

BB-KSS

Boyahane İşletme Suyunda İletkenlik, TDS, Sıcaklık ve Isı Geri Kazanımı

Ölçüm, değerlendirme, proses kullanımı ve kalite güvence rehberi

Doküman kodu	BB-KSS-300-SU-001
Revizyon	R02
Yayın tarihi	19 Temmuz 2026
Statü	Teknik master / kontrollü yayın
Hazırlama yaklaşımı	Tek üretim - çoklu yayın

KULLANIM SINIRI

Bu doküman, ölçüm ve karar verme sistemini tanımlar. Evrensel boyahane proses limitleri ilan etmez. İşletmeye özgü kabul değerleri; su analizi, reçete, ürün grubu, laboratuvar denemesi ve renk tekrarlanabilirliği ile doğrulanmadan proses standardı olarak kullanılamaz.

Hazırlayan: Bahri Budak teknik yayın sistemi / BB-KSS

Kaynak sınıfları: A = standart veya resmî yöntem; B = üretici teknik dokümanı; C = saha kaydı veya doğrulanması gereken ikincil bilgi.

Doküman Kontrolü

Alan	Tanım
Amaç	Boyahane işletme suyu, RO permeatı, yumuşatılmış su, temiz kondens ve plakalı eşanjörle ısıtılmış temiz suda iletkenlik/TDS ölçümünü güvenilir, karşılaştırılabilir ve proses odaklı bir sistem içinde tanımlamak.
Kapsam	Numune alma, iletkenlik birimleri, sıcaklık kompanzasyonu, KCl doğrulama standardı, TDS ilişkisi, yumuşatma ve RO kontrolü, temiz kondens ile plakalı eşanjör ısı geri kazanımı, cihaz seçimi, kayıt ve uygunsuzluk yönetimi.
Kapsam dışı	Tek bir iletkenlik değerinden suyun kimyasal, mikrobiyolojik veya toksikolojik uygunluğuna karar verilmesi; üretici reçetesi veya işletme validasyonu olmadan proses kabul limiti ilan edilmesi.
Ana referans	ISO 7888:1985 - Water quality - Determination of electrical conductivity. Standart ölçüm metodudur; tekstil proses kabul limiti değildir.
Hedef kullanıcı	Boyahane işletme yöneticileri, laboratuvar, kalite güvence, proses mühendisleri, bakım ve enerji/geri kazanım ekipleri.

Revizyon Geçmişi

Revizyon	Tarih	Değişiklik
R00	18.07.2026	Dağılık soru-cevap ve ön bilgi havuzu.
R01	19.07.2026	Birim hataları giderildi; normatif bilgi, üretici bilgisi ve saha önerisi ayrıldı; proses limitleri evrensel kriter olmaktan çıkarıldı; 60-60 °C değerlendirmesi yeniden yazıldı; kalite güvence prosedürü eklendi.
R02	19.07.2026	11. bölüm yalnız temiz kondens ve plakalı eşanjör ısı geri kazanımıyla sınırlandırıldı; doğrudan kirli proses suyu geri kullanım örnekleri kaldırıldı ve ilgili karar tabloları uyumlandırıldı.

İçindekiler

1. Yönetici özeti
2. Temel kavramlar ve birimler
3. Ölçüm prensibi ve ISO 7888 çerçevesi
4. Numune alma ve sıcaklık yönetimi
5. Kalibrasyon ve 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ KCl standardı
6. TDS ve iletkenlik ilişkisi
7. Boyahane su tiplerinin değerlendirilmesi
8. Proses kullanım kararı
9. 30-60 ve 60-60 °C karşılaştırması
10. Yumuşatma ve RO sistemlerinin kontrolü

11. Temiz kondens ve plakalı eşanjör ısı geri kazanımı
12. Cihaz ve sensör seçimi
13. BB-KSS günlük kontrol prosedürü
14. Uygunsuzluk ve kök neden
15. Kayıt formları ve ekler
16. Kaynakça

1. Yönetici Özeti

İletkenlik, su içindeki elektrik taşıyan iyonların toplam etkisini gösteren hızlı ve güçlü bir kontrol parametresidir. Ancak tek başına sertlik, alkalinite, klorür, sülfat, demir, organik yük, renk, KOİ, mikrobiyoloji veya spesifik kimyasal kalıntıları açıklamaz.

ANA KARAR

İletkenlik değeri bir alarm ve trend parametresidir; tek başına “bu su boyamaya uygundur” veya “uygun değildir” hükmü vermez. Proses kararı, iletkenlik ile birlikte su kaynağı, sıcaklık, sertlik, pH, alkalinite, iyon kompozisyonu ve ürün riskine göre verilmelidir.

- ISO 7888:1985, elektriksel iletkenliğin nasıl ölçüleceğini tanımlar; reaktif boyama, sabunlama veya durulama için kabul limitleri belirlemez.
- 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 1,413 mS/cm aynı değerdir. “1,413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ” ise 1000 kat daha düşük, tamamen farklı bir değerdir.
- Cep tipi TDS cihazları çoğunlukla TDS’yi doğrudan ölçmez; iletkenliği bir katsayı ile yaklaşık TDS’ye dönüştürür.
- Yumuşatıcı, sertliği düşürür; iletkenliği zorunlu olarak düşürmez. Yumuşatıcı performansı çıkış sertliğiyle izlenmelidir.
- RO performansında iletkenlik güçlü bir parametredir; ancak basınç, debi, sıcaklık, geri kazanım oranı ve membran durumu ile birlikte değerlendirilmelidir.
- Boyahanede ısı geri kazanımı, temiz kondensin geri alınması veya plakalı eşanjörde sıcak kirli suyun ısısının temiz suya aktarılmasıyla yürütülür; kirli su proses suyuna karıştırılmaz.
- 60 °C suyun 60 °C prosese verilmesi yalnızca reçete ve su kalitesi doğrulanmışsa güvenlidir. “60-60 her zaman güvenlidir” sonucu teknik olarak geçersizdir.

1.1. BB-KSS bilgi sınıfları

Sınıf	Tanım	Dokümandaki kullanım
Normatif bilgi	Standart, resmî yöntem veya mevzuatla tanımlanmış bilgi.	ISO 7888 ölçüm yaklaşımı; kaynak belirtilerek kullanılır.
Üretici teknik bilgisi	Cihaz, prob veya standardın teknik özelliği.	Ölçüm aralığı, hücre sabiti, standart toleransı; marka üstünlüğü iddiasına dönüştürülmez.
İşletme içi kriter	Saha verisi ve validasyonla oluşturulmuş kontrol sınırı.	“BB-KSS önerilen iç kalite sınırı - normatif ISO kriteri değildir” etiketiyle kullanılır.
Saha gözlemi	Belirli makine, ürün veya reçetede gözlenen sonuç.	Genellenmez; tarih, makine, lot, su kaynağı ve reçete ile kaydedilir.

2. Temel Kavramlar ve Birimler

2.1. Elektriksel iletkenlik nedir?

Elektriksel iletkenlik (EC), bir çözeltinin elektrik akımını iletme kabiliyetidir. Suda çözünmüş iyonların türü, miktarı, hareketliliği ve sıcaklığı ölçüm sonucunu etkiler. Aynı TDS değerine sahip iki su, farklı iyon kompozisyonları nedeniyle farklı iletkenlik gösterebilir.

Birim	Açılım	Temel ilişki	Tipik kullanım
$\mu\text{S/cm}$	mikrosiemens/santimetre	$1000 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ mS/cm}$	Düşük ve orta iletkenlikli sular
mS/cm	milisiemens/santimetre	$1 \text{ mS/cm} = 0,1 \text{ S/m}$	Proses banyoları ve daha yüksek iyon yükleri
S/m	siemens/metre	$1 \text{ S/m} = 10 \text{ mS/cm}$	SI birimi; teknik ve bilimsel raporlar
$\mu\text{S/m}$	mikrosiemens/metre	$1 \mu\text{S/cm} = 100 \mu\text{S/m}$	Bazı teknik cihaz veya raporlar

2.2. Güvenli dönüşüm tablosu

Verilen değer	Eşdeğeri
100 $\mu\text{S/cm}$	0,1 $\text{mS/cm} = 0,01 \text{ S/m}$
500 $\mu\text{S/cm}$	0,5 $\text{mS/cm} = 0,05 \text{ S/m}$
1000 $\mu\text{S/cm}$	1 $\text{mS/cm} = 0,1 \text{ S/m}$
1413 $\mu\text{S/cm}$	1,413 $\text{mS/cm} = 0,1413 \text{ S/m}$
10 mS/cm	10.000 $\mu\text{S/cm} = 1 \text{ S/m}$

NOTASYON KURALI

Türkçe metinde ondalık ayırıcı virgüldür: 1,413 mS/cm . Binlik ayırıcı ile karışmayı önlemek için 1413 $\mu\text{S/cm}$ değeri mümkünse ayırıcı kullanılmadan yazılır.

2.3. İletkenlik neyi göstermez?

- Toplam sertliğin hangi oranda kalsiyum veya magnezyumdan kaynaklandığını göstermez.
- Demir, mangan, bakır gibi düşük konsantrasyonda fakat kritik metal iyonlarını tek başına tanımlamaz.
- Noniyonik yüzey aktif maddeler, yağlar, silikonlar ve bazı organik kalıntılar düşük EC etkisine rağmen proses riski yaratabilir.
- Mikrobiyolojik uygunluğu veya toksikolojik güvenliği göstermez.
- Renk, bulanıklık ve KOİ ile bire bir ilişki kurmaz.

3. Ölçüm Prensibi ve ISO 7888 Çerçevesi

ISO 7888:1985, tüm su türlerinde elektriksel iletkenliğin ölçüm yöntemini tanımlar. Yüzey suları, proses suları, su arıtma tesisleri ve atık suların izlenmesinde kullanılabilir. Standart, tekstil boyama prosesleri için kabul limiti tablosu yayımlamaz.

NORMATİF SINIR

“Reaktif boyama için $<30 \mu\text{S/cm}$ ”, “sabunlama için $<50 \mu\text{S/cm}$ ” veya benzeri değerler ISO 7888’den türetilemez. Bu tür sınırlar ancak işletme validasyonu veya boya/kimyasal üreticisinin açık teknik talimatıyla kullanılabilir.

3.1. Ölçüm sisteminin bileşenleri

Bileşen	Görevi	Başlıca hata kaynağı
Ölçüm cihazı	Sinyali işler, sıcaklık kompanzasyonu ve birim dönüşümünü uygular.	Yanlış aralık, yanlış ATC katsayısı, eski kalibrasyon

Bileşen	Görevi	Başlıca hata kaynağı
İletkenlik hücresi/prob	Çözeltinin elektriksel iletkenliğini algılar.	Kirlenme, polarizasyon, yanlış hücre sabiti, kabarcık
Sıcaklık sensörü	Numune sıcaklığını ölçer.	Termal denge olmaması, sensör sapması
Standart çözelti	Sistem doğrulaması/kalibrasyonu sağlar.	Kontaminasyon, son kullanım, yanlış sıcaklık, hatalı değer okuma
Numune kabı ve yöntem	Temsili numune ve stabil ölçüm sağlar.	Kirli kap, bekleme, buharlaşma, katmanlaşma

3.2. Hücre sabiti

Hücre sabiti (K), prob geometrisini tanımlar. Düşük iletkenlikli RO permeatı için düşük hücre sabitli ve yüksek hassasiyetli sensör; yüksek tuzlu veya kirli proses akışları için dört elektrotlu ya da endüktif/toroidal sensör daha uygun olabilir. Tek proba tüm aralıkları ölçmek her zaman doğru değildir.

4. Numune Alma ve Sıcaklık Yönetimi

4.1. Temsili numune alma

- Numune noktasını tanımlayın: şebeke girişi, yumuşatıcı çıkışı, RO permeatı, sıcak su tankı, temiz kondens hattı veya plakalı eşanjörün temiz su çıkışı.
- Hattı, durgun suyu uzaklaştıracak kadar akıtın. Sabit sıcaklık ve debi görülmeden numune almayın.
- Temiz, iyonik deterjan kalıntısı bulunmayan bir kap kullanın. Kap numune ile en az iki kez çalkalanmalıdır.
- Köpük, hava kabarcığı, lif ve görünür katı maddeyi kaydedin. Numuneyi homojenleştirin; ancak aşırı havalandırmayın.
- İletkenlik ve sıcaklığı mümkün olduğunca yerinde veya kısa süre içinde ölçün.
- Kaynağı, tarih-saat, sıcaklık, cihaz/prob kimliği, ATC ayarı ve operatörü kayıt altına alın.

4.2. Sıcaklığın etkisi

İletkenlik çoğu sulu çözeltide sıcaklık arttıkça yükselir. Yaklaşık $\%2/^{\circ}\text{C}$ katsayısı eğitim amaçlı bir tahmin olabilir; gerçek katsayı iyon bileşimine göre değişir. Bu nedenle ham ölçüm sıcaklığı ve referans sıcaklığa düzeltilmiş sonuç birlikte kaydedilmelidir.

Örnek	Hesap	Sonuç
25 °C'de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; $\alpha = \%2/^{\circ}\text{C}$; 60 °C'ye yaklaşık dönüşüm	$1000 \times [1 + 0,02 \times (60-25)]$	1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (yaklaşık)
Aynı numunenin ATC ile 25 °C referansına raporlanması	Cihazın seçili kompanzasyon modeli	Cihaz ayarına bağlı; ham sıcaklık ayrıca kaydedilir

ATC UYARISI

ATC ölçümleri ortak bir referans sıcaklığa dönüştürür; fakat yanlış sıcaklık katsayısı veya yanlış kompanzasyon modeli ölçüm hatasını ortadan kaldırmaz. Numune ile probun termal dengeye ulaşması gerekir.

5. Kalibrasyon ve 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ KCl Standardı

5.1. Doğru yazım

KULLANILACAK İFADE

1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 25 °C KCl iletkenlik standardı. Eşdeğeri: 1,413 mS/cm. "1,413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ " ifadesi kullanılmayacaktır.

Hach tarafından listelenen 0,01 M KCl standardı, 25 °C'de nominal 1413 µS/cm değerindedir ve ürün toleransı ambalaj/sertifikada belirtilir. Bu nedenle cihaz kontrolünde yalnızca nominal değer değil, standardın sertifika toleransı ve ölçüm belirsizliği de dikkate alınmalıdır.

5.2. Doğrulama prosedürü

- Standardın lot numarası, son kullanım tarihi, açılma tarihi ve saklama koşulunu kontrol edin.
- Cihazı ve probu üretici talimatına göre temizleyin; deiyonize su ile durulayıp damlaları silerek uzaklaştırın. Prob yüzeyini silerek statik veya lif bırakmayın.
- Standardı temiz bir kaba tek kullanımlık miktarda alın. Kullanılmış standardı ana şişeye geri dökmeyin.
- Standardın sıcaklığını 25 °C'ye yaklaştırın veya cihazın doğru sıcaklık kompanzasyon ayarını doğrulayın.
- Probda hava kabarcığı olmadığından emin olun; değer stabil olana kadar bekleyin.
- Okunan değer, standardın sertifika toleransı ve cihaz doğruluğu birlikte değerlendirilerek kabul edilir.
- Sonuç uygunsuzsa ikinci temiz porsiyonda tekrarlayın; ardından prob, kablo, sıcaklık sensörü ve cihaz ayarını inceleyin.

5.3. BB-KSS iç kalite sınırları

Aşağıdaki sınırlar ISO 7888 zorunluluğu değildir. İşletme, kullandığı cihazın teknik doğruluğu, standardın belirsizliği ve proses riskine göre kendi kabul kriterini belirlemelidir.

Kontrol seviyesi	Başlangıç yaklaşımı	Statü
Rutin saha doğrulaması	Sertifika aralığı + cihaz doğruluğu içinde olmalı.	BB-KSS önerisi; işletme validasyonu gerekir.
Kritik laboratuvar referansı	İzlenebilir standart, kontrollü sıcaklık, kayıtlı belirsizlik bütçesi.	Kalite sistemi prosedürüne bağlanır.
Cihazlar arası karşılaştırma	Aynı numune, aynı sıcaklık/ATC, aynı birim ve yeterli stabilizasyon.	Sabit % fark evrensel kriter değildir; cihaz spesifikasyonlarına göre değerlendirilir.

6. TDS ve İletkenlik İlişkisi

6.1. Doğrudan ve dolaylı TDS

TDS (toplam çözünmüş katılar), referans laboratuvar yönteminde gravimetrik olarak belirlenebilir. EPA Method 160.1 yaklaşımında filtrelenmiş numunenin filtratı buharlaştırılır ve 180 °C'de sabit kütleye kadar kurutulur. Cep tipi TDS cihazları ise yoğunlukla iletkenliği ölçer ve seçilmiş bir katsayıyla yaklaşık TDS hesaplar.

6.2. Dönüşüm katsayısı

Pratik tahmin formu $TDS \approx EC \times k$ şeklindedir. k katsayısı suyun iyon kompozisyonuna göre değişir; 0,5-0,7 aralığı yaygın bir yaklaşım olsa da evrensel değildir. Cihazın NaCl, 442 veya kullanıcı tanımlı katsayı ayarı sonuç üzerinde doğrudan etkilidir.

EC (µS/cm)	k = 0,5	k = 0,65	k = 0,7
100	50 mg/L	65 mg/L	70 mg/L
500	250 mg/L	325 mg/L	350 mg/L
1000	500 mg/L	650 mg/L	700 mg/L
2000	1000 mg/L	1300 mg/L	1400 mg/L

TEMİZ KONDENS / EŞANJÖR UYARISI

Temiz kondens ve plakalı eşanjörün temiz su çıkışında iletkenlik, pH, renk veya koku değişimi normal kabul edilmez. Değişim; serpantin, plaka veya conta kaçağına işaret edebileceğinden akım izole edilmeli ve sistem bütünlüğü doğrulanmalıdır.

6.3. mg/L ve ppm

Seyreltik sulu çözeltilerde ve yoğunluğun yaklaşık 1 kg/L olduğu durumda 1 mg/L $\approx$ 1 ppm kabul edilebilir. Konsantre proses banyolarında veya yoğunluğu 1'den farklı çözeltilerde doğrudan eşitlik kurulmaz.

6.4. TDS sınıflandırma hatası

TDS değeri tek başına “ultra saf”, “iyi içme suyu” veya “boyamaya uygun” sınıflandırması yapmak için yeterli değildir. Ultra saf su, yalnızca düşük TDS ile değil; çok düşük iletkenlik, organik karbon, partikül, silika ve diğer kritik parametrelerle tanımlanır.

7. Boyahane Su Tiplerinin Değerlendirilmesi

Su tipi	İletkenlikten beklenen bilgi	İletkenliğin açıklamadığı risk	Asgari ek kontroller
Şebeke/ham su	Toplam iyon yükündeki değişim ve kaynak trendi.	Sertlik türü, demir, mangan, klorür, alkalinite, organikler.	pH, toplam sertlik, alkalinite, Fe/Mn, klorür, renk/bulanıklık.
Yumuşatılmış su	Kaynak veya rejenerasyon trendi; tek başına yumuşama başarısı değil.	Kalsiyum/magnezyum kaçağı.	Çıkış sertliği, rejenerasyon kaydı, tuz ve reçine performansı.
RO permeatı	Membran ayırma performansı için güçlü trend.	Spesifik iyon kaçağı, mikrobiyoloji, organik kirlenme.	Besleme/permeat EC, tuz reddi, debi, basınç, sıcaklık, SDI gerekiyorsa.
Kondens	Düşük iyon yükü beklenebilir; kaçak alarmı sağlar.	Yağ, proses kimyasalı veya eşanjör kaçak türü.	pH, koku, renk, yağ, spesifik kirlenici.
Plakalı eşanjörde ısıtılmış temiz su	Temiz su giriş-çıkış iletkenlik trendi, devreler arası kaçak alarmı sağlar.	Plaka/conta kaçağı, kirli devreden renk veya kimyasal geçişi.	Giriş-çıkış EC, pH, renk/bulanıklık, sıcaklık, basınç farkı ve periyodik sızdırmazlık kontrolü.
Tuzlu proses suyu	Yüksek iyon yükünün trendi.	Boyarmadde/kimyasal bileşimi ve proses uygunluğu.	Reçete, pH, sıcaklık, yoğunluk, spesifik proses analizleri.

7.1. Proses kabul değeri nasıl oluşturulur?

14. Ürün gruplarını risk sınıfına ayırın: beyaz/açık ton, orta ton, koyu ton, kritik haslık, optik beyaz, PES, PA, karışım vb.
15. Her su kaynağı için en az 20-30 temsilî veri noktası toplayın; mevsim, vardiya ve kaynak değişimini kapsayın.
16. İletkenliği pH, sertlik, alkalinite ve kritik iyon analizleriyle eşleştirin.
17. Laboratuvar boyaması ve üretim sonuçlarında ΔE , ton yönü, haslık, leke, köpük, filtrasyon ve makine davranışını kaydedin.
18. İstatistiksel trend ve proses kabiliyeti ile iç uyarı ve aksiyon limitlerini oluşturun.
19. Limitleri “işletmeye özgü başlangıç kontrol değeri - literatür standardı değildir” etiketiyle yayınlayın.
20. Reçete, boya sınıfı, su arıtma, temiz kondens hattı veya plakalı eşanjör sistemi değiştiğinde yeniden valide edin.

8. Proses Kullanım Kararı

8.1. Boyama öncesi hazırlama suyu

Reaktif boyama banyosuna proses sırasında tuz ve alkali eklendiği için banyonun iletkenliği doğal olarak yükselir. Bu nedenle “reaktif boyama iletkenliği $<30 \mu S/cm$ ” gibi bir ifade ancak başlangıç suyu için ve işletme validasyonuna bağlı bir hedef olarak anlamlı olabilir; evrensel proses kriteri değildir.

8.2. Sabunlama ve yıkama

Sabunlama ve yıkamada suyun düşük iyon yükü avantaj sağlayabilir; ancak temizlik etkinliği sıcaklık, pH, yıkama kademesi, su değişimi, flotte oranı, yüzey aktif madde, hidrolize boya miktarı ve mekanik etkiyle birlikte belirlenir. Tek bir EC sınırı sonuç garantisi vermez.

8.3. Açık ve koyu renkler

Açık renkler ve beyazlar, metal iyonları, sertlik, optik kirlilik ve yeniden çökelmeye karşı genellikle daha hassastır. Koyu tonlarda ise tuz kalıntısı, durulama yükü ve haslık riski farklılaşabilir. Kontrol planı renk derinliğine göre ayrılmalı; fakat salt iletkenlik limitine indirgenmemelidir.

Karar sorusu	Evet ise	Hayır ise
Su kaynağı tanımlı ve stabil mi?	Trend değerlendirmesine geç.	Kaynağı izole et; karışım veya kaçak araştır.
EC, geçmiş validasyon aralığında mı?	Ek kritik parametreleri kontrol et.	Numuneyi tekrar ölç; su analizini genişlet.
Sertlik/pH/alkalinite uygun mu?	Ürün riskine göre laboratuvar onayı ver.	Aritma veya karışım planını düzelt.
Temiz kondens veya eşanjör çıkış suyu, giriş temiz suyuyla kalite açısından uyumlu mu?	Tanımlı sıcak su tankına veya doğrulanmış proses noktasına yönlendir.	Akımı izole et; plaka, conta, serpantin veya hat kaçacağını araştır.
Reçete ve sıcaklık profili uyumlu mu?	Proses başlatılabilir.	Sıcak suyu soğut, karıştır veya farklı noktada kullan.

9. 30-60 ve 60-60 °C Karşılaştırması

9.1. Kavramların tanımı

Senaryo	Tanım
30-60	Yaklaşık 30 °C giriş suyu ile banyoyu 60 °C proses sıcaklığına ısıtmak.
60-60	Yaklaşık 60 °C suyu, 60 °C'de yürütülen prosese doğrudan veya kontrollü karışımla vermek.

9.2. Teknik değerlendirme

60-60 uygulaması enerji tüketimini ve ısıtma süresini azaltabilir. Buna karşılık sıcak su, kimyasal çözünmesi, boya çekimi, kumaşın ilk temas sıcaklığı ve dozaj sırasını değiştirebilir. Bu nedenle güvenlik yalnızca sıcaklık eşitliğine göre değerlendirilemez.

Kriter	30-60 yaklaşımı	60-60 yaklaşımı
Enerji	Daha yüksek ısıtma ihtiyacı.	Daha düşük ısıtma ihtiyacı; enerji avantajı.
Başlangıç kontrolü	Reçetenin kontrollü ısıtma eğrisine uyumu kolay olabilir.	İlk temas sıcaklığı yüksek olduğundan reçete uyumu kritik.
Boya çekimi	Kademeli sıcaklık artışı bazı sistemlerde daha yönetilebilir.	Uygun olmayan boyarmadde/elektrolit koşulunda ani çekim riski.
Kimyasal dozaj	Çözünme ve ilave sırası standart programla yürütülebilir.	Kimyasalların sıcak suyla erken reaksiyonu veya lokal yüksek konsantrasyon riski.
Sıcak su kaynağı	Soğuk temiz işletme suyu kullanılıyorsa devre karışımı riski bulunmaz.	Yalnız temiz kondens veya plakalı eşanjörde ısıtılmış temiz su kullanılmalı; kirli sıcak su proses devresine verilmemelidir.
Genel karar	Otomatik olarak daha güvenli değildir.	Yalnızca validasyonu yapılmış izotermal reçetede güvenli kabul edilir.

SONUÇ

60-60 °C, reçete izotermal çalışmaya uygunsa ve kullanılan sıcak suyun kalite parametreleri doğrulanmışsa

enerji ve zaman açısından avantajlı olabilir. 30-60 °C ise bazı reçetelerde daha kontrollü sıcaklık profili sağlar. Güvenli seçenek, boya sınıfı, elyaf, tuz/alkali programı, makine dolum şekli ve su kalitesi birlikte değerlendirilerek seçilir.

10. Yumuşatma ve RO Sistemlerinin Kontrolü

10.1. Yumuşatma

İyon değişimli yumuşatıcıda kalsiyum ve magnezyum iyonları çoğunlukla sodyum ile yer değiştirir. Toplam iyon yükü kaybolmadığı için iletkenlik benzer kalabilir veya bir miktar artabilir. Bu nedenle “yumuşatma sistemi kontrolü = $\mu\text{S/cm}$ ” yaklaşımı teknik olarak yetersizdir.

Ana kontrol	Yardımcı kontrol	Yanlış yorum
Çıkış toplam sertliği	Giriş/çıkış iletkenlik trendi	EC düşmediyse yumuşatıcı çalışmıyor sonucu
Rejenerasyon kapasitesi ve periyodu	Tuz tüketimi	Düşük EC = düşük sertlik sonucu
Reçine durumu ve kaçak	Basınç kaybı ve debi	Sadece TDS cihazıyla yumuşatma onayı

10.2. Ters osmoz

RO sisteminde iletkenlik, besleme ve permeat arasındaki iyon reddini izlemek için güçlü bir göstergedir. Basitleştirilmiş tuz reddi hesabı aşağıdaki gibi yapılabilir:

FORMÜL

Tuz reddi (%) = $[1 - (\text{Permeat iletkenliği} / \text{Besleme iletkenliği})] \times 100$. Besleme ve permeat değerleri aynı sıcaklık referansında, aynı birimde ve stabil koşulda ölçülmelidir.

İzlenecek parametre	Neden
Besleme, konsantr ve permeat EC	Membran ayırma ve kaçak trendi.
Debiler ve geri kazanım oranı	Aşırı geri kazanım ve konsantrasyon polarizasyonu riski.
Giriş/çıkış basınçları ve ΔP	Kirlenme, tıkanma veya hidrolik sorun.
Sıcaklık	Akı ve EC ölçümünü etkiler.
SDI/türbidite ve ön arıtma	Membran kirlenme riskini belirler.
Temizlik/CIP kayıtları	Performans kaybının kök nedenini değerlendirir.

11. Isı Geri Kazanımı: Temiz Kondens ve Plakalı Eşanjör Sistemleri

11.1. Kapsam ve Sistem Türleri

Sistem / devre	Çalışma prensibi	Kullanım ve kontrol yaklaşımı
Temiz kondens	İndirekt buharla ısıtma sonrasında oluşan, proses suyu ve kimyasalla temas etmemiş kondens geri alınır.	Analiz doğrulaması sonrası kazan besli suyu, sıcak su tankı veya tanımlı temiz kullanım noktasına yönlendirilir.
Plakalı eşanjör - sıcak kirli devre	Sıcak kirli proses suyu plakaların bir tarafında akar ve ısısını metal plakalar üzerinden karşı devreye bırakır.	Kirli su temiz suyla karışmaz; soğuduktan sonra atık su hattına/arıtmaya gider.

Sistem / devre	Çalışma prensibi	Kullanım ve kontrol yaklaşımı
Plakalı eşanjör - soğuk temiz devre	Soğuk temiz işletme suyu ayrı devrede akar ve kirli sudan yalnız ısı alır.	Isınan temiz su sıcak su tankına veya doğrulanmış proses noktasına gönderilir.
Plaka ve conta bütünlüğü	İki akım fiziksel olarak plaka ve contalarla ayrılır.	EC, pH, renk veya bulanıklık değişimi kaçak alarmıdır; sistem izole edilip sızdırmazlık kontrolü yapılır.
Kirlenme ve bakım	Kirli devrede lif, boya ve kimyasal kalıntıları plaka yüzeyinde ısı transferini düşürebilir.	Ön filtrasyon, sıcaklık verimi, debi, basınç farkı ve planlı CIP/bakım izlenir.

11.2. Temiz Kondens Isı Geri Kazanımı

Temiz kondens, buharın indirekt ısıtma devresinde yoğuşmasıyla oluşur ve normal işletmede proses banyosu, boya veya kimyasalla temas etmez. Kondensin sıcaklığı enerji değerini; iletkenlik, pH, renk, koku ve yağ kontrolü ise saflık ve kaçak riskini gösterir. İletkenlikte ani yükselme veya görünür kirlilik saptanırsa kondens temiz kabul edilmez; hat izole edilir ve serpantin/eşanjör kaçağı araştırılır.

11.3. Plakalı Eşanjör ile Isı Geri Kazanımı

Kontrol noktası	Teknik amaç	Kabul / aksiyon yaklaşımı
Kirli su giriş-çıkış sıcaklığı	Aktarılan ısıyı ve soğutma etkisini izlemek	Tasarım sıcaklık farkı ve trend dışı sapmalar kontrol edilir.
Temiz su giriş-çıkış sıcaklığı	Temiz suyun kazandığı ısıyı doğrulamak	Hedef sıcaklık sağlanmıyorsa debi, kirlenme ve yüzey alanı incelenir.
İki devrenin debisi	Isı dengesi ve stabil çalışma	Debi sapması pompa, vana, tıkanma veya yanlış by-pass göstergesidir.
Basınç farkı (ΔP)	Plaka kirlenmesi ve hidrolik direnci izlemek	Artışta filtre, plaka yüzeyi ve CIP gereksinimi kontrol edilir.
Temiz su çıkışı iletkenliği	Kirli devreden kaçak/kontaminasyon alarmı	Giriş temiz suyuna göre açıklanamayan artışta sistem derhal izole edilir.
Temiz su çıkışı pH, renk ve bulanıklık	Kimyasal veya boya geçişini kontrol etmek	Herhangi bir değişim plaka/conta bütünlüğü açısından uygunsuzluktur.
Plaka ve conta sızdırmazlığı	İki akımın fiziksel ayrımını güvence altına almak	Periyodik basınç/sızdırmazlık testi ve bakım kaydı tutulur.
Kirli taraf ön filtrasyonu ve CIP	Lif, boya ve kimyasal birikimini sınırlamak	Filtre diferansiyel basıncı ve ısı transfer verimi bakım planını tetikler.
By-pass ve izolasyon vanaları	Arıza halinde temiz su devresini korumak	Otomatik alarm veya operatör prosedürüyle devre güvenli konuma alınır.

SİSTEM SINIRI

Kirli proses suyu bu dokümanda geri kazanılmış proses suyu olarak kabul edilmez ve boya banyosuna geri verilmez. Plakalı eşanjörde yalnız ısı temiz suya aktarılır. Temiz ve kirli devrelerin kasıtlı veya arıza kaynaklı karışmasına izin verilmez.

12. Cihaz ve Sensör Seçimi

“En güvenilir marka” yerine uygulamaya uygun teknik şartname hazırlanmalıdır. Marka sıralaması, bağımsız doğruluk, tekrarlanabilirlik, saha dayanıklılığı, servis ve toplam sahip olma maliyeti verisi olmadan bilimsel sonuç değildir.

Uygulama	Önerilen sensör yaklaşımı	Şartname maddeleri
RO permeatı	Düşük hücre sabitli, yüksek hassasiyetli temaslı sensör.	Düşük aralık doğruluğu, sıcaklık sensörü, izlenebilir kalibrasyon.
Normal işletme suyu	Uygun aralıklı 2 veya 4 elektrotlu sensör.	Otomatik/manüel sıcaklık kompanzasyonu, veri kaydı.
Tuzlu proses banyosu	Dört elektrotlu veya uygun yüksek aralıklı sensör.	Polarizasyon direnci, kimyasal ve sıcaklık dayanımı.
Temiz kondens hattı	Düşük aralık hassasiyetli online veya taşınabilir iletkenlik sensörü.	Düşük EC çözünürlüğü, sıcaklık kompanzasyonu, ani artış alarmı ve numune alma noktası.
Laboratuvar referansı	İzlenebilir kalibrasyonlu masaüstü cihaz.	Çok noktalı kalibrasyon, belirsizlik, veri aktarımı.
Saha kontrolü	Dayanıklı taşınabilir cihaz.	IP koruma, değiştirilebilir prob, kolay doğrulama, servis erişimi.

12.1. Satın alma teknik şartnamesi

- Ölçüm aralığı ve her aralıktaki doğruluk/çözünürlük ayrı belirtilmelidir.
- Prob hücre sabiti, elektrot yapısı ve sıcaklık çalışma aralığı tanımlanmalıdır.
- ATC modeli ve kullanıcı tarafından sıcaklık katsayısı ayarlanabilme özelliği belirtilmelidir.
- Kalibrasyon standardı, izlenebilirlik ve sertifika gereksinimi yazılmalıdır.
- Online sensörlerde proses bağlantısı, malzeme uyumu, IP sınıfı, sinyal çıkışı ve bakım erişimi tanımlanmalıdır.
- Türkiye servis süresi, yedek prob maliyeti ve yıllık kalibrasyon planı toplam sahip olma maliyetine dahil edilmelidir.

13. BB-KSS Günlük Kontrol Prosedürü

Adım	Uygulama	Kayıt
1. Cihaz kontrolü	Cihaz, prob, kablo, pil/güç ve sıcaklık sensörü görsel olarak kontrol edilir.	Cihaz ID / prob ID / operatör
2. Standart doğrulama	Uygun aralıkta sertifikalı standart ile kontrol edilir. 1413 µS/cm standardı kullanılacaksa doğru birim doğrulanır.	Standart lotu / nominal değer / tolerans / okunan değer / sıcaklık
3. Numune alma	Tanımlı noktadan hat akıtılarak temiz kaba temsili numune alınır.	Nokta / saat / kaynak / görünüm
4. Ölçüm	Prob daldırılır, kabarcık giderilir, stabil değer beklenir.	Ham EC / ATC EC / sıcaklık / birim / ATC ayarı
5. Ek analiz	Su tipine göre sertlik, pH, alkalinite, renk veya KOİ kontrol edilir.	İlgili sonuçlar
6. Karar	Sonuç geçmiş validasyon aralığı ve ürün riskine göre değerlendirilir.	Onay / şartlı kullanım / red
7. Aksiyon	Sapmada tekrar ölçüm, ikinci cihaz, kaynak izolasyonu veya laboratuvar analizi uygulanır.	Aksiyon ve kapanış

13.1. Ölçüm kayıt formu

Tarih-saat	Numune noktası	Sıcaklık °C	EC ham	EC @25 °C	Birim	pH	Sertlik	Karar

Tarih-saat	Numune noktası	Sıcaklık °C	EC ham	EC @25 °C	Birim	pH	Sertlik	Karar

14. Uygunsuzluk ve Kök Neden Yönetimi

14.1. Ölçüm sapması

Belirti	Olası neden	Doğrulama
Değer sürekli sürükleniyor	Termal denge yok, kabarcık, kirli prob, akış kararsız.	Sıcaklığı sabitle, probu temizle, ikinci kaptan ölç.
Standart yüksek okunuyor	Buharlaşmış/kontamine standart, yanlış sıcaklık katsayısı, hücre sabiti.	Yeni porsiyon/lot, ATC kapalı kontrol, referans cihaz.
Standart düşük okunuyor	Prob kirli, yanlış standart, sıcaklık düşük, kablo/elektrot sorunu.	Temizlik, sertifika kontrolü, sıcaklık ve kablo testi.
İki cihaz farklı	Farklı ATC, birim, hücre sabiti, çözünürlük veya stabilizasyon.	Aynı ayarlar ve aynı numune ile çapraz test.
Yumuşatıcı çıkışı EC yüksek	Sodyum değişimi, kaynak EC artışı veya rejenerasyon etkisi.	Çıkış sertliğini ölç; EC tek başına arıza değildir.
RO permeat EC yükseliyor	Membran kaçak/kirlenme, sıcaklık, basınç, conta, karışım.	Tuz reddi, debi, ΔP, sıcaklık ve ikinci cihaz kontrolü.
Temiz kondens veya eşanjör temiz su çıkışı EC yükseliyor	Serpantin, plaka veya conta kaçağı; hatlar arası yanlış bağlantı; temiz su giriş kalitesinde değişim.	Temiz su giriş-çıkışını karşılaştır; pH, renk ve bulanıklığı kontrol et; basınç/sızdırmazlık testi uygula.

14.2. Karar hiyerarşisi

- Önce ölçümün güvenilirliğini doğrulayın.
- Sonra su kaynağının gerçekten değişip değişmediğini belirleyin.
- İletkenlik sapmasını sertlik, pH, alkalinite ve seçilmiş kimyasal analizlerle açıklayın.
- Ürün ve reçete riskini değerlendirin.
- Gerekirse akımı izole edin; temiz kondens hattını veya plakalı eşanjörü by-pass konumuna alın ve doğrulama tamamlanmadan kritik prosese su vermeyin.
- Aksiyon sonrası tekrar numune alın ve kapanış kaydı oluşturun.

15. Kontrol Listeleri ve Ekler

15.1. Vardiya başlangıç kontrol listesi

- ☐ Cihaz/prob kimliği ve kalibrasyon durumu güncel.
- ☐ 1413 µS/cm standardının lotu, toleransı, açılma tarihi ve saklama koşulu uygun.
- ☐ ATC açık/kapalı durumu ve sıcaklık katsayısı kayıtlı.
- ☐ Numune noktaları etiketli; hatlar yeterince akıtıldı.
- ☐ Yumuşatıcı çıkış sertliği kontrol edildi.
- ☐ RO besleme/permeat EC ve tuz reddi trendi normal.
- ☐ Temiz kondens hattı ile plakalı eşanjörün temiz/kirli devre ayrımı, kaçak alarmı ve bakım durumu kontrol edildi.
- ☐ Kritik açık renk/optik beyaz üretiminde ek su analizleri onaylı.
- ☐ Sapma halinde şartlı kullanım veya red yetkisi tanımlı.

15.2. İşletmeye özgü limit geliştirme formu

Alan	Kayıt
Su kaynağı ve numune noktası	
Ürün/proses grubu	
Veri toplama dönemi ve örnek sayısı	
İzlenen parametreler	EC, sıcaklık, pH, sertlik, alkalinite, seçilmiş iyon/organik parametreler
Kalite çıktıları	ΔE, haslık, leke, köpük, yeniden boyama, makine davranışı
Önerilen iç uyarı sınırı	
Önerilen iç aksiyon sınırı	
Validasyon onayı	Laboratuvar / proses / kalite / üretim
Revizyon tetikleyicileri	Su kaynağı, arıtma, reçete, boya grubu, makine, temiz kondens hattı veya plakalı eşanjör değişikliği

15.3. Terminoloji standardı

Kullanılacak	Kullanılmayacak / dikkat
Temiz kondens ısı geri kazanımı / plakalı eşanjör ısı geri kazanımı	Genel "ısı geri kazanım suyu" ifadesi; kirli proses suyunun doğrudan geri kullanımı
mikrosiemens, milisiemens	microSiemens, milliSiemens
1413 µS/cm veya 1,413 mS/cm	1,413 µS/cm
25 °C referansına göre iletkenlik	Sıcaklık belirtilmeden tek değer
İşletmeye özgü kontrol değeri	ISO limiti gibi sunulan kaynaksız proses değeri
TDS tahmini	Cihaz katsayısı belirtilmeden kesin TDS

16. Kaynakça ve Kaynak Güvenilirliği

Kaynaklar, iddiayı desteklediği kapsamla sınırlı kullanılmalıdır. Üretici teknik sayfası cihaz veya standardın özelliğini doğrulayabilir; tek başına marka üstünlüğünü kanıtlamaz.

Sınıf	Kaynak ve kullanım amacı
A	International Organization for Standardization (ISO). ISO 7888:1985, Water quality - Determination of electrical conductivity. Edition 1, May 1985; last reviewed and confirmed in 2023. Ölçüm metodunun kapsamı ve statüsü.
A	U.S. Environmental Protection Agency. Method 160.1, Residue, Filterable (Gravimetric, Dried at 180 °C). Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. TDS/filtrelenebilir kalıntının gravimetrik belirlenmesi.
B	Hach. Conductivity Standard Solution, 1413 µS/cm at 25 °C, 0.01 M KCl; NIST traceable. Ürün sayfasında nominal değer ve ürün toleransı belirtilir.
B	Thermo Fisher Scientific. Conductivity measurement / temperature compensation documentation. Sıcaklık kompanzasyonunun çözeltiye ve seçilen katsayıya bağlılığı.
C	BB-KSS saha kayıtları. İşletmeye özgü proses limitleri, su

Sınıf	Kaynak ve kullanım amacı
	kaynakları ve renk tekrarlanabilirliği verileri; yalnızca doğrulanan işletme kapsamında kullanılır.

16.1. Kaynak kayıt standardı

- Kurum veya üretici adı
- Dokümanın tam başlığı ve numarası
- Yayın/revizyon tarihi
- İlgili sayfa veya bölüm
- Erişim tarihi
- Kaynak sınıfı A/B/C
- Desteklenen teknik iddia
- Saha deneyimi ise işletme, makine, ürün ve tarih kapsamı

Nihai BB-KSS Kararı

YAYIN KARARI

Bu R02 sürümü, iletkenlik ve TDS'nin boyahane işletme suyunda nasıl ölçülüp değerlendirileceğini tanımlayan teknik master metindir. Doküman, kaynaksız evrensel proses limitlerini kaldırır; 60-60 °C uygulamasını koşullu olarak ele alır; yumuşatma ve RO kontrolünü ayrı sistemler olarak tanımlar. Isı geri kazanımı yalnız temiz kondens geri dönüşü ve plakalı eşanjörde kirli sıcak sudan temiz suya temas olmadan ısı aktarımı kapsamında ele alınır. İşletmeye özgü sayısal limitler ayrıca saha validasyonu ile oluşturulmalıdır.

BB-KSS-300-SU-001 / R02 / Kontrollü kopya