Verimli Güneş Paneli Üretim Hattı Tasarımı

Her Detayın Kaliteye, Verime ve Maliyete Katkısı



Mithat AKTAŞ, PhD

yaz
yayınları

VERİMLİ GÜNEŞ PANELİ ÜRETİM HATTI TASARIMI

Her Detayın Kaliteye, Verime ve Maliyete Katkısı

Miktat AKTAŞ, PhD

yaz
yayınları

2026

yaz
yayınları

VERİMLİ GÜNEŞ PANELİ ÜRETİM HATTI TASARIMI

Her Detayın Kaliteye, Verime ve Maliyete Katkısı

Yazar: Miktat AKTAŞ, PhD

ORCID NO: 0000-0002-0731-5668

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

ISBN 978-625-8926-61-3

Ekim 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

ÖZET

Bu kitap, kristal silisyum fotovoltaik (FV) modül üretim hattının tasarımını "verimlilik" ölçütü etrafında ele almaktadır. Verimlilik burada yalnızca saatte üretilen panel sayısı olarak değil; birim malzeme, enerji ve insan emeğiyle sahaya ulaşan sağlam ve nominal gücünü koruyan panel miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bölümün temel savı, bir panel üretim hattında hiçbir ayrıntının "küçük" olmadığıdır: ön camın temizliğinden şerit gerilimine, EVA/POE jelleşme oranından laminatör basınç profiline, etiket okuma doğruluğundan operatörün eldiven seçimine kadar her ayrıntı, ya ürünün ilk gününden itibaren sahip olacağı gücü ya da 30 yıllık ömrü boyunca göstereceği dayanıklılığı doğrudan etkilemektedir.

Bölümde önce modülün katmanlı yapısı ve her katmanın işlevi açıklanmış, ardından hat tasarımının temel ilkeleri (takt süresi, hat dengeleme, OEE, ilk geçiş verimi ve kümülatif verim) sayısal bir örnekle gösterilmiştir. Girdi malzeme kontrolünden paketlemeye kadar her istasyon için "bu detay neden önemli?" sorusu yanıtlanmış, hasar mekanizmaları sınıflandırılmış ve kalite güvence mimarisi hata maliyetinin tespit aşamasına göre nasıl katlandığı üzerinden kurulmuştur.

Elektrolüminesans (EL) görüntüleme ve yapay zekâ destekli denetim, yayımlanmış açık veri setleri ve literatür ışığında; hangi kararların otomatikleştirilebileceği, yanlış alarmın hat üzerindeki yükü ve modelin hatta alınmadan önce nasıl doğrulanacağı açısından ele alınmıştır.

Kitap bölümü, hat yerleşiminden iş sağlığı ve güvenliğine, izlenebilirlikten ekonomik analize kadar bütüncül bir tasarım çerçevesi sunmakta ve 300 MW yıllık kapasiteli varsayımsal bir hat üzerinde tüm hesapları uçtan uca göstermektedir.

Anahtar sözcükler: fotovoltaik modül, üretim hattı tasarımı, kalite güvence, elektrolüminesans, derin öğrenme, OEE, hat dengeleme

ABSTRACT

This book chapter treats the design of a crystalline-silicon photovoltaic (PV) module production line around the notion of efficiency, defined not merely as panels per hour but as the number of sound, nameplate-rated modules delivered to the field per unit of material, energy and labour. Its central claim is that no detail on a module line is minor: from the cleanliness of the front glass to ribbon tension, from the gel content of EVA/POE to the laminator pressure profile, from label-reading accuracy to the choice of operator gloves, each detail directly influences either the power a module has on day one or its durability over 30 years.

The chapter explains the layered structure of the module, presents the principles of line design (takt time, line balancing, OEE, first-pass and rolled throughput yield) with a worked example, justifies every station by answering "why does this detail matter?", classifies damage mechanisms, and builds a quality-assurance architecture on the escalation of failure cost with the stage of detection.

Electroluminescence (EL) imaging and AI-assisted inspection are discussed on the basis of published literature and open datasets, with emphasis on the false-alarm burden in a low-prevalence stream and on validation before deployment. All numerical examples are hypothetical and serve to demonstrate the method.

Keywords: photovoltaic module, production line design, quality assurance, electroluminescence, deep learning, OEE, line balancing

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ: ÜRETİM HATTI NEDEN BİR TASARIM PROBLEMİDİR? 1

1.1. Güneş modülü: basit görünen karmaşık bir ürün 1

1.2. Verimlilik kavramının üç katmanı 1

1.3. "Her ayrıntı önemlidir" savı 2

1.4. Bu bölümün dayandığı kaynaklar 3

1.5. Bölümün yapısı 4

1.6. Okuma kılavuzu 5

2. ÜRÜNÜ TANIMAK: MODÜLÜN ANATOMİSİ, HÜCRE TEKNOLOJİLERİ VE TARİHSEL GELİŞİM 7

2.1. Katmanlı yapı 7

2.2. Ön cam: ışığın ilk karşılaştığı yüzey 9

2.3. Kapsülleyici: EVA ve POE 9

2.4. Hücre dizisi: modülün kalbi 11

2.5. Şerit, busbar ve lehim bağlantıları 11

2.6. Hücre teknolojilerinin tarihsel gelişimi 12

2.7. Hücre mimarileri 14

2.8. Wafer ve hücre formatları 18

2.9. Busbar mimarileri 20

2.10. Hücre sayısı ve modül konfigürasyonları 22

2.11. Güncel maksimum panel güçleri ve sınırlar 24

2.12. Güç sınıfının hat hesaplarına etkisi 25

2.13. Arka yüzey: backsheet ve ikinci cam 27

2.14. Bağlantı kutusu, diyotlar ve kablolar 27

2.15. Çerçeve ve kenar sızdırmazlığı 27

2.16. Modül elektrik parametreleri ve neden ölçülür 28

2.17. Bölüm özeti 28

3. HAT TASARIMININ SAYISAL İLKELERİ 29

3.1. Hedef kapasiteden takt süresine 29

3.2. Darboğaz ve hat dengeleme 30

3.3. Hücre ve malzeme akış hızı 32

3.4. Hat kullanılabilirliği: arızalar, tamponlar ve %85'in kaynağı 33

3.5. OEE: Genel Ekipman Verimliliği 35

3.6. İlk geçiş verimi ve kümülatif verim 36

3.7. Hata maliyeti ve tespit aşaması 38

3.8. Duyarlılık analizi: takt süresi varsayımlara ne kadar bağlıdır? 40

3.9. Tasarım ilkeleri özeti 41

4. GİRDİ MALZEME VE HÜCRE KALİTE KONTROLÜ 43

4.1. Neden gelen malzeme kontrolü? 43

4.2. Hücre kalite kontrolü 43

4.2.1. Hücrede neye bakılır? 43

4.2.2. Wafer ve hücre üretiminin hat için sonuçları 44

4.3. Hücre ve modül hasarını görüntüleme yöntemleri 45

4.4. Diğer girdilerin kontrolü 46

4.4.1. Ön cam 46

4.4.2. Kapsülleyici (EVA/POE) 46

4.4.3. Backsheet ve arka cam 46

4.4.4. Şerit, busbar ve lehim 46

4.4.5. J-box, diyot, kablo ve çerçeve 47

4.5. Kabul kriterleri ve örnekleme 47

4.6. Taşıma, depolama ve ambalaj 48

4.7. Tedarikçi yönetimi: kaliteyi kapıya gelmeden kurmak 49

4.8. Depolama koşulları ve malzeme ömrü 51

4.9. Bölüm özeti 52

5. SÜREÇ ADIMLARI I: CAM, SERME, STRİNGER VE LEHİMLEME 53

5.1. İstasyon 1: Cam yükleme ve yıkama 53

5.1.1. Amaç 53

5.1.2. Kritik parametreler 53

5.1.3. Tipik hatalar ve sonuçları 53

5.2. İstasyon 2: Ön kapsülleyici serimi 54

5.2.1. Amaç ve yöntem 54

5.2.2. Kritik parametreler 54

5.2.3. Tipik hatalar 54

5.3. İstasyon 3: Stringer / tabber 55

5.3.1. İşleyiş 55
5.3.2. Kritik parametreler 55
5.3.3. Tipik hatalar 56
5.3.4. Stringer'ın hattın hızına etkisi 56
5.4. İstasyon 4: Dizi dizilimi ve busbar lehimleme 56
5.4.1. Süreç 57
5.4.2. Kritik parametreler 57
5.4.3. Tipik hatalar 57
5.5. İstasyon 5: Arka kapsülleyici ve arka yüzey 58
5.5.1. Kritik parametreler 58
5.5.2. Tipik hatalar 58
5.6 Bağlantı metalurjisi: lehim, tel ve alternatif birleştirme yöntemleri 59
5.7. Hücre kesimi: yarım ve dilimlenmiş hücre hatları 60
5.8. Hat içi taşıma ve tampon alanları 61
5.9. Süreç parametrelerinin kontrol altında tutulması 62
5.10. Bölüm özeti 63
6. SÜREÇ ADIMLARI II: EL-1, LAMİNASYON, ÇERÇEVELEME VE FİNAL TESTLER 65
6.1. İstasyon 6: EL-1, birinci kalite kontrol ve sınıflandırma ... 65
6.1.1. Konumu ve rolü 65
6.1.2. Çalışma ilkesi 66
6.1.3. Kritik parametreler 66

6.1.4. Tipik hatalar 66

6.2. İstasyon 7: Laminasyon 67

6.2.1. Süreç aşamaları 67

6.2.2. Kritik parametreler 68

6.2.3. Tipik hatalar 68

6.2.4. Laminasyon fiziği: sıcaklık, vakum ve basıncın birlikte rolü 69

6.2.5. Laminatör ve hat dengesi 71

6.3. İstasyon 8: Görsel kontrol 71

6.4. İstasyon 9: Kırpma (trimming) 71

6.5. İstasyon 10: Çerçeveleme 72

6.5.1. Kritik parametreler 72

6.5.2. Tipik hatalar 72

6.5.3. Silikon kürü ve bekleme 72

6.6. İstasyon 11: Bağlantı kutusu (J-box) 73

6.6.1. Kritik parametreler 73

6.6.2. Tipik hatalar 73

6.7. İstasyon 12: Etiketleme ve izlenebilirlik kaydı 74

6.8. İstasyon 13: Flaş test (güneş simülatörü) 74

6.8.1. Kritik parametreler 74

6.8.2. Tipik hatalar 74

6.8.3. Ölçüm ayrıntıları ve belirsizlik 75

6.9. İstasyon 14: EL-2 ve son kontrol 76

6.10. İstasyon 15: Yüksek gerilim (hi-pot) ve yalıtım testi..... 76

6.11. İstasyon 16: Paketleme..... 77

6.11.1. Kritik parametreler..... 77

6.11.2. Tipik hatalar..... 77

6.12. Bölüm özeti..... 79

7. HASAR MEKANİZMALARI: HAT İÇİNDE NELER TERS GİDEBİLİR?..... 81

7.1. Hasarın modül performansına etkisi..... 81

7.2. Hasar taksonomisi..... 82

7.3. EL görüntülerinde başlıca hasar görünümleri..... 83

7.3.1. Mikro çatlak ve kırık..... 83

7.3.2. Parçalanmış hücre..... 84

7.3.3. Finger kesintisi..... 84

7.3.4. Temassızlık (kopuk ya da zayıf bağlantı)..... 84

7.3.5. Malzeme kaynaklı homojensizlik..... 84

7.3.6. Birden fazla kusurun birlikteliği..... 84

7.3.7. Ölçüm artefaktı (görüntüleme kaynaklı)..... 85

7.4. Hasarın büyüklük ve konumu..... 86

7.5. Gizli hasar problemi: fabrikada görünmeyen, sahada büyüyen..... 86

7.6. Hasar kaynaklarının istasyonlara eşlenmesi..... 87

7.7. Sahada ortaya çıkan bozunma mekanizmaları ve hatla ilişkisi..... 87

7.7.1. Işık ve sıcaklıkla ilişkili bozunmalar (LID, LeTID, UVID) 88
7.7.2. Potansiyel kaynaklı bozunma (PID) 89
7.7.3. Nem, sıcak–nemli ortam ve kapsülleyici bozunması. 89
7.7.4. Isıl çevrim, mekanik yük ve lehim yorulması..... 90
7.7.5. Sıcak nokta ve diyot hataları..... 90
7.7.6. Salyangoz izi ve görünür değişimler 91
7.7.7. Mekanizma–neden–test–hat parametresi özeti 91
7.7.8. Garanti bağlamı ve hattın sorumluluğu..... 93
7.8. Bölüm özeti 93
8. KALİTE GÜVENCE MİMARİSİ..... 95
8.1. Üç savunma hattı: önleme, tespit, düzeltme..... 95
8.2. Kontrol noktalarının yerleşimi 96
8.3. Süreç kontrolü: istatistiksel yaklaşım 97
8.4. Hata önleyici tasarımlar (poka-yoke) 98
8.5. Onarım hücresi tasarımı 98
8.6. Kök neden analizi ve düzeltici faaliyet..... 99
8.7. Kalite maliyeti: önleme, değerlendirme, hata..... 100
8.8. Kalite kayıtları ve belgelendirme 100
8.9. Standartlar ve sertifikasyon bağlamı 100
8.9.1. Tip onayı, seri üretim ve yeniden doğrulama tetikleyicileri 101
8.10. İstatistiksel süreç kontrolü ve süreç yeterliliği 103

8.11. Ölçüm sistemi analizi 105

8.12. Hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) 106

8.13. Deney tasarımı ile süreç penceresinin bulunması 108

8.14. Bölüm özeti 109

9. EL GÖRÜNTÜLEME VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DENETİM 111

9.1. EL görüntülemenin üretim hattındaki yeri 111

9.2. Otomatik analiz neden zordur? 112

9.3. Derin öğrenme yöntemlerine kısa bir giriş 113

9.4. Hat için görev tasarımı 114

9.5. Hasarlıların azınlık olduğu bir akışta yanlış alarm aritmetiği 115

9.6. Hat entegrasyonu: karar mantığı 117

9.7. Zaman bütçesi 118

9.8. Doğrulama protokolü 119

9.9. Veri yönetimi ve etiketleme politikası 120

9.10. Sürekli izleme ve model yaşam döngüsü 120

9.11. Bölüm özeti 121

10. İZLENEBİLİRLİK, VERİ VE DİJİTAL ALTYAPI 123

10.1. İzlenebilirlik neden gereklidir? 123

10.2. Panel kimliği: seri numarası ve barkod 124

10.3. Üç düzeyli izlenebilirlik 124

10.4. Üretim yürütme sistemi (MES) ve makine entegrasyonu 125
10.5. Görüntü verisi yönetimi 126
10.6. Dijital ikiz ve süreç analitiği 127
10.7. Siber güvenlik ve veri bütünlüğü 128
10.8. Veri kalitesi: yanlış veri, yanlış karardan beterdir 128
10.9. Bölüm özeti 128
11. PERFORMANS GÖSTERGELERİ VE EKONOMİK DEĞERLENDİRME 131
11.1. Gösterge ağacı 131
11.2. OEE'nin kayıp ağacı 133
11.3. Hurda, onarım ve yeniden işleme maliyeti 134
11.4. Örnek ekonomik analiz: operatör gözetimli EL-1'den yapay zekâ destekli EL-1'e geçiş 134
11.4.1. Varsayımlar 134
11.4.2. Yatırımın değeri 137
11.5. Maliyet yapısı, yatırım ve birim maliyet 138
11.6. Hedef belirleme ve iyileştirme döngüsü 140
11.7. Bölüm özeti 140
12. FABRİKA YERLEŞİMİ, İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ, SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK 141
12.1. Hat yerleşimi: akış ilkeleri 141
12.2. Ortam koşulları 142

12.3. Malzeme akışı ve depolama 143
12.4. İş sağlığı ve güvenliği (İSG) 143
12.4.1. Önleme hiyerarşisi 144
12.4.2. Elektriksel güvenlik 145
12.4.3. Ergonomi 145
12.4.4. Yangın ve kimyasal güvenlik 145
12.5. Sürdürülebilirlik 146
12.5.1. Yaşam döngüsü bakışı ve hattın payı 146
12.5.2. Hurda azaltmanın çevresel değeri 146
12.5.3. Enerji, su ve atık 147
12.5.4. Ürün ömrü sonu ve düzenleyici çerçeve 148
12.5.5. Altyapı, personel ve yerel bağlam 148
12.6. Bölüm özeti 150
13. BÜTÜNLEŞİK ÖRNEK: 300 MW'LIK HATTIN TASARIM ÖZETİ 151
13.1. Tasarım girdileri 151
13.2. İstasyon dizilimi ve kapasite 151
13.3. Kalite kontrol noktaları 153
13.4. Hedef göstergeler 154
13.5. Devreye alma ve olgunlaştırma yol haritası 154
13.6. Risk kaydı 156
13.7. Senaryo analizi: hedef değişirse ne olur? 156
13.8. Tasarım kararlarının özeti 157
13.9. Bölüm özeti 158

14. BAKIM STRATEJİSİ: MAKİNEYİ GÜVENİLİR TUTMANIN AYRINTILARI 159

14.1. Bakım yaklaşımlarının evrimi 159

14.2. Kritik makineler ve bakım odağı 160

14.3. Kalibrasyon ve ölçüm sistemi bakımı 161

14.4. Yedek parça yönetimi 161

14.5. Arıza göstergeleri: MTBF ve MTTR 162

14.6. Planlı duruşların yönetimi 162

14.7. Operatör temelli bakım 162

14.8. Yazılım ve model bakımı 163

14.9. Bölüm özeti 163

15. İNSAN FAKTÖRÜ, STANDART ÇALIŞMA VE EĞİTİM .. 165

15.1. Manuel adımların kalite riski 165

15.2. Standart çalışma talimatları 166

15.3. Eğitim ve yetkinlik 167

15.4. İnsan-makine arayüzü tasarımı 168

15.5. Vardiya düzeni ve yorgunluk 168

15.6. Kalite kültürü ve sürekli iyileştirme 168

15.7. Bölüm özeti 169

16. HÜCRE TEKNOLOJİLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN HAT TASARIMINA ETKİSİ 171

16.1. Hücre boyutları ve formatları 171

16.2. Çoklu bara, yarım hücre ve dilimlenmiş mimariler 172

16.3. Yeni nesil hücre türleri 172

16.4. Çift cam ve çerçevesiz modüller 173

16.5. Bifacial (çift yüzlü) modüller 173

16.6. Otomasyon ve robotik eğilimleri 174

16.7. Teknoloji değişimini yönetmek 174

16.8. Bölüm özeti 175

17. SONUÇ VE ÖNERİLER 177

17.1. Ana mesajlar 177

17.2. Çalışmanın sınırları 178

17.3. Son söz 178

KAYNAKLAR 179

Ek A. Ayrıntıların Katkı Matrisi 183

Ek B. İstasyon Kontrol Listeleri 187

Ek C. Terimler Sözlüğü 190

YAZAR HAKKINDA 192

Şekiller Listesi

Şekil 1.1. Kristal silisyum FV modül üretim hattının genel akışı (60/72 hücreli, cam-backsheet veya cam-cam). Kırmızı kutular ölçüm istasyonlarıdır.

Şekil 2.1. Kristal silisyum FV modülün katmanlı yapısı (kesit şeması).

Şekil 2.2. Yaygın wafer formatlarının ölçekli karşılaştırması. Kesikli çerçeve 182 × 210 mm dikdörtgen formatı göstermektedir.

Şekil 2.3. Aynı yıllık kapasite (300 MW) için modül gücü sınıfına göre takt süresi (varsayımsal; 6.120 üretken saat, %98 başlangıç verimi).

Şekil 3.1. Örnek hatta istasyon çevrim süreleri ve takt süresi (varsayımsal). En uzun çevrim süresine sahip istasyon (bara bağlantısı) darboğazdır.

Şekil 3.2. Tampon kapasitesinin plansız arızalara bağlı hat kullanılabilirliğine etkisi (simülasyon, varsayımsal parametreler). Tavan, darboğaz istasyonunun kendi kullanılabilirliğidir.

Şekil 3.3. Örnek hat için OEE bileşenleri (varsayımsal).

Şekil 3.4. İstasyon FPY değerleri ve kümülatif verim (RTY), örnek değerlerle.

Şekil 3.5. 100 panel başına ilk geçiş, onarım ve hurda akışı (varsayımsal örnek).

Şekil 3.6. Hatanın tespit edildiği aşamaya göre bedeli (bitmiş panel maliyetinin yüzdesi olarak, varsayımsal malzeme listesiyle; logaritmik eksen).

Şekil 6.1. Laminasyon çevriminin şematik profili (tipik, ölçekli değil; gerçek değerler kapsülleyici reçetesine ve laminatöre göre değişir).

Şekil 7.1. Hat parametresinden sahaya: parametre–mekanizma–belirti–test zinciri

Şekil 9.1. ELPV veri setinde dört kategorinin dağılımı [5]. Orta hasarlı sınıf çok az örnekle temsil edilmektedir.

Şekil 9.2. EL-1 istasyonunda yapay zekâ destekli denetimin genel akışı (şema).

Şekil 11.1. Yapay zekâ destekli EL-1 yatırımının net bugünkü değerinin varsayımlara duyarlılığı (varsayımsal; her çubuk, bir parametrenin tabloda belirtilen iki uç değerini gösterir).

Şekil 11.2. Örnek panelin birim maliyetindeki pay dağılımı (varsayımsal).

Şekil 12.1. Örnek hat yerleşimi (şematik). Malzeme akışı tek yönlüdür; onarım hücresi EL-1 ile laminatör arasındadır.

Tablolar Listesi

Tablo 2.1. Modül katmanları, işlevleri ve hattaki karşılıkları

Tablo 2.2. Tipik amiral gemisi modül gücünün gelişimi (yaklaşık değerler; ürün aralığı yıllara göre geniştir)

Tablo 2.3. Hücre mimarilerinin karşılaştırması (hücre verimleri yaklaşık sektör aralıklarıdır; modül verimleri ITRPV 2025 ortalamaları ve 2026 listesidir)

Tablo 2.4. Yaygın wafer formatları ve yaklaşık alanları

Tablo 2.5. Busbar mimarilerinin hat tasarımına etkisi

Tablo 2.6. Ağustos 2026 listesinden seçilmiş yüksek güçlü modüller [16]

Tablo 2.7. Modül gücü sınıfına göre 300 MW'lık hattın takt süresi (varsayımsal)

Tablo 2.8. Modülün temel elektriksel parametreleri ve ölçümün amacı

Tablo 3.1. Tampon kapasitesine göre plansız arızaların hat çıktısına etkisi (simülasyon; varsayımsal parametreler)

Tablo 3.2. Örnek hatta %85 kullanılabilirliğin varsayımsal dökümü

Tablo 3.3. Kullanılabilirlik ve hat veriminin takt süresine etkisi (300 MW, 450 Wp, 7.200 saat)

Tablo 3.4. Bölümde kullanılan temel hat göstergeleri (örnek hat)

Tablo 4.1. Hücre/modül hasarını görüntüleme yöntemlerinin hat açısından karşılaştırması

Tablo 4.2. Girdi malzemeler için örnek gelen kontrol planı

Tablo 4.3. Malzeme grubuna göre tedarikçi yönetiminde izlenecek ana göstergeler

Tablo 5.1. Laminasyon öncesi istasyonlar: kritik parametreler ve ilişkili hasarlar

Tablo 6.1. Laminasyon sonrası ve test istasyonlarının özeti

Tablo 7.1. Hasar aileleri, tipik oluşum noktaları ve görünürlük

Tablo 7.2. EL'de görülen başlıca hasar grupları, olası hat kaynağı ve önerilen eylem (örnek karar eşlemesi)

Tablo 7.3. İstasyon–hasar risk matrisi (● güçlü, ○ olası ilişki)

Tablo 7.4. Bozunma mekanizmaları, hızlandırılmış testler ve hat parametreleri

Tablo 8.1. Kontrol noktaları, yakaladığı hatalar ve hata sonrası eylem imkânı

Tablo 8.2. Test, hat parametresi ve yeniden doğrulama tetikleyicisi (çalışma taslağı)

Tablo 8.3. Varsayımsal örnek: Cpk değerine karşılık gelen yaklaşık hata oranları (normal dağılım, merkezlenmiş süreç)

Tablo 8.4. Varsayımsal FMEA örneği: stringer istasyonu (puanlar yöntemi göstermek içindir)

Tablo 9.1. Varsayımsal örnek: hücre özgüllüğünün panel bazlı yanlış alarma, kesinliğe ve operatör yüküne etkisi (hasarlı panel oranı %1,4; duyarlılık %90; 72 hücre; 118 panel/saat)

Tablo 10.1. İzlenebilirlik verisi: ne, nerede kaydedilir, ne işe yarar

Tablo 11.1. Panel hattı için temel göstergeler, tanımları ve izleme sıklığı

Tablo 11.2. Örnek hesap: yıllık beklenen kayıp (varsayımsal birimlerle)

Tablo 12.1. İstasyon bazlı başlıca iş sağlığı ve güvenliği tehlikeleri ve önlemler

Tablo 12.2. Altyapı ve personel planlama başlıkları (kontrol listesi)

Tablo 13.1. Örnek hattın tasarım girdileri

Tablo 13.2. Örnek hat: istasyonlar, kapasite ve kullanım oranı (varsayımsal)

Tablo 13.3. Örnek hat için hedef göstergeler

Tablo 13.4. Örnek hat için başlıca riskler ve önlemler

Tablo 14.1. İstasyon bazında kritik bakım kalemleri ve kalite ile ilişkisi

Tablo 15.1. Örnek: onarım hücresi talimatında yer alması gereken unsurlar

Tablo 16.1. Teknoloji değişimi: hat tasarımı için sorulması gereken sorular

Tablo A.1. Ayrıntı–katkı matrisi

Tablo B.1. Laminasyon öncesi istasyonlar için vardiya başı kontrol listesi

Tablo B.2. Laminasyon sonrası ve test istasyonları için vardiya başı kontrol listesi

Tablo B.3. Değişim (ürün tipi / malzeme partisi) sonrası doğrulama listesi

Tablo C.1. Terimler ve kısa açıklamaları

"Kitabın hazırlanması sırasında dil bilgisi ve üslubu geliştirmek amacıyla yapay zekâ tabanlı yazım araçlarından yararlanılmış; içerik yazar tarafından gözden geçirilip düzenlenmiştir. Kitabın içeriğine ilişkin tüm sorumluluk yazara aittir."

Miktat AKTAŞ, PhD

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

VERİMLİ GÜNEŞ PANELİ ÜRETİM HATTI TASARIMI

Her Detayın Kaliteye, Verime ve Maliyete Katkısı

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com

ISBN: 978-625-8926-61-3
9 786258 926613