

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**FOTOVOLTAİK MODÜLLERİN TS EN 45011 ve TS EN ISO/IEC 17065
ÜRÜN BELGELENDİRME SİSTEMİ KAPSAMINDA
SERTİFİKALANDIRILMASININ ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yusuf BİÇER**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**FOTOVOLTAİK MODÜLLERİN TS EN 45011 ve TS EN ISO/IEC 17065
ÜRÜN BELGELENDİRME SİSTEMİ KAPSAMINDA
SERTİFİKALANDIRILMASININ ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yusuf BİÇER
(301121030)**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Y. Erhan BÖKE
Tez Eş Danışmanı : Dr. Cevat ÖZARPA**

MAYIS 2014

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301121030 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Yusuf BİÇER**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**FOTOVOLTAİK MODÜLLERİN TS EN 45011 ve TS EN ISO/IEC 17065 ÜRÜN BELGELENDİRME SİSTEMİ KAPSAMINDA SERTİFİKALANDIRILMASININ ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Y. Erhan BÖKE**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Dr. Cevat ÖZARPA**
İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ş. Özgür ATAYILMAZ**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Yalçın URALCAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Z. Fatih ÖZTÜRK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **30 Mayıs 2014**

ÖNSÖZ

Türkiye'nin, gelişen teknolojisi, sanayisi ve büyüyen ekonomisine paralel olarak artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi kaçınılmazdır. Bu süreçte güneş enerjisinden elektrik üretimi yani fotovoltaik teknoloji büyük bir paya sahip olacaktır. 2013 yılında yayınlanan "Shell New Lens Scenarios" raporuna göre 2070 yılında güneş enerjisi petrolü geride bırakarak Dünya'da birincil enerji kaynağı konumuna ulaşacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlayan fotovoltaik modüllerden en az 25 yıl verimli işletme ömrü beklenmektedir. İlk kurulumdan sonra çok az bakım gerektiren bu sistemler için, fotovoltaik modüllerin kurulumdan önce standartlara uygun olması çok büyük önem arz etmektedir. Standartlara uygunluğun sağlanması ise modüllerin test ve belgelendirme sürecinden geçirilmesi ile mümkündür.

Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltabilmesi ve yenilenebilir enerji teknolojilerini etkin bir biçimde kullanabilmesi için yerli üretimi teşvik etmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojilerinde kullanılan yerli ürünlerin uluslararası standartlara uygunluğunun ve uluslararası kabul edilebilir kalite seviyesinin sağlanabilmesi için gerekli test ve belgelendirme faaliyetlerinin de üretim ile beraber devam etmesi şarttır. Bu süreçte gerek Türkiye'de üretilen ürünlerin, gerekse yurtdışından satın alınmış ve Türkiye'de kurulacak fotovoltaik modüllerin standart testlerinin yapılarak, yerli akredite belgelendirme kuruluşları tarafından uygunluk belgelerinin oluşturulması önemlidir. Bu tez çalışmasında, Türkiye'de ilk defa, yenilenebilir enerji santrallerinde kullanılan fotovoltaik modüllerin TS EN 45011 ve TS EN ISO/IEC 17065 ürün belgelendirme sistemi kapsamında belgelendirme sistemi araştırılmış, kurulmuş ve uygulaması yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki yüksek lisans eğitimim boyunca, destek ve yardımlarını esirgemeyen tüm öğretim üyelerine ve yüksek lisans tez danışmanlarım Sn. Doç. Dr. Y. Erhan BÖKE ve Sn. Dr. Cevat ÖZARPA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, tezin hazırlanması aşamasında altyapı ve bilgi desteğini esirgemeyen UGETAM A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Prof. Ümit Doğay ARINÇ'a, Genel Müdür Sn. Serkan KELEŞER'e, yöneticilerine ve çalışanlarına, laboratuvar kurulum çalışmalarını ortaklaşa yürüttüğümüz TÜBİTAK-UME'ye, eğitim alınan kurumlardan Frauhofen ISE, TÜV Rheinland ve Photovoltaic Institute Berlin'e, benden bilgi ve motivasyon desteğini esirgemeyen babam Sn. Mehmet BİÇER'e, yüksek lisans eğitimim süresince birçok proje, ödev ve sınavlarda birlikte emek sarf ettiğimiz bölüm arkadaşlarıma, beni sabırla yetiştirip bu günlere gelmeme vesile olan, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme, sevgili eşime ve kızıma en kalbi duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2014

Yusuf Biçer
Kontrol Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xixx
SUMMARY	xxi
1.GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	4
1.2 Literatür Özeti	4
2.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE TÜRKİYE	9
2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi	9
2.2 Rüzgar Enerjisi	10
2.3 Jeotermal Enerji	11
2.4 Biyokütle Enerjisi	11
2.5 Hidroelektrik Enerji	11
2.6 Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji	12
2.7 Hidrojen Enerjisi	13
2.8 Güneş Enerjisi	13
2.9 Güneş Enerjisinin Türkiye İçin Önemi ve İlgili Mevzuat.....	14
2.10 Fotovoltaik Sistemlerin Kısa Tarihçesi	18
2.11 Fotovoltaik Teknoloji ile İlgili Temel Bilgiler	19
2.12 Fotovoltaik Modüllerin Yapısı ve Çalışma Prensipleri	20
3.KALİTE, STANDARDİZASYON, BELGELENDİRME KAVRAMLARI VE AKREDİTASYON KAPSAMI	23
3.1 Kaliteyi Oluşturan Unsurlar	23
3.2 Kalite ve Standatlara İlişkin Bilgiler.....	23
3.3 Toplam ve Klasik Kalite Anlayışı ve Özellikleri	24
3.3.1 Müşteri odaklılık	24
3.3.2 Liderlik.....	25
3.3.3 Sürekli iyileştirme	25
3.4 Uygunluk Değerlendirme	26
3.3.1 Üretim öncesi aşamada uygunluk değerlendirme	26
3.3.2 Üretim aşamasında uygunluk değerlendirme	26
3.3.3 Üretim sonrası aşamada uygunluk değerlendirme	27
3.5 Standart ve Standardizasyon Kavramlarının Önemi	27
3.5.1 Standardizasyonun faydaları	28
3.5.1.1 Üreticiye faydaları	28
3.5.1.2 Ekonomiye faydaları	28
3.5.1.3 Tüketiciye faydaları	28
3.5.2 Standart Çeşitleri	29

3.5.2.1 Yapı karakterlerine göre standartlar	29
3.5.2.2 Uygulama şekillerine göre standartlar	29
3.5.2.3 Uygulama alanlarına göre standartlar	30
3.5.3 Standartlar doğrultusunda ürün belgelendirme	30
3.6 Akreditasyon ve Faydaları.....	31
3.6.1 Tarafsızlık.....	32
3.6.2 Gizlilik.....	33
3.6.3 Başvuru.....	33
3.6.4 Akreditasyonun temelini oluşturan standartlar.....	33
3.6.5 Akredite olma gerekliliği.....	34
3.6.6 Akreditasyon kurumlarının sektöre katkısı	34
3.6.7 Türkiye’de yayınlanmış akreditasyon ile ilgili zorunluluklar	35
4.FOTOVOLTAİK MODÜLLER İÇİN TS EN 45011 VE TS EN ISO/IEC 17065'E GÖRE TASARLANAN ÜRÜN BELGELENDİRME SİSTEMİ	37
4.1 Ürün Belgelendirme Süreci	37
4.1.1 Başvuru.....	37
4.1.1.1 Başvurunun değerlendirilmesi	39
4.1.2 Muayene ve deney	39
4.1.3 Üretim yeri inceleme	35
4.1.4 Ürün uygunluk belgesi verilmesi.....	44
4.1.5 Belgelendirme sonrası süreç.....	44
4.1.5.1 Gözetim.....	44
4.1.5.2 Belgelendirilmiş üründe değişiklik yapılması.....	45
4.1.5.3 Belgelendirme süresinin uzatılması.....	45
4.1.5.4 Belgelendirme kapsamının genişletilmesi.....	46
4.1.5.5 Belge yenileme.....	46
4.1.5.6 Askıya alma.....	46
4.1.5.7 Belgenin iptali ve sözleşmenin feshedilmesi	47
4.1.5.8 Belge sahibinin müşterilerine karşı yükümlülüğü	48
4.1.5.9 Ürün uygunluk belgesinin kullanımı.....	49
5.YENİ HAZIRLANAN VE UYGULAMASI YAPILAN KRİSTAL SİLİKON VE İNCE FİLM FOTOVOLTAİK (PV) GÜNEŞ MODÜLLERİ BELGELENDİRME PROGRAMI	51
5.1 Belgelendirme Programının Amaç ve Kapsamı	51
5.2 Tanımlar ve Kısaltmalar	51
5.3 Belgelendirme Şartları	52
5.3.1 Genel şartlar.....	52
5.3.2 Başvuru.....	52
5.3.3 PV modül tip testleri.....	53
5.3.4 Güvenlik testleri ve sınıflandırması.....	55
5.3.5 Üretilen her modüle uygulanacak kontroller.....	58
5.3.6 Gözetim programı.....	59
5.3.7 Üretim süreci şartları	60
5.3.8 Üretim giriş kalite kontrolü	60
5.3.9 Belge verilmesi, paketleme ve işaretleme	60
5.4 Laboratuvar Şartları	61
5.5 Personel Şartları	62
5.6 Şikayet ve Düzeltici Önleyici Faaliyetler	62
6.FOTOVOLTAİK MODÜL ÜRÜN BELGELENDİRME SÜRECİ UYGULAMASINDA TESPİT EDİLEN BULGULAR VE TARTIŞMALAR...63	63

6.1 Fotovoltaik Modüller İçin Ürün Standartları	63
6.2 TS EN 61215, TS EN 61646 Standartları ve Gereklilikleri	63
6.2.1 Sıcaklık-nem testi	68
6.2.2 Isıl çevrim testi	68
6.2.3 Nem-buzlanma testi.....	68
6.2.4 Mekanik yük testi	68
6.2.5 Sıcak nokta dayanımı testi.....	68
6.3 TS EN 61730 Standardındaki Bazı Testler ve Gereklilikleri	69
6.3.1 Topraklama süreklilik testi.....	69
6.3.2 Ters aşırı akım testi	70
6.4 Fotovoltaik Modül Ürün Muayenesi	70
6.5 Deney Laboratuvarı Kurulumu	72
6.5.1 Kurulan deney laboratuvarının TS EN ISO/IEC 17025 standardına göre denetlenmesi.....	73
6.6 Üretim Yeri İnceleme ve Değerlendime İçin Örnek Belgelendirme Süreci....	74
6.7 Fotovoltaik Modüllerde Güvenilirlik ve Dayanıklılık	74
6.7.1 Gerilme seviyesi ve süre sınırları:Sıcaklık.....	77
6.7.2 UV testi sınırları	78
6.7.3 Nem-buzlanma testi sınırları	78
6.7.4 Voltaj gerilim sınırları	78
6.7.5 Verimli işletme süresi için testlerin öncelikleri.....	79
6.8 Önerilen Alternatif Test Yöntemi ve Prosedürleri	80
6.9 Türkiye Güneş Enerjisi Sektörünün Finansal Değerlendirmesi	90
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	94
KAYNAKLAR	101
EKLER.....	106

KISALTMALAR

TÜBİTAK-UME	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Ulusal Metroloji Enstitüsü
PV	: Fotovoltaik
EA	: Avrupa Akreditasyon Birliği
ILAC	: Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği
IAF	: Uluslararası Akreditasyon Forumu
TÜRKAK	: Türk Akreditasyon Kurumu
CIS	: Copper Indium Gallium
MATLAB	: Matrix Laboratory
SWOT	: Strength-Weakness-Opportunity-Threat
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
MW	: Megawatt
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
HES	: Hidroelektrik Santral
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
DC	: Doğru Akım
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
ISO	: International Organization for Standardization
CEN	: Avrupa Standardizasyon Komitesi
CENEL	: Avrupa Elektrik Standartları Koordinasyon Komitesi
CEE	: Elektrik Donatılarının Kabulü ile İlgili Uluslar Arası Komisyon
CE	: European Conformity -
IEC	: International Electrotechnical Commission
IECEE	: International Commission on the Rules for the Approval of Electrical Equipment
STC	: Standard Test Conditions
CENELEC	: European Committee for Electrotechnical Standardization
C-Si	: Crystal Silicon
UV	: Ultraviolet
PID	: Potential Induced Degradation
RH	: Relative Humidity
DIN	: Deutsches Institut für Normung
TL	: Türk Lirası
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
PPM	: Parts Per Million
AB	: Avrupa Birliği
kWp	: Kilowatt Peak
RH	: Relative Humidity

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1 : TS EN 61215 Tip testleri ve özetleri	54
Çizelge 5.2 : TS EN 61646 Standardındaki ilave test	55
Çizelge 5.3 : TS EN 61730-2 Güvenlik testleri.....	56
Çizelge 5.4 : TS EN 61730-1/-2 Ön koşullandırma tip testleri	57
Çizelge 5.5 : TS EN 61730-1/-2 Genel muayene tip testi	57
Çizelge 5.6 : TS EN 61730-1/-2 Elektrik çarpması tehlikesi tip testleri.	57
Çizelge 5.7 : TS EN 61730-1/-2 Yangın tehlikesi tip testleri.....	58
Çizelge 5.8 : TS EN 61730-1/-2 Mekanik tip testleri.....	58
Çizelge 5.9 : TS EN 61730-1/-2 Bileşenler tip testleri.....	58
Çizelge 5.10 : TS EN 61215, TS EN 61646 üretim testleri	58
Çizelge 5.11 : TS EN 61730-1/-2 üretim testleri	58
Çizelge 5.12 : Periyodik gözetimlerde uygulanması gereken güvenlik testleri	59
Çizelge 6.1 : Euro döviz kur fiyatları	91
Çizelge 6.2 : Dolar döviz kur fiyatları	92

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 : Çeşitli ülkelerdeki güneşlenme saatleri kıyaslaması.....	15
Şekil 2.2 : Fotoelektrik olay.....	19
Şekil 2.3 : Fotovoltaik modül yapısı.....	20
Şekil 6.1 : TS EN 61215 ve TS EN 61646 Test zinciri.....	65
Şekil 6.2 : İşletme zamanı - modül hata oranları.....	66
Şekil 6.3 : Kristal silikon fotovoltaik modüller için IEC yeterlilik testi başarısızlık oranları 2007 – 2011 verileri	67
Şekil 6.4 : 200 döngü için ısıl çevrim testi sonuçları	69
Şekil 6.5 : Fotovoltaik modül akredite muayene sistemi akış şeması	71
Şekil 6.6 : Laboratuvar nem-buzlanma testi için iklimlendirme kabini.....	72
Şekil 6.7 : 1997-2005, 2005-2007 ve 2007-2009 yılları için kristal silikon modüllerin başarısızlık oranı karşılaştırması	80
Şekil 6.8 : Koppen iklim sınıflandırması	81
Şekil 6.9 : Koppen detaylı iklim sınıflandırması	83
Şekil 6.10 : Kısa test programındaki bazı testler	84
Şekil 6.11 : İklimlendirme odası ısıl çevrim testleri	84
Şekil 6.12 : Kısa test programı akış şeması	85
Şekil 6.13 : Değerlendirme süreci akış şeması	87
Şekil 6.14 : Uzun test programı akış şeması	89
Şekil 6.15 : Uzun test programı modül testleri akış şeması	90

**FOTOVOLTAİK MODÜLLERİN TS EN 45011 VE TS EN ISO/IEC 17065
ÜRÜN BELGELENDİRME SİSTEMİ KAPSAMINDA
SERTİFİKALANDIRILMASININ ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI**

ÖZET

Dünya’da fosil kaynaklı enerji tüketiminin azaltılması için yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması gerekmektedir. Türkiye’nin resmi enerji stratejisi, 2023 yılına kadar ülkenin dış kaynaklara olan bağımlılığını azaltacak, hatta mümkün olduğunca sıfıra indirecek şekilde, iç kaynaklardan maksimum ölçüde yararlanmayı hedefleyen bir yaklaşıma dayanmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2010-2014 Stratejik Planı’na göre, 2023 yılında elektrik üretiminin yüzde 30’unun yenilenebilir kaynaklardan temin edilmesi hedeflenmektedir.

Globalleşen dünya pazarlarında artan yoğun rekabette kaliteli ürün üretme anlayışı ile birlikte standardizasyon ve belgelendirme kavramları ortaya çıkmıştır. Böylece imalatçıların da ürünlerine standartlara uygunluk belgesi alma ihtiyacı doğmuştur.

Özellikle ilk kurulumdan sonra uzun yıllar sorunsuz çalışması beklenen fotovoltaik güneş modüllerinin kalite ve performans testlerinin akredite olmuş bir laboratuvar ve belgelendirme kuruluşunca yapılması önemlidir. Türkiye’de kurulacak olan güneş enerji santrallerinde kullanılacak fotovoltaik modüllerin güvenilir ve dayanıklı olabilmelerini sağlamak için akredite olmuş yerli laboratuvarlar ve ürün belgelendirme kuruluşları tarafından belgelendirmelerinin yapılması santrallerin uzun yıllar verimli olarak çalışmalarını sağlayacaktır.

Türkiye’nin iklim koşulları Avrupa iklim şartlarına göre farklıdır. Kurak, yağışlı, aşırı soğuk ve nemli iklimleri birarada bulunduran Türkiye için ilave test ve belgelendirme programları önerilmelidir. Bu kapsamda fotovoltaik modüller için oluşturulan ürün belgelendirme programı Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından akredite olarak, bu alanda Türkiye’ye ilk ve tek akredite ürün belgelendirme kuruluşu kazandırılmıştır.

**INVESTIGATION AND IMPLEMENTATION OF PRODUCT
CERTIFICATION SYSTEM BASED ON TS EN 45011 AND TS EN ISO / IEC
17065 FOR PHOTOVOLTAIC MODULES**

SUMMARY

Turkey is one of the countries with the highest solar energy potential in Europe, yet it fails to convert such potential to capacity in terms of electricity generation. As a result, since the country's energy needs rise daily, and will continue to rise in order to attain the 2023 targets, it becomes more dependent on other countries for natural gas and oil imports.

However, 2013 will mark a significant milestone in Turkey's energy history, as the country will receive the first license applications in its history to generate electricity using solar sources during these dates.

Turkey enjoys a perfect geographic location to develop solar power plants and benefiting therefrom. Compared to the rest of Europe, insolation values are higher, and conditions for solar power generation are better.

For the PV modules used in solar energy power plants in Turkey, the quality and reliability plays an important role for total energy output. In order to ensure sustainable energy generation in PV power plants, certification of PV modules are mandatory. Local laboratories and certification bodies lead to research and development activities and consequently quality products. Turkey's climate and geographic situations are different from Europe's status. Therefore, additional tests may be required for determining the durability and reliability factors. By this research, investigation of different certification procedures is held and a new product certification system for PV modules is designed. By this system, accreditation of product certification body has successfully been completed from Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) as the first and the only one in Turkey.

1. GİRİŞ

Dünya'nın ve özellikle Türkiye'nin, 21. yüzyılda karşı karşıya bulunduğu en büyük sorunlardan biri enerjide dışa bağımlılıktır. Enerji tüketiminin 1990-2008 yılları arasında yüzde 40 arttığı dünyada, enerjinin yüzde 80'i fosil kaynaklıdır. Fosil yakıtlara bağımlılık ekonomiye yük oluşturmanın yanı sıra iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının atmosferde birikmesine de yol açmaktadır. İklim değişikliğinin hem insanlık, hem de gezegenimiz için geri dönülemez sonuçlara yol açmasını önlemek için küresel ısınmayı 1,5 derecenin altında tutmamız gerekmektedir. Başka bir deyişle, atmosferdeki sera gazı seviyesi 350 ppm ile sabitlenmek durumundadır. Bunun tek yolu fosil yakıtların enerji üretimindeki payını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir. "The World Wide Fund for Nature" tarafından yayınlanan "Enerji Raporu: 2050'de %100 Yenilenebilir Enerji" rapor; 2050 yılına kadar küresel enerji arzının tamamının yenilenebilir enerjiden karşılanabileceğini ortaya koymaktadır. Teknik, yasal, toplumsal ve ekonomik anlamda gerçekleştirilecek küresel dönüşümlerle önümüzdeki 40 yıl içerisinde artan enerji gereksiniminin tamamının yenilenebilir enerjiden karşılanması mümkündür. Bunun için yalnız hükümetlerin değil, özel sektörün ve hatta bireylerin üstlenmesi gereken çok önemli roller bulunmaktadır [1].

Türkiye'de artan nüfus ve yükselen refah seviyesine bağlı olarak elektrik talebi 2019 yılına kadar yıllık yaklaşık yüzde 7'lik bir oranda artış gösterecektir. Bununla birlikte, enerji üretimi için kullanılacak geleneksel kaynaklar sınırlıdır. Petrol ve doğalgazdaki dışa bağımlılık, ülke ekonomisini baskı altında tutmaktadır. Oysa Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği açısından çok elverişli bir coğrafi konuma sahiptir.

Türkiye'nin resmi enerji stratejisi, Cumhuriyetin kuruluşunun yüzüncü yılı olan 2023'e kadar ülkenin dış kaynaklara olan bağımlılığını azaltacak, hatta mümkün olduğunca sıfıra indirecek şekilde, iç kaynaklardan maksimum ölçüde yararlanmayı hedefleyen bir yaklaşıma dayanmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2010-2014 Stratejik Planı'na göre, 2023 yılında elektrik üretiminin yüzde 30'unun

yenilenebilir kaynaklardan temin edilmesi hedeflenmektedir. İklim Değişikliği Eylem Planında, ülkedeki teknik ve ekonomik bakımdan elverişli bütün hidroelektrik potansiyelin değerlendirilerek, enerji arzında yenilenebilir enerjinin ve özellikle güneş enerjisinin payının artırılması gerektiğine işaret edilmektedir [2].

Globalleşen dünya pazarlarında artan yoğun rekabette kaliteli ürün üretme anlayışı ile birlikte standardizasyon ve belgelendirme kavramları ortaya çıkmıştır. Böylece üreticilerin ürünlerine standartlara uygunluk belgesi alma ihtiyacı doğmuştur. Özellikle ilk kurulumdan sonra uzun yıllar sorunsuz çalışması beklenen fotovoltaik güneş modüllerinin kalite ve performans testlerinin akredite olmuş bir laboratuvar ve belgelendirme kuruluşunca yapılması önemlidir. Bu çalışmanın amacı; fotovoltaik modüllerin sektördeki ürün belgelendirme süreçlerinin ayrıntısıyla incelenmesi ve Türkiye için uygulamasının yapılmasıdır.

Küreselleşme ile birlikte dünya pazarlarında artan aşırı rekabet, bir çok sektörün değişim sürecine girmesine sebep olmuştur. Bu süreç ile birlikte müşterilerin gereksinim ve beklentileri de değişmiştir. Sektörlerde bir farklılık oluşturabilmek için, müşterilere istedikleri kalitede ürünü, daha uygun fiyatta ve daha kısa sürede sağlamanın gerekliliği anlaşılmıştır. Böylece bu kriterleri gerçekleştirebilecek olan bir kalite anlayışı ortaya çıkmıştır. Kalitenin yanında müşterinin ihtiyaçlarına uygun özelliklerdeki ürünün tedarik edilebilmesi için günümüzde standardizasyon kavramı oluşmuştur. Uygun standartlarda ürünün piyasaya sürüldüğünü ve üretimin belirlenen standartlar çerçevesinde devam ettiğini ispatlamak için de “belgelendirme” kavramı ortaya çıkmıştır.

Aynı zamanda kalite ve standardizasyon çalışmaları beraberinde ürünlerin test edilmesini ve uygun metotlarla sistemin sürekli incelenmesini gerekli kılmıştır. Kuruluşların kendi iç tetkikleriyle aynı standart ve emniyete sahip ürün ve/veya hizmet sunmasının mümkün olmamasından dolayı sistemi denetleyen, ürünü inceleyen ve test eden tarafsız uygunluk değerlendirme kuruluşları faaliyete başlamıştır. Uygunluk değerlendirme kuruluşlarının faaliyetlerinin ve sayılarının artması sonucu, bu kuruluşların kurallara uygun çalışıp çalışmadığının denetlenmesi gereği anlaşılmıştır. Bu gereksinim akreditasyon kavramını gündeme getirmiştir. Akreditasyon, belgelendirme veya test kuruluşunun verdiği belgenin veya raporun güvenilirliğinin, tarafsızlığının ve doğruluğunun tanınmasıdır. Başka bir deyişle belgelendirme kuruluşunun test etmeye veya belge vermeye yetkili olduğunun kabul

edilmesidir. Akredite olmak isteyen kuruluşlar akreditasyon kuruluşları tarafından faaliyetleriyle ilgili uluslararası standartlara göre denetime tabi tutulurlar. Bu denetimler sonucu standart şartlarını karşılayan kuruluşlar akredite olur ve periyodik olarak akreditasyon kurumu tarafından denetlenir. Akreditasyon alanında Avrupa Birliğindeki yapılanmaya bakıldığında; her üye ülkenin ulusal ölçekte akreditasyon sistemlerini oluşturduğu, AB pazarında deney raporlarının, mal ve hizmetlere dair belgelerin güvenilirliği için; bunları düzenleyen uygunluk değerlendirmesi kuruluşlarının akredite edilmiş olmasının aranan bir koşul durumuna geldiği, AB ülkelerindeki akreditasyon kuruluşlarının Avrupa Akreditasyon Birliğine (EA)'ye, Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC)'a ve Uluslararası Akreditasyon Forumu (IAF)'a üye oldukları; EA'nın ve IAF'ın üyelerinin verdikleri akreditasyon hizmetinin karşılıklı tanınabilirliğini sağladığı görülmektedir. Türkiye de uygunluk değerlendirmesi faaliyetlerini akredite etmek için 4 Kasım 1999 tarihinde yayımlanan 4457 sayılı Kanunla TÜRKAK kurulmuştur. TÜRKAK büyük önem taşıyan EA, ILAC ve IAF üyeliklerini tamamlamıştır [3,4].

Gerek ulusal, gerekse de uluslararası ve Avrupa Birliği standartlarına uygun üretimin ispatı için bağımsız ve akredite belgelendirme kuruluşları tarafından bir takım denetim ve testler gerçekleştirilmektedir. Denetim ve testler neticesinde ürünlere “Uygunluk Belgesi” verilme kararı gözden geçirilmekte ve ürünün uygunluğunun devamı için üçüncü taraf denetimleri ve gözetimleri yapılmaktadır. Bu çalışmada da Türkiye'deki genel ürün belgelendirme politikalarından yola çıkarak Fotovoltaik modül sektöründe ürün belgelendirme çalışmalarının nasıl yapıldığı konusunda bilgi verilmiş ve aşama aşama, süreçleriyle birlikte anlatılmıştır. Bu süreçte, belgelendirme kuruluşlarına yapılan başvurudan başlayıp, denetimin planlanması ve gerçekleştirilmesiyle devam eden, en sonunda da uygunluğun ispatı niteliğindeki ürün uygunluk belgesi alınmasına kadar olan süreçten bahsedilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Dünyada fosil kaynaklı enerji tüketiminin azaltılması için yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması gerekmektedir. Bir güneş ülkesi olarak Türkiye yenilenebilir enerji teknolojilerini en yakından takip etmeli ve kullanılan ekipman ve ürünlerin yerli üretimini teşvik etmelidir. Güneş enerjisinden elektrik üretiminin ana elemanı olan Fotovoltaik modüllerin uluslararası standartlara uygunluklarının sağlanması, kalite ve güvenilirliklerinin belirlenebilmesi için akredite laboratuvar ve belgelendirme kuruluşlarının gerekliliği şarttır. Bu tez çalışması ile birlikte özellikle Türkiye’de üretilen fotovoltaik modüllerin TS EN 45011 ve TS EN ISO/IEC 17065 standartları çerçevesinde ürün belgelendirme faaliyetlerinin araştırılması ve uygulamasının yapılmasını amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Özeti

Daha önce yapılan çalışmalarda; Türkiye’de üretilen ürünlerden özellikle pencere sektöründe kullanılan PVC pencereler için belgelendirme faaliyetleri araştırılarak, belgelendirmenin öneminden bahsedilmiştir. Aynı zamanda Türkiye için kalite ve akreditasyon kavramlarının önemi vurgulanmıştır [3,4]. Fotovoltaik alanında ise yapılan çalışmalar daha çok performans karşılaştırması ve takip sistemleri üzerine olduğu görülmüştür. Kristal Silisyum, CIS Tipi İnce Film ve Organik Boya Esaslı İnce Film Fotovoltaik Modül Performanslarının Karşılaştırılmalı Olarak incelenmesi tezi ile performans karşılaştırmaları yapılmıştır [5]. Maksimum güç noktası bulunan bir kontrol sistemi ile çalışan şebekeye bağlı bir fotovoltaik sistemin genel tasarımı isimli çalışmada fotovoltaik hücrenin elektronik karakteristiğinin söz konusu fotovoltaik hücrenin simülasyon modeline dayanılarak elektrik devresine gelen güneş ışını ve çevre sıcaklığı ile değişimi MATLAB simülasyon modeli ile incelenmiştir [6]. Ürünlerin etiket değerleriyle saha koşullarında üretim değerlerinin gerek çevresel koşullardan gerekse yapılan kabul koşullarından veya ürünlerin kalitelerinden dolayı farklılıklar göstermesinden dolayı yapılan çalışmada farklı tip ve güçlerdeki fotovoltaik modüllerin gerçek saha ortamında test edilebilecekleri test platformunun tasarlanıp, kurulması ve örnek bir modül üzerinde test çalışmasının yapılarak sistemin doğrulanması amaçlanmıştır [7].

Yerli üretim konusunda yapılan çalışmalara bakıldığında, günümüzde ülkemizde yoğun biçim de kullanılmakta olan klimalandırma cihazları sektöründeki yerli üreticinin, yabancı ithalatçıya göre pazar paylarının incelenmesi ve kullanılan cihazların karşılaştırılmasını amaçlayan tez hazırlanmıştır [8,26]. Diğer bir çalışmada, temel olarak çeşitli testleri yapılan Eurobus Tector tipi yerli üretim bir aracın, sonlu elemanlar metoduyla temel mukavemet analizlerini aynı prensiplerle ve sınır şartları ile yaparak çıkan sonuçların bu test sonuçları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır [9]. Yenilenebilir enerji alanında yapılan çalışmalara bakıldığında, enerji arz güvenliğini etkileyen faktörler ve yenilenebilir enerji kaynakları alternatifi bu çalışmada, güncelliğini hiç kaybetmeyen ve önemli bir konu olan enerji arzı ele alınmış, enerji arz güvenliğini etkileyen faktörler hem teorik hem de ampirik açıdan irdelenmiştir. Dünyada ve Türkiye’de enerji arzı için en güvenli ve güvenilir alternatiflerden biri olan yenilenebilir enerji kaynakları detaylı olarak incelenmiştir [10]. Yenilenebilir kaynakların potansiyel, maliyet ve ekonomik etki analizleri yapılmış ve Türkiye’nin genel enerji durumu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliği, “SWOT (Güçlü, zayıf, fırsatlar, tehditler) Analiz” metodu ile incelenerek ayrıca bir bölüm olarak ele alınmıştır [11,27]. Yerli tarım makinalarının sektörde yaygınlaşması ve bu makinaların kalitelerinin incelenmesi ve kaliteyi belirleyici unsurların tespiti için doktora çalışması yapılmıştır [12]. Karabük bölgesinin güneş enerjisi potansiyelini hesaplamak ve Karabük bölgesinin güneş enerjisinden nasıl ve ne kadar yararlanabileceğini belirlemek amacıyla kurulan güneş enerjisi ölçüm laboratuvarının, veri edinim, depolama ve internet aracılığıyla verileri sunma sistemi tasarlanmış ve hayata geçirilmiştir[13,28]. Diğer bir çalışmada; Türkiye’nin güneş enerji potansiyeli, enerji politikalarında destekleme ve fiyatlandırma mekanizmalarının etkisi ile araştırma ve geliştirme çalışmaları ve desteklerinin yıllar içerisindeki gelişimi ve işgücüne yapacağı etki değerlendirilmektedir [14]. Özellikle gelişmiş ülkelerce, güneş enerjisi teknolojileri konusunda sürdürülen araştırma-geliştirme ve uygulama çalışmaları paralelinde, düzlemsel yüzeyli güneş kollektörlerinin verim testlerine yer verilerek bu çerçevede, kabul edilen en son uluslararası standartlara göre verim testleri yapılarak, sistem boyutlandırması için gerekli parametreler çıkartılmıştır[15]. Fotovoltaik olay ve güneş pillerinin ilkeleri incelenerek yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi hakkında istatistiksel bilgiler değerlendirilmiş, ayrıca güneş pilleriyle ilgili deneysel çalışmalar yapılarak teknolojinin mevcut durumu hakkında bilgiler verilmiştir [16].

Küçük ve orta ölçekli işletmelerin elektrik ihtiyaçlarının belirli bir bölümünün güneş modülleri ile karşılanmasına yönelik uygun tasarımların geliştirilmesine yardımcı olacak model geliştirilmesi ve modül sistemi üzerinde süreçleri izleme ve veri analizi yapılmasını sağlayan bütünleşik akıllı sistem yazılımının geliştirilmesinin amaçlandığı bir çalışma yapılmıştır [17]. Özellikle güneş pillerinin verimlerini arttırma ve maliyetlerini azaltma yönünde yapılan çalışmalara ağırlık verilmesinin, ulusal üretime geçilmesinin, bireysel kullanıcıların devlete elektrik satmasını kolaylaştıracak çift yönlü sayaç sisteminin uygulamaya konulmasının, yatırımcılara gerekli desteğin sağlanmasının en azından bu konudaki bürokratik engellerin kaldırılmasının ve güneş pillerinin diğer enerji sistemleri ile birlikte kullanıldığı hibrid sistemlerin tasarlanmasının son derece uygun olacağı sonucuna varılan araştırmalar yapılmıştır [18,29]. Güneşi tek eksenli takip eden parabolik bir güneş takip sistemi tasarlanarak mekanik ve elektronik sistemin tasarımı bilgisayar ortamında yapılmış ve bu sistemin prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Yapılan prototipin güneşi takip etmesi gözlemlenerek verim artışı sağlanmıştır [19,30]. Türkiye içerisinde yapılan literatür taraması sonucu şimdiye kadar yapılan çalışmaların çoğunun fotovoltaiik teknolojisini tanıtmaya, güneş takip sistemleri tasarlamaya, çeşitli fotovoltaiik modüllerin performans karşılaştırılmasının yapılmasına, belgelendirme ve akreditasyon kavramlarının farklı sektörler için incelendiğine rastlanılmış olmasına rağmen, fotovoltaiik modüller için kalite ve akreditasyon kavramının ürün belgelendirme çalışmaları çerçevesinde yapılmasına rastlanılmamıştır.

Yurtdışı kaynaklar arasından yapılan literatür taramasında; PV modüller için beklenen başarısızlık oranlarının saptanması ve başarısızlık mekanizmaları belirlemek için modülleri uzun süreli ışık altında tutarak saha verilerini ve hızlandırılmış gerilim testlerini kullanarak çalışmalar yapılmıştır [20]. Tasarım ve yeterlilik testi sırasında belirlenen tasarım kalitesi sorunları tartışılmıştır [21]. Avrupa'da kamu elektrik şebekesine bağlı ilk (1982) PV santralinin ortalama işletme ömrü hata oranlarının tespiti yapılmıştır [22]. Modüllerin ve dizilerin özelliklerini belirlemek için yeni test yöntemleri ve analitik prosedürler geliştiren, tüm çalışma koşulları için performans parametreleri sağlamak için ölçümler alınmıştır [23]. Bir PV modül üreticisi için kalite yönetim sisteminin üçüncü taraf gözetim firmasınınca doğrulamasının önemi ile ilgili çalışma yapılmıştır [24]. Düşük maliyetli yeni PV

modüller için kullanılan yeterlilik test dizisi ötesinde bir güvenilirlik testi dizisinin kullanılmasının gerekliliği konusunda yayın yapılmıştır [25].

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE TÜRKİYE

2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi

Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde ve doğada çoğunlukla herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duymadan temin edilebilen, fosil kaynaklı olmayan, elektrik enerjisi üretilirken CO₂ emisyonu çok az bir oranda gerçekleşen, çevreye zararı ve etkisi geleneksel enerji kaynaklarına göre çok daha düşük olan, sürekli bir devinimle yenilenen ve kullanılmaya hazır olarak doğada var olan hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git, hidrojen gibi enerji kaynaklarını ifade eder. Kısaca, yenilenebilir enerji, doğada var olan ve sürekli kendini yenileyen enerji kaynağı demektir.

Talep edilen enerjinin hızla artmasına paralel olarak mevcut enerji kaynaklarının çok kısa zamanda tükeneceği bilimsel bir gerçektir. Buna ilaveten artan nüfus ve enerji talebine bağlı olarak dünyanın emisyon değerinin mevcut sınırlar içinde tutulması mümkün görünmemektedir. Bu kirliliğin devam etmesi durumunda yeryüzündeki sıcaklığın artacağı ve deniz seviyesinin yükseleceği gibi sonuçlar tüm dünyada enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını önemli hale getirmiştir. İdeal enerji kaynağı arayışında belli başlı kriterler belirlenmiştir. Bunların başında; enerji üretiminde kullanılacak yöntem ve kaynakların çevreye zarar vermemesi gelmektedir. Bu çözüm doğrultusunda temiz enerji başlığı altında yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğunlaşılması gerekmektedir. Bu kaynakların doğada bol miktarda her koşulda bulunabilmesi ve sürekli geri dönüşüme sahip olması en büyük avantajlarından [31].

Günümüzde fosil yakıtların neden olduğu dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri, sınırlı fosil yakıt rezervleri gibi sorunlara ek olarak çevre bilincinin artması ile öne çıkan çevre sorunları, bu yakıtların ekolojik ve çevresel olarak temiz ve sürdürülebilir olmadığı ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtlar yoluyla enerji üretiminin neden olduğu yerel, ulusal ve küresel çevre sorunları bunların yok edilmesi amacıyla alınacak önlemlerin maliyetlerinin çok yüksek olması, enerjide son kullanım

verimliliği ile temiz ve yenilenebilir enerji üretimi arayışlarını gündeme getirmiştir. Bu arayışın sonucu, temel kaynağı güneş olan yenilenebilir enerji kaynaklarının günümüz insanınca yeniden keşfi olmuştur.

2.2 Rüzgar Enerjisi

Rüzgâr, güneşin doğuşundan batışına kadar yeryüzündeki farklı yüzeylerin, farklı hızlarda ısınıp soğumasıyla oluşmaktadır. Hareket halindeki havanın kinetik enerjisine ise rüzgâr enerjisi denmektedir. Rüzgâr, atmosferdeki havanın dünya yüzeyine yakın, doğal yatay hareketleridir.

Hava hareketlerinin temel prensibi, mevcut atmosfer basıncının bölgeler arasında değişmesidir. Rüzgâr, alçak basınçla yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımıdır, daima yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket eder. İki bölge arasındaki basınç farkı ne kadar büyük olursa, hava akım hızı o kadar fazla olur. Rüzgârdan elektrik enerjisi yüksek kulelerin üzerine monte edilen rüzgâr türbinleri yardımıyla üretilebilmektedir. Gelen hava, türbinleri döndürmekte, türbin kanatlarının bağlı olduğu mil de jeneratörü çalıştırmaktadır. Üretilen elektrik enerjisi kablolar ile rüzgâr türbini kulesindeki enerji panosuna alınır. Rüzgâr türbinleri gelen rüzgarın yönüne göre konum alabilmekte ve mekanik veya güç elektroniği devreleri ile otomatik olarak kontrol edilmektedir. Kanatlar kendi ekseninde hareket edebilmekte ve yüksek hızlardaki rüzgârlarda oluşabilecek zararları önlemek için frenleme yapılabilmektedir. Rüzgâr enerji santrallerinden en yüksek verimi elde edebilmek için rüzgâr hızının yıllık olarak belirli bir ortalamanın üstünde ve sürekli olduğu alanlarda türbinlerin kurulması gerekmektedir. Elektriğin temiz ve yenilenebilir kaynağı olan rüzgâr enerjisi, dünyada elektrik enerjisine en kolay ve çabuk dönüştürülebilen bir enerjidir. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisine dönüşüm, yenilenebilir enerji teknolojilerinin en hızlı ilerleme kaydedilen alandır. Rüzgâr enerjisi, tamamen doğal bir kaynak olarak kirliliğe neden olmayan ve tükenme olasılığı bulunmayan bir enerji kaynağıdır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) göre, dünya rüzgâr enerji potansiyeli 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer ise dünyanın 2020 yılında gereksinim duyacağı elektriğin iki katından çoktur.

2.3 Jeotermal Enerji

Jeotermal kelimesi Yunanca geo (yeryüzü) ve therme (ısı) kelimelerinden gelmekte olup yer ısısı ya da yeryüzü ısısı anlamına gelmektedir. Yaklaşık 4 milyar yıl önce yüksek sıcaklıkta bir araya gelmiş toz ve gazlardan kaynaklanan yeryüzünün iç ısısı, bütün yeryüzü kayaçları içerisinde bulunan radyoaktif elementlerin bozulması sonucunda sürekli olarak yenilenmektedir. Jeotermal kaynak; jeolojik yapıya bağlı olarak yer kabuğu ısısının etkisiyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki sulara göre daha fazla miktarda erimiş madde ve gaz içerebilen doğal olarak çıkan ya da çıkarılan su, buhar ve gazlar ile yeraltına insan düzenlemeleri vasıtasıyla gönderilerek yer kabuğu ya da kızgın kuru kayaların ısısı ile ısıtılarak su, buhar ve gazların elde edildiği yerleri, ifade eder. Yani jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki sıcak kaya ve akışkanların ısısının zayıf katmanları geçerek yeryüzüne ulaşmasıyla elde edilen enerjidir.

2.4 Biyokütle Enerjisi

Odun, odun kömürü, hayvan dışkı, tarım ürünleri ve orman sektörü organik atıkları, alkol ve metan mayalanması; çeşitli su bitkileri gibi canlı (biyolojik) kaynaklar yolu ile elde edilen enerji türüne biyokütle (biomass) enerjisi denilmektedir. Kısaca organik maddelerden çeşitli yollarla elde edilen enerji, biyokütle enerjisidir. Daha çok ısınma amaçlı kullanılan bu enerjinin en eski bilinen hammaddesi; yakacak odun, odun kömürü ve hayvan gübresidir. Klasik yakma işlemi ile elde edilen bu tip biyokütle enerjisinin yanında; enerji tarımı ürünlerinden, kentsel atıklardan, tarımsal endüstri atıklarından yakma işlemi ya da farklı teknikler kullanılarak katı, gaz ve sıvı yakıtlara çevrilerek biyokütle yakıt elde edilmesi, ısı ve elektrik üretilmesi mümkün olmaktadır. Diğer bir anlatımla, ana bileşenleri karbon-hidrat bileşikler olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler "Biyokütle Enerji Kaynağı", bu kaynaklardan üretilen enerji ise "Biyokütle Enerjisi" olarak tanımlanmaktadır.

2.5 Hidroelektrik Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan hidrolik enerji yenilenebilir enerji kaynakları içinde teknoloji gelişimi en ileri düzeyde olan enerji kaynağıdır. Kullanılmakta olan en eski enerji kaynaklarından biri olan hidrolik enerjinin kaynağı

sudur. Bu nedenle hidroelektrik santraller bir su kaynağı üzerinde olmak zorundadır. Hidroelektrik santraller akan suyun gücünü elektriğe dönüştürürler. Akan su içindeki enerji miktarını, suyun akış ya da düşüş hızı belirler. Büyük bir nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Su çok yüksek bir noktadan düşürüldüğünde de yine yüksek miktarda enerji elde edilmektedir. Her iki yolla da kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akar, elektrik üretimi için pervane biçiminde kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Hidroelektrik santraller en önemli ve enerji üretiminde en büyük paya sahip yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yağmur ve karla yükseltilen suların potansiyel enerjisi türbin ve jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Hidroelektrik her yıl yağışlar tekrarlandığı için yenilenebilir olarak nitelenen enerji kaynağı grubundadır [32].

2.6 Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji

Dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucu oluşan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelen deniz dalgalarındaki güçten elde edilen enerjiye dalga enerjisi denir. Kısaca, dalga enerjisi, deniz dalgalarının enerjisine dayanır. Dalga enerjisi, bol miktarda olan ve Avrupa ülkeleri tarafından yararlanılmaya başlanan bir yenilenebilir kaynaktır. Dalga enerjisinin teknolojisi, rüzgâr enerjisi gibi daha gelişmiş teknolojilere göre yenidir. Deniz dalgalarının önemli bir özelliği yüksek enerji yoğunluğudur ve söz konusu enerji yoğunluğu, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek değerdedir. Dalga ve gel-git (deniz kaynaklı yenilenebilirler) kirlenici etkisi olmayan, rüzgâr estikçe ve dünya-güneş-ay arası çekim kuvveti devam ettikçe sürekliliği olan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yakıt maliyetleri yoktur ve ömürleri uzundur. Gelgit barajı dalgakıran görevini görür ve çok yüksek dalgalara karşı bulunduğu havzayı sel taşkınlarına karşı korur. Bu enerji, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması, elektrik şebekesinin olmadığı kıyı bölgelerine elektrik sağlaması, tuzlu suyu tatlı suya çevirerek ihtiyaç duyulan bölgeye pompalayabilmesi gibi olumlu yönleri sahiptir[32].

2.7 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup renksiz, kokusuz, havadan çok daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup evrenin temel enerji kaynağıdır. $-252,77\text{ C}^{\circ}$ 'de sıvı hale getirilebilir. Sıvı hidrojenin hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ü kadardır. Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojenden enerji elde edilmesi sırasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama daha verimli bir yakıttır. Hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı ve kimyasal enerjinin doğrudan elektrik enerjisine çevrildiği sistemler yakıt hücreleri diye adlandırılır. Yeni geliştirilen bu sistemlerde hidrojen doğrudan ya da hidrojen salan herhangi bir kaynak yardımıyla sisteme verilmekte ve istenilen enerji elde edilmektedir [32].

2.8 Güneş Enerjisi

Başlıca yenilenebilir enerji kaynağı, fosil ve hidrolik enerjinin de asıl kaynağı olan ve dünyamızı ısıtan güneş enerjisidir. Güneşin enerjisi, hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan enerjinin ışınım biçiminde uzaya yayılmasıdır. Güneş daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden, dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneş, dünyadaki tüm enerji kaynaklarına dolaylı ya da dolaysız olarak temel oluşturmaktadır. Güneş ışınları ile dünyaya 170 milyar MW güçte enerji gelmektedir. Bu değer, dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Günümüzde dünyaya ulaşan güneş enerjisinin değerlendirilmesinde iki yol izlenmektedir: ısıya dönüştürme ve elektrik enerjisine çevirme. Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmede “toplaçlar”, doğrudan elektriğe dönüştürmede de “güneş hücreleri, güneş pilleri” kullanılmaktadır.

İnsanlık tarihinin başlangıcından bugüne kadar güneş enerjisinin önemini fark etmiş ve bir şekilde güneş enerjisinden yararlanma yoluna gitmiştir. Örneğin, tarım ürünlerinin ve etin kurutulmasında veya kışlık besin kaynağı olacak yiyeceklerin

üretilep kurutulmasında güneş enerjisi kullanılmıştır. Güneşten teknik olarak yararlanma ısı enerjisine dönüştürme şeklinde olmuştur. Bu yönüyle güneş-ısı dönüştürümleri güneş enerjisinin teknik kullanımının en eski yoludur ve bugün de önemini korumaktadır.

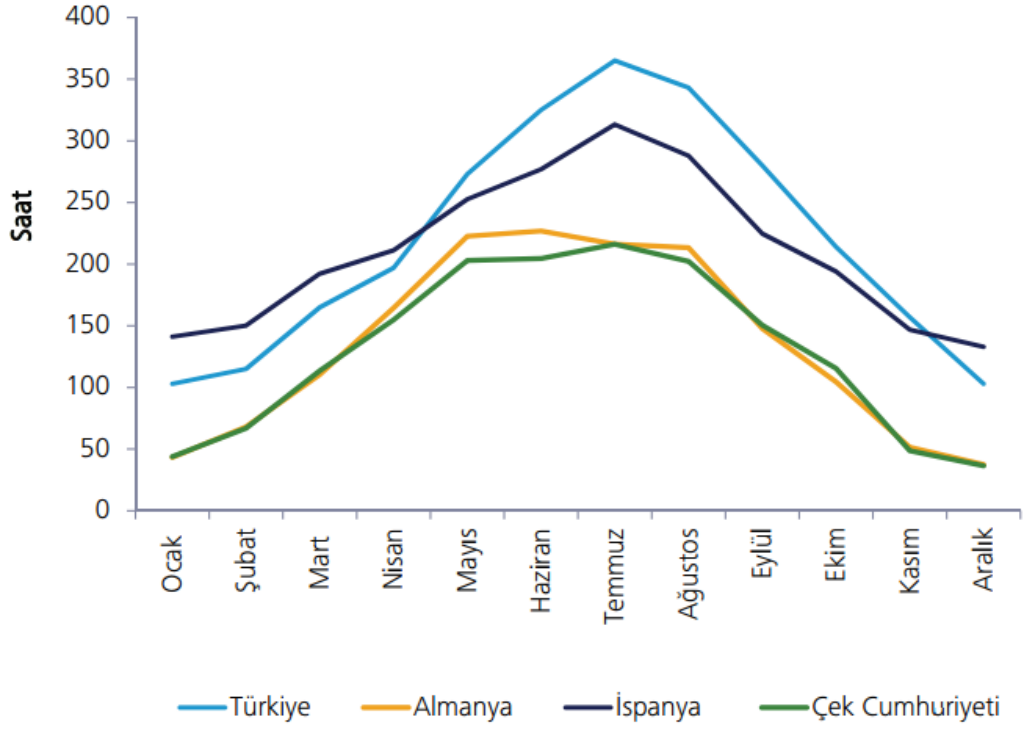
2.9 Güneş Enerjisinin Türkiye İçin Önemi ve İlgili Mevzuat

Türkiye’de yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi yönünde yasal düzenlemeler getirilmiştir. Bu amaçla, 2005 yılında ‘Yenilenebilir Enerji Kanunu’ ve 2007 yılında ‘Jeotermal Kanunu’ çıkarılmıştır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinden etkin yararlanma konusunda, dünyanın birçok yerinde olduğu gibi Türkiye’de de bir takım ekonomik ve mali güçlükler yaşanmaktadır. Bu konuda çeşitli düzenlemeler yapılmış olmakla birlikte, bunların uygulamadaki yeterliliği tartışmalıdır. Enerjinin etkin kullanımı, israfın önlenmesi, kayıp ve kaçakların azaltılması ve enerji maliyetlerinin düşürülmesini amaçlayan Enerji Verimliliği Kanunu’da 2007 yılında yürürlüğe girmiştir.

Enerji verimliliğinin teşviki için, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’na bağlı Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı’nca (KOSGEB) küçük ve orta ölçekli işletmelere destek verilmektedir. Bu teşvikler, fizibilite ve diğer teknik çalışmaların maliyetinin yüzde 70’ini kapsamaktadır.

Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli Kıta Avrupa’sının önde gelen güneş enerjisi yatırımlarına sahip Almanya, İspanya ve Çek Cumhuriyet gibi ülkelere göre daha fazla olmasına rağmen yatırım oranı ilgili düzenlemelerin yakın zamanda yapılmış olmasıyla henüz bu ülkelerin çok altında kalmaktadır.

Aşağıdaki grafikte güneş enerjisi yatırımlarında önde gelen Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye’nin güneşlenme saatleri kıyaslaması gösterilmiştir [33].



Şekil 2.1: Çeşitli ülkelerdeki güneşlenme saatleri kıyaslaması

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2010-2014 Stratejik Planı'na göre, toplam 5000 MW ek kurulu güce sahip hidroelektrik santrallerin (HES) 2013 yılına kadar tamamlanmasını öngörülmekteydi. Aynı stratejide 2009 itibarıyla yaklaşık 800 MW düzeyinde olan rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 2014 yılında 10000 MW'a; 2009 yılında 77,2 MW kurulu güce sahip jeotermal enerjinin ise 2014'de 300 MW düzeyine ulaştırılması hedeflenmektedir. Güneş enerjisi için yazılı bir hedef belirlenmemekle birlikte sözlü ifadelerde 2023 yılına kadar 3000 MW gibi bir rakam telaffuz edilmektedir fakat bu oran çok azdır ve en az 10.000 MW hedeflenmelidir.

Türkiye'deki yerli fotovoltaik üreticilerin sayısına baktığımızda küçük ve büyük ölçekli olanlarla beraber yaklaşık 15 adet üretici bulunmaktadır. Bu üreticiler pazardaki paylarını gün geçtikçe artırmakta ve özellikle Afrika gibi yeni oluşan pazarlara açılmaktadırlar. Üreticiler ülkenin çeşitli yerlerine dağılmış durumdadırlar, sanayinin yoğun olduğu İstanbul bölgesinde 2-3 adet üretici bulunmaktadır. Üretici firmaların ortalama kapasiteleri 30 MW / yıl civarındadır. Fakat bunlardan 60 MW / yıl olanlar olmakla birlikte, diğer üreticilerde kapasitelerinde genişlemeye gitmektedirler. Türkiye'deki yerli modül üreticilerinin toplam kapasitesini düşündüğümüzde yaklaşık 450 MW / yıl oranına ulaşılmaktadır. Şu an itibarıyla

lisanslı projelerin 600 MW olduğu ve lisanssız projeler içinde yaklaşık 300 MW başvuru olduğu düşünöldüğünde, modöl üretim sayısının bu rakamı iç pazarda 2 yılda karşılayabileceği görölmektedir. Elbette tüm yatırımcılar modüllerini Türkiye’den tedarik etmemekle birlikte, tüm üreticilerde ürünlerini iç pazara satmamaktadır. Önemli olan mümkün olduğunca yerli üreticilere destek sağlanması ve yerli ürün kullanımının teşvik edilmesidir.

Artan üretici sayısı ve kapasitesi ile beraber PV modüllerin test ve belgelendirme ihtiyacı da gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye’de yerli olarak üretilen modüllerin kalitesinin Avrupa standartlarında olduğu öngörülmektedir. Fakat maliyetleri de Avrupa fiyatlarına yakındır çünkü hammaddeler genelde yurtdışından aynı yerden tedarik edilmektedir. Yerli modüllerin finansal açıdan cazip hale gelmesinin yolu; aynı verim ve güç çıkışı ile daha kaliteli modüller elde etmekten geçmektedir. Daha kaliteli ürünler elde etmek için kullanılan hammaddelerin denenerek sonuçların karşılaştırılması gerekir. Bunun için altyapıda test laboratuvarlarıdır. Üreticiler için kolay ulaşılabilir ve güvenilir test laboratuvarlarına ihtiyaç vardır. Uzak ve maliyeti yüksek laboratuvarlar üreticinin modüllerini teste göndermelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Yerli laboratuvarlar sayesinde üretici kendini daha rahat hissedecek ve daha az maliyetle testlerini yaptırabilecektir. Test sürecinden geçmiş modüllerin bir sonraki aşaması belgelendirilmeleridir. Testlerin yurtiçinde yapılıp belgelendirmenin dışarıda yapılması da bir çelişki olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, yerli ürün belgelendirme kuruluşlarının oluşturulması birinci derece önem arz etmektedir. Gerek yerli laboratuvar gerekse yerli ürün belgelendirme kuruluşu, yaptığı hizmetleri uluslar arası tanınırlığın sağlanması için akreditasyon çerçevesinde gerçekleştirmeli ve kalitesinden ödün vermemelidir.

Yerli laboratuvar ve yerli ürün belgelendirme kuruluşlarının birkaç önemli avantajını şöyle sıralayabiliriz;

- a) Yurtiçinde üretilen PV modüllerin test için yurtdışına gönderilmesi esnasında meydana gelebilecek çatlama, kırılma ve diğer deformasyonlar test sürecini olumsuz yönde etkilemektedir. Yerli laboratuvarlar olması durumunda bu sorun ortadan büyük oranda kalkacaktır.
- b) Yurtdışına gönderilen test numunelerinin nakliye süresi ve test süreleri çok uzun olmaktadır. Bunun öncelikli sebebi uzaklık olmasına rağmen, özellikle Avrupa’daki laboratuvarların yoğunluğundan da kaynaklanmaktadır. Çünkü

Avrupa’da PV modül üretici sayısı çok olmakla beraber test laboratuvarları ancak kendi kapasiteleri kadar hizmet verebilmektedir. Yerli laboratuvarlar sayesinde test ve belgelendirme süresi büyük oranda azalacaktır.

- c) Test ve belgelendirme kuruluşlarının yerli ve yakın olması sayesinde; PV modül üreticisi ile daha sık görüşülebilecek, üretim hattındaki düzeltme ve değişiklikler anında yapılabilecektir. Aynı zamanda belgelendirme gereği yapılması gereken yıllık periyodik fabrika gözetimleri ve yıl içindeki hazırlıksız denetimler daha sık ve kolay şekilde yapılacağından, üretici için daha verimli olacaktır.
- d) Test imkanları sayesinde modül üreticisi hammadde değişikliğinde daha rahat olacak ve uygun hammadde bulunduğundan değişikliğe gidebilecektir.
- e) Türkiye şartları için özel test ve belgelendirme şartları oluşturularak, bu iklim koşulları altında daha verimli modüllerin performansları analiz edilerek raporlamalar yapılacaktır.

4 Eylül 2013 Çarşamba 28755 sayılı resmi gazete de yayınlanan “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” içerisinde belirtildiği üzere yenilenebilir enerji santrallerinde kullanılan ekipman ve aksamın yurt içinde kısmen ya da tamamen üretildiğinin belgelendirilmesi için bakanlığa sunulması gerekli olan belgeden birisi TS EN ISO/IEC 17065 ya da TS EN 45011 standartlarına göre akredite olmuş ürün belgelendirme kuruluşları tarafından düzenlenen ve aksamın uluslar arası veya ulusal standartlara uygunluğunu belirten ürün sertifikasıdır. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji santrallerinde kullanılan ekipmanların yurt içinde üretilmiş olması durumunda devlet tarafından sağlanacak olan ilave teşvik mekanizması mevcuttur. Kullanılan ekipmanların yerli oranları %55 değerine ulaştığında bu teşvikten faydalanılmaktadır. Bu teşvik mekanizması 2020 yılına kadar devreye alınan santraller için 5 yıl boyunca sağlanmaktadır. İlave teşvik miktarı güneş enerji santralleri için 6.7 USD cent/kWh’e ulaşmaktadır [59-66].

Yenilenebilir enerji piyasasındaki mevcut maliyet yüksekliği göz önüne alındığında devlet tarafından sağlanacak her türlü teşvik yatırımcının işini kolaylaştıracak ve cesaretlendirecektir. Bu bağlamda, bu sektörde yatırım yapmayı planlayan yatırımcılar, yerli ürün kullanımından gelecek olan bu teşvikten azami derecede

istifade etmek isteyecektir. Bu yönetmelikle; yurt içinde imalatı yapılacak fotovoltaik modül ve diğer aksamın ilgili standartlara uygunluğunu belirten ürün sertifikasının bulunması zorunlu tutulmaktadır. Böylece, ilgili aksam ya da sistemi imal eden yerli üreticinin sadece kendi birikimlerinin değil aynı zamanda en güncel ulusal ve uluslararası standart ve kuralları takip ederek bu standartların gereklerini yerine getirmesi ve bunu belgelemesi gerekecektir. Bu da kuşkusuz karmaşık yapılar olan yenilenebilir enerji sistemleri ve aksamlarında kalite artışını ve güvenilir ürünü beraberinde getirecektir.

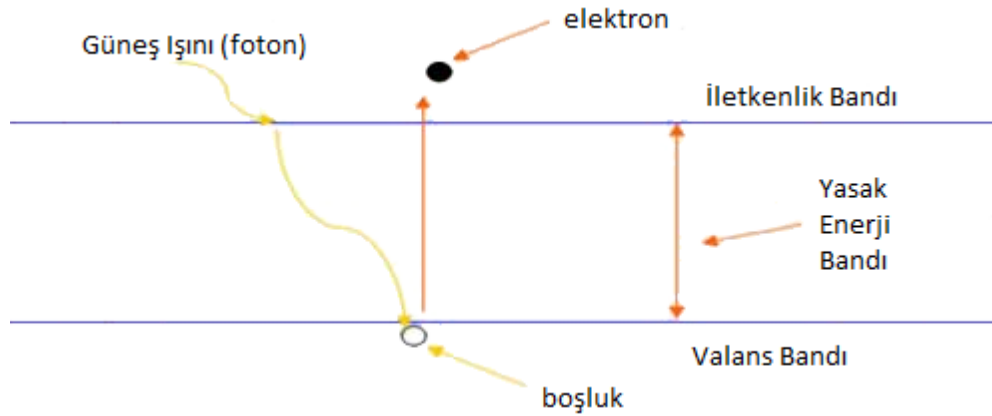
Türkiye'nin yenilenebilir enerji teknolojilerini yakalayabilmesi ve üretimine geçebilmesi için yerli üretim çok büyük önem arz etmektedir. Türkiye önümüzdeki yıllarda kendisi için büyük önem teşkil eden ve yüksek potansiyele sahip olduğu yenilenebilir enerji konusunda öncü olabilmek adına yerli üretimi teşvik etmeli ve bunun kullanımını sağlamalıdır. Önümüzdeki süreçte Türkiye'de kurulacak olan lisanslı ve lisanssız güneş santrallerinde kullanılacak olan Fotovoltaik modüllerin ilgili standartları sağlaması ve gerekli testleri geçmesi Türkiye güneş endüstrisi için çok büyük önem arz etmektedir. Böylelikle kendi kalitemizi kendimizin kontrol etme imkânını sağlamış oluyor ve daha kapsamlı AR-GE çalışmaları için yol açmış bulunuyoruz.

2.10 Fotovoltaik Sistemlerin Kısa Tarihçesi

Güneşten doğrudan elektrik enerjisi elde edilmesi, fotovoltaik (PV) güneş pilleri ile yapılmaktadır. Fotovoltaik güneş pillerinin kökeni, 1839 yılında Becquerel'in elektrotlar daldırılmış bir elektrolite, ışık düştüğünde bir gerilim endüklendiğini göstermesine dayanmaktadır. Benzer bir etkiyi Adams ve Day, 1877'de katı selenyum üzerine ışık düşürerek gözlemlemişlerdir. 1914'de selenyum güneş pillerinin, güneş ışığı enerjisini, DC elektrik enerjisine çevirmedeki verimi, %1'ler civarına çıkarılmıştır. Gelişmiş güneş pilleri, 1954 yılında Amerika Bell laboratuvarlarında ortaya çıkmıştır. 1980'lere kadar sadece başka enerji alternatifi olmayan pahalı araçlarda kullanılmasına rağmen, üretim teknolojisinin ve malzeme biliminin gelişmesine paralel olarak, yüksek verimli güneş pillerinin ticari amaçlar için kullanılması yaygınlaşmaktadır. Yüksek maliyetler göz önüne alındığında, güneş pillerinin verimli bir şekilde kullanılmasının önemli olduğu görülmektedir.

2.11 Fotovoltaik Teknoloji İle İlgili Temel Bilgiler

Güneş pilleri ya da fotovoltaik piller, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücrelerinin alanları genellikle 100 cm^2 civarında, kalınlıkları ise 0,2 - 0,4 mm arasında olmaktadır. Tek kristalli silisyum güneş hücresinin rengi koyu mavi olup, ağırlığı 10 gram'dan azdır. Hücrenin üst yüzeyinde, pil tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar vardır. Bunlar negatif kontaklardır. Kontakların altında 150 nm kalınlığında, yansıtıcı özelliği olmayan bir kaplama tabakası vardır. Bu tabaka olmazsa, silisyum üzerine düşen ışınının üçte birini yakın kısmını yansıtacaktır. Bu kaplama tabakası, pil yüzeyinden olan yansımayı önler. Hücrenin ön yüzeyi, normal olarak yansıyan ışığın bir kısmını daha yakalayabilmek amacıyla, piramitler ve konikler şeklinde tasarlanmıştır. Yansıtıcı olmayan tabakanın altında, pilin elektrik akımının ortaya çıktığı yapı bulunur. Bu yapı iki farklı katman halindedir. N-katmanı, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan ve pilin negatif tarafını oluşturan katmandır. P-katmanı ise, bor atomları eklenmiş silisyumdan meydana gelmiş, pilin pozitif tarafıdır. İki katman arasında P-N kavşağı denilen pozitif ve negatif yüklerin karşılaştığı bir bölge bulunur. Pilin arka yüzeyinde, elektronların girdiği pozitif kontak görevi gören arka kontak bulunur.



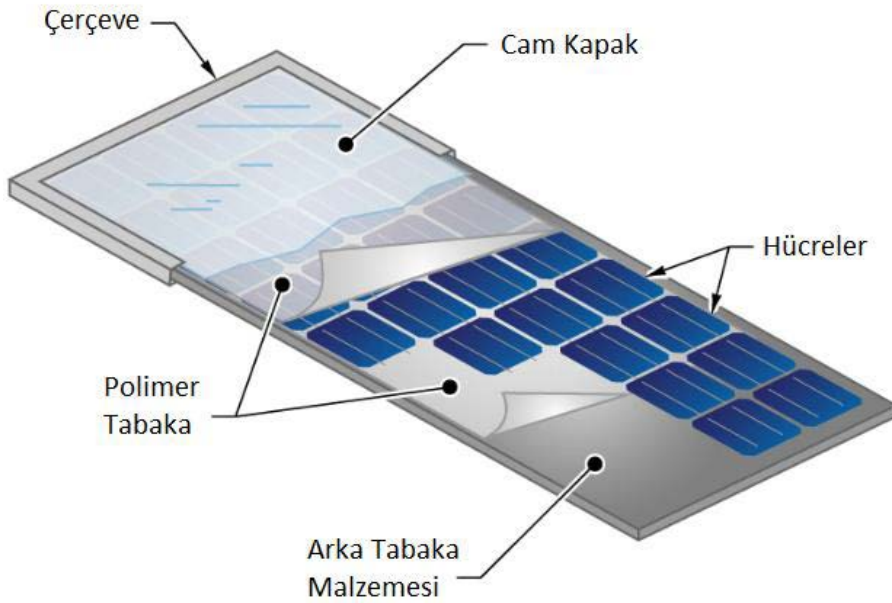
Şekil 2.2 : Fotoelektrik olay

Açık, güneşli bir havada 1 dm çapında bir fotopil, yaklaşık olarak 1 watt üretir. Verimleri yani çıkış gücünün gelen ışık gücüne oranı kullanılan malzemeye göre değişir. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreciyle açığa çıkan

ışırma enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 değerindedir, fakat yeryüzünde $0\text{--}1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmıştır. Güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyetinde azalma göstererek çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [34].

2.12 Fotovoltaik Modüllerin Yapısı ve Çalışma Prensipleri

Enerji dönüşümü için, yarı iletken bir diyot olan PV eleman, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik olaydan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür.



Şekil 2.3 : Fotovoltaik modül yapısı

Yarı iletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bantlar “valans bandı” ve “iletkenlik bandı” adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarı iletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans bandındaki bir elektrona vererek elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece elektron-boşluk çifti oluşmuş olur. Bu olay, PN eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise, elektron-boşluk çiftleri

buradaki elektik alanı tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları N bölgesine, boşlukları da P bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-boşluk çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpması ile aynı şekilde devam eder. Yarı iletkenin iç kısımlarında da gelen fotonlar tarafından elektron-boşluk çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alanı olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar. Üretim sırasında, pilin ön yüzeyine yakın yerde bir iç elektro-statik bölge oluşturularak, bu elektronun serbest duruma geçmesi sağlanır. Silisyum kristali içine diğer elementler yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kristal içinde bulunması, kristalin elektriksel olarak dengede olmasını önler. Işıkla karşılaşan malzemede, bu atomlar dengeyi bozar ve serbest elektronları diğer pile veya yüke gitmeleri için pilin yüzeyine doğru süpürürler. Milyonlarca foton pilin içine akarken, enerji kazanıp bir üst seviyeye çıkan elektronlar da, pil içindeki elektro-statik bölgeye ve oradan da pil dışına akarlar. Tipik bir silisyum pili 0,5 V kadar elektrik üretebilir. Pilleri birbirine seri bağlayarak üretilen gerilim arttırılması mümkündür. Genellikle 30-36 adet güneş pili, 15-17 V'luk bir çıkış verebilir. Bu voltaj değeri de 12 V'luk aküyü şarj etmeye yeterlidir. Farklı çıkış güçleri verecek şekilde imal edilmiş, farklı büyüklüklerde güneş pilleri bulmak mümkündür. Silisyum pillerinin seri bağlanması ile modüller, modüllerin birbirine bağlanması ile diziler oluşur. Bir modül, tipine göre dairesel veya kare alanlı PV hücrelerden 30-36 adedinin seri bağlanıp dış ortamdan etkilenmemeleri için hermetik bir kılıf içine yerleştirilmesiyle elde edilir.

3. KALİTE, STANDARDİZASYON, BELGELENDİRME KAVRAMLARI VE AKREDİTASYON KAPSAMI

“Kalite” uzun yıllardır kullanılan bir kavram olmakla birlikte, öznel bir nitelik taşımasından dolayı net bir tanımı yapılamamıştır. Bu durum kalite kavramının “çok boyutlu” olmasından ileri gelmektedir. Kalite kelimesi, Latince “nasıl oluştuğu” anlamına gelen “qualis” kelimesinden türeyen İngilizce “quality” ve Fransızca “qualité” kelimelerinden Türkçeye uyarlanmıştır. Türk Dil Kurumu “kalite”nin sözlük anlamını, “Bir ürünün bilinen en iyi özellikleri bünyesinde taşıması durumu” ve “nitelik” şeklinde ifade etmektedir. Kalite, bir ürün yada hizmette sürdürülebilir başarıyı sağlayabilmek için bir ön şart olarak kabul edilmektedir. Günümüzde kalite, küreselleşen dünyamızda vazgeçilmez bir parça olarak yerini almaya başlamakta ve müşterilerin taleplerini karşılamadaki performansına bağlı olarak işletmelerde de rekabet avantajının elde edilmesi bakımından önemli bir kavram olarak varlığını sürdürmektedir. Bir ürünü kaliteli yapan sadece özellikleri değil, tüketicilerin de ihtiyaçlarıdır. İhtiyaçların çeşitliliğinde dolayı bir ürün her tüketiciye farklı bir kalite algısı oluşturabilir.

3.1 Kaliteyi Oluşturan Unsurlar

Bir ürünün kaliteli olması için pek çok faktör vardır. Bunların başlıcaları; tüketicilerin bilinç seviyesi, piyasadaki rekabet, pazarlama politikası, kullanılan hammadde ve yarı mamul gibi çok sayıda etkidir. Ancak kalitenin 3 aşaması için ana unsurlara bakıldığında üretim öncesi aşama için tasarım kalitesi, üretim aşaması için uygunluk kalitesi ve üretim sonrası aşama için performans kalitesi önemli göstergelerdir.

3.2 Kalite ve Standartlara İlişkin Bilgiler

Üretici, tüketici ve satıcı arasındaki ortak dil olarak tanımlanmakta olan standartlar aslında kriter ve göstergeleri içeren genel bir niteliktir. İşletme faaliyetlerinin kontrol altına alınarak, hem üretimin sağlanması hem de çevreye olan etkilerin asgari

seviyede tutulması amacıyla, uluslararası temelde geliştirilen standartlar açık, anlaşılır, denetlenebilir ve ölçümlenebilir olmalıdır.

Yoğun bilimsel araştırmalar sonucunda belirlenen standartlara uygun mal ve hizmet arzı, girişimcilerin rekabet yeteneği, kaynakların en iyi şekilde kullanımı ve tüketici talepleri üzerinde olumlu yönde etki yapmaktadır. Özellikle gelişen ekonomilerde malların serbest dolaşımı için pazarda teknik engellerin kaldırılmasında standartlara uygun mal ve hizmet arzı, önemli rol oynamaktadır [35].

Uluslararası kullanılan standartların yayınlanması ve gelişimi ISO (International Organization for Standardization) tarafından gerçekleştirilmektedir. ISO uluslar arası standartların dünyadaki en büyük yayıncısı ve geliştiricisidir. ISO'nun her ülkeden bir üyesi vardır. ISO'nun Türkiye'de ki üyesi 1955 yılında üye olan Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'dir [36].

3.3 Toplam ve Klasik Kalite Anlayışı ve Özellikleri

Klasik kalite anlayışının ilk ortaya çıkışından günümüze kadar olan süreçte klasik yöntem anlayışıyla devam etmiştir. Klasik anlayışta, bir ürünün üretimini belirli standartlar doğrultusunda gerçekleştirme fikri yatmaktaydı. Artık günümüzde bu standartlar yeterli gelmeyerek sürekli gelişme ve iyileştirmeyi öngören bir anlayış ortaya çıktı. Bu anlayış toplam kalite anlayışı olarak isimlendirilmiştir. Doğru üretimi doğru zamanda yapıp bunu her defasında tekrarlamayı amaçlayan toplam kalite anlayışı, işletmelerin rekabet gücünü ve müşteriye elinde tutma potansiyelini artırarak günümüzdeki yerini almaktadır.

Günümüzde 2000 yılında yayınlanan son haliyle toplam kalite anlayışı'nin 8 temel ilkesi kabul edilmiştir. Bunlar; müşteri odaklılık, liderlik, kişilerin katılımı, süreç yaklaşımı, sistem yaklaşımı, sürekli iyileştirme, gerçeklere dayalı karar verme, karşılıklı yarar sağlayan üretici firma ilişkileri olarak sıralanabilir. Bunlardan önemli olan bazı ilkelerin detayları şöyledir:

3.3.1 Müşteri odaklılık

Toplam kalite anlayışının en önemli unsuru olan "müşteri", satın alıp tatmin sağlayacağı herhangi bir ürün ya da hizmet için isteklerde bulunabilir. Toplam kalite anlayışında önemli olan müşterinin istek ve ihtiyaçlarını doğru zamanda anlayıp

karşılabilme yeteneğidir. Müşteri odaklı bir anlayışta ihtiyaç ve istekleri karşılayabilmenin yolu müşteri kavramının doğru bir şekilde belirlenmesinden geçer. Bunun için de “İç Müşteri” ve “Dış Müşteri” kavramlarının özümsemesi gerekmektedir. İç müşteri, örgütteki tüm çalışanlardır. Üretimin her aşamasında, işletmedeki her bölüm bir başka bölüm için bir ürün veya hizmet üretmektedir. Örneğin; bir fabrikada satın alma departmanı, aynı fabrikadaki üretim departmanının müşterisidir. Böylece her çalışan bir sonraki çalışana tatmin etme amacı güderek toplam kalite anlayışına katkıda bulunur [37].

Dış Müşteri ise, işletmenin ürettiği mal veya hizmeti satın alan asıl kişidir. Dış müşteriyi tatmin etmek, müşteri odaklı bir anlayışın en temel görevidir. Klasik yöntemde, işletme ne üretirse müşteri onu almak zorundadır fakat toplam kalite anlayışında müşterinin istek ve beklentilerinin rekabet ortamı için önemli olduğu ortaya çıkmıştır [38].

3.3.2 Liderlik

Toplam kalite anlayışını başarıyla uygulayan işletmelerin bu başarının arkasında etkili bir liderlik yönetimi saklıdır. İşletmelerde ileri görüşlü liderler, kalite yönetiminde önemli etkiye sahiptir. Liderler, kuruluşun amaç ve idare birliğini sağlayan ve işletmelerin başarısı için gereken tam katılımı gerçekleştirecek olan kişilerdir.

3.3.3 Sürekli iyileştirme

Sürekli iyileştirme, geçen günün gelecek olan güne eşit olmaması ve bir önceki günden daha iyi olması düşüncesine dayanmaktadır. Sürekli iyileştirme düşüncesine göre düşünen, çalışan ve var olan herkesin bulunduğu durumu gözden geçirmesi ve daha iyinin yollarını araması beklenmektedir.

Sürekli iyileştirmeyi genel olarak kişi odaklı düşünebildiğimiz gibi bunu işletme ve işletme içinde ki gruplar içinde düşünebiliriz. Ana hedeflerinden biri işletmenin iç ve dış müşteri memnuniyetini arttırmak olan toplam kalite anlayışının temelinde işletmenin kendisini sürekli geliştirmesi ve iyileştirmesi yatar.

3.4 Uygunluk Değerlendirme

Ürünün piyasaya arz edilmesinden önce ilgili teknik düzenlemesinde belirtilen ölçütleri karşılayıp karşılamadığının, diğer bir ifade ile tasarlanan kriterlere uygun olarak üretilip üretilmediğinin deney ve muayene edilmesi ve bu işlemlerin sonucunun belgelenmesi faaliyeti uygunluk değerlendirmesi olarak tanımlanmaktadır.

Uygunluk Değerlendirmesinin tüm taraflara getirdiği faydalar şöyle sıralayabiliriz;

- ✓ Tüketicilerle üreticiler arasında ve üreticilerin kendi aralarındaki iletişimi ve bilgi transferini sağlar,
- ✓ Uluslararası piyasaların bütünleşmesini kolaylaştır,
- ✓ Piyasaya güvenli ve kaliteli ürünlerin arzını sağlar,
- ✓ Benzer tasarım ve üretim yöntemleri yoluyla bir endüstride veya endüstriler arasında birbiri ile uyuşan ürünlerin üretimine sebep olur,
- ✓ Piyasaların şeffaflığına yol açar [39].

3.4.1 Üretim öncesi aşamada uygunluk değerlendirme

Tasarım kalitesi, müşterinin istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için hizmet ve ürünlerin planlanması veya tasarımından oluşmaktadır. Üretime başlamadan önce müşteri arzu ve istekleri doğrultusunda ürünü tanımlar ve ürünün özelliklerin tespit eder. Amaç tüketicinin ihtiyaçlarının tam olarak sağlanarak belirlenen kalite niteliklerinin en üst standartlara sahip olmasıdır. Bu aynı zamanda belirlenen amaçları sağlamak üzere ürünün ne derece iyi tasarlandığının bir ölçüsüdür [40].

Tasarım kalitesi, müşteri araştırmaları ve hizmet/satış ziyaretleri ile başlar ve müşteriyi tatmin edecek bir ürün/hizmet kavramının belirlenmesi ile sürdürülür [41].

3.4.2 Üretim aşamasında uygunluk değerlendirme

Uygunluk kalitesi; tasarım aşamasında belirlenen özelliklerin, üretim aşamasında ürüne kazandırılma derecesine denir [42]. Uygunluk kalitesi, tasarım kalitesi kavramına göre daha ölçülebilir olarak gözükmemektedir. Bu aşamada üretilen bir ürünün tasarım kalitesinde belirlenmiş özelliklere hangi oranda uyum sağladığı belirlenir. Kalite çalışmaları büyük ölçüde uygunluk kalitesi ile ilgili olmuştur.

Günümüzde, kalite kontrol anlayışında temel ilke üretim aşamasındaki kontrollerden daha çok başlangıçta doğru tasarım anlayışına yönelmiştir. Bu nedenle uygunluk kalitesinin en düşük maliyette gerçekleşmesi, işletmeler açısından büyük önem arz etmektedir.

3.4.3 Üretim sonrası aşamada uygunluk değerlendirme

Kuruluşun ürünlerinin ya da hizmetlerinin pazardaki performans düzeylerinin müşteri araştırmaları, satış ya da hizmet ziyaretleri ve analizleri ile belirlenmesine “performans kalitesi” denir. Satış sonrası hizmet, bakım-güvenirlilik ve lojistik destek analizi ile müşterilerin hangi nedenlerle işletmenin ürün yada hizmetlerini satın almadıklarını içeren performans kalitesinde kalite kaybının nedeni, iki şekilde açıklanabilir. Birinci olarak, kalite kaybı ürün yada hizmetin özelliklerinin pazarın gereksinimlerinden farklı bir şekilde üretildiği süreçte meydana gelir. Bu kayıp, pazar sayısının artırılması ve ürünün müşteri gereksinimlerini karşılayacak şekilde düzeltilmesi ile önlenir. İkinci olarak kalite kaybı, kalite özellikleri değişiminin çok fazla olduğu ürün yada hizmet üreten süreçlerde ortaya çıkabilir. Elde edilen bilgi, daha sonra, genişletilmiş sürecin tasarım kalitesi ve uygunluk kalitesi aşamasına bildirilmelidir [43].

3.5 Standart ve Standardizasyon Kavramlarının Önemi

Standardizasyon kavramı ISO tarafından şöyle tanımlanmıştır; “belirli bir faaliyetten ekonomik fayda sağlamak üzere, bütün ilgili tarafların katkı ve işbirliği ile belirli kurallar koyma ve kuralları uygulama işlemidir.” Bu tarife paralel olarak standardizasyon çalışmaları sonucunda ortaya çıkan doküman da, “Standard” olarak adlandırılmaktadır. Standartlar; üreticiye, tüketiciye, ulusal ve uluslar arası ticarete sağladığı faydalarla, sanayi ve ekonominin vazgeçilmez unsurları haline gelmiştir. Standardizasyon, çeşitliliğin kontrolü, ürün ve hizmet kalitesinin sağlanması ve kullanılabilirlik gibi faydaları olması nedeniyle önemlidir. Ayrıca ürünlerin kullanım sırasında korunması ve ülkeler arası ticari engellerin aşılması, teknolojik iş birliğinin sağlanması gibi faydalar bulunmaktadır.

Toplam kalite anlayışının belirtilen en önemli amacı olan müşteri memnuniyetinin sağlanması ve artırılması için işletmeler, ürettikleri ürünün kaliteli olduğunu ispatlamak durumundadırlar. Günümüzde toplam kalite anlayışı hakim olduğu için

müşterinin ihtiyaçları sınırsızdır ve satın aldığı ürünün ona fayda sağlayıp sağlamayacağını, yani kaliteli olup olmadığını bilmek en doğal hakkıdır. Bu nedenle işletmeler, ürettikleri ürünün kalitesini müşterilerine ispatlamak için “Belgelendirme” yoluna gitmektedirler. Bir işletme, ürünü almaya hak kazandığı kalite belgesiyle, rekabette diğer rakiplerinden bir adım öne geçer ve müşterisini elinde tutmaya devam eder. Belgelendirme işlemi, belirli standartlar doğrultusunda yapılacağı için “Standardizasyon” kavramının önemi ortaya çıkmaktadır.

3.5.1 Standardizasyonun faydaları

3.5.1.1 Üreticiye faydaları

- ✓ Verimliliği artırır.
- ✓ Üretimin belirli plân ve programlara göre yapılmasına yardımcı olur.
- ✓ Depolamayı ve taşımayı kolaylaştırır, stokların azalmasını sağlar.
- ✓ Kayıp ve artıkları en aza indirir.
- ✓ Maliyeti düşürür.
- ✓ Uygun kalite ve seri imalata imkan sağlar.

3.5.1.2 Ekonomiye faydaları

- ✓ Ekonomide arz ve talebin dengelenmesinde yardımcı olur.
- ✓ Kaliteyi teşvik eder, kalite seviyesi düşük üretimle meydana gelecek emek, zaman ve hammadde israfını ortadan kaldırır.
- ✓ Rekabeti geliştirir.
- ✓ İhracatta ve ithalatta üstünlük sağlar.
- ✓ Yan sanayi dallarının kurulması ve gelişmesine yardımcı olur.
- ✓ Kötü malı piyasadan kaldırır.
- ✓ Sanayiye belirli hedeflere yöneltir. Üretim sektöründe kalitenin gelişmesine yardımcı olur.

3.5.1.3 Tüketicilere faydaları

- ✓ Fiyat ve kalite yönünden aldanmaları önler.
- ✓ Can ve mal güvenliğini sağlar.
- ✓ Karşılaştırma ve seçim kolaylığı sağlar.
- ✓ Tüketicinin bilinçlenmesinde etkili rol oynar.

- ✓ Daha düşük maliyetli ürün sağlar.

3.5.2 Standart çeşitleri

Standardizasyon çalışmaları sonucunda ortaya çıkan bir çok standart ulusal standardizasyon kurumları tarafından belirli bir sınıflandırma yapılmıştır. Bunlar 3 sınıf altında incelenmektedir:

- a) Yapı Karakterlerine Göre Standartlar
- b) Uygulama Şekillerine Göre Standartlar
- c) Uygulama Alanlarına Göre Standartlar

3.5.2.1 Yapı karakterlerine göre standartlar

Madde Standartları: Bu standart, bir ürünün üretilmesinde kullanılan fakat henüz üretim sürecine girmemiş hammaddelere ilişkin standartları kapsar (Meyve, sebze ve maden cevheri gibi maddeler). Üründe kullanılan hammaddelerin standart olabilmesi için belirlenmiştir.

Mamul Standartları: Üretilmiş ürüne ait standartlardır. Ürünün standart olması, ilgili spesifikasyonları karşıladığı için müşteri memnuniyetini artırır.

Mahsul Standartları: Genellikle tarım ürünleri için kullanılan standartlardır.

Usul Standartları: Bir mal veya hizmetin üretilme veya ortaya konma biçimini ne türlü araç ve alet kullanarak yapılacağını belirleyen standarttır.

Hizmet Standartları: Hizmetin sunulma biçimi, yeri, zamanı ve karşılıklı iletişimi dikkate alır tarzda, hizmet kalitesinin müşteri tatminini sağlayacak şekilde belirlenmesini sağlayan standarttır.

3.5.2.2 Uygulama şekillerine göre standartlar

İsteğe Bağlı Standartlar: Standardizasyon konusunda görevli kuruluşlar tarafından hazırlanıp yürürlüğe konulan, ancak uygulanmasında hiçbir yasal zorunluluk bulunmayan standartlardır. Bu tip standartların olumlu sonuçlanabilmesi için başta üreticiler olmak üzere herkesin standardizasyonun yararlı ve gerekli olduğunu bilmesi gereklidir. Bu uygulama gelişmiş ülkelerde yaygın olduğu halde gelişmemiş ülkelerde fazla başarılı olamamıştır.

Zorunlu Standartlar: İlgili kuruluşlar tarafından hazırlandıktan sonra, resmi makamlarca zorunlu olarak uygulamaya konulan standartlardır. Bu şekilde

hazırlanan standartlara uyulmadığında yasal yaptırımlarla karşılaşılır. Bu tip standartlar, ekonomide serbest rekabetin ve tüketicilerin de yeterli bilgisinin olmadığı az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde yaygındır.

3.5.2.3 Uygulama alanlarına göre standartlar

İşletme Standartları: Kurumlar, düzeni ve kaliteyi sağlamak amacıyla kendi bünyelerinde belli standartlar kabul edebilirler. Genellikle bu standartlar gizli tutulur ve yerine göre reçete olarak anılır.

Endüstriyel Standartlar: Belli bir endüstri kesiminde aynı cins malı üreten işletmelerin ortak kullandıkları standart türüdür. Böylelikle işletmelerin farklı uygulamaları büyük ölçüde azalabilir.

Milli Standartlar: Sadece ilgili ülke sınırları içerisinde geçerli olan, başka ülkelerde geçerli olabilmesi için uluslar arası bir standarda denkliğinin kabul olması ve belgelenmiş olması gereken standartlardır.

Bölgesel Standartlar: Gerek ticari gerekse kültürel faktörlerin etkisiyle bir topluluk veya paktın üyesi olan ülkeleri içine alan sınırlar içerisinde ya da coğrafik olarak birbirlerine yakın ve ortak ticari çıkar ve değerleri paylaşan ülkeleri kapsayan bir bölgede geçerli olan standartlardır. Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN), Avrupa Elektrik Standartları Koordinasyon Komitesi (CENEL) ve Elektrik Donatılarının Kabulü ile ilgili Uluslar arası Komisyon (CEE) bunlara örnek olarak gösterilebilir.

Uluslar arası Standartlar: Uluslar arası ticari arenada mal veya hizmetlerin kolay ve serbest bir biçimde dolaşabilmesi için gerekli olan, dünya genelinde geçerliliği bulunan standartlardır. Bu standartların en önemlisi ISO standartlarıdır.

3.5.3 Standartlar doğrultusunda ürün belgelendirme

Standardizasyon ve standart kavramlarının özellikle 21.yy'dan itibaren ekonomik ve sosyal hayatta önem kazanması ve yaygınlaşması ile birlikte ülkeler, hazırladıkları standartları uygulamak için çeşitli yöntemler uygulamaya başlamışlardır. Bunların başında ürün belgelendirme sistemlerinin kurulması gelmektedir. Bu sistemlerin, üretici ile birebir görüşmelerin sağlanması ve tüketici için teminat oluşturması açısından en etkin çözüm olarak görülmüştür.

Ürün belgelendirme, bir ürünün standartlara uygun olarak üretildiğini ve dışarıya satılmaya hazır olduğunun bir göstergesidir. Başlangıç testinden, üretici firmanın değerlendirmesine, bunu takiben de fabrikadan alınan numunelerin test edilmesine ve kalitesinin sürdürülebilir olmasına kadar olan süreç, ürün belgelendirmeyi oluşturur. Ürün belgelendirmenin; müşteri güvenini sağlaması, güvenli ürünün kullanım rahatlığı içinde olması, kalitesizlik maliyetlerinde azalma, ürüne bağlı işletme maliyetlerinde azalma, standartlara uygun ürün kullanma bilinci, gelişmekte olan ülkelere ve dış piyasalara girişte kolaylık sağlaması gibi birçok faydası vardır.

3.6 Akreditasyon ve Faydaları

Akreditasyonun kavramının karşılığında; bir organizasyonun, programın veya kurumun standartlar veya kriterler ile uyumunun yetkili bir kuruluş tarafından incelenmesi ve onaylanmasını içeren resmi işlemler bütünüdür [28].

Bir akreditasyon kuruluşu yetkisini genellikle devletten alır [29]. Sektöre sunulan ürün ve hizmetlerin çeşitliliği, tüketicinin korunması yolunda önlemlerin gerekliliğini de beraberinde getirmiştir. Bu yolda atılan adımlardan bazıları, sunulan ürünün gözetim veya test ile kontrol edilmesi ve üretim yada hizmet süreçlerinin denetimi ile sistemlerin belgelendirilmesidir.

Bir sonraki aşama, belgelendirme, test veya gözetim kuruluşlarının güvenilirliğidir. Sistem ve ürün belgelendirmesi yapan kuruluşlar, bu güveni kazanmak ve sundukları belgenin yaygın kabulünü sağlayabilmek adına uzmanlıklarını ve yeterliliklerini ispatlamak durumundadırlar. Tüketicinin tek başına karar veremeyeceği bu aşamada, kontrol görevi bağımsız akreditasyon kurumlarına düşmektedir.

Akreditasyonun temelinde, uluslararası kabul gören kriterlerin tanımlandığı standartlar bulunmaktadır. Belgelendirme kuruluşları bu kriterleri uygulamakla, akreditasyon kurumları ise uygulandığını düzenli olarak kontrol etmekle yükümlüdür. Akreditasyonun temel işlevi, kamu adına kabul edilebilecek kalite ve performans standartlarını belirlemesi açısından, kalite güvencesi olmasıdır. Diğer temel işlevi ise, harici değerlendirme yoluyla öğretim kurumları ve programların iyileştirilmesine katkısı nedeniyle, kalite iyileştirmedir. Akreditasyonun kavramı bu iki işlevden sadece birisini içerseydi, akreditasyon işi daha kolay olabilirdi. Ancak akreditasyon bu iki fonksiyonu da yerine getirmek durumundadır. Akreditasyon bir

yandan müşteri güvencesi oluşturarak kamuya hizmet ederken, diğer yandan akredite edilen kurum veya programlara da bir meslektaş yaklaşımı ile program ve kurumlarını iyileştirmelerini teşvik ederek, iyileştirme fonksiyonunu yerine getirmektedir [44].

Ticarette teknik engellerin kaldırılması için yapılan çalışmalar kapsamında Uluslararası ticarete mal ve hizmetlerin serbest dolaşımını sağlamak amacıyla yürütülen akreditasyon hizmetlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Akreditasyon hizmetiyle; piyasaya arz edilen ürünlere ait kalite belgeleri ve test raporlarının güvenilir olması ve uluslararası kabul edilebilir olması hedeflenmektedir. Bu hedefin gerçekleşmesi için en büyük gereklilik, akreditasyon sisteminin sağlam temellere dayanması ve uluslararası geçerlilikte tarafsız ve doğru kararlar alınmasına bağlıdır [45].

Akreditasyonun getirdiği bazı faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir [46];

- ✓ Personelin çalıştığı kurumla gurur duymasının sağlanması,
- ✓ İyi hizmet veren kuruluşların resmi olarak tanınmaları,
- ✓ Faaliyetlerin gelişimi için akreditasyonun hedefi teşkil etmesi,
- ✓ Çalışmalarda yeterliliğin artırılması,
- ✓ Personel arasında iletişimin geliştirilmesi,
- ✓ Personelin işe alınmasında yarar sağlaması,
- ✓ Kurumu değerlendirecek bir mekanizmanın oluşturulması,
- ✓ İşletme politikalarının belgelendirilmesinin sağlanması,
- ✓ Personel katılımının desteklenmesidir.

3.6.1 Tarafsızlık

Akreditasyon kuruluşu faaliyetlerinin objektifliğini ve tarafsızlığını koruyacak şekilde organize olmalı ve çalıştırılmalıdır. Tarafsızlığın korunması ve akreditasyon kuruluşunun prensiplerinin ve ana politikalarının geliştirilmesi ve yürütülmesi için, akreditasyon kuruluşu ilgili tarafların etkin katılımına imkân sağlayacak dokümanlar edilmiş ve uygulanan bir yapısı olmalıdır. Akreditasyon kuruluşu, ilgili taraflardan hiçbiri egemen olmaksızın, bütün ilgili tarafların dengeli temsilini sağlamalıdır [47].

3.6.2 Gizlilik

Akreditasyon kuruluşunun, akreditasyon faaliyetlerini yürütürken edindiği bilginin gizliliğini, komiteler ve kendisi adına hareket eden dış kuruluşlar ve kişiler de dâhil, akreditasyon kuruluşunun her seviyesinde korumak için uygun düzenlemeleri bulunmalıdır.

3.6.3 Başvuru

Sertifikasyon kurumu akreditasyon kurumuna başvurur. Akreditasyona başvurmuş olanlarla, akreditasyon konusunu açıklayan bir anlaşma imzalanır ve başvuranın koşulları değerlendirilerek, akreditasyon kabul edilir.

Akreditasyon kurumu değerlendirmede sertifikasyon kurumu organizasyonu, sistemleri, usulleri, sertifikasyon değerlendirmeleri ve kararlarını belirler. Değerlendirme ekibi; gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığını gösteren delilleri toplar. Değerlendirmenin sonunda, değerlendirme ekibinin bulguları hakkında, başvuran kurum ile değerlendirme süreci olur.

Akreditasyon kurumu, değerlendirme ile ilgili bir rapor hazırlar. Raporun bir kopyası, yorumlaması için davet edilen, başvuran kuruma verilir. Raporunda değerlendirme ekibi tarafından teşhis edilen uygulamalar tanımlanır ve düzenlenmiş faaliyet istekleri ortaya konulur.

Akreditasyon kararı, raporun temeli ve isteklerinin doğru yanıt seçenekleri sonuçlarına göre yapılır. Akreditasyon kararları değerlendirmeyi yapan kişi ya da kişiler tarafından ele alınmalıdır.

Akreditasyonun takibinde; akreditasyon kurumu sertifikasyon kurumunun herhangi bir isteğinin doğru olarak açıklanmasını sağlayan gözetimleri, akreditasyondan önce ortaya konmalı ve akreditasyonun gerekliliklerinin, devamının ve uyumunun sağlanması ve bunu takip eden doğru yanıtlar açıklanmalıdır.

3.6.4 Akreditasyonun temelini oluşturan standartlar

Akreditasyon süreci, faaliyet alanlarına göre çeşitli standartlar çerçevesinde gerçekleştirilir. Test laboratuvar hizmeti veren kuruluşlar için: TS EN ISO/IEC 17025 standardı geçerlidir. Bu standart, CEN tarafından kabul edilen EN ISO/IEC 17025 standardı esas alınarak TSE Akreditasyon ve Belgelendirme Özel Daimi

Komitesi tarafından hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 11 Mayıs 2000 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

Kalite yönetim sistemi belgelendirmesi yapan kuruluşlar için: TS EN 17021 standardı geçerlidir. Bu standart, yönetim sistemlerinin bütün türlerinin denetiminin ve belgelendirmesinin yeterliliği, tutarlılığı ile tarafsızlığı için ve bu faaliyetleri yerine getiren kuruluşlar için prensipleri ve şartları kapsamaktadır.

Ürün belgelendirme kuruluşları için: TS EN 45011 standardı geçerlidir. Bu standart 2012 yılında iptal edilerek yerine TS EN ISO/IEC 17065 standardı getirilerek, 3 yıllık bir geçiş periyodu tanımlanmıştır.

Muayene kuruluşları için: TS EN ISO/IEC 17020 'Çeşitli tipteki muayene kuruluşların çalıştırılmaları için genel kriterler' standardı geçerlidir.

Personel belgelendirme kuruluşları için: TS EN ISO/IEC 17024 standardı geçerlidir. Bu standart, belirli şartlara göre personel belgelendiren kuruluşlar için genel şartları kapsamaktadır [67-72].

3.6.5 Akredite olma gerekliliği

Kuruluşların akredite olma zorunluluğu olmadığından akreditasyon kavramı gönüllülük esasına dayanır. Fakat akredite olan kuruluşların sürekli denetimten geçmeleri ve ilgili standart ve yönetmeliklere göre faaliyet göstererek güncel ve güvenilir olduklarından dolayı diğer kurum ve kuruluşlara göre daha fazla tercih edildiği bilinmektedir. Uygunluk değerlendirme kuruluşlarından hizmet almak isteyen firmaların birçoğunda akreditasyon aynı zamanda geçerlilik olarak da algılanmakta ve bu durum akredite olma sürecini gönüllülüğten zorunluluk biçimine dönüştürmektedir.

3.6.6 Akreditasyon kurumlarının sektöre katkısı

Türkiye'de olduğu gibi tüm dünyada devletin en önemli görevlerinden biri ürünlerin serbest olarak dolaştıkları piyasa koşullarında, düzenleyici ve denetleyici rol üstlenmeleri, haksız rekabetin ve tüketicilerin sağlığı veya güvenliğini olumsuz yönde etkileyebilecek malların veya hizmetleri engelleyebilmektir. Bu amaçla ülkelerde devlet adına faaliyet gösteren laboratuvarlar ve ürün test merkezleri kurularak özellikle ülke için büyük öneme sahip ürünler deneylere tabi tutularak belgelendirmeleri sağlanmaktadır. Bu yolla, ithal edilen ürünlerin kalitesinin

belirlenmesi ve ÷lkeye girişlerine bu şekilde izin verilmesi oldukça yaygın bir uygulamadır. Piyasaya arz edilen malların ve hizmetlerin kalitelerinin kontrol edilerek belirlenmesi testler, deneyler veya sistem denetlemesi yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Bir malın veya hizmetin tanımlanmış ulusal veya uluslararası standartlar ve kriterlerle uyumlu olup olmadığının belirlenmesi işlemi “uygunluk değerlendirme” olarak adlandırılmaktadır. Uygunluk değerlendirme kavramı tüm ürün deneyleri, kalibrasyon faaliyetleri, CE işareti ve kalite sistem belgelendirme faaliyetlerini kapsayan geniş bir kavramdır [30].

3.6.7 Türkiye’de yayınlanmış akreditasyon ile ilgili zorunluluklar

Türkiye’de özellikle kamu kurumlarının tabi olduğu Kamu İhale Yasasının 10. maddesinde ihaleye katılacaklardan istenecek bilgi ve belgeler arasında "ihale konusu için dokümanında belirtilen standartlara uygunluğunu gösteren uluslararası kurallara uygun şekilde akredite edilmiş kalite kontrol kuruluşları tarafından verilen sertifikalar" bulunmaktadır. Kamu İhale Kurumunca yapılan düzenlemeler, idareler tarafından istenilen belge ve sertifikaların TÜRKAK veya diğer ülkelerin akreditasyon kurumlarınca akredite edilmiş belgelendirme kuruluşları tarafından verilmesini ve ayrıca belirli durumlarda TÜRKAK'ın doğrulamasını zorunlu kılmaktadır.

4. FOTOVOLTAİK MODÜLLER İÇİN TS EN 45011 VE TS EN ISO/IEC 17065'E GÖRE TASARLANAN ÜRÜN BELGELENDİRME SİSTEMİ

4.1 Ürün Belgelendirme Süreci

Ürün belgelendirme faaliyetleri tarafsız ve akredite belgelendirme kuruluşları tarafından yürütülür. TS EN 45011 Ürün Belgelendirmesi Yapan Belgelendirme Kuruluşları İçin Genel Şartlar Standardı, tarafsız, akredite belgelendirme kuruluşlarının ürün belgelendirme faaliyetlerinin nasıl yapılacağını içerir. Bu standart 2012 yılında iptal edilerek yerine TS EN ISO/IEC 17065 standardı yayınlanmış ve üç yıllık geçiş süreci verilmiştir. Ürün belgelendirme sistemleri ürünün başlangıç tip testlerini, üretici firmanın kalite sistemlerinin değerlendirilmesi ve bunu takiben fabrika kalite sistemini, fabrikadan ve serbest piyasadan alınan numunelerin test edilmesini içeren teknik bir süreci kapsadığından, bu alanda uzmanlaşmış “Belgelendirme Kuruluşları”nın yapacağı ürün belgelendirme süreci bağlayıcılık kazanır.

4.1.1 Başvuru

Ürününe “Uygunluk Belgesi” almak isteyen kişi ya da kurumlar öncelikle belgelendirme kuruluşunun, belgelendirilecek ürün özellik ve tanımlarını içeren “Ürün Belgelendirme Başvuru Formu”nu tamamlayarak başvuruda bulunurlar. Başvuru Formu’nun doldurulmasından sonra belgelendirme kuruluşu müracaat sahibine, değerlendirme ve belgelendirme prosedürlerinin güncellik bakımından ayrıntılı açıklamalarının yer aldığı ürüne özel belgelendirme programını gönderir. Bu aşamada müracatı takip etmek üzere değerlendirme personeli görevlendirilir. İlgili belgelendirme dosyası değerlendirme personeline başvuruyu değerlendirmek üzere verilir. Değerlendirme personeli ilgili dosyayı değerlendirir, gözden geçirir. Belirlenen eksikler müşteri yetkilisi ile görüşülür, forma kaydedilir ve eksikler talep edilir.

Başvurular her standart yada kriter için ayrı başvuru formu eksiksiz doldurularak yapılır. Başvuru dokümanlarının ilgili birim tarafından yeterli bulunmadığı durumda,

başvuru sahibi kuruluş eksiklikler hakkında yazılı olarak bilgilendirilir. Başvuru sahibi kuruluş tarafından yazılı olarak bildirimden itibaren 6 ay içerisinde eksikliklerin giderilmemesi ve/veya inceleme yapılmasını kabul etmemesi durumunda başvuru işlemden kaldırılabilir. Başvurunun iptali, başvuru sahibi kuruluşun yazılı talebi ile de yapılabilir. Belgelendirilmesi talep edilen ürün, diğer benzeri ürünlerden ayırt edici olacak ve karıştırılmayacak şekilde ticari tip veya modele sahip olmalıdır. Belge sahibi kuruluşlar tarafından yapılacak ilave belgelendirme başvurularında, daha önce ibraz edilen bilgi ve evrakta herhangi bir değişiklik olmadığına ve güncel olduğuna dair yapılacak yazılı beyana bağlı olarak, bu evrak başvuru sahibinden tekrar istenmeyebilir.

Belge sahibi kuruluşun, daha önce belgelendirilmiş ürününü, aynı üretim yerinde belge üzerinde belirtilenden farklı ticari marka/markalar ile üretmesi ve bu marka/markalar için başvuru yapması durumunda; ilgili belgelendirme birimlerince de uygun bulunması halinde, başvuru sahibinden başvuru dokümanları ile birlikte başvuru yapılan marka/markalar için üründe hiçbir değişiklik/farklılık olmadığına dair ayniyet beyanı alınır. Belgelendirilmiş ürüne ait mevcut muayene ve deney raporları ile, başvuru yapılan farklı ticari markalı ürünler karşılaştırılarak değerlendirilir. Bu değerlendirme, ilgili teknik dokümanların incelenmesi suretiyle gerçekleştirilir. Ürünlerin teknik özellikleri dikkate alınarak gerekli görülmesi halinde bu inceleme üretim yerinde de yapılabilir. Ayrıca gerekli görülmesi halinde bazı deneyler tekrar yapılabilir ve/veya yaptırılabilir. Değerlendirme sonucunda uygunluk değerlendirme raporu düzenlenir. Düzenlenen uygunluk değerlendirme raporuna göre belgelendirme komisyonları kararı ile yeni ticari markalı ürünün belgelendirme işlemi tamamlanır.

Üretim yeri incelemesi esnasında, başvuru sahibinin yapacağı yeni başvurular, kapsam değişikliği ve fesih talepleri görevlendirilmiş uzmanlarca yazılı olarak alınarak, yerinde değerlendirilir ve gerekli işlemler gerçekleştirilerek, değerlendirme sonucuna ait tüm kayıtlar ilgili belgelendirme birimlerine aktarılır.

Firmanın talep etmesi halinde standart veya kriter bazında firmanın kalite kontrol, personel ve teknolojik yeterliliğini değerlendirmek maksadıyla numune alınmaksızın belgelendirmeye esas teşkil etmeyen “Ön İnceleme” gerçekleştirilir ve inceleme kayıt altına alınır [48].

4.1.1.1 Başvurunun değerlendirilmesi

Belgelendirme kuruluşu, gerekli düzenlemelerin yapılması amacıyla değerlendirme faaliyetleri için bir plan hazırlar. Değerlendirme planı; ürün dosyasının incelenmesi, üretim yeri kontrolü, test ve/veya kontrol numunelerinin alımı, test ve/veya kontrol ve raporlama işlemlerini kapsar.

Belgelendirme kuruluşu, değerlendirme planını gerçekleştirmek için uygun nitelikli personel atar. Bu personele “denetçi” adı verilir. Denetçiler ürünün üretildiği yere giderek üretim yeri inceleme raporuna göre çeşitli denetimler gerçekleştirerek denetim raporunu hazırlarlar.

Müracaat sahibi, bütün şartlar için kısa bir zaman süresinde uygunluğu sağlayacak düzeltme faaliyetinin başlatıldığını gösterebildiği takdirde belgelendirme kuruluşu, başlangıç prosedürünün yalnızca gerekli olan kısımlarını tekrar eder.

4.1.2 Muayene ve deney

Ürün belgelendirme hizmetleri kapsamında yapılacak muayene ve deneyler, ürün belgelendirme kuruluşu tarafından belirlenir, tanımlanır ve sınıflandırılır.

Ürün belgelendirme kuruluşu tarafından alınan numuneler üzerinde yapılması gereken muayene ve deneyler, ürün belgelendirme kuruluşu tarafından yeterliliği kabul edilen laboratuvarlarda, ürün belgelendirme kuruluşu tarafından belirlenmiş olan şartlarda yapılır veya yaptırılır. Belirlenen laboratuvarlar ürün belgelendirme kuruluşunun onaylı laboratuvar listesinde bulunmalıdır. Onaylı laboratuvar listesine alınacak bir laboratuvarın TS EN ISO/IEC 17025 şartlarını sağlayıp sağlamadığı ve ilgili deneyleri gerçekleştirebilecek kapasitesinin olup olmadığının tespiti için bir denetim gerçekleştirilir ve rapor hazırlanır. Değerlendirme sonucu uygun bulunan laboratuvar onaylanır ve hizmet alınabilir.

Üretici laboratuvarlarının kullanılması, ürün belgelendirme kuruluşu tarafından belirlenen şartlarda gerçekleştirilir. Başvuru sahibi kuruluşların ibraz edecekleri, TÜRKAK tarafından akredite edilmiş, TÜRKAK'ın tanımış olduğu akredite kuruluşlar tarafından düzenlenmiş veya ürün belgelendirme kuruluşu tarafından yeterliliği kabul edilmiş laboratuvarlar tarafından düzenlenmiş muayene ve deney raporları ürün belgelendirme kuruluşu tarafından kabul edilebilir. Ürün belgelendirme kuruluşunun, bu gibi durumlarda öngördüğü deneylerin tamamını

veya bir kısmını yapma veya yaptırma hakkı saklıdır. İbraz edilen muayene ve deney raporu tarihi üzerinden üç yıldan fazla süre geçmemiş olmalıdır. Ancak, ilgili birimin gerekçeleri ile teklifi ve ürün belgelendirme kuruluşunun belgelendirme komitesinin kararı ile gerekli görülen ürün/ürün grupları için bu sürenin uzatılması mümkündür.

4.1.3 Üretim yeri incelemesi

Üretim yeri incelemesi uygunluk işlemlerinin ikinci temel taşıdır. Üretici pazara sunduğu ürünlerin beyan ettiği performans özelliklerini ve değerlerini sağladığını kontrol etmek için bir fabrika üretim sistemi oluşturmalı, bu sistemi belgelendirmeli ve sürekli kılmalıdır. Bu sistem düzenli kontrollerden, testlerden ve değerlendirmelerden ve kullanılan hammadde, malzeme, teçhizat, üretim yöntemi ve ürünün kontrolüne dayanılarak sonuçların dönüştürülmesinden oluşur. Eğer üretim sürecinde ve malzemede yapılan değişikliklerin ürünün performans özelliklerini değiştirebilme ihtimali varsa, ilk tip testlerinin yeniden yapılması gerekir. Herhangi bir şikayet veya tüketicinin zarar görmesi durumunda, üretici o zamanki üretimin beyan ettiği özelliklere uygun olduğunu kanıtlamak zorunda olduğu için belgelendirme süreci çok önemlidir.

Üretim yeri incelemesi yapılması gereken belgelendirme işlemlerinde, üretim yeri, ürün belgelendirme kuruluşunun görevlendirdiği uzman veya uzmanlar tarafından, personel kapasitesi, üretim yeri, standartlara uygunluk, donanım ve kalite kontrol imkânlarının yeterliliği açısından yerinde değerlendirilir. Bu incelemede can ve mal güvenliğini doğrudan etkileyen uygunsuzlukların tespit edilmesi halinde numune alınmaz.

Üretim yeri değişmemek kaydıyla belgelendirilmiş ürünle aynı standart veya belgelendirme kriteri kapsamında yer alan bir ürünle ilgili kapsam genişletme talebi olması halinde, son üretim yeri incelemesi üzerinden bir yıldan fazla süre geçmemiş ve olumlu sonuç alınmış ise, kapsam genişletme talebine konu üründen numune alınmak kaydıyla, kuruluşta yeniden üretim yeri incelemesi yapılmayabilir.

Çeşitli fotovoltaik modül üretim hatlarının incelenmesi ve yerinde görülerek değerlendirilmesinin ardından elde edilen tecrübe ve bulgular çerçevesinde fotovoltaik modüller için üretim yeri incelemesinde dikkat edilmesi gereken noktalar ve nedenleri şunlardır:

Tasarlanan sistem; TS EN 61215 Kristal Silikon Karasal Fotovoltaik (PV) Modüller-Tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı, TS EN 61646 İnce Filmlı Karasal Fotovoltaik Modüller - Tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı, TS EN 61730-1/-2 Fotovoltaik Modül Güvenlik Niteliği / Bölüm 1-Yapım Özellikleri / Bölüm 2-Deney Özellikleri standartlarına göre üretim prosesinin incelemesini içermektedir. Üretim prosesinin muayenesi, üretim tesislerinde yerinde tespit ve gözlem ile, ilgili standart ve EK A.1’de belirtilen formda belirlenmiş kriterlere göre gerçekleştirilir.

TS EN 61215, TS EN 61646 ve TS EN 61730-1/-2 standartlarına göre belgelendirilmiş bir fotovoltaik modülün performansı, modül üretimi esnasında kullanılan bileşenler, malzemeler ve üretim prosesleriyle doğrudan ilgilidir. Sadece ürün boyutu ve çıkış gücündeki değişiklik olmasına karşın; aynı malzeme, bileşen ve prosesleri kullanan modüller Ürün Ailesi olarak adlandırılır. Modül tasarımı ve kullanılan bileşen/malzemeler ile ilgili tüm değişiklikler Ürün belgelendirme kuruluşuna bildirilmelidir.

Üretim yeri incelemesinde depolama, üretim hattı ve prosesi, ürünlerin testleri ve kalite yönetimi bölümleri muayene edilir. Firmanın mevcut akreditasyonları, sertifikaları, belgeleri ve kalite yönetim sistemi ürün kalitesini etkilediğinden dolayı gözden geçirilmelidir. Firmanın personel sayısı ve üretim kapasitesi, personelin ilgili üretim prosesinde yeterli bilgi ve tecrübeye sahipliği konularına dikkat edilmelidir. Yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmayan personeller tarafından yapılan işlemlerdeki ufak bir hata, nihai ürünü etkileyebilmektedir. Özellikle otomatik olarak değil de el ile yapılan lehimleme gibi bazı bölümlerde yetkin personel çalışmalıdır.

Üretim prosesinde kullanılan makinelerin standartlara uygunluğu, üretilen güneş modüllerinde meydana gelebilecek olan mikro çatlakların belirlenmesi ve kalite kontrolünün yapılabilmesi için üretim hattında elektroluminans (EL) test cihazının varlığı ve hangi aşamada olduğuna bakılmalıdır. Elektroluminans (EL) görüntü kalitesi kullanılan ekipman ve PV modül tipine bağlı olduğundan görüntülerin keskin ve kaliteli olması için kurulumun (akım, poz süresi, diyafram) uygun şekilde olması gerekmektedir.

Girdi malzemesi muayene sisteminde özellikle güneş modülü üretimi için temin edilen malzemelerle ilgili girdi kontrolleri yapılmalı ve bunlar kayıt altına alınmalıdır. Güneş modülü üretiminde kullanılan tüm parçalarla ilgili kalite kontrol formları oluşturulmalı ve tedarik edilen parçalar, belirlenmiş bir kalite planı

çerçevesinde kontrol edilmelidir. Güneş modülü imal edilecek hammaddenin sertifika uygunluğu kontrol edilmelidir. Özellikle tedarik edilen her bir güneş hücresinin giriş kalite kontrolü yapılarak kayıt altına alınarak uygun olmayan hücreler ayrılmalıdır.

Üretim prosesi boyunca ürün kalitesine etkileyecek noktalarda ara kontrol ve deneyler uygun şekilde yapılması gerekmektedir. Son ürün kalite kontrol ve raporlamaları uygun şekilde yapılmalı ve flash test raporlarının uygun şekilde müşteriye iletilmesi sağlanmalıdır. Çünkü flash test ünitesinden çıkan akım gerilim verileri ürünün standart şartlar altında ne kadar güç çıkışı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla watt başına maliyet ve fiyatlandırma konuları burada ön plana çıkmaktadır. Bu yüzden modül çıkış gücünün kontrolü için kalibrasyonlar yapılmalıdır. Yeterli miktarda kalibreli modül sayısı olmalı, referans modülün yeniden kalibrasyon periyodu belirlenerek ilgili laboratuvarlara gönderilmeli, güneş simülasyon cihazı performans muayenesi için periyot belirlenmelidir.

Yanlış ölçümlere sebep olmamak için kullanılan ölçü, alet ve ekipmanlarının periyodik kalibrasyonları yapılarak güncelliği kontrol edilmeli ve bakımları uygun şekilde gerçekleştirilmelidir. Bakım planları oluşturularak kayıtlar tutulmalıdır.

TS EN 61215, TS EN 61646, TS EN 61730 standartlarındaki testlerinden hangilerinin üretim sürecinde yapılabildiğine bakılarak test sonuçları değerlendirilmelidir. Özellikle üretilen modüllere yalıtım testinin yapılması ve yalıtım test cihazının kalibrasyonlu olması önemlidir.

Fotovoltaik modüllerin ana bileşeni olan güneş hücrelerinin üretici firma, teknoloji, tip, kalınlık, hasar durumları kayıt edilmeli ve her hücrenin kontrolünün bilgisayar tabanlı olarak kontrol edilmesi sağlanmalıdır. Hücrelerin diziler üzerine yerleştirilmesi el ile ya da otomatik olarak yapılması kontrol edilmelidir.

Cam temizliği, yıkanması ve kurutulmasının yapılmasının ardından cam kalite kontrolü, üretim bandına yüklemesi ve görsel muayenesi gerçekleştirilmelidir.

Bağlantı noktalarının lehimlenmesinin nasıl yapıldığı önemlidir. Çünkü bu kısımda daha çok el işçiliği olduğundan hata oranı yükselmektedir.

Dizi oluşturma cihazından (stringer) önce hasarlı hücrelerin belirlenerek ayrılması hasarlı ürün çıkmasını engellemektedir. Dizi halindeki hücrelerin arasındaki mesafenin korunması için mesafe koruyucu bir mekanizma oluşturulmalıdır.

Diziler oluşturulduktan sonra kaplama malzemesi ve cam ile birlikte laminasyon cihazına girerler. Laminasyon, modülün kalitesini birebir etkileyen bir kısımdır. Modül laminasyon cihazının içerisinde biraz fazla kalırsa tüm hücreler bozulabilir, az kalırsa ilerleyen süreçlerde ayrışmalar olabilir. Bu yüzden laminasyon cihazının tipi, vakum basıncı, ayar sıcaklığı, sıcaklığın homojen dağılımı, laminasyonda kalma süresi gibi parametreleri çok önemlidir. Laminasyon cihazındaki sıcaklık transmitterlerinin kalibrasyonlu olmaları yanlış ölçümleri engeller. Laminasyon süresi, sıcaklığı gibi ayarların değiştirilmesi şifreli olarak sadece yetkili personel tarafından yapılmalıdır.

Bağlantı kutusu en çok nem ve toza maruz kalabilecek kısım olduğundan modüle yapıştırılma aşaması önem arz etmektedir. Silikon miktarı ve silikonlama süresi, yapıştırıldıktan sonraki bekleme süresi kaliteyi bizzat etkilemektedir. Bağlantı kabloları özellikleri, tip ve detayları incelenmelidir.

Modüllerin gölgelenme durumlarında en az şekilde etkilenmelerini sağlayan bypass diyotları gereklidir. Bypass diyotlarının tipi, maksimum bağlantı sıcaklığı, maksimum ileri yön gerilimi, maksimum kesme gerilimi, diyot sayısı, diyot başına düşen hücre sayısı gibi parametreleri önemlidir. Sahadaki modüller üzerinde gölgeleme olduğu durumlarda tüm modülün olumsuz etkilenmesini engellemek için bypass diyotları yardımıyla seri bağlı bir dizi deaktif yapılarak geri kalan kısımlar elektrik üretmeye devam eder.

Modül boyutlarının önceden tasarlanan oranlarda olup olmadığının ölçülmesi tavsiye edilir. Çerçeve ve cam kalınlığının istenen tolerans değerleri arasında olup olmadığı kontrol edilmelidir. Modüller üzerine işaretleme ve etiketleme düzgün ve doğru şekilde yapılmalı ve her bir ürünü niteleyen barkot etiketi yada seri numarası bulunmalıdır.

Üretimden sonra depolama kısmında modüllerin sınıflandırılması, paletlenmesi ve saklanmasına dikkat edilmelidir. Taşıma esnasında meydana gelebilecek çatlak ve kırılmalara özen gösterilmeli, otomatik taşıyıcı sistemler kullanılmalı, depolama şartları standartlarda belirtildiği gibi olmalıdır.

4.1.4 Ürün uygunluk belgesi verilmesi

Değerlendirme ve denetim aşamasının sonuç raporu olumlu ise müracaatçının ürününe “uygunluk belgesi” verilmesi kararlaştırılır. Uygunluk belgesi aşağıdaki bilgileri içerir:

- ✓ Müracaatçının adı ve adresi,
- ✓ Verilen belgenin, uygun olduğunda aşağıdakileri içeren kapsamı:
 - 1)Tipleri veya serisi ile tanımlanabilen belgelendirilmiş ürünleri,
 - 2)Her ürün veya ürün tipinin belgelendirilmesinde esas alınan ürün standartları
 - 3)Uygulanabilen belgelendirme sistemi
- ✓ Uygulanabildiğinde belgelendirmenin geçerlilik tarihi ve dönemi.

4.1.5 Belgelendirme sonrası süreç

Belgelendirme kuruluşu uygunluk belgesini verdikten sonra ürünün kalitesinin veya ilgili standarda uygunluğunun devam edip etmediğini kontrol etmekle yükümlüdür. Yani uygunluk belgesini verdikten sonra da belgelendirme kuruluşunun görevleri devam etmektedir. Periyodik denetimler sonucunda ürünün kalite ve uygunluk şartları devam ettiğinin tespit edilmesi halinde uygunluk belgesinin geçerlilik süresi belgelendirme kuruluşunun vereceği kararla uzatılır. Böylece üretici ürününü müşterilerine kaliteli ve standartlara uygun olarak gönül rahatlığıyla göstermeye devam eder.

4.1.5.1 Gözetim

Ürün belgelendirme kuruluşu belgelendirilmiş ürünlerin, belgelendirme için gerekli şartlara uygunluğunun sürekliliğini kontrol etmek amacıyla; ürün özelliklerine, belgelendirmeye esas teşkil eden şartlara, üründe veya üretim yerinde tespit edilen uygunsuzluklara veya belgelendirilmiş ürünlerle ilgili şikayetlere bağlı olarak, belgelendirmeye esas standardın ve/veya belgelendirme kriterinin öngördüğü şartlar dikkate alınmak kaydıyla gerekli gördüğü sıklıkta üretim yerinden ve/veya piyasadan

alınan numuneler üzerinde, ürün belgelendirme kuruluşu tarafından gerekli görülen muayene ve deneylerin yapılması ve/veya yaptırılması suretiyle veya yalnız üretim yeri incelemesi yaparak gözetim denetimi gerçekleştirir.

İlgili belgelendirme biriminin uygun görmesi halinde gözetim, gümrüklerden alınan numuneler üzerinde, gerekli görülen muayene ve deneylerin yapılması ve/veya yaptırılması suretiyle de gerçekleştirilebilir.

Gözetim, hem üretim yeri incelemesi hem de üretim yerinden alınan numuneler üzerinde bir yılda en az bir defa, ürün belgelendirme kuruluşu tarafından gerekli görülen muayene ve deneylerin yapılması şeklinde gerçekleştirilir.

Görevlendirilen değerlendirme personeli, gözetim plan formunu kullanarak gözetim planı oluşturur ve müşterinin mutabakatını almak üzere gönderir. Müşteri onayı alınan plana göre değerlendirme personeli gözetim rapor formunu kullanarak gözetim faaliyetini gerçekleştirir. Periyodik gözetim, planlanan zamanda yapılmalıdır.

Gerçekleştirilen gözetimlerle ilgili olarak düzenlenen üretim yeri inceleme raporları ve/veya muayene ve deney raporları belgelendirme komisyonlarına sunulur ve komisyon kararına göre işlem yapılır.

4.1.5.2 Belgelendirilmiş üründe değişiklik yapılması

Belgelendirilmiş ürünler, üreticilerin süreçlerindeki değişiklikler ve tasarım ya da hizmetteki değişiklikler nedeniyle başvuran kişi tarafından herhangi bir zamanda değiştirilebilir. Planlı değişiklikler, belgelendirme organına yazıyla bildirilir. Herhangi bir nedenden dolayı ürünlerdeki değişiklik durumunda üretici, ilgili şartları sağladığını belgelendirme kuruluşuna bildirir. Değişiklikler sonucu ürün belgelendirme programına göre hareket edilerek gerek görüldüğü takdirde ürün standardının atıf yaptığı testler yenilenir ve üretim yeri incelemesi yapılabilir.

4.1.5.3 Belgelendirme süresinin uzatılması

Süre uzatılmadan önce başlangıçtaki belgelendirme koşullarının sağlanıp sağlanmadığını bulmak için bir denetim takibi yapılır ve ilk ürün testleri tekrarlanır. Eğer bu denetim takibi ve ürün testleri sonucunda süre uzatılması için gerekli şartlar sağlanmışsa belgelendirme kuruluşu müşterinin yeni bir belge alacağını taahhüt eder.

4.1.5.4 Belgelendirme kapsamının genişletilmesi

Üretici, diğer ürünlerinin belgelendirilmesi için de talepte bulunabilir. Dolayısıyla belgelendirmenin kapsamı diğer ürün veya ürünleri de içine alacak şekilde düzenlenir. Bu durumda ilk denetim prosedürü izlenir, ürün testleri yapılır ve gerek görülürse üretim yeri incelemesi yapılır. Uygun uzatma koşulları sağlanırsa ilgili ürün uygunluk belgesinin kapsamı genişletilir.

4.1.5.5 Belge yenileme

Belgelerin geçerlilik süreleri farklı bir uygulama belirtilmedikçe üç yıldır. Belge sahibi kuruluşa ve belgeli ürüne ait son değerlendirme raporlarının sonucuna ve belgelendirmeye esas standart veya belgelendirme kriterinin yürürlük durumuna bağlı olarak belge yenilenir.

Firmanın belgenin iptali yönünde bir talebi ve/veya yenilenmesi konusunda herhangi bir engelin olmaması durumunda belge yenilenir.

Mevcut ürün belgesine esas teşkil eden temel belgelendirme şartlarında bir değişiklik söz konusu olduğunda, belge sahibinin talebi halinde, eski şartların yürürlükten kalkış süresi içinde olmak kaydıyla belge yenilenir. Bu durumda belgenin geçerlilik süresi, eski şartların yürürlükten kalkış süresi ile sınırlıdır.

Belge sahibinin ürün belgelendirme kuruluşuna karşı hukuki ve mali yükümlülüklerini yerine getirmediğinin tespiti durumunda belge yenileme işlemi yapılmaz.

4.1.5.6 Askıya alma

Ürün belgelendirme kuruluşu, müşterinin ürün belgelendirme kurallarına uymaması durumunda belgeyi askıya alır ve/veya geri çeker. Belgelendirme kurallarının yerine getirilmemesi durumunda tedarikçi yazılı olarak bilgilendirilir, gerekli düzenlemelerin yerine getirilmemesi durumunda belgelendirme askıya alınır, devamı durumunda geri çekilir.

Aşağıdaki durumlardan birinin gerçekleşmesi halinde Belgelendirme Komisyonları kararına göre belge askıya alınabilir;

- a) Gözetim denetimlerinde, üretim yeri incelemesinin ve/veya ürünün muayene ve deney sonuçlarının, ürün güvenliğini doğrudan etkilediği önemli ve kritik uygunsuzluk tespit edilmesi,
- b) Yapılan gözetim incelemelerinde 3 yıl boyunca belge sahibi kuruluştan numune alınamaması,
- c) Belge sahibi kuruluşun talep etmesi,

Belge sahibi, askı süresince sahip olduğu belgeyi ürün belgelendirme kuruluşuna iade eder. Belgenin askıda kalma süresi 6 (altı) ayı geçmemek üzere belgelendirme komisyonları tarafından belirlenir. Bu süre belgelendirme komisyonlarınca bir defaya mahsus olmak üzere 6 (altı) ay daha uzatılabilir.

Belge sahibi, askı süresi içinde, ürünün ürün belgelendirme kuruluşuna tarafından belgelendirilmiş olduğunu beyan edemez, belge ve sözleşme ile verilen hiç bir hakkı kullanamaz, daha önce üretilen ürün belgelendirme kuruluşuna markalarından birini taşıyan ürünleri piyasaya sunamaz.

Belge sahibinin talebiyle belgenin fesih edilmesi ve/veya askıya alınması durumlarında, yine belge sahibinin isteğiyle, belgeli olduğu dönemde üretmiş olduğu, piyasada bulunan ürünlerin arzına en çok 6 (altı) aylık bir süre için izin verilebilir. Ürün belgelendirme kuruluşunun belirlediği süre sonunda piyasaya arz edilen ürünlere haksız marka işlemi uygulanır.

4.1.5.7 Belgenin iptali ve sözleşmenin feshedilmesi

Aşağıdaki durumlardan birinin gerçekleşmesi halinde belgelendirme komisyonları kararına göre belge iptal edilebilir ve sözleşme feshedilebilir:

- a) Belgenin geçerlilik süresinin dolması(uzatma için başvuru olması durumu istisna)
- b) Belge verilmesi için gerekli olan ön koşulların artık mevcut olmaması
- c) Belgelendirilmiş ürünün üretiminin durması
- d) Tedarikçi tarafından Ürün uygunluk belgesinin sona erdirilmesinin talep edilmesi
- e) Belgelendirmenin geri çekilmesi
- f) Ürün belgelendirme kuruluşunun onayı alınmadan belge kapsamındaki üründe değişiklik yapılarak üretilmesi
- g) Üretim yerinin değişmesi, belge sahibinin bu konuda ürün belgelendirme kuruluşunu belirtilen süre içinde haberdar etmemesi

h) Belge sahibinin Ürün belgelendirme kuruluşuna karşı hukuki ve mali yükümlülüklerini yerine getirmemesi

i) Belgenin askıya alınmasına sebep olan uygunsuzlukların belirlenmiş olan askı süresi sonunda giderilmemiş olması.

Belge sahibi, iptal edilen belgeyi en geç otuz (30) gün içerisinde Ürün belgelendirme kuruluşuna iade etmelidir. Belgenin iptali ve sözleşmenin feshi, belge sahibi kuruluşun mali sorumluluklarını yerine getirme yükümlülüğünü ortadan kaldırmaz.

Belge sahibi, belge iptalinin ve sözleşmenin feshini takiben, ürünün Ürün belgelendirme kuruluşu tarafından belgelendirilmiş olduğunu beyan edemez, belge ve sözleşme ile verilen hiç bir hakkı kullanamaz, daha önce üretilen Ürün belgelendirme kuruluşu markalarından birini taşıyan ürünleri piyasaya sunamaz.

Belge sahibinin talebiyle belgenin fesih edilmesi ve/veya askıya alınması durumlarında, yine belge sahibinin isteğiyle, belgeli olduğu dönemde üretmiş olduğu piyasada bulunan ürünlerin arzına en çok 6 (altı) aylık bir süre için izin verilebilir.

İlgili belgelendirme birimlerinin karar vermesi durumunda ürünün uygunsuzluğu sebebiyle belgeleri iptal edilen kuruluşlardan aynı kapsamda 6 (altı) ay süre ile belge başvurusu alınmayabilir [49].

4.1.5.8 Belge sahibinin tüketiciye veya müşterilerine karşı yükümlülüğü

Belge sahibi, belge ve varsa kullanma hakkı verilen ürünlerin, yasal düzenlemelere, belgelendirmeye esas teşkil eden standart veya belgelendirme kriterlerine uygun olmamasından veya imalat hatalarından kaynaklanacak her türlü maddi ve manevi zarar ve ziyandan sorumludur.

Belge sahibi, gerek tüketicinin/müşterisinin başvurusu ve gerekse Ürün belgelendirme kuruluşunun ikazı üzerine belgeli üründen doğan şikâyeti, tüketici/müşterisi nezdinde incelemek ve kusurlu ürünü hiçbir bedel veya fark talep etmeksizin onarmak veya yenisi ile değiştirmek veya satın alma bedelini defaten ödemekle yükümlüdür.

Ancak, şikâyet konusu ürünün, belge sahibi tarafından hazırlanarak tüketiciye/müşteriye verilmiş kullanma talimatında belirttiği hususlara aykırı olarak kullanılmasından veya belge sahibinin sorumluluğu dışındaki taşıma, depolama ve benzeri faaliyetler sonucu oluşan kusurlar bu yükümlülüğün dışındadır.

Şikayete konu ürünün belge sahibi tarafından incelenmesi ve ilgili standarta/kritere uygun olduğunun tespit edilmesi halinde, bu durum belge sahibi tarafından tüketiciye ve Ürün belgelendirme kuruluşuna bildirilir. Tüketicinin belge sahibi tarafından yapılan inceleme sonucuna itiraz etmesi halinde söz konusu ürün Ürün belgelendirme kuruluşu tarafından ilgili standarta/kritere göre incelenir, gerekli görüldüğünde muayene ve deneyler Ürün belgelendirme kuruluşu tarafından yapılır veya yaptırılır. Ürünün kusurlu çıkması halinde tüm masraflar belge sahibinden tahsil edilir. Ürünün kusurlu çıkmaması halinde tüketiciye bilgi verilir ve muayene ve deneylere ait masraflar Ürün belgelendirme kuruluşu tarafından karşılanır.

Firmaların birbirlerini şikayet etmeleri halinde yapılacak inceleme ve deney masrafları, ürünün kusurlu çıkması halinde üretici firmaya, ürünün kusurlu çıkmaması halinde ise şikayetçi firmaya fatura edilir.

Belge sahibi, belge kapsamındaki ürününde, tüketici açısından can ve mal güvenliğini etkileyecek uygunsuzluğun tespiti halinde, Belgelendirme Komitesi kararı ile söz konusu uygunsuzluklara sahip ürünlerini piyasadan toplamak, tüketiciye ulaşmış olan ürünler için ise tüketiciye yazılı veya görsel medya aracılığı ile uyarıda bulunmakla yükümlüdür. İhtilaf hallerinde Ürün belgelendirme kuruluşunun vereceği karar kesindir.

Belge sahibi kuruluş, belge kapsamındaki ürünler/hizmetlere ait müşteri şikâyetleriyle ilgili uygulanacak metotları tanımlamak ve tanımlanan bu metotlar uyarınca yapılan işlemlerle ilgili kayıtları muhafaza etmek ve talep hâlinde bunları Ürün belgelendirme kuruluşuna vermekle yükümlüdür.

4.1.5.9 Ürün uygunluk belgesinin kullanımı

Tedarikçi Ürün belgelendirme kuruluşu kendisine belgelendirmenin sona erdiğini bildirmeden önce belgelendirmenin ara süreçlerinin geçici sonuçları hakkında umuma herhangi bir açıklamada bulunmamalıdır.

Müşteri belgelendirilmiş ürünlerle ilgili olarak tespit edilen ve belgelendirme için uygunluğu etkileyen hatalar için uygun önlemleri alarak, gerek olduğu durumda uygunsuz ürünlerin piyasadan toplatılması ve stoklardaki uygunsuz ürünlerin piyasaya sürülmemesini sağlamalıdır.

Müşteri, dökümanlarında, broşür, tanıtım veya reklamlarında belgelendirilmiş ürüne atıfda bulunması halinde, bu atıflar ürün belgelendirme kuruluşunun kuralları ile uyumlu olması önerilmektedir.

5. YENİ HAZIRLANAN VE UYGULAMASI YAPILAN KRİSTAL SİLİKON VE İNCE FİLM FOTOVOLTAİK (PV) GÜNEŞ MODÜLLERİ BELGELENDİRME PROGRAMI

5.1 Belgelendirme Programının Amaç ve Kapsamı

Bu belgelendirme programı, ürün belgelendirme sistemine belgelendirme için başvuru yapan PV modül üretici firmaların üretmiş oldukları Kristal Silikon Fotovoltaik (PV) güneş modüllerinin karşılaması gereken şartları “TS EN 61215 Kristal Silikon Karasal Fotovoltaik (PV) Modüller-Tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı, TS EN 61646 İnce Filmlili Karasal Fotovoltaik Modüller - Tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı TS EN 61730-1/-2 Fotovoltaik Modül Güvenlik Niteliği / Bölüm 1-Yapım Özellikleri / Bölüm 2-Deney Özellikleri” standartlarına dayalı olarak belirlemektedir.

Belgelendirme programı, bina ve/veya açık alanda kullanılan yukarıda belirtilen standartlar kapsamındaki tüm Kristal Silikon ve İnce Film Fotovoltaik (PV) güneş modüllerinin belgelendirme şartlarını içerir.

5.2 Tanımlar ve Kısaltmalar

Ürün belgelendirme: Bir ürünün özel standartlar, diğer norm ve dokümanlara uygunluğu için güvence sağlamaktır.

Ürün belgelendirme kuruluşu: TS EN 45011, TS EN ISO/IEC 17065 standardının şartlarını sağlamak için taahhüt altına giren ve akreditasyon kurumuna karşı sorumluluk taşıyan yasal kuruluştur.

PV: Fotovoltaik

IEC : International Electrotechnical Commission

PV modül üretici firma: Ürünlerin belgelendirmelerine esas teşkil eden şartları karşılamalarını ve uygulanabildiğinde karşılamayı sürdürmelerini sağlamaktan sorumlu olan taraftır.

Tip testi: Belgelendirme sürecinde ilgili ürünler için belgelendirme kuruluşu tarafından yapılan tip deneyidir.

Üretilen her modüle yapılacak kontroller: Her bir ürün üzerinde, piyasaya sürülmeden önce, imalâtçı tarafından uygunluğunun kontrolü için yapılan kontroller.

Gözetim programı: Bir belgelendirme kuruluşu ve temsilcisi tarafından malzeme, eleman, bağlantı yeri veya sistemin, bu sistem standardında verilen özelliklere sürekli olarak uygun olup olmadığını belirlemek ve kalite sisteminin etkinliği hakkında bilgi edinmek için yapılan denetim

Teknik dosya: PV modül üretici firma tarafından belgelendirme başvurusu aşamasında hazırlanıp belgelendirme kuruluşuna sunulan ve belgelendirme için başvuru yapılacak ürünlere ait teknik bilgi, belge ve PV modül üretici firma hakkında dokümanları içeren dosyadır.

5.3 Belgelendirme Şartları

5.3.1 Genel şartlar

Bu belgelendirme programı kapsamında belgelendirilen ürünlerin belge geçerlilik süresi 5 (beş) yıl olup, periyodik gözetim süresi yılda 1 (bir) defadır.

5.3.2 Başvuru

PV modül üretici firma, başvuru aşamasında belgelendirme sürecine girmeden önce bu belgelendirme programı ve belgelendirme standartları “TS EN 61215 Kristal Silikon Karasal Fotovoltaik (PV) Modüller-tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı, TS EN 61646 İnce Filmlı Karasal Fotovoltaik Modüller - Tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı TS EN 61730-1/-2 Fotovoltaik Modül Güvenlik Niteliği / Bölüm 1 - Yapım Özellikleri / Bölüm 2-Deney Özellikleri” kapsamındaki gereklilikleri yerine getirmiş olmalı ve belgelendirme kapsamına alınacak ürünlere ilişkin teknik dosyayı belgelendirme kuruluşuna sunması gerekmektedir.

Bu teknik dosya en az aşağıdakileri içermelidir:

- ✓ Ürün tanımları,
- ✓ Kalite ve (varsa)uygunluk belgeleri,
- ✓ Ürünlere ait teknik katalog ve güç bilgileri,

- ✓ Üretimde kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin PV modül üretici firmaya ulaştırılmasına ait bilgiler,
- ✓ Toleransları, düzenlenme ve revizyon numaraları dahil olmak üzere imalat çizimleri ve / veya teknik özellikleri
- ✓ Üreticinin bünyesinde yaptığı test imkanları ve bu testlere ait cihaz ve ekipman bilgileri,
- ✓ Test cihazları kalibrasyon planları ve kalibrasyon sertifikaları,
- ✓ Belgelendirme kapsamındaki ürünlere ilişkin diğer kalite dokümantasyonu (üretim ve test prosedürleri, talimatları, planları, listeleri, formları ve iş akışları), cihaz bakım planları,
- ✓ Üretilen her modüle yapılacak kontrollerin kayıt örnekleri,
- ✓ Başvuru için geçmiş test verilerine ihtiyaç duyulması halinde, tüm test raporları ve mevcut onayların detayları,
- ✓ CE (European Conformity) Uygunluk Belgesi deklarasyonu,
- ✓ Üretim ve test süreçlerinde görev yapan kritik personel ve bu personelin yeterlilik ve yetkinliğine ait belge ve sertifikalar.
- ✓ Çatı entegre tipi PV modüller için (çatı kaplamalarından birisinin yerine geçen dolayısıyla onun görevini üstlenmiş) kurulum talimatlarında şunlar belirtilmelidir;
 - PV modüllerin entegre edileceği çatı yapısının tipleri (beton kiremit, şingil, arduvaz, armuz) ve her tip çatı tipi için kötü hava şartlarına dayanıklı bir şekilde nasıl kurulum yapacağını belirten talimatlar belirtilmelidir. Çift katman düz kil kiremitli çatı entegrasyonlarına özellikle dikkat edilmelidir.
 - PV modüllerin kullanılmasıyla ilgili bina yasal düzenlemelerindeki sınırlamalar (özellikle yangının dışarıya yayılmasıyla ilgili)
- ✓ (Varsa) ilgili ürünlere yönelik yapılan şikayetler ve bu şikayetlere karşılık gerçekleştirilen düzeltici ve önleyici faaliyetler

5.3.3 PV modül tip testleri

PV modül üretici firma, güneş modüllerine ait tip testlerini Çizelge 5.1'e uygun olarak, TS EN ISO/IEC 17025 standardı şartlarına uygun ve Ürün belgelendirme kuruluşu tarafından onaylı bir laboratuvarında gerçekleştirmesi önerilir. Tip testlerinin mümkün olduğunca akreditasyon kapsamında olması, bunun mümkün olmadığı

durumlarda akredite olmuş laboratuvarlarda yapılmasına özen gösterilir. Numune seçimi TS EN 61215, TS EN 61646 ve TS EN 61730-1/-2 standartlarında belirtildiği gibi yapılır.

Numune sayısı, TS EN 61215, TS EN 61646 ve TS EN 61730-1/-2 standartlarında belirtilen miktarlar esas olmakla birlikte, Ürün belgelendirme kuruluşu tarafından artırılabilir ya da azaltılabilir. Güneş modüllerine ait tip test sonuçları TS EN 61215, TS EN 61646 ve TS EN 61730-1/-2 standartlarının gereklerini karşılamalıdır. Tip testlerinin isimleri standartların henüz Türkçe'ye çevirisi yapılmadığından dolayı bu programda İngilizce olarak yazılmıştır.

Çizelge 5.1 : TS EN 61215 Tip testleri ve özetleri

Test No	Test İsmi	Test Koşulları
10.1	Visual inspection	See detailed inspection list in 10.1.2
10.2	Maximum power determination	See IEC 60904-1
10.3	Insulation test	Dielectric withstand at 1 000 V d.c. + twice the maximum systems voltage for 1 min.
10.4	Measurement of temperature coefficients	See details in 10.4 See IEC 60904-10 for guidance.
10.5	Measurement of NOCT	Total solar irradiance: 800 W/m ² Ambient temperature: 20 °C Wind speed: 1 m. s ⁻¹
10.6	Performance at STC and NOCT	Cell temperature: 25 °C and NOCT Irradiance: 1000 and 800 W/m ² with IEC 60904-3 reference solar spectral irradiance distribution
10.7	Performance at low irradiance	Cell temperature: 25 °C Irradiance :200 W/m ² with IEC 60904-3 reference solar spectral irradiance distribution
10.8	Outdoor exposure test	60 kWh/m ² total solar irradiation

Çizelge 5.1 devam : TS EN 61215 Tip testleri ve özetleri

10.9	Hot-spot endurance test	Five-hour exposure to 1.000 W/m ² irradiance in worst-case hot-spot condition 15 kWh/m ² total UV irradiation in the wavelength range from 280 nm to 385 nm with 5 kWh/m ² UV irradiation in the wavelength range from 280 nm to 320 nm
10.10	UV preconditioning	
10.11	Thermal cycling test	50 and 200 cycles from -40 °C to + 85 °C with STC peak power current during 200 cycles
10.12	Humidity freeze test	10 cycles from + 85 °C, 85 % RH to -40 °C
10.13	Damp heat test	1.000 h at + 85 °C, 85 % RH
10.14	Robustness of termination test	As in IEC 60068-2-21
10.15	Wet leakage current test	See details in 10.15
10.16	Mechanical load test	Three cycles of 2 400 Pa uniform load, applied for 1 h to front and back surfaces in turn. Optional snow load of 5 400 Pa during last front cycle
10.17	Hail test	25 mm diameter ice ball at 23,0 ms ⁻¹ , directed at 11 impact locations
10.18	Bypass diode thermal test	One hour at I _{sc} and 75 °C One hour at 1,25 times I _{sc} and 75 °C

İnce film yapıları fotovoltaik modüller için tip testleri yukarıdaki listeye ek olarak sadece Çizelge 5.2’de ki 10.19 numaralı Işığa Doyurma (Light-soaking) testidir.

Çizelge 5.2 : TS EN 61646 Standardındaki ilave test

10.19	Light-soaking	Light exposure of 800 W / m ² to 1 000 W / m ² under resistive load until Pmax is stable within 2 %.
-------	---------------	--

5.3.4 Güvenlik testleri ve sınıflandırması

TS EN 61730-1/-2 standartlarına göre modüller 3 ayrı uygulama sınıfına ayrılırlar. Bu sınıfların tanımı ve sınıflar için yapılacak testler Çizelge 5.3’te belirtilmiştir.

Sınıf A: Genel erişim, tehlikeli gerilim, tehlikeli güç uygulamaları

Bu uygulama sınıfında kullanılmak üzere sınıflandırılmış modüller genel erişim beklenen yerlerde, 50 V DC'den veya 240 W'dan yüksek şartlarda çalışan sistemler için kullanılabilir. TS EN 61730-1 ve TS EN 61730-2'nin bu bölümündeki güvenlik gereksinimlerini karşılayan modüller "güvenlik sınıfı II" gereksinimlerini sağladığı kabul edilir.

Sınıf B: Sınırlı erişim, tehlikeli gerilim, tehlikeli güç uygulamaları

Bu uygulama sınıfında kullanılmak üzere sınıflandırılmış modüller; çitler, mekan vb. gibi etkenler ile halk erişiminden korunmalı sistemler için sınırlıdır. Bu uygulama sınıfı içinde değerlendirilen modüller temel yalıtım koruması sağlar ve "güvenlik sınıfı 0" için gereksinimlerini karşıladığı kabul edilir.

Sınıf C: Sınırlı gerilim, sınırlı güç uygulamaları

Bu uygulama sınıfında kullanılmak üzere sınıflandırılmış modüller genel erişim beklenen yerlerde, 50 V DC'den veya 240 W'dan düşük şartlarda çalışan sistemler için kullanılabilir. TS EN 61730-1 ve TS EN 61730-2'nin bu bölümündeki güvenlik gereksinimlerini karşılayan modüller "güvenlik sınıfı III" gereksinimlerini sağladığı kabul edilir. (Güvenlik sınıfları IEC 61140 içinde tanımlanır.)

Çizelge 5.3 : TS EN 61730-2 Güvenlik testleri

Uygulama sınıfı			Test
A	B	C	
			Preconditioning tests:
X	X	X	MST 51 Thermal cycling (T50 or T200)
X	X	X	MST 52 Humidity freeze (10HF)
X	X	X	MST 53 Damp heat (DH1000)
X	X	X	MST 54 UV resistance
			General inspection test:
X	X	X	MST 01 Visual inspection
			Electrical shock hazard tests:
X	X	-	MST 11 Accessibility test
X	X	-	MST 12 Cut susceptibility test
X	X	X	MST 13 Ground continuity test
X	X	-	MST 14 Impulse voltage test
X	X	-	MST 16 Dielectric withstand test
X	X	-	MST 17 Wet leakage current test
X	X	X	MST 42 Robustness of terminations test
			Fire hazard tests:
X	X	X	MST 21 Temperature test

Çizelge 5.3 devam : TS EN 61730-2 Güvenlik testleri

X	X	X	MST 22 Hot spot test
X**	-	-	MST 23 Fire test
X	X	-	MST 26 Reverse current overload test
			Mechanical stress tests:
X	-	X	MST 32 Module breakage test
X	X	X	MST 34 Mechanical load test
			Component tests:
X	-	-	MST 15 Partial discharge test
X	X	-	MST 33 Conduit bending
X	X	X	MST 44 Terminal box knockout test

X Gerekli testler
- Yapılması gerekmeyen testler
* Uygulama sınıfı A ve B için farklı test koşulları
** Bina çatılarında kullanılacak modüller için minimum C sınıfı yangın dayanımı gereklidir.

Çizelge 5.4 : TS EN 61730-1/-2 Ön koşullandırma tip testleri

Test no	Test	Standart referans	İlgili test	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 51	Thermal cycling (TC50 or TC200)		10.11	10.11
MST 52	Humidity freeze (HF10)		10.12	10.12
MST 53	Damp heat (DH1000)		10.13	10.13
MST 54	UV preconditioning test		10.10	10.10

Çizelge 5.5 : TS EN 61730-1/-2 Genel muayene tip testi

Test no	Test	Standart referans	İlgili test	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 01	Visual inspection		10.1	10.1

Çizelge 5.6 : TS EN 61730-1/-2 Elektrik çarpması tehlikesi tip testleri

Test no	Test	Standart referans	İlgili test	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 11	Accessibility test	ANSI/UL 1703		
MST 12	Cut susceptibility test (not required for glass surfaces)	ANSI/UL 1703		
MST 13	Ground continuity test (not required unless metal framed)	ANSI/UL 1703		
MST 14	Impulse voltage test	IEC 60664-1		
MST 16	Dielectric withstand test		10.3*	10.3*

Çizelge 5.6 devam : TS EN 61730-1/-2 Elektrik çarpması tehlikesi

MST 17	Wet leakage current test	10.15	10.20
MST 42	Robustness of terminations test	10.14	10.14
* The pass/fail criteria differ from those given in IEC 61215 and IEC 61646.			

Çizelge 5.7 : TS EN 61730-1/-2 Yangın tehlikesi tip testleri

Test no	Test	Standart referans	İlgili test	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 21	Temperature test	ANSI/UL 1703		
MST 22	Hot-spot test		10.9	10.9
MST 23	Fire test	ANSI/UL 790		
MST 25	Bypass diode thermal test		10.18	
MST 26	Reverse current overload test	ANSI/UL 1703		

Çizelge 5.8 : TS EN 61730-1/-2 Mekanik tip testleri

Test no	Test	Standart referans	İlgili test	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 32	Module breakage test	ANSI Z97.1		
MST 34	Mechanical load test		10.16	10.16

Çizelge 5.9 : TS EN 61730-1/-2 Bileşenler tip testleri

Test no	Test	Standart referans	İlgili test	
			IEC61215	IEC 61646
MST 15	Partial discharge test	IEC 60664-1		
MST 33	Conduit bending	ANSI/UL 514C		
MST 44	Terminal box knock out test	ANSI/UL 514C		

5.3.5 Üretilen her modüle yapılacak kontroller

PV modül üretici firma, üretmiş olduğu her güneş modülü için aşağıda Çizelge-5.10 ve Çizelge-5.11’de belirtilen testleri ilgili standarda göre yapması önerilir.

Çizelge 5.10 : TS EN 61215, TS EN 61646

10.1	Visual inspection	See detailed inspection list in Standard 10.1.2
10.2	Maximum power determination	See IEC 60904-1

Çizelge 5.11 : TS EN 61730-1/-2

MST 01	Visual inspection	See detailed inspection list in Standard 10.1.2
--------	-------------------	---

Üretilen güneş modüllerinde meydana gelebilecek olan mikro çatlakların belirlenmesi ve kalite kontrolünün yapılabilmesi için üretim bandında en az bir adet Elektroluminesan (EL) Test cihazı yada Laser ile muayene test cihazı bulundurulması önerilir ve her modülün Elektroluminesan (EL) / laser test sonuçları kayıt altına alınması sağlanmalıdır. Elektroluminesan (EL) görüntü kalitesi kullanılan ekipman ve PV modül tipine bağlı olduğundan görüntülerin keskin ve kaliteli olması için kurulumun (akım, poz süresi, diyafram) uygun şekilde olması gerekmektedir.

Aynı zamanda periyodik gözetimlerde üretim bandından rastgele numune seçilerek, aşağıda Çizelge 5.12’de belirtilen güvenlik testleri yaptırılarak sonuçların değerlendirilmesi üretim kalitesi açısından önemlidir.

PV modül üretici firma, her modülün Flash test raporlarının izlenebilmesi için kayıt altına alarak periyodik gözetimlerde Ürün belgelendirme kuruluşuna ürün kalitesini ispat etmek maksadıyla test raporlarını beyan etmesi belgelendirme süreci açısından uygun olacaktır.

Çizelge 5.12 : Periyodik gözetimlerde uygulanması gereken güvenlik testleri

Test no	Test	Standart referans	İlgili test
MST 26	Reverse current overload test	ANSI/UL 1703	
MST 13	Ground continuity test	ANSI/UL 1703	

5.3.6 Gözetim programı

Malzeme seçimi, bileşenleri ve üretim sürecindeki değişiklikler ürünün elektrik performans ve güvenilirliğini etkileyebilir. Bu yüzden herhangi bir değişiklik, ürünlerin yeniden test edilmesi sonrasında ilgili standardın gereklerini sağladığının belgelendirilmesi önemlidir. Bunun için değişiklikler ve tekrar yapılması gereken testleri belirten bilgiler TS EN 61215, TS EN 61646 ve TS EN 61730 için hazırlanmış IECCE Retesting Guideline (Product or Process Modifications Requiring Limited CBTL Retesting to Maintain Safety Certification) dokümanında verilmiştir.

Yeniden test programına katılım için gerekli numune sayısı, geçme/kalma kriterleri ilgili standartlarda (TS EN 61215, TS EN 61646 TS EN 61730-1/-2) yazıldığı üzere yapılır. PV modül üretici firma belgelendirildiği ürün üzerinde yapmış olduğu değişiklikleri Ürün belgelendirme kuruluşuna bildirmesi gerekir.

Değişikliklerin detaylı tanımı IECCE Retesting Guideline dokümanında yapılmıştır. Yıllık gözetim denetimlerinde fabrika ve hammadde kontrolleri yapılır ve başvuruda teslim alınan teknik dosya içerisindeki tüm evrakların güncelliği kontrol edilir. Gerek görüldüğü takdirde numune seçimi yapılarak bazı testler talep edilebilir. Ürün belgelendirme kuruluşu, gerek gördüğü takdirde fabrika gözetimi için belirlenmiş tarihler dışında denetimlerde bulunabilir ve testler yapabilir.

5.3.7 Üretim süreci şartları

PV modül üretici firmanın, TS EN ISO 9001 yada benzeri bir Kalite Yönetim Sistemine sahip olması avantaj sağlamaktadır. PV modül üretici firma, üretimde kullanılan cihazlara ait bakım planları uygulamasına özen göstermeli ve bakım planlarına ait kayıtları muhafaza etmeye dikkat etmelidir.

5.3.8 Üretim giriş kalite kontrolü

PV modül üretici firma, güneş modülü üretimi için temin etmiş olduğu malzemelerle ilgili girdi kontrollerini yapması ve bunları kayıt altına alması uygun olacaktır. Güneş modülü üretiminde kullanılan tüm parçalarla ilgili kalite kontrol formları oluşturulmalı ve tedarik edilen parçalar, belirlenmiş bir kalite planı çerçevesinde kontrol edilmelidir. Güneş modülü imal edilecek hammaddenin sertifika uygunluğunu kontrol etmelidir ve bununla ilgili kayıtları tutulması önerilir. Özellikle nihai ürün kalitesini birebir etkileyen, tedarik edilen her bir güneş hücresinin giriş kalite kontrolü yapılarak kayıt altına alınması önemlidir.

5.3.9 Belge verilmesi, paketleme ve işaretleme

Belge, bu belgelendirme programı ve ilgili standarta uygunlukların belirlenmesine ve üreticinin fabrika üretim kontrolü ve teknik belgelerin değerlendirilmesi sonucunda doğrulama ve değerlendirmelerin uygunluğu sonrasında verilir.

Belgeler; üreticinin adını ve adresini, PV modüllerin referans seri numarası ve model numaralarını, test standartlarını, sertifikaya özgü sertifika referans numarasını ve işlem tarih-numarasını içerir.

PV modül üretici firmanın, ürettiği güneş modüllerinin etiketleme ve markalamasını TS EN 61215, TS EN 61646, TS EN 61730-1/-2 standartlarında belirtildiği şekilde yapması önerilir.

Markalama aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- ✓ İsim, Üreticinin sembol/logosu
- ✓ Tip veya model numarası
- ✓ Seri numarası
- ✓ Uçların yada kurşunun polaritesi (renk kodlaması yapılabilir)
- ✓ Modülün uygun olduğu maksimum sistem gerilimi
- ✓ Standart test koşullarındaki (STC) maksimum güç çıkışının nominal ve minimum değerleri (Ürün tipine göre üretici tarafından belirtildiği gibi)
- ✓ Üretim yeri ve tarihi

İlave olarak belgelendirmenin tamamlanmasından sonra Ürün belgelendirme kuruluğu tarafından sağlanan logonun ilgili dokümanlara göre ürün üzerine işaretlemesinin yapılması sağlanmalıdır.

Nakliye sırasında ürünleri birbirlerine zarar vermemesini engellemek için tedbir alınmalıdır. Güneş modüllerinin birbirine temas etmeleri engellenmeli ve aralarına yeterli boşluk ve yalıtım malzemeleri konulması sağlanmalıdır. Modüllerin ambalajlaması yükleme-boşaltma ve sevk işlemi sırasında hasarlanmayacak biçimde yapılması önerilir.

5.4 Laboratuvar şartları

PV modül üretici firma, bu belgelendirme programı kapsamında yapılması gereken testleri kendi yada belirlediği bir laboratuvarda gerçekleştirmelidir. Bu laboratuvarın şartları TS EN ISO/IEC 17025 standardının en az aşağıdaki gereklerini karşılamalıdır.

- ✓ Laboratuvar koşulları ilgili deney standardında verilen şartları karşılamalıdır.
- ✓ Yapılan deneyler için kullanılan yöntemler ilgili standartlara uygun olarak hazırlanmış dokümanlar olmalı ve kullanıldığı yerde dokümanların güncel halleri bulunmalıdır.
- ✓ Deney cihazlarının kalibrasyonları belirlenmiş bir plan dâhilinde gerçekleştirilmeli ve kayıtları muhafaza edilmelidir. Kalibrasyon sonuçlarındaki sapmanın nihai ölçüm sonuçlarına etkisi dikkate alınmış olmalıdır.

- ✓ Deney cihazlarının bakımları belli bir plan dâhilinde yapılmalı ve kayıtları tutulmalıdır.

5.5 Personel şartları

PV modül üretici firma için, güneş modülü kalitesini doğrudan etkileyen üretim, kalite ve laboratuvar deney personelinin bu iş için gerekli yetkinliğe sahip olması tavsiye edilir. Personelin gerekli teorik ve pratik eğitimleri alması sağlanarak bunların kayıtlarını muhafaza edilmesi üretici için önemlidir.

5.6 Şikayet ve Düzeltici ve Önleyici Faaliyetler

PV modül üretici firma, belgelendirme kapsamındaki ürünlere ilişkin müşterilerinden gelen şikâyetleri kaydederek bu şikâyetlere ilişkin gerçekleştirdiği düzeltici ve önleyici faaliyetleri kayıt altına alması önerilir.

6. FOTOVOLTAİK MODÜL ÜRÜN BELGELENDİRME SÜRECİ UYGULAMASINDA TESPİT EDİLEN BULGULAR VE TARTIŞMALAR

6.1 Fotovoltaik Modüller İçin Ürün Standartları

Dünyada ve Türkiye’de fotovoltaik modüller için kabul edilmiş uluslar arası standartlar mevcuttur.

Bunların yanında her iki tip modül için geçerli olan bir güvenlik standardı mevcuttur. TS EN 61730 standardı iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm “TS EN 61730-1 Fotovoltaik (PV) modül güvenlik niteliği Bölüm 1 Yapım özellikleri” ve ikinci bölüm ise “TS EN 61730-2 Fotovoltaik (PV) modül güvenlik niteliği Bölüm 2 Deney özellikleri” standartlarıdır.

Fotovoltaik modüller doğrusal olmayan enerji kaynakları olup, hava şartları değiştiği anda sistemin çalışma performansı da değişmektedir. Fotovoltaik modüllerin akım ve gerilim değerleri; dolayısıyla güç çıktıları ve çalışma verimleri; ışınım şiddeti ve sıcaklık gibi mevsimsel parametrelerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle fotovoltaik modüllerin gerçek atmosferik koşullar altında göstermiş oldukları performanslarının bilinmesi önemlidir. Çalışma koşullarının simülasyonun yapılarak testlerin yukarıda belirtilen standartlara göre gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

6.2 TS EN 61215 ve TS EN 61646 Standartları ve Gereklilikleri

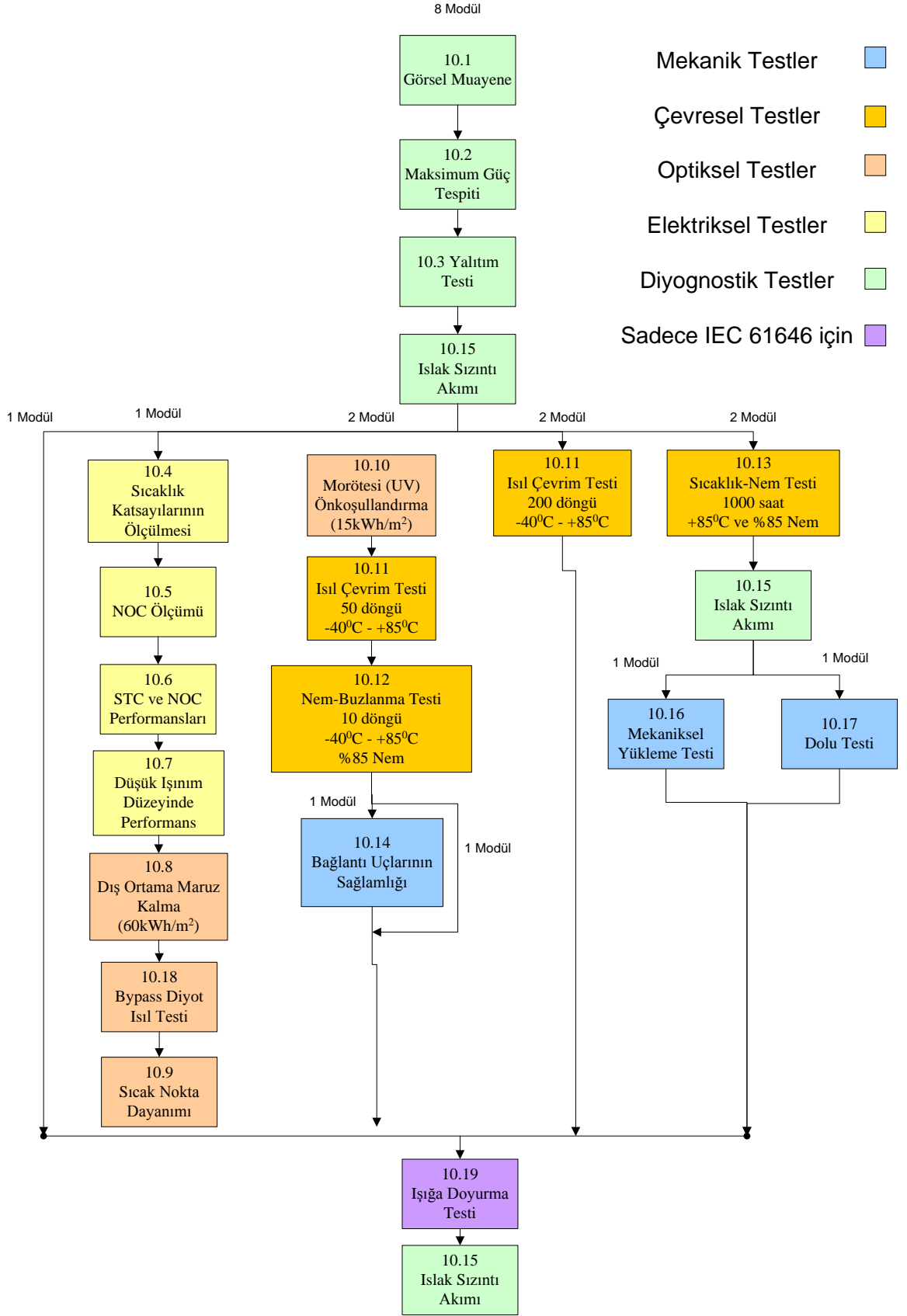
Fotovoltaik sektörünün son zamanlarda özellikle Avrupa ve Uzakdoğu’da olgunlaşmasıyla, satış sonrası aşamalar üreticiler için daha karmaşık hale gelmiştir. Müşteriler artık sadece ürünü direkt satın almak yerine, çeşitli test prosedürleri ve raporlama taleplerinde bulunarak, satın aldıkları ürünlerin daha güvenilir olduğunu üreticilerin kanıtlanmasını ve modüllerin performans garantilerini teminat altına almak istemektedirler. Endüstri kuruluşları ve çeşitli paydaşlar bu taleplere cevap vermeye çalışmaktadırlar. Yaptığımız araştırmalar neticesinde özellikle Avrupa’da birçok test laboratuvarı hızlandırılmış test programları sunduğu tespit edilmiştir.

Modül satın almak isteyen firma ve kuruluşlar bu aşamada International Electrochemical Commission (IEC) tarafından geliştirilen standartları şart koşarak kalite çitasını bir kademe daha artırmaktadırlar.

Kristal silikon fotovoltaik modüller (c-Si PV) için tasarlanmış TS EN 61215 standardı çeşitli test ve ölçümleri içermekle beraber, modüllerin uzun yıllar boyunca performans ve verim gereksinimlerinin sağlayıp sağlamadığının tespiti önemli olmaktadır. Örneğin bu standardda en son yapılan test ile standart test koşulları (STC) altında %90 maksimum çıkış gücünü garanti altına almaktadır. Standardda tasarım kriterlerine ek olarak yapılan bazı ilave testler şöyledir; elektriksel güvenlik testleri, çevresel dayanım testleri, performans testleri ve çeşitli gerilme testleridir.

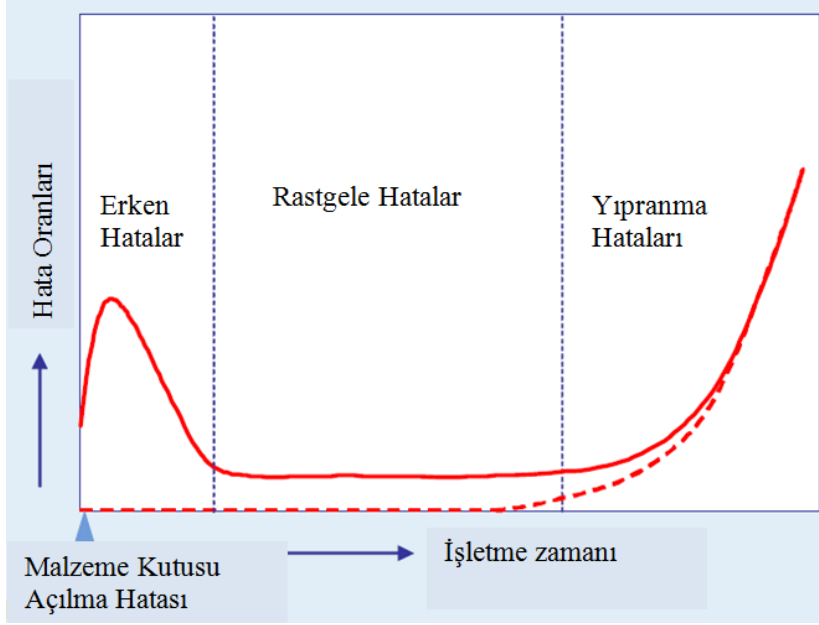
TS EN 61215 dış ortam ışığa maruz kalma testi içermesine rağmen, maruz kalma süresi metrekare başına 60 kWh ile sınırlıdır. 20-30 yıl dışarıda kalması düşünülen bir ürün için bu süre kısıtlı olmakla beraber bu oran sadece Almanya'nın güney bölgelerindeki 12 günlük ışınım değerine denk gelmektedir. Dış ortamda ışığa maruz kalma testi, diğer laboratuvar testlerinin açığa çıkaramayacağı bazı problemleri ortaya çıkarabileceğinden, aslında bu test; modüllerin uzun vadeli güvenilirliklerinin belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Uzun vadeli performans garantisini değerlendirebilmek için gerçek dış ortam verilerine ihtiyaç vardır. Diğer taraftan bir modülün 25 yıl verimli işletme süresi olduğunun belirlenebilmesi için 25 yıl beklemek makul değildir. Bu nedenle hızlandırılmış testlerin geliştirilmesi için daha çok farklı dış ortam şartlarının birleştirilmesi gerekmektedir.

Bu aşamada ilk adım, çeşitli saha hatalarının farklı fotovoltaik modüller için tespitinin yapılmasıdır. Şu ana kadar görülmüş hatalar şöyle sıralanabilir; Hasar görmüş bağlantılar, kırılmış hücreler, korozyon, delaminasyon ya da enkapsülantın özelliklerini yitirmesi, lehim hataları, kırılmış camlar, sıcak nokta hataları, topraklama hataları, bağlantı kutusu ve modül bağlantı hataları, yapısal hatalar bypass diyot hatalarıdır [56,57]. Bu hatalar 1980'lerden itibaren ticarileşmeye başlayan PV teknolojisiyle beraber test edilen hatalardır. Fakat bundan sonra meydana gelebilecek hatalar daha farklı düzeylerde olabilecektir. Çünkü kurulumdan sonra 25-30 yıllık ömrünü tamamlamaya yakın modüllerde daha farklı sorunlar ortaya çıkmaktadır [73-75]. TS EN 61215 ve TS EN 61646 standardlarında bulunan testlerin akış şeması ve özellikleri Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1 : TS EN 61215 ve TS EN 61646 Test zinciri

Yapılacak testlerin amacı, Şekil 6.2’de verildiği üzere, erken dönem hataların, rastgele hataların ve yıpranma hatalarının sebeplerini içerecek hızlandırılmış gerilmelerin bulunmasıdır [58]. Bu hızlandırılmış testler ile dayanımlarının tespiti için ne kadarlık bir kuvvet uygulanması gerektiği konusunda kabul edilebilir oranda bir saha verisi gerekmektedir.



Şekil 6.2 : Modül hata oranları ve işletme zamanı

Yapılan testlerin amacı PV modüllerin büyük oranının başarılı bir şekilde test programını tamamlamasıdır. Ancak çok sıkı hazırlanmış test prosedürleri sektörde onay almış PV modül sayısını azaltacak buda rekabeti engelleyecektir. Testlerin getirdiği faydaların başında; tasarım kriterlerinin sağlanarak erken ortaya çıkan modül hatalarının önüne geçilmesi gelmektedir.

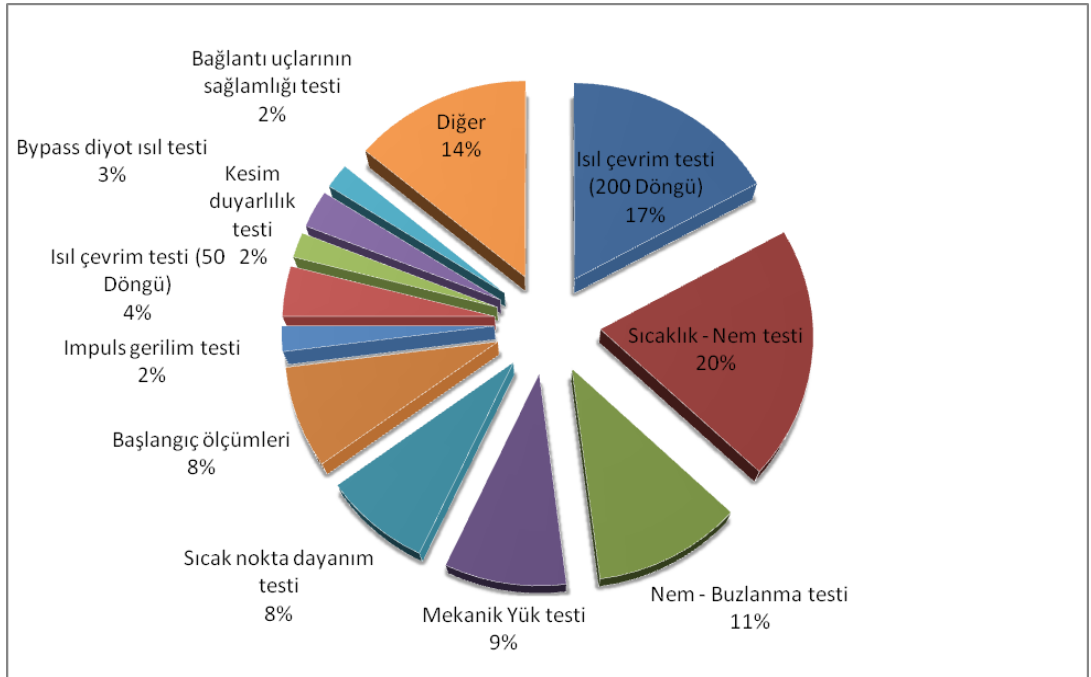
Erken ortaya çıkan hataların çoğu hasarlı hücrelerden kaynaklanmaktadır. Çünkü modüldeki bir tek hasarlı hücre modülün tüm çıkış gücünde kayıplara sebep olmaktadır.

Standar da ki testlerin başarılı bir şekilde tamamlanması belirli bazı gerekliliklerin sağlandığının göstergesidir;

- ✓ Test sürecini başarıyla tamamlamış modüllerin sahada hayatta kalma ihtimali daha yüksek ve başlangıç hata oranları daha düşüktür.
- ✓ Günümüzdeki çoğu ticari modül, aslında ürün kalitesindeki çok az bir artış ile testleri başarılı şekilde tamamlamaktadır.

- ✓ Sektörde birçok pazarda, IEC 61215 standardı pazara giriş için minimum gereklilik olarak bilinmektedir. Fakat bu testler, uzun vadeli yıpranma mekanizmalarından daha çok erken hataların belirlenmesi için tasarlanmıştır ve tüm iklim koşulları ve sistem konfigürasyonları için uygun değildir. Bu nedenle testler, uzun ve kısa ömürlü ürünler arasında tam olarak bir ayırım yapma özelliğine sahip değildir [50].

IEC testlerinin birincil hedefi aslında kısa vadeli güvenilirlik sorunlarını tespit edilmesidir. Testleri başarı ile tamamlayamayan modüllerdeki hata sebeplerinin dağılımları Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3 : Kristal silikon fotovoltaik modüller için IEC yeterlilik testi başarısızlık oranları 2007 – 2011 verileri [50].

IEC 61215 standardında toplamda 18 adet ve IEC 61646 standardında toplamda 19 adet test bulunmaktadır. IEC 61646 standardı içerisinde IEC 61215'e göre sadece bir tane ek test bulunmaktadır, buda 19 numaralı Işığa Doyurma (Light-Soaking) testidir.

Modülün performansı ve güvenilirliğine etkiyen bazı kritik testlerin kısa bilgileri şöyledir:

6.2.1 Sıcaklık-nem testi

Test koşulları: test süresi 1000 saat, sıcaklık 85°C ve nem % 85 RH'dir.

Modül kalitesinin belirlenmesi ve nemden korunma sağlanması için bir dayanım testidir. Bu test sonucu muhtemel hata sebepleri : işleme, kirlenme, malzeme özellikleri nedeniyle delaminasyon, arka folyoda yapışkanlık kaybı ve bağlantı noktalarındaki korozyondur.

6.2.2 Isıl çevrim testi

Test koşulları: 200 çevrim, -40°C ile +85°C aralığındadır.

Hücreler için bir direnç testidir. Farklı cam ısıl katsayıları, silisyum wafer ve bakır nedeniyle meydana gelebilir. Bu test sonucu muhtemel hata sebebi: Termomekanik gerilimdir.

6.2.3 Nem-buzlanma testi

Test koşulları: 10 döngü, sıcaklık -40 ° C ile +85°C aralığında ve nem % 85 RH'dir.

Farklı cam termal katsayıları, silisyum wafer ve bakır nedeniyle meydana gelebilir.

Bu test sonucu muhtemel hata sebepleri : Termomekanik gerilimdir.

6.2.4 Mekanik yük testi

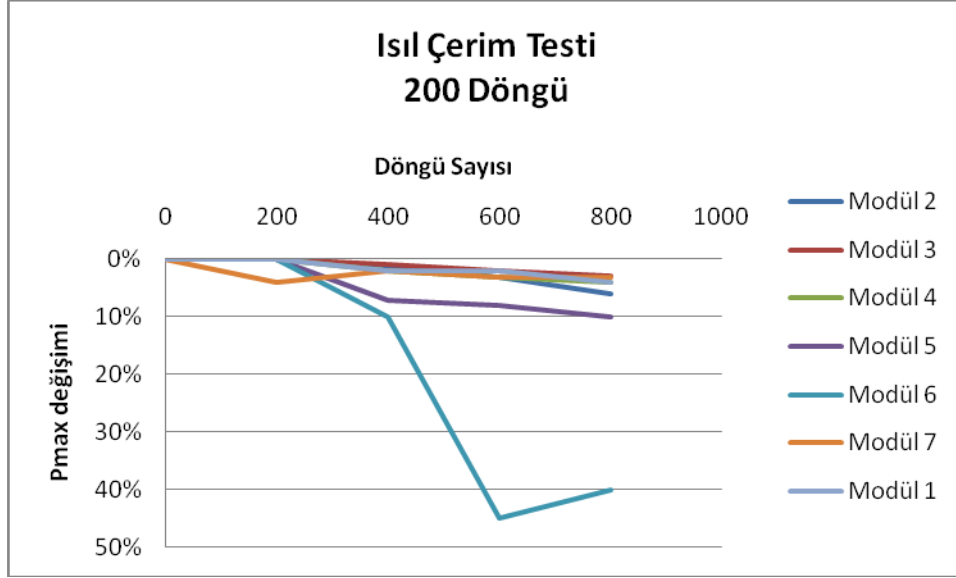
Test koşulları: Ön ve arka yüzeylere 1 saat boyunca uygulanan 2400 Pa düzgün ve sabit yüklerdir. Modüllerin mekanik (çerçeve, cam, laminasyon) kalitesini belirleyen bir stres testidir. Bu test sonucu muhtemel hata sebepleri : Yüksek rüzgar ve kar yüklerine karşı dayanım noksanlığıdır.

6.2.5 Sıcak nokta dayanımı testi

Modülün en az bir hücresinin gölgelenmesi sonucu oluşur. PV modül hücre kalitesinin tespiti için bir dayanım testidir. Bu test sonucu muhtemel hata sebepleri : Farklı hücre nitelikleri, wafer şöntleri, bölgesel kusurlar, lehim sorunları nedeniyle şöntlerin meydana gelmesi olabilir.

Laboratuvarda yapılan deneyler sonucunda Şekil 6.4'te görüldüğü gibi yedi adet PV modül, IEC 61215 içindeki 200 döngülük ısıl çevrim testine tabi tutulmuştur. 800 döngüden sonra hala üç modülün IEC 61215 gereksinimlerini sağladığı fakat

diğerlerinin 400 döngüden itibaren bozulmaya başladığı tespit edilmiştir. Standardaki 200 döngülük ısı çövrüm testi, modülün zayıflıklarını ortaya tam olarak koymadığı görüldüğünden çövrüm sayısının 400 adetden daha yükseğe artırılması önerilmektedir. Sonuç olarak; PV modüller için yapılan testlerden Sıcaklık-Nem testi için 2000 saat test süresi üzerine ve Isıl Çövrüm testi için 400 devir üzerinde çövrüm olmasının modüllerin ömür tayini için daha doğru olacağı tespit edilmiştir.



Şekil 6.4 : 200 döngü için ısı çövrüm testi sonuçları

Modül tasarımında bağlantı kutusu kısmı nem girişi için zayıf nokta olabilir. Çoğu arızalar modülün kurulumu ve kalite kontrol sorunları nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Daha öncede yapılan çalışmalara bakıldığında IEC standardında en sık rastlanan başarısızlıkları nedenleri şunlardır: lehim sorunları, kristal silikon için laminasyon sorunları ve yapıştırma malzemelerindeki problemlerdir.

6.3 TS EN 61730 Standardındaki Bazı Testler ve Gereklilikleri

6.3.1 Topraklama süreklilik testi

Modülün ışığa maruz kalan tüm iletken yüzeyleri arasında iletken bir yol olduğunu göstermek için ve dolayısıyla PV modülün yeterince topraklandığının tespiti için yapılan testtir. Işığa maruz kalan seçilen iletken parça ile modülün her bir diğer

parçası arasındaki direnç 0.1Ω (ohm)'dan az olmalıdır. Sahada kullanılan modüllerin güvenliklerinin sağlanması için önemli bir testtir.

6.3.2 Ters aşırı akım testi

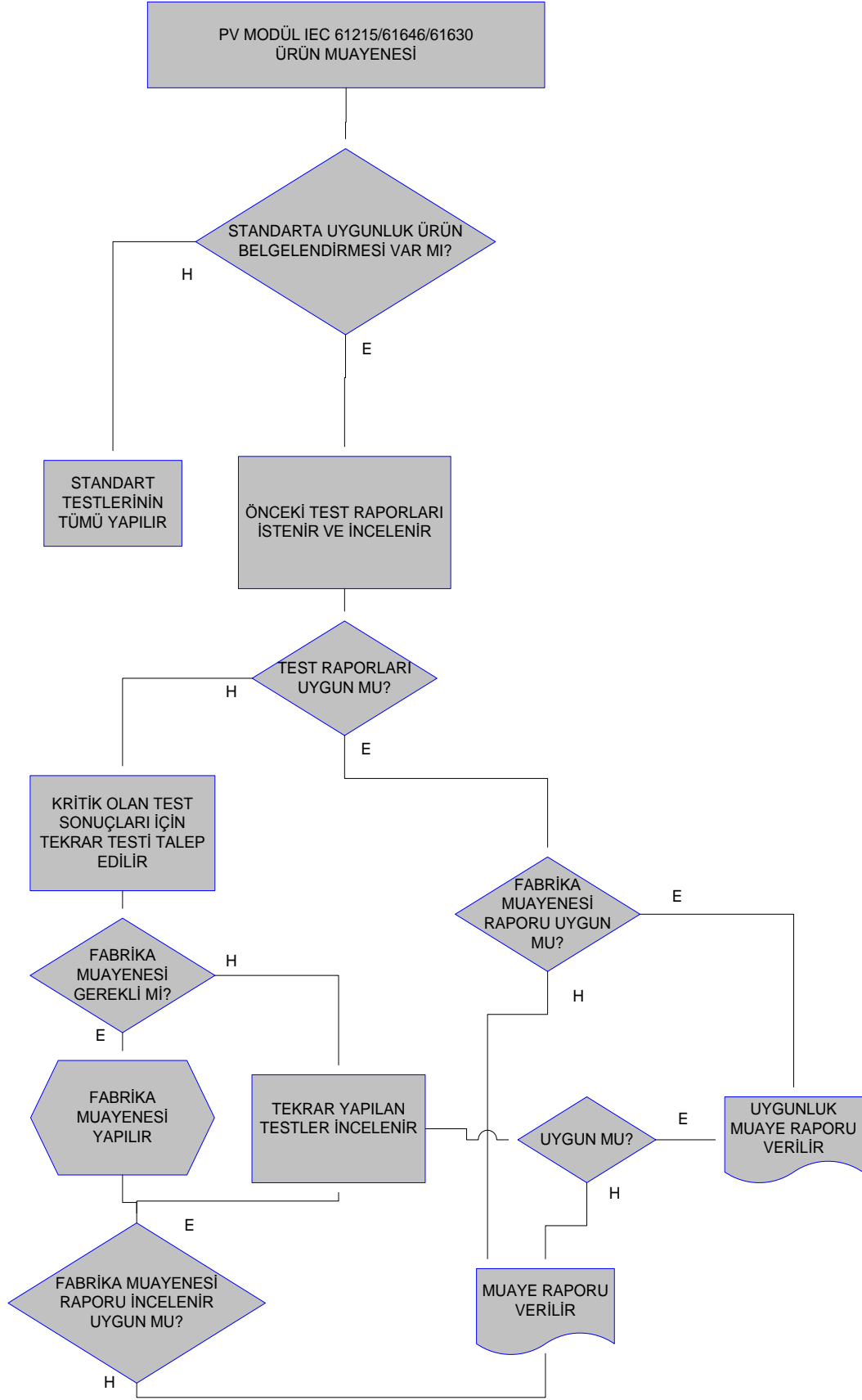
PV modüller izole edilmiş elektriksel bağlantılar içermektedir. Ters akım hata koşulları altında, aşırı akım koruyucusunun devreyi kesmesinden önce modülün sekme ve hücreleri enerjiyi ısı olarak yaymak zorunda kalır. Bu test, bu durumdan kaynaklanacak ateşleme veya yangın riskinin kabul edilebilirliğini belirlemek için tasarlanmıştır. Yukarıda belirtilen güvenlik testlerinin ikisi de; kurulum esnasında insan ve çevre güvenliğini etkileyen önemli unsurlardan olduğundan, üreticilerin PV modül üretim hattında bu testleri belirli periyotlarla gerçekleştirmeleri önerilmektedir.

6.4 Fotovoltaik Modül Ürün Muayenesi

Fotovoltaik modüllerin ürün belgesine sahip olmasının yanında aşağıdaki şemada görüldüğü üzere, ürün muayenesi yoluyla da kalitelerinin belirli modüller için tespit edilmesi sağlanabilir.

Bu durumda zaten var olan ürün belgesinin yanında sadece sahada kurulum yapılacak rastgele seçilmiş bazı modüller için kritik testler gerçekleştirilerek modül performans değerleri ölçülebilir. Böylece yatırım kararı alan firma ve kuruluşlar, yatırımlarını uzun vadede garanti altına alabilirler.

PV modüller için TS EN ISO/IEC 17020 Çeşitli tiplerdeki muayene kuruluşlarının işletimi için şartlar standardı çerçevesinde ürün uygunluk muayenesi için hazırlanan akış şeması Şekil 6.5'te verilmiştir. Özellikle büyük ölçekli fotovoltaik santral kurulumları için belgelendirilmiş modüller için belirlenen kritik testlerin tekrarlanması ve ürün uygunluğunun teyidi amacıyla muayenesinin yapılması önem arz ettiğinden önerilen bu sistem yatırımcıların kuracakları santrallerin verimliliği ve performansı açısından garanti sağlayıcı bir unsurdur.



Şekil 6.5 : Fotovoltaik modül akredite muayene sistemi akış şeması

6.5 Deney Laboratuvarı Kurulumu

Kurulan laboratuvar, Türkiye’de bu alanda kurulmuş ilk laboratuvar olmuştur. Yapılan toplantı ve seminerlerde üreticiler ve yatırımcılar, yerli laboratuvar ihtiyacına dikkat çekmiş ve önemini vurgulamışlardır. Laboratuvar kurulumu yaklaşık bir yıl sürmüş ve test cihazlarının kabul işlemleri yapılmıştır. Kurulan laboratuvarda TS EN 61215 ve TS EN 61646 standardındaki testlerin tümü yapılabilmektedir.

Laboratuvardaki testlerde kullanılmak üzere hazırlanan 19 adet deney için sıcaklık-nem deneyi, nem buzlanma deneyi, ısıl çevrim deneyi, görsel kusur tespiti deneyi vb. gibi test talimatları oluşturulmuştur. Oluşturulan talimatlardan nem buzlanma deneyi talimatı özeti, örnek olarak EK A.3’de verilmiştir. Diğer talimatlar TS EN 45011 tarafsızlık kriteri gereğince bu tez çalışması kapsamında verilmemiştir.

EK A.3’de talimatı verilen nem buzlanma deneyinde kullanılan test cihazı olan iklimlendirme kabininin özellikleri aşağıda ve görünümü Şekil 6.5’te verilmiştir.



Şekil 6.6 : Laboratuvarda kullanılan nem-buzlanma testi için iklimlendirme kabini

Deney şartlarını sağlayan asgari iklimlendirme kabini zellikleri:

- ✓ Nominal ve reel değerlerin grafik tasviri, çalışma süresi, kalan döngüler, değerler ve programlama için rahat giriş sağlayan dokunmatik panel,
- ✓ 1000 döngü için toplam 100 kadar farklı program için programlanabilir hafıza,
- ✓ Yanlış girişleri engellemek için iki aşamalı şifre koruması,
- ✓ Sıcaklık ve nem için entegre sınır değeri izleme sistemi,
- ✓ Su soğutmalı yoğuşturucu,
- ✓ Sıcaklık aralığı -60°C ve +180°C arası,
- ✓ Nem aralığı %10 RH ve %95 RH arası,
- ✓ G zellikleri : 380 V - 50 Hz,
- ✓ Makine kabin ömrünün artması için özel paslanmaz elik kullanımı,
- ✓ Toplam kabin test hacmi 3100 litre,
- ✓ Maksimum PV modül yüksekliği kapasitesi 2 metre,
- ✓ TS EN 61215 ve TS EN 61646 standardlarında belirtilen sıcaklık ve nem değerlerine uygunluk,
- ✓ USB ve Ethernet bağlantısı,
- ✓ Sıcaklık ve nem sensörlerinin otomatik kalibrasyon özelliği,
- ✓ Kendini otomatik temizleyen nem sensörü.

6.5.1 Kurulan deney laboratuvarının TS EN ISO/IEC 17025 standardına göre denetlenmesi

rn belgelendirme kuruluşları, yapılması gereken testleri gerçekleştirebilmek için TS EN 45011 standardına göre onaylı laboratuvarlar kullanmalıdırlar. Bir laboratuvarın onaylı laboratuvar listesinde yer alabilmesi için test laboratuvarları akreditasyon gerekliliği olan TS EN ISO/IEC 17025 standardına göre faaliyetlerini devam ettirmesi önerilmektedir. Bu kapsamda ürün belgelendirme kuruluşu, test laboratuvarını TS EN ISO/IEC 17025 standardı gereklerine göre denetleyerek bir rapor düzenlemiş ve sonuç değerlendirmesi yapılmıştır. Tespit edilen bazı noktalar için standardın tanımında yer almayan fakat Türkiye şartları için uygulanabilecek düzenlemeler talep edilmiş ve bu iyileştirmelerin ardından laboratuvar onaylı laboratuvar listesine alınmıştır.

6.6 Üretim Yeri İnceleme ve Değerlendirme Sonuçları İçin Örnek Belgelendirme Süreci

Örnek bir ürün belgelendirme çalışması kapsamında Türkiye’de üretim yapan bir PV modül üreticisinden belgelendirme müracaatı alınmış ve sertifikalandırma süreci başlamıştır. Ürün belgelendirme sistemi çerçevesinde üretim yeri incelemesi gerçekleştirilerek elde edilen bazı sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- a) Üretici firmanın ölçü ve test cihazları envanterini içeren bir listesi bulunmadığı,
- b) Üretim hattında kalibrasyonu gerekli olan cihaz ve ölçü aletlerine ait bir kalibrasyon planının mevcut olmadığı,
- c) Cihazların periyodik bakım planlarının hazırlanmadığı,
- d) Üretim hattında kullanılan Elektroluminesan test cihazı için sonuç değerlendirme ölçütlerinin belirlenmediği,

tespit edilmiştir. İyileştirmeye açık olan benzeri alanlar, üretici firma tarafından tamamlanmış ve yapılan ikinci fabrika gözetiminde hazırlanan ürün belgelendirme programına uygun hale getirilmiştir.

6.7 Fotovoltaik Modüllerde Güvenilirlik ve Dayanıklılık

Enerji üretimi maksimize etmek ve arıza sürelerini en aza indirmek, fotovoltaik sistemler için yapılan yatırımın getirisinin artması ve dolayısıyla yatırımcılara ve tüketicilere cazip hale gelmesini sağlamaktadır. Modüllerin dayanıklılığını artırmak yani verim azaltıcı kayıplarını en aza indirmek, enerji üretimini ve güvenilirliğini artırarak, arıza sürelerini minimuma indirerek çalışma sürelerini maksimum seviyeye yükseltir.

PV modüller için birincil dayanıklılık ölçüsü; performanstaki yıllık bozulma ve verim azalması oranıdır. Güvenilirlik için ise birincil ölçü, standarddaki testlerin başarısızlık oranlarıdır. Hızlandırılmış testlerin amacı; ürünlerin güvenilirlik ve dayanıklılıklarını, hata ve bozulma oranlarını belirleyebilmek için kısa sürede gerçek saha şartlarını simüle ederek sonuca varmaktır.

Dünya’da büyük çaplı güneş santrali kurulum yatırımlarının %80’den fazlasının kredi ile yapıldığı düşünülürken, çıkış gücündeki %1’lik artış, geri ödeme süresinde %10’luk oranda iyileştirme sağlamaktadır. Performans oranındaki (PR) % 80’den % 65’e beklenmedik bir düşüş, projenin geri dönüş sürelerini beklenmedik bir şekilde çok uzatacaktır. Sektörün temel hedefi; performans oranının %80 düzeyinin üzerinde tutarak, uzun dönem risklerini azaltmak olmalıdır. Bu durumda; kurulum ve dolayısıyla başlangıç sermaye harcaması azalır, elektrik maliyetleri düşer, yatırımcılar için geri ödeme oranlarını artar, uzun vadeli finansal riskler azalır ve böylece finansal destekler artacak ve sigorta primleri azalacaktır.

PV modüller için güvenilirlik tanımı birçok farklı açıdan yapılabilir. Güvenilir bir PV modül, tasarlanan fonksiyonunu, işletme koşulları altında 30 yıl boyunca devam ettirebilme yeteneğine sahip olmalıdır. Basit şekilde anlatmak gerekirse, PV modülün çevre şartlarında 30 yıl boyunca %30’dan fazla güç düşüşü yaşanmaması durumudur. Çevre şartları PV modülün belirtilen periyot boyunca karşılaşılabileceği tüm koşullardır.

PV modüller, performans oranındaki azalmayı da içeren herhangi bir hata sebebiyle garanti süresinin bitiminden önce bulunduğu alandan kaldırılır veya değiştirilirse, bu tür hatalar ciddi hatalar olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, garanti iadeleri için geçerli tüm hatalar güvenilirlik hatalarıdır.

PV modüller performans düşmesine rağmen yine de garanti gereksinimlerini karşılarsa, bu tür kayıplar küçük kayıplar veya bozulma kayıpları olarak sınıflandırılabilir.

Modülün ömrünün sonuna doğru, performans oranındaki (PR) bozulma mekanizmaları gelişebilir ve aşınma oranları hızlanarak, bozulmadan dolayı arızalara yol açabilir.

Sonuç olarak, dayanıklılık hataları garanti şartlarını sağlayan fakat performansta azalmaya yol açan bozulma hataları, güvenilirlik hataları ise garanti şartlarını sağlamayan yıpranma hataları olarak değerlendirilir.

Bozulma oranı % 4 / yıl gibi yüksek bir orana kadar çıkabilir ama ortalama bozulma oranları sadece % 0,5 / yıl - % 0,8 / yıldır. Literatürde hata oranları modülün saha da kalma süresine bağlı olarak genellikle yılda % 0,005 ile % 0,1 arasında değişmektedir. İnvörtör hataları nedeniyle geçici bir enerji üretim kaybı daha az olacaktır. Çünkü ömrü boyunca sürekli enerji ürettiğinden dolayı PV modüllerin daha yüksek bozulma oranları vardır [51].

Birçok PV modül üreticisi şu anda 20-25 yıllık performans garantisi vermekle beraber son yıllarda 30 yıla yaklaşan garantilerde ortaya çıkmaya başlamaktadır. Garantiler genellikle ilk 10 yıl %90 performans garantisi ve geri kalan 10-15 yıllık dönem içinde %80 performans garantisini kapsamaktadır. Bir modül garantisi sadece değiştirme masraflarının bir kısmını kapsar ve bunun arkasında üreticisi olduğu sürece devam edebilir. Bu yüzden, yatırımcılar gün geçtikçe IEC testlerine ek olarak, kanıtlanabilir uzun vadeli güvenilirlik ve performans testleri talep etmektedirler. Tasarım kusurları, malzeme veya işleme konulardan kaynaklanan erken arızalar başlangıçtan itibaren ilk birkaç yıllık hizmet sırasında sık sık görülmektedir. Kristal silikon PV modüller için IEC 61215 ve ince filmler için IEC 61646 gerekli tasarım yeterlilik ve onay testleri, nispeten kısa vadeli olan bu erken oluşan sorunları keşfetmek içindir.

Bu yeterlilik testleri gerekli olmakla birlikte genellikle uzun süreli dayanıklılık ve güvenilirlik ölçülerini öngöremeyen bir yapı olarak tespit edilmiştir. UL 1703/IEC 61730 gibi güvenlik testleri, sadece yeni modüller üzerinde yapılan ve uzun vadeli test şartlarına tabi tutulma sonrasında güvenlik performansı hakkında çok az bilgi veren testlerdir.

Bu tez kapsamında, IEC 61215 ve IEC 61646 testlerine yönelik tespit edilen eksikler ve önemli noktalar şunlardır:

- ✓ Hiçbir modül tüm testlerden tek seferde geçmez.
- ✓ Sıcaklık ve nem gibi bazı test parametreleri gerçek iklim koşullarına göre daha düşük ve gerçeği tam olarak yansıtamamaktadır.
- ✓ Dış ortam testi hariç hiçbir test tam güneş radyasyonu altında gerçekleşmemektedir.
- ✓ İklimlendirme odasındaki testler, doğadaki güneş ışınları, sıcaklık ve nem koşulları gibi gerçek şartları birleştiren bir özelliğe sahip değildir.
- ✓ Kısa test süreleri ve düşük çevrim sayıları mevcuttur.

- ✓ PV modüllerin testi normal ışık altında ve elektrik yükü altında gerçekleşmeyip, çoğu ışımaya testi karanlıkta gerçekleşmektedir.

Sonuç olarak, IEC yeterlilik testleri tasarım, malzeme ve işleme kusurları hatalarından kaynaklanan kısa vadeli erken hatalara odaklanmıştır. Bu yüzden herhangi bir uzun dönemli ömür ya da iklime özgü performans garantisi anlamına gelmez fakat kalitesiz ürünleri ayırt etmek için bir yöntem olarak hizmet etmektedir. Bir yeterlilik testinin ticari açıdan kabul edilebilir olması için, çoğu modülün başarılı olacak şekilde tasarlanmış olması gereklidir. Bu testler, bazı potansiyel başarısızlık sebeplerini bulmakta yararlı iken, doğal hava koşullarının birleşimini yansıtamamaktadır [50].

6.7.1 Gerilme seviyesi ve süre sınırları : Sıcaklık

Isıl çevrim testi, tekrarlayan sıcaklık değişimleri nedeniyle ortaya çıkan ısıl uyumsuzluğu, yorgunluk ve diğer etkilere dayanım yeteneğini belirlemek için PV modüller üzerinde yapılan büyük bir dayanım testidir.

Sıcaklığa bağlı gerilme seviyesi ve süresi üç şekilde artırılabilir; Isıl döngü test süresi saatte en az 100°C olacak şekilde standart çevrim oranında sadece döngü sayısı artırılabilir, ısıl döngü testi sırasında döngü oranı artırılarak gerilme frekansı artırılabilir ya da sıcaklık aralığının genişletilmesi ile artırılabilir.

Düşük döngü oranı: Hava durumlarının modellenmesi ile gerçek saha verilerinin dış ortam ışığına göre karşılaştırması yapıldığında, 200 ısıl döngü (85°C ve -40°C arası) yaklaşık 10 ila 11 yıl arasına karşılık gelmektedir. Bu da göstermektedir ki, 20 yıllık bir verimli çalışma süresi için ilave ısıl çevrimlere ihtiyaç vardır. Çevrim başına lineer bir verim düşümü olduğu varsayıldığında, eğer 200 döngü 10 yıla karşılık geliyorsa, 25 yıllık bir ömür tayini için yaklaşık 500 döngü olması gerekmektedir.

Tez kapsamında yapılan deneyler sonucu bulgular, ısıl çevrim testi esnasında döngü sayısı arttıkça güç çıkışındaki azalmanın lineer olduğunu göstermektedir. Bu yüzden verimli işletme ömrünü tespit etmek amacıyla gerekli olan döngü sayısının belirlenmesi için yıllık % 0,5 - % 2,4 arası bir lineer bozulma olduğu düşünülebilir.

Yüksek döngü oranı: Döngü süresini kısaltabilmek için yapılan çalışmalarda 400°C/saat'lik döngü oranı kullanılarak hızlandırılmış bir ısıl çevrim denenmiştir. Çalışma sonucu, 500 döngü sonunda %37'lik bir güç kaybı ve lehim bağlantılarında hasar görülmüştür. 500 döngü boyunca modülün oda koşullarında gerilimsel olarak rahatlaması için üç kez ara verilmesine rağmen sadece bir numunenin normal döngü ile aynı sonuçları verdiği görülmüştür. Gerçekleşen lehim bağlantı hatalarının sebebi PV modülün ömrü sebebiyle olmayıp, yüksek sıcaklık döngü oranı nedeniyle ısıl şok etkisi oluşturduğu içindir. Bu yüzden hızlandırılmış ısıl çevrim testi modülün analizini yapmak için güzel bir yöntem olmasına rağmen, ömür testi için uygun görünmemektedir. Farklı ısıl döngü oranları ile daha fazla sayıda numune ile deneme yapılarak daha makul yöntemler bulunması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak; 500 ve 800 arasında genişletilmiş ısıl çevrim testi en az 100 ° C / saatlik bir oranla 85 ° C ila -40 ° C arasında uygulandığında PV modüllerin 20 yıllık ömür tahmini için yeterli olmaktadır.

6.7.2 UV (Ultraviyole) testi sınırları:

20-25 yıllık bir ömre karşılık gelen hızlandırılmış UV testi için, şu anki test prosedürüne göre UV test metodu çok daha fazla artırılmalıdır. Araştırmalar göstermektedir ki; UV test süresi 6-7 aya uzatılarak ve UV ışınma oranı doğal güneş ışığının yaklaşık 2.5 katına çıkarılarak ideal test şartları sağlanabilir. UV testindeki 60°C-90°C arasındaki sıcaklık limiti ve 0-60% RH oranındaki nem miktarı, enkapsülant filminin kararması ve / veya delaminasyona etkisi konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

6.7.3 Nem buzlanma testi sınırları

Yapılan çalışmalar sonucu, bu testin amacının ömür tayini olmadığından, nem buzlanma testindeki mevcut 10 döngünün, zayıf yerlerin tespiti için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

6.7.4 Voltaj gerilim sınırları

Uygulanan voltaj değeri ile kaçak akımın doğrusal olarak arttığı ve özellikle %60'ın üstündeki nem değerlerinde hızlı bir artış olduğu görülmüştür. Cam yüzey üzerindeki yüksek nem oranı daha çok sabah erken saatlerde ve yağmur fırtınalarından sonraki çalışma koşullarında gerçekleşir. Bu yüzden çeşitli ara yüzler için gerilim

dağılımının orantılı artışının sağlanması amacıyla daha yüksek nemde (>% 60 RH) hızlandırılmış Potansiyel Kaynaklı Bozulma (Potential Induced Degradation - PID) testlerini gerçekleştirmek önemli olabilir.

6.7.5 Verimli işletme süresi için testlerin öncelikleri

Özellikle 10 ile 30 yıl arasında hala çalışmakta olan fotovoltaik güneş santrallerinden alınan iklim koşullarına bağlı hata bilgilerinden bir veritabanı oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Oluşturulan bu veri tabanına göre; her iklim koşuluna özel olarak belirlenmiş testler ortaya çıkarılmalıdır. Hızlandırılmış bu testler, bağımsız test laboratuvarları tarafından yapılan yeterlilik testleri gibi, iklimlere özgü şartlar altında piyasadaki mevcut PV modüllere uygulanmalıdır.

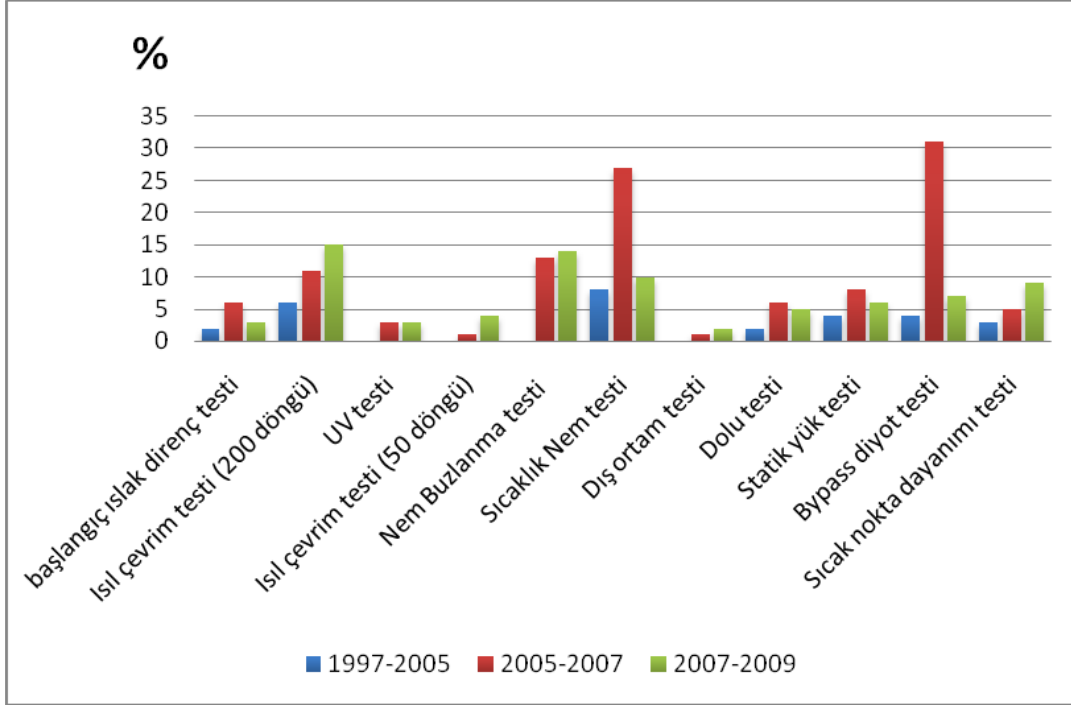
Şimdiye kadar oluşturulan PV modül performansı ile ilgili test ve standartlar daha çok Avrupa bölgesine hitap ettiğinden o bölgelerin iklim koşullarına göre tasarlanmıştır. Özellikle Türkiye gibi iklim koşullarının daha sert, günlük ve mevsimlik sıcaklık farklarının daha fazla ve nem oranlarının yüksek olduğu bölgelerde daha farklı test prosedürleri belirlenmeli veya ilave testler gerçekleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Örneğin Almanya'da bölgesel olarak kar ve rüzgar yükleri için oluşturulmuş DIN 1055-4 ve DIN 1055-5 standartları mevcuttur.

Almanya örneğine benzer şekilde; kar ve rüzgar yükleri yüksek olan Doğu Anadolu Bölgesi için standardda ki mekanik yük testi kuvvet oranları artırılabilir.

İstatistiki verilere dayanarak elde edilen verilere göre; 1997-2005, 2005-2007 ve 2007-2009 dönemlerinde, sırasıyla yaklaşık 1.200 (% 87 c-Si), 1.000 (% 93 c-Si) ve 1.470 (% 83 c-Si) PV modülleri yeterlilik sertifikasyonu için test edildiğinde Şekil 6.6'da ki grafik elde edilmiştir.

Son iki dönemde, sırasıyla bunların % 52 ve % 39'u test laboratuvarına yeni olan üreticilerden oluşmaktadır. Kristal silikon modüllerin yaklaşık % 3'ü, kutusu açılır açılmaz ıslak direnç testinde başarısız olduğu görülmektedir. Halbuki modül üreticileri eğer üretim hattında ıslak direnç testini uygulamış olsalardı, bu hatadan kolayca kaçınılabilirdi.



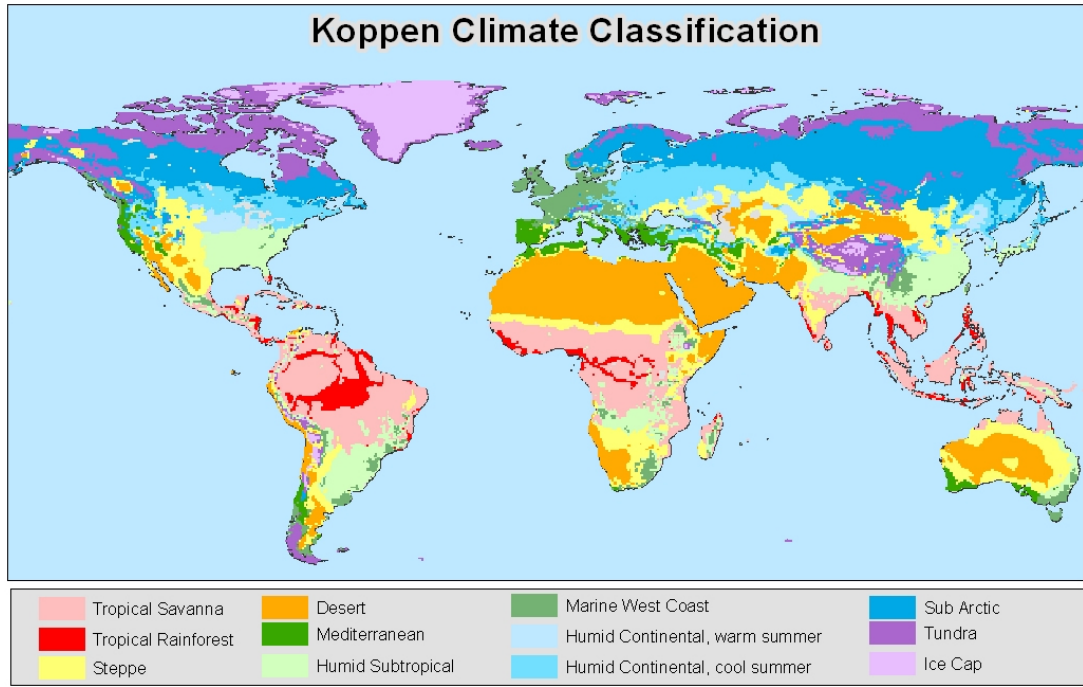
Şekil 6.7 : 1997-2005, 2005-2007 ve 2007-2009 yılları için kristal silikon modüllerin başarısızlık oranı karşılaştırması

2005-2007 yılları arasında yeni üreticilerin piyasaya girdiği dönemlerde, görüldüğü üzere sıcaklık-nem ve bypass diyot testlerindeki başarısızlık oranları yüksektir. Yani üreticiler daha az dayanıklı modüller üretmeye başlamışlarken, 2007'den sonraki dönemlerde ürünlerini test laboratuvarlarına gönderen müşteri sayılarındaki artış ile daha kaliteli ürünler ortaya çıkmaya başlamıştır [52].

6.8 Önerilen Alternatif Test Yöntemi ve Prosedürleri

Hâlihazırda kullanılan test yöntemlerinin yetersizliğinden bahsedilmesinden sonra, yeterli koşulları sağlayan yeni test metotlarının ve prosedürlerinin önerilmesine ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Doğa, sahada kurulu olan PV modül üzerine etkideği hava ve iklim şartlarını değiştirmez. Bu yüzden önerilen yöntem, günlük kısa vadeli ve mevsimsel döngülerdeki gerçek doğa koşullarını modelleyebilen çeşitli iklim koşullarını içeren bir yöntemdir. Önerilen yöntem, belirli PV teknolojisi veya modül tasarım ve malzeme yapısından oldukça bağımsızdır. Yapılan araştırmalar ışığında, elde edilen veri ve tecrübelerle dayanarak, PV modüller için üç tip iklim en zararlı olarak belirlenmiştir. Bunlar: sıcak-kurak çöl iklimi, sıcak-nemli tropikal iklim ve ılıman soğuk/çözülme iklimidir [53].



Şekil 6.8 : Koppen iklim sınıflandırması

Şekil 6.7'de belirtilen Koppen iklim sınıflandırmasına göre, Dünya üzerinde bulunan çeşitli iklim koşulları haritada görölmektedir. Türkiye sıcak-nemli ve akdeniz iklimlerinin yoğun olduğu bir bölgede bulunmaktadır.

Örneğin Güneybatı Amerika ya da Ortadoğu gibi çöl iklimine sahip yerlerde kullanılmak üzere tasarlanmış modüller için, bu özel iklim simülasyonlarından bir veya daha fazlası isteğe bağlı olarak test edilebilir. Ancak global bütünleşik olarak bu üç iklim koşullarının sınır şartlarını içeren ortak bir iklim modeli geliştirilmiştir. Üç iklim için ayrı ayrı test imkanı olmakla beraber bu metod için ortak iklim modeli kullanılmaktadır.

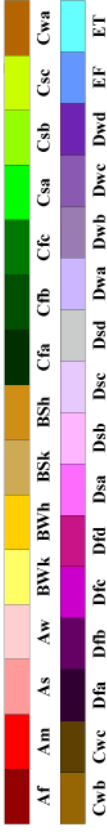
Oluşturulan bu bütünleşik yaklaşım, Köppen-Geiger iklim sınıflandırması haritasında gösterildiği gibi dünya genelinde kullanılabilecek ürünler için geçerlidir. Ortalama iklim verileri, test döngü parametrelerini belirleyebilmek için yüksek ve düşük sınır koşulları dikkate alınarak elde edilmiştir.

Bu metot; test edilen zaman, gerekli gerilme ve test parametrelerinin arasında bir denge sağlayabilmek için uzun modül ömrü ve güvenilirlik tanımları için tasarlanmıştır. Test yöntemine göre testler 12 ay kadar sürebilmektedir. Kısaltılmış hızlı yöntem ile 6 aya kadar düşebilmektedir. Kısaltılmış hızlı yöntem geleceğe yönelik modül performansında daha çok, öncelikle modül tasarım ve malzeme yapısına yönelik bir göstergedir. Kısa test programında en az üç modül teste tabi tutulur. Bunlardan ikisi farklı iklim koşullarına sahip örneğin Türkiye için Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde gerçek iklim koşulları altında iki eksenli güneş takip sistemi üzerinde test yapılırken, diğerinin tüm ömür testlerinden geçirilmesi önerilir.

Uzun test programında ise iki ek modül dış ortam testine maruz bırakılır. Bir tanesi kıyı sahili ve bir tanesi karlı iklime sahip bölgelerdedir. Böylece toplam dört adet farklı iklim koşulları modellenmiş olur. Bu metotlar, gerçek işletme koşulları olan güneş altında ve maksimum güç noktasında direnç yükü altında canlı olarak test edilirler. Böylece elektrokimyasal korozyon, hücredeki sıcak noktaların tespiti, bypass diyot hataları için önemli oranda dayanım elde edilir. Modüller, iki eksenli takip sistemindeki dış ortam testlerinde kurak ve nemli iki ekstrem iklim koşulunun yanında, yağmur, kar ve toz gibi doğal şartlarda oluşabilecek durumlara da maruz kalmaktadır.

World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASCLimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



Main climates

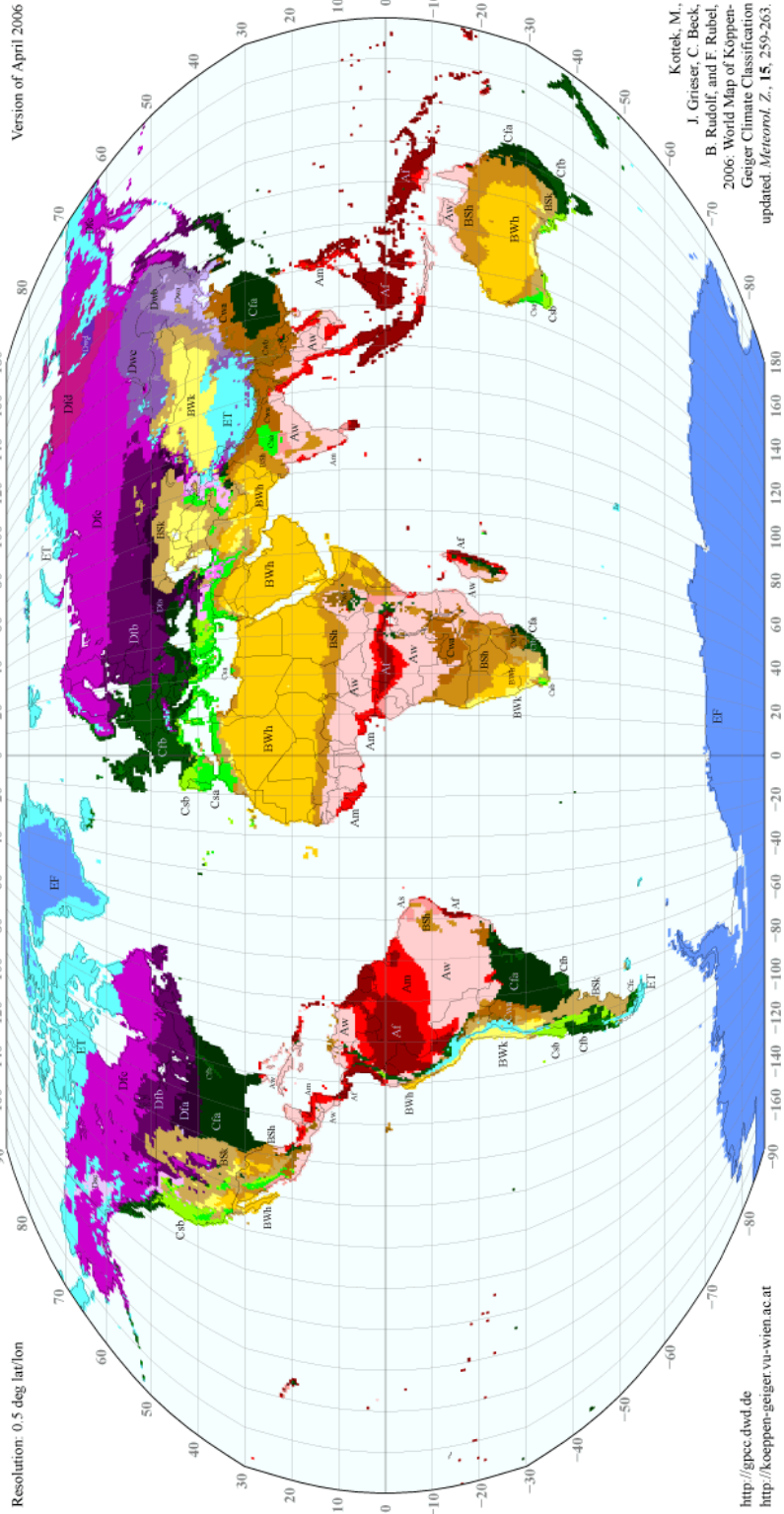
- A: equatorial
- B: arid
- C: warm temperate
- D: snow
- E: polar

Precipitation

- W: desert
- S: steppe
- f: fully humid
- s: summer dry
- w: winter dry
- m: monsoonal

Temperature

- h: hot arid
- k: cold arid
- a: hot summer
- b: warm summer
- c: cool summer
- d: extremely continental
- F: polar frost
- T: polar tundra

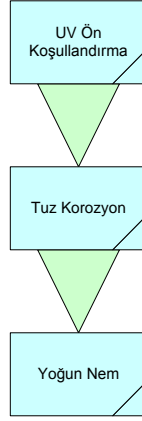


<http://ipcc.dwd.de>
<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>

Kotték, M.,
J. Grieser, C. Beck,
B. Rudolf, and F. Rubel,
2006: World Map of Köppen-
Geiger Climate Classification
updated. *Meteorol. Z.*, 15, 259-263.

Şekil 6.9 : Köppen detaylı iklim sınıflandırması

Uzun test programında iki ek modül, kıyı ya da yüksek rakım koşullarında spesifik bozulma veya arıza durumlarının önemli göstergesi olmaktadır. Kısa test programındaki üçüncü modül ilk on hafta boyunca Şekil 6.9'da ki birkaç test dizisinden geçer.



Şekil 6.10 : Kısa test programındaki bazı testler

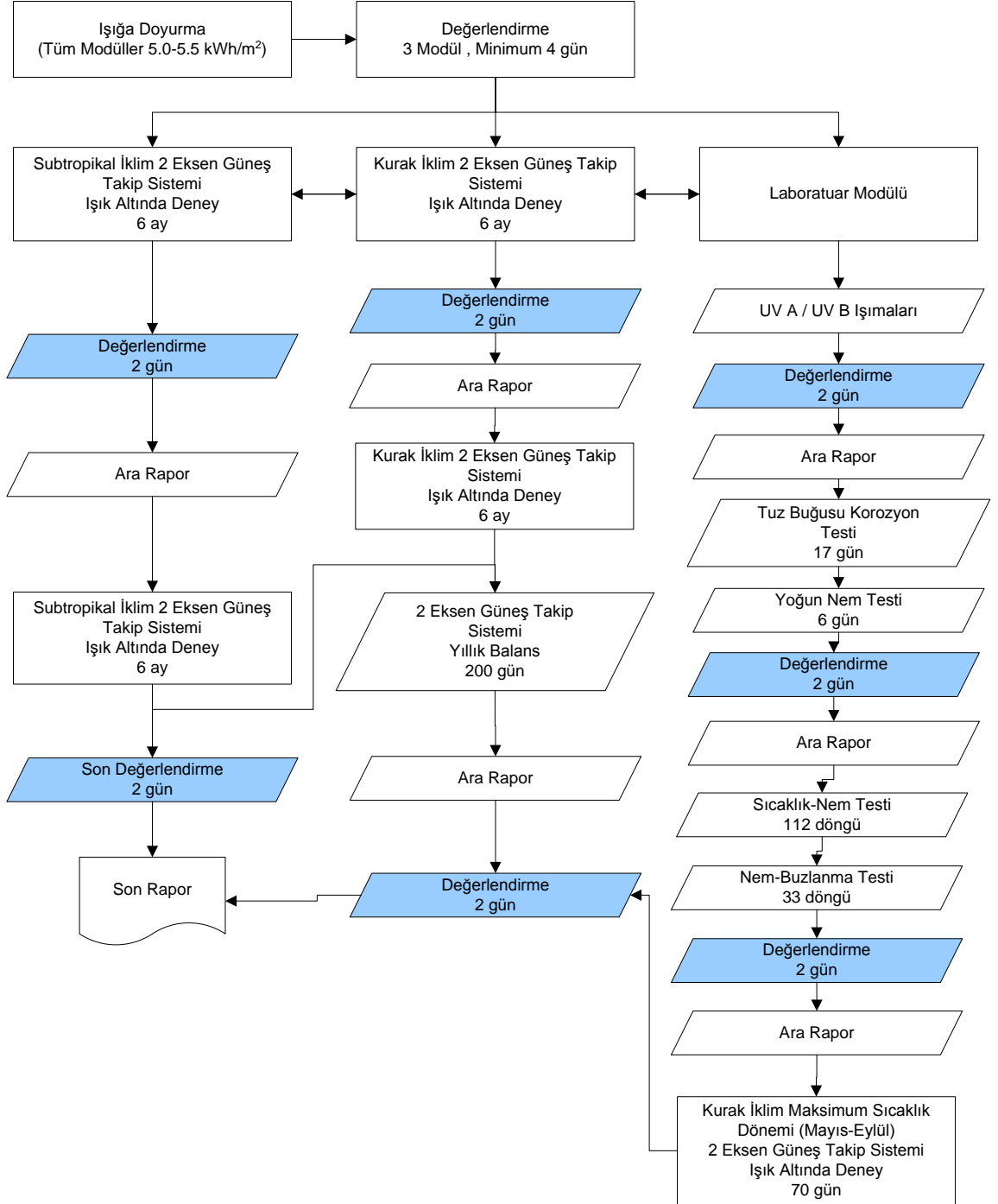
UV-A ve UV-B morötesi ışığa maruziyet ile başlanarak, fotodegradasyon işlemleri için gerekli UV başlangıç dozu oluşturulur. Bu test, özellikle polimerik malzemeler için (enkapsülant filmlerin, sızdırmazlık contaları, kablolar, bağlantı kutuları, üst tabakalar, arka tabakalar, kaplamalar) ve diğer UV duyarlı malzemeler için gereklidir.

Kıyı, deniz ve alkali çöl iklimlerinde elektriksel bağlantılar, çerçeve bileşenleri ve mikro invertörler için tuz-sis maruziyet testleri uygulanır. Çerçeve, bağlantı kutusu, elektrik bağlantılarına ve modül paketine nem girişi için yapılan nem testi (100% RH) tuz-sis testinden kalan tuzu yok eder. Laboratuvarındaki bu modül daha sonra, çevresel hava koşulları döngüsü için iklimlendirme odasına alınır.



Şekil 6.11: İklimlendirme odası ısıl çevrim testleri

Hızlandırılmış tam spektrumlu güneş radyasyonu ile iklimlendirme odasında test yapılır. Sıcaklık ve nem parametreleri üç ana iklim parçalarından biri veya daha fazlasındaki işletme sınır koşullarından elde edilen parametrelerdir. Üst sınır, maksimum güç noktası durumunda çalışırken güneş yükü altında ön yüzey sıcaklığı 95°C'yi aşmayacak şekilde modülü tutar. Geliştirilen kısa test programı akış şeması Şekil 6.11'de verilmiştir.



Şekil 6.12 : Kısa test programı akış şeması

Kısa test programının hitap ettiği kesim daha çok küçük ölçekli fotovoltaik santral kurulumları için önerilmiştir. Uzun test programında bulunan detaylı ve daha uzun süren testlerden dolayı maliyeti yüksektir. Fakat kısa program yine de modülün güvenilirliği hakkında önemli bir göstergedir.

Modüller yaşlandıkça doğal çevresel etkilere daha duyarlı hale gelirler. İklimlendirme odası içindeki modüller, hem günlük ve hem mevsimsel koşullar için geniş ölçekli ve gerçek saha verilerine dayalı şartlar altında teste tabi tutulurlar. Testlerin tam spektrumlu güneş yükü altında yapılması, karanlık iklimlendirme odasında yapılmasına göre daha gerçekçi ısıl gerilmeler oluşturacağı düşünülmektedir.

Kısa test programının bir diğer önemli yönü, iki modülün testinin nispeten hızlı döngü sürelerinde olmasıdır. Bu hızlı döngü artan ısıl-mekanik gerilme nedeniyle, deneyin hızlı sonuçlanmasını sağlayabilir. Bu dönüşümlü iklimlendirme odası testleri, günlük ve mevsimsel şartları sağlamak için 100 gün süre ile yapılır.

Program daha sonra laboratuvar modülünün; yaz aylarında 70 gün boyunca kurak iklim koşullarında iki eksenli güneş takip sistemi üzerinde, sıcaklık ve güneş radyasyonunun en yüksek olduğu zamanlarda yaz aylarında test edilmesi ile devam eder.

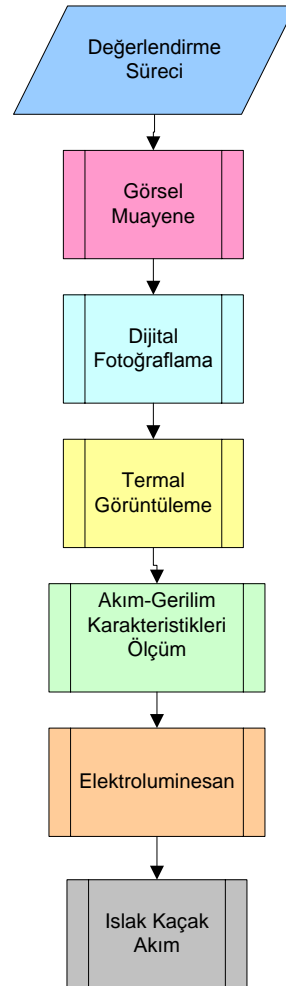
Uzun test programında, laboratuvar modülü için ek 30 günlük döngüsel olmayan iklimlendirme odası testi mevcuttur. Bu testin, 10 haftalık yoğun yaz koşullarına ek olarak, sıcak-kurak çöl iklimlerinde işletme koşullarının simülasyonu için düşük nem ve sürekli güneş altında gerçekleştirilmesi önerilir.

Mümkün olan maksimum modül ışımasını ve doğal koşul gerilmelerini elde etmek için, maksimum güç noktası altında, genişletilmiş iki eksenli güneş takip sistemi ile dış ortam testi yapılabilir.

Deney çevrimleri ve sıcaklıklar, maksimum modül yüzey sıcaklıklarını hedefleyen (<95°C) tam spektrumlu güneş radyasyonu altında test edilmiş ve tasarlanmıştır [55].

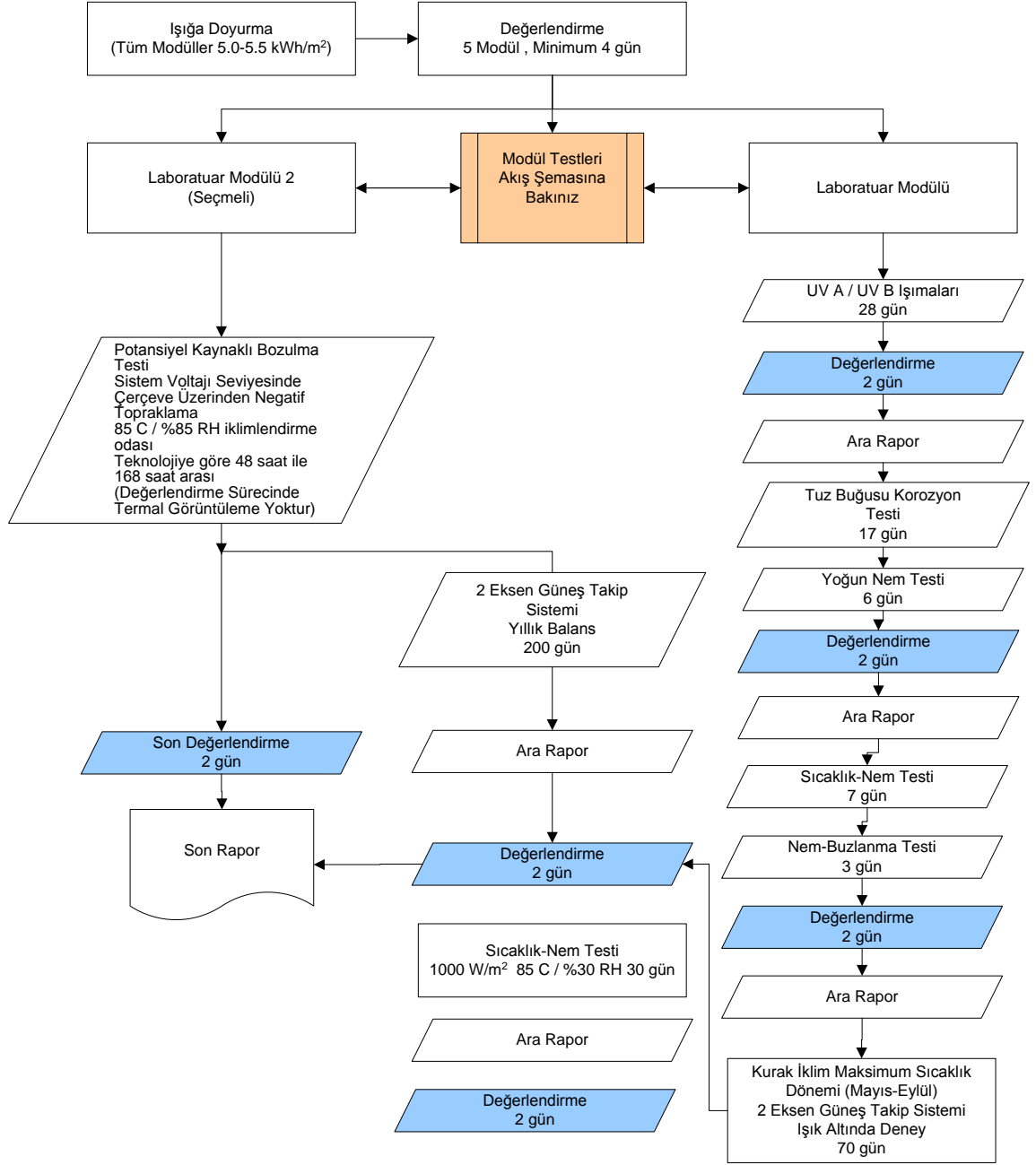
Kısa ve uzun test programlarında yer alan değerlendirme süreci aşamalarında Şekil 6.12’de belirtildiği üzere ilk önce görsel muayene testi yapılarak fotoğraflanır. Daha sonra modül hücrelerindeki sıcak noktaların tespiti için termal görüntüleme yapılır, böylece deforme olmuş hücreler görülebilir. Akım-gerilim (I-V) karakteristikleri ölçümünden sonra mikroçatlıklar yada hücre bozulmalarının meydana gelip gelmediğinin belirlenmesi için elektroluminesan testi uygulandıktan sonra modül üzerinde kaçak akım tespiti için ıslak kaçık akım testi yapılarak değerlendirmeye son verilir.

Bu değerlendirme süreci; her aşamadaki deformasyonları tespit ederek, hataların hangi testlerden kaynaklandığını, dolayısıyla üretim aşamasında hangi noktaların daha sağlam yapılabileceği gibi konularda bilgi sağlar.

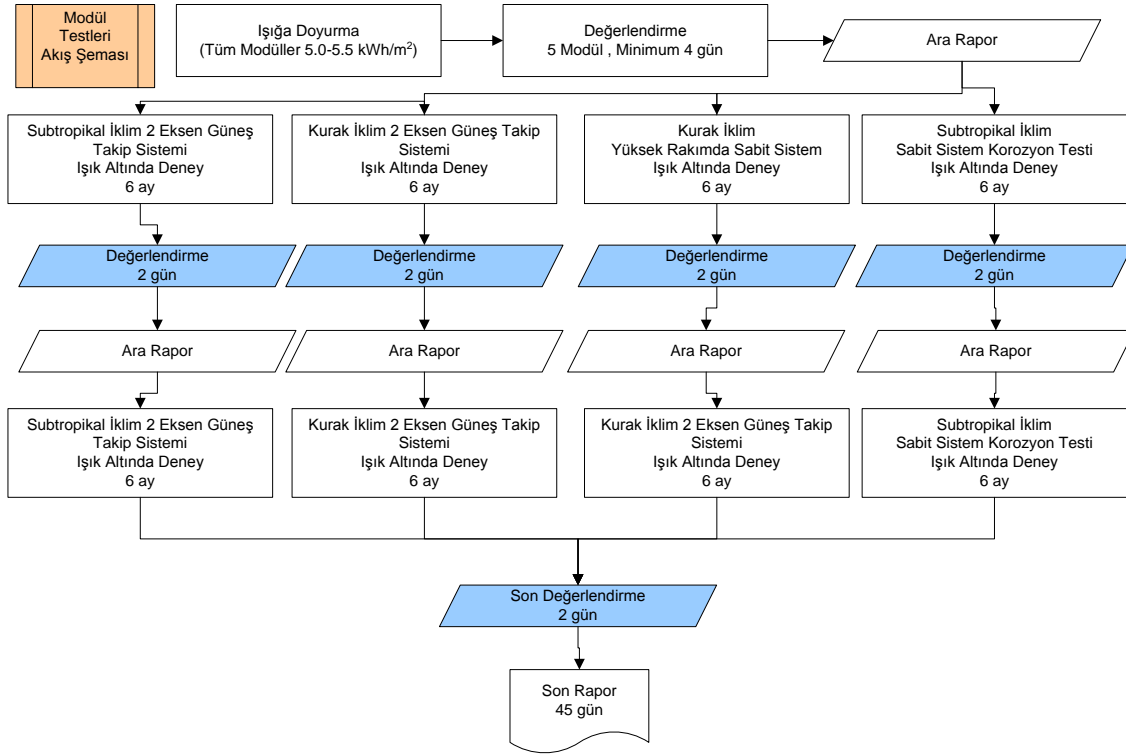


Şekil 6.13 : Değerlendirme süreci akış şeması

Şekil 6.13’de hazırlanan uzun test program modüllerin uzun vadeli güvenilirliklerini belirlemede ve dayanıklılıklarını tespit etme noktasında önemli bir göstergedir. Bu aşamada PID testi de yapılarak potansiyel kaynaklı bozulmalar tespit edilir. Fakat sunulan programda bu kısım müşterinin talebine bağlıdır. Türkiye için önerilen kurak iklim noktası daha çok Güneydoğu Anadolu bölgesindeki bir konumdur. Çünkü burada modülleri en çok etkileyen, gün içerisindeki sıcaklık farkları ve toz faktörüdür. Özellikle kum fırtınaları olma ihtimalinin yüksek olduğu bu bölgelerde kullanılacak modüllerin uzun programdan geçmesi tavsiye edilmektedir.



Şekil 6.14 : Uzun test programı akış şeması



Şekil 6.15 : Uzun test programı modül testleri akış şeması

Uzun test programında modüller 4 farklı koşul altında değerlendirilir. Tropikal iklim Türkiye için daha çok güney sahillerine hitap etmektedir. Özellikle deniz kenarında nem oranlarının yüksek olduğu bölgelerde modüllerinin tuz ve neme dayanıklılıklarının ölçülmesi için bu iklim şartları altında deneyler gerçekleştirilmektedir.

Kurak iklim şartlarında yüksek bir noktada yapılan test ile modüllerin dağlık bölgelere kurulması durumundaki davranışları tespit edilebilmektedir.

6.9 Türkiye Güneş Enerjisi Sektörünün Finansal Değerlendirmesi

Türkiye’de ki güneş enerjisi mevzuatı incelendiğinde; 14 Haziran 2012 tarihli ve 28323 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan EPDK kurul kararına göre, toplam kurulu gücü 600 MW olacak güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için üretim lisansı başvurularının 10-14 Haziran 2013 tarihleri arasında alınmasına karar verildiği görülmüştür.

Önümüzdeki yıllarda kurulacak güneş enerji santrallerinde kullanılacak ürünlerin ve özellikle PV modüllerin çoğunun yurtdışına bağımlı olduğu düşünüldüğünde süreç içerisindeki finansal açıdan yapılan analizler şunları göstermektedir;

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın resmi sayfasında yayınladığı geçmiş dönemlere ait döviz kurlarına bakılırsa;

Çizelge 6.1 : Euro döviz kur fiyatları

14 Haziran 2012	Kurul Kararı'nın Resmi Gazete'de Yayınlanma Tarihi	1 EURO/TL = 2.2804
14 Haziran 2013	Lisans Başvurularının Alınması İçin Son Tarih	1 EURO/TL = 2.4696
26 Nisan 2014	Bugünkü Değerlendirmeler İçin En Güncel İş Gününe Ait Veri	1 EURO/TL = 2.9533

Kararın alındığı tarihte yatırım yapmayı planlayan biri için yatırım maliyeti olarak anahtar teslim sistem fiyatı 1300 Euro/kWp olarak belirleyelim. Bu fiyat son dönemler için baz alınabilecek sabit sistemin kurulum birim fiyat tahminidir ve gün geçtikçe azalmaktadır. Ancak analizde amaç döviz ile yapılan kurulumun birim maliyetinin TL karşılığındaki yatırımcıya olan zararı olduğundan; birim maliyetin daha yüksek olması demek yapılan bu analizde hesaplanacak zararın minimum seviyede tutulduğunu gösterir. Bu yatırımcı için en iyi şartlarda bile zararın ne kadar fazla olduğunu ifade etmektedir.

Kararın yayınlandığı tarih için 1 MW = 1000 kW yatırım yapmayı planlayan bir yatırımcının hazırladığı fizibiliteelerde toplam tutar **(6.1)**

$$1000 \text{ kWp} * 1300 \text{ Euro/kWp} * 2.2804 \text{ TL/Euro} = 2.964.520 \text{ TL' dir.} \quad \text{(6.1)}$$

Lisans için başvuru yapacağı son gün hesapladığı tutar **(6.2)**

$$1000 \text{ kWp} * 1300 \text{ Euro/kWp} * 2.4696 \text{ TL/Euro} = 3.210.480 \text{ TL' dir.} \quad \text{(6.2)}$$

Bugün için lisansın verildiği kesinleştirilse ve yatırımcının kurulum için anlaşmaya vardığı düşünülürse **(6.3)**

$$1000 \text{ kWp} * 1300 \text{ Euro/kWp} * 2,9533 \text{ TL/Euro} = 3.839.290 \text{ TL' dir.} \quad \text{(6.3)}$$

Her geçen gün pazar payında ilerlemesi için çeşitli çalışmalar yapılan güneş enerjisi yatırımları için yabancı ürün kullanımından kaynaklı kur farkından bile zararın büyük olduğu görülmektedir.

Bu konuda dikkat edilmesi gereken bir husus ise Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamında alım garantisinin birim fiyatıdır. Mevzuata göre, YEKDEM kapsamında gerekli başvurular yapılırsa güneş enerjisine dayalı üretilen elektriği 10 yıl süreliğine 13.3 Cent (Dolar) / kWh olarak alım garantisi mevcuttur. Bu kapsamda satın alınan dolar biriminden yapılması üretici için büyük bir avantajdır. Çünkü bu süre zarfında dolar için kurdaki artış aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir [54,55].

Çizelge 6.2 : Dolar döviz kur fiyatları

14 Haziran 2012	Kurul Kararı'nın Resmi Gazete'de Yayınlanma Tarihi	1 USD/TRY = 1,8141
14 Haziran 2013	Lisans Başvurularının Alınması İçin Son Tarih	1 USD/TRY = 1,8534
26 Nisan 2014	Bugünkü Değerlendirmeler İçin En Güncel İş Gününe Ait Veri	1 USD/TRY = 2,1339

Yatırımcının kur farkından etkilenmemesi için çözümün kaynağı yerli ürün kullanması ve yerli ürüne özel ilave teşviklerden yararlandırılmasıdır. Bu ürünlerin başında da yerli fotovoltaik modül gelmektedir. Çünkü temelde iki önemli husus bu çözümü desteklemektedir. Bunlardan ilki yerli üretimde kur farkının en aza indirilebileceğidir. Yerli üretim yapan üreticiden tedariki tamamlanan ürünlerin satın alımlarının TL cinsinden yapılması yatırımcı için avantaj sağlamaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir husus: Yerli modül üreticisinin üretim sırasında kullandığı malzemelerin de yerli firmalardan sağlanması veya bu yönde yatırımların desteklenmesidir. %100'e yakını yerli malzemeden üretilebilecek bir ürün bu piyasaya daha çok katkı sağlar. Güneş enerjisi santrali için gerekli malzemelerin ithal edilmesi ve bu ürünlerin entegrasyonu ile kur farkının etkisi ortadan kaldırılamaz. Yerli modül üretiminin çözüm olmasını destekleyen ikinci husus ise YEKDEM kapsamında gerçekleştirilen alım garantisinin 13.3 Cent (Dolar) / kWh değerinden yaklaşık 20 Cent (Dolar) / kWh değerine yükseltilmesidir. YEKDEM kapsamında,

Üretim tesislerinde yerli malzemelerin kullanılacağı sistemlere daha yüksek birim fiyattan alım garantisinin sağlanması üretici için büyük fırsattır [76-79].

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışmasında araştırmalar sonucunda tespit edilen önemli bulgular, sonuçlar ve öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- 1) Türkiye, enerjide dışa bağımlılığı %73 civarında iken, enerji ekipmanları açısından neredeyse tamamen yurt dışı firmalara bağımlı durumdadır. Enerji ekipmanları sektörü, enerji sektörünün gelişimine doğrudan bağımlı olan bir sektör olup ekipmanların üretiminde kullanılan malzemeler ve teknolojisi gereği, imalat sanayinin pek çok alt dalıyla ilişki içerisinde. Bu durum Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda bağımlılığını artırmaya devam edecektir. Çözüm ise; Türkiye'nin enerji politikasını için yerli yakıtlara ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık vermesi, tasarımları yerli mühendislik ile yapılmış, yerli müteahhit, yerli işgücü ile inşa edilmiş enerji santrallerine yönelmesi yönünde olmalıdır. Türkiye; özellikle yenilenebilir enerji ekipmanları üretimini, tasarım ve projesinden, üretim ve montajına kadar yerli kaynaklara dayalı olarak geliştirmeyi ve dünya çapında patent ve markalarla mühendislik, ekipman ve müteahhitlik ihraç etmeyi hedeflemelidir.
- 2) Dünya'da toplam kalite anlayışının gelişmesiyle birlikte tüketici ihtiyaçlarına yönelik standartlar ortaya çıkmış ve tüketicinin satın almak istediği ürünler belli özellikler ve işlevler kazanmaya başlamış, standardizasyon kavramı giderek önem kazanmaya başlamıştır. Standardizasyon sonucunda ürününün kaliteli ve standartlara uygun olduğunu ispatlamak için belgelendirme kavramının ortaya çıkmasıyla imalat sektöründe ürünlerin standartlara uygunluğunun ispatı noktasında bir yönelim başlamış ve Türkiye'de başta yenilenebilir enerji sektörü olmak üzere pek çok sektör de bundan etkilenmiştir. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin kalbi olan fotovoltaik modüllerin sağlam, güvenilir ve dayanıklı olması, sistemlerin ne kadar uzun süre elektrik üreteceğinin en önemli göstergesidir.

Yapılan çalışma neticesinde, PV modüllerin güvenilir ve dayanıklı olmasını garantileyecek bu belgelendirme politikasının sistematik bir şekilde yürütülebilmesi için akredite olmuş, bağımsız belgelendirme ve denetim kuruluşlarına ihtiyaç olduğu görülmüştür.

- 3) Ürettiği ürüne uygunluk belgesi almak isteyen bir üretici öncelikle hangi belgelendirme kuruluşu ile çalışacağına karar vermelidir. Üreticiler belgelendirme kuruluşlarını seçerken bazı hususlara dikkat etmelidirler. Bunlardan en önemlisi alacakları belgenin, akredite olmuş ve bağımsız bir belgelendirme kuruluşunun vereceği uygunluk belgesinin uluslararası alanda geçerli ve güvenilir olduğu gerçeğidir. Bu tür bir belge ile üretici, ürününü her türlü pazarda ve ortamda müşterisine gönül rahatlığıyla satabilmektedir. Bu yüzden akreditasyon kapsamında fotovoltaik enerji sektörüne hizmet veren test ve belgelendirme kuruluşlarının sayısının artması gerektiği sonucuna varılmıştır.
- 4) Fotovoltaik modüllerin güvenilirlik ve dayanıklılığında emin olunduktan sonra, fotovoltaik güneş enerji santralleri haline gelerek bir bütün oluşturmasıyla sistemlerin kurulum ve şebekeye entegrasyon kısımları devreye girer. Fotovoltaik enerji santrallerinin şebekeye bağlanma noktasında ulusal ve uluslararası standartlara göre sistem kabulünün yapılmasının; TS EN ISO/IEC 17020 standardına göre akredite olmuş muayene kuruluşları tarafından bağımsız ve tarafsız bir şekilde gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
- 5) Yenilenebilir enerji sektöründe yapılan yatırımların, özellikle güneş enerjisi santrallerinin devreye alınması konusunda, kamu kurumlarının süreçleri hızlandırılması adına önlemler alması gerektiği, Türkiye’de akredite kuruluşların sayısının artırılması ve teşvik edilmesi için çalışmalar yapılarak bu sayede kamu kurumlarının kendi üzerindeki iş yoğunluğunu devretmesi önerilmektedir.
- 6) Yatırımcının kur farkından zarara geçmemesi ve ürettiği elektriği daha yüksek fiyattan satabilmesi için, yerli ürün kullanmasının sağlanması ve yerli ürüne özel ilave teşviklerden yararlandırılması gerekmektedir. Yerli üretim yapan üreticiden tedariki tamamlanan ürünlerin satın alımlarının TL cinsinden yapılması yatırımcı için avantaj sağlamaktadır. Fakat yerli PV modül üreticisinin üretim esnasında kullandığı hammadde ve girdi malzemelerin de yerli firmalardan tedarik edilmesi ve bu yönde yatırımların desteklenmesi gerekmektedir.

Yerli modül üretiminin çözüm olmasını destekleyen diğer nokta ise YEKDEM kapsamında gerçekleştirilen alım garantisinin 13.3 Cent (Dolar) / kWh değerinden yaklaşık 20 Cent (Dolar) / kWh değerine yükseltilmesidir. YEKDEM kapsamında, üretim tesislerinde yerli malzemelerin kullanılacağı sistemlere daha yüksek birim fiyattan alım garantisinin sağlanması üretici için çok büyük fırsattır.

- 7) Yerli ürün üretiminde tespit edilen önemli noktalardan biriside sadece üretilen enerjiye olan desteğin değil, yerli modül ve diğer aksam üreticisine olan desteğin de sağlanmasıdır. Özellikle fotovoltaik modüllerin ana bileşeni olan hücre üretimi için devlet tarafından teşvikler sağlanmalı ve fotovoltaik sistemlerin invertör gibi diğer önemli bileşenlerinin de Türkiye’de yerli olarak üretilmesinin önü açılmalıdır.
- 8) Özellikle yeni gelişmekte olan pazarlarda kullanılan Çin üretimi PV modüllerin sektöre hâkim olduğu ve kalitelerinin şüpheli olduğu düşünüldüğünde, üretilen yerli ürünlerin ulusal ve uluslar arası standartlara uygun olarak üretildiğinin testlerinin yapılarak belgelendirilmesi Türkiye için çok büyük önem arz etmektedir. Önümüzdeki yıllarda Türkiye’ye giriş yapacak modüllerin de kalite düzeylerinin belirli bir seviye üzerinde olmasının tespiti için yatırımcıların test, belgelendirme ve muayene süreçlerini zorunlu kılması gerektiği kanaatine varılmıştır.
- 9) Yerli laboratuvar ve yerli belgelendirme kuruluşları aynı zamanda araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin de lokomotifleridir. Türkiye’de güneş enerjisi santrallerinde kullanılacak fotovoltaik modüllerin kaliteli olması yani güvenilir ve dayanıklı olabilmesi için, modüllerin kurulum öncesi testlerden geçmesi gerekmektedir.
- 10) Gerçekleştirilen test ve ürün belgelendirme süreçleri sonrasında elde edilen bulgular;
 - ✓ TS EN 61215/TS EN 61646 standartları, dış ortam ışığa maruz kalma testi içermesine rağmen, maruz kalma süresi metrekare başına 60kWh ile sınırlıdır. 25-30 yıl dışarıda kalması düşünülen bir ürün için bu süre kısıtlı olmakla beraber ortalama 12 günlük ışınlam miktarına denk gelmektedir.

Dış ortamda ışığa maruz kalma testi, diğer laboratuvar testlerinin açığa çıkaramayacağı bazı problemleri ortaya çıkarabileceğinden, aslında bu test; PV modüllerin uzun vadeli güvenilirliklerinin belirlenmesinde yetersiz olduğu görülmüştür. Modülün 25 yıl ömrü olduğunun belirlenebilmesi için 25 yıl dış ortamda bekletmek mümkün olmadığından, doğal ortamda sahada bulunabilecek tüm koşulların birleştirilmesinden oluşan hızlandırılmış testler oluşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

- ✓ Modüldeki bir tek hasarlı hücre modülün tüm çıkış gücünde kayıplara sebep olduğundan, erken ortaya çıkan hataların çoğu hasarlı hücrelerden kaynaklanmaktadır. Daha önce yapılan istatistikî çalışmalara göre testlerden başarıyla geçmiş modüllerin sahada hayatta kalma ihtimali daha yüksek ve başlangıç hata oranları daha düşüktür. Günümüzdeki çoğu modül, çok az bir değişiklik ile testleri başarılı şekilde tamamlamaktadır. Sektörde birçok ülkede, IEC 61215, IEC 61646 ve IEC 61730 standartları pazara giriş için asgari gereklilik olarak bilinmekle beraber, gerçekleştirilen test ve belgelendirme süreçleri sonucunda, bu testlerin uzun vadeli yıpranma mekanizmalarından daha çok, erken ortaya çıkabilecek hataların belirlenmesi için tasarlandığı ve tüm iklim koşulları ve sistem konfigürasyonları için uygun olmadığı tespit edilmiştir.
- ✓ Test laboratuvarlarının ve yatırımcıların işini kolaylaştırarak, ürün kalitesini artıran unsurlardan birisi, üreticinin kendi fabrikasında PV modüllere yaptığı testlerdir. Yapılan çalışmalar neticesinde üretim hattında ıslak direnç testinin uygulanması, modüllerde ortaya çıkma ihtimali olan erken hataların oranını düşürmektedir.

Aynı zamanda fotovoltaik modüllerin IEC 61730 içerisindeki güvenlik testlerinden olan Topraklama süreklilik testi ve Ters aşırı akım yük testinin üretim hattında belirli periyotlarla yapılarak kayıt altına alınmasının, sistemlerin kurulum aşamalarında meydana gelebilecek elektriksel hataların oranını azaltacağı görülmüştür.

- ✓ Belirtilen standartlarda yer almayan fakat PV modüllerin üretim hatalarını belirleyebilmek için önemli bir gösterge olan Elektroluminesan testi için, üretim hattında en az bir adet Elektroluminesan test cihazı bulunması gerektiği tespit edilmiştir. Test cihazının laminasyondan önce ve güneş simülatöründen sonra son kontrol kısmında kullanılmak üzere iki adet olması tavsiye edilmektedir. Üretim hattındaki bu test imkanları sayesinde, üretici kendi modülünün değerini bilerek, yatırımcı için kaliteli modül temin edecektir.
- ✓ Kristal silikon PV modüller için iklimlendirme odasında yapılan testlerden, sıcaklık-nem testi için test süresi 2000 saat üzerine ve ısıl çevrim testi için 500 döngü üzerinde çevrim gerekmektedir. Çünkü 85°C ve -40°C arası 200 ısıl çevrim yaklaşık 10 yıllık bir süreye karşılık gelmektedir. Çevrim başına lineer bir verim düşümü olduğu varsayıldığında, 25 yıllık bir ömür tayini için en az 100°C/saat'lik bir oranla yaklaşık 500 döngü olması gerektiği sonucuna varılmıştır.
- ✓ IEC 61215 ve IEC 61646 testleri incelendiğinde; hiçbir modülün tüm testlerden tek seferde geçmediği, sıcaklık ve nem gibi bazı test parametrelerinin gerçek iklim koşullarına göre daha düşük seviyede ve olduğu, dış ortam testi hariç hiçbir testin tam güneş radyasyonu altında gerçekleşmediği, iklimlendirme odasındaki testlerin doğadaki güneş ışınları, sıcaklık ve nem koşulları gibi gerçek şartları birleştiren bir özelliğe sahip olmadığı, modüllerin testlerinin güneş ışığı ve elektrik yükü altında gerçekleşmemesi sebebiyle IEC yeterlilik testleri tasarım, malzeme ve işleme kusurları hatalarından kaynaklanan kısa vadeli erken hatalara odaklandığından, uzun süre verimli çalışacak modüllerin belirlenebilmesi için ilave test, muayene ve belgelendirme süreçlerine ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ Oluşturulması düşünülen hızlı test programları için, 20 ile 30 yıl arasında hala çalışmakta olan fotovoltaik güneş santrallerinden alınan iklim koşullarına bağlı hata bilgileri toplanarak bir veritabanı oluşturulmasına ihtiyaç olduğu ve hazırlanan bu veri tabanına göre her iklim koşuluna özel olarak belirlenmiş test ve belgelendirme programlarının tasarlanması gerektiği görülmüştür.

- ✓ Piyasada bulunan PV modül performansı ile ilgili test ve standartların daha çok Avrupa bölgesine hitap ettiği ve Avrupa iklim koşullarına göre tasarlandığı görülmüştür. Özellikle Türkiye gibi iklim koşullarının daha sert, günlük ve mevsimlik sıcaklık farklarının daha fazla, nem ve toz oranlarının daha yüksek olduğu bölgelerde bu temel standartlara ek olarak daha farklı test prosedürleri belirlenerek ilave testlerin gerçekleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Nem ve tuz bakımından yoğun olan deniz kıyılarına yakın bölgelerde kullanılması düşünülen PV modüller için Tuz-sis korozyon testi ve toz-kum çevresel testinin uygulanması gerektiği, kar ve rüzgar yükleri yüksek olan Doğu Anadolu Bölgesi için standarddaki mekanik yük testi oranlarının artırılmasının önemli olduğu, İç Anadolu Bölgesinde mevsimsel ve günlük sıcaklık farkları çok fazla olabildiğinden ısı çevrim testi sıcaklık farkı ve döngü sayısının artırılması ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki kurak iklim ve toz etkisi nedeniyle toz testlerinin uygulanması gerektiği sonuçlarına varılmıştır.

11) Yukarıda bahsedilen konuların gerçekleştirilmesi için gerekli olan test laboratuvarları ve belgelendirme kuruluşlarının hepsi yurtdışında olduğundan, gerek yatırımcıların gerekse üreticilerin; mesafe, maliyet yüksekliği, uzun süreler gibi etkenlerden dolayı ürünlerini test ve belgelendirme sürecinden geçirme eğiliminde olmadıkları görülmüştür. Bunun çözümü olarak Türkiye’de kurulacak ve uluslar arası kalite düzeyini sağlamış yerli laboratuvar ve yerli ürün belgelendirme kuruluşlarının kurulması gerektiği görülmüştür.

12) Modül üreticisi; çok yakınında bulunan bir test laboratuvarı sayesinde, kendi ürettiği modülü anında test ederek kalite seviyesini anlayabilir ve modülünü fiyatlandırabilir. Gerektiği durumlarda hammadde değişikliği yapıldığında, bunun nihai ürüne etkisinin nasıl olduğunu hemen görebilir ve üretimine yön verebilir. Böylece yerli PV modüller için araştırma-geliştirme faaliyetleri artış gösterecek, maliyetleri azalacak ve kalite seviyesi üst seviyelere çıkacaktır.

13) Sonuç olarak; Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılıktan kurtulması için; önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük payı oluşturacak güneş enerjisinden yararlanması gerekmektedir. Güneş enerji santrallerinde kullanılacak başta PV modüller olmak üzere tüm ekipmanların yerli üretilmesinin sağlayacağı avantajlar tez kapsamında açıklanmıştır. Üretilen yerli modüllerin de, yerli laboratuvar ve yerli ürün belgelendirme kuruluşlarınca kalitesinin onaylanması, Türkiye'nin özellikle daha nitelikli fotovoltaik modüller üretmesinin yolunu açacaktır. Bu tez kapsamında, ince film ve kristal silikon fotovoltaik modüller için Türkiye'ye ilk fotovoltaik test laboratuvarı kazandırılmış olup, tasarlanan ürün belgelendirme programı ile bu alanda TÜRKAK akreditasyonu alan ilk ve tek ürün belgelendirme kuruluşu sektöre kazandırılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **WWF-Türkiye**, 2011, Yenilenebilir Enerji Geleceği ve Türkiye
- [2] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2010-2014 Stratejik Planı
- [3] **Yöntem, İ.**, 2012, Pvc Pencere Sektöründe Ürün Belgelendirme Süreci ve Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Uluslararası Kalite Yönetimi Bilim Dalı
- [4] **Ceylan, M.**, 2009, Türkiye’de Kalite Akreditasyonu ve Türkak, *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı
- [5] **Korkmaz, S.**, 2010, Kristal Silisyum, CIS Tipi İnce Film ve Organik Boya Esaslı İnce Film Fotovoltaik Modül Performanslarının Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı
- [6] **Shahıdul, S.**, 2011, Maksimum Güç Noktası Bulunan Bir Kontrol Sistemi İle Çalışan Şebekeye Bağlı Bir Fotovoltaik Systemin Genel Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı
- [7] **Turhan, K.**, 2011, Fotovoltaik Modüller İçin Bir Gerçek Saha Performans Ölçüm Platformunun Tasarımı, Kurulumu Ve Testleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Ana Bilim Dalı
- [8] **Abbasoğlu, S.**, 1999, Comparing native products with im ported units about technologic characteristics and economic subjects in Turkey's air conditioning market, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği
- [9] **Avcı, A.**, 2007, Yerli Üretim Bir Otobüs Gövdesinin Sanal ve Gerçek Prototiplemeyle Karşılaştırmalı Mukavemet Analizleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendiği Ana Bilim Dalı
- [10] **Erdal, L.**, 2011, Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi, *Yüksek Lisans Tezi*, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- [11] **Ağaçbiçer, G.**, 2010, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan SWOT Analizler, *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Ana Bilim Dalı
- [12] **Çakmak, B.**, 1999, Yerli Yapım Bazı Tarım Makinalarında Malzeme Bakımından Kalite Kavramı ve Kalitenin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma, *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Bölümü
- [13] **Sözer, A.T.**, 2012, Karabük Üniversitesi Güneş Enerjisi Ölçüm Laboratuvarı için Veri Edinim ve Depolama Sistemi Tasarımı ve Kullanıma Geçirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
- [14] **Çetin, M.**, 2010, Turkey’s Solar Energy Market Study and Potential Economic Benefits, *Master Thesis*, Yeditepe University Institute Of Social Sciences, Business Administration Department of Business Administration
- [15] **Dizdar, H.**, 1998, Güneş Enerjisi ve Güneş Kollektör Testleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği

- [16] **Karamanav,M.**, 2007, Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, *Yüksek Lisans Tezi* Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Ana Bilim Dalı
- [17] **Çöven,H.**, 2011, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Güneş Paneli Tasarım Alternatiflerine Yönelik Bütünleşik Akıllı Sistem Yazılımı Geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü
- [18] **Erdoğan,E.**, 2011, Güneş Pillerinin Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [19] **Kalaycı,D.**, 2012, Güneş Takip Sistemleri Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
- [20] **Wohlgemuth, J. H., Cunningham, D. W., Amin D., Shaner, J., Xia, Z. and Miller, J.**, Using Accelerated Tests And Field Data To Predict Module Reliability And Lifetime, Bp Solar International
- [21] **Li,B., Arends,T., Kuitche,J., Shisler,W., Kang,Y., Tamizhmani, G.**, 2006, IEC and IEEE Design Qualifications:An Analysis Of Test Results Acquired Over Nine Years, *Arizona State University Photovoltaic Testing Laboratory, 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, Germany, 4-8 September
- [22] **Realini, A., Burà, E. , Cereghetti, N. , Chianese, D., Rezzonico, S. , Sample T., Ossenbrink, H.**, 2001, Paper Oa7.1, University Of Applied Sciences Of Southern Switzerland (Supsi), European Commission, Joint Research Centre, Institute For Environment And Sustainability, Renewable Energies Unit, *17th EUPVSE*, Monaco, October
- [23] **King D.L.**, Photovoltaic Module and Array Performance Characterization Methods For All System Operating Conditions, Sandia National Laboratories Photovoltaic Systems Department, *AIP Conference Proceedings*
- [24] **Norum, P.**, 2013, Importance Of Third-Party Verification Of A Quality Management System For A PV Module Manufacturer, *Solar Power International 2013*
- [25] **Wohlgemuth, J.H., Kurtz, S.**, 2011, Reliability Testing Beyond Qualification As A Key Component In Photovoltaic's Progress Toward Grid Parity, National Renewable Energy Laboratory, *IEEE International Reliability Physics Symposium Monterey*, California April 10-14
- [26] **Sütcüoğlu, M.**, 2011, Otonom Güneş Paneli Yönlendirme Sistemi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı
- [27] **Ergin,E.**, 2001, Türkiye'nin Enerji Kaynaklarının İncelenmesi ve Geleceğe Yönelik (2020 Yılına Kadar) Projeksiyonlar, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı
- [28] **Alko, C.**, 2010, TS ISO EN/IEC 17025:2007 standardına akredite emisyon ölçüm deney laboratuvarlarının yeterlilik/karşılaştırma testlerinin analizi ve saha çalışmalarının iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilerek risk analizlerinin yapılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
- [29] **Olçay, E.**, 2007, TS EN ISO IEC 17025 standardının kalite fonksiyonu yayılımı ve çok ölçütlü karar verme teknikleri ile analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
- [30] **Ceylan, M.**, 2009, Türkiye'de Kalite Akreditasyonu ve Türkak , *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı
- [31] **Url - 1** <http://www.elektrikport.com/makale-detay/turkiye-ve-dunya-icin-yenilenebilir-enerji-kaynaklarinin-onemi-engin-aycicek-/4100#ad-image-0> (Erişim Tarihi: 19.04.2014)

- [32] Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi, Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2012
- [33] **Deloitte**, 2012, Yenilenebilir Enerjide Güneşli Günler - Güncel Düzenlemeler Işığında Güneş Enerjisi Sektöründe Gelişmeler Ve Beklentiler
- [34] **Biçer, Y.**, 2012, İki Eksenli Güneş Paneli Kontrolü, *Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Kontrol Mühendisliği Bölümü
- [35] **Eroğlu, U. S.**, “Türk Standartları Enstitüsü’nün Faaliyetlerinin Rekabet Hukukuna Göre Değerlendirilmesi”, *DEÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (1), 2006, s. 150.
- [36] **ISO**, “About ISO”, <http://www.iso.org/iso/about.htm>. (Erişim Tarihi: 05.04.2009).
- [37] **Kağncıoğlu, H.**, “Günümüz İşletmelerinin Yaşam Anahtarı: Müşteri Odaklılık”, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Yüksekokulu), s.80.
- [38] **Şimşek, H.**, 2007, Toplam Kalite Yönetimi: Kuram, İlkeler, Uygulamalar, Ankara: Seçkin Yayınevi
- [39] **Süer, S.**, “Metroloji ve Uygunluk Değerlendirmesi, Bilimsel ve Endüstriyel Metroloji Arasındaki İşbirliği Yakın İlişki Gereklileri”, http://www.icas2007.org/sunumlar/Sermet_Suer.pdf, (Erişim Tarihi: 12.03.2009).
- [40] **Halis, M.**, 2004, Toplam Kalite Yönetimi Kapsam, İlkeler ve Uygulamalar, İstanbul: Roma Yayınları s. 13.
- [41] **Bozkurt, R.**, 1998, Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri, Ankara: MPM Yayınları, s.14.
- [42] **Özkan, Y.**, 2005, Toplam Kalite, Sakarya Kitabevi, s.7. s.47.
- [43] **Ertuğrul, İ.**, 2004, Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri, Bursa: Etkin Kitabevi, s.15-16.
- [44] **Glidden, R.**, “The Contemporary Context of Accreditation”, Challenges in a Changing Environment, Keynote Address For 2nd CHEA Usefulness Conference, 25 June 1998.
- [45] **Çağlayan, Z.**, “Türk Akreditasyon Sistemi ve Türkak”, *Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, 47 (553), Haziran 2008, ss. 6–7.
- [46] **Sterling, B.**, “Accreditation: Certifying Public Works Excellence”, *American City County*, Vol: 115, Issue:11, August 2000.
- [47] **TS EN ISO/IEC 17011**, 2006, Uygunluk Değerlendirmesi -Uygunluk Değerlendirmesi Yapan Kuruluşları Akredite Eden Akreditasyon Kuruluşları İçin Genel Şartlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [48] Türk Standartları Enstitüsü, Ürün Belgelendirme Merkezi Başkanlığı, Ürün Belgelendirme Yönergesi, Revizyon No:12, 21.03.2013
- [49] **Nussbaum, R. ve Sımula, M.**, *The Forest Certification Handbook*, Toronto: Earthscan, 2005.
- [50] Solarpro Magazine, Pv Module Reliability Issue, October/November 2013
- [51] **TamizhMani, G., Kuitche, J.**, 2013, Accelerated Lifetime Testing of Photovoltaic Modules, Photovoltaic Reliability Laboratory, Arizona State University
- [52] **TamizhMani, G.**, 2011, Testing the Reliability and Safety of Photovoltaic Modules: Failure Rates and Temperature Effects, Arizona State University.
- [53] **Zielnik A., Dumbleton D.**, 2012, Photovoltaic Module Weather Durability & Reliability Testing, Solar Energy Competence Center Atlas Material Testing Technology LLC
- [54] **Url - 2** <<http://www.enerjipostasi.com/liste.aspx?id=217&Tur=E>, alındığı tarih 10.02.2014
- [55] **Url - 3** <<http://www.enerjipostasi.com/liste.aspx?id=217&Tur=E>>, alındığı tarih 10.02.2014

- [56] **Brearley, D., 2013**, Industry Perspectives on c-Si PV Module Reliability and the Rise of Comparative Testing
- [57] **Wohlgemuth J.**, National Renewable Energy Laboratory, PV Module Reliability Workshop, 2012
- [58] **Jahn, U.**, IEA International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme PV Module Reliability Issues Including Testing And Certification, TÜV Rheinland, Frankfurt, 24 September 2012
- [59] Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, No 5346 Kabul Tarihi: 10.5.2005
- [60] Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 19.06.2011 Resmi Gazete Sayısı: 27969
- [61] Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği Resmi Gazete Tarihi: 29.05.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28307
- [62] Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği Resmi Gazete Tarihi: 22.02.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28212
- [63] Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ Resmi Gazete Tarihi: 10.07.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28349
- [64] Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 01.10.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28782
- [65] Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 19.06.2011 Resmi Gazete Sayısı: 27969
- [66] Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 21.07.2011 Resmi Gazete Sayısı: 28001
- [67] **TS EN ISO/IEC 17025**, 2012, Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Şartlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara,
- [68] **TS EN ISO/IEC 17021**, 2012, Uygunluk Değerlendirmesi - Yönetim Sistemlerinin Tetkikini ve Belgelendirmesini Sağlayan Kuruluşlar İçin Şartlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [69] **TS EN 45011**, 2001, Ürün Belgelendirmesi Yapan Belgelendirme Kuruluşları İçin Genel Şartlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [70] **TS EN ISO/IEC 17020**, 2012, Çeşitli Tipteki Muayene Kuruluşlarının Çalıştırılmaları İçin Genel Kriterler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [71] **TS EN ISO/IEC 17024**, 2012, Uygunluk Değerlendirmesi-Personel Belgelendirmesi Yapan Kuruluşlar İçin Genel Şartlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [72] **TS EN ISO/IEC 17065**, 2001, Uygunluk Değerlendirmesi - Ürün, Proses Ve Hizmet Belgelendirmesi Yapan Kuruluşlar İçin Şartlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [73] **TS EN 61215**, 2006, Kristalin Silikon Karasal Fotovoltaik (PV) Modüller-Tasarım Değerlendirmesi Ve Tip Kabulü, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [74] **TS EN 61646**, 2010, İnce Filmlili Düz Alanlı Fotovoltaik Modüller- Tasarım Nitelikleri Ve Tip Onayı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [75] **TS EN 61730-1/-2** Fotovoltaik (PV) Modül Güvenlik Niteliği - Bölüm 1- Yapım Özellikleri, Fotovoltaik (PV) Modül Güvenlik Niteliği - Bölüm 2- Deney Özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [76] **Biçer, Y. , Özarpa C., Boke, E. ,** “Product Certification of Solar Photovoltaic Modules For Local Production, Problems and Solutions in Turkey”, Solarpraxis, *PV Power Plants 2014 - Turkey*

[77] Arınç, Ü.D, Keleşer, S., Tem, A., Biçer, Y., “Photovoltaic Modules Performance Tests, Inspection and Product Certification”, *7th International Ege Energy Symposium & Exhibition, 2014, Uşak-Turkey*

[78] Biçer, Y. , Özarpa C. , Boke, E., “Certification Issue of Solar Photovoltaic Modules For Local Production, Problems and Solutions in Turkey”, *International Conference On Clean Energy, 2014, Istanbul-Turkey*

[79] Biçer, Y. , Özarpa C., Tem, A., “Certification Issues In The Solar Photovoltaic Sector For Integration Of Intelligent Homes With Smart Grid In Intelligent Cities, Problems and Solutions In Turkey, *2nd International Istanbul Smart Grid Congress and Fair, 2014, Istanbul-Turkey*

EKLER

EK A.1 ÜRETİM YERİ İNCELEMESİ

Üretim yeri incelemesi esnasında dikkat edilecek noktalar ve sağlanması gereken kalite kriterlerini içeren form aşağıdaki şekildedir;

TS EN 61215, TS EN 61646, TS EN 61730 FOTOVOLTAİK MODÜLLER ÜRETİM YERİ İNCELEME FORMU

Başlan

Firma/Müşteri bilgileri:

Firma adı:

Adres:

Posta

E-mail/Website

1. Kapsamı, metod veya prosedür

1.1 Kapsam:

IEC 61215 / EN 61215 / TS EN 61215 Kristal Silikon Karasal Fotovoltaik (PV) Modüller-Tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı, IEC 61646 / EN 61646 / TS EN 61646 İnce Filmlı Karasal Fotovoltaik Modüller – Tasarım Nitelikleri ve Tip Onayı, IEC 61730-1-2 / EN 61730-1-2 / TS EN 61730-1/-2 Fotovoltaik Modül Güvenlik Niteliği / Bölüm 1-Yapım Özellikleri / Bölüm 2-Deney Özellikleri STANDARLARINA GÖRE

- 1) ÜRETİM PROSESİNİN İNCELENMESİ
- 2) ÜRÜN MUAYENESİ (STANDARD A UYGUNLUK İNCELEMESİ)

1.2 Metod ve prosedür

Üretim prosesinin muayenesi, üretim tesislerinde yerinde tespit ve gözlem ile, ilgili standart ve bu formda belirlenmiş kriterlere göre gerçekleştirilir.

Ürün muayenesi, müşteri için üretilen ürün bandından alınan numunelerin ürün belgelendirme kuruluşu veya onaylı dış kaynak laboratuvarlarında yukarıda belirtilen standartlara göre deney ve muayenelerinin yapılarak sonuçların değerlendirilmesi suretiyle gerçekleştirilir.

1.3 Kapsamdaki modüller:

1.4 Modül teknolojisi (mono c-Si, poly c-Si, ince film):

1.5 Test edilen numunelerin üretim periyodu:

Not: IEC 61215/IEC 61646 standartlarına göre belgelendirilmiş bir fotovoltaik modülün performansı, modül üretimi esnasında kullanılan bileşenler, malzemeler ve üretim prosesleriyle doğrudan ilgilidir.

Sadece ürün boyutu ve çıkış gücündeki değişiklik olmasına karşın; aynı malzeme, bileşen ve prosesleri kullanan modüller Ürün Ailesi olarak adlandırılır. Modül tasarımı ve kullanılan bileşen/malzemeler ile ilgili tüm değişiklikler Ürün Belgelendirme Kuruluşuna bildirilmelidir.

Belgelendirme Kuruluşu, IECCEE Yeniden Test kılavuzuna göre değişen modüllerin belgelendirilmesi sürecini saklı tutar.

2. Muayene edilen üretim alanları

2.1 Depolama	
2.2 Üretim hattı ve prosesi	
2.3 Ürün testleri	
2.4 Kalite yönetimi	

3. Mevcut akreditasyonlar, sertifikalar, belgeler, kalite yönetim sistemi

4. Üretim Prosesinin Muayenesi

4.1 Firmanın Kalite Sistemi

Firmanın bir kalite sistemi mevcut mu? Kalite Sistemi Belgelendirilmiş mi?

Varsa, kalite sistemi etkin bir şekilde uygulanmakta mıdır?

4.2 Personel

Personel sayısı ve üretim kapasitesi birbiriyle uygun mu?

Personel ilgili üretim prosesinde yeterli bilgi ve tecrübeye sahip midir?
(Sertifikalar)

4.3 Üretim prosesinde kullanılan makineler standartlara uygun mu?	
Üretimde elektroluminans muayenesi mevcut mu? Hangi aşamada (Laminasyon öncesi ve/veya sonrası)	
4.4 Girdi malzemesi muayene sistemi yeterli ve uygun mu? (Kayıtlar)	
4.5 Üretim prosesi boyunca ara kontrol ve deneyler uygun şekilde gerçekleştiriliyor mu?	
İlgili standartlara göre gerekli bazı deney ve raporlamalar yapılmış mıdır? Arşivleniyor mu?	
4.6 Final kalite kontrol ve raporlamaları uygun şekilde yapılıyor mu? Flash test raporları uygun şekilde müşteriye iletiliyor mu?	
4.7 Modül çıkış gücünün kontrolü için kalibrasyonlar	
Kalibreli modül sayısı:	
Referans modülün yeniden kalibrasyon periyodu:	
Solar simülasyon performans muayenesi zaman aralığı:	
4.8 Kullanılan ölçü alet ve ekipmanlarının periyodik kalibrasyonları yapılıyor mu? (Özellikle laminasyon süreci için)	
Ölçü ve test aletlerinin listesi (referans modül, sıcaklık sensörü, I-V eğrisi ölçüm cihazı)	
4.9 Kullanılan makine, ekipman ve aletlerin bakımları uygun şekilde yapılıyor mu? Bakım planı mevcut mu?	
4.10 Modülün tipine göre; IEC 61215, IEC 61646, IEC 61730 standart testlerinden hangileri üretim sürecinde yapılabiliyor? Standartlara uygun mu?	

Modüller için yalıtım testi yapılıyor mu? IEC 61215/61646'ya uygunmu.Yalıtım test cihazının kalibrasyonu yapılıyor mu?

5. Ürün Kalitesinin Muayenesi

5. Güneş hücresi

PV modül üretici firma / Not:

Teknoloji:

Tip:

Alanı:

Kalınlık:

Güneş hücreleri hasarsız şekilde tedarik edilmekte midir?

Hücrelerin sınıflandırılması/kontrolü için bilgisayar tabanlı kayıt yapılıyor mu?

Hücre kontrolleri tüm hücrelerde mi yapılıyor, rastgele seçilmiş hücrelerde mi?

Güneş hücreleri uygun hammaddeden imal ediliyor mu?

Güneş hücresinin girdi kalite muayenesi ne şekilde yapılmaktadır? (Fiziksel kontrol / Kamera vb.)

Hücre yerleştirilmesi manuel mi, otomatik mi yapılıyor?

Çalışma/işletme talimatı mevcut mudur?

6. Genel özellikler	
6.1 Görünüş	
Modüllerin arka ve ön yüzeylerinin fiziksel durumları uygun mu?	
6.2 Cam	
Cam temizliği, yıkanması ve kurutulması yapılıyor mu?	
Cam kalite kontrolü, üretim bandına yüklemesi ve görsel muayenesi yapılıyor mu?	
Kaplama malzemesi entegre süreci nasıl işliyor?	
6.3 Lehim Bağlantıları	
Bağlantı noktalarının lehimlenmesi nasıl yapılıyor, kontrol ediliyor mu?	
6.4 Stringer (Dizi oluşturucu)	
Stringer'dan önce hasarlı hücreler belirleniyor mu? Süreç nasıl işliyor?	
String lehimlemesi	
Hücrelerin string haline getirilmesi	
Lehimlenmiş bant (ribbon) uzunluğu:	
Hücreler arasındaki minimum mesafe:	
Mesafe koruyucu mevcut mu? :	
Stringlerin bağlantıları	
Minimum mesafe:	

Mesafe koruyucu mevcut mu?:	
Lehim sıcaklığı:	
String geometrisi ve String Elektro Luminans testi	
Modül Elektro Luminans testi	
6.5 Laminasyon Süreci	
Tip:	
Vakum basıncı:	
Sıcaklık:	
Sıcaklık homojenliği:	
Laminasyon süresi:	
İşlem verileri kayıt altına alınıyor mu?	
Proses parametrelerinin ve fonksiyonellik kontrolü yapılıyor mu?	
Laminasyon sürecindeki sıcaklık değerleri uygun mu? Kontrol ediliyor mu?	
Laminasyon sonrası kontrol/muayene nasıl yapılıyor?	
Laminasyon süresi, sıcaklığı gibi ayarların değiştirilmesi şifreli olarak sadece yetkili personel tarafından mı yapılıyor?	
6.6 Bağlantı Kutusu	
Bağlantı Kutusu montajı nasıl yapılıyor? (Silikonlama, bekleme süresi vb.)	
Bağlantı kabloları özellikleri,tip ve detayları	
Konnektörler özellikleri,tip ve detayları	

6.7 By-pass diyotları	PV modül üretici firma / Not:
Tip (p/n , Schotky) :	
Maksimum bağlantı sıcaklığı	Tj:
Maksimum ileri yön gerilimi:	IF= A, Vf= V
Maksimum kesme gerilimi:	V
Diyot sayısı:	
Diyot başına hücre sayısı:	
7. Fiziksel özellikler	
7.1 Modül boyutların ölçülmesi	
Modül boyutların ölçülmesi uygun şartlarda yapılmakta mıdır?	
7.2 Toleranslar	
Ölçüler belirlenen değerlere uygun mu?	
7.3 Çerçeve, cam kalınlığı ve ilgili toleransları	
Değerler tasarıma göre uygun mu?	
7.4 Çerçeve çapak ve benzeri olumsuzların giderilmesi nasıl yapılıyor?	

8. Performans Özellikleri

Modüllerin üretim bandı sonunda test edilen performans değerleri kayıt altına alınıyor mu?

Hangi marka/model ve özelliklerde test cihazı (Sun Simulator vb.) kullanılıyor? Yeterli mi?

Test edilen performans değerleri standartlara uygun mu?

9. İşaretleme ve etiketleme

İşaretleme ve etiketleme uygun şekilde yapılmakta mıdır?

Barkot etiketi mevcut mudur? Varsa tek bir modeli mi tanımlıyor?

10. Modüllerin sınıflandırılması, paletlenmesi ve depolanması

Sınıflandırmalar nasıl yapılıyor? Paletleme ve taşıma süreci nasıl işliyor?

11. Piyasaya Arz Şartları

Modüllerin piyasaya arzı uygun şekil ve şartlarda yapılıyor mu?


**İncelemeyi
Gerçekleştiren
Personel**
... / ... / 20 ...

Kalite Temsilcisi
... / ... / 20 ...

**Kalite Yönetim
Temsilcisi**
... / ... / 20 ...

EK A.2 AKREDİTASYON KAPSAMI

Akreditasyon Sertifikası Eki (Sayfa 1/1) Akreditasyon Kapsamı

 Ürün TS EN 45011 AB-0023-U	UGETAM İstanbul Uygulamalı Gaz Ve Enerji Teknolojileri Araştırma Mühendislik Sanayi Ve Ticaret A. Ş. Akreditasyon No: AB-0023-U Revizyon No: 02 Tarih: 21-Nisan-2014	
	Ürün Belgelendirme Kuruluşu	
	Adresi : Çamlık Mah. Yahya Kemal Beyatlı Cad. No:1 Kurtköy-Pendik 34906 İSTANBUL / TÜRKİYE	Tel : 0 216 646 01 87 Faks : 0 216 646 18 62 E-Posta : ugetam@ugetam.com.tr Website : www.ugetam.com.tr

Ürün	Standard
Gaz yakıtların taşınmasında kullanılan PE (Polietilen) borular	TS EN 1555-2 Standardına Uygun UBTKŞ-01 Kodlu Ürün Belgelendirme Dökümanı
Gaz yakıtların taşınmasında kullanılan PE(Polietilen) ekleme parçaları	TS EN 1555-3 Standardına Uygun UBTKŞ-02 Kodlu Ürün Belgelendirme Dökümanı
İçme ve kullanma suyu için PE(Polietilen) borular	TS EN 12201-2 Standardına Uygun UBTKŞ-03 Kodlu Ürün Belgelendirme Dökümanı
İçme ve kullanma suyu için PE(Polietilen)ekleme parçaları	TS EN 12201-3 Standardına Uygun UBTKŞ-04 Kodlu Ürün Belgelendirme Dökümanı
Gaz regülatörleri	TS 10624 Standardına Uygun UBTKŞ-05 Kodlu Ürün Belgelendirme Dökümanı
Kristal silikon fotovoltaik(PV) modüller	TS EN 61215, TS EN 61730-1/-2 Standardına Uygun UBTKŞ-08 Kodlu Ürün Belgelendirme Dökümanı
İnce filmli fotovoltaik (PV) modüller	TS EN 61646, TS EN 61730-1/-2 Standardına Uygun UBTKŞ-09 Kodlu Ürün Belgelendirme Dökümanı

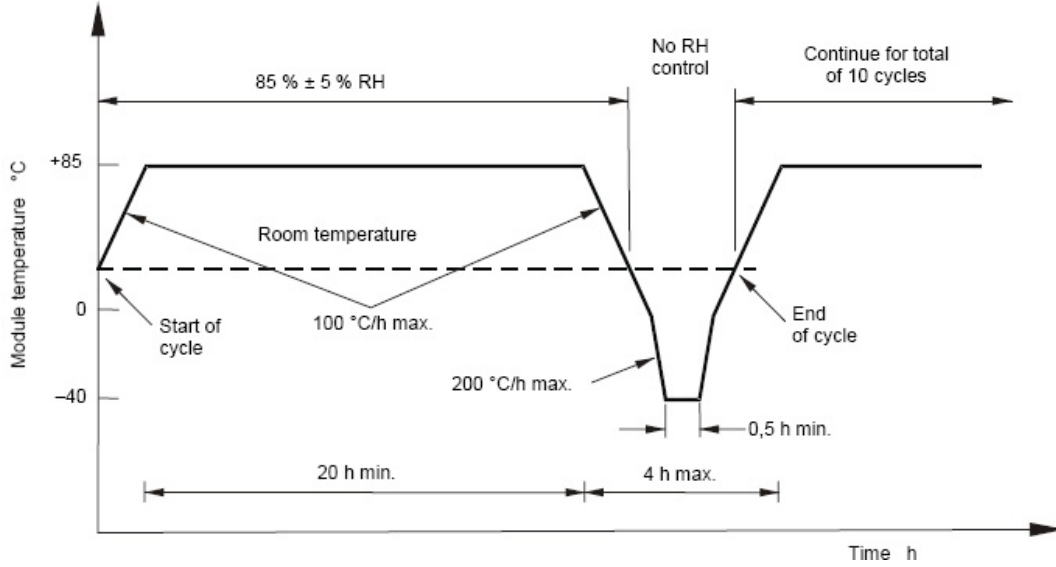
EK A.3 ÖRNEK NEM-BUZLANMA DENEYİ TALİMATI

NEM-BUZLANMA DENEYİ TALİMATI (İNCE FİLM VE KRİSTAL SİLİKON PV MODÜLLER İÇİN)

AMAÇ VE KAPSAM:

Bu talimat; otomatik sıcaklık ve nem kontrolüne sahip iklimlendirme kabini kullanılarak kristal Silikon ve ince film PV modülün TS EN 61215 standardının 10.12 maddesine göre nem-buzlanma deneyinin nasıl yapılacağı hakkında bilgiler içermektedir.

Bu talimat, kristal silikon ve ince film PV modüller saha şartlarında kullanıldığından modülün düşük ve yüksek sıcaklıklarda nem etkilerine karşı dayanım derecesinin tespitini kapsar.



Şekil 1 : Nem-buzlanma deney çevrimi

1. DENEYİN ÖZETİ:

Bu deney, kristal silikon ve ince film PV modülün nem-buzlanma deneyi ile ilgilidir. Şekil 1'de ilgili standartlarda belirtilen nem-buzlanma deney çevrimi verilmiştir. Oda sıcaklığında başlayan deney daha sonra standartlarda belirtildiği üzere kabin içi sıcaklık, bağıl nem ise % (85±5) RH iken maksimum

100°C/saat hızla +85°C'ye yükseltilir ve modül minimum 20 saat bu şartlar altında deneye tabi tutulduktan sonra maksimum 3 saat süre içerisinde yine kabin içi sıcaklık maksimum 100°C/saat hızla 0°C'ye düşürülür ve 0°C'ye gelindiğinde kabin içi sıcaklık maksimum 200°C/saat hızla -40°C'ye düşürülerek modül minimum 30 dakika bu sıcaklıkta beklenir. Bu işlemden sonra yine kabin içi sıcaklık maksimum 200°C/saat hızla -40°C'den 0°C'ye çıkarılır ve daha sonra ise sıcaklık maksimum 100°C/saat hızla oda sıcaklığı seviyesine çıkılarak 1. çevrim tamamlanır ve toplamda 10 döngü ile gerçekleştirilir.

2. TEST KOŞULLARI

(-40°C) - (+85°C), bağıl nem %85 RH

3. DENEY İŞLEMİNİN AÇIKLANMASI

3.1 ÖN HAZIRLIK

3.1.1 İklimlendirme kabininin arka tarafında duvara sabitlenmiş olan iki adet su vanasını kullanarak chiller suyu verilir.

3.1.2 İklimlendirme kabininin sigorta kutusunda bulunan buton ile “sirkülasyon pompa motoru” açılır.

3.1.3 İklimlendirme kabini aktif duruma getirmek için kabinin sağ arka yanında bulunan siyah renkli anahtar ile açılır. İklimlendirme kabini içerisinde deney esnasında olası sıcaklık artışlarından veya düşüşlerinden numuneyi korumak için kabinin sağ arka yanında bulunan sayısal göstergeye sahip sıcaklık sınırlayıcı gerekli değerlere set edilir. Kabin içi sıcaklık set edilen sınır değerlerinin dışına çıktığında güvenlik amacıyla iklimlendirme kabini çalışmayacaktır.

3.1.4 İklimlendirme kabininin istenilen performansta çalışabilmesi için bu koşulda 1 saat çalıştırılmalıdır.

3.1.5 Kontrol paneli takılı değilse iklimlendirme kabininin sol ön tarafına yerleştiriniz ve bağlantı kablolarını iklimlendirme kabininin sol ön yanında bulunan konnektörlere takınız.

3.1.6 İklimlendirme kabininin bilgisayar ile kontrolü için yazılım açılmalıdır.

3.1.7 Eminey açısından bilgisayara verilen kullanıcı adı ve şifre ile giriş yapılır.

3.1.8 Yazılımının ana sayfasında bulunan iklimlendirme kabini resminin üzerinde farenin sağ tuşuna tıklanarak “Status” seçeneğini seçilir ve iklimlendirme kabininin çalışma tipi kontrol edilir.

3.1.9 İklimlendirme kabininin kapısını açınız ve deneye tabi tutulacak olan en fazla 4 adet PV modülü kabin içerisindeki yerlerine uygunca yerleştiriniz.

3.1.10 Merkezdeki veya merkeze yakın deney numunesinin ön veya arka yüzeyine sıcaklık sensörünü sabitleyiniz.

3.1.11 Kabinin kapısını kapatınız ve kabin içi sıcaklığın oda sıcaklığında olduğundan emin olunuz.

3.2. DENEY İŞLEMLERİ

3.2.1. Yazılım açılarak play tuşuna basarak programı çalıştırınız.

3.2.2. İklimlendirme kabini resminin üzerinde farenin sağ tuşuna tıklayınız. “ARCHIVING” seçilen program ile veri alma başlangıç / bitiş saatlerini, gerekirse tarihini, alma sıklığı, ölçüm süresini ve verilerin kayıt edileceği dosya ismini giriniz.

3.2.3. Play tuşuna basarak veri kaydetme işlemini başlatınız.

3.2.4. Alınan verileri ekranda grafik olarak izlemek veya almak için iklimlendirme kabini resminin üzerinde farenin sağ tuşuna tıklayınız ve “ANALYZE GRAPH”ı seçiniz.

3.2.5. Deney bittiğinde iklimlendirme kabininin kapısını açınız ve deney numunelerini dikkatli bir şekilde kabinden çıkarınız. Kabin kapısını açarken yüzünüze olası sıcak buhar gelmemesi için dikkatli olunuz ve gereken önlemi alınız. Deney numunelerin çok sıcak veya soğuk olma olasılığına karşılık eldiven kullanınız.

3.2.6. İklimlendirme kabininin tamamen kapatılması gerektiğinde, kabinde bulunan siyah renkli anahtar ile kapalı konuma getirilir. Su vanaları ve sigorta kutusunda bulunan “sirkülasyon pompa motoru” şalteri kapatılır.

3.3. ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME

Standarda göre bu deneyden 2 - 4 saat sonra deneye tabi tutulan fotovolttaik modül aşağıdaki deneylere tabi tutulur:

- Görsel Kusur Tespiti Deneyi
- Maksimum Güç Tespiti
- Yalıtım Deneyi

3.4. DEĞERLENDİRME KRİTERİ

Yapılan tekrar deneylerinin üçüde standartlarda belirtilen şartları sağladığı durumda deney raporunda fotovoltaik modül deneyden “GEÇTİ”, diğer durumda ise “GEÇMEDİ” olarak tanımlanır.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Yusuf BİÇER

Doğum Yeri ve Tarihi: ÇANKIRI / 04.04.1989

Adres: Çamlık Mah. Yahya Kemal Beyatlı Cad. No:1 Kurtköy-Pendik/İSTANBUL

Lise: Çankırı Süleyman Demirel Fen Lisesi, 2007

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi,
Kontrol Mühendisliği, 2012

Lisans Üniversitesi: Münih Teknik Üniversitesi, *Erasmus*, Elektrotechnik, 2008-2009

Yayın Listesi:

Biçer,Y. , Özarpa C., Boke, E. , “Product Certification of Solar Photovoltaic Modules For Local Production, Problems and Solutions in Turkey”, *Solarpraxis, PV Power Plants 2014 - Turkey*

Biçer,Y. , Tem, A., Keleşer, S., Arınc, Ü.D., “Photovoltaic Modules Performance Tests, Inspection and Product Certification”, *7th International Ege Energy Symposium & Exhibition, June 18-20, 2014, Usak-Turkey*

Biçer,Y. , Özarpa C. , Boke, E., “Certification Issue of Solar Photovoltaic Modules For Local Production, Problems and Solutions in Turkey”, *International Conference On Clean Energy, 2014, Istanbul-Turkey*

Biçer,Y. , Tem, A., Arınc, Ü.D., “Photovoltaic Modules Performance Tests, Inspection and Product Certification for Domestic Production, *4th International %100 Renewable Energy Congress, 2014, Istanbul-Turkey*

Biçer,Y. , Özarpa C., Tem, A., “Certification Issues In The Solar Photovoltaic Sector For Integration Of Intelligent Homes With Smart Grid In Intelligent Cities, Problems and Solutions In Turkey, *2nd International Istanbul Smart Grid Congress and Fair, 2014, Istanbul-Turkey*

Haziran 2012 tarihinden itibaren İstanbul Büyükşehir Belediyesi iştiraklerinden UGETAM A.Ş firmasında Kontrol Mühendisi olarak çalışmakta olup yenilenebilir enerji konularında yapılmakta olan; yenilenebilir enerji eğitim merkezi kurulumu, PV modüller için akredite ürün belgelendirme sistemi oluşturulması, PV modüller ve PV santraller için akredite muayene sistemi oluşturulması, 13.8kWp’lik güneş santrali kurulması ve diğer Ar-Ge projelerinde çalışmalarını devam ettirmektedir.