapılabilir. Thorlux markasının veri dosyalarını içeren programda diğer markalara ait ürünlerin kullanılabilmesi için ürünlere ait aydınlatma özelliklerini içeren dosyaların programa aktarılması yeterlidir. IESNA ve EULUMDAT uzantılı fotometrik veriler program için kullanılabilir. Şekil 5.5’de programın ana menüsünden alınmış bir görüntü verilmiştir.



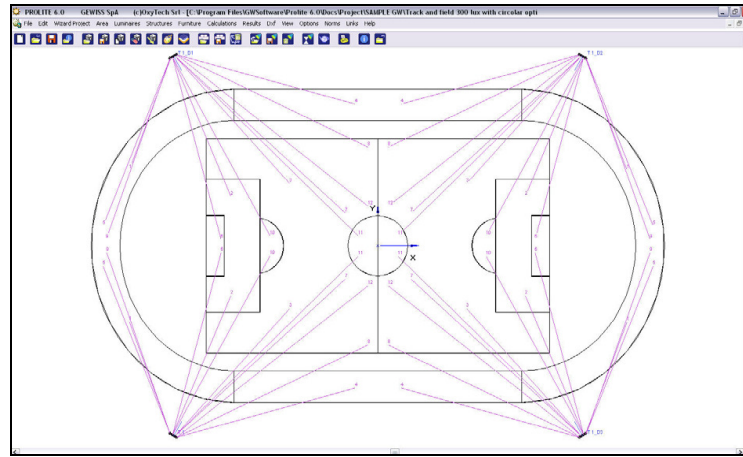
Şekil 5.5 Thorlux aydınlatma tasarım programının ana ekran görüntüsü [9]

5.4.3 Prolite

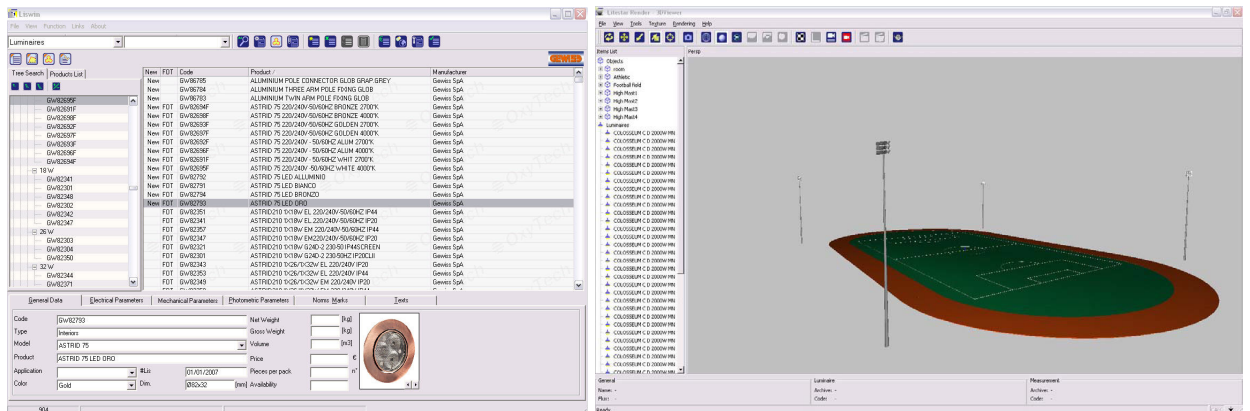
Gewiss firması tarafından geliştirilen ve Gewiss firmasının sitesinden ücretsiz olarak indirilen program ile iç ve dış aydınlatma hesabı yapılabilmektedir. Gewiss markasının veri dosyalarını içeren programda diğer markalara ait ürünler kullanılamamaktadır. Elektriksel parametreler ile beraber detaylı katalog sayfası ve mekanik bilgileri de içeren armatür seçme menüsü diğer firmalara ait programlara göre çok daha detaylı hazırlanmıştır.

Programda Autocad programından “dxf” uzantılı dosyalar programa aktarılabilir ve üzerinde işlem yapılabilmektedir.

Şekil 5.6 te Prolite programı ile yapılmakta olan futbol sahası aydınlatma projesine ilişkin program ana menüsünden görüntü, Şekil 5.7 da aydınlatma hesabı yapılan sahanın direkleri ile beraber yapılmış 3 boyutlu görseli ve armatür seçimine ilişkin menüden görüntü birlikte verilmiştir.



Şekil 5.6 Prolite programı ana menü görüntüsü [10]

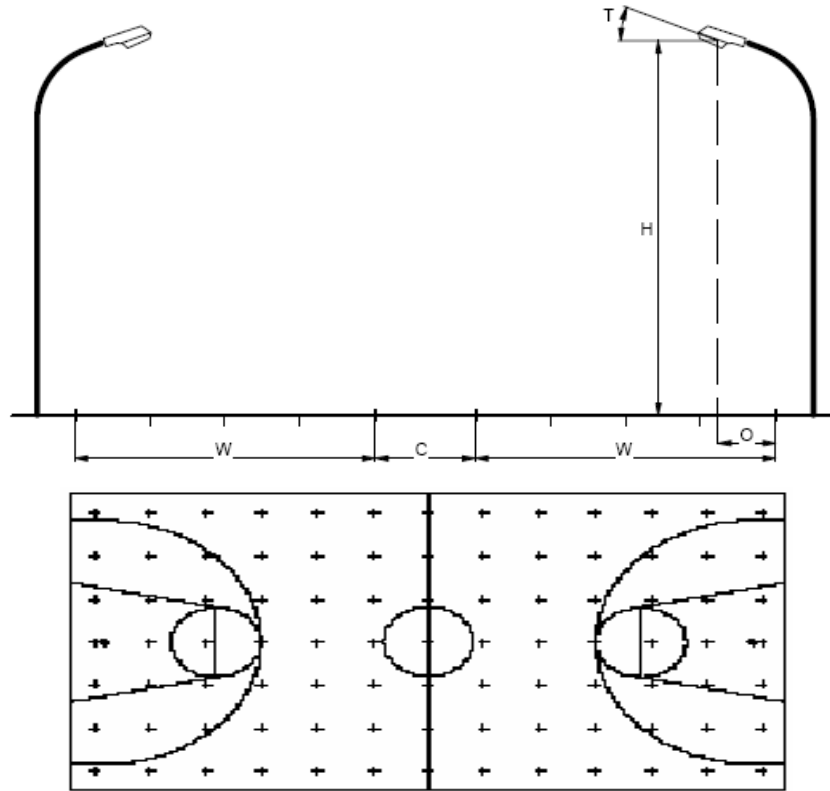


Şekil 5.7 Prolite armatür seçimi menüsü ve hesaplama yapılan projenin 3 boyutlu modeli [10]

5.4.4 Calculux

Philips firması tarafından geliştirilmiş program, iç mekan aydınlatma hesabı, yol aydınlatma hesabı ve alan (spor sahaları) aydınlatma hesabı yapabilmektedir. Calculux, Calculux Area, Calculux Road isimli farklı üç program aracılığı ile hesaplar yapılabilir.

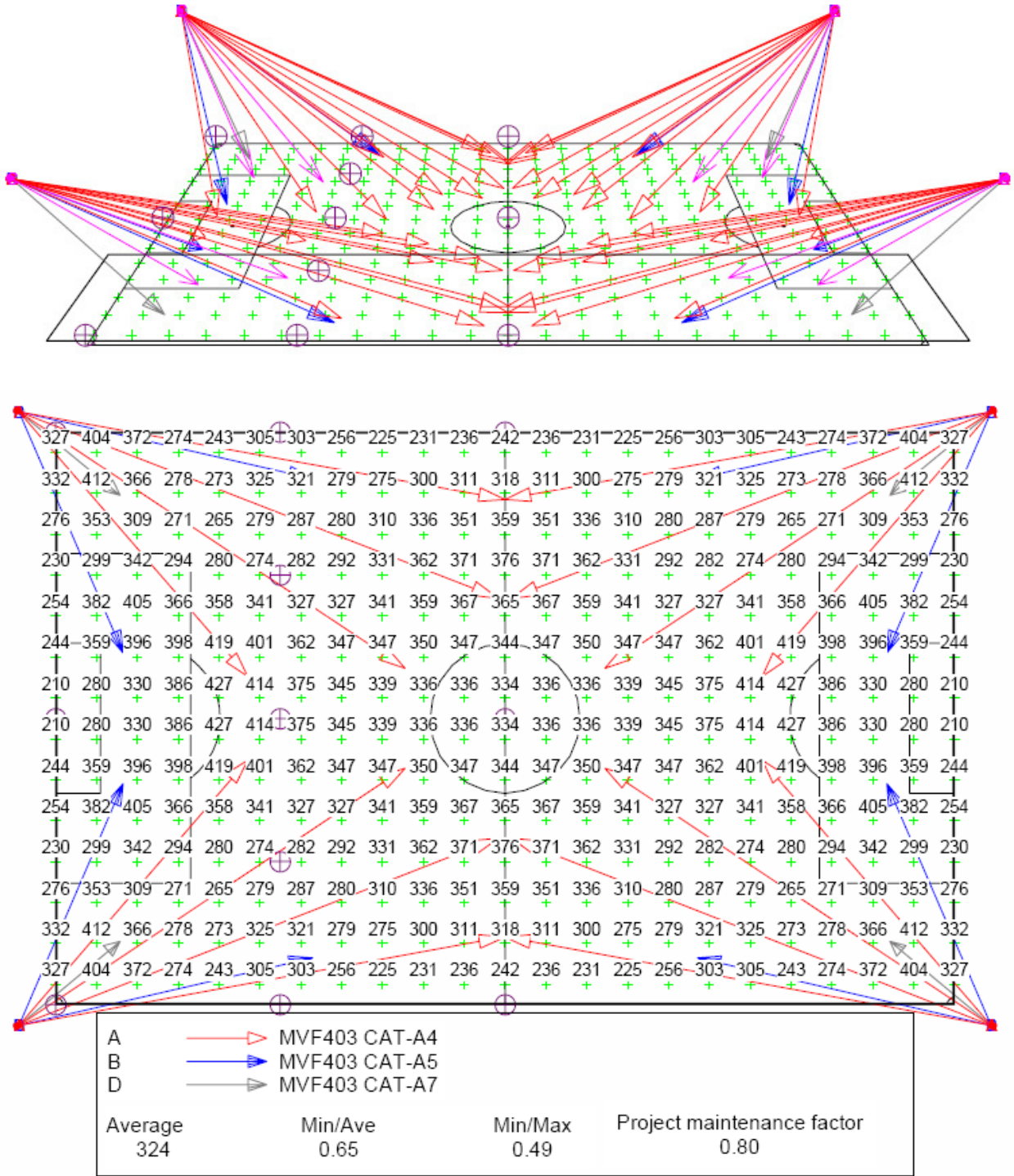
Programda birçok standart oda tipi, yol, spor sahası tanımlanmıştır. Kullanıcı oda veya yol hesaplarında sadece programın istediği ölçüleri girerek hesaplama yapacağı hacim veya düzlemi elde edebilir. Spor sahalarında ise istenilen spor dalı için seçim yapılarak standart ölçülerde ve çizimleri ile oyun alanı kolayca elde edilebilmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 Calculux programında standart yol ve basketbol sahasının gösterimi

Programın armatür veritabanı oldukça geniş olup, CIBSE/TM14, EULUMDAT, IES gibi formatları da desteklemektedir. Programda bulunan anahtarlama modülü ile tasarımda düşünülen kademeli aydınlatma seviyelerinin sonuçları değerlendirilebilir.

Program seçilen armatür doğrultusunda istenen aydınlatma seviyesi ve düzgünlük kriterleri doğrultusunda otomatik olarak armatür yerleşimi yapabilirken, kullanıcı tarafından yapılan yerleşimin sonuçlarını da verebilmektedir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Calculux programında yapılan futbol sahası armatür yerleşimi ve noktasal olarak aydınlatma sonuçlarını gösterir çıktı görüntüsü

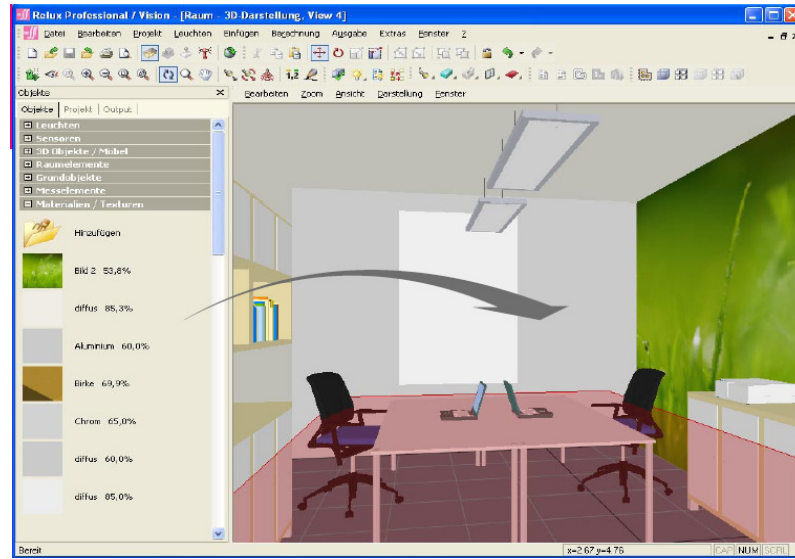
Program ayarları ile çıktı formatları isteğe bağlı olarak düzenlenebilir. Hesaplama çıktılarını, metin şeklinde rapor olarak, grafik olarak, noktasal aydınlık düzeyi sonuçlarının verildiği ve renk

skalasına göre sonuçların verildiği sonuçlar şeklinde almak mümkündür. Ayrıca program sonuçların yanı sıra projede kullanılan armatürlerin ürün kodlarını ve sayılarını, fotometrik verilerini, armatürlerin her biri için montaj koordinatlarını ve açı bilgilerini verebilmektedir.

Calculux, menüde finans kısmında gerekli maliyet bilgilerinin girilmesi ile proje kapsamında kullanılan aydınlatma armatürlerin toplam yatırım ve yıllık bakım maliyetlerini hesaplayabilmekte ve çıktı olarak verebilmektedir.

5.4.5 RELUX

Relux programı, 1998 yılında, Almanya’da, Regent AG, Fluora AG ve Tulux AG aydınlatma firmaları tarafından kurulan Relux Informatik AG kapsamında 1.0 versiyonuyla kullanıma sunulmuştur (Şekil 5.10). Program Türkçe hariç 17 farklı dilde hazırlanmış olup, www.relux.biz sitesinden ücretsiz olarak indirilebilmektedir.



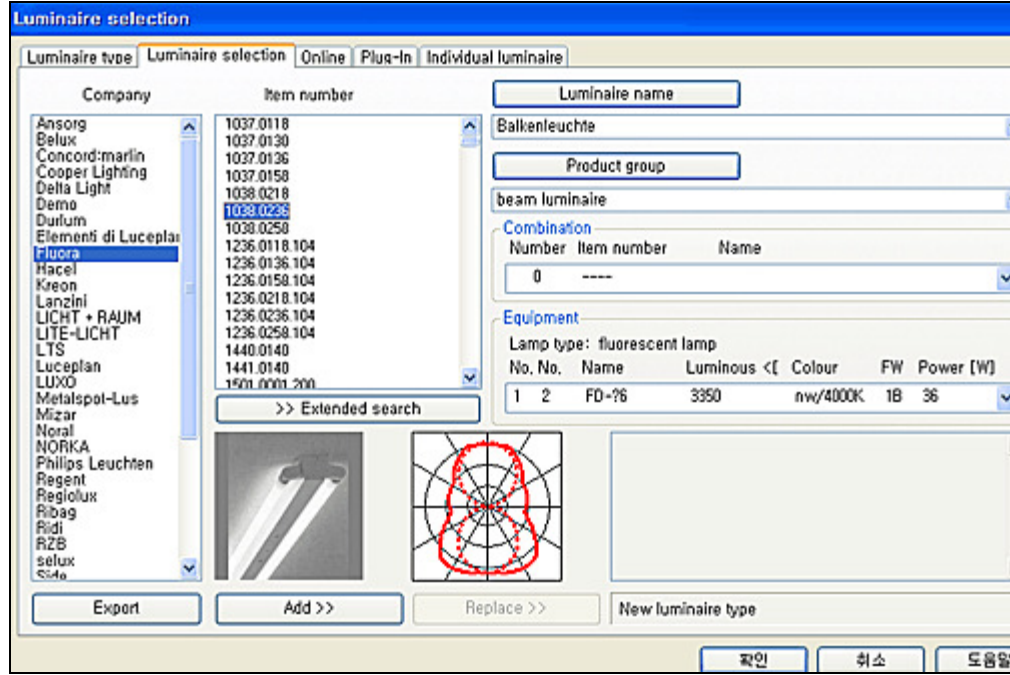
Şekil 5.10 Relux program ana menü görüntüsü [12]

Programda iç ve dış aydınlatma hesabı, acil durum aydınlatma hesabı ile spor sahası ve yol aydınlatma hesabı yapılabilmektedir. Programda aydınlatma hesabında acil durum aydınlatması ile ilgili güzergâh belirtilerek, acil durum aydınlatma hesabı da yapılmaktadır (Albayram, 2009).

Program aydınlatma hesabı yaparken aşağıda belirtilen standartları kullanmaktadır.

- İç ve dış aydınlatma hesaplarında: EN 12464-1/-2
- Acil durum aydınlatması: EN 1838
- Yol aydınlatması: EN 13201

Relux programında yapay ışık kaynakları için Eulumdat, CIBSE, TM 14, IES, CIE formatlarındaki fotometrik verilerini kullanılabilir. Programın tüm veri tabanlarını desteklemesi yanında, internet üzerinden programın güncelleştirilmesi ile ürünlerdeki yenilikler programa aktarılabilir. Programın armatür seçme menüsünden Şekil 5.11 de görüldüğü gibi armatüre ait fotometrik veriler bilgi olarak verilmekte ve ürün seçimini kolaylaştırmaktadır.



Şekil 5.11 Relux armatür seçim menüsünden görünüm [12]

Autocad ve 3d max programında çalışılmış 2 boyutlu ve 3 boyutlu modeller programa atılarak bu modeller üzerinde aydınlatma hesabı yapılabilir. Ayrıca autocad dosya görüntüleri resim olarak programa atılabildiğinden armatür noktalarını net olarak yerleştirebilmeniz çok daha basit olmaktadır.

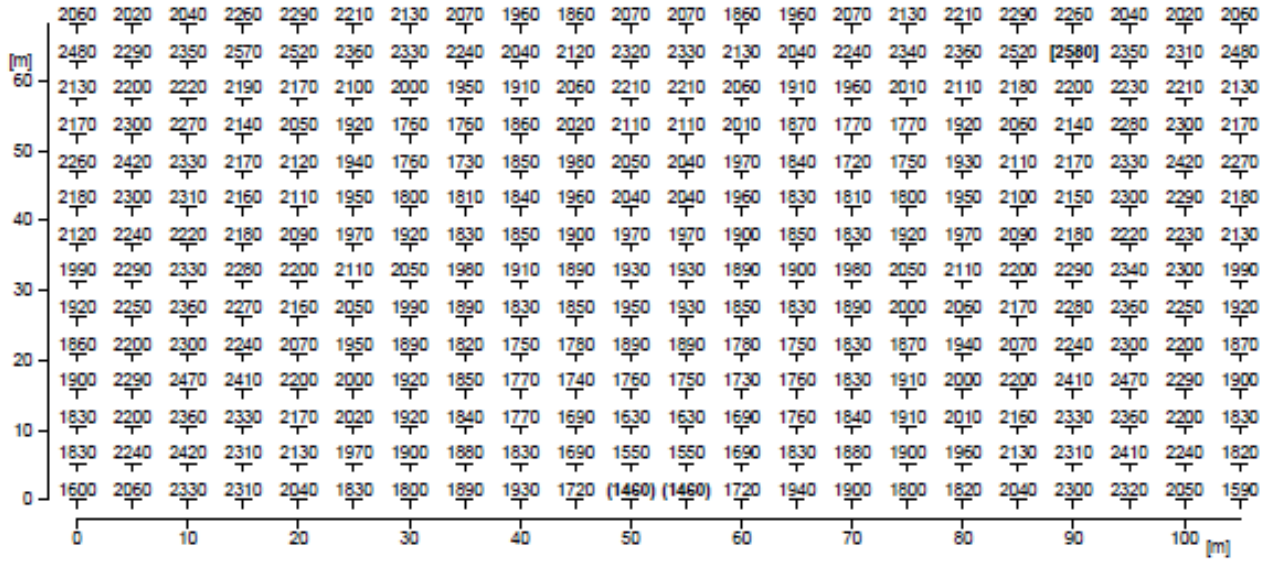
Relux programı, hesaplama sonuçlarını çeşitli biçimlerde gösterebilmektedir. Tüm sonuç çıktıları, proje denetleyicisi kısmında yer alan, çıktı bölümünden yönetilebilir. Program çıktıları genel olarak;

- Noktada aydınlık düzeylerini ve ışıklılıkları gösteren tablo,
- Eş aydınlık düzeyi eğrileri ile aydınlık düzeyini gösteren tablo,
- Renkler göre aydınlık düzeylerini ve ışıklılık değerlerini gösteren tablo,
- Aydınlık düzeyi değişimlerini gösteren grafikler,
- Aydınlık düzeyi ve ışıklılıkları gösteren 3 boyutlu görselleştirmeler,

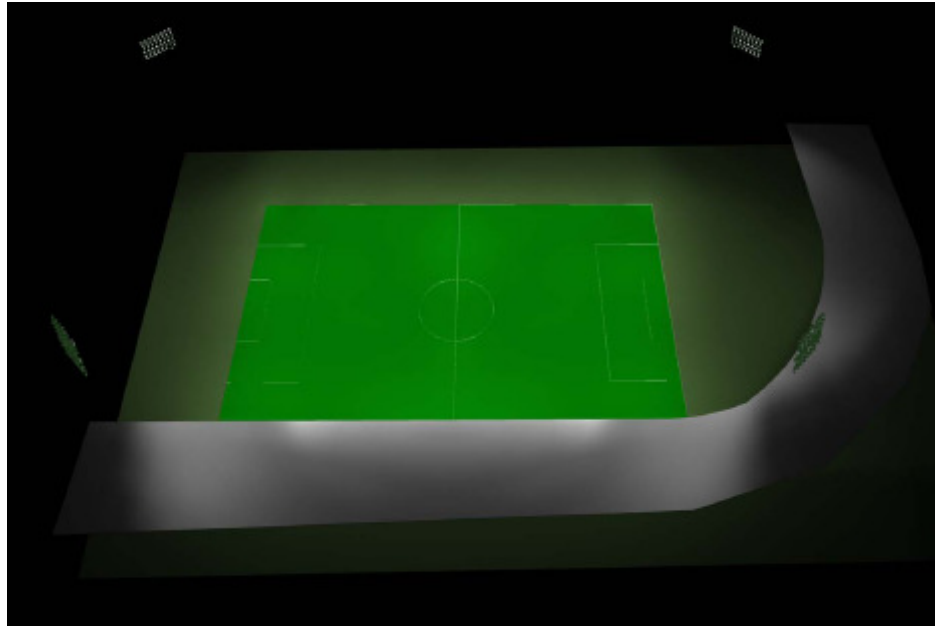
biçiminde sunulmaktadır.

Şekil 5.12 ve 5.13’de gösterildiği gibi programın çıktı formatlarına örnek olarak Siteco firmasının Relux programı ile hazırladığı çalışmasının hesap sonuçları noktada aydınlık düzeylerini gösterir tablo olarak ve üç boyutlu görünüş şeklinde verilmiştir.

Programın yardım dili İngilizce ve Almanca olmak üzere iki dilde verilmektedir (Relux Informatik AG, 2007).



Şekil 5.12 Relux programı Kasımpaşa Stadyumuna ait noktada aydınlık düzeyini gösterir tablo



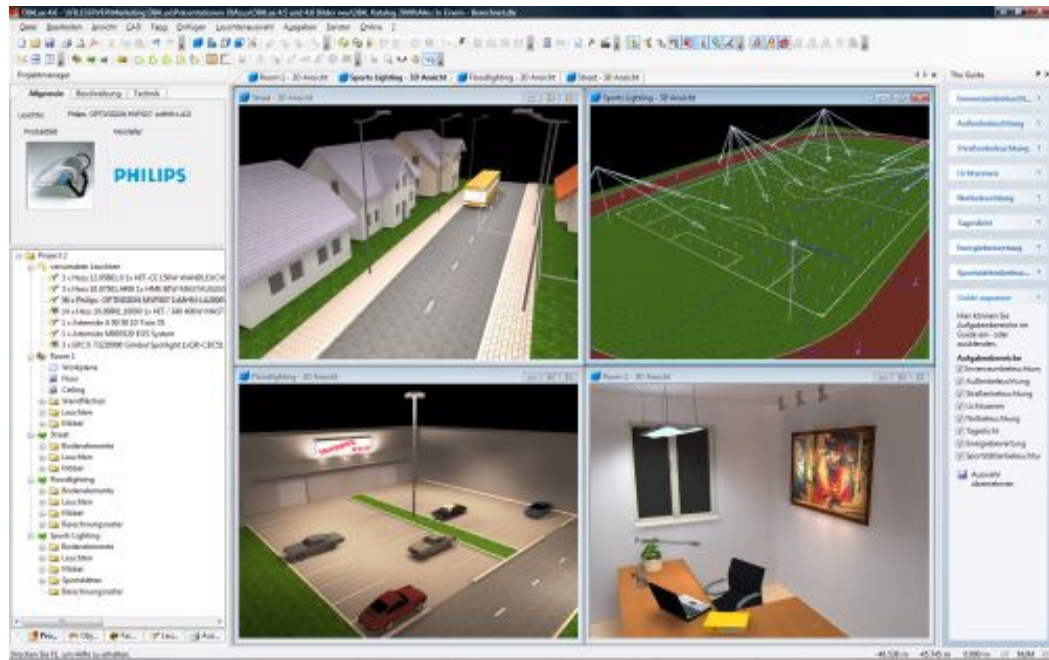
Şekil 5.13 Relux programı ile hazırlanmış Kasımpaşa Stadyumuna ait 3D görünüş

5.4.6 Dialux

DIALux programı, Almanya’da, DIAL GmbH firması tarafından, 1994 yılında, aydınlatma alanına yönelik hazırlanmış bir programdır. DIALux 3.0 versiyonu ile gündeme gelen programın temel özelliği, her aygıt üreticisi firmanın, kendi ürünlerinin teknik özelliklerini bu programa katabilmesidir.

Program www.dialux.com sitesinden ücretsiz olarak yüklenebilmekte ve Türkçe dahil olmak üzere 26 farklı dilde hazırlanması nedeniyle yaklaşık 300.000 kullanıcıya hizmet vermektedir (Albayram, 2009).

Program, iç mekan, dış mekan, yol aydınlatması ve acil aydınlatma gibi aydınlatma konularına yöneliktir. Örneğin iç mekan için dikdörtgen, L ve çokgen plan seçenekleri bulunmaktadır (Şekil 5.14).

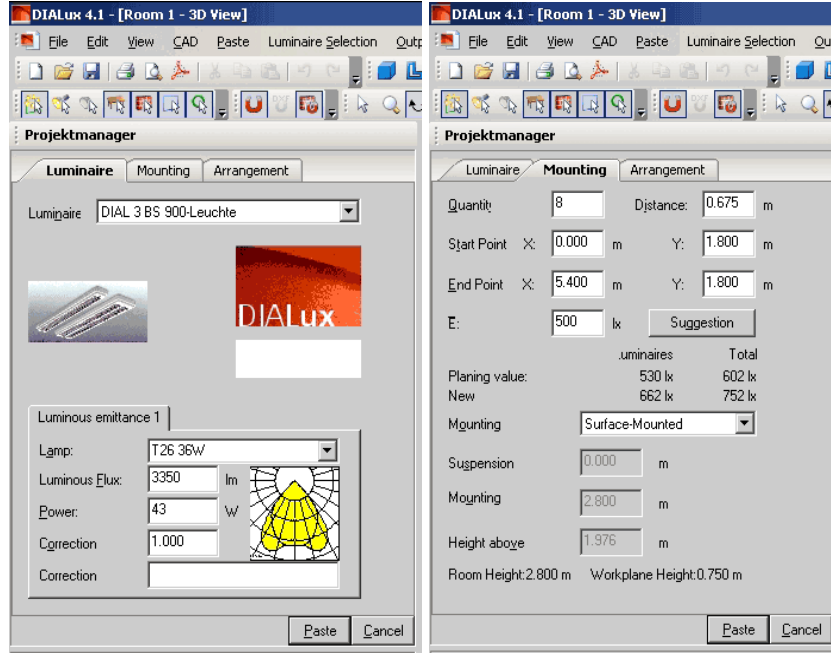


Şekil 5.14 Dialux hesaplama programı ana menüsünden

DIALux programında CAD tabanlı programlarla veri alışverişi yapabilmekte ve “dxf” yada “dwg” formatlarında kaydedilmiş dosyaları yapılacak çizimler için altlık olarak kullanılabilmektedir. Ayrıca SAT dosyası biçiminde hazırlanmış mekanları programa atayarak doğrudan aydınlatma tasarımı yapmak olanaklıdır.

DIALux programında yapay ışık kaynakları için ışık yeğinlik dağılımı formatlarından, Eulumdat, CIBSE, TM 14, IES formatları kullanılmaktadır. Program kütüphanesinde bulunan aygıtlar

yanısıra belirtilen formatlarda hazırlanmış farklı aygıtlar programa dışarıdan atanabilmektedir. Program armatür seçim menüsünde Şekil 5.1’de görüldüğü üzere istenen armatüre ait fotometrik değerler ve montaj menüsünde armatürün montaj koordinatları ile sayıları girilerek aydınlatma hesaplamasına gidilir.



Şekil 5.15 Dialux programı armatür seçim menüsü

Genel olarak her yüzeyde alınan aydınlık düzeyi ve ışıklılık sonuçları,

- Noktada aydınlık düzeylerini gösteren tablo,
- Eş aydınlık düzeyi eğrileri ile aydınlık düzeyini gösteren tablo,
- Gri değerlerine göre aydınlık düzeylerini gösteren tablo

biçiminde sunulmaktadır.

Programda hesap yüzeyleri ve mekanın 3 boyutlu görselleştirmesi ile mekanda renklere göre aydınlık düzeyini gösteren 3 boyutlu görselleştirme, aydınlatma tekniği sonuçları yer alır (Şekil 5.16).

Çıktı bilgileri, PDF dosyası biçiminde kaydedilebilmekte ve oluşturulan grafikler, başka programlara aktarılabilir. Tüm çıkış bilgileri, projeye girilen veriler doğrultusunda hazırlanır. Projeye girilen bilgi ne kadar detaylı ise, alınan sonuçlar da o kadar doğru ve detaylı olacaktır.

Programın Türkçe dahil olmak 6 dilde yardım dili vardır (DIALux Version 4.3, 2006).



Şekil 5.16 Dialux programı ile yapılan 3D görselleştirme

5.4.7 Lightscape

Lightscape programı Autodesk Inc. Discreet bölümü tarafından, temelde mekanların gerçekçi görselleştirmelerini hazırlamak amacıyla oluşturulmuş, ileri düzey görselleştirme yapan bir aydınlatma programıdır.

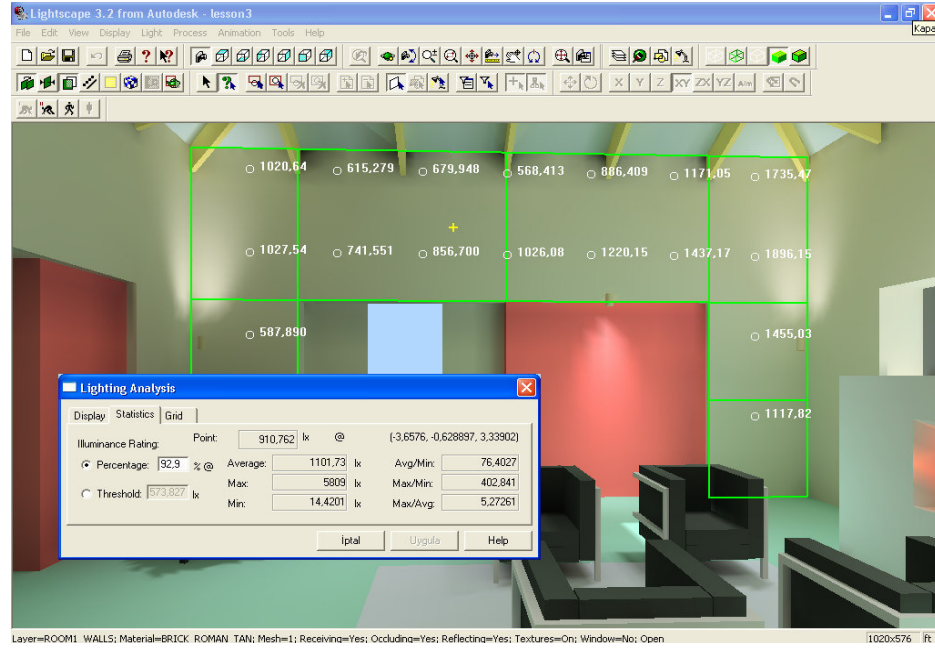
Aygıt ışık yeğlilik dağılımı için IES formatı kullanılan programda, kütüphanede yer alan aygıtlar yanısıra dışarıdan yeni aygıtlarda programa alınabilmektedir.

Lightscape programı modelleme, doku kaplama ya da animasyon programı değildir. Ancak CAD tabanlı programlarda hazırlanan mekanlar üzerinde, ışığı modellemeye ve bu mekanlara doku atamaya ve 3 boyutlu animasyon yapmaya olanak sağlar. Bu nedenle mekanları AutoCAD, 3d Studio VIZ, 3d Studio MAX gibi programlarda oluşturmak gereklidir. Bu programlar her tür geometrik ya da geometrik olmayan biçimde mekanlar hazırlayabildikleri için, Lightscape programı ile oldukça farklı biçim ve formda nesne ya da mekanlar kullanmak olanaklıdır.

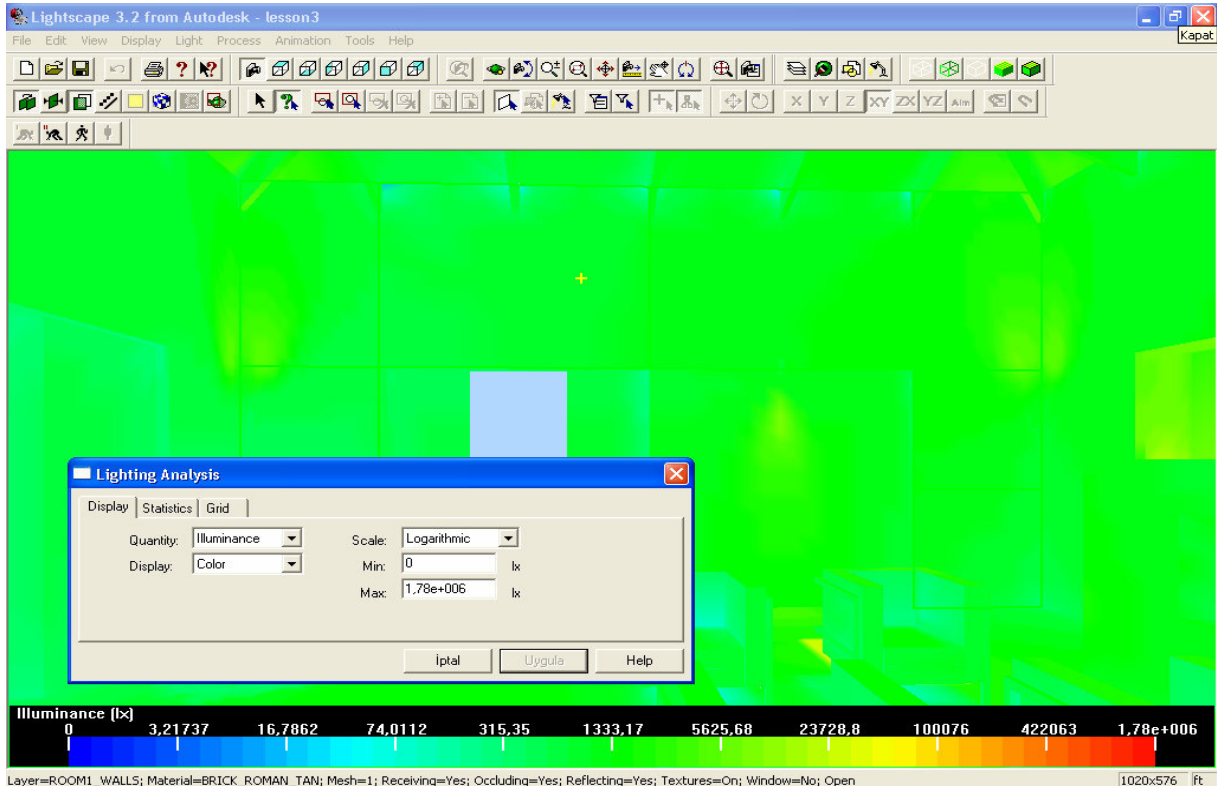
Lightscape programında, doğal ya da yapay ışık modellenirken oluşan aydınlıklar eş zamanlı olarak görülebilir. Hesaplama istenilen zamanda durdurulabilir ve o ana kadar yapılan hesaplamalara bağlı görselleştirme ve aydınlık düzeyi sonuçları alınabilir.

Belirli bir noktadaki aydınlık düzeyi ve ışıklılık değerlerini hem 3 boyutlu görselleştirme hem de menü üzerinde görmek olanaklıdır. Belirlenen bir noktadaki aydınlık düzeyi, ortalama aydınlık düzeyi ve bu noktanın konumu es zamanlı olarak okunabilir (Şekil 5.17). Program sonuçları

renklere göre ve gri değerlerine göre aydınlık düzeyi ve ışıklılığı gösteren 3 boyutlu görselleştirmeler biçiminde oluşturmaktadır (Şekil 5.18).



Şekil 5.17 Lightscape programı noktada aydınlık düzeyi sonuçları



Şekil 5.18 Lightscape programı renklere göre aydınlık düzeyi sonuçları

Program çok detaylı bir mimari program olmasından dolayı hem modeldeki cisimlere ait parametreler, hem ışık kaynağı parametreleri, hem de ışık kaynağının yerleşimlerinde çok ciddi bilgi ve tecrübe istemektedir. Programda oluşan görüntüler diğer aydınlatma programında oluşan görüntülere göre daha gerçekçi olmaktadır. Fakat programın kullanım zorluğu nedeni ile elektrik mühendisleri tarafından genel projelerde tercih edilmemektedir.

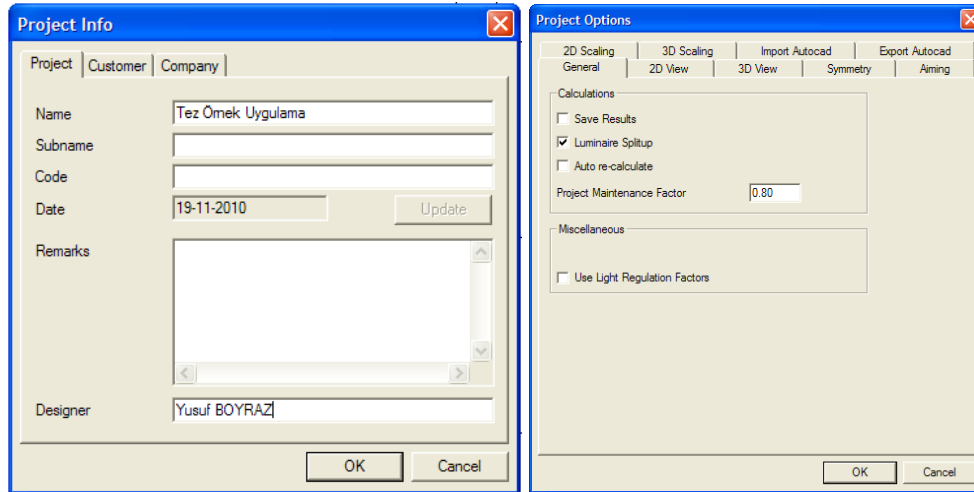
6. CALCULUX AYDINLATMA PROGRAMI İLE KAPALI SALON AYDINLATMASI İÇİN ÖRNEK BİR PROJENİN YAPILMASI

6.1 Giriş

Bu bölümde, Calculux programı ile basketbol ve voleybol sporları için ortak dizayn edilmiş salonun aydınlatması için örnek bir uygulama sunulacaktır. Salon, standart basketbol sahası ölçülerinde ve armatürlerin yerleşimi için 12 m yükseklikte ve saha dış kenarlarından 2 m açılıktaki kedi yolu olması durumu göz önüne alınarak hesaplamalar yapılacaktır.

6.2 Proje Oluşturma, Uygulama Alanı Tanımlama, Armatür ve Anahtarlama Modu Seçimi

Programda öncelikle File komutunun altında **New Project** komutu ile yeni bir dosya açılmaktadır. Dosyaya ait şirket bilgileri, müşteri bilgileri ile tasarımcıya ait bilgiler Data menüsünde **Project Info** kısmında tanımlanabilmektedir. Ayrıca aynı menü altında **Project Options** kısmında, projeye özel iki boyut ve boyut çalışmaları için ölçek belirleme, bakım faktörü için oran belirleme, Autocad programından alınacak girdiler ve çıktılar için özellikler tanımlama, programın simetri özelliği için seçimler yapılabilmektedir (Şekil 6.1).

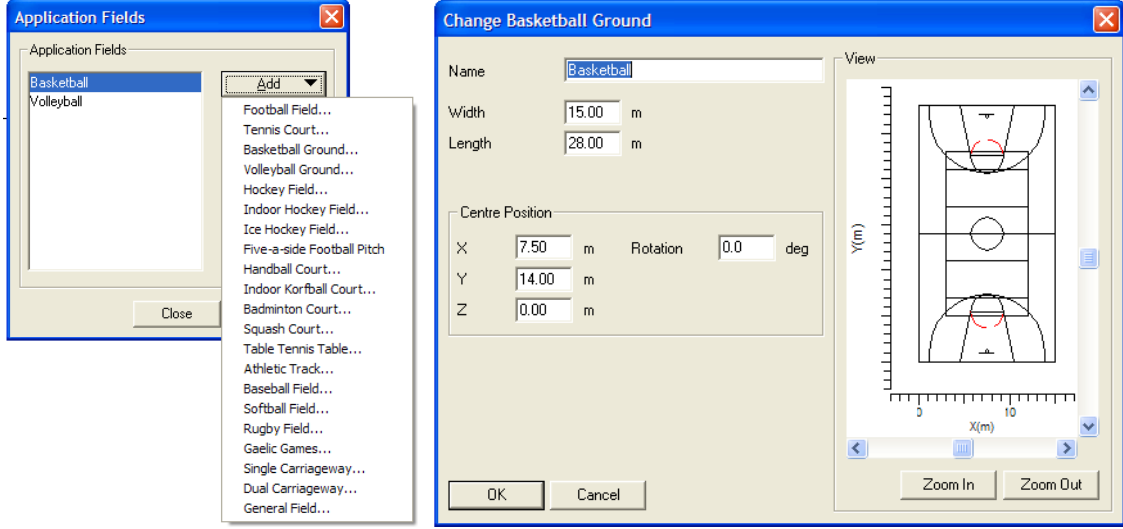


Şekil 6.1 Calculux Programında Proje oluşturma ve bilgi girişi

Projeye ait bilgilerin girilmesinden sonra tekrar Data menüsünün altında **Application Fields** kısmında hesaplama yapılacak alanın belirlenmesi gerekir. Şekil 6.2 de görüldüğü gibi menüde **Add** ikonu tıklandığı takdirde programda standartlara uygun olarak hazırlanmış spor alanları gösterilmekte olup, istenen spor dalı için saha seçimi yapılabilmektedir. Program seçilen sahayı otomatik olarak sahanın yatay ve dikey merkezleri (0,0) koordinatlarına gelecek şekilde yerleşim

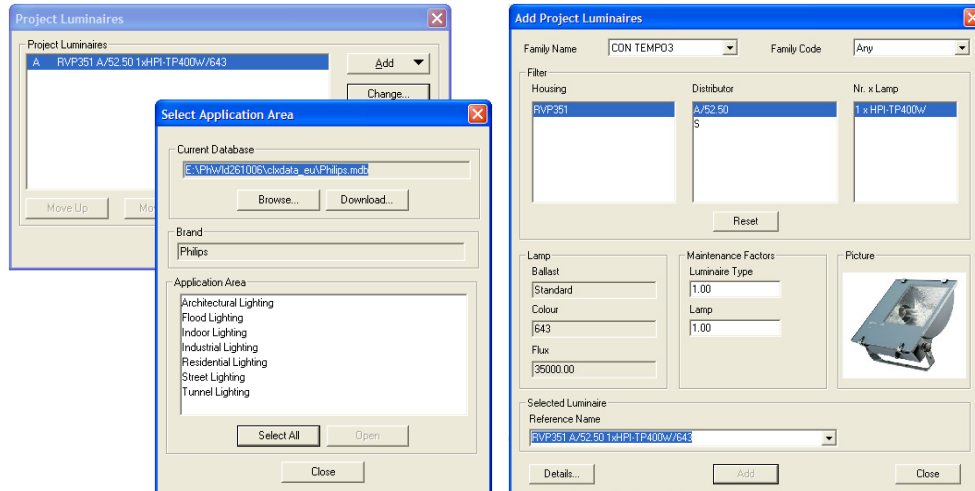
yapmaktadır. Kullanıcı Şekil 6.2’de görüldüğü **Change** komutu altında sahanın ebatlarında ve yerleşiminde gerekli değişiklikleri yapabilmektedir.

Uygulamada proje için gerekli olan basketbol ve voleybol sahalarının seçimini yapılarak ve merkezleri çıkışacak şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 6.2 Uygulama alanının tanımlanması ve konumlandırma

Uygulama alanının tanımlanmasından sonra projede kullanılacak armatürlerinde belirlenmesi ve seçimi yapılarak armatür verilerinin projeye aktarılması gerekir. Armatür seçimi için programda Data menüsü altında **Project Luminaire** kısmında armatür verilerinin bulunduğu veritabanı ve armatür grubu seçimi yapılarak kullanılacak armatür özellikleri görülür ve seçim yapılabilir (Şekil 6.3).

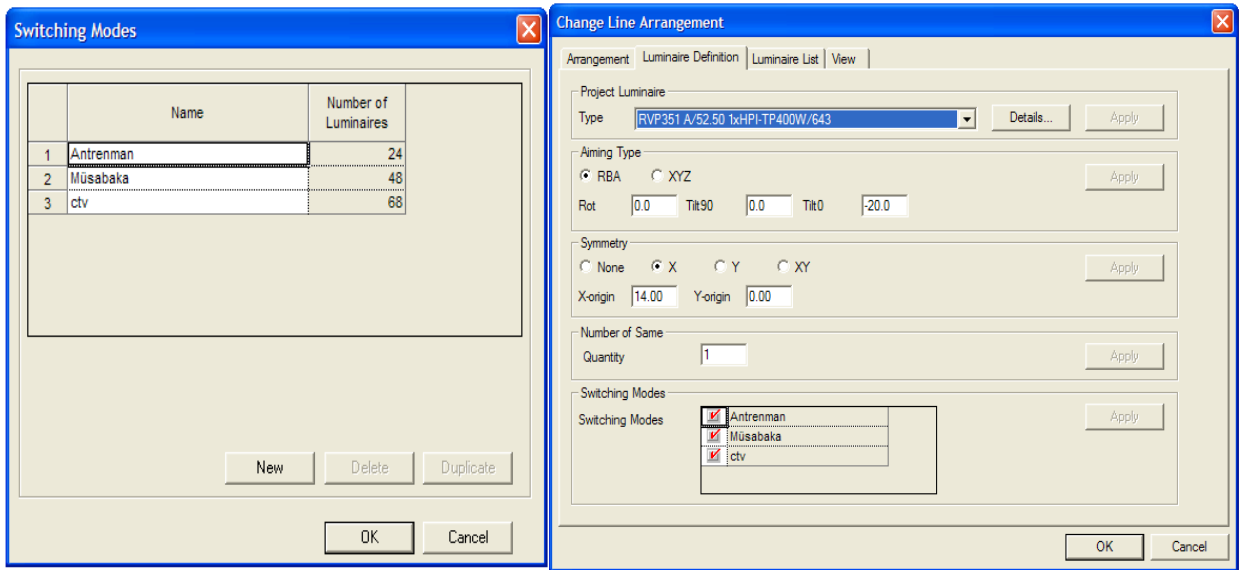


Şekil 6.3 Projede kullanılacak armatürlerin seçimi

Projede armatür olarak Philips RVP351 serisi 400W metal halide ampullü asimetrik projektör kullanılmıştır.

Genelde aydınlatma sisteminde farklı amaçlara uygun esnek bir yapı ve enerji tasarrufu sağlanması hedeflenir. Spor salonlarında aydınlatma sistemi antrenman, müsabaka ve televizyon çekim modu olmak üzere üç farklı kademede ele alınır.

Programda bu kademelendirme işlemi Data menüsü altında **Switching Modes** kısmında tanımlanır. Tanımlama sonrasında armatür yerleşiminde hangi armatürün hangi kademeler için etkin olacağı ayrıca seçilmektedir (Şekil 6.4).

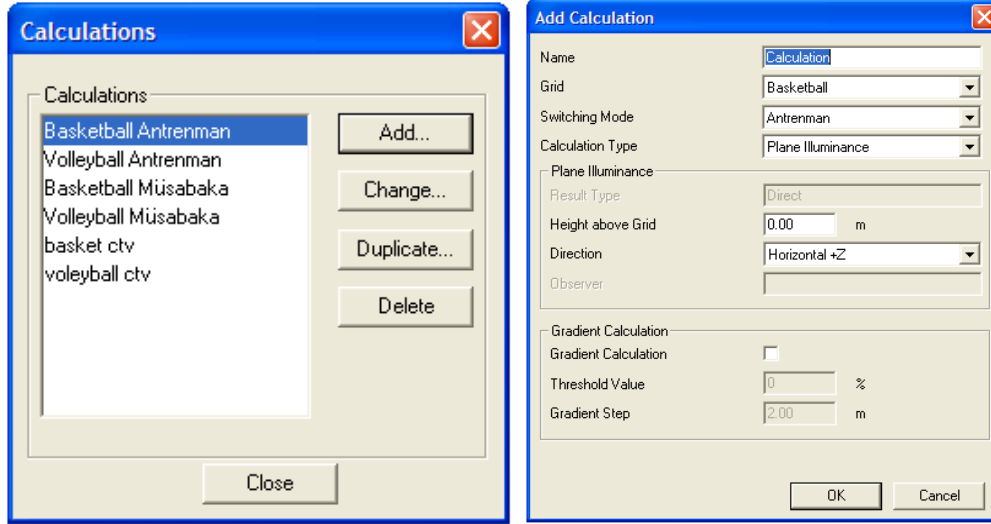


Şekil 6.4 Aydınlatma sisteminin kademelendirilmesi

6.3 Hesaplama ve Hesap Sunum Ayarları

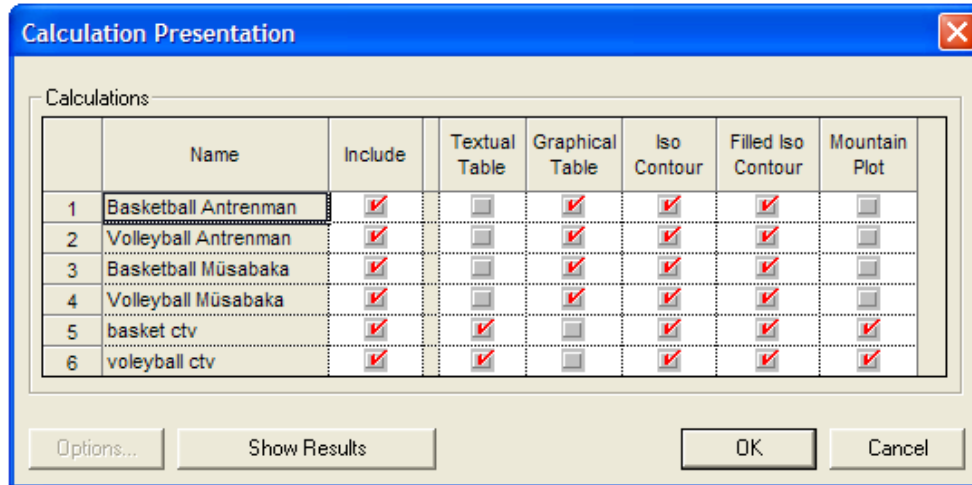
Programda projenin hesaplanmasının tanımlanması ya da sunumu ile ilgili bütün ayarlar Calculation menüde yer almaktadır. Menüde ilk olarak istenen hesaplamaların tanımlanması gerekir. Şekil 6.5’de görüldüğü gibi projede kullanılan basketbol ve voleybol spor sahaları için her kademede hesaplama tanımlanmıştır.

Hesaplamaların tanımlanmasında, belirlenen hesaplama için hangi grid sisteminin kullanılacağı, hangi kademelerde çalışılan armatürlerin aktif olacağı, hangi yüzeyde hesaplamaların yapılacağı ve yüzeyden kaç metre yukarıda hesapların yapılacağı kullanıcının seçimine bırakılmıştır (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Hesaplamaların tanımlanması

Programda armatür yerleşimlerini yaparken, hesapların kontrolü ve görselleştirmesi için ihtiyaç duyulan hesaplama sunumlarının ayarlanması gerekir. Şekil 6.6'da görüldüğü gibi tanımlaması yapılan her hesap kademesi için kullanıcı görmek istediği sunum tekniklerini işaretleyerek seçim yapabilmektedir. Sunumlarda hesaplama sonuçlarını, metin şeklinde rapor olarak, grafik olarak, noktasal aydınlık düzeyi sonuçlarının verildiği ve renk skalasına göre sonuçların verildiği sonuçlar şeklinde almak mümkündür.

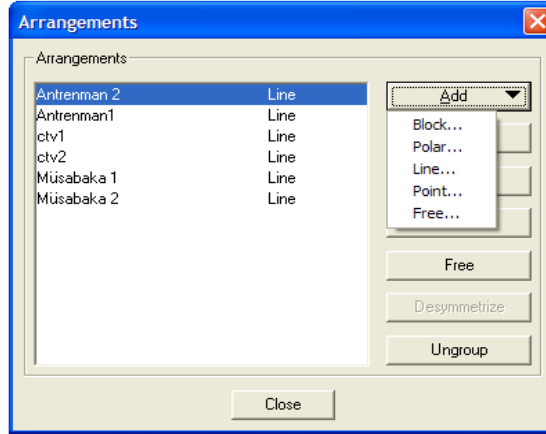


Şekil 6.6 Hesap sunum ayarlarının yapılması

Ayrıca hesaplamalarda görülmesi istenen değerlerin seçimi, ölçek bilgileri ve görsel grafiklerin kalitesine ilişkin ayarlar Options menüsü altında **Calculation Presentation Defaults** kısmında projeye özel olarak yapılabilmektedir.

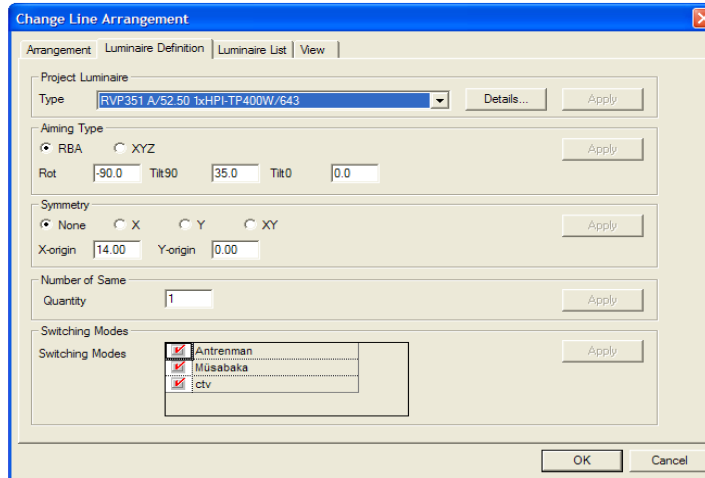
6.4 Armatürlerin Yerleşimlerinin Tanımlanması ve Ayarlar

Programda Data menüsü altında **Arranged Luminaires** kısmında, Şekil 6.7’de gösterildiği gibi istenilen armatür düzeni (blok, lineer, dairesel, polar, noktasal) projeye eklenebilir, farklı isimlerle tanımlanabilir. Projede üç kademe için sahanın iki yanında lineer armatür dizilimi yapmayı öngörerek Şekil 6.7’ de görülüşü üzere 6 adet farklı düzen tanımlanmıştır.



Şekil 6.7 Armatür düzenlerinin tanımlanması

Programda istenen aydınlık seviyesinin elde edilmesi için, kullanıcı yaptığı değişiklikleri hesaplatma sonuçlarından takip edebilir ve sonuçlar doğrultusunda armatürlerin seçiminde, konumlarında, açılı ayarlarında yapılması gereken değişiklikleri yapabilmektedir (Şekil 6.8).

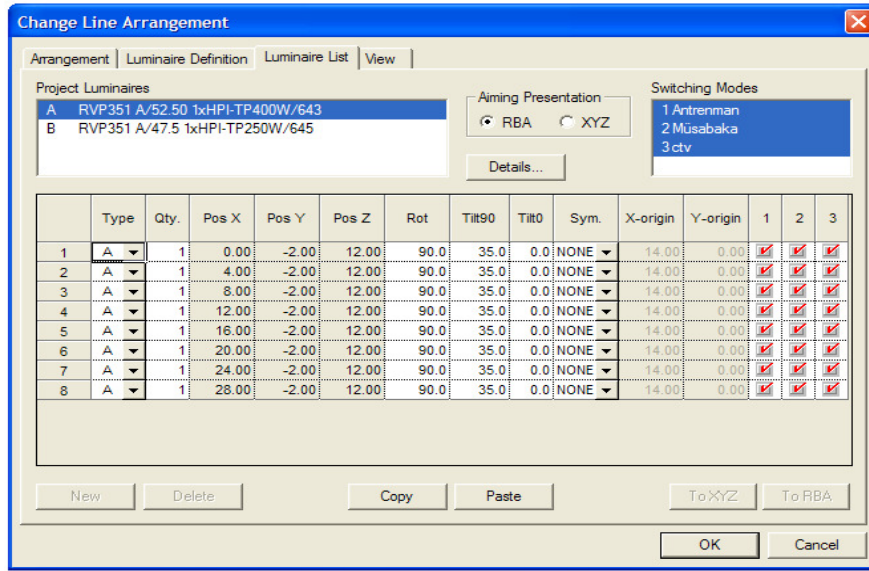


Şekil 6.8 Armatür düzenlerinde değişiklik ve ayar yapılması

Programda armatürler tek tek veya tanımlanan düzendeki armatürlerin tamamı için yönlendirme açılarını ve yönlendirme noktalarını belirlemeye imkan tanımaktadır. Tanımlanan yönlendirme

tipi ve seçilen Yönlendirme Sunumuna bağlı olarak, RBA açılarını (Rot/Tilt90/Tilt0) ya da XYZ koordinatlarını (Yön. Nok. X/Yön. Nok. Y/Yön. Nok. Z) oluşturmak ve görmek mümkündür. Eğer simetri uygulanmak isteniyorsa, armatürler için simetri tipini belirlenmektedir. Simetri kolonu, hangi tip simetri (None, X, Y, XY) kullanıldığını göstermektedir.

Projede anahtarlama uygulanıyorsa, her armatür için hangi anahtarlamanın aktif olduğunu görülebilmekte ya da belirlenebilmektedir. Her kolon sayısı, '**Switching Mode**' liste kutusundaki anahtarlama (kademe) kolon sayısı ile aynıdır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Armatür konumları ve anahtarlama kademeleri

Projede armatür düzenlerini oluştururken giriş kısmında belirtildiği gibi sahanın uzun kenarına paralel 2 m açıktan iki lineer düzende çalışmak yeterli olacaktır. 15 m eninde, 28 m uzunluğunda sahanın köşe noktasını (0,0) noktasına konumlandırılması nedeniyle Y ekseninde -2 noktası ile 17 noktasında lineer iki adet düzen oluşturabilmektedir. Düzenlerdeki armatürlerin sayısı ile ayarlarında hesaplama sonuçlarına göre değişiklik yapılabilir.

Projede istenen aydınlatma seviyeleri ve değerlere ilişkin bilgiler Çizelge 6.1 de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Projede istenen aydınlatma değerleri

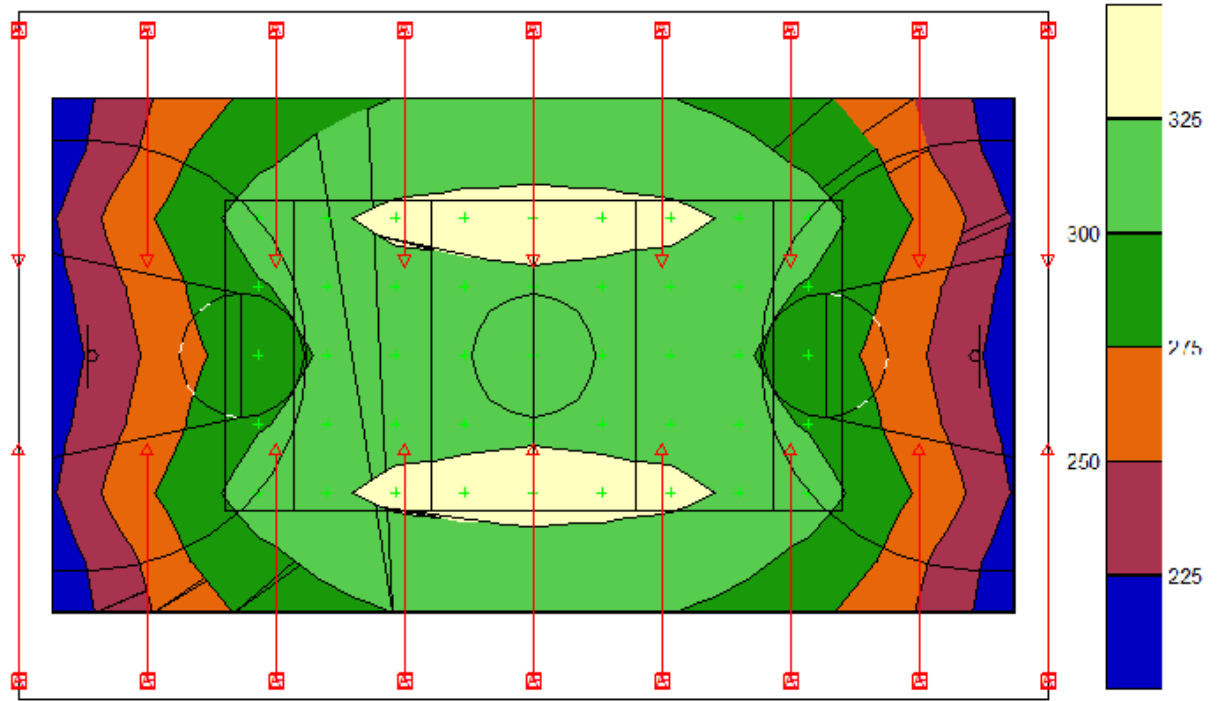
Kademe	E _{ort} (Yatay)	U ₀	U ₁
		E _{min} / E _{ort}	E _{min} / E _{max}
Antrenman	200 lux	0,6	-
Müsabaka	500 lux	0,7	-
CTV	1000 lux	-	0,5

Antrenman kademesinde 200 lux ve $E_{\min} / E_{\text{ort}} = 0,6$ oranının yakalanması için seçimi yapılan armatürden lineer olarak eşit aralıklarla 9 adet yerleştirilmiş ve farklı armatür açıları için Çizelge 6.2 de verilen aydınlatma değerleri ve oranlar elde edilmiştir.

Çizelge 6.2 Antrenman kademesi için farklı açılarda yapılan hesaplama sonuçları

Armatür Açısı	Hesaplama Bölgesi	Ortalama Aydınlık Seviyesi (Lux)	Minimum Aydınlık Seviyesi (Lux)	Maksimum Aydınlık Seviyesi (Lux)	$E_{\min}/E_{\text{ort}}$	$E_{\min}/E_{\text{max}}$
30°	Basketbol	283	205	335	0,72	0,61
	Voleybol	316	289	335	0,92	0,86
15°	Basketbol	193	29	342	0,15	0,08
	Voleybol	119	39	197	0,32	0,20
45°	Basketbol	320	187	418	0,59	0,45
	Voleybol	390	353	418	0,90	0,84

Sonuçlardan da görüldüğü üzere ortalama değer 45° de en yüksek olsa bile aydınlatma da istenen düzgünlüğün elde edilemediği, aydınlatmanın bazı noktalarda 200 lux değerinin altında kaldığı görülmektedir. Şekil 6.10'da hesap sonucunun basketbol salonu için renk skalasına göre değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 6.10 Antrenman kademesinin hesaplamasına ait renk skalasına göre değişim grafiği

Müsabaka kademesi için yapılan hesaplamalarda 500 lux değerini ve düzgünlük için 0,7 oranını elde etmek gerekmektedir. Bu nedenle antrenman kademesindeki yerleşime paralel olarak müsabaka kademesi için ilave armatür yerleşimi yapılmalıdır.

Homojenliğin bozulmaması amacıyla antrenman kademesindeki yerleşimde armatürler arasına birer ek armatür yerleştirilerek sonuçlar değerlendirildiğinde;

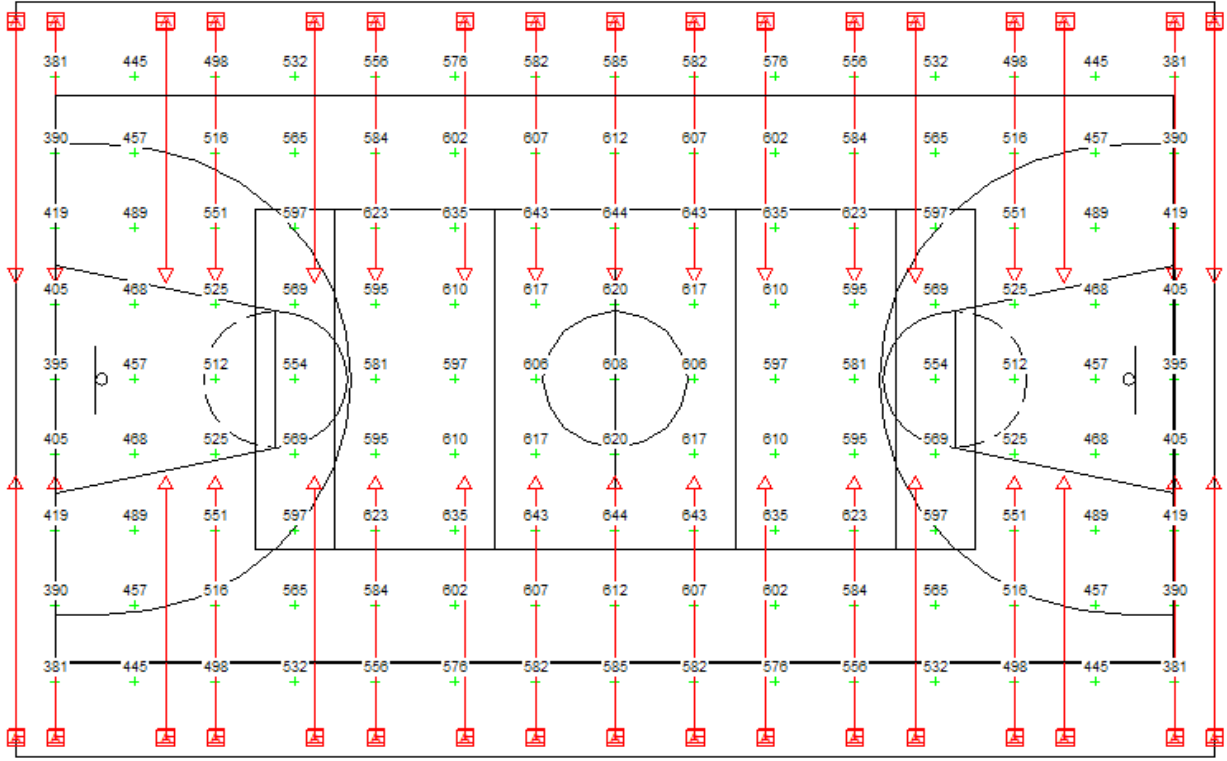
Şekil 6.11’de görüldüğü üzere X eksenine simetri olacak şekilde ilk armatürü (0,-2) konumuna ve son armatürü (12,-2) konumuna denk gelecek şekilde ve aynı yerleşimi y=17 ekseninde olmak üzere lineer bir yerleşim yapıldığında, armatür düzeninde armatürlerin hangi kademelerde aktif olacağını da belirlememiz hesap sonuçlarındaki karışıklılığa engel olacaktır.

Şekil 6.11 görüldüğü gibi müsabaka kademesi için seçilen armatürler hem 2 nolu müsabaka kademesinde hem de 3 numaralı CTV kademesinde aktif olacaklardır.

	Type	Qty.	Pos X	Pos Y	Pos Z	Rot	Tilt90	Tilt0	Sym.	X-origin	Y-origin	1	2	3
1	A	1	0.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	X	14.00	0.00		✓	✓
2	A	1	4.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	X	14.00	0.00		✓	✓
3	A	1	8.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	X	14.00	0.00		✓	✓
4	A	1	12.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	X	14.00	0.00		✓	✓

Şekil 6.11 Müsabaka kademesi armatür yerleşimi

Bu şekilde yapılan armatür düzenlemesi sonucunda yapılan müsabaka kademesi hesaplamalarında sonuçlar şekil 6.12 de verilen noktasal aydınlık düzeylerini gösteren grafikteki gibi elde edilmiştir.



Şekil 6.12 Müsabaka kademeleri sonuçlarına ait noktasal aydınlık düzeylerini gösterir grafik

Şekil 6.12'deki grafikte gösterilen değerlerde görüldüğü gibi basketbol sahası için orta noktalarda aydınlık seviyesi 550-600 lux aralığında değişirken, pota mahallinde aydınlık seviyesi 400 lux değerinin altına düşmektedir. Ayrıca programın hesaplama sonuçları Şekil 6.13 de verilmiş olup, voleybol sahası için sonuçların yeterli olmasına rağmen basketbol sahası için müsabaka kademeleri sonuçlarının E_{min}/E_{ort} değerinin sınırda olduğu ve aydınlatma seviyesinin 381 lux değerini aldığı görülmektedir.

Quality Figures							
	Calculation	Unit	Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max
1	Basketball Antrenman	lux	283	205	335	0.72	0.61
2	Volleyball Antrenman	lux	316	289	335	0.92	0.86
3	Basketball Müsabaka	lux	541	381	644	0.70	0.59
4	Volleyball Müsabaka	lux	608	554	644	0.91	0.86
5	basket ctv	lux	789	661	888	0.84	0.74
6	volleyball ctv	lux	819	730	888	0.89	0.82

Şekil 6.13 Müsabaka kademeleri hesap sonuçları

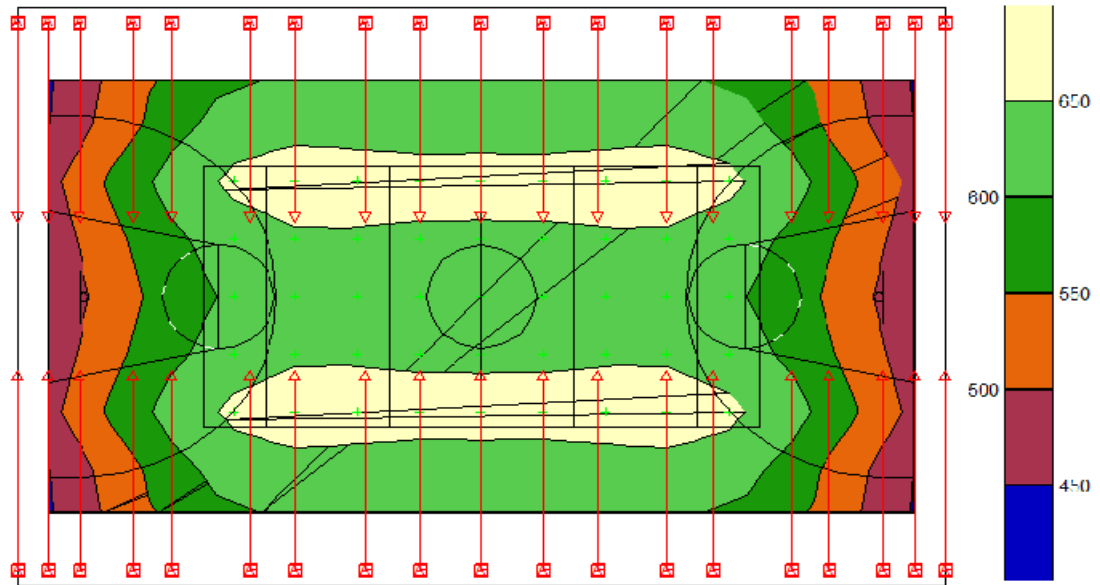
Söz konusu E_{min}/E_{ort} değerini 0.70 nin üzerine çıkarmak ve homojenliği arttırmak için noktasal aydınlık düzeylerini gösterir grafikte 400 lux değerlerinin görüldüğü pota bölgesine armatür ilave etmek çözüm getirecektir. Bu nedenle aynı açı ve özelliklerde (1.00,-2.00,12.00) koordinatlarına ve bu noktanın XY eksenlerinde simetrisine birer armatür ilavesiyle Şekil 6.14'deki sonuçlar elde edilecektir.

	Calculation	Unit	Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max
1	Basketball Antrenman	lux	283	205	335	0.72	0.61
2	Volleyball Antrenman	lux	316	289	335	0.92	0.86
3	Basketball Müsabaka	lux	591	445	674	0.75	0.66
4	Volleyball Müsabaka	lux	648	611	674	0.94	0.91
5	basket ctv	lux	838	707	952	0.84	0.74
6	volleyball ctv	lux	859	753	952	0.88	0.79

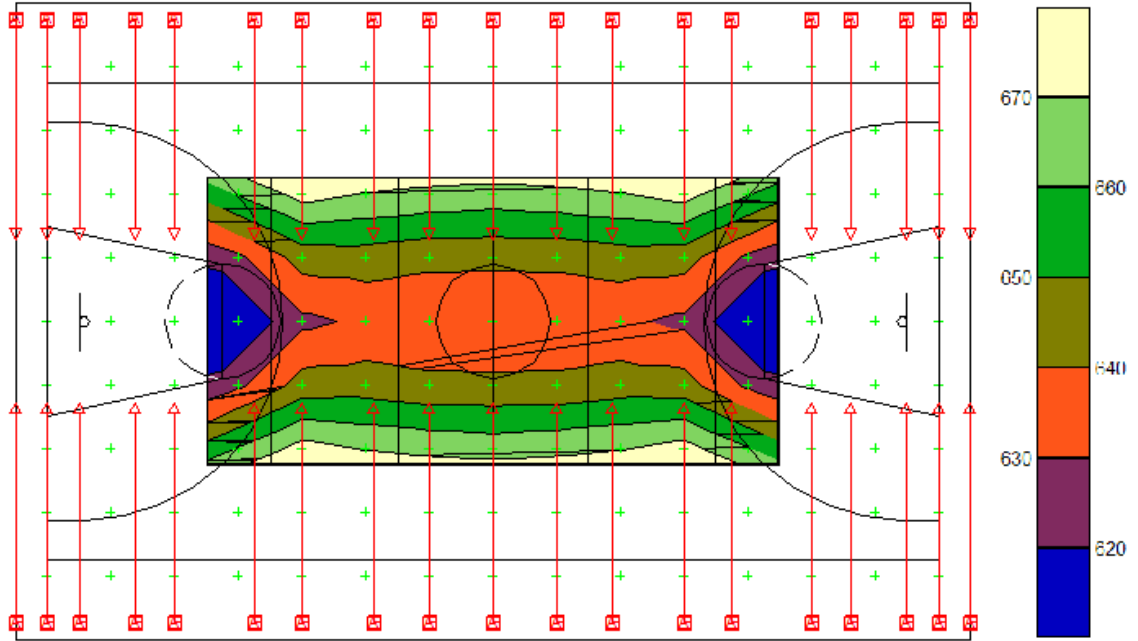
Close Calculation Details... Compute All...

Şekil 6.14 Müsabaka kademesi nihai hesap sonuçları

Böylece; bir önceki değerlere göre ortalama aydınlık düzeyi arttığı, 381 lux olan minimum aydınlık düzeyi değerinin 445 lux değerine ulaştığı, bu artış sonucunda E_{min}/E_{ort} ve E_{min}/E_{max} değerlerinin artarak sınır değerlerin üzerine çıkmış olduğu görülmektedir (Şekil 6.15, Şekil 6.16).

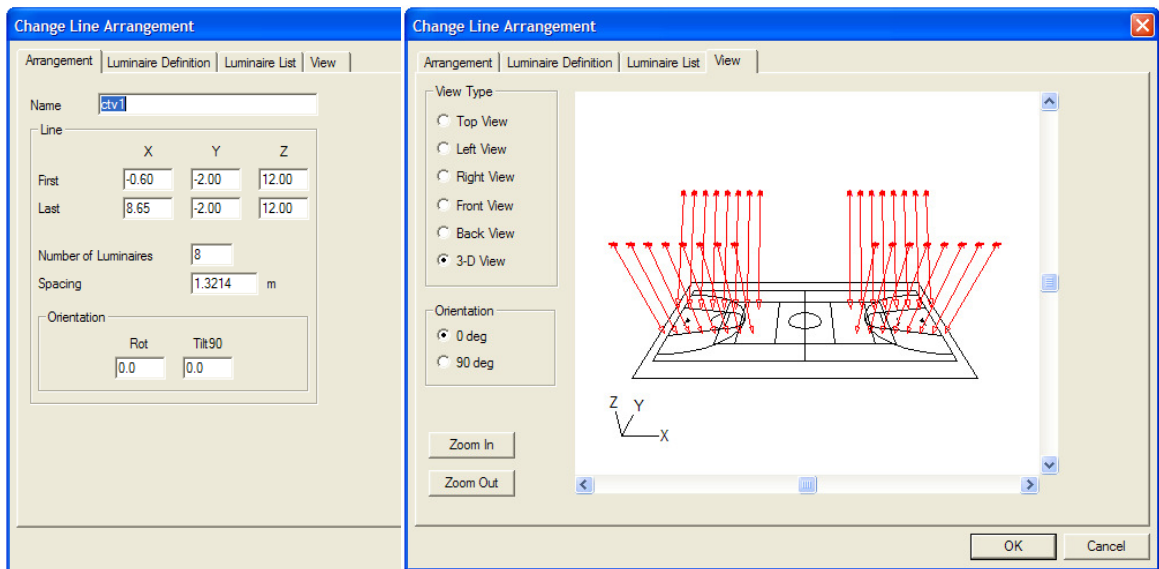


Şekil 6.15 Müsabaka kademesi basketbol sahası renk skalasına göre değişim grafiği



Şekil 6.16 Müsabaka kademesi voleybol sahası renk skalasına göre değişim grafiği

Hesaplamalarda CTV olarak tanımlanan TV çekim modunda, yatay ortalama aydınlık düzeyi 1000 lux değerini elde etmek için müsabaka kademesinde kullanılan armatürlere ilave olarak aynı nitelikte ve aynı eksende armatür ilave edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle $y=-2$ ve $y=17$ ekseninde iki sıra olarak X eksenine simetri eksenine olmak üzere -0.60 ile 8.65 noktaları arasında eşit aralıklarla 8 adet armatür eklenmiştir (Şekil 6.17).



Şekil 6.17 TV çekim modu için armatürlerin ilave edilmesi ve armatür yerleşiminin gösterimi

Armatürlerin yapılan seçimlere göre projedeki yerleşimi, **View** menüsü altında farklı bakış açılarından görülebilmekte olup gerekli değişikliklerin yapılmasına eş zamanlı olarak imkan vermektedir.

Yapılan armatür ilaveleri ve gerekli ayarlar sonrasında yapılan hesaplamada Şekil 6.18 de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Quality Figures							
	Calculation	Unit	Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max
1	Basketball Antrenman	lux	283	205	335	0.72	0.61
2	Volleyball Antrenman	lux	316	289	335	0.92	0.86
3	Basketball Müsabaka	lux	591	445	674	0.75	0.66
4	Volleyball Müsabaka	lux	648	611	674	0.94	0.91
5	basket ctv	lux	1074	868	1213	0.81	0.72
6	volleyball ctv	lux	1138	1071	1213	0.94	0.88

Close Calculation Details... Compute All...

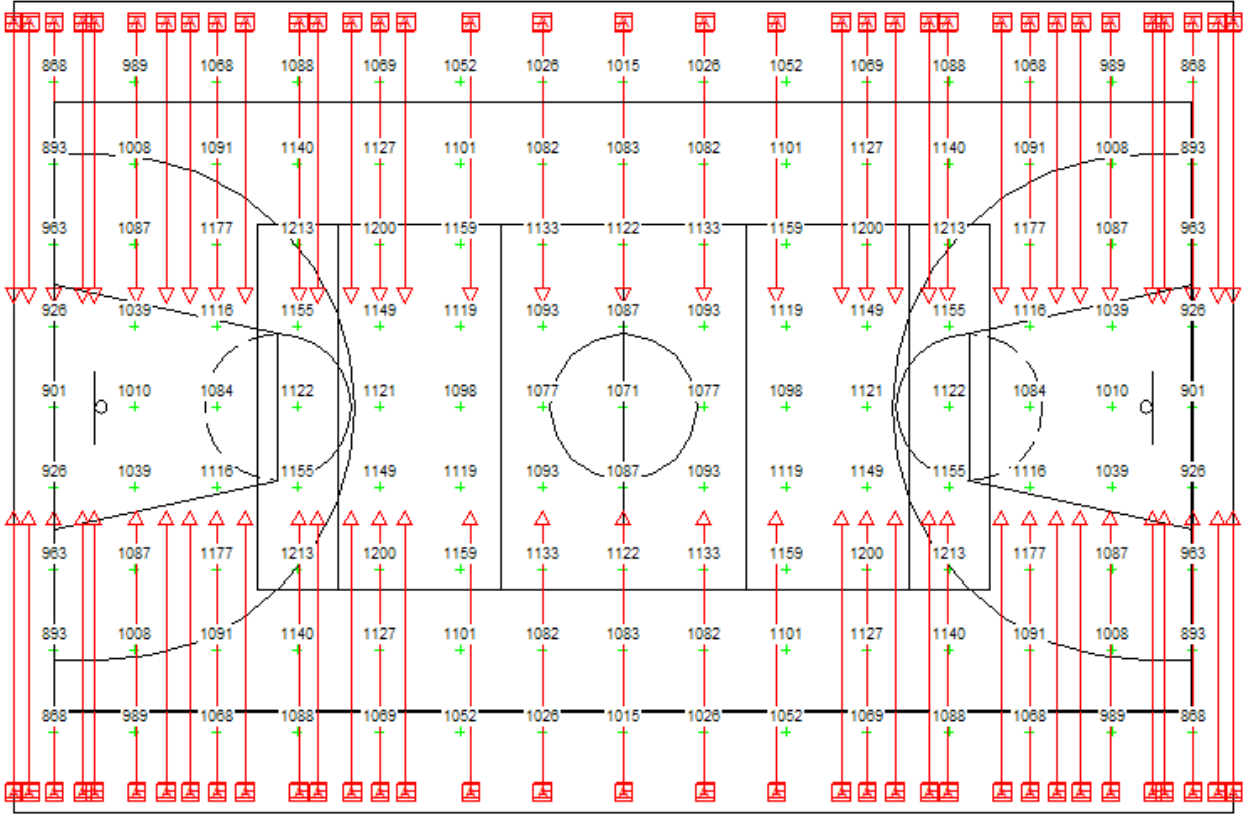
Şekil 6.18 CTV kademesi için yapılan hesaplama sonuçları

Hesaplama sonuçları incelendiğinde (Şekil 6.18); ortalama aydınlık seviyesinin 1000 lux değerinin üzerinde olduğu, E_{min}/E_{ort} değerinin basketbol ve voleybol için 0.7 değerlerinin üzerinde olduğu ve E_{min}/E_{max} değerinin de her iki saha için 0.5 değerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Hesaplama sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi Şekil 6.19'da voleybol sahası için koordinatlı sistemde aydınlatma düzeylerini gösterir grafik tablosu olarak, Şekil 6.20'de de basketbol sahası için noktasal aydınlatma düzeylerini gösteren grafik olarak verilmiştir.

X (m) Y (m)	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
11.50	1213>	1200	1159	1133	1122	1133	1159	1200	1213
9.50	1155	1149	1119	1093	1087	1093	1119	1149	1155
7.50	1122	1121	1098	1077	1071<	1077	1098	1121	1122
5.50	1155	1149	1119	1093	1087	1093	1119	1149	1155
3.50	1213	1200	1159	1133	1122	1133	1159	1200	1213

Şekil 6.19 TV çekim modu için voleybol sahasına ait aydınlatma düzeylerini gösterir grafik



Şekil 6.20 TV çekim modu için basketbol sahasına ait noktasal aydınlatma düzeyleri grafiği

6.5 Yatırım Maliyeti ve Yıllık Maliyetlerin Hesaplanması

Calculux programında Finance menüsü altında **Cost Calculation** kısmında yatırım maliyetlerine ilişkin ve tüketime ait birim fiyatlar ile aydınlatma tesisatının yıllık kullanım saatlerinin girilmesi sonrasında toplam yatırım maliyeti ve yıllık enerji tüketim maliyetleri hesaplanabilmektedir.

Projede salonun enerji tüketim maliyetleri için basketbol liginin 16 takımlı olması durumu, kulübün deplasmanda olduğu haftalarda amatör kulüpler tarafından müsabaka modunda kullanıldığı düşünüldüğünde;

Salonun bir kulüp tarafından kullanıldığı ve haftada 5 gün sabah akşam ikişer saat antrenman yaptığı, iki haftada bir TV çekimi yapılan bir lig maçı ve müsabaka modunda amatör kulüpler tarafından iki haftada bir kullanıldığını, maçların toplamda seyirci alınması ve sahanın boşaltılması dahil yaklaşık 4 saat olarak ele alırsak kademeler için kullanılan saatler;

- Antrenman için kullanılan saat: 32 Hafta x 5 Gün x 4 Saat : 640 Saat

- Müsabaka için kullanılan saat: 16 Hafta x 1 Gün x 4 Saat : 64 Saat
- TV Çekimi için kullanılan saat : 16 Hafta x 1 Gün x 4 Saat : 64 Saat

olarak hesaplanmış ve tüketim maliyeti hesaplamasına giriş yapılmıştır. Enerji tüketim birim maliyeti için BEDAŞ ticarethane tarifesini için belirlenmiş olan 0.22 TL birim fiyatı girilmiştir.

Yatırım maliyetlerinin hesabında armatür ve ampul fiyatları için Philips 2010 fiyat listesindeki fiyatlar, montaj fiyatı için yaklaşık piyasa bedeli alınmıştır.

- RVP 351 HPI-TP 400W KA Projektör (Ampul, Balast Dahil) : 361,29 TL
- HPI-T 400W PLUS Metal Halide Ampül : 51.50 TL
- Armatür Montaj Bedeli : 50.00 TL

Program maliyet hesap sonuçları Şekil 6.21 de görüleceği gibi toplam yatırım maliyetinin 32.395,30 TL olduğu, yıllık toplam yatırım, 1 adet ampul değişimi ve aydınlatma tüketim maliyetleri toplamının da 34.033,78 TL olduğu görülmektedir.

Cost Calculation

General

kWh Price TL 0.22

Amortization Period 1.0 yr

Interest Rate 0.0 %

Currency TL

	Switching Mode	Burning hrs/yr
1	Antrenman	640
2	Müsabaka	64
3	ctv	64

Annual Cost

Energy TL 1638.48

Investment TL 28790.30

Lamps TL 3605.00

Maintenance TL 0.00

Total TL 34033.78

Total Investment TL 32395.30

OK Cancel

Project Luminaire	Nr	Luminaire Price	Lamp Price	Installation Price	Maintenance Price	Relamping Period yr
RVP351 A/52.50 1xHPI-T	70	361.29	51.50	50.00	0.00	1.00
RVP351 A/47.5 1xHPI-T	0	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

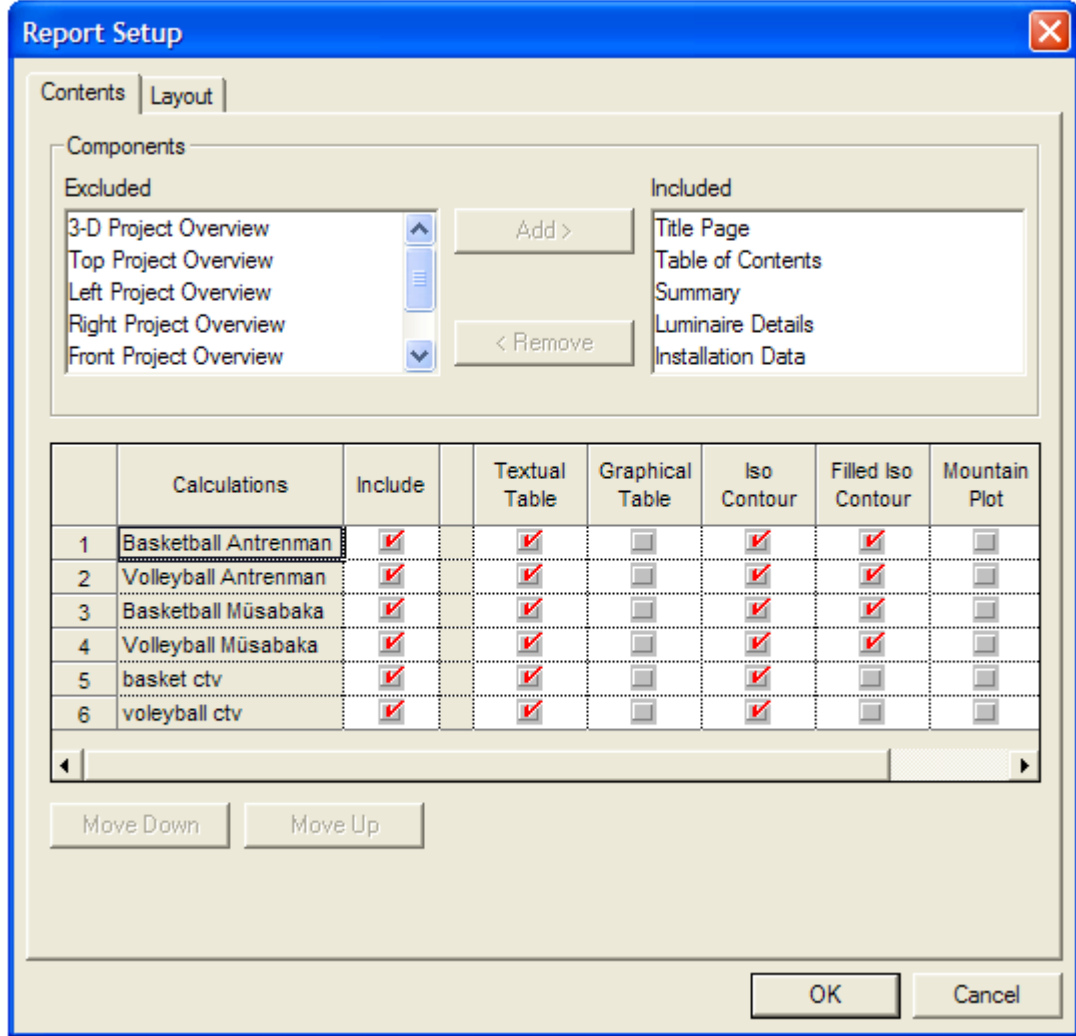
Şekil 6.21 Programın maliyet hesaplamasına ait tablo

6.6 Proje Çıktılarının Ayarlanması

Program **Report** menüsü altında çıktı formatına ilişkin ayarlar ve yazıcı seçimleri yapılabilir. Setup menüsü altında Şekil 6.22 de görüldüğü üzere **Contents** kısmında her kademe için istenen

formatta hesap sonuçlarının seçimi ve armatür yerleşimlerine ait farklı açılardan görünüşler arasında tercih yapılabilir.

Projede kullanılan armatürlere ait teknik özellikler ile armatürlerin montaj detaylarına ilişkin bilgilerin proje raporuna aktarılması da **Contents** menüsü altında yapılır.

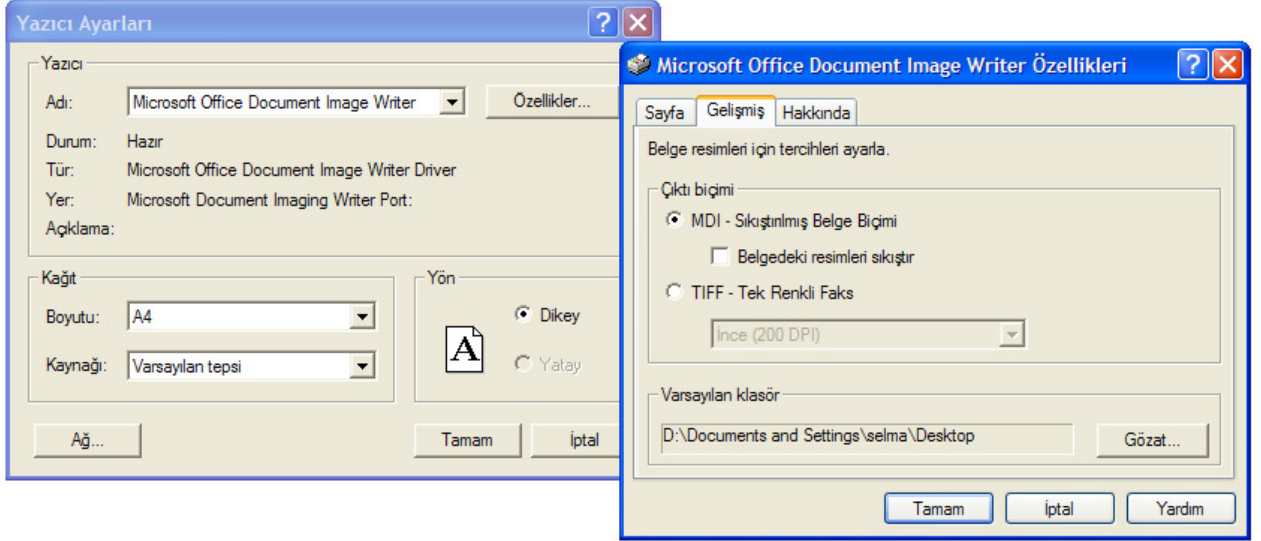


Şekil 6.22 Proje çıktı ayarlamalarının yapıldığı Setup menüsü

Setup menüsü altında **Layout** kısmında ise kullanılan armatürlerin montaj ve teknik özelliklerine ait hangi bilgilerin çıktıya aktarılacağına dair seçimler yapılır.

Çıktı ayarları yapıldıktan sonra, **Print Setup** kısmında yapılan ayarlamalar doğrultusunda hesaplamalara ait sonuçlar MDI (Microsoft Document Imaging) ve TIFF (Tagged Image File

Format) formatlarında dijital olarak ve istenen kağıt boyutunda çıktı olarak elde edilebilir (Şekil 6.23).



Şekil 6.23 Proje raporuna yazıcı ve çıktı ayarlarının yapılması

Yukarıda aşamaları belirtilen örnek projeye ait hesap sonuçları ve proje raporlarının tamamı Ek 1 de verilmiştir.

7. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE AYDINLATMA AÇISINDAN ABDİ İPEKÇİ SPOR SALONU REVİZE AYDINLATMA PROJESİNİN İNCELENMESİ

7.1 Giriş

Günümüzde özellikle tanıtım ve reklam amaçlarına hizmet eden araçlardan biri haline gelen spor müsabakalarının canlı yayınlarının daha çok izleyici çekebilmek amacıyla akşam saatlerinde yapılması spor alanlarının aydınlatılması ihtiyacını doğurmaktadır.

Spor müsabakalarının akşam saatlerinde yapılması nedeniyle aydınlatma önem kazanmakta ve canlı yayın teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda aydınlatma tesisatında ilaveler yapılması veya iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Aydınlatmada kullanılan aydınlatma cihazlarının nicelikleri ve nitelikleri ortaya çıkacak aydınlatma kalitesini doğrudan etkileyen en büyük faktördür.

Aydınlatma kalitesinin yanı sıra aydınlatma sırasında tüketilen enerji ve aydınlatma tesisatının verimliliği ekonomik açıdan önem taşımaktadır. Aydınlatmada güncel ihtiyaçları karşılamak için aydınlatma tesisatlarında yapılacak ilaveler ve iyileştirmeler neticesinde, mevcut görsel koşulları bozmadan ve mevcut aydınlık düzeyi değerlerinin daha üzerinde bir aydınlık düzeyi sağlanmalıdır.

Bu bölümde spor müsabakaları içerisinde en yüksek izlenme oranlarına sahip spor dallarından biri olan basketbol için kullanılan salon ele alınacak, bu salonlarda hali hazırda kullanılmakta olan aydınlatma sistemi için yapılmış olan aydınlatma revizyonları ele alınacaktır. Değerlendirme kısmında mevcut aydınlatma koşulları ile elde edilen koşullar arasında kıyaslama ve yapılacak iyileştirmenin maliyet açısından geri ödeme süreleri değerlendirilecektir.

7.2 Abdi İpekçi Spor Salonu Aydınlatma Revizyonunun İncelenmesi

Türkiye Basketbol Federasyonu tarafından kullanılmakta olan Abdi İpekçi Spor Salonunun aydınlatma tesisatı 2009 yılında yenilenmiş olup, mevcut sistem ve yeni sistem arasındaki görsel koşulları etkileyen faktörler, yatırım ve enerji maliyet analizleri ele alınacaktır.

7.2.1 Salon Mevcut Aydınlatma Tesisatı ve Revize Aydınlatma Tesisatına Ait Bilgiler

Abdi İpekçi Spor Salonu 1986 yılında yapımı tamamlanmış, aydınlatma tesisatında Philips HNF001 ve HNF002 serisi simetrik 1000W-2000W E-40 duylu HPI-T ampullü armatürlerle

yapılışı, sisteme sonrasında ilave olarak Philips MVF024 simetrik armatürlerinde ilave edildiği belirtilmiştir. Aydınlatma için ampullerin renksel geriverim değeri 65 olan, 1000W 84 adet, 2000W 16 adet olmak üzere 100 adet armatür kullanılmıştır (Şekil 7.1).



Şekil 7.1 Philips HNF serisi ve MVF 024 serisi armatürler [6]

Mevcut durumda salondaki aydınlık seviyesi 1200 lux olarak tespit edilmiş, iyileştirme sonrasında hedeflenen değerler ise Federasyon tarafından yayınlanan salon uygunluk yönergesi doğrultusunda 1750 lux değerinin üzerinde aydınlık seviyesine ulaşabilmek ve FIBA kriterlerini minimum düzeyde sağlayabilmektir.

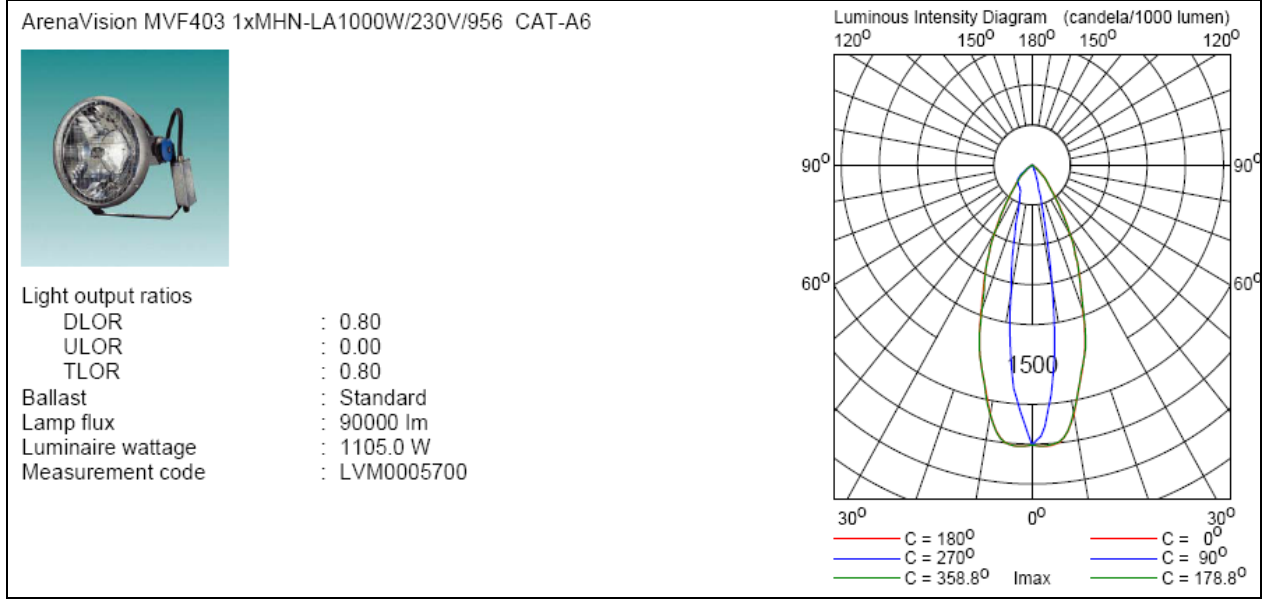
Aydınlatma tasarımında Philips firması ile çalışılmış, çözüm için 1000W HQI-TS çift duylu, renksel geriverim değeri $R_a > 90$ ampullerin kullanıldığı, MVF403 serisi rotasyonel projektörler kullanılması öngörülmüş ve Calculux programı ile gerekli aydınlatma hesaplamaları yapılmıştır.

Projede öncelikle farklı kademelerde aydınlatma düzeyinin sağlanması için antrenman, müsabaka ve canlı yayın modu olmak üzere üç farklı aydınlatma kademesi düşünülmüştür. Hesaplama sonuçları da bu kademeler doğrultusunda elde edilecek ve istenen kriterlerle kıyaslanacaktır.

Projede maliyet artışına sebebiyet vermemek amacıyla mevcut aydınlatma tesisatına altyapı tesisatı kullanılması hedeflenmiş, günümüz yüksek verimli armatürlerin kullanılması sonucunda toplam armatür sayısında ve toplam elektrik gücünde azalma olması buna olanak sağlamıştır.

Projede kullanılan rotasyonel projektörlerden CAT-A6 projektörüne ait verim ve ışık dağılım eğrisi Şekil 7.2 de verilmiştir.

Projektörlerin balastları re-hotstrike tip olup, yeni aydınlatma tesisatı salonda yapılacak görsel şovlara uyumlu ve olası kesintilere de kısa süre de cevap verir nitelikte olacaktır.



Şekil 7.2 MVF403 serisi CAT-A6 armatürüne ait teknik özellikler

7.2.2 Yeni Aydınlatma Projesinin Sonuçları ve Avantajları

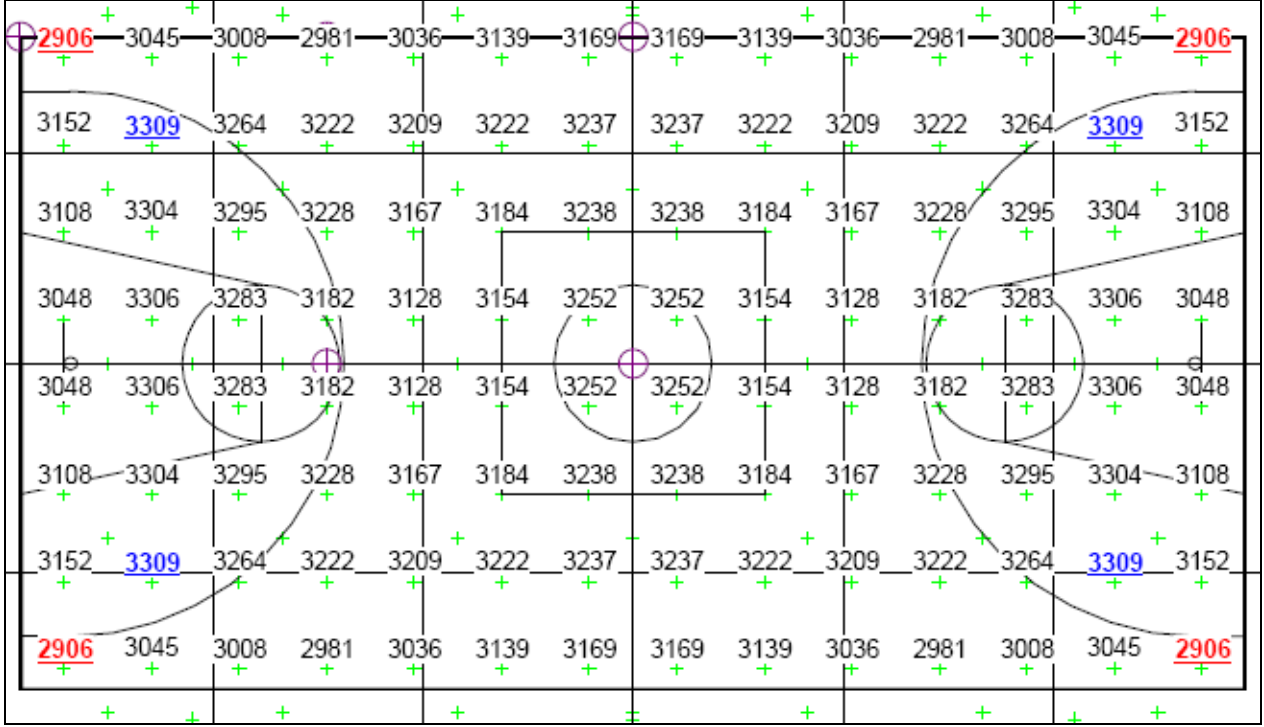
Yeni tasarlanan aydınlatma projesinde canlı yayın kademesinde günümüz yayın teknolojisinin gereği 3000 lux değeri sağlanmış, aydınlatma düzgülüğünde ise $E_{min}/E_{ort} = 0.92$ ve $E_{min}/E_{max} = 0.80$ değerleri sağlanmıştır. Aynı şekilde düşey aydınlatmada Calculux programı ile yapılmış olan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Şekil 7.3 de verilmiştir.

(II)luminance Calculations:						
Calculation	Switching Mode	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max
Basketbol Antrenman	1	Surface Illuminance	lux	448	0.60	0.47
Basketbol Musabaka	2	Surface Illuminance	lux	789	0.77	0.66
Basketbol CTV Yatay	3	Surface Illuminance	lux	3171	0.92	0.88
Basketbol CTV Ana kamera	3	Illuminance -> Aa	lux	1910	0.92	0.85
Basketbol CTV 2.kamera	3	Illuminance -> Bb	lux	1910	0.92	0.85
Basketbol CTV 3.kamera	3	Illuminance -> Cc	lux	1490	0.87	0.76

Şekil 7.3 Calculux programı ile yapılan revize aydınlatma projesine ait hesaplama sonuçları

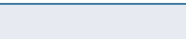
Antrenman ve müsabaka kademeleri için sırasıyla 200 lux ve 500 lux değerleri federasyonun talebi doğrultusunda EN normlarında belirtilen değerlerin üstünde yerine getirilmiştir.

Canlı yayın kademesi için yapılan hesaplama ilişkin noktasal aydınlık düzeylerini gösterir grafik Şekil 7.4 de verilmiştir.



Şekil 7.4 Canlı yayın kademesi noktasal aydınlık düzeylerini gösterir grafik

Projede kullanılan Philips MHN-LA 1000W/956 ampul resmi ve teknik özelliklerine ait tablo Şekil 7.5'te verilmiştir. Spor alanlarında önemli bir faktör olan renksel geriverim indeksi değeri mevcut sistemde 65 iken, yeni projede teknik özellikler tablosunda görüldüğü gibi 90 değerindedir. Renksel geriverim değerindeki bu artış seyirciler için görsel konfor ve yayın kalitesi açısından büyük avantaj sağlayacaktır.



Tip	Ticari ürün adı					Renk geriverim indeksi (R _a)	Renk Sıcaklığı (K)	Ampul Işık Akısı EM/CuFe (lm)	
	Ampul gücü/ Renk kodu	Duy/ soket	Gerilim	Paketleme türü	Paketleme şekli				
B	MASTER MHN-LA	1000W/842	X528/C	230V	UNP	1	80	4200	100000
	MASTER MHN-LA	1000W/956	X528/C	230V	UNP	1	90	5600	90000
	MASTER MHN-LA	2000W/842	X528/C	400V	UNP	1	80	4200	220000
	MASTER MHN-LA	2000W/956	X528/C	400V	UNP	1	90	5600	190000

Şekil 7.5 Philips MHN-LA 1000W ampul ve teknik özellikler tablosu

7.2.3 Revize Aydınlatma Projesinin Maliyet ve Geri Ödeme Süresi Açısından İncelenmesi

Maliyet hesaplamasında ve yatırımın geri ödeme süresindeki hesaplamalarda yardımcı olacak olan, üç farklı kademe için armatür sayılarını ve toplam gücü gösterir program çıktısı Şekil 7.6'da

verilmiştir. Projede en fazla armatürün kullanıldığı canlı yayın kademesinde toplam 68 adet armatürün kullanıldığı ve toplam gücün 75.14 kW olduğu görülmektedir.

The total installed power: 75.14 (kWatt)						
Number of Luminaires Per Switching Mode:						
Switching Mode	Luminaire Code					Power (kWatt)
	B	C	E	F	G	
BASKETBOL ANTRENMAN	0	0	0	8	0	8.84
BASKETBOL MUSABAKA	0	0	0	8	8	17.68
BASKETBOL CTV	8	8	20	16	16	75.14
1	0	0	0	8	0	8.84
2	0	0	0	0	8	8.84

Şekil 7.6 Aydınlatma sisteminde kullanılan armatür sayıları ve toplam güçleri

Salona ait mevcut sistem ile yeni yapılan aydınlatma tesisatına ait yatırım maliyetleri ile tüketim maliyetlerine ilişkin bilgiler Çizelge 7.1’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 7.1 Mevcut ve yeni aydınlatma tesisatının maliyet hesaplamaları

Açıklama	Mevcut Aydınlatma Tesisatı	Yeni Aydınlatma Tesisatı
Armatür Birim Maliyeti	-	2850,00 TL
Kullanılan Armatür Adedi	100	68
Toplam İlk Yatırım Maliyeti	-	193.000,00 TL
1000W Armatür Adedi	84	68
2000W Armatür Adedi	16	-
Hesaplama Süresi (Yıl)	1	1
Yıllık Kullanım Süresi (Saat)	1700 Saat	1700 Saat
Toplam Kurulu Güç (W)	126.788 W	75.140 W
Toplam Enerji Harcaması (kWh)	215.539,60 kWh	127.738,00 kWh
Enerji Bedeli (TL/kWh)	0,22	0,22
Enerji Maliyeti (TL/Yıl)	47.418,71	28.102,36
Kazanç (TL)	-	19.316,35
Geri Ödeme Süresi (Yıl)	-	10 Yıl

Mevcut ve yeni sistemlerin karşılaştırılmasında salonun 3 kulüp tarafından kullanılması ve salonun Basketbol Lig ve Avrupa Kupası maçlarına ev sahipliği yapacağı, lig ve kupa maçları dışında da özel organizasyonlara ev sahipliği yapacağı gözetilerek yaklaşık 1700 saat yıllık kullanım süresi belirlenmiştir.

Bu kullanım süreleri ile yıllık enerji tüketimi kWh olarak hesaplanmış, BEDAŞ ticarethane tarifesi kullanılarak yıllık tüketim bedeli hesaplanmıştır.

Yıllık tüketim bedellerinde eski aydınlatma sisteminin tüketim bedeli ile yeni aydınlatma tesisatının tüketim bedeli arasındaki fark tutarı kazançtır. Tüketim bedellerinden elde edilen kazanç tutarı ile tesis ilk yatırım maliyetinin oranlanması sonucunda tesisin geri ödeme süresi ortaya çıkmaktadır.

Bu doğrultuda yapılan yaklaşık hesaplamalar sonucunda, sadece aydınlatma tesisatından yıllık olarak 19.316,35 TL kazanç elde edildiği, toplam ilk yatırım maliyeti ile oranlandığında ise yatırım maliyetinin geri ödeme süresinin yaklaşık 10 yıl olduğu görülmüştür.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde özellikle tanıtım ve reklam amaçlarına hizmet eden araçlardan biri haline gelen spor müsabakaları, tribündeki seyircilerin yanı sıra canlı yayınların daha çok izleyici çekebilmesi amacıyla akşam saatlerinde yapılması tercih edilmekte ve bu sebeple spor alanlarının aydınlatılması gerekmektedir. Aydınlatmanın yanı sıra canlı yayın teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda aydınlatma kriterleri zamanla değişime uğramakta ve güncel ihtiyaçların karşılanabilmesi için aydınlatma tesisatında ilaveler veya iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

Yapılacak olan yeni veya revize aydınlatma tesislerinin tasarımında, salonda yapılması muhtemel spor dalları ve organizasyonları için uluslararası standartlarla belirlenmiş değerler, spor dalının bağlı olduğu ulusal veya uluslararası kuruluşların yayınladığı uygulama kriterleri gözetilmeli, salonda yapılacak canlı yayın noktaları ile yayın türünün ihtiyaç duyacağı yatay ve düşey aydınlık düzeyi değerleri hesaba katılmalıdır.

Tesisin yatırım maliyetinin yanı sıra işletme aşamasında enerji tüketimine bağlı giderleri etkileyen en büyük faktör olan armatür seçiminde verimlilik kriteri ihmal edilmemelidir. Aydınlatmada güncel ihtiyaçları karşılamak için proje aşamasında veya mevcut aydınlatma tesisatlarında yapılacak ilaveler ve iyileştirmelerde seçilen armatürler;

- Kullanım yeri ve amacına uygun,
- Fotometrik özellikleri uygun,
- Yeni nesil ampullü ve yüksek verimli,
- Yüksek koruma sınıflı ve kamaşma derecesi düşük

olmalıdır.

Ayrıca, aydınlatma tesisinin yatırım ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi açısından, aydınlatma tesisatının farklı kullanımlara uygun ve esnek bir yapıda olması tercih edilmelidir. Salona ait aydınlatma tesisatı, olması muhtemel uluslararası normlarda belirlenmiş organizasyonların seviyeleri olan, okul ve spor organizasyonları, antrenmanlar, yerel organizasyonlar, bölgesel organizasyonlar, ulusal ve uluslararası organizasyon seviyeleri için gerekli aydınlatma seviyelerini minimum düzeyde sağlayacak esnekliğe sahip olmalıdır. Bu esnekliğin sağlanması için tasarım aşamasında salonun aydınlatma tesisatı kullanıma göre belirli bir sayıda

kademelendirilmeli (antrenman, müsabaka, canlı yayın vb.), yerleşimi yapılan armatürler için belirlenen kademeler doğrultusunda kablo ve kumanda tesisatı yapılarak çözüme gidilmelidir.

İşletmede karşılaşılan diğer bir problem olan aydınlatma tesisatına bakım ve onarım amaçlı ulaşım kolaylığının sağlanması için tesisin yapısı hesaba katılarak, inşaat birimleri ile ortak bir çalışma yapılmalıdır. İşletmelerin genelinde kullanılan ve kalıcı olması, can güvenliği ve ulaşım kolaylığı açısından güvenilir olması nedeniyle kedi yolu vb. ulaşım çözümleri tercih edilmelidir.

Spor alanlarının çok amaçlı olarak yapılması veya özel olarak tek bir spor dalına uygun olarak yapılması gibi durumlar göz önüne alınırsa; farklı birçok aydınlatma kriterini sağlayacak aydınlatma projesinin oluşturulmasında aydınlatma programlarının kullanılması, klasik hesaplama yöntemlerine kıyasla tasarım sürecini kısaltan, doğru ve uygun sonucun bulunmasını etkileyen önemli bir faktördür.

Uygulamada birçok farklı aydınlatma tasarım programı bulunmakta ve programların ortak amacı aydınlatma düzeylerinin hesaplanması olup, hesapların sunumunda ve görselleştirilmesinde farklılığa gidilmektedir. Amaca uygun ve seçimi yapılan armatür markasının veritabanı ile uyumlu bir program kullanılarak istenen kriterler doğrultusunda doğru ve uygun bir aydınlatma projesi tasarlanabilir. Bazı aydınlatma tasarım programları ile yapılan aydınlatma tasarımının hesaplama sonuçları farklı kesitlerden görselleştirilerek sunulmakta, ayrıca yatırım ve yıllık işletme maliyetleri hesaplanarak kullanıcıya tasarımı analiz etme imkanı verilmektedir.

Bu çalışma ile spor alanların aydınlatma kriterleri hakkında uluslararası normlar doğrultusunda genel bilgiler verilerek uygulamada ihtiyaç duyulan kriterlerin neler olduğu, aydınlatma tasarımında kullanılan programların özellikleri ve bu programlardan biri olan Calculux programı ile örnek bir çalışma yapılarak sonuçlara nasıl ulaşılabileceği, ayrıca uygulaması aynı programla yapılmış revize aydınlatma projesinin sonuçları, sağladığı avantajlar yönünden incelenerek bundan sonraki çalışmalara ışık tutması amaçlanmıştır.

Sonuç olarak; spor alanlarının aydınlatma tesisatının tasarımında, alternatif sistemler karşılaştırılmalı, sistemin ilk tesis maliyeti, yıllık tüketim giderleri, bakım-işletme faktörü, lamba ömrü vb. kriterleri içeren analizler yapılarak uygun tasarıma ulaşılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Albayram, M.A., (2009), “Aydınlatma Tasarımı ve Simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış), İstanbul.
- Austin, K., (2000), “Light Pollution Containment - Effectiveness of Existing Technology”, Abacus Technical Literature.
- Büyükkınacı, B., (2008), Yol Aydınlatması Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış), İstanbul.
- CIE, (1987), “CIE International Lighting Vocabulary“, 4.Edition, Publication CIE, No 17.
- Çelebi, Z., (2007), “Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Bilgisayar Programları Üzerine Bir İnceleme”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış), İstanbul.
- DIALux Version 4.3, (2006), “The Software Standart For Calculating Lighting Layouts”, User manual, DIAL GmbH Gustav-Adolf-Straße 458507 Lüdenscheid.
- Erdem, S., (2007), “Aydınlatma Mühendisliğinde İleri Yöntemlerle Çözüm Teknikleri”, Yüksek Lisans Tezi ,Gazi Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış), Ankara.
- Fördergemeinschaft Gutes Licht-FGL (2000), “Good Lighting for Sports and Leisure Facilities 8”, Information on Lighting Applications, Germany.
- IESNA, (2000), “The IESNA Lighting Handbook, Reference & Application”, Bölüm 9, Ninth Edition, IESNA, NY.
- İmal, N., (2007), “Stadyum Aydınlatma Projelerinin Parametrik Benzetimi ile Tasarımı ve Örnek Uygulamalar”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış), Sakarya.
- MMM Group, (2009), “Lighting of Outdoor Recreational Fields in Existing Residential Neighbourhoods”, Oakville.
- Ongun, A., (2007), “Yol Aydınlatma Tesisatlarının Tasarımlarında Optimum Çözüm Kriterlerinin Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış), Ankara.
- Özenç, S., (2007), “Aydınlatma Sistemlerinde Kalite, Enerji Verimliliği ve Modelleme”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış), İstanbul.
- Özkaya, M., (1990), “Yol Aydınlatması”, İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Özkaya, M., (1994), “Aydınlatma Tekniği”, Birsan Yayınevi, 291, İstanbul.
- Özkızılkaya, Ö., (2007), “Yol Aydınlatmasında Enerji Maliyet Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Enerji Enstitüsü, (yayımlanmış), İstanbul.

Philips, (2002), “Guide to The Artificial Lighting of Football Pitches”, France.

Philips, (2006), “Guide to The Artificial Lighting of Indoor and Outdoor Sports Venues”, France.

Relux Informatik AG, (2007), “Relux Professional Manual, Relux Informatik AG”, Dornacherstrasse 377, CH-4018 Basel, Switzerland.

Sirel, Ş., (1992), “Aydınlığın Niteliği”, İlk Baskı, 25 Eylül 1992, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü.

Sirel, Ş., (1996), “Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar”, İlk Baskı : 15 Ekim 1996, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü.

Sirel, Ş., (1997), “Aydınlatma Terimleri Sözlüğü”, Yem Yayın, İstanbul.

Siteco, (2007), “The Sicompact R3 Maxi Projector”.

Tefken Endüstri, (2006), “Aydınlatma ile İlgili Genel Kavramlar”.

Thorn, (2007), “Sports Floodlighting, High Performance Lighting İdeal for Sports Fields and Stadiums”.

Ünal, A. ve Özenç, S., (2004), “Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları”, Birsen Yayınevi, İstanbul .

Wells, F.D., “Techline Sports Lighting Brochure, Baker County Public Schools”, Florida.

Yavuz, C., (2004), “Stat Aydınlatması Teknikleri Dünyada ve Türkiyede Uygulamaları”, 5. Ulusal Aydınlatma Kongresi, Aydınlatma Türk Milli Komitesi Bildiriler, 7-8 Ekim 200, CNR Fuar Merkezi-İstanbul.

Yavuz, C., Akın, İ. ve Yalçın , M.A., (2006) , “Enerji Verimliliği ve Aydınlatma Bileşenleri Bakımından Stat Aydınlatması İncelemesi : Sakarya Atatürk Stadı”, 6.Ulusal Aydınlatma Kongresi 23-24 Kasım 2006, İTÜ Taşkışla, İstanbul.

İnternet Kaynakları

[1] www.siteco.com

[2] www.ikizler.com

[3] www.apollolighting.co.uk

[4] www.philips.com/lighting

[5] www.prismaecat.lighting.philips.com

[6] www.ecat.lighting.philips.com/l/catalog

[7] www.sportlighting.com

[8] www.targetti.it/software.asp

[9] www.thorlux.com/software_downloads.shtml

[10] www.pro-lite.co.uk

[11] www.lighting.philips.com

[12] www.relux.biz

[13] www.dialux.com

EKLER

Ek 1	Örnek Aydınlatma Uygulama Projesi.....	98
Ek 2	Abdi İpekçi K. Spor Salonu Aydınlatma Tasarımı.....	125

Ek 1**Örnek Aydınlatma Uygulama Projesi**

Date: 19-11-2010

Designer: Yusuf BOYRAZ

The nominal values shown in this report are the result of precision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

Table of Contents

1. Summary	3
1.1 General Information	3
1.2 Project Luminaires	3
1.3 Calculation Results	3
2. Calculation Results	5
2.1 Basketball Antrenman: Textual Table	5
2.2 Basketball Antrenman: Iso Contour	7
2.3 Basketball Antrenman: Filled Iso Contour	8
2.4 Volleyball Antrenman: Textual Table	9
2.5 Volleyball Antrenman: Iso Contour	10
2.6 Volleyball Antrenman: Filled Iso Contour	11
2.7 Basketball Müsabaka: Textual Table	12
2.8 Basketball Müsabaka: Iso Contour	14
2.9 Basketball Müsabaka: Filled Iso Contour	15
2.10 Volleyball Müsabaka: Textual Table	16
2.11 Volleyball Müsabaka: Iso Contour	17
2.12 Volleyball Müsabaka: Filled Iso Contour	18
2.13 basket ctv: Textual Table	19
2.14 basket ctv: Iso Contour	21
2.15 voleyball ctv: Textual Table	22
2.16 voleyball ctv: Iso Contour	23
3. Luminaire Details	24
3.1 Project Luminaires	24
4. Installation Data	25
4.1 Legends	25
4.2 Luminaire Positioning and Orientation	25
5. Financial Information	27
5.1 Installation Data	27
5.2 Luminaire Information	27
5.3 Total cost	27

1. Summary

1.1 General Information

The overall maintenance factor used for this project is 0.80.

1.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
A	70	RVP351 A/52.50	1 * HPI-TP400W	423.3	1 * 35000

The total installed power: 29.63 (kWatt)

Number of Luminaires Per Switching Mode:

Switching Mode	Luminaire Code	Power (kWatt)
	A	
Antrenman	18	7.62
Müsabaka	38	16.09
ctv	70	29.63

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
	A	
Antrenman 2	9	3.81
Antrenman1	9	3.81
Müsabaka 1	8	3.39
Müsabaka 2	8	3.39
ctv1	32	13.55
ctv2	0	0.00
müs ilave	2	0.85
müs ilave2	2	0.85

1.3 Calculation Results

Switching Modes:

Code	Switching Mode
1	Antrenman
2	Müsabaka
3	ctv

(II)luminance Calculations:

Calculation	Switching Mode	Type	Unit	Ave	Min	Max	Min/Ave	Min/Max
Basketball Antrenman	1	Surface Illuminance	lux	283	205	335	0.72	0.61
Volleyball Antrenman	1	Surface Illuminance	lux	316	289	335	0.92	0.86
Basketball Müsabaka	2	Surface Illuminance	lux	591	445	674	0.75	0.66
Volleyball Müsabaka	2	Surface Illuminance	lux	648	611	674	0.94	0.91
basket ctv	3	Surface Illuminance	lux	1074	868	1213	0.81	0.72
volleyball ctv	3	Surface Illuminance	lux	1138	1071	1213	0.94	0.88

Glare Rating on Free Points:

Background Luminance Grids:

Code	Name	Rho
AA 25	Basketball	0.25

	Observer			Angles		Position			Theta Max	Grid	GR Values		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Hor.	Ver.	X (m)	Y (m)	Z (m)	deg.		1	2	3
1	14.00	7.00	1.00	0	-2.0	56.95	7.00	-0.50	60.0	AA 25	10	10	10

2. Calculation Results

2.1 Basketball Antrenman: Textual Table

Antrenman

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)

X (m)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00
Y (m)													
15.50	205<	236	263	276	291	297	302	301	302	297	291	276	263
13.50	210	241	275	293	306	310	316	315	316	310	306	293	275
11.50	223	261	290	313	322	330	332	335>	332	330	322	313	290
9.50	216	248	277	298	309	317	320	321	320	317	309	298	277
7.50	211	242	270	289	303	310	314	314	314	310	303	289	270
5.50	216	248	277	298	309	317	320	321	320	317	309	298	277
3.50	223	261	290	313	322	330	332	335>	332	330	322	313	290
1.50	210	241	275	293	306	310	316	315	316	310	306	293	275
-0.50	205	236	263	276	291	297	302	301	302	297	291	276	263

Continue >

Average 283 Minimum 205 Maximum 335 Min/Ave 0.72 Min/Max 0.61 Project maintenance factor 0.80

< Continue

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)

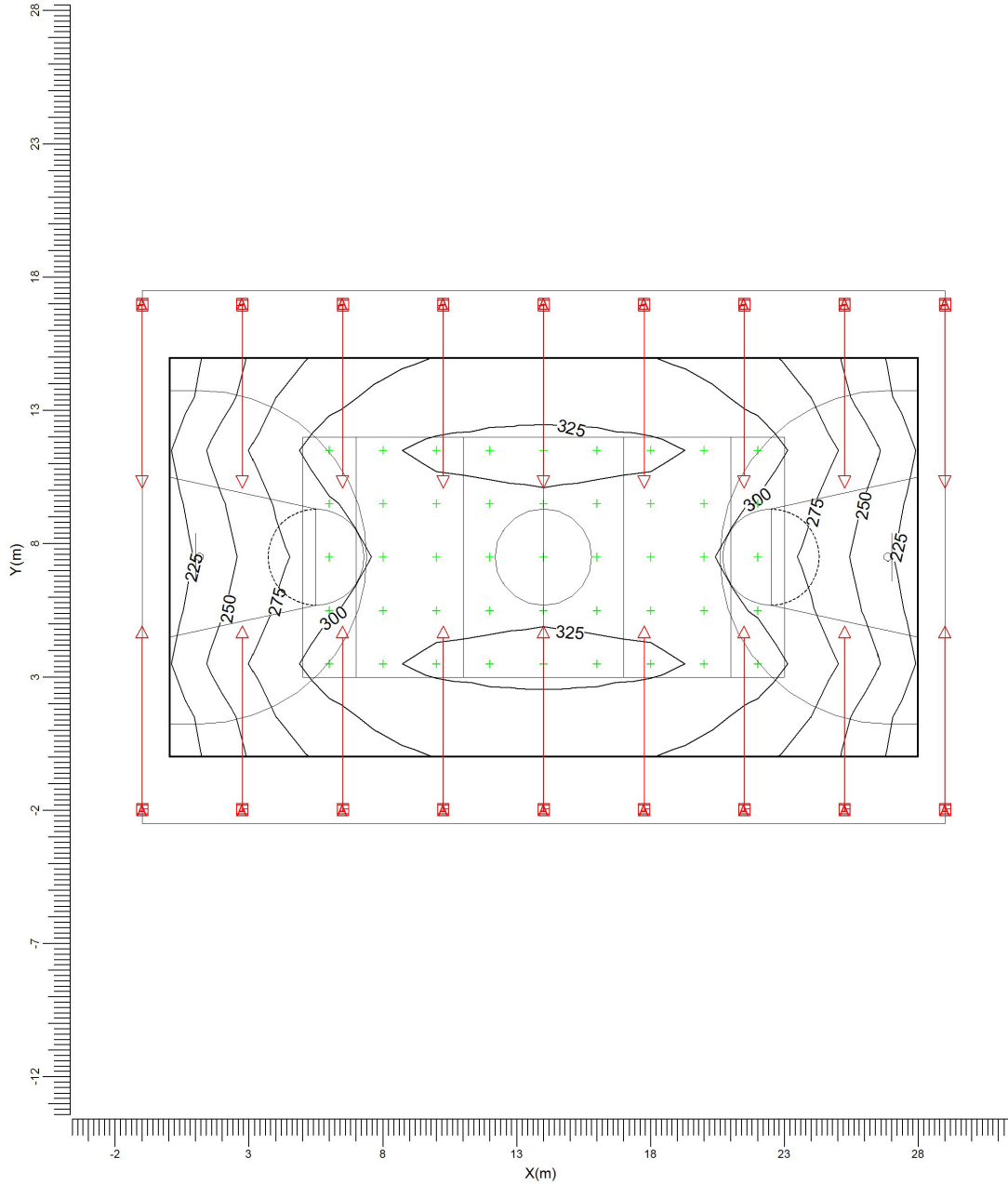
X (m)	26.00	28.00
Y (m)		
15.50	236	205<
13.50	241	210
11.50	261	223
9.50	248	216
7.50	242	211
5.50	248	216
3.50	261	223
1.50	241	210
-0.50	236	205<

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor
283	205	335	0.72	0.61	0.80

2.2 Basketball Antrenman: Iso Contour

Antrenman

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



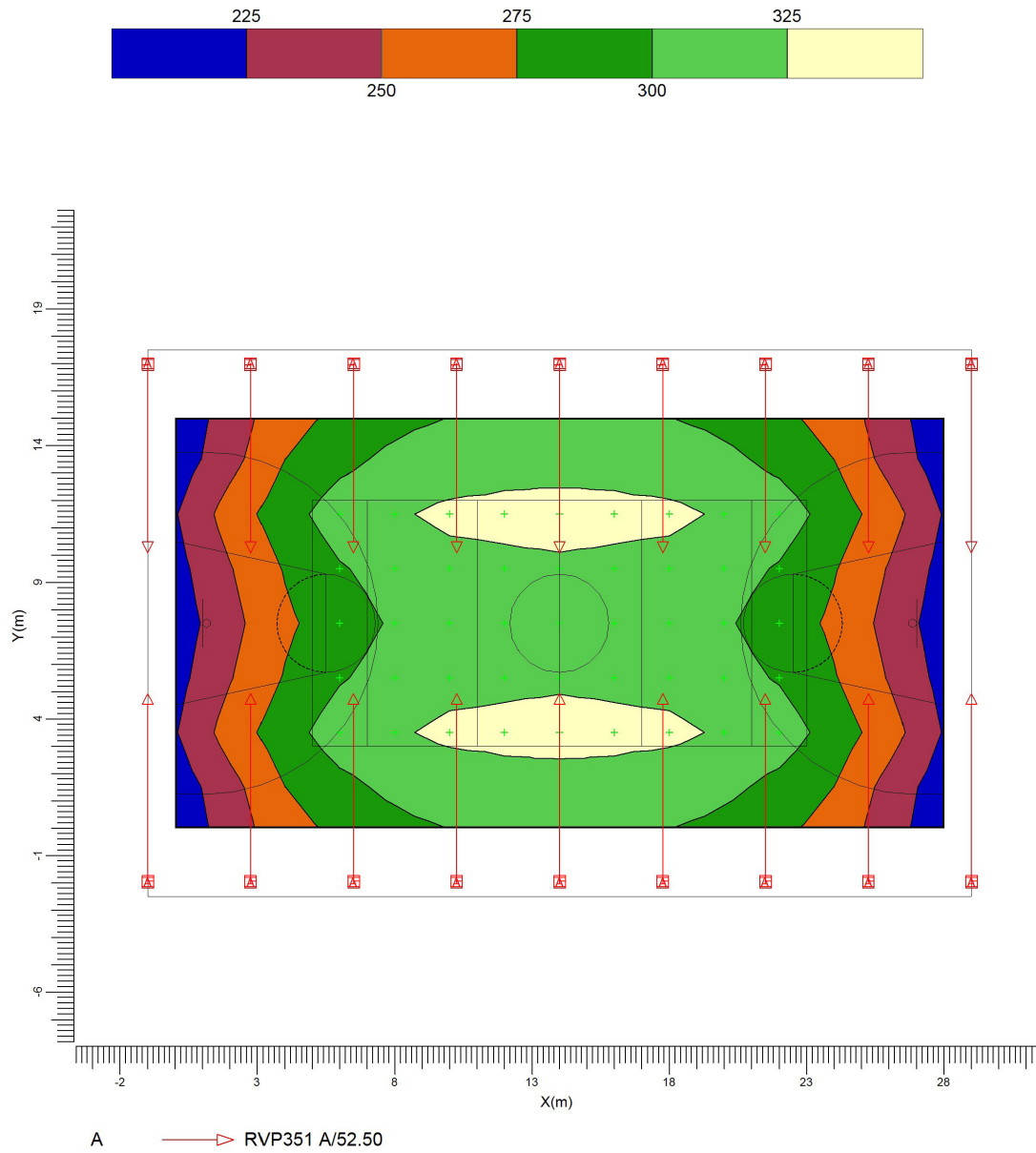
A — RVP351 A/52.50

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
283	205	335	0.72	0.61	0.80	1:200

2.3 Basketball Antrenman: Filled Iso Contour

Antrenman

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
283	205	335	0.72	0.61	0.80	1:200

2.4 Volleyball Antrenman: Textual Table

Antrenman

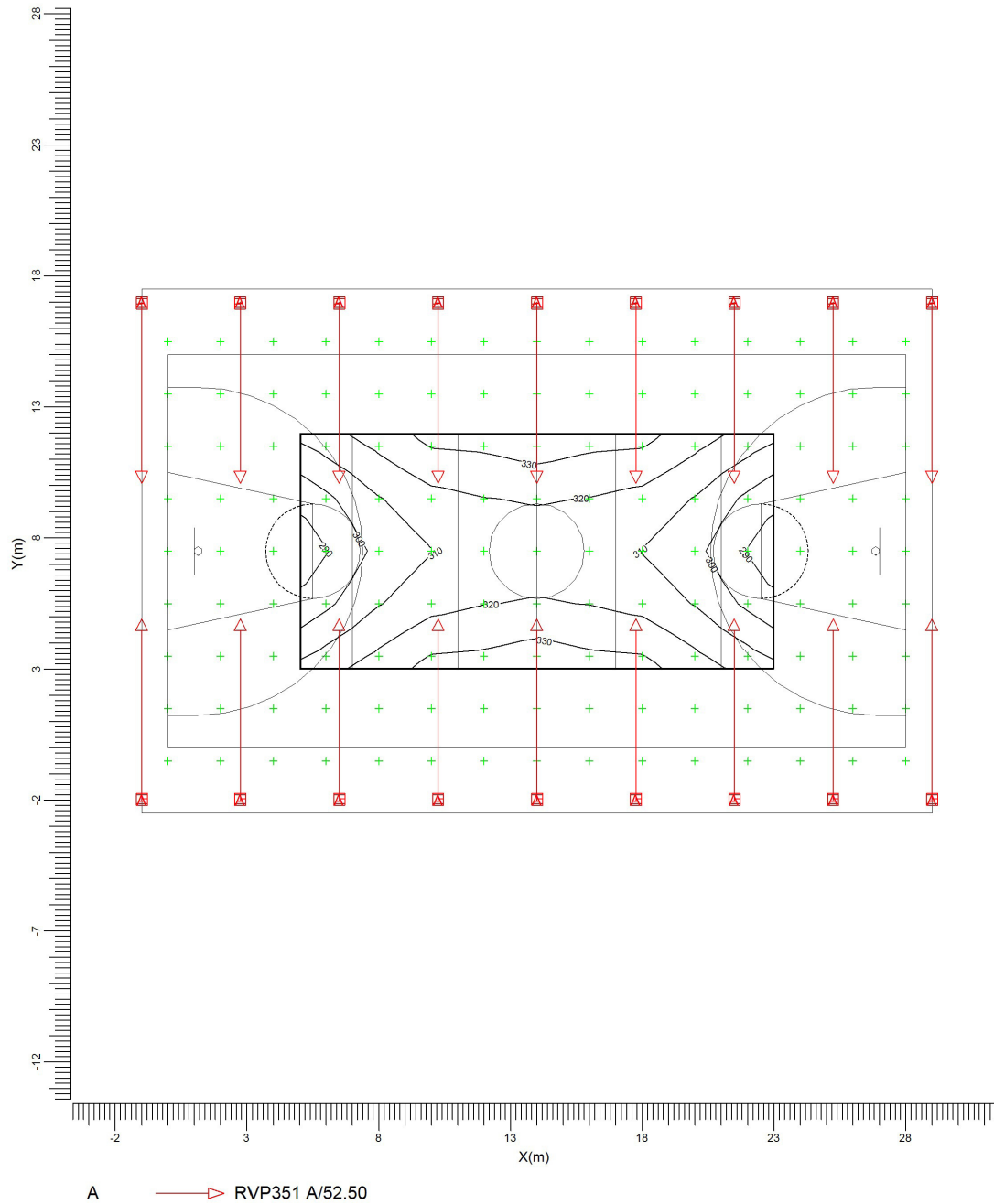
Grid	: Volleyball at Z = 0.00 m								
Calculation	: Surface Illuminance (lux)								
X (m)	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
Y (m)									
11.50	313	322	330	332	335>	332	330	322	313
9.50	298	309	317	320	321	320	317	309	298
7.50	289<	303	310	314	314	314	310	303	289
5.50	298	309	317	320	321	320	317	309	298
3.50	313	322	330	332	335>	332	330	322	313

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor
316	289	335	0.92	0.86	0.80

2.5 Volleyball Antrenman: Iso Contour

Antrenman

Grid : Volleyball at Z = 0.00 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)

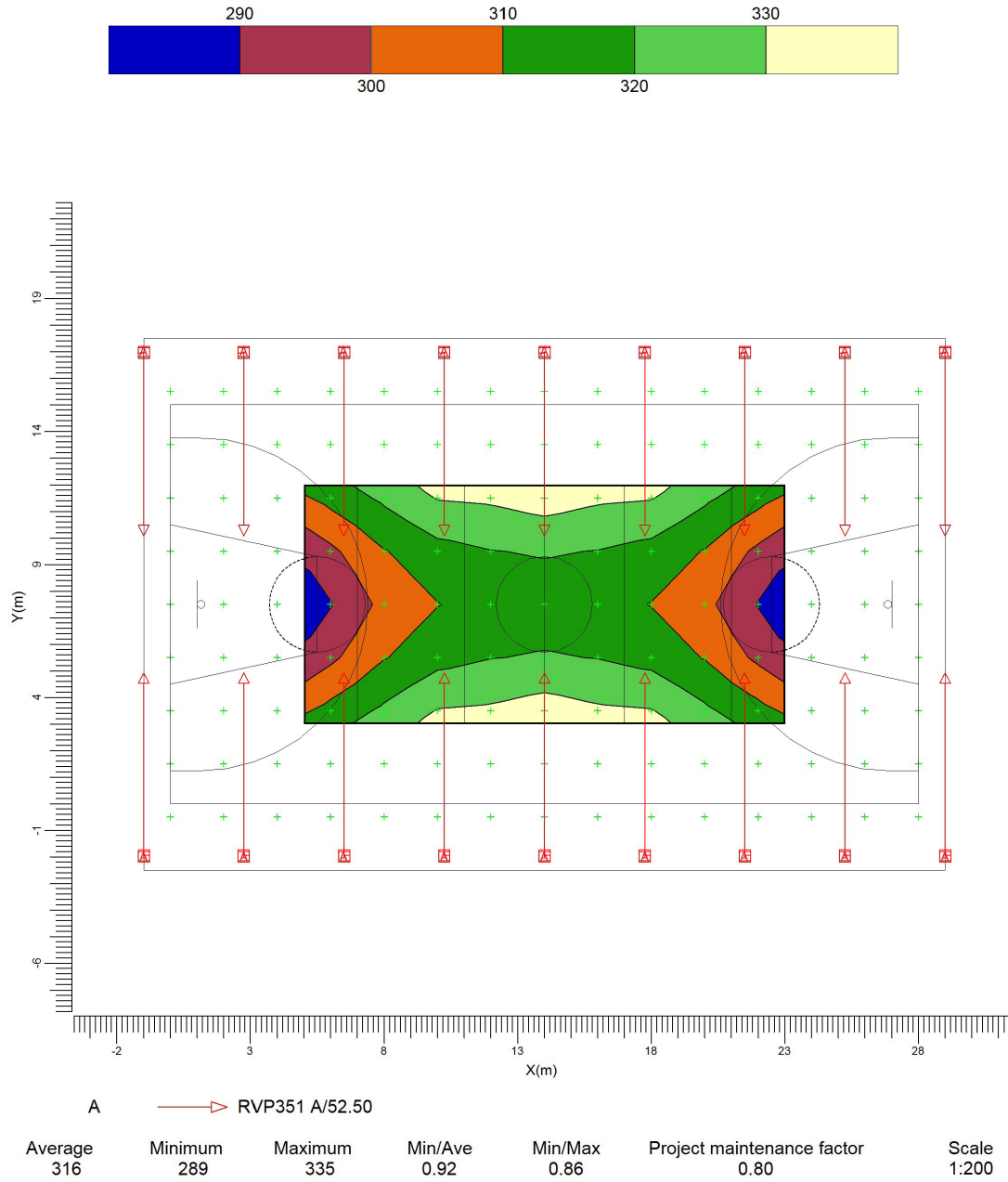


Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
316	289	335	0.92	0.86	0.80	1:200

2.6 Volleyball Antrenman: Filled Iso Contour

Antrenman

Grid : Volleyball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



2.7 Basketball Müsabaka: Textual Table

Müsabaka

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)

X (m)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00
Y (m)													
15.50	445	510	561	587	596	605	608	608	608	605	596	587	561
13.50	449	517	580	627	635	634	631	634	631	634	635	627	580
11.50	486	557	620	661	674	669	667	665	667	669	674>	661	620
9.50	471	535	590	628	644	645	643	642	643	645	644	628	590
7.50	459	522	574	611	628	632	632	631	632	632	628	611	574
5.50	471	535	590	628	644	645	643	642	643	645	644	628	590
3.50	486	557	620	661	674	669	667	665	667	669	674	661	620
1.50	449	517	580	627	635	634	631	634	631	634	635	627	580
-0.50	445	510	561	587	596	605	608	608	608	605	596	587	561

Continue >

Average 591 Minimum 445 Maximum 674 Min/Ave 0.75 Min/Max 0.66 Project maintenance factor 0.80

< Continue

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)

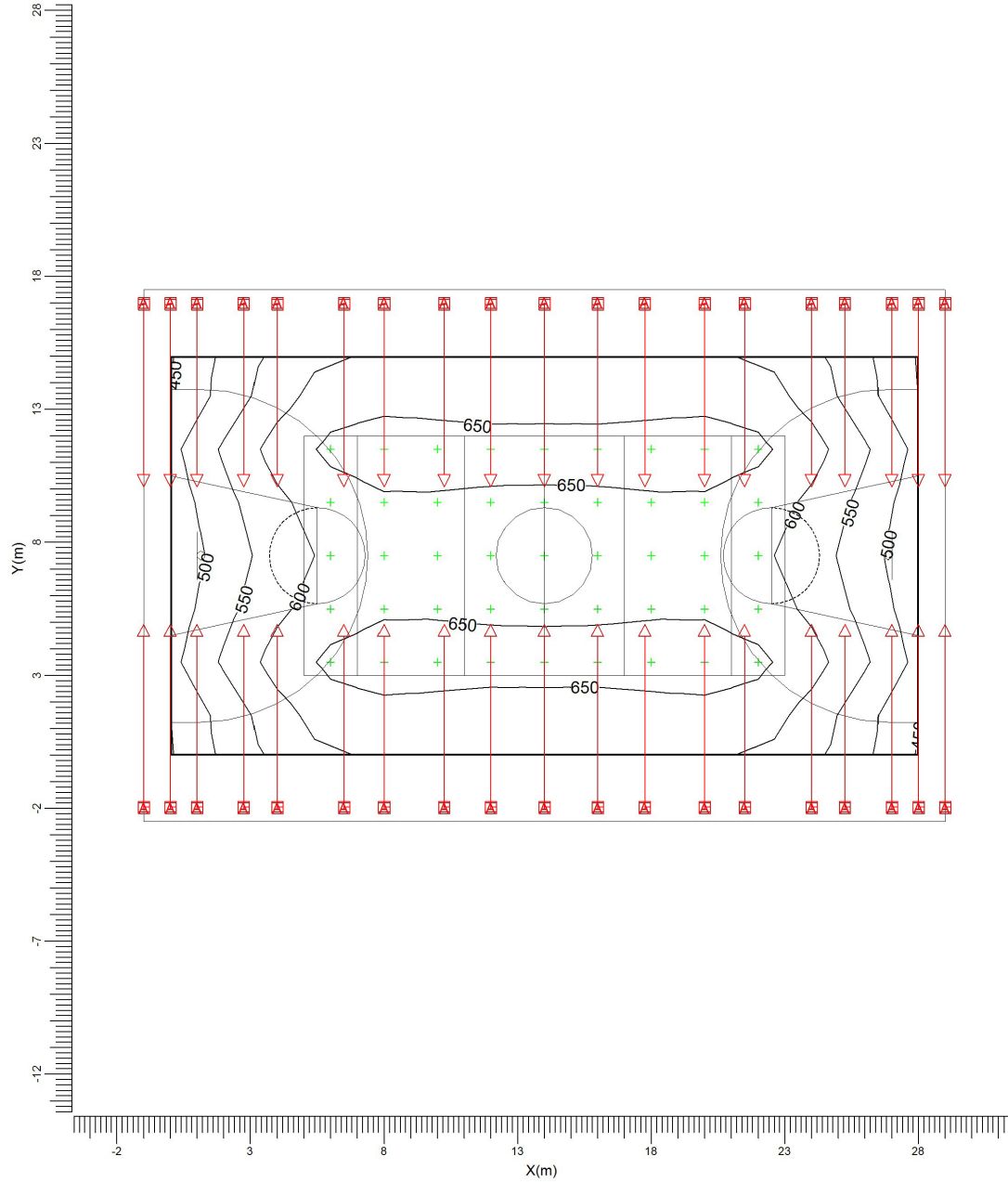
X (m)	26.00	28.00
Y (m)		
15.50	510	445
13.50	517	449
11.50	557	486
9.50	535	471
7.50	522	459
5.50	535	471
3.50	557	486
1.50	517	449
-0.50	510	445

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor
591	445	674	0.75	0.66	0.80

2.8 Basketball Müsabaka: Iso Contour

Müsabaka

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



A  RVP351 A/52.50

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
591	445	674	0.75	0.66	0.80	1:200

Müsabaka

Page: 15/27

2.10 Volleyball Müsabaka: Textual Table

Müsabaka

Grid : Volleyball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)

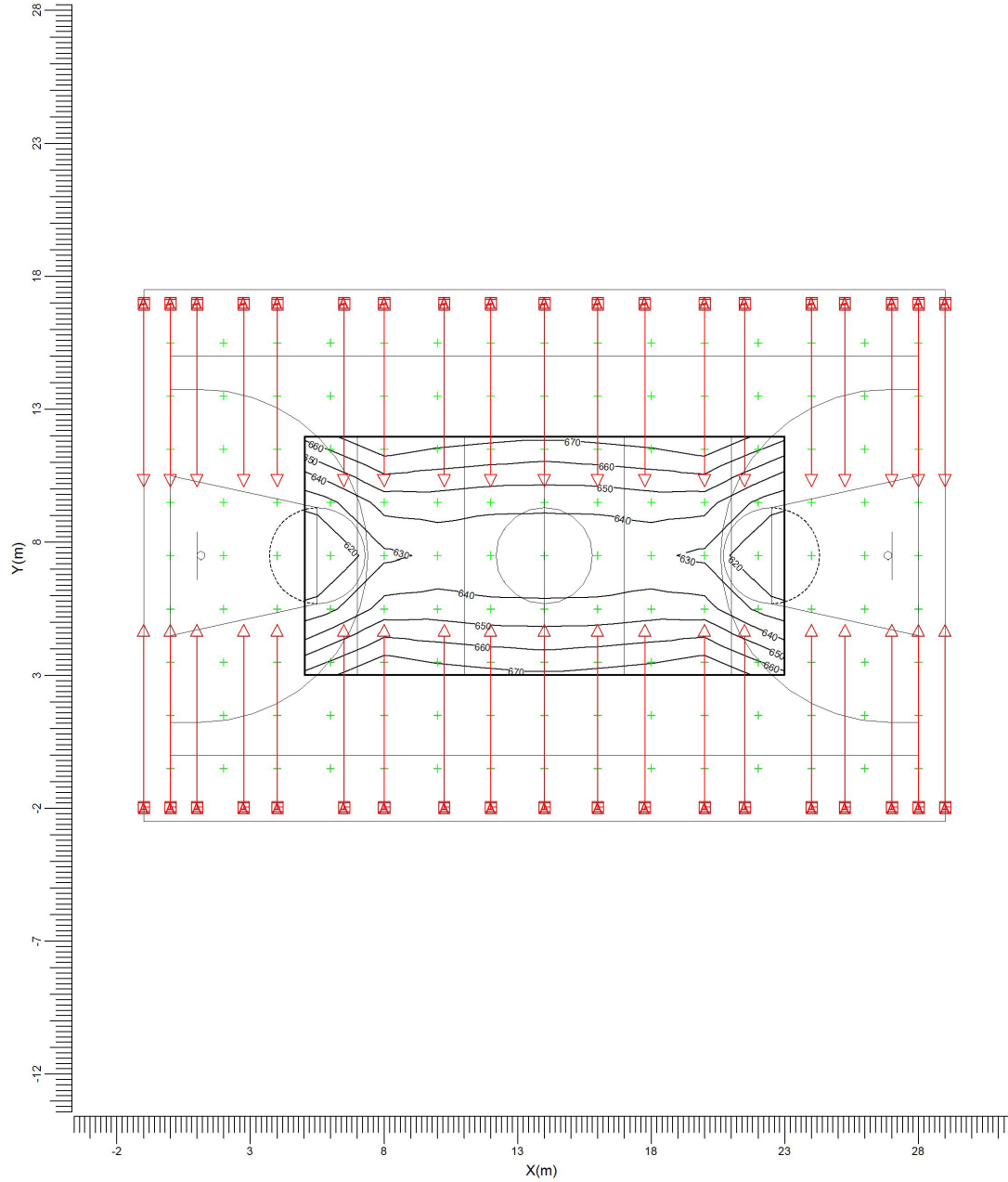
X (m)	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
Y (m)									
11.50	661	674	669	667	665	667	669	674>	661
9.50	628	644	645	643	642	643	645	644	628
7.50	611<	628	632	632	631	632	632	628	611<
5.50	628	644	645	643	642	643	645	644	628
3.50	661	674	669	667	665	667	669	674	661

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor
648	611	674	0.94	0.91	0.80

2.11 Volleyball Müsabaka: Iso Contour

Müsabaka

Grid : Volleyball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



A  RVP351 A/52.50

Average
648

Minimum
611

Maximum
674

Min/Ave
0.94

Min/Max
0.91

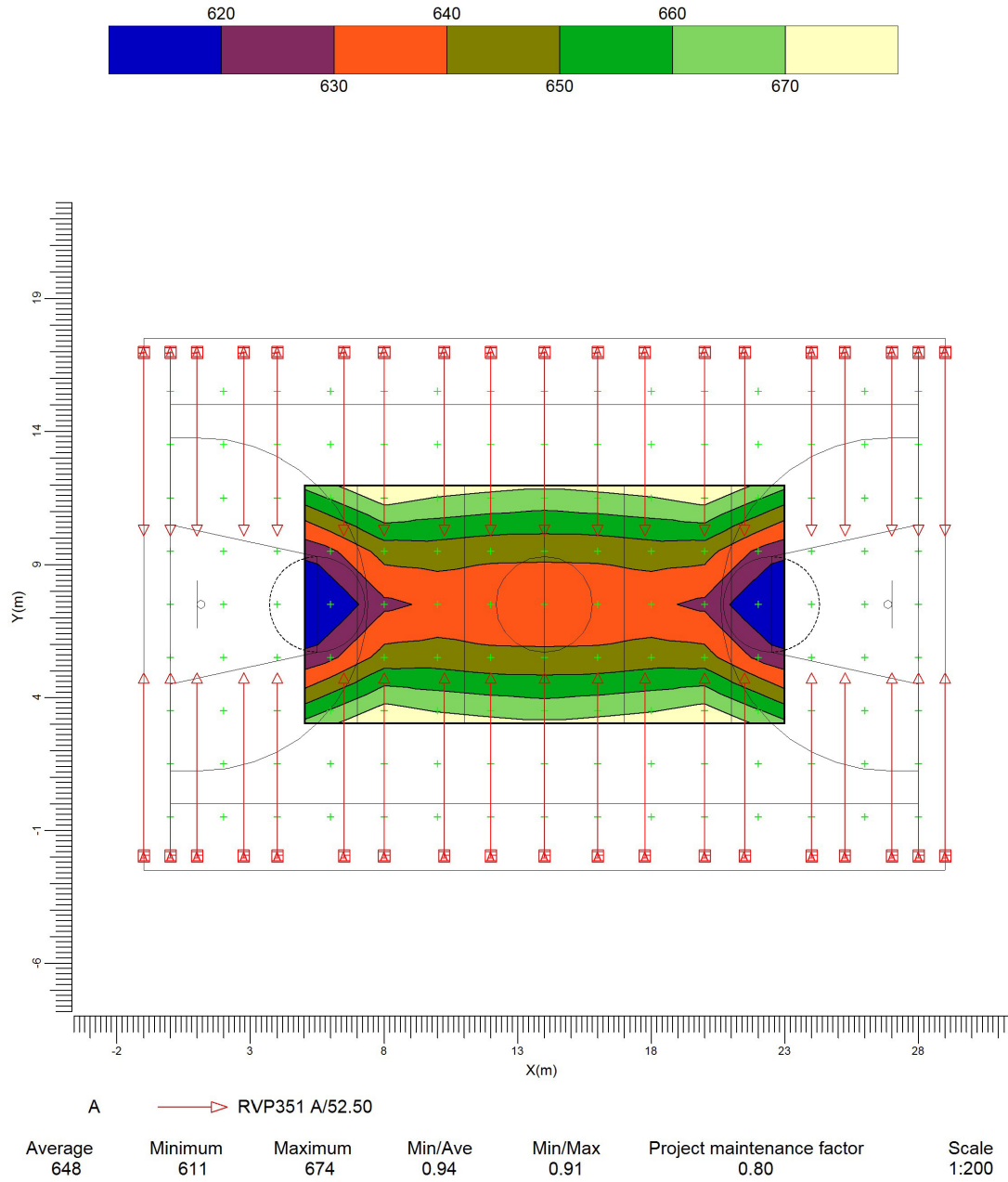
Project maintenance factor
0.80

Scale
1:200

2.12 Volleyball Müsabaka: Filled Iso Contour

Müsabaka

Grid : Volleyball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



2.13 basket ctv: Textual Table

ctv

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)

X (m)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00
Y (m)													
15.50	868	989	1068	1088	1069	1052	1026	1015	1026	1052	1069	1088	1068
13.50	893	1008	1091	1140	1127	1101	1082	1083	1082	1101	1127	1140	1091
11.50	963	1087	1177	1213>	1200	1159	1133	1122	1133	1159	1200	1213	1177
9.50	926	1039	1116	1155	1149	1119	1093	1087	1093	1119	1149	1155	1116
7.50	901	1010	1084	1122	1121	1098	1077	1071	1077	1098	1121	1122	1084
5.50	926	1039	1116	1155	1149	1119	1093	1087	1093	1119	1149	1155	1116
3.50	963	1087	1177	1213	1200	1159	1133	1122	1133	1159	1200	1213	1177
1.50	893	1008	1091	1140	1127	1101	1082	1083	1082	1101	1127	1140	1091
-0.50	868<	989	1068	1088	1069	1052	1026	1015	1026	1052	1069	1088	1068

Continue >

Average 1074 Minimum 868 Maximum 1213 Min/Ave 0.81 Min/Max 0.72 Project maintenance factor 0.80

< Continue

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)

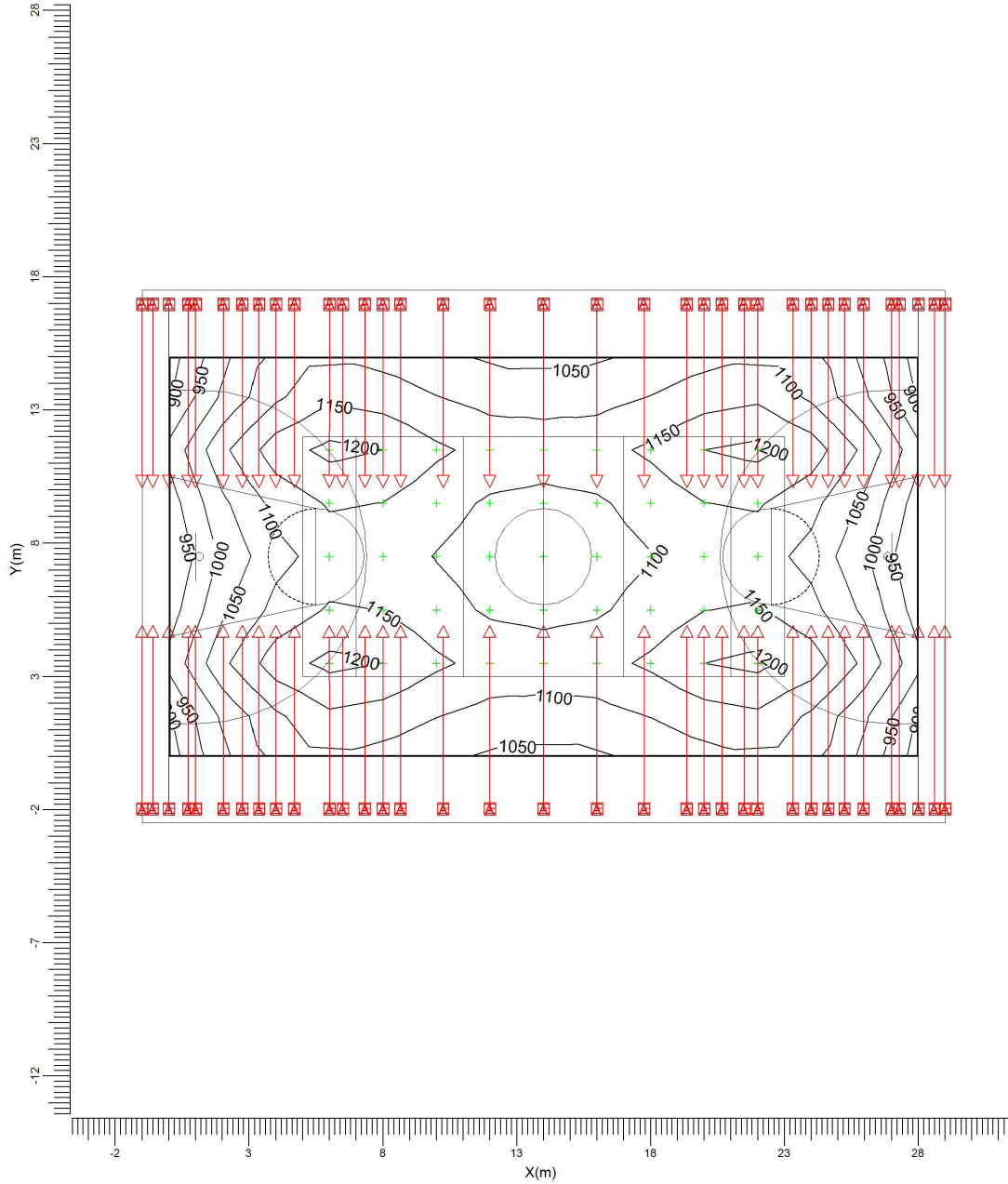
X (m)	26.00	28.00
Y (m)		
15.50	989	868<
13.50	1008	893
11.50	1087	963
9.50	1039	926
7.50	1010	901
5.50	1039	926
3.50	1087	963
1.50	1008	893
-0.50	989	868<

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor
1074	868	1213	0.81	0.72	0.80

2.14 basket ctv: Iso Contour

ctv

Grid : Basketball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



A  RVP351 A/52.50

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
1074	868	1213	0.81	0.72	0.80	1:200

2.15 volleyball ctv: Textual Table

ctv

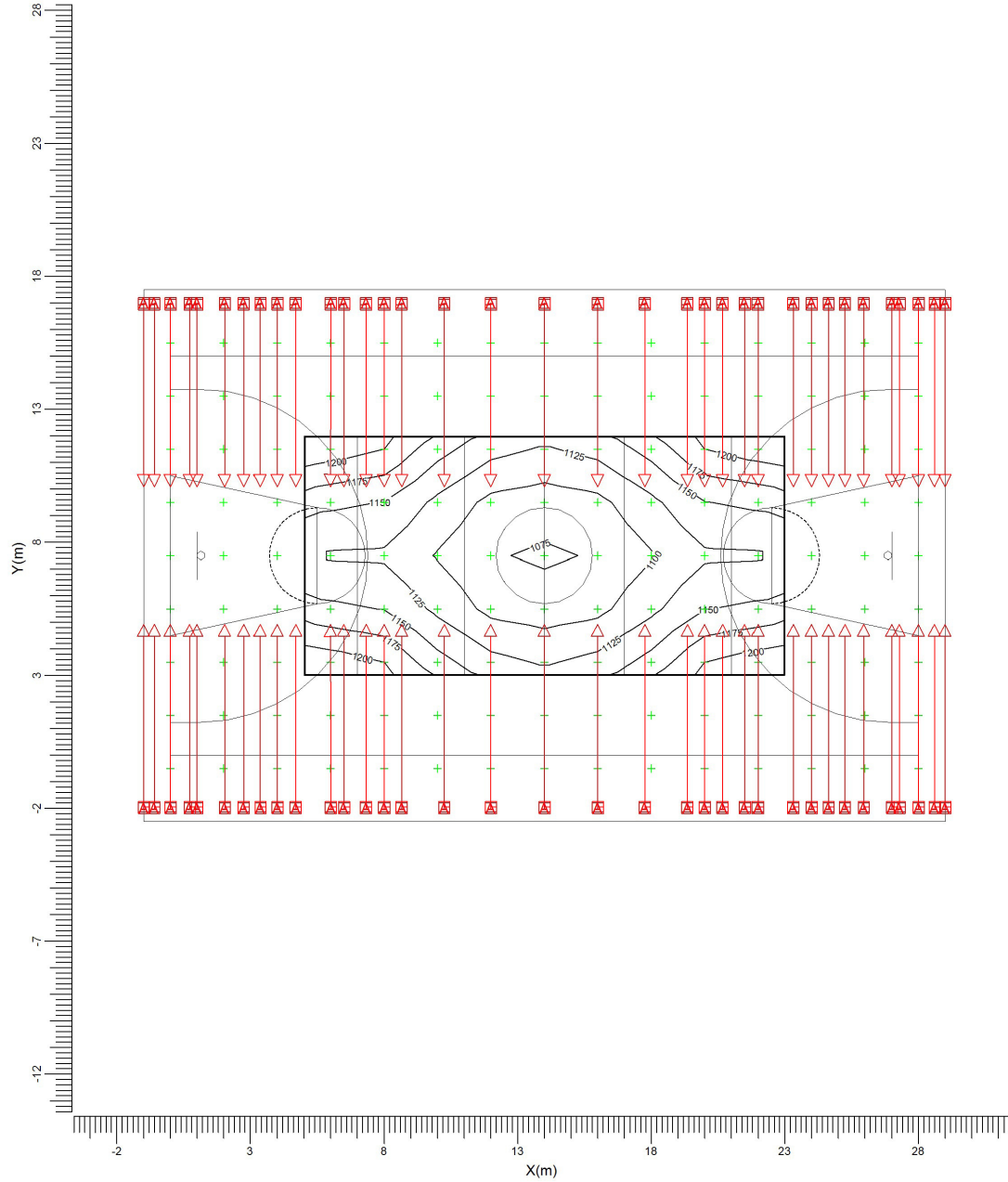
Grid	: Volleyball at Z = 0.00 m								
Calculation	: Surface Illuminance (lux)								
X (m)	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
Y (m)									
11.50	1213>	1200	1159	1133	1122	1133	1159	1200	1213
9.50	1155	1149	1119	1093	1087	1093	1119	1149	1155
7.50	1122	1121	1098	1077	1071<	1077	1098	1121	1122
5.50	1155	1149	1119	1093	1087	1093	1119	1149	1155
3.50	1213	1200	1159	1133	1122	1133	1159	1200	1213

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor
1138	1071	1213	0.94	0.88	0.80

2.16 volleyball ctv: Iso Contour

ctv

Grid : Volleyball at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



A  RVP351 A/52.50

Average 1138	Minimum 1071	Maximum 1213	Min/Ave 0.94	Min/Max 0.88	Project maintenance factor 0.80	Scale 1:200
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------------------------	----------------

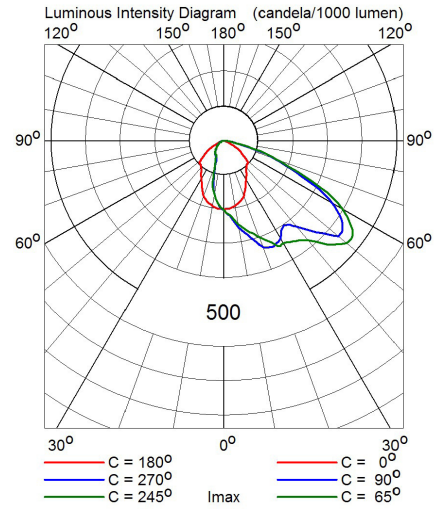
3. Luminaire Details

3.1 Project Luminaires

RVP351 A/52.50 1xHPI-TP400W/643



Light output ratios	
DLOR	: 0.64
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.64
Ballast	: Standard
Lamp flux	: 35000 lm
Luminaire wattage	: 423.3 W
Measurement code	: LVC0602490



4. Installation Data

4.1 Legends

Project Luminaires:

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Flux (lm)
A	70	RVP351 A/52.50	1 * HPI-TP400W	1 * 35000

Switching Modes:

Code	Switching Mode
1	Antrenman
2	Müsabaka
3	ctv

4.2 Luminaire Positioning and Orientation

Qty and Code	Position			Aiming Angles			Switching Modes		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Rot.	Tilt90	Tilt0	1	2	3
1 * A	-1.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	-1.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	-0.60	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	-0.60	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	0.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	0.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	0.72	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	0.72	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	1.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	1.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	2.04	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	2.04	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	2.75	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	2.75	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	3.36	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	3.36	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	4.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	4.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	4.69	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	4.69	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	6.01	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	6.01	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	6.50	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	6.50	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	7.33	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	7.33	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	8.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	8.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	8.65	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	8.65	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	10.25	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	10.25	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	12.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	12.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	14.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	14.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+

Qty and Code	Position			Aiming Angles			Switching Modes		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Rot.	Tilt90	Tilt0	1	2	3
1 * A	16.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	16.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	17.75	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	17.75	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	19.35	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	19.35	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	20.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	20.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	20.67	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	20.67	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	21.50	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	21.50	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	21.99	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	21.99	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	23.31	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	23.31	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	24.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	24.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	24.64	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	24.64	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	25.25	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	25.25	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	25.96	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	25.96	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	27.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	27.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	27.28	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	27.28	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	28.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	28.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	+	+
1 * A	28.60	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	28.60	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	-	-	+
1 * A	29.00	-2.00	12.00	90.0	30.0	0.0	+	+	+
1 * A	29.00	17.00	12.00	-90.0	30.0	0.0	+	+	+

5. Financial Information

5.1 Installation Data

Amortization period	1.0 yr
Interest rate	0.0 %
kWh price	0.22 TL
Switching Mode	Burning hours/year
Antrenman	640
Müşabaka	64
ctv	64

5.2 Luminaire Information

Project Luminaires	Qty	Prices (TL)				Relamping period (yr)
		Lamp	Luminaire	Installation	Maintenance	
RVP351 A/52.50	70	51.50	361.29	50.00	0.00	1.00

5.3 Total cost

Costs per year		
Energy	TL	1638.48
Investment		28790.30
Lamps		3605.00
Maintenance		0.00
Total	TL	34033.78
Total investment	TL	32395.30

Ek 2**ABDI IPEKCI K.SPOR SALONU AYD.TASARIMI**

Date: 11-05-2009
Designer: SEVİM KOSEM
Description: ARMATUR TIPI : MVF 403
LAMB A TIPI : MHN-LA 1000W/956

The nominal values shown in this report are the result of predision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

Türk Philips Ticaret A.Ş.
Teknik Pazarlama
Yukarı Dudullu Organize Sanayi Bölgesi
2.Cadde No:28
81280 Ümraniye-İstanbul
Türkiye
Telephone: 0 216 522 18 63
Fax: 0 216 522 18 35
E-Mail: sevim.kosem@philips.com

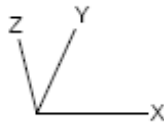
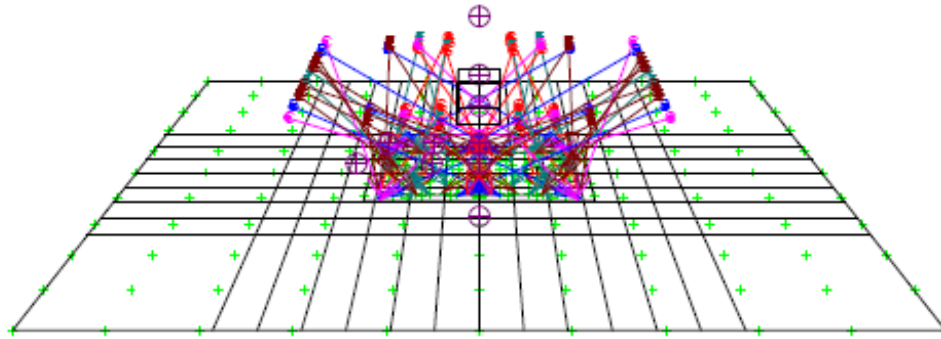
CalcuLuX Area 7.0.1.0

Table of Contents

1.	Project Description	3
1.1	3-D Project Overview	3
1.2	Top Project Overview	4
1.3	Left Project Overview	5
2.	Summary	6
2.1	General Information	6
2.2	Observer Information	6
2.3	Obstacle Information	6
2.4	Project Luminaires	6
2.5	Calculation Results	7
3.	Calculation Results	8
3.1	Basketbol Antrenman: Graphical Table	8
3.2	Basketbol Antrenman: Filled Iso Contour	9
3.3	Basketbol Musabaka: Graphical Table	10
3.4	Basketbol Musabaka: Filled Iso Contour	11
3.5	Basketbol CTV Yatay: Graphical Table	12
3.6	Basketbol CTV Yatay: Gradient Calculation : Graphical Table	13
3.7	Basketbol CTV Yatay: Filled Iso Contour	14
3.8	Basketbol CTV Ana kamera: Graphical Table	15
3.9	Basketbol CTV Ana kamera: Gradient Calculation : Graphical Table	16
3.10	Basketbol CTV Ana kamera: Filled Iso Contour	17
3.11	Basketbol CTV 2.kamera: Graphical Table	18
3.12	Basketbol CTV 2.kamera: Gradient Calculation : Graphical Table	19
3.13	Basketbol CTV 2.kamera: Filled Iso Contour	20
3.14	Basketbol CTV 3.kamera: Graphical Table	21
3.15	Basketbol CTV 3.kamera: Gradient Calculation : Graphical Table	22
3.16	Basketbol CTV 3.kamera: Filled Iso Contour	23
4.	Luminaire Details	24
4.1	Project Luminaires	24
5.	Installation Data	27
5.1	Legends	27
5.2	Luminaire Positioning and Orientation	27

1. Project Description

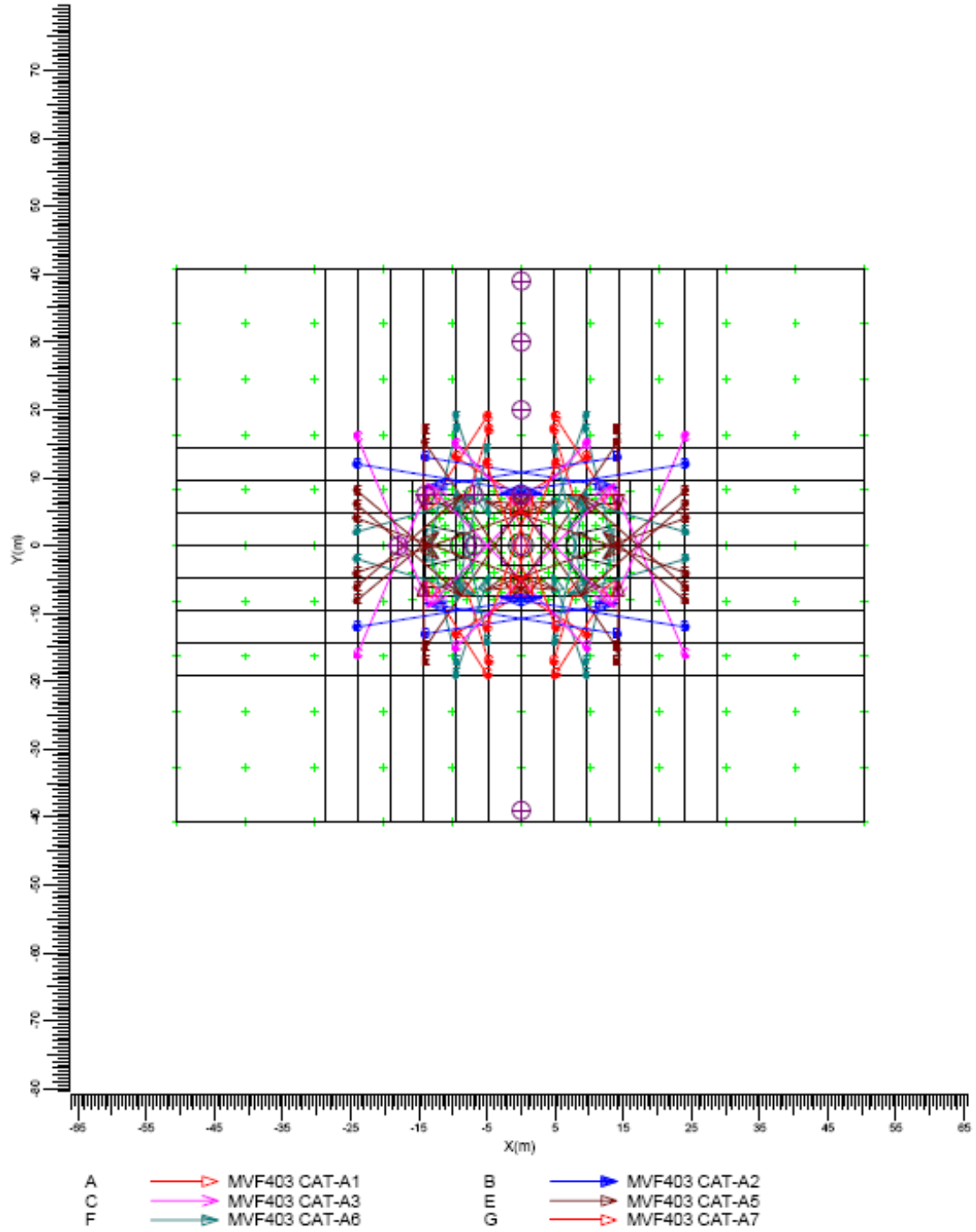
1.1 3-D Project Overview



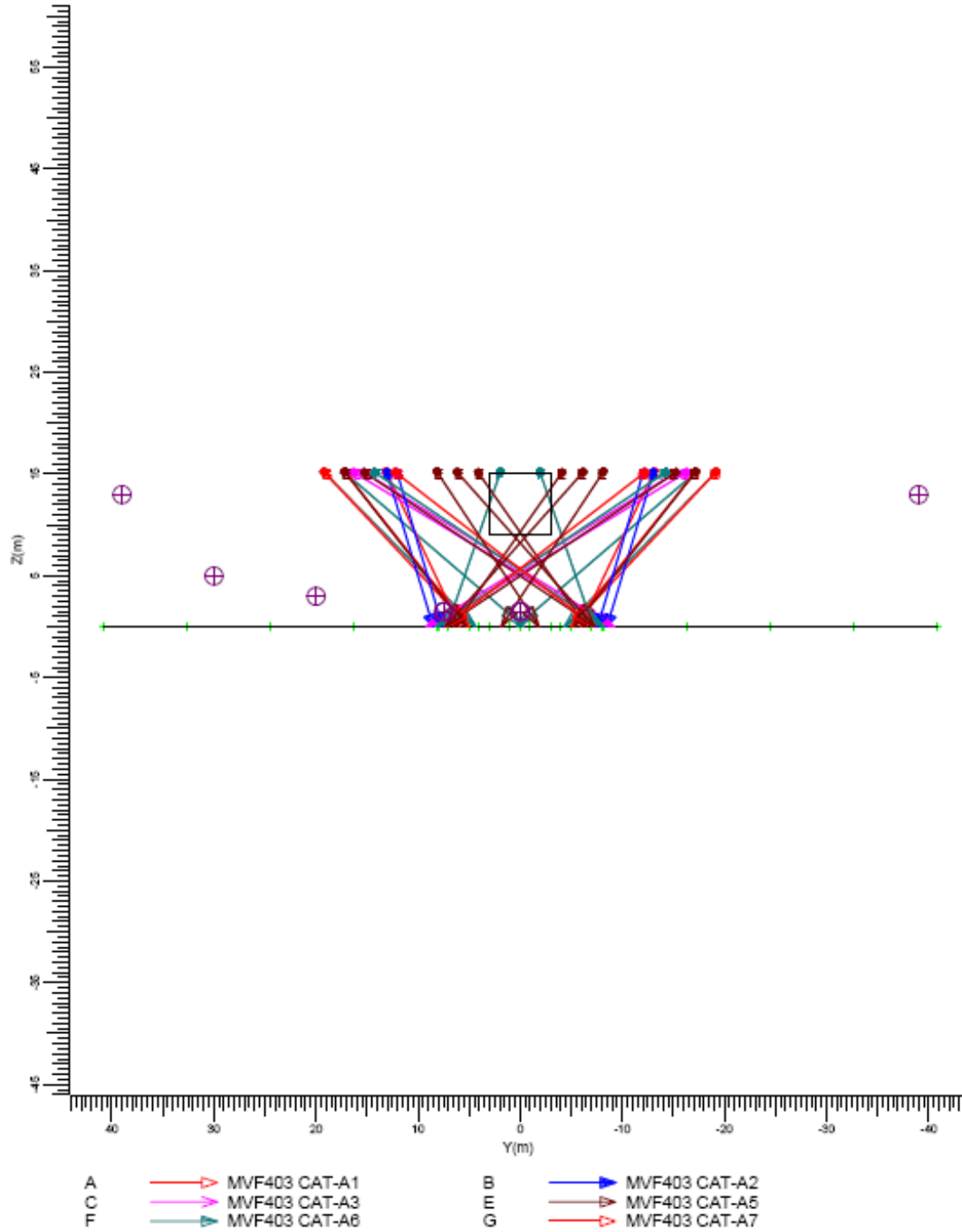
A → MVF403 CAT-A1
C → MVF403 CAT-A3
F → MVF403 CAT-A6

B → MVF403 CAT-A2
E → MVF403 CAT-A5
G → MVF403 CAT-A7

1.2 Top Project Overview

Scale
1:750

1.3 Left Project Overview

Scale
1:500

2. Summary

2.1 General Information

The overall maintenance factor used for this project is 0.80.

2.2 Observer Information

Code	Observer	Position		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
Aa	ANA KAMERA	-0.00	-39.00	13.00
Bb	2.kamera	-0.00	39.00	13.00
Cc	3.kamera	-18.00	-0.00	1.50
Dd	oyuncu 1	-14.00	7.50	1.50
Ee	oyuncu 2	-7.00	7.50	1.50
Ff	oyuncu 3	-0.00	7.50	1.50
Gg	oyuncu 4	-7.00	-0.00	1.50
Hh	oyuncu 5	-0.00	-0.00	1.50

2.3 Obstacle Information

Obstacle	Transparency (%)	Position		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
Block	0	-3.00	-3.00	9.00

2.4 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
B	8	MVF403 CAT-A2	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1105.0	1 * 90000
C	8	MVF403 CAT-A3	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1105.0	1 * 90000
E	20	MVF403 CAT-A5	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1105.0	1 * 90000
F	16	MVF403 CAT-A6	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1105.0	1 * 90000
G	16	MVF403 CAT-A7	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1105.0	1 * 90000

The total installed power: 75.14 (kWatt)

Number of Luminaires Per Switching Mode:

Switching Mode	Luminaire Code					Power (kWatt)
	B	C	E	F	G	
BASKETBOL ANTRENMAN	0	0	0	8	0	8.84
BASKETBOL MUSABAKA	0	0	0	8	8	17.68
BASKETBOL CTV	8	8	20	16	16	75.14
1	0	0	0	8	0	8.84
2	0	0	0	0	8	8.84

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code					Power (kWatt)
	B	C	E	F	G	
ant	0	0	0	8	0	8.84
mac	0	0	0	0	8	8.84
tv	8	8	20	8	8	57.46

2.5 Calculation Results

Switching Modes:

Code	Switching Mode
1	BASKETBOL ANTRENMAN
2	BASKETBOL MUSABAKA
3	BASKETBOL CTV
4	1
5	2

(II) Luminance Calculations:

Calculation	Switching Mode	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max
Basketbol Antrenman	1	Surface Illuminance	lux	448	0.60	0.47
Basketbol Musabaka	2	Surface Illuminance	lux	789	0.77	0.88
Basketbol CTV Yatay	3	Surface Illuminance	lux	3171	0.92	0.88
Basketbol CTV Ana kamera	3	Illuminance -> Aa	lux	1910	0.92	0.85
Basketbol CTV 2.kamera	3	Illuminance -> Bb	lux	1910	0.92	0.85
Basketbol CTV 3.kamera	3	Illuminance -> Cc	lux	1490	0.87	0.76

Glare Rating from Observer to Grid:

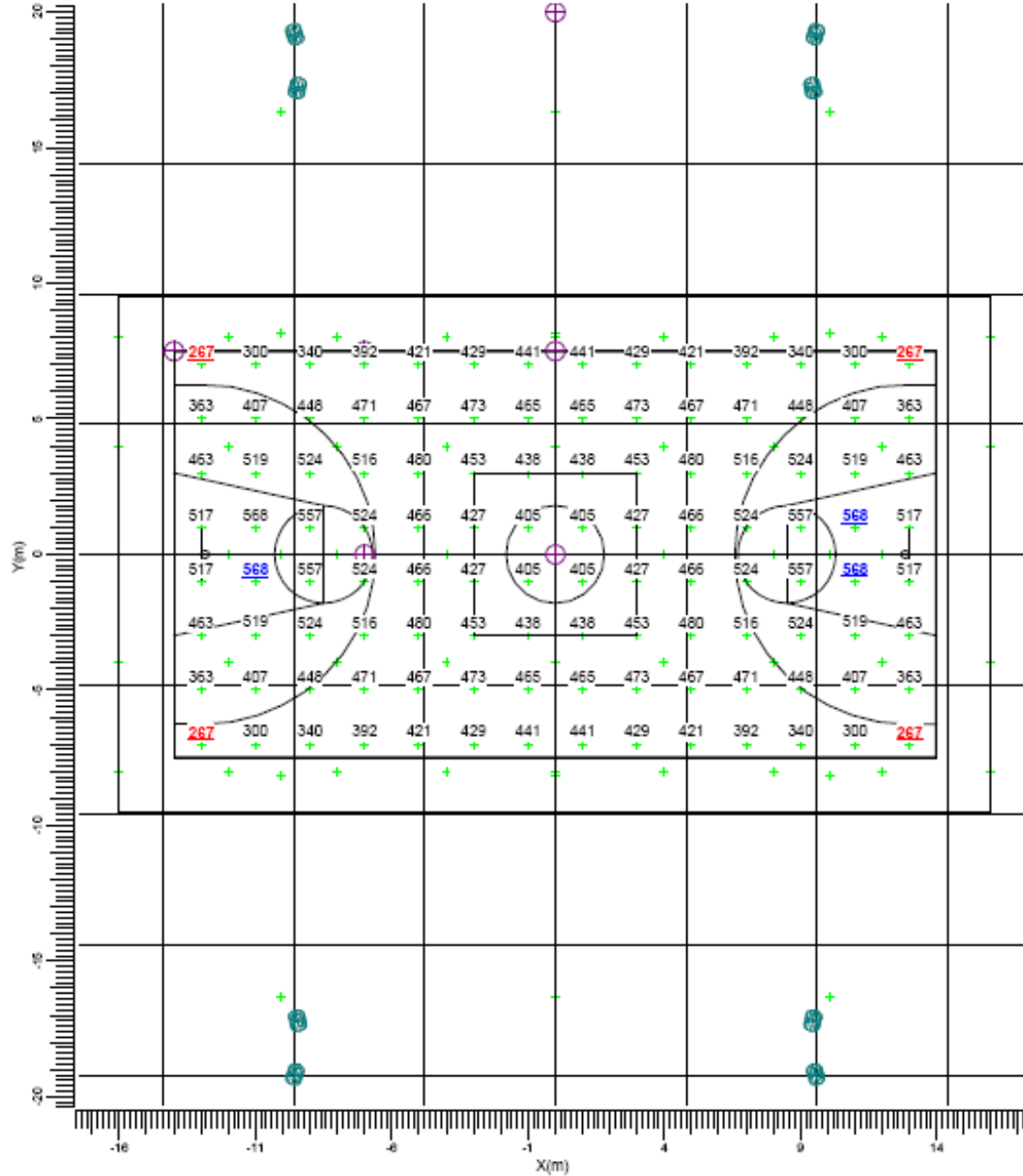
Calculation	Switching Mode	Observer	Reference Grid	Reflectance	GR-Max
oyuncu 1	3	Dd	General	0.40	47.3
oyuncu 2	3	Ee	General	0.40	46.6
oyuncu 3	3	Ff	General	0.40	46.0
oyuncu 4	3	Gg	General	0.40	44.9
oyuncu 5	3	Hh	General	0.40	43.7

3. Calculation Results

3.1 Basketbol Antrenman: Graphical Table

BASKETBOL ANTRENMAN

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)



E : MVF403 CAT-A5

F : MVF403 CAT-A8
Average 448
Min/Ave 0.60

Min/Max
0.47

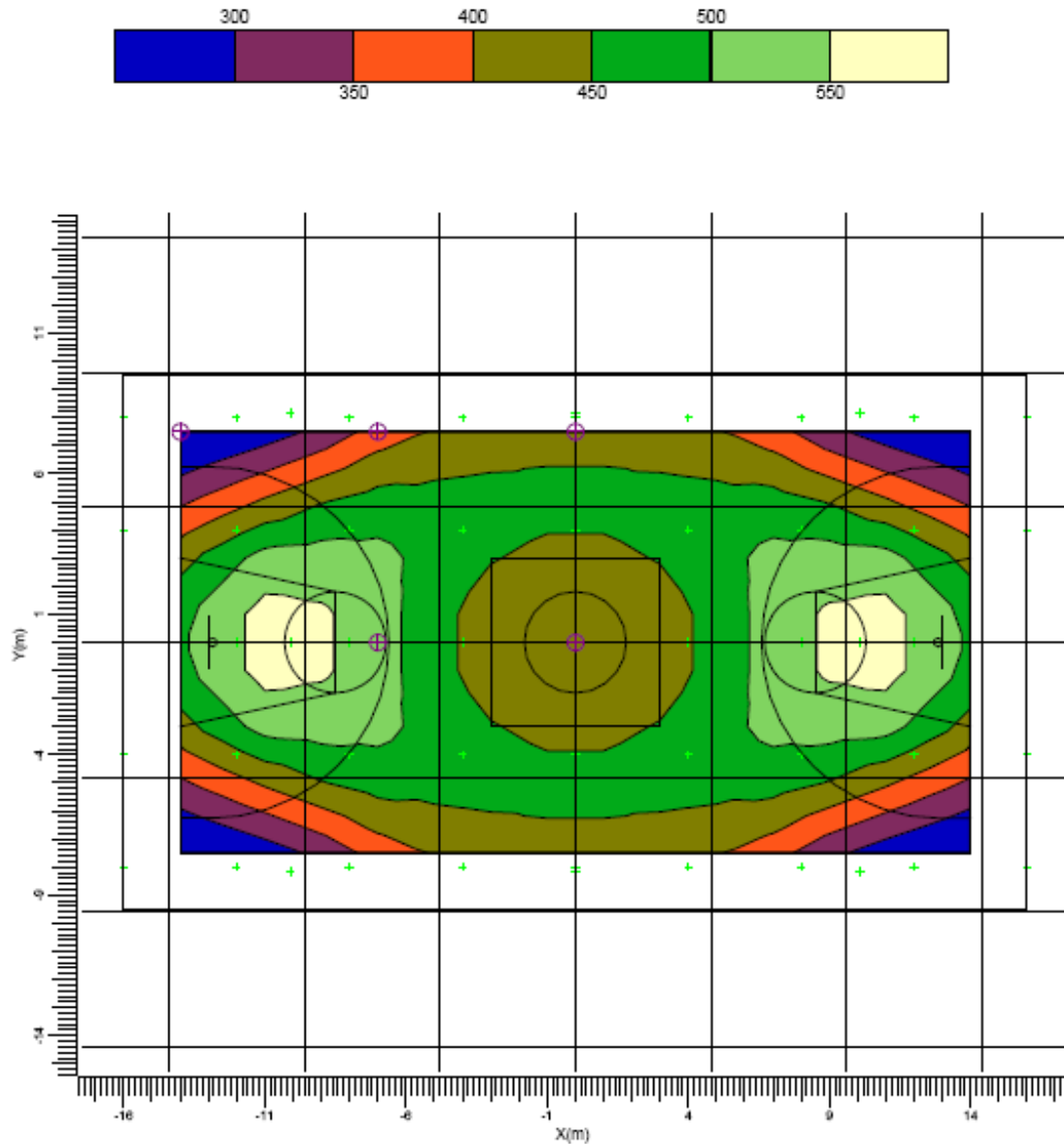
Project maintenance factor
0.80

Scale
1:200

3.2 Basketbol Antrenman: Filled Iso Contour

BASKETBOL ANTRENMAN

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



F : MVF403 CAT-A8
 Average 448
 Min/Ave 0.60

Min/Max
 0.47

E : MVF403 CAT-A5

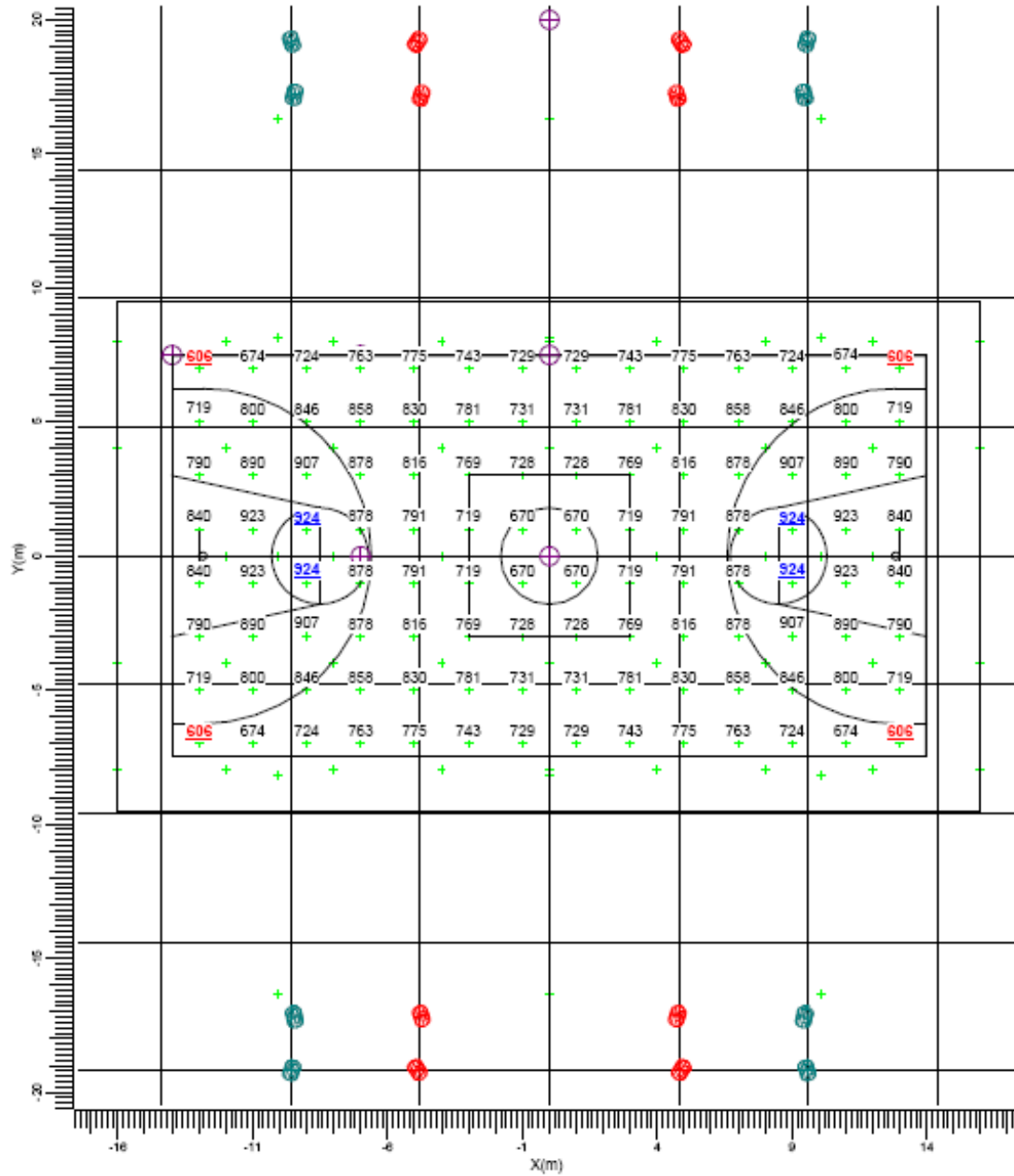
Project maintenance factor
 0.80

Scale
 1:200

3.3 Basketbol Musabaka: Graphical Table

BASKETBOL MUSABAKA

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)



A : MVF403 CAT-A1
F : MVF403 CAT-A6

E : MVF403 CAT-A5
G : MVF403 CAT-A7

Average
789

Min/Ave
0.77

Min/Max
0.66

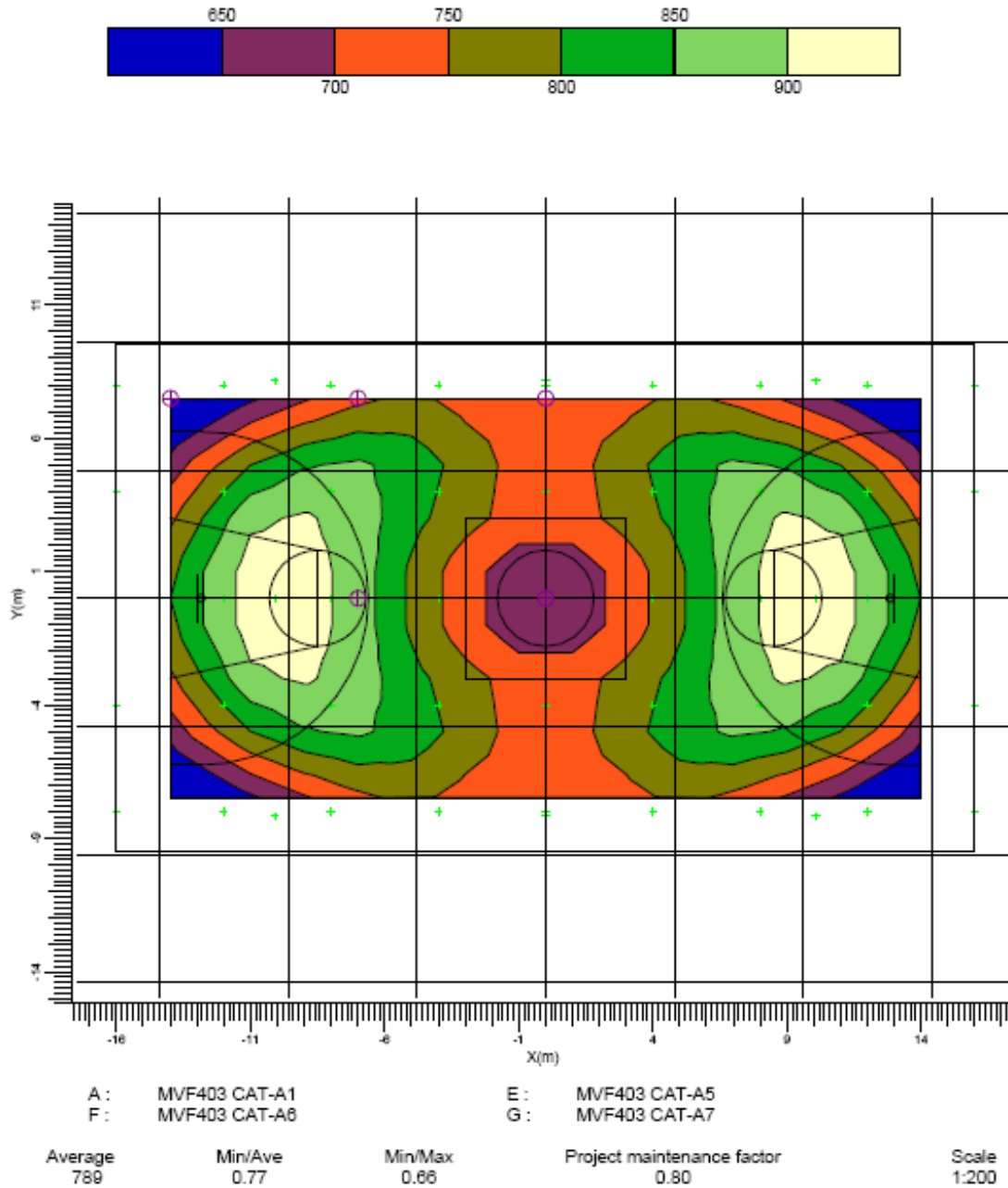
Project maintenance factor
0.80

Scale
1:200

3.4 Basketbol Musabaka: Filled Iso Contour

BASKETBOL MUSABAKA

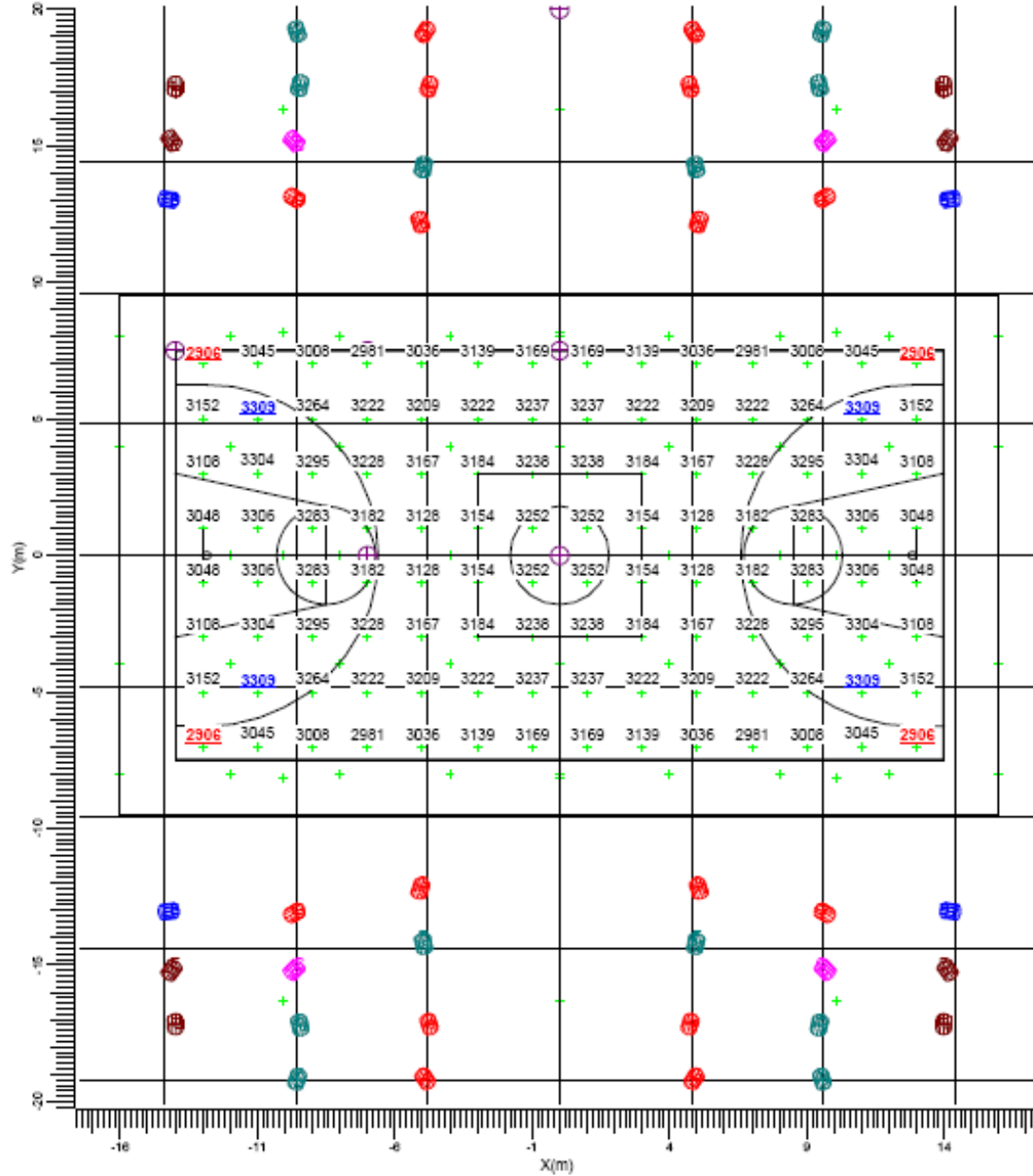
Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



3.5 Basketbol CTV Yatay: Graphical Table

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)



A : MVF403 CAT-A1
C : MVF403 CAT-A3
F : MVF403 CAT-A6

B : MVF403 CAT-A2
E : MVF403 CAT-A5
G : MVF403 CAT-A7

Average
3171

Min/Ave
0.92

Min/Max
0.88

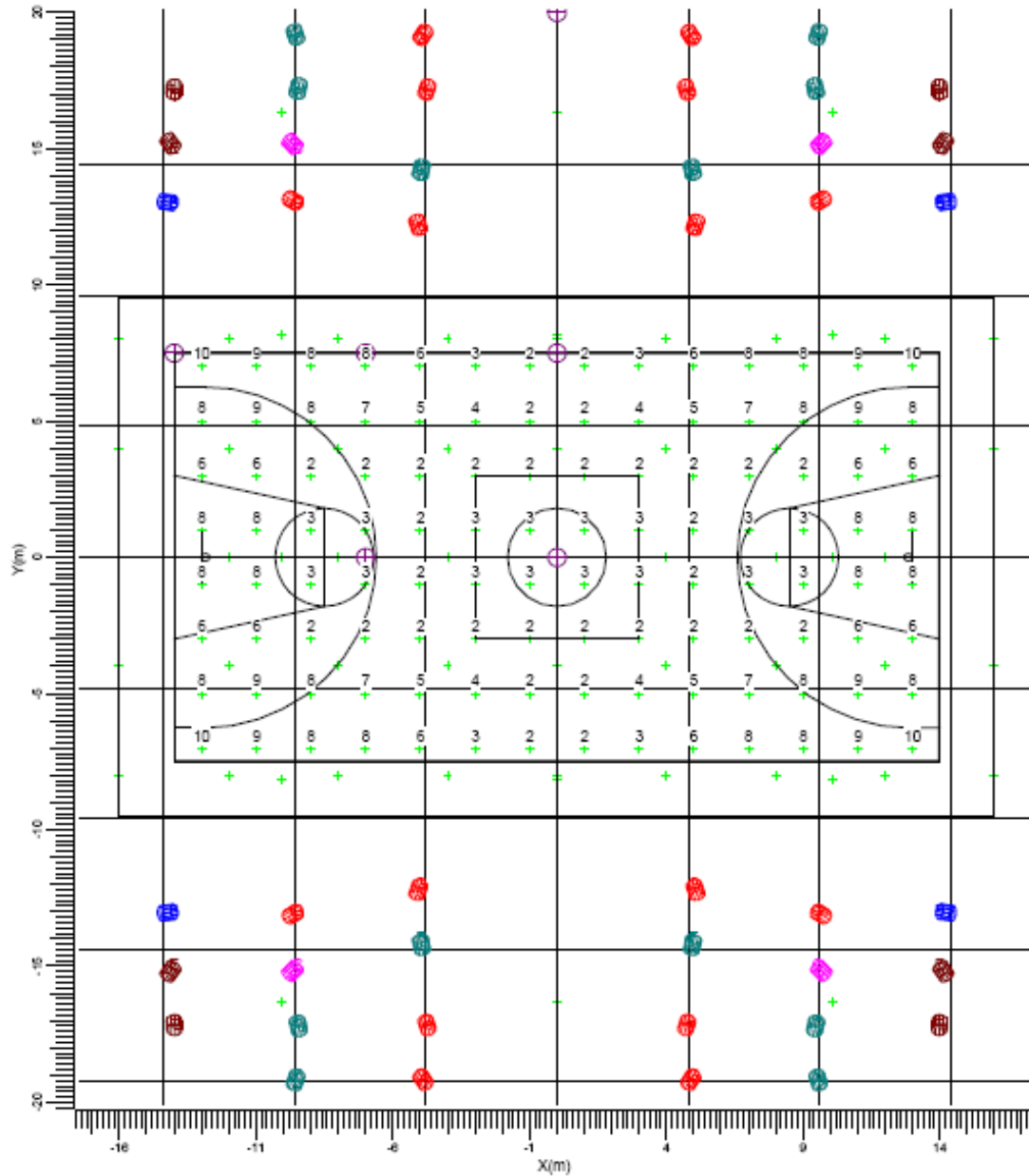
Project maintenance factor
0.80

Scale
1:200

3.6 Basketbol CTV Yatay: Gradient Calculation : Graphical Table

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Gradient for Surface Illuminance (% per 2.00 m)



A : MVF403 CAT-A1
 C : MVF403 CAT-A3
 F : MVF403 CAT-A6

B : MVF403 CAT-A2
 E : MVF403 CAT-A5
 G : MVF403 CAT-A7

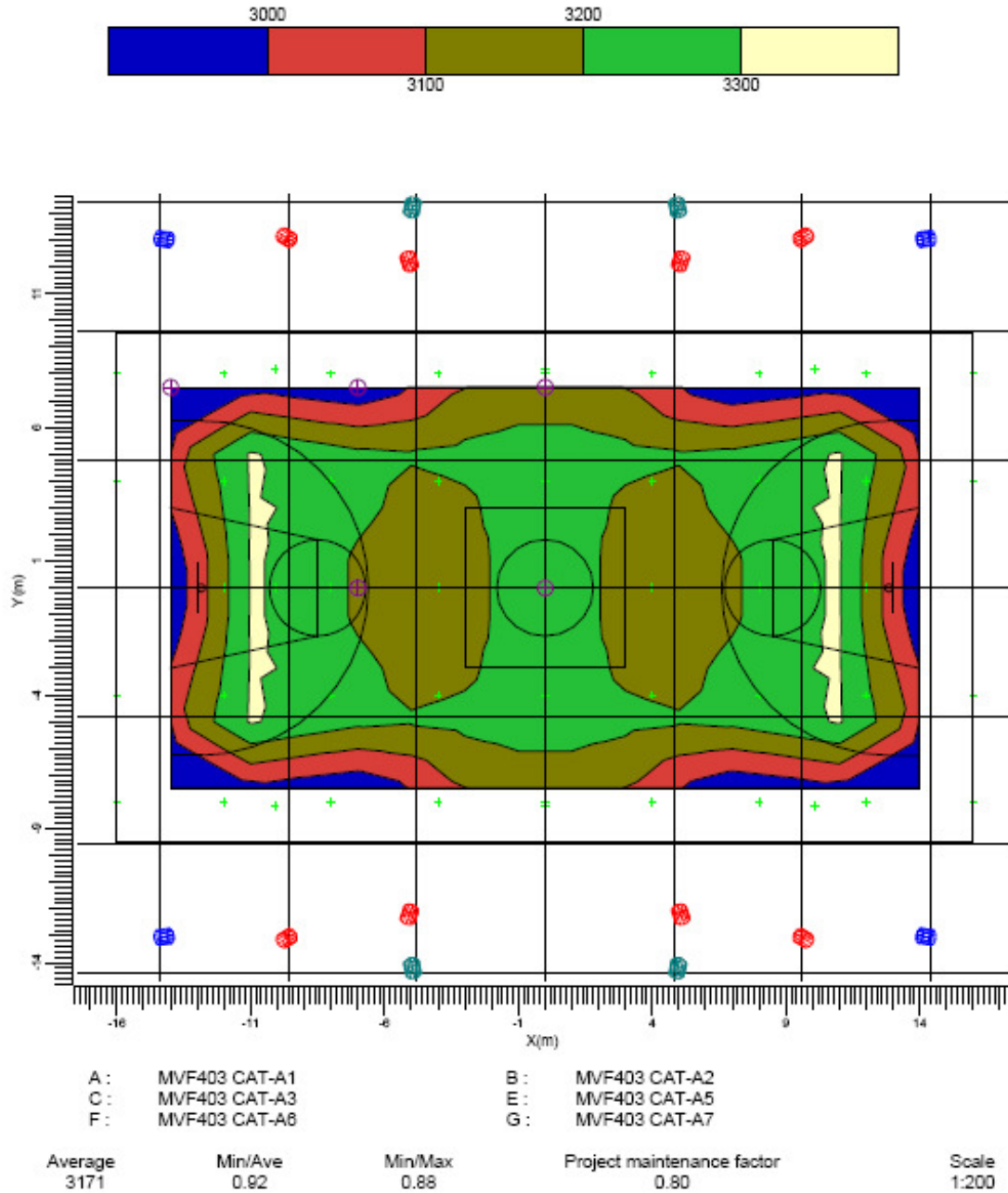
Maximum
10

Scale
1:200

3.7 Basketbol CTV Yatay: Filled Iso Contour

BASKETBOL CTV

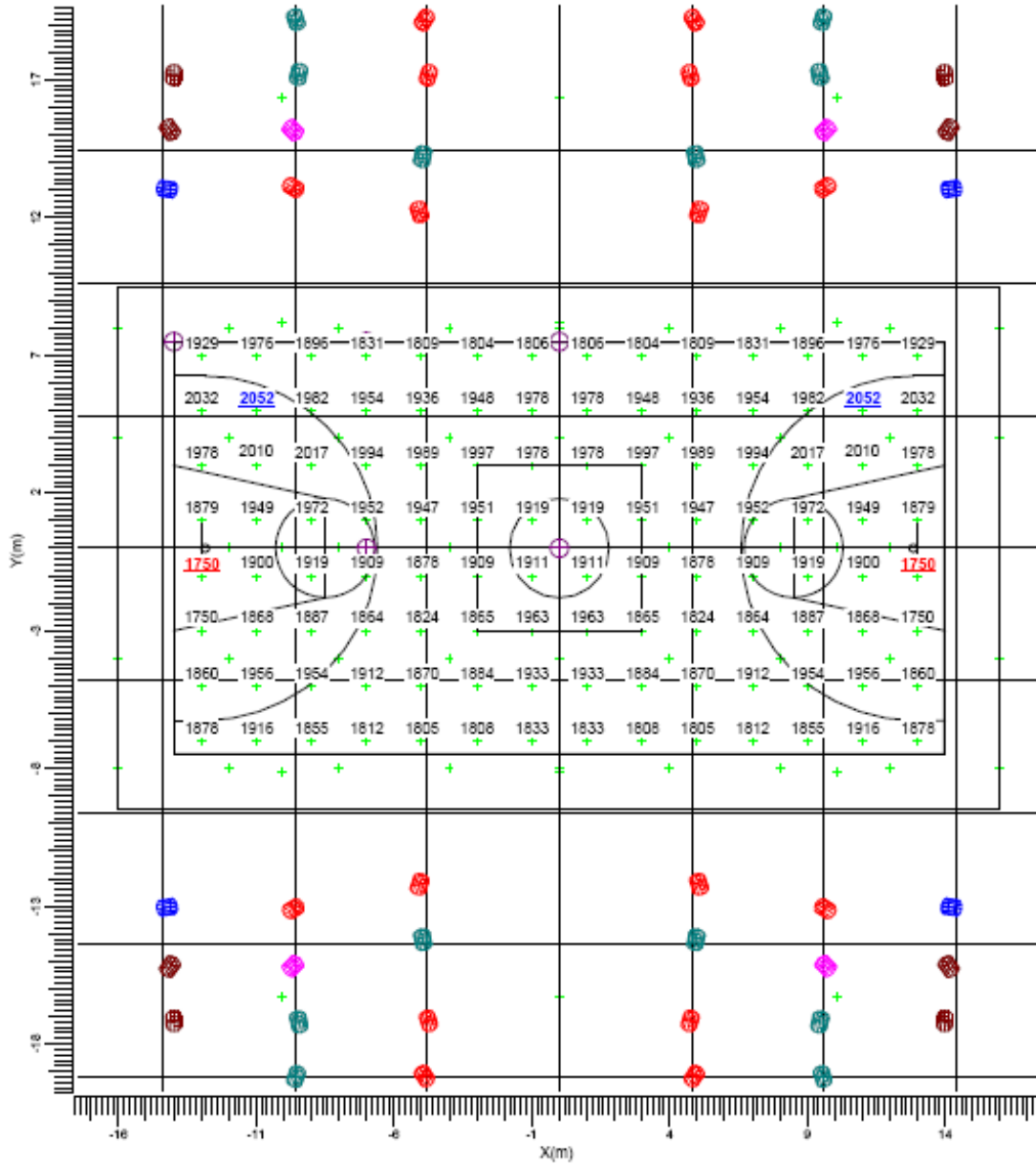
Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



3.8 Basketbol CTV Ana kamera: Graphical Table

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Illuminance towards ANA KAMERA (lux)
 Height above grid : 1.50 m



A : MVF403 CAT-A1
 C : MVF403 CAT-A3
 F : MVF403 CAT-A6

B : MVF403 CAT-A2
 E : MVF403 CAT-A5
 G : MVF403 CAT-A7

Average
1910

Min/Ave
0.92

Min/Max
0.85

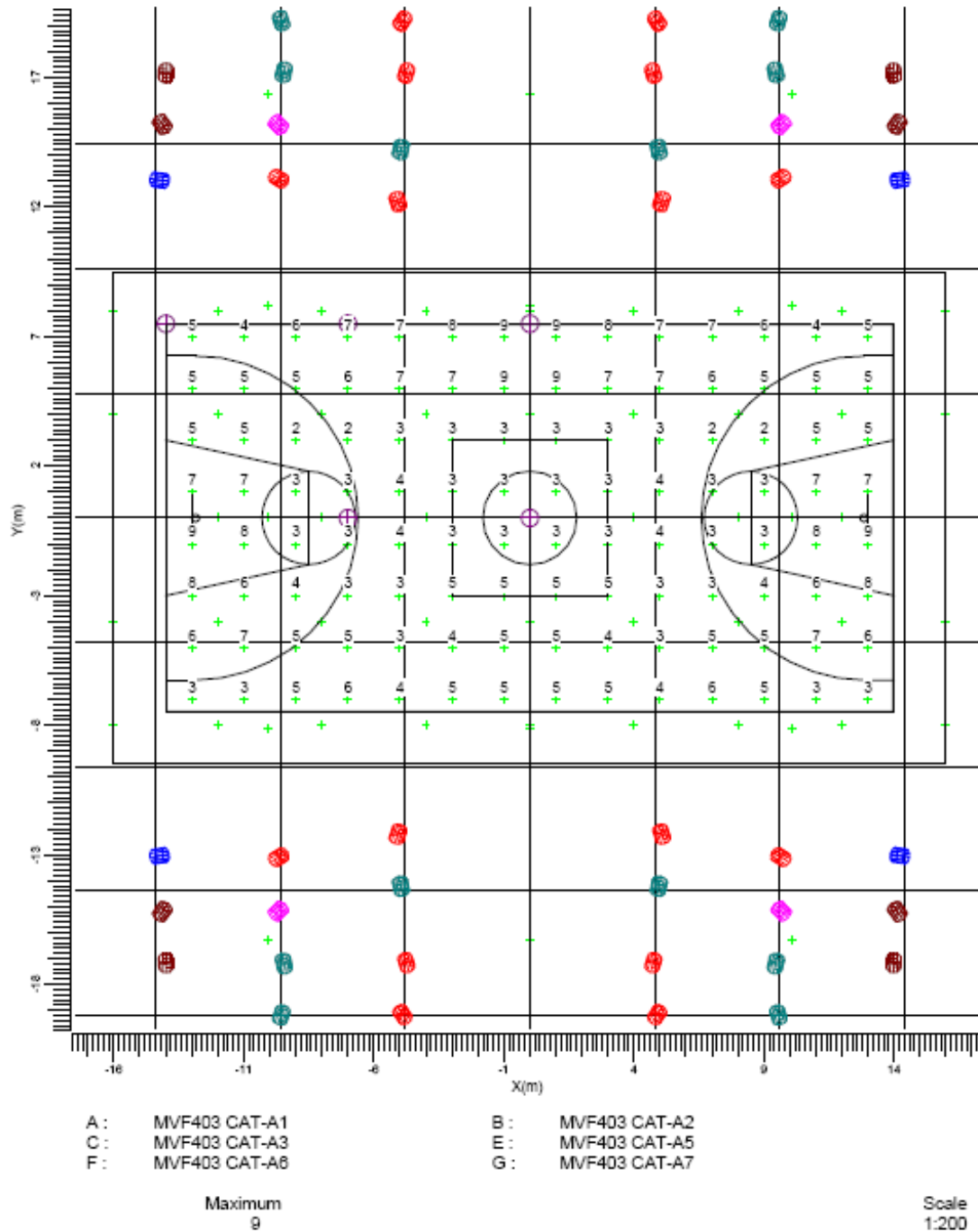
Project maintenance factor
0.80

Scale
1:200

3.9 Basketbol CTV Ana kamera: Gradient Calculation : Graphical Table

BASKETBOL CTV

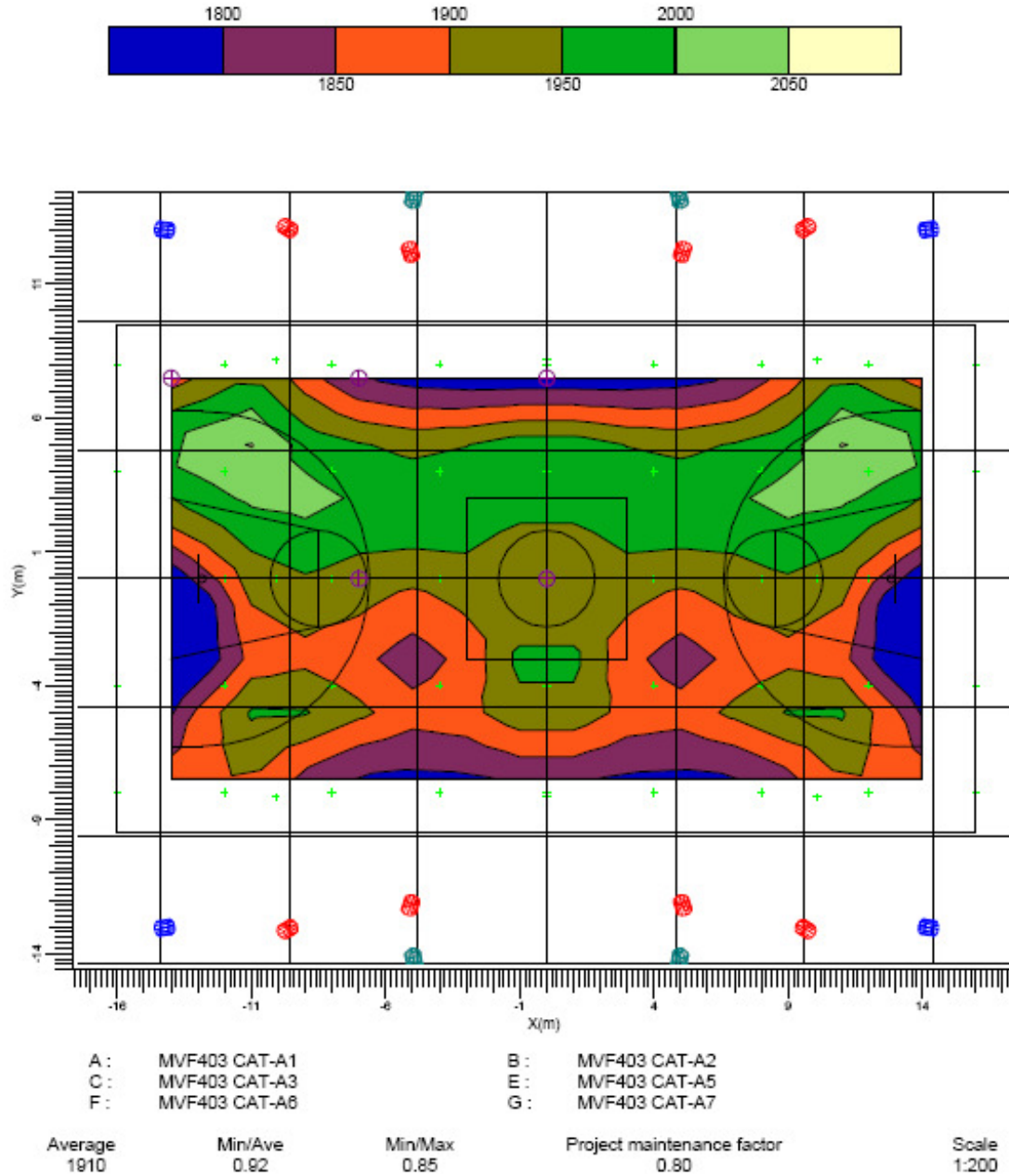
Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
Calculation : Gradient for Illuminance towards ANA KAMERA (% per 2.00 m)
Height above grid : 1.50 m



3.10 Basketbol CTV Ana kamera: Filled Iso Contour

BASKETBOL CTV

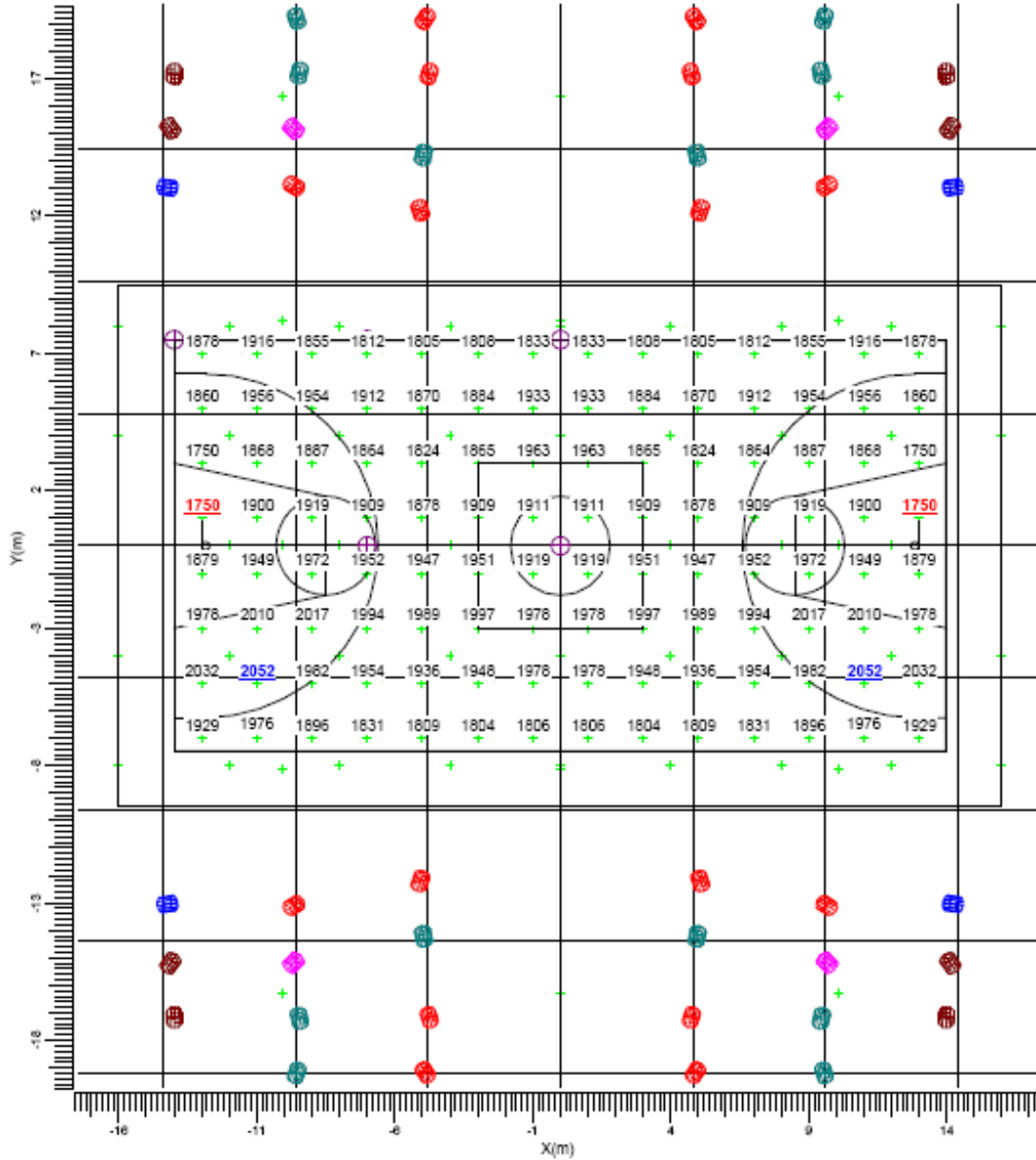
Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Illuminance towards ANA KAMERA (lux)
 Height above grid : 1.50 m



3.11 Basketbol CTV 2.kamera: Graphical Table

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Illuminance towards 2.kamera (lux)
 Height above grid : 1.50 m



A : MVF403 CAT-A1
 C : MVF403 CAT-A3
 F : MVF403 CAT-A6

B : MVF403 CAT-A2
 E : MVF403 CAT-A5
 G : MVF403 CAT-A7

Average
1910

Min/Ave
0.92

Min/Max
0.85

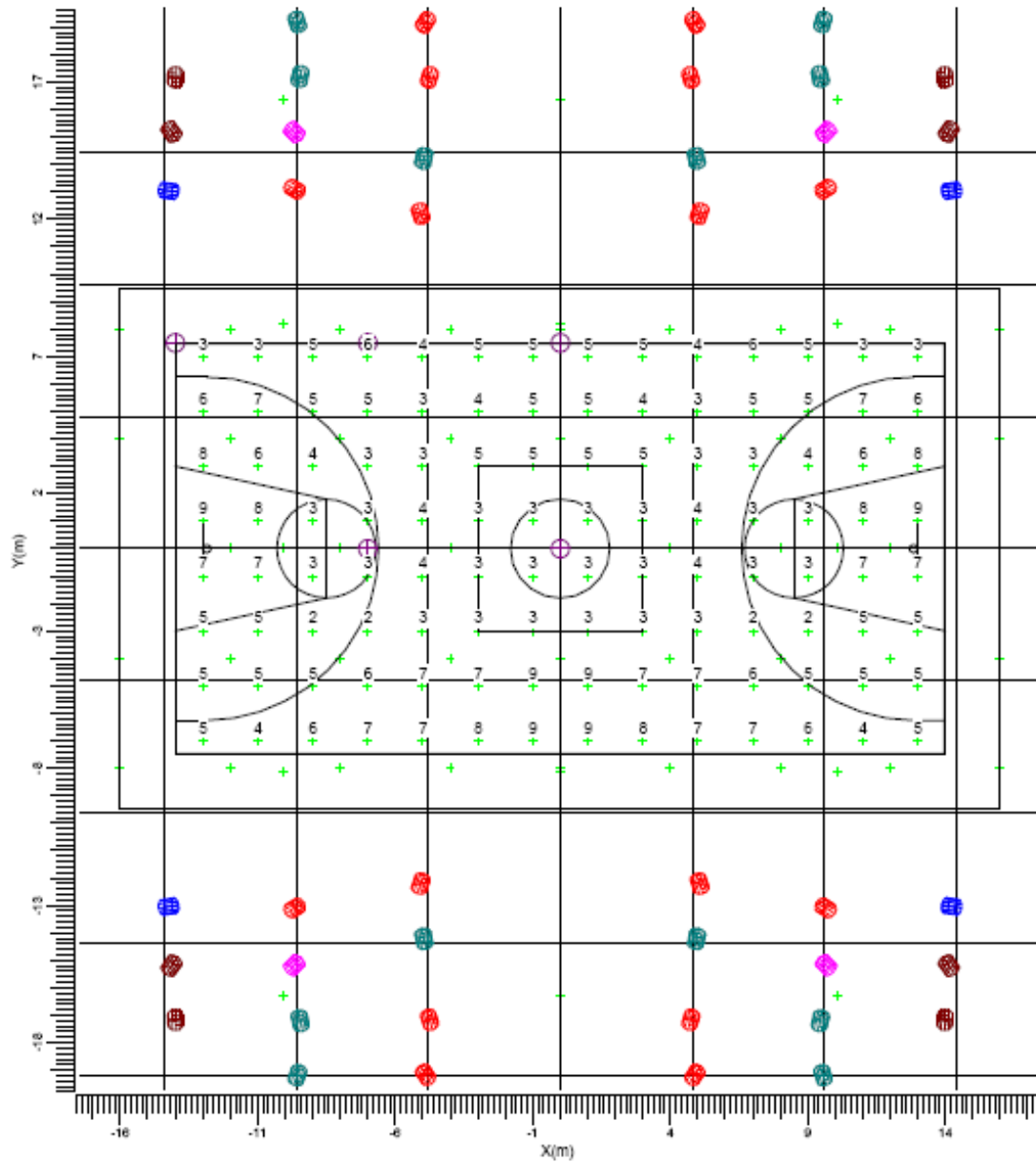
Project maintenance factor
0.80

Scale
1:200

3.12 Basketbol CTV 2.kamera: Gradient Calculation : Graphical Table

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Gradient for Illuminance towards 2.kamera (% per 2.00 m)
 Height above grid : 1.50 m



A : MVF403 CAT-A1
 C : MVF403 CAT-A3
 F : MVF403 CAT-A6

B : MVF403 CAT-A2
 E : MVF403 CAT-A5
 G : MVF403 CAT-A7

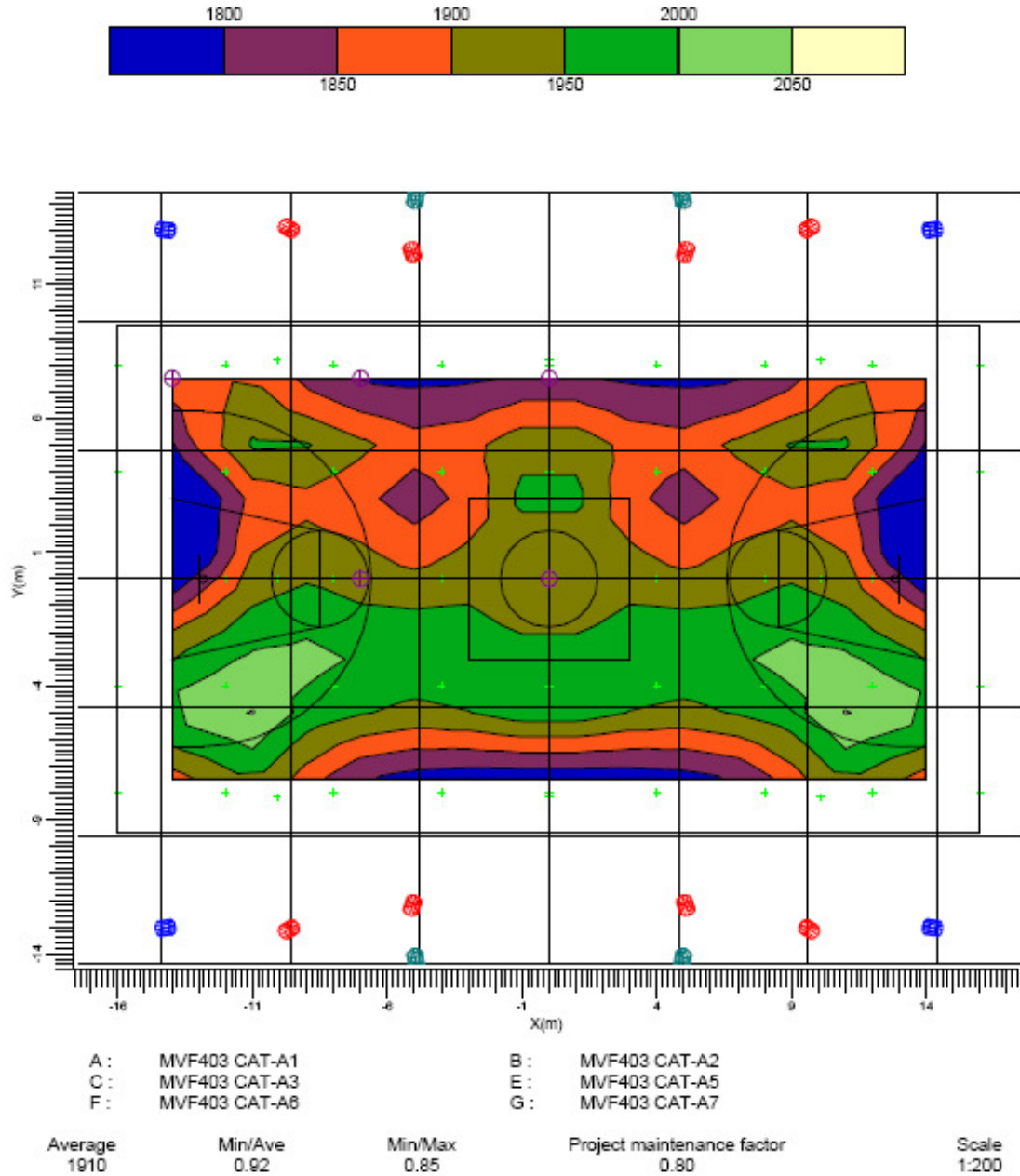
Maximum
9

Scale
1:200

3.13 Basketbol CTV 2.kamera: Filled Iso Contour

BASKETBOL CTV

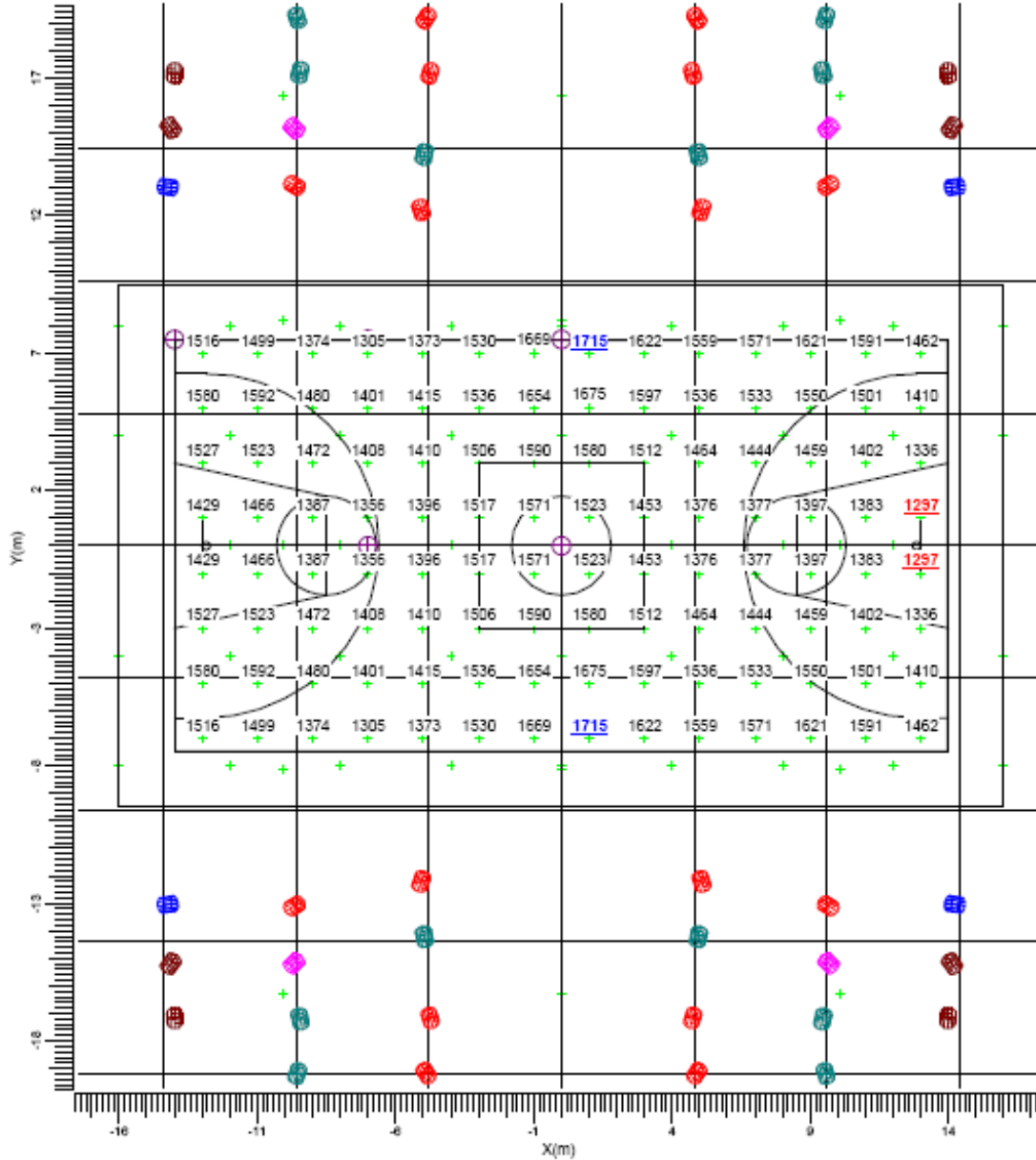
Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Illuminance towards 2.kamera (lux)
 Height above grid : 1.50 m



3.14 Basketbol CTV 3.kamera: Graphical Table

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Illuminance towards 3.kamera (lux)
 Height above grid : 1.50 m



A : MVF403 CAT-A1
 C : MVF403 CAT-A3
 F : MVF403 CAT-A6

B : MVF403 CAT-A2
 E : MVF403 CAT-A5
 G : MVF403 CAT-A7

Average
1490

Min/Ave
0.87

Min/Max
0.76

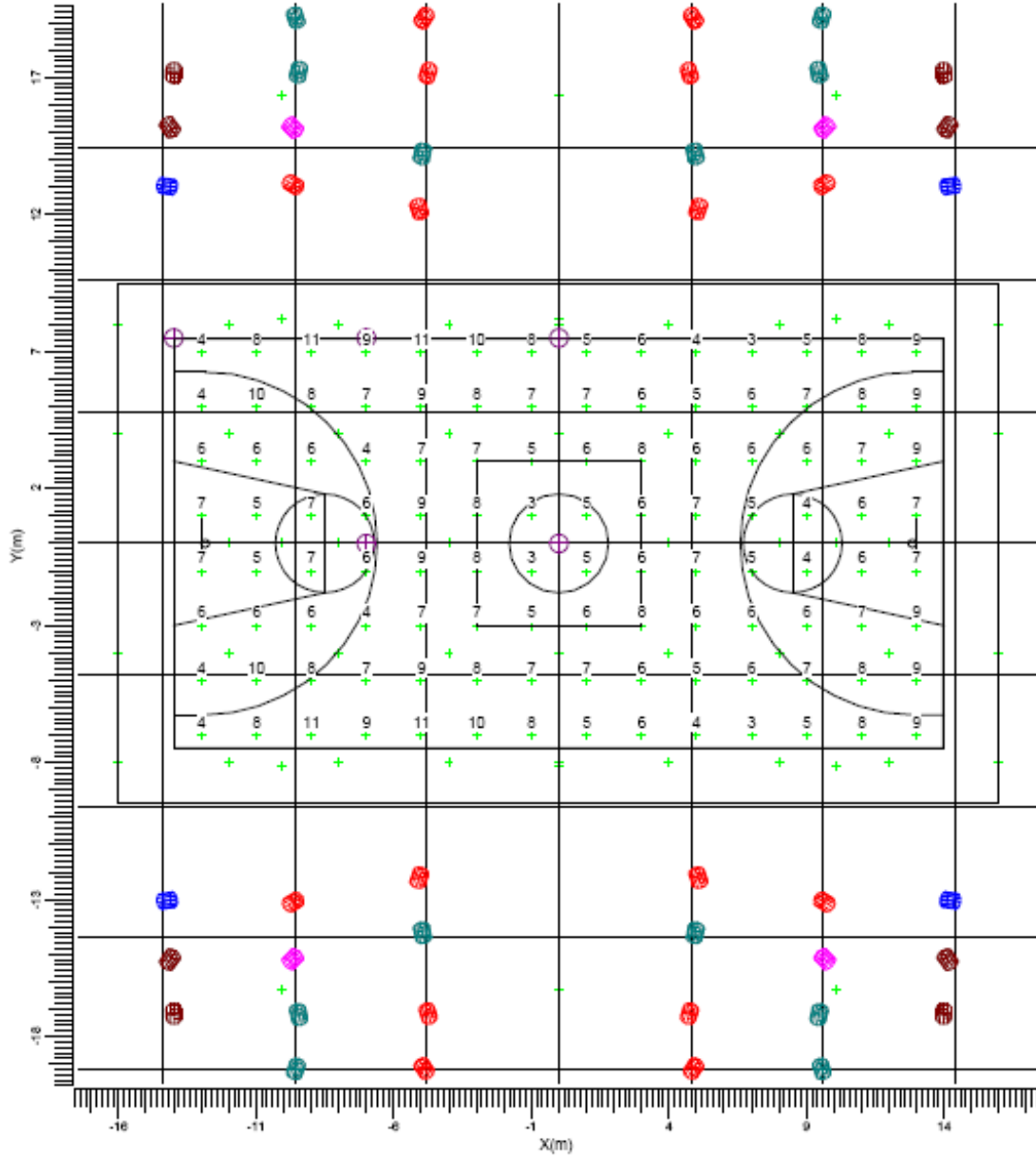
Project maintenance factor
0.80

Scale
1:200

3.15 Basketbol CTV 3.kamera: Gradient Calculation : Graphical Table

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Gradient for Illuminance towards 3.kamera (% per 2.00 m)
 Height above grid : 1.50 m



A : MVF403 CAT-A1
 C : MVF403 CAT-A3
 F : MVF403 CAT-A6

B : MVF403 CAT-A2
 E : MVF403 CAT-A5
 G : MVF403 CAT-A7

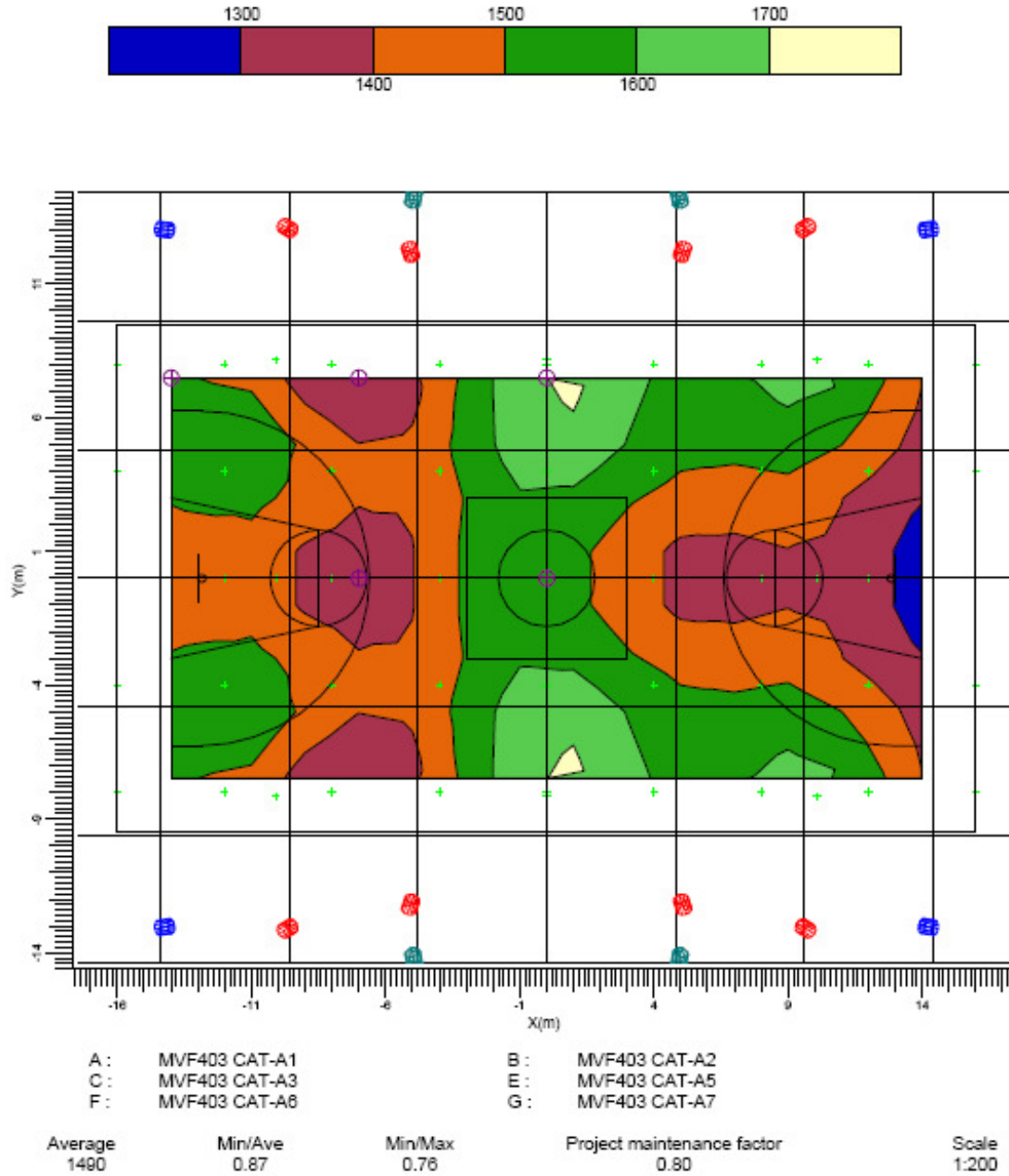
Maximum
11

Scale
1:200

3.16 Basketbol CTV 3.kamera: Filled Iso Contour

BASKETBOL CTV

Grid : Basketball PPA at Z = -0.00 m
 Calculation : Illuminance towards 3.kamera (lux)
 Height above grid : 1.50 m



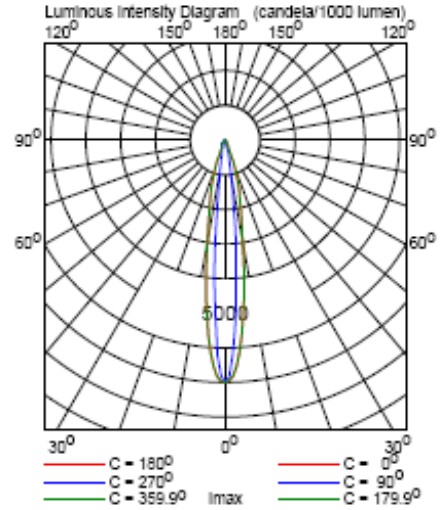
4. Luminaire Details

4.1 Project Luminaires

ArenaVision MVF403 1xMHN-LA1000W/230V/956 CAT-A2



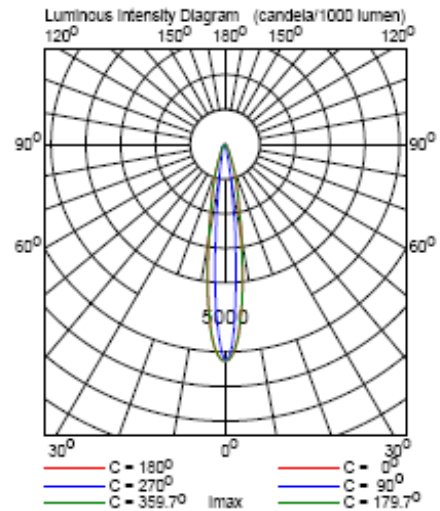
Light output ratios	
DLOR	: 0.81
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.81
Ballast	: Standard
Lamp flux	: 90000 lm
Luminaire wattage	: 1105.0 W
Measurement code	: LVM0004800



ArenaVision MVF403 1xMHN-LA1000W/230V/956 CAT-A3



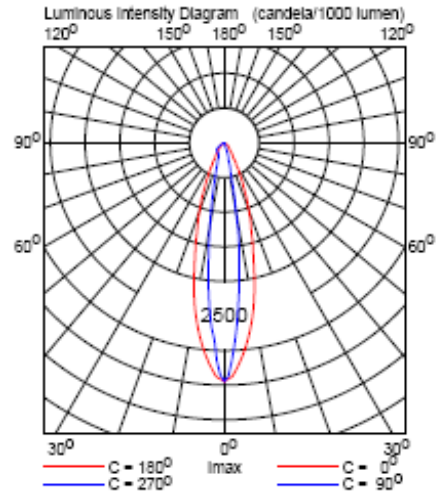
Light output ratios	
DLOR	: 0.81
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.81
Ballast	: Standard
Lamp flux	: 90000 lm
Luminaire wattage	: 1105.0 W
Measurement code	: LVM0005200



ArenaVision MVF403 1xMHN-LA1000W/230V/956 CAT-A5



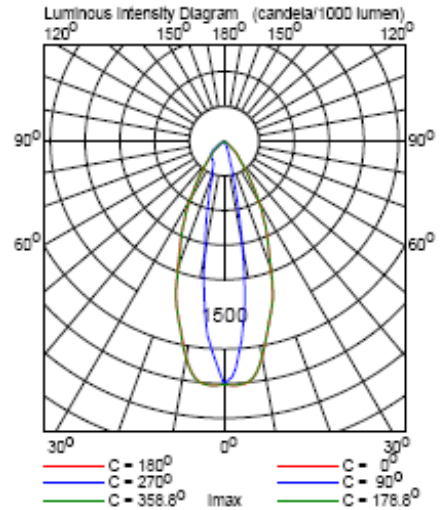
Light output ratios	
DLOR	: 0.80
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.80
Ballast	: Standard
Lamp flux	: 90000 lm
Luminaire wattage	: 1105.0 W
Measurement code	: LVM0005800



ArenaVision MVF403 1xMHN-LA1000W/230V/956 CAT-A6



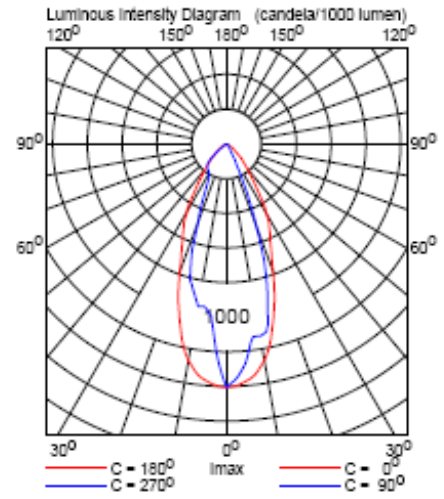
Light output ratios	
DLOR	: 0.80
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.80
Ballast	: Standard
Lamp flux	: 90000 lm
Luminaire wattage	: 1105.0 W
Measurement code	: LVM0005700



ArenaVision MVF403 1xMHN-LA1000W/230V/956 CAT-A7



Light output ratios
 DLOR : 0.79
 ULOR : 0.00
 TLOR : 0.79
 Ballast : Standard
 Lamp flux : 90000 lm
 Luminaire wattage : 1105.0 W
 Measurement code : LVM0006000



5. Installation Data**5.1 Legends**

Project Luminaires:

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Flux (lm)
B	8	MVF403 CAT-A2	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1 * 90000
C	8	MVF403 CAT-A3	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1 * 90000
E	20	MVF403 CAT-A5	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1 * 90000
F	16	MVF403 CAT-A6	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1 * 90000
G	16	MVF403 CAT-A7	1 * MHN-LA1000W/230V/956	1 * 90000

Switching Modes:

Code	Switching Mode
1	BASKETBOL ANTRENMAN
2	BASKETBOL MUSABAKA
3	BASKETBOL CTY
4	1
5	2

5.2 Luminaire Positioning and Orientation

Qty and Code	Position			Aiming Angles			Switching Modes				
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Rot.	Tilt90	Tilt0	1	2	3	4	5
1 * C	-24.00	-16.00	15.00	67.0	60.7	0.0	-	-	+	-	-
1 * B	-24.00	-12.00	15.00	9.3	61.2	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-24.00	-8.00	15.00	39.9	45.7	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-24.00	-6.00	15.00	41.2	53.5	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-24.00	-4.00	15.00	19.9	64.1	0.0	-	-	+	-	-
1 * F	-24.00	-2.00	15.00	-16.9	49.7	0.0	-	-	+	-	-
1 * F	-24.00	2.00	15.00	16.9	49.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-24.00	4.00	15.00	-19.9	64.1	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-24.00	6.00	15.00	-41.2	53.5	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-24.00	8.00	15.00	-39.9	45.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * B	-24.00	12.00	15.00	-9.3	61.2	-0.0	-	-	+	-	-
1 * C	-24.00	16.00	15.00	-67.0	60.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-14.00	-17.00	15.00	92.0	37.9	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-14.00	-15.00	15.00	56.0	61.0	0.0	-	-	+	-	-
1 * B	-14.00	-13.00	15.00	9.1	62.2	-0.0	-	-	+	-	-
1 * B	-14.00	13.00	15.00	-9.1	62.2	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-14.00	15.00	15.00	-56.0	61.0	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	-14.00	17.00	15.00	-92.0	37.9	0.0	-	-	+	-	-
1 * F	-9.50	-19.00	15.00	71.6	45.9	0.0	+	+	+	+	-
1 * F	-9.50	-17.00	15.00	103.0	49.9	0.0	+	+	+	+	-
1 * C	-9.50	-15.00	15.00	46.1	65.9	-0.0	-	-	+	-	-
1 * G	-9.50	-13.00	15.00	31.5	42.3	0.0	-	-	+	-	-
1 * G	-9.50	13.00	15.00	-31.5	42.3	0.0	-	-	+	-	-
1 * C	-9.50	15.00	15.00	-46.1	65.9	0.0	-	-	+	-	-
1 * F	-9.50	17.00	15.00	-103.0	49.9	0.0	+	+	+	+	-
1 * F	-9.50	19.00	15.00	-71.6	45.9	-0.0	+	+	+	+	-
1 * G	-5.00	-19.00	15.00	122.6	47.9	-0.0	-	+	+	-	+
1 * F	-5.00	-14.00	15.00	101.7	56.5	0.0	-	-	+	-	-
1 * G	-5.00	-12.00	15.00	70.9	53.7	0.0	-	-	+	-	-
1 * G	-5.00	12.00	15.00	-70.9	53.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * F	-5.00	14.00	15.00	-101.7	56.5	-0.0	-	-	+	-	-

Qty and Code	Position			Aiming Angles			Switching Modes				
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Rot.	Tilt90	Tilt0	1	2	3	4	5
1 * G	-5.00	19.00	15.00	-122.6	47.9	0.0	-	+	+	-	+
1 * G	-4.80	-17.00	15.00	106.5	39.7	-0.0	-	+	+	-	+
1 * G	-4.80	17.00	15.00	-106.5	39.7	0.0	-	+	+	-	+
1 * G	4.80	-17.00	15.00	73.5	39.7	0.0	-	+	+	-	+
1 * G	4.80	17.00	15.00	-73.5	39.7	-0.0	-	+	+	-	+
1 * G	5.00	-19.00	15.00	57.4	47.9	0.0	-	+	+	-	+
1 * F	5.00	-14.00	15.00	78.3	56.5	-0.0	-	-	+	-	-
1 * G	5.00	-12.00	15.00	109.1	53.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * G	5.00	12.00	15.00	-109.1	53.7	0.0	-	-	+	-	-
1 * F	5.00	14.00	15.00	-78.3	56.5	0.0	-	-	+	-	-
1 * G	5.00	19.00	15.00	-57.4	47.9	-0.0	-	+	+	-	+
1 * F	9.50	-19.00	15.00	108.4	45.9	-0.0	+	+	+	+	-
1 * F	9.50	-17.00	15.00	77.0	49.9	0.0	+	+	+	+	-
1 * C	9.50	-15.00	15.00	133.9	65.9	0.0	-	-	+	-	-
1 * G	9.50	-13.00	15.00	148.5	42.3	0.0	-	-	+	-	-
1 * G	9.50	13.00	15.00	-148.5	42.3	0.0	-	-	+	-	-
1 * C	9.50	15.00	15.00	-133.9	65.9	-0.0	-	-	+	-	-
1 * F	9.50	17.00	15.00	-77.0	49.9	0.0	+	+	+	+	-
1 * F	9.50	19.00	15.00	-108.4	45.9	0.0	+	+	+	+	-
1 * E	14.00	-17.00	15.00	88.0	37.9	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	14.00	-15.00	15.00	124.0	61.0	0.0	-	-	+	-	-
1 * B	14.00	-13.00	15.00	170.9	62.2	0.0	-	-	+	-	-
1 * B	14.00	13.00	15.00	-170.9	62.2	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	14.00	15.00	15.00	-124.0	61.0	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	14.00	17.00	15.00	-88.0	37.9	-0.0	-	-	+	-	-
1 * C	24.00	-16.00	15.00	113.0	60.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * B	24.00	-12.00	15.00	170.7	61.2	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	24.00	-8.00	15.00	140.1	45.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	24.00	-6.00	15.00	138.8	53.5	-0.0	-	-	+	-	-
1 * E	24.00	-4.00	15.00	160.1	64.1	-0.0	-	-	+	-	-
1 * F	24.00	-2.00	15.00	-163.1	49.7	-0.0	-	-	+	-	-
1 * F	24.00	2.00	15.00	163.1	49.7	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	24.00	4.00	15.00	-160.1	64.1	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	24.00	6.00	15.00	-138.8	53.5	0.0	-	-	+	-	-
1 * E	24.00	8.00	15.00	-140.1	45.7	0.0	-	-	+	-	-
1 * B	24.00	12.00	15.00	-170.7	61.2	0.0	-	-	+	-	-
1 * C	24.00	16.00	15.00	-113.0	60.7	0.0	-	-	+	-	-

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	18.08.1980	
Doğum yeri	Tokat	
Lise	1994-1997	Kadıköy İmam Hatip Lisesi
Lisans	1998-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği
Yüksek Lisans	2005-2011	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri Programı

Çalıştığı Kurumlar

2004-2005	Yılmaz Kardeşler İnş.Taah.Ltd.Şti.
2005-Devam Ediyor	İBB Yapı İşleri Müdürlüğü