

TEKNİK MAKALE

Kimyasal Temizlik Öncesi Flushing: Açık Devre mi, Filtreli Devre mi?

VGB-S-513 standardına uygun pre-operational flushing uygulamalarının
karşılaştırmalı değerlendirilmesi ve saha deneyimleri

Proses Devreye Alma Teknolojileri Buhar Üfleme ve Kimyasal Temizlik Hizmetleri A.Ş.

Eylül 2026



Proses Devreye Alma Teknolojileri Buhar Üfleme ve Kimyasal Temizlik Hizmetleri A.Ş.

www.prosescom.tech

Yeni devreye alınan buhar kazanları, Atık Isı kazanları ve ilişkili boru hatlarında kimyasal temizlik öncesinde uygulanan yüksek hızlı su flushing işlemi, projenin geri kalanının teknik kalitesini belirleyen kritik bir adımdır. VGB-S-513 standardı flushing işlemini "first unrenouncable step" — yani ilk vazgeçilmez adım — olarak tanımlar. ASME PWR2004-52033 teknik makalesi de benzer şekilde; yağ, pas, gevşek mill scale, kaynak cürufu ve inşaat kalıntılarının kimyasal temizlik öncesinde uzaklaştırılması gerektiğini vurgular.

Bu makalede; VGB-S-513'e uygun açık devre (open / once-through) flushing ile filtreli kapalı devre flushing yöntemleri karşılaştırılmakta; sektörden edinilen saha gözlemleri ile Proses Devreye Alma AŞ'nin kendi proje deneyimleri bir arada sunulmaktadır. Temel mesaj şudur: **flushing, bir sonraki adım olan kimyasal yıkama fazının doğru, ekonomik ve tek seferde tamamlanması için zorunlu bir hazırlık adımıdır.**

Flushing, boru içinde fiziksel olarak taşınabilir partikülleri — gevşek pas, kum, toz, kaynak cürufu, tel parçaları, inşaat kalıntıları — sistemden uzaklaştırır. Yapışık mill scale, magnetit tabakaları ve yağ/gres filmi flushing ile giderilemez; bunlar sırasıyla kimyasal descaling ve alkalin boil-out ile temizlenir.

Flushing'in stratejik amacı yalnızca pompa ve kontrol vanalarını korumak değildir — asıl hedef, bir sonraki adımda uygulanacak kimyasal yıkama fazının doğru ve ekonomik biçimde tamamlanmasını sağlamaktır. Pre-operational asit temizlikte hazırlanan tipik %3–%5'lik inhibe asit çözeltisi, boru iç yüzeyine yapışmış pas, mill scale ve oksit tabakalarını çözmek üzere hesaplanır.

Suda serbest halde dolaşan pas, kum ve partiküller flushing ile sistemden uzaklaştırılmazsa; asit reaksiyon kapasitesi bu askıda katılara harcanır, boru yüzeyindeki yapışık pası çözmek için yeterli asit kalmaz — ikinci yıkama, ek kimyasal, ek süre ve dolayısıyla ek maliyet kaçınılmaz hale gelir.

Flushing ayrıca devreye alma sürecinde pompa emme tarafı, filtre ve kontrol vanalarını da korur. Ancak kimyasal temizlik ve flushing birbirinin yerine geçemez; flushing, asit fazına temiz bir sistem bırakmak için vazgeçilmez hazırlık adımıdır.

1.1 Kir türü ve yöntem eşleştirmesi

Kir türü	Tercih edilen yöntem
Gevşek pas, kum, toz	Flushing
Kaynak cürufu, tel parçaları	Flushing / blowdown
Yağ ve gres	Alkalin boil-out
Yapışık mill scale, magnetit	Kimyasal temizlik (asit)
Yapışık demir oksit tabakaları	Kimyasal temizlik (asit)



2.1 Açık devre flushing (Open / Once-Through)

Temiz su sistemden tek geçişle geçer ve atık su hattına veya geçici birikim havuzuna deşarj edilir. VGB-S-513 bölüm 4.1.2: boru sistemlerinde minimum 0,5 m/s (yukarı akışta 1 m/s) hız; her flushing turunda en az 1,5x sistem hacmi su. Kimyasal temizlik öncesi pre-flushing için VGB bölüm 6.2.4.2 turbidite < 0,2 hedefini öngörür.

2.2 Filtreli devre flushing (Closed-Loop + Filtration)

VGB-S-513 bölüm 4.1.4: Su geçici pompa ile kapalı devrede dolaştırılır; partiküller filtrede tutulur. Teoride su tüketimi düşer; pratikte filtre verimi, mesh boyutu ve sirkülasyon süresi sonucu belirler. Ancak flushing yetersiz tamamlandığında ihtiyaç duyulan ikinci asit yıkaması, uzayan sirkülasyon süreleri ve ek filtre tüketimi; iddia edilen su tasarrufu avantajını pratikte dengeleyebilir ve hatta aşabilir.

2.3 VGB bitiş kriterleri

Parametre	Ferritik sistemler	Austenitik / yüksek alaşımlı
İletkenlik farkı (giriş-çıkış)	< 20 μ S/cm	< 2 μ S/cm
Askıda katı madde (TSS)	< 5 mg/l	< 1 mg/l
Görsel	Berrak, renksiz, katısız	Berrak, renksiz, katısız
Pre-asit flushing turbidite	< 0,2 (spektral absorpsiyon)	< 0,2

Filtreli flushing yöntemiyle tamamlanmış bir kimyasal temizlik projesinden paylaşılan aşağıdaki teknik veriler yöntemin işleyişi ve sonuçları hakkında genel fikir vermesi açısından paylaşılmıştır.

- Yöntem: Filtreli (kapalı devre) flushing
- Sistem hacmi: ~540 m³
- Pompa Debsi: ~550 m³/h (yaklaşık 1 saatte 1 tam tur)
- Filtre basamakları: 100 μ m → 40 μ m
- Süre: 4–5 gün kesintisiz sirkülasyon
- Sonuç: Su belirgin şekilde bulanık; iletkenlik ~50 TSS seviyesine indirilebilmiş, berraklık ve askıda katı madde hedefleri sağlanamamıştır.





Şekil 1 — Filtreli devre sirkülasyonu sonrası kirli filtre torbası. Partikül yükü filtre kapasitesini aşmıştır.



Şekil 2 — Paslanmaz çoklu filtre housing.

540 m³ hacimde saatte bir tam tur ile 5 gün sirkülasyon, teorik olarak 100'den fazla tam tur demektir. Buna rağmen suyun bulanık kalması; filtrelerin ince partikülleri (kolloidal demir oksit, ince pas) yeterince tutamadığını, partiküllerin devre içinde sürekli dönüp durduğunu gösterir.

İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) tek başına yeterli bir bitiş kriteri değildir. Yüksek askıda katı madde ve bulanıklık, flushing'in tamamlanmadığını gösterir.

3.1 Kimyasal yıkama fazına erken geçiş riski

Flushing yetersiz kaldığında ve takibinde asit fazına geçildiğinde, sahadaki teknik ekiplerin sıklıkla karşılaştığı senaryo şudur: sitrik asit veya boil-out aşamasına başlanır; ancak sudaki demir konsantrasyonu belirli bir eşiği (örneğin demir değeri 3000 ppm) aştığında sistemin boşaltılıp ikinci bir asit yıkaması gündeme gelir. Bu eşik teknik olarak anlamlıdır — yüksek demir yükü asit reaksiyonunu bozar. Ne var ki yeterli pre-flushing yapılmış bir sistemde asit fazının başlangıcında bu düzeyde demir zaten beklenmemelidir; bu tablo, asit öncesi mekanik temizliğin tamamlanmadığının göstergesidir.



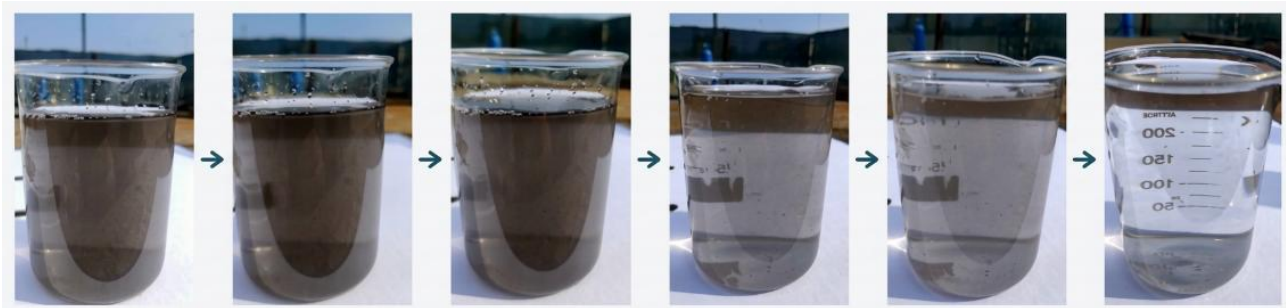
Asit çözeltisi boru iç yüzeyine yapışmış oksit tabakaları için hesaplanmıştır. Serbest halde dolaşan pas bu asitle temizlenmeye kalkıldığında, yüzeye yapışık pas için yeterli reaksiyon kapasitesi kalmaz; ikinci yıkama hem maliyet hem zaman hem de proje takvimi açısından ek yük oluşturur.

3.2 İş Yapım Metodu'nda flushing bitiş kriterlerinin tanımlanması

Her flushing uygulaması, İş Yapım Metodu (Method Statement – MoS) belgesinde, fazın hangi kriter değerine ulaşıldığında tamamlanmış sayılacağı açıkça tanımlanmalıdır. VGB-S-513'ün öngördüğü turbidite ($< 0,2$), TSS, iletkenlik farkı ve görsel berraklık hedefleri bu tanım için uygun referans noktalarıdır.

Pratikte filtreli flushing uygulayan firmalar, temizlik performanslarına ilişkin ölçülebilir taahhütte bulunmaktan kaçınılabilmektedir; bitiş kriterlerinin MoS'ta yer almaması bu belirsizliği artırır. İşveren veya devreye alma ekipleri tarafının MoS kabulü öncesinde bu kriterleri sorulması teknik bir zorunluluktur.

VGB-S-513 uyumlu açık devre flushing'de ilerleme objektif olarak izlenir: cam beher numunelerinde su renginin açılması, spektrofotometre ile opaklık/turbidite ölçümü, iletkenlik ve TSS analizi.



Şekil 3 — Açık devre flushing ilerlemesi: soldan sağa su renginin koyudan berrak numuneye geçişi.

4.1 Saha deşarj fotoğrafları (farklı projeler)

Aşağıdaki iki fotoğraf farklı projelerden alınmış olup, açık devre flushing'in başlangıç ve bitiş uç noktalarını göstermektedir



Şekil 4 — Flushing başlangıcı: geçici çökeltme havuzuna kirli su deşarjı (yoğun askıda katı madde).



Şekil 5 — Flushing tamamlandı: berrak su çıkış anı (ayrı proje).

4.2 VGB opaklık testi — flushing bitiş doğrulaması

Flushing bitiş doğrulaması spektrofotometre ile VGB opaklık testi olarak yapılır. Hedef: spektral absorpsiyon katsayısı (turbidite) $< 0,2$.



Şekil 6 — VGB opaklık testi: 0,109 Abs ve 0,071 Abs — her ikisi de $< 0,2$ hedefinin altındadır.

Filtreli devre uygulamasında günler süren sirkülasyon sonrası su hâlâ bulanık kalabilirken; VGB uyumlu açık devre flushing'de opaklık 0,071 Abs ile bitiş kriteri sağlanmıştır. Filtreli yöntemin sunduğu su tasarrufu avantajı, flushing yetersiz kaldığında ortaya çıkan ikinci asit yıkaması ve proje gecikmeleri karşısında pratikte anlamını yitirebilir.

Açık devre flushing'in en sık dile getirilen dezavantajı su tüketimidir — bu doğrudur. Ancak flushing yetersiz tamamlandığında ihtiyaç duyulan ikinci asit yıkaması, ek sirkülasyon günleri ve proje gecikmeleri; filtreli yöntemin iddia ettiği su tasarrufu avantajını pratikte anlamsız hale getirebilir. Yeni devreye alınan tesislerde flushing atığı ayrıca kimyasal kontaminasyon içermez; kir fabrikasyon pası, gevşek depozit, kum, toz, kaynak cürufu ve inşaat kalıntılarından ibarettir.



5.1 Çökeltme havuzu yöntemi

- Flushing suyu geçici atık / çökeltme havuzuna alınır
- 24 saat bekletilir — ağır partiküller dibe çöker
- Havuzun üst kısmındaki berrak su (askıda katı madde içermeyen) kanalizasyona veya izinli deşarj hattına verilebilir
- Dip tortusu kurutma sonrası inert atık olarak bertaraf edilir
- Alternatif: dalgıç pompa ile dip sludge ayrı toplanır, üst su deşarj edilir

VGB-S-513 Bölüm 4.4 flushing atığının genellikle sorun olmadığını; gerekirse flokülant ile çöktürme yapılabileceğini belirtir.

Kriter	Açık devre flushing	Filtreli devre flushing
Su kaynağı yeterli	Tercih edilir	Gereksiz karmaşıklık
Su kısıtlı (çöl, izole saha)	Maliyetli	Değerlendirilir
Temizlik kalitesi hedefi	Turbidite < 0,2, TSS net	Filtre verimine bağımlı
Süre	Saatler (doğru planla)	Günler (tıkanma riski)
Asit fazı hazırlığı	Yüksek demir riski düşük	Yetersiz filtre → yüksek demir

1. Flushing aceleyle bitirilmemelidir. Kimyasal temizlik takvimini kurtarmak için yetersiz flushing, ikinci asit yıkaması ve gecikme maliyetine dönüşür.
2. Flushing'in asıl amacı, %3–%5'lik asit çözeltisinin boru yüzeyindeki yapışık pası çözebilmesi için sistem hazırlamaktır; serbest partikülleri asitle temizlemeye kalkmak asit kapasitesini tüketir.
3. MoS'ta bitiş kriterleri tanımlanmalıdır. Turbidite, TSS, iletkenlik veya opaklık hedefi olmadan flushing fazı ölçülemez ve kabul edilemez.
4. İletkenlik tek başına yeterli değildir. Berraklık, turbidite (< 0,2), TSS ve demir analizi birlikte değerlendirilmelidir.
5. Açık devre flushing VGB-S-513'ün birincil tanımıdır; yeterli Demineralize su kaynağı olan sahalarda en güvenilir ve doğrulanabilir yöntemdir.
6. Filtreli devrenin su tasarrufu avantajı, flushing yetersiz kaldığında ortaya çıkan ikinci yıkama ve uzayan saha süreleri karşısında pratikte anlamını yitirebilir.
7. Yeni tesislerin kimyasal yıkama projelerinde flushing atığı yönetilebilir; çökeltme havuzunda 24 saat bekletme ile katı-sıvı ayrımı yapılır.



Kaynaklar

Bu makalede flushing yöntemleri, bitiş kriterleri ve kimyasal temizlik öncesi hazırlık adımları aşağıdaki birincil kaynaklara dayanmaktadır:

- VGB PowerTech e.V. (2014). VGB-S-513-00-2014-07-EN — Internal Cleaning of Water-Tube Steam Generating Plants and Associated Pipework. Essen: VGB PowerTech Service GmbH. [Bölüm 4 Flushing; Bölüm 4.1.4 filtreli devre; Bölüm 6.2.4.2 pre-asit flushing turbidite < 0,2]
- Bartholomew, R.D. & Hull, E.H. (2004). Preoperational Cleaning Requirements for HRSG Units. Proceedings of ASME POWER 2004, PWR2004-52033. Sheppard T. Powell Associates, LLC, Baltimore. [Tablo 1 — flushing / boil-out / asit aşamaları; HRSG kir türleri]
- Vecom Group (n.d.). Technical Bulletin — Pre-commission cleaning of 5 HRSG in Oman. Maassluis, Netherlands. [Pre-flushing at high speed; sitrik asit descaling; passivasyon prosedürü]
- HRSG Pre-Commissioning Cleaning Summary (teknik referans dokümanı). [Yüksek hızlı su flushing vs kimyasal temizlik karşılaştırması; gevşek partikül / yapışık oksit ayrımı]
- Universal Filtration & Pumping Solutions (n.d.). Acid Cleaning — Recirculation vs. Fill-and-Soak Method. <https://automaticfilterpress.com/acid-cleaning/> [Kapalı devre sirkülasyon ile tek geçiş (fill-and-soak) karşılaştırması; partikül uzaklaştırma verimi]
- Johns, J. (2025). Best Practices for Chemical Cleaning Hydroprocessing Units. Becht Engineering. <https://becht.com/becht-blog/entry/best-practices-for-chemical-cleaning-hydroprocessing-units/> [Kimyasal temizlik kapsam tanımı; sirkülasyon, gereksiz temizlikten kaçınma]

