

**BAHRİ BUDAK**  
TEKSTİL PROSES DANIŞMANLIĞI

TEKSTİL VE TEKNİK YAYINLAR • BB-TY-01

# Pamuk/Polyester Kumaşlarda Haslık Sorunları

**Multifibre Poliamid/Naylon  
Bandının Kirlenmesi**

Kök nedenler, saha teşhisi ve proses çözüm yöntemleri. **Dispers boyarmadde transferi, hidrolize reaktif kalıntısı, indirgeme temizliği ve termomigrasyon birbirinden ayrılarak değerlendirilmiştir.**

TEKNİK KAPSAM

ANA PROBLEM

PROSESLER

YAYIN

**BAHRİ BUDAK**

Tekstil Boyama ve Apre Uzmanı • bahribudak.com

# Pamuk/Polyester Kumaşlarda Multifibre Poliamid/Naylon Bandının Kirlenmesi

## Özet

Pamuk/Polyester (CO/PES) kumaşlarda çok lifli refakat bezinin Poliamid/Naylon (PA) bandında görülen kirlenme, tek başına "reaktif boyarmaddenin iyi yıkanmadığı" şeklinde değerlendirilmemelidir. Bu problem çoğu işletmede iki ana kaynaktan doğar:

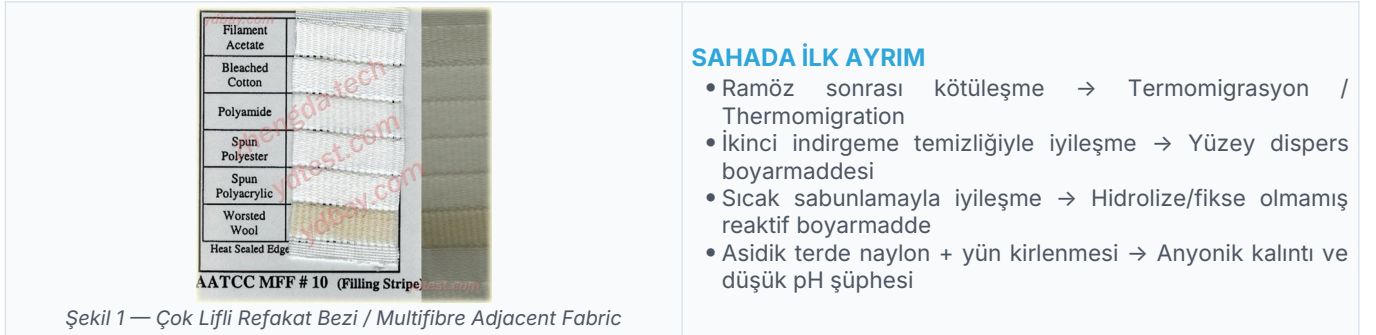
1. Polyester üzerinde kalan veya ramöz sırasında yeniden yüzeye çıkan dispers boyarmadde,
2. Pamuk üzerinde bulunan hidrolize, fikse olmamış ya da yeterince uzaklaştırılmamış reaktif boyarmadde.

Poliamid lifi hem bazı dispers boyarmaddeleri fiziksel bağlarla alabilir hem de özellikle asidik şartlarda anyonik yapıdaki reaktif boyarmaddeleri protonlanmış amino grupları üzerinden adsorplayabilir. Bu nedenle multifibre üzerindeki naylon bandı, kumaştan ayrılan çok düşük miktardaki hareketli boyarmaddeyi dahi görünür hale getiren hassas bir "toplayıcı lif" gibi davranır. Dispers boyarmaddelerin poliamide uygulanabildiği ve poliamidin anyonik reaktif boyarmaddeleri özellikle düşük pH değerlerinde adsorplayabildiği deneysel olarak gösterilmiştir. (MDPI)

Sorunun gerçek kaynağını bulmak için yalnızca nihai kumaşa bakmak yeterli değildir. Polyester boyama sonu, indirgeme temizliği sonrası, reaktif yıkama sonrası, ramöz öncesi ve ramöz sonrası numuneler aynı haslık metoduyla karşılaştırılmalıdır. Ramözden sonra ani kötüleşme Termomigrasyon / Thermomigration şüphesini; ikinci indirgeme temizliğinden sonra iyileşme yüzey dispers boyarmaddesini; sıcak sabunlamadan sonra iyileşme ise hidrolize reaktif boyarmaddeyi işaret eder.

Bu makalede naylon kirlenmesinin kimyasal mekanizması, sahada uygulanabilecek kök neden analizi, proses aşamalarına göre düzeltici faaliyetler ve üretim kontrol planı ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Pamuk/Polyester, CO/PES, multifibre, naylon kirlenmesi, poliamid, dispers boyarmadde, reaktif boyarmadde, indirgeme temizliği, termomigrasyon, ramöz, yıkama haslığı.



Şekil 1 — Çok Lifli Refakat Bezi / Multifibre Adjacent Fabric

### SAHADA İLK AYRIM

- Ramöz sonrası kötüleşme → Termomigrasyon / Thermomigration
- İkinci indirgeme temizliğiyle iyileşme → Yüzey dispers boyarmaddesi
- Sıcak sabunlamayla iyileşme → Hidrolize/fikse olmamış reaktif boyarmadde
- Asidik terde naylon + yün kirlenmesi → Anyonik kalıntı ve düşük pH şüphesi

## 1. Problemin Doğru Tanımlanması

### 1.1. Renk değişimi ile refakat bezi kirlenmesi aynı şey değildir

**Haslık testinde iki ayrı sonuç değerlendirilir:**

- Kumaşın kendi rengindeki değişim / Colour Change
- Refakat bezindeki kirlenme / Staining

Kumaşın renk değişimi iyi olduğu halde multifibre naylon bandı düşük çıkabilir. Bu durumda esas problem, kumaşın ana renginin açılması değil; kumaştaki hareketli boyarmaddenin test ortamında serbest kalması ve naylona taşınmasıdır.

ISO 105-F10, kirlenmenin değerlendirilmesinde kullanılan çok lifli refakat bezlerinin standart özelliklerini tanımlar. Yıkama haslığı için ISO 105-C06, kirlenmenin gri skala ile değerlendirilmesi için ISO 105-A03 kullanılır. ISO 105-C06:2010, 2026 yılında yeniden gözden geçirilerek yürürlükte olduğu teyit edilen güncel baskıdır. AATCC sisteminde hızlandırılmış yıkama haslığı için AATCC TM61 kullanılır. (ISO)

#### Burada kritik konu şudur:

Aynı kumaş, farklı test metotları veya aynı metodun farklı alt seçenekleriyle aynı sonucu vermeyebilir.

Test sıcaklığı, deterjan tipi, ağartıcı sistemi, mekanik etki, çelik bilye kullanımı, süre ve refakat bezi tipi değiştiğinde kirlenme derecesi de değişebilir. Bu nedenle üretim problemi araştırılırken test metodu ve alt metot numarası sabitlenmelidir.

### 1.2. "Naylon kirleniyor" ifadesi tek başına yeterli değildir

**Aşağıdaki bilgiler olmadan yapılan yorum eksik kalır:**

Sorgulanması gereken bilgi	Teknik önemi
Hangi testte kirleniyor?	Yıkama, su ve ter haslığı farklı mekanizmaları harekete geçirir.
Asidik mi, alkali ter mi?	Poliamidin anyonik boyarmadde alma davranışı pH ile değişir.
Ramöz öncesinde sonuç nedir?	Boyama-yıkama problemi ile termomigrasyonu ayırır.
Hangi renklerde ortaya çıkıyor?	Tek bir trikomponent boyarmadde problemi olabilir.

Sorgulanması gereken bilgi	Teknik önemi
Sadece naylon mu, asetat ve polyeester de mi kirleniyor?	Boyarmadde sınıfı hakkında ilk ipucunu verir.
Pamuk bandı da kirleniyor mu?	Reaktif veya direkt karakterli serbest boyarmadde ihtimalini yükseltir.
Boyama rotası nedir?	Tek banyo veya yetersiz ara yıkama riski değiştirir.
Apren reçetesi nedir?	Yumuşatıcı ve yüksek sıcaklık hareketliliği artırabilir.

## 2. Poliamid/Naylon Bandı Neden Kolay Kirlenir?

### 2.1. Naylon, dispers boyarmaddeye karşı tamamen inert değildir

Poliamid, yalnızca asit boyarmaddeleriyle boyanan bir lif değildir. Uygun molekül yapısındaki dispers boyarmaddeler de poliamide fiziksel bağlarla tutunabilir. Özellikle düşük molekül ağırlıklı ve hareketliliği yüksek dispers boyarmaddeler naylona geçiş gösterebilir.

Poliamidin dispers boyarmaddelerle boyanabildiği; bu uygulamanın açık ve orta tonlarda kullanılabilirdiği, ancak koyu tonlarda yıkama haslığının sınırlı kalabildiği literatürde belirtilmektedir. Bu durum, polyeesterden test banyosuna çıkan dispers boyarmaddenin neden multifibre naylon bandına kolayca taşınabildiğini açıklar. (MDPI)

#### Başka bir ifadeyle:

Polyesterden ayrılan dispers boyarmadde suda tam çözünmek zorunda değildir. Dispersiyon halindeki çok küçük boyarmadde parçacıkları veya moleküler halde çözülmüş kısım naylon yüzeyine geçebilir.

Bu nedenle naylon bandındaki kirlenme, özellikle yıkama haslığında, çoğu zaman polyeester tarafının yüzey temizliğiyle ilişkilidir.

### 2.2. Naylon, anyonik reaktif boyarmaddeleri de adsorplayabilir

Reaktif boyarmaddelerin önemli bir kısmı sülfonat grupları taşıdığı için suda anyonik karakter gösterir. Poliamid üzerindeki amino grupları asidik şartlarda protonlanarak pozitif yük kazanır. Böylece negatif yüklü boyarmadde grupları ile poliamid arasında elektrostatik çekim oluşabilir.

Naylon 6 üzerinde Reactive Red 120 ile yapılan çalışmada, boyarmadde adsorpsiyonunun düşük pH değerlerinde belirgin biçimde arttığı; mekanizmanın elektrostatik çekim ve hidrojen bağlarıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir. (MDPI)

#### Bu mekanizma özellikle şu durumlarda önem kazanır:

- Asidik Ter Haslığı / Acid Perspiration Fastness
- Su Haslığı / Colour Fastness to Water
- Kumaş üzerinde fazla asit kalması
- Son nötralizasyonun kontrolsüz yapılması
- Fikse olmamış veya hidrolize reaktif boyarmaddenin yeterince uzaklaştırılmaması

Standart ter haslığı değerlendirmesi ISO 105-E04 kapsamında yapılır. (ISO)

### 2.3. Yıkama haslığında ilk şüphe hangisi olmalıdır?

Standart alkali deterjanlı yıkama testinde, yalnızca naylon bandında kirlenme görülüyor ve problem ramözden sonra artıyorsa ilk şüphe genellikle dispers boyarmaddeye atılır.

Asidik ter veya su haslığında naylon ve yün bandı birlikte kirleniyorsa, reaktif veya başka bir anyonik boyarmaddenin pH etkisiyle taşınması daha güçlü bir ihtimal haline gelir.

Bu ayırım kesin analiz değildir; sahada uygulanacak ilk yönlendirmedir.

## 3. Ana Kök Nedenler

### 3.1. Polyester yüzeyinde kalan dispers boyarmadde

Polyester boyama sırasında dispers boyarmadde önce banyo fazından lif yüzeyine gelir, daha sonra yüksek sıcaklık etkisiyle lifin amorf bölgelerine difüze olur. Boyama sonunda boyarmaddenin tamamı lifin içine yerleşmiş durumda değildir. Bir miktar boyarmadde:

- Lif yüzeyinde,
- Oligomer tabakası üzerinde,
- Yağ ve yardımcı madde kalıntılarında,
- Kumaşın sıkışık veya kırışık bölgelerinde,
- Dispersiyon halinde banyo içinde

kalabilir.

Bu yüzey boyarmaddesi uzaklaştırılmadığında yıkama testinde serbestleşerek multifibre naylon bandına geçer.

#### Yetersiz yüzey temizliğinin başlıca nedenleri

Kök neden	Sahadaki karşılığı
İndirgeme temizliğinin yapılmaması	"Açık renk, gerek yok" yaklaşımı
Süre veya sıcaklığın yetersizliği	Parti süresini kısaltma
Sodyum hidrosülfidin bozunması	Eski kimyasal, havayla temas, erken hazırlama
Yetersiz alkalilik	Reçete veya dozaj hatası

Kök neden	Sahadaki karşılığı
Redoks koşulunun korunamaması	Banyoya hava girişi veya yüksek oksijen yükü
Boyama banyosunun yeterince boşaltılmaması	Aynı kirli banyo üzerinde temizlik yapılması
Dispersant yetersizliği	Boyarmadde parçacıklarının tekrar çökmesi
Aşırı boya yükü	Koyu ton ve yetersiz makine yıkama kapasitesi
Uyuşmayan dispers boyarmadde kombinasyonu	Farklı enerji ve migrasyon karakterleri

İndirgeme Temizliği / Reduction Clearing, yüzeydeki fikse olmamış dispers boyarmaddenin kimyasal olarak parçalanmasını ve kumaştan uzaklaştırılmasını amaçlar. Cotton Incorporated teknik dokümanı, yalnız suyla yıkamanın bazı dispers boyarmadde kalıntılarını çıkarmakta yetersiz olduğunu ve sodyum hidrosülfid-sodyum hidroksit esaslı redüktif işlemin gerekli olabildiğini belirtmektedir. (Cotton Incorporated)

#### Kritik saha notu

İndirgeme temizliği yalnızca reçeteye kimyasal yazmak değildir. Aşağıdaki şartlar birlikte sağlanmalıdır:

- Temiz banyo,
- Doğru pH,
- Yeterli indirgeme potansiyeli,
- Kontrollü sıcaklık,
- Yeterli işlem süresi,
- İşlem sonrası etkili sıcak ve soğuk durulama,
- Kalıntı alkalinin kontrollü nötralizasyonu.

Hidrosülfidin makineye verilmiş olması, işlemin gerçekten indirgen şartlarda gerçekleştiğini kanıtlamaz. Mümkün olan işletmelerde pH ile birlikte Oksidasyon-İndirgeme Potansiyeli / Oxidation-Reduction Potential (ORP) de izlenmelidir.

### 3.2. Ramözde termomigrasyon

Polyester boyama ve indirgeme temizliği sonrasında kumaşın haslığı iyi olabilir. Ancak kumaş yüksek sıcaklıkta Ramöz / Stenter işlemine girdiğinde, polyesterin içine yerleşmiş dispers boyarmaddenin bir kısmı yeniden lif yüzeyine hareket edebilir. Bu olaya Termomigrasyon / Thermomigration denir.

Dispers boyarmaddenin molekül büyüklüğü ve lif içindeki hareketliliği termomigrasyonu etkiler. Yapılan araştırmalarda, polyesterin ısı işleminden sonra oluşan termomigrasyon ile yıkama haslığındaki düşüş arasında doğrudan ilişki bulunduğu; daha büyük ve hareketliliği düşük boyarmadde moleküllerinin daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. (Springer Link)

#### Termomigrasyonu artıran şartlar

- Gereğinden yüksek ramöz sıcaklığı,
- Uzun bekleme süresi / Dwell Time,
- Düşük makine hızı,
- Koyu renk ve yüksek boyarmadde konsantrasyonu,
- Küçük ve hareketli dispers boyarmadde molekülleri,
- Düşük süblimasyon haslıklı boyarmadde,
- Boyarmaddelerin farklı enerji sınıflarından seçilmesi,
- Yumuşatıcı, yağlayıcı veya bazı apre maddelerinin boyarmaddeyi çözündürmesi,
- Kumaşın birden fazla kez yüksek sıcaklıktan geçirilmesi.

Yumuşatıcı uygulanmış polyesterlerde ıslak haslığın düşebildiğini ve termal migrasyonun artabildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Ancak sonuç yalnız "silikon var veya yok" şeklinde yorumlanmamalıdır; yumuşatıcının kimyasal yapısı, uygulama miktarı, kurutma ve fikse sıcaklığı birlikte değerlendirilmelidir. (ResearchGate)

#### Termomigrasyonun en kuvvetli saha göstergesi

Aşama	Naylon kirlenmesi
Boyama ve yıkama sonrası	4-5
Kurutma sonrası	4-5
Ramöz veya yüksek sıcaklıklı apre sonrası	2-3

Bu örnekte yeniden sabunlama yapmak geçici iyileşme sağlayabilir; fakat boya seçimi veya ramöz şartları değiştirilmezse sonraki yüksek sıcaklık işleminde problem tekrar oluşur.

### 3.3. Pamuk üzerindeki hidrolize ve fikse olmamış reaktif boyarmadde

Reaktif boyarmaddenin hedefi, pamuk selülozunun hidroksil gruplarıyla kovalent bağ oluşturmaktır. Ancak alkali ortamda boyarmaddenin bir kısmı suyla reaksiyona girerek hidrolize olur. Hidrolize reaktif boyarmadde artık pamukla kovalent bağ kuramaz; buna rağmen lif üzerinde fiziksel olarak tutulabilir.

#### Reaktif boyama sonunda üç farklı boyarmadde grubu bulunur:

3. Pamuğa kimyasal olarak bağlanmış boyarmadde,
4. Hidrolize olmuş fakat lif üzerinde adsorbe edilmiş boyarmadde,
5. Banyo veya kumaş boşluklarında kalan serbest boyarmadde.

İkinci ve üçüncü gruplar etkili yıkama ve Sabunlama / Soaping ile uzaklaştırılmazsa haslık testinde dışarı çıkar. Reaktif boyarmadde yıkama işleminin amacı yalnız banyo rengini açmak değil, bağlanmamış ve hidrolize boyarmaddeyi liften

desorbe ederek sistemden uzaklaştırmaktır. Reaktif boyarmadde yıkama teknolojileri üzerine yapılan araştırmalar da fikse olmamış boyarmaddenin uzaklaştırılmasının yıkama haslığında belirleyici olduğunu göstermektedir. (MDPI)

### Reaktif yıkama yetersizliğinin başlıca nedenleri

- Fiksaj veriminin düşük olması,
- Gereğinden fazla tuz veya alkali kullanılması,
- Boyama sonunda tuzun yeterince uzaklaştırılmaması,
- Soğuk durulama sayısının azaltılması,
- Sabunlama sıcaklığının düşük kalması,
- Sabunlama süresinin yetersiz olması,
- Koyu renklerde düşük banyo değişim kapasitesi,
- Makinenin ölü bölgelerinde kirli flottenin kalması,
- Kumaşın sıkışık çalışması,
- Yıkama suyunun sertliği,
- Yüksek substantiviteli boyarmadde seçimi,
- Reaktif fiksatorle problemin örtülmeye çalışılması.

Polyester/pamuk kumaşların dispers ve reaktif boyarmaddelerle boyanmasından sonra her iki boyarmadde sınıfına uygun bir yıkama gerektiği; yalnızca tek bir temizlik mekanizmasının yeterli olmayabileceği gösterilmiştir. (ResearchGate)

### 3.4. Tek banyo prosesinin yarattığı riskler

Tek Banyo–İki Aşama / One-bath Two-stage prosesler su, zaman ve enerji açısından avantaj sağlayabilir. Ancak polyester ve pamuk için kullanılan boyarmadde sınıflarının kimyasal ihtiyaçları birbirinden farklıdır:

- Dispers boyarmadde: Asidik ortam ve yüksek sıcaklık,
- Reaktif boyarmadde: Elektrolit, alkali ve kontrollü fiksaj,
- İndirgeme temizliği: Kuvvetli indirgen ve alkali ortam,
- Reaktif yıkama: Hidrolize boyarmaddenin desorpsiyonu ve uzaklaştırılması.

Bu aşamaları aynı banyoda yürütmeye çalışmak pH geçişini, banyo temizliğini ve ara yıkamayı daha kritik hale getirir. Uygun boyarmadde ve yardımcı madde seçildiğinde tek banyo prosesleri başarılı olabilir; ancak proses toleransı iki banyolu sisteme göre genellikle daha dardır. Literatürde iyi sonuç veren özel tek banyo yöntemleri bulunmakla birlikte bunlar kontrollü yüzey modifikasyonu, özel boyarmadde seçimi veya optimize edilmiş proses koşullarına dayanmaktadır. (Springer Link)

Kalite riski yüksek koyu renklerde iki banyolu sistem, kök neden araştırmasında karşılaştırma standardı olarak kullanılmalıdır:

**Polyester boyama → indirgeme temizliği → tam durulama → pamuk reaktif boyama → reaktif yıkama → apre**

### 3.5. Apre kimyasalları ve kumaş pH'ı

Aprede kullanılan bazı katyonik ürünler, anyonik boyarmadde kalıntılarıyla kompleks oluşturabilir. Bu durum ilk bakışta akmayı azaltıyor gibi görünse de aşağıdaki riskleri doğurabilir:

- Ton değişimi,
- Matlaşma,
- Düzensizlik,
- Işık haslığında değişim,
- Sonraki yıkamalarda yeniden salınma,
- Multifibre kirlenmesinde farklı davranış.

Katyonik Fiksator / Cationic Fixing Agent, yetersiz reaktif yıkamanın yerine geçirilmemelidir. Önce serbest boyarmadde uzaklaştırılmalı, fiksator ancak ürün performansı ve müşteri şartnamesi gerektiriyorsa kullanılmalıdır.

Ayrıca kumaş üzerinde fazla asit kalması, özellikle su ve asidik ter haslığında naylonun anyonik boyarmadde alma eğilimini artırabilir. Bu nedenle yalnız ramöz flottesinin pH'ı değil, bitmiş kumaşın Su Ekstraktı pH'ı / pH of Aqueous Extract da kontrol edilmelidir.

## 4. Multifibre Kirlenme Deseninin Yorumlanması

Aşağıdaki tablo, kimyasal mekanizmaların sahaya uyarlanmış bir ön teşhisidir. Kesin karar, kademeli numune ve doğrulama deneyiyle verilmelidir.

Gözlem	İlk kuvvetli şüphe	Doğrulama deneyi
Yıkama haslığında yalnız naylon koyu kirleniyor	Hareketli dispers boyarmadde	İkinci indirgeme temizliği
Naylon ve asetat birlikte kirleniyor	Dispers boyarmadde transferi	Boyarmaddeleri tek tek test etme
Naylon kirlenmesi ramözden sonra belirginleşiyor	Termomigrasyon	Kimyasalsız laboratuvar ısıl işlemi
Naylon ve yün asidik terde kirleniyor	Anyonik reaktif kalıntısı ve düşük pH	Yoğun sıcak sabunlama ve pH kontrolü
Pamuk ile naylon birlikte kirleniyor	Hidrolize reaktif veya direkt karakterli boya	Reaktif yıkama tekrarı
Polyester, asetat ve naylon birlikte kirleniyor	Yüksek miktarda dispers yüzey boyası	İndirgeme temizliği ve dispersiyon kontrolü

Gözlem	İlk kuvvetli şüphe	Doğrulama deneyi
Ramöz öncesi iyi, yumuşatıcı sonrası kötü	Apré destekli termomigrasyon	Yumuşatıcısız/yumuşatıcılı bölünmüş deneme
Tüm bantlarda düzensiz kirlenme	Aşırı serbest boya veya test hatası	Kör numune ve laboratuvar kontrolü
Sonuçlar laboratuvardan laboratuvara değişiyor	Metot, multifiber veya değerlendirme farkı	Aynı lot refakat bezi ve ortak numune

## Renk tonunun verdiği ipucu

Multifibre naylon bandındaki kirlenme rengi de incelenmelidir.

Örneğin siyah reçete üç veya dört boyarmaddeden oluşuyorsa naylon üzerindeki kirlenme çoğu zaman ana kumaş renginin tam siyahı değildir. Kirlenme kırmızı, mavi veya mor tarafa kayabilir. Bu durum, reçetede tek bir dispers veya reaktif boyarmaddenin diğerlerinden daha hareketli olduğunu gösterir.

Bu nedenle yalnız toplam reçete değil, reçetede kullanılan her boyarmadde ayrı ayrı aynı koyuluk seviyesine getirilerek multifibre testine alınmalıdır.

## 5. Sahada Uygulanabilir Kök Neden Analizi

### 5.1. Proses boyunca kademeli numune alınması

Aynı partiden aşağıdaki beş numune alınmalıdır:

Numune	Alınacağı nokta	Aranan bilgi
A	Polyester boyama sonu, indirgeme öncesi	Yüzey dispers yükü
B	İndirgeme temizliği sonrası	Temizleme işleminin verimi
C	Reaktif boyama ve sabunlama sonrası	Pamuk tarafının yıkama kalitesi
D	Ramöz öncesi kuru kumaş	Boyahane çıkış performansı
E	Ramöz ve apré sonrası	Termomigrasyon ve apré etkisi

Tüm numuneler aynı test metodu, aynı multifibre lotu ve aynı değerlendirme şartlarında test edilmelidir.

### Sonuçların yorumu

- A kötü, B iyi: İndirgeme temizliği etkili çalışıyor.
- B kötü: Polyester yüzey temizliği yetersiz.
- B iyi, C kötü: Reaktif boyama veya reaktif yıkama problem yaratıyor.
- C ve D iyi, E kötü: Ramöz/termomigrasyon veya apré kimyasalı.
- Tüm aşamalar kötü: Boyarmadde seçimi, temel proses veya test yöntemi birlikte incelenmeli.
- Üretim numunesi iyi, laboratuvar sonucu değişken: Numune hazırlama ve test standardizasyonu kontrol edilmeli.

### 5.2. Üç doğrulama deneyi

#### Deney 1 — İkinci indirgeme temizliği

Bitmiş kumaşın bir parçasına kontrollü ikinci İndirgeme Temizliği / Reduction Clearing uygulanır. Ardından aynı haslık testi tekrarlanır.

Naylon kirlenmesi belirgin şekilde iyileşirse:  
Problem büyük olasılıkla yüzeydeki dispers boyarmadde veya ramözle yüzeye çıkmış dispers boyarmadde.

İyileşme olmazsa:

Reaktif kalıntısı, boyarmadde seçimi, apré maddesi veya test koşulları araştırılmalıdır.

#### Deney 2 — İndirgensiz yoğun sıcak sabunlama

İkinci parçaya indirgen kimyasal kullanılmadan etkili sıcak sabunlama uygulanır.

Naylon veya pamuk kirlenmesi iyileşirse:

Hidrolize/fikse olmamış reaktif boyarmadde ihtimali yükselir.

#### Deney 3 — Kimyasalsız ısı zorlama

Ramöz öncesi iyi sonuç veren kumaş, laboratuvarda üretimdeki sıcaklık ve kalış süresini temsil eden kimyasalsız bir ısı işleme alınır.

Isıl işlemde sonra sonuç bozulursa:  
Termomigrasyon doğrulanmış olur.

Kimyasalsız ısıda bozulmuyor, yumuşatıcıyla bozuluyorsa:  
Apré kimyasalı destekli migrasyon araştırılmalıdır.

### 5.3. Boyarmadde çıkarma deneyi

Üçlü reçetede örneğin Sarı + Kırmızı + Lacivert kullanılıyorsa aşağıdaki laboratuvar boyamaları yapılmalıdır:

- Sarı tek başına,
- Kırmızı tek başına,
- Lacivert tek başına,
- Sarı + Kırmızı,
- Kırmızı + Lacivert,

11. Tam reçete.

Her numune aynı koyuluk ve aynı prosesle hazırlanarak naylon kirlenmesi açısından test edilir. Böylece reçetede ki problemlerli komponent ortaya çıkar.

Bu yöntem, tüm prosesi gereksiz yere ağırlaştırmadan yalnız problemlerli boyarmaddenin değiştirilmesini sağlar.

## 6. Düzeltici ve Önleyici Faaliyetler

### 6.1. Dispers boyarmadde seçimi

Boyarmadde seçimi yalnız renk tutturma ve maliyet üzerinden yapılmamalıdır. Aşağıdaki özellikler birlikte değerlendirilmelidir:

- Yıkama Haslığı / Washing Fastness
- Süblimasyon Haslığı / Sublimation Fastness
- Termomigrasyon eğilimi
- Naylon kirlenme davranışı
- Molekül büyüklüğü ve enerji sınıfı
- Koyu renkte yapı oluşturma kabiliyeti
- İndirgeme temizliğine cevabı
- Reçetede ki diğer boyarmaddelerle uyumu
- Apre ve yüksek sıcaklığa dayanımı

Aynı renk reçetesindeki dispers boyarmaddelerin benzer enerji ve migrasyon karakterinde olması önemlidir. Düşük enerji sınıfındaki hızlı hareket eden bir kırmızı ile yüksek enerji sınıfındaki bir lacivertin birlikte kullanılması, boyama sırasında olduğu kadar ramöz ve haslık testlerinde de dengesiz davranış doğurabilir.

Boyarmadde tedarikçisinden yalnız standart polyester haslık değerleri değil, aşağıdaki veriler de talep edilmelidir:

- Polyester/pamuk karışımındaki performans,
- Poliamid refakat bezi kirlenme değeri,
- Isıl işlem öncesi ve sonrası haslık,
- Kullanılan test metodunun tam tanımı,
- Koyu ton reçetelerdeki kombinasyon tavsiyesi.

### 6.2. Polyester boyama aşamasının kontrolü

**Polyester boyama banyosunda şu parametreler kayıt altına alınmalıdır:**

- Başlangıç ve yüksek sıcaklık pH'ı,
- Su sertliği,
- Dispersant miktarı ve tipi,
- Isıtma hızı,
- Kritik sıcaklık bölgesindeki geçiş hızı,
- Maksimum sıcaklık,
- Bekleme süresi,
- Soğutma hızı,
- Banyo görünümü ve filtre kalıntısı.

Boyama sonu flottesinin bulanık veya çökeltili olması, dispersiyon kararlılığının zayıf olduğuna işaret edebilir. Bu durumda yalnız daha fazla indirgeme kimyasal kullanmak kalıcı çözüm değildir; boyarmadde dispersiyonu ve su kalitesi düzeltilmelidir.

### 6.3. İndirgeme temizliğinin güçlendirilmesi

İndirgeme temizliğinde sabit reçeteyi körü körüne artırmak yerine proses etkinliği ölçülmelidir.

**Kontrol edilmesi gereken başlıklar:**

12. Boyama banyosu tamamen boşaltılmalıdır.
13. Makine içinde boya yüklü kirli flotte bırakılmamalıdır.
14. Temizlik mümkün olduğunca temiz suyla başlatılmalıdır.
15. Redükten taze hazırlanmalı ve uzun süre bekletilmemelidir.
16. Alkali ve redükten dozajları kalibre edilmelidir.
17. İşlem pH'ı proses boyunca kontrol edilmelidir.
18. Mümkünse ORP kaydı tutulmalıdır.
19. Temizlik sonrasında etkin sıcak durulama yapılmalıdır.
20. Kumaş üzerinde redükten veya alkali kalmamalıdır.
21. Son nötralizasyon kontrollü yürütülmelidir.

Koyu lacivert, siyah, bordo ve yoğun kırmızı gibi renklerde indirgeme temizliği sonrası multifibre kontrolü, reaktif boyama aşamasına geçmeden yapılmalıdır. Bu ara kontrol, polyester kaynaklı problem ile pamuk kaynaklı problemi birbirine karıştırmayı önler.

### 6.4. Reaktif boyama ve yıkama

**Reaktif yıkama, aşağıdaki mantıksal sıraya dayanmalıdır:**

Elektrolit ve alkaliyi uzaklaştır → hidrolize boyarmaddeyi liften çöz → çözülmüş boyarmaddeyi banyodan uzaklaştır → tekrar çökmeyi önle → nötr ve temiz kumaş elde et

**Sahada uygulanacak temel kontrol noktaları:**

- İlk durulamalar tuz ve alkali yükünü gerçekten azaltmalıdır.

- Sabunlama sıcaklığı boyarmaddenin desorpsiyonu için yeterli olmalıdır.
- Banyo değişimi yalnız su ekleyip taşıma şeklinde kalmamalıdır.
- Kirli flotte tamamen sistemden çıkarılmalıdır.
- Koyu tonlarda birden fazla sıcak yıkama gerekebilir.
- Son durulama suyunun rengi ve iletkenliği izlenmelidir.
- Kumaş pH'ı kontrollü aralığa getirilmelidir.
- Katyonik fiksator, serbest boyanın üzerine uygulanmamalıdır.

Sabunlama maddesinin yüksek dozda kullanılması, yetersiz sıcaklık ve yetersiz su değişimini telafi etmez. Üç temel parametre birlikte sağlanmalıdır:

#### Sıcaklık + Zaman + Banyo Değişimi

### 6.5. Ramöz ve apre şartlarının düzenlenmesi

#### Ramözde temel yaklaşım şöyledir:

İstenen kurutma, en ve boyutsal stabiliteyi sağlayan en düşük etkili sıcaklık ve en kısa kalış süresi kullanılmalıdır.

#### Kontrol edilmesi gerekenler:

- Gerçek kumaş yüzey sıcaklığı,
- Kabin gösterge sıcaklığı ile gerçek sıcaklık farkı,
- Makine hızı,
- Kumaşın giriş nemi,
- Apre flotte pH'ı,
- Yumuşatıcı miktarı,
- Yumuşatıcının iyonik karakteri,
- Kumaşın ramözden kaç kez geçtiği,
- Parti başı, ortası ve sonundaki sıcaklık kararlılığı.

#### Bölünmüş apre denemesi

#### Aynı kumaş dört parçaya ayrılmalıdır:

Deneme	Kimyasal	Isıl işlem
1	Yok	Yok
2	Yok	Üretim sıcaklığı
3	Yumuşatıcı	Düşük sıcaklık
4	Yumuşatıcı	Üretim sıcaklığı

#### Bu deneme sonunda:

- 2 numara bozuluyorsa: Isı kaynaklı termomigrasyon,
- Yalnız 4 numara bozuluyorsa: Isı + yumuşatıcı ortak etkisi,
- 3 ve 4 bozuluyorsa: Yumuşatıcı kimyası veya dozajı,
- Tüm numuneler kötüyse: Problem ramözden önce oluşmuştur.

### 6.6. Laboratuvar testinin standardizasyonu

Üretim düzeltilmesi yapılmadan önce laboratuvarın kendi değişkenleri kapatılmalıdır.

#### Kontrol listesi:

Kontrol noktası	Gereklilik
Multifiber tipi	ISO veya AATCC metoduna uygun olmalı
Multifiber lotu	Karşılaştırmalı deneylerde aynı lot kullanılmalı
Numune-refakat bezi teması	Standartta tarif edildiği şekilde hazırlanmalı
Deterjan	Doğru referans deterjan kullanılmalı
Banyo hacmi	Metotta belirtilen oranda olmalı
Mekanik etki	Çelik bilye ve cihaz şartları kontrol edilmeli
Sıcaklık	Kalibre edilmiş cihazla doğrulanmalı
Durulama ve kurutma	Tüm numunelerde aynı uygulanmalı
Kondisyonlama	Değerlendirme öncesi tamamlanmalı
Gri skala değerlendirmesi	Standart ışık kabininde yapılmalı
Kör numune	Multifiberin kendi temizliği doğrulanmalı

ISO ve AATCC sonuçları aynı sayısal dereceyi verse bile doğrudan eşdeğer kabul edilmemelidir. Müşteri şartnamesinde yazan metot aynen uygulanmalıdır.

## 7. Önerilen Üretim Kontrol Planı

Proses noktası	Kontrol	Uyarı işareti	İlk müdahale
Boyarmadde reçetesi	Enerji ve migrasyon uyumu	Tek komponentin naylonu kirlenmesi	Problemlili boyayı değiştirme

Proses noktası	Kontrol	Uyarı işareti	İlk müdahale
Polyester boyama sonu	Banyo ve filtre görünümü	Çökelti, yoğun yüzey boyası	Dispersiyon ve su kontrolü
İndirgeme temizliği	pH, ORP, süre, sıcaklık	Temizlik sonrası renkli flotte	Temizleme şartlarını doğrulama
İndirgeme sonrası	Multifiber ön test	Naylon/asetat kirlenmesi	Reaktif aşamaya geçmeme
Reaktif fiksaj	pH, tuz, alkali, süre	Düşük fiksaj, yoğun renkli durulama	Reçete ve dozaj kontrolü
Reaktif yıkama	Sıcaklık ve banyo değişimi	Son durulamada yüksek renk	Sabunlama programını düzeltme
Ramöz öncesi	Haslık ve kumaş pH'ı	Önceden düşük sonuç	Boyahane prosesine dönme
Ramöz sonrası	Aynı haslık testi	Ramözden sonra ani düşüş	Termomigrasyon deneyi
Apri değişikliği	Bölünmüş deneme	Yalnız kimyasallı parçada düşüş	Apri kimyasalı/dozajı değişimi
Sevkiyat	Nihai müşteri metodu	Metot uyumsuzluğu	Şartnameyi sabitleme

## 8. Sahada Sık Yapılan Hatalar

### 8.1. Naylon kirlenmesini otomatik olarak reaktif boyaya bağlamak

Pamuk/Polyester kumaşta naylon kirlenmesinin en önemli kaynaklarından biri dispers boyarmaddedir. Özellikle yıkama haslığı ramöz sonrası kötüleşiyorsa reaktif yıkamayı sürekli ağırlaştırmak doğru yaklaşım değildir.

### 8.2. İndirgeme temizliğini yalnız koyu renklerde gerekli görmek

Açık veya orta tonda kullanılan hareketli bir dispers kırmızı, düşük toplam konsantrasyonda dahi naylon bandını görünür biçimde kirletebilir. Gereklik yalnız renk koyuluğuna değil, boyarmaddenin yapısına bağlıdır.

### 8.3. Ramöz öncesi haslık kontrolü yapmamak

Yalnız bitmiş kumaşa bakıldığında boyahane ile apri arasındaki sorumluluk ayrımı yapılamaz. Ramöz öncesi numune zorunlu kontrol noktası olmalıdır.

### 8.4. Daha fazla kimyasalın daima daha iyi sonuç vereceğini düşünmek

Daha fazla hidrosülfid, daha fazla kostik veya daha fazla sabunlama maddesi; yanlış pH, bozunmuş kimyasal, yetersiz sıcaklık ya da kirli banyo problemini çözmez.

### 8.5. Katyonik fiksatörle serbest boyayı kilitlemek

Serbest boyarmaddeyi kumaşta tutmaya çalışmak kök nedeni çözmez. Fiksator, yalnız uygun yıkama yapıldıktan sonra ve gerekli performans doğrulanarak kullanılmalıdır.

### 8.6. Boyarmadde kombinasyonunu incelememek

Siyah reçetenin tamamını değiştirmek yerine naylonu kiretlen tek komponent belirlenmelidir. En düşük maliyetli ve en sağlam çözüm çoğu zaman problemlili tek boyarmaddenin değiştirilmesidir.

### 8.7. ISO ve AATCC metotlarını karıştırmak

Deterjan, mekanik etki, sıcaklık ve test süresi farklı olduğunda sonuçlar doğrudan karşılaştırılmaz. Test raporunda yalnız "yıkama haslığı" yazılması yeterli değildir; metot ve alt test kodu belirtilmelidir.

## 9. Hızlı Karar Şeması

### Durum 1

Yıkama haslığı kötü ve ramözden sonra daha da kötüleşiyor.

**İlk şüphe: Dispers boyarmadde termomigrasyonu**

**Kontrol sırası:**

Ramöz öncesi numune → kimyasalsız ısıl zorlama → ikinci indirgeme temizliği → dispers boyarmadde komponent testi

### Durum 2

Yıkama haslığı kabul edilebilir, asidik terde naylon ve yün kirleniyor.

**İlk şüphe: Hidrolize reaktif boyarmadde ve düşük kumaş pH'ı**

**Kontrol sırası:**

Kumaş ekstrakt pH'ı → sıcak sabunlama → son nötralizasyon → reaktif boya tekli testleri

### Durum 3

İndirgeme temizliğinden sonra sonuç düzeliyor.

**Sonuç: Polyester yüzeyinde hareketli dispers boyarmadde vardır.**

**Düzeltilme:**

Boyarmadde seçimi + indirgeme etkinliği + ramöz sıcaklığı

### Durum 4

İndirgeme temizliği etkilemiyor, sıcak sabunlama düzeltiyor.

**Sonuç: Pamuk tarafında hidrolize veya fikse olmamış reaktif boyarmadde ağırlıklıdır.**

#### Düzeltilme:

Fiksaj verimi + tuz/alkali uzaklaştırma + sabunlama programı

#### Durum 5

Her iki ek işlem de sonucu düzeltmiyor.

#### Araştırılacak konular:

- Boyarmaddenin yapısal haslık sınırı,
- Apre kimyasalıyla kompleksleşme,
- Kumaş pH'ı,
- Multifibre tipi ve lotu,
- Test metodu,
- Yanlış gri skala değerlendirmesi,
- Kontamine laboratuvar cihazı veya kapları.

## 10. Sonuç

Pamuk/Polyester kumaşlarda multifibre naylon bandının kirlenmesi bir kök neden değil, kumaşa hareketli boyarmadde bulunduğunu gösteren bir belirtidir.

#### En doğru teknik yaklaşım şu sırayı izlemelidir:

Boyarmadde sınıfını ayır → problemin olduğu proses aşamasını bul → doğrulama deneyi yap → yalnız doğrulanan noktayı düzelt

Yıkama haslığında naylon kirlenmesi ve ramöz sonrası kötüleşme varsa ilk olarak polyester tarafındaki dispers boyarmadde ve Termomigrasyon / Thermomigration araştırılmalıdır. Asidik ter veya su haslığında naylon-yün kirlenmesi görülüyorsa hidrolize reaktif boyarmadde, kumaş pH'ı ve reaktif yıkama öncelikli hale gelir.

İndirgeme temizliği, reaktif sabunlama ve ramöz ayarları birbirinden bağımsız işlemler değildir. Yüzeyi iyi temizlenmemiş polyester yüksek sıcaklıkta daha fazla risk oluşturur; iyi fikse edilmiş fakat iyi yıkanmamış reaktif boya naylonu kirletebilir; ramöz ise boyahane çıkışında görünmeyen dispers migrasyon problemini yeniden ortaya çıkarabilir.

Kalıcı çözüm daha fazla kimyasal kullanmak değil; uygun boyarmadde seçimi, proses aşamalarının ayrılması, ramöz öncesi-sonrası kontrol ve standartlaştırılmış laboratuvar değerlendirmesidir.

## Temel Kaynaklar

22. ISO 105-C06:2010 — Colour Fastness to Domestic and Commercial Laundering. (ISO)
23. ISO 105-F10:1989 — Specification for Adjacent Fabric: Multifibre. (ISO)
24. ISO 105-A03:2019 — Grey Scale for Assessing Staining. (ISO)
25. ISO 105-E04:2013 — Colour Fastness to Perspiration. (ISO)
26. Kim ve çalışma arkadaşları — Dispers boyarmaddelerde termomigrasyon ve yıkama haslığı ilişkisi. (Springer Link)
27. Eren — Poliamid 6.6'nın dispers boyarmaddelerle boyanması ve haslık davranışı. (MDPI)
28. Afmataj ve çalışma arkadaşları — Reaktif boyarmaddenin Naylon 6 üzerindeki pH'a bağlı adsorpsiyonu. (MDPI)
29. Cotton Incorporated — Reaktif/dispers sistemlerde fiksaj, yıkama ve redüktif temizlik. (Cotton Incorporated)

**Yayın kontrolü:** Bu doküman BB-KAPAK-01, BB-MİZANPAJ-01 ve BB-ZIP-01 ilkeleriyle; Kurumsal Kimlik v1.1 renk, logo, tipografi, üst-alt bilgi ve dosya adlandırma standardına göre hazırlanmıştır.