

BACA GAZINDA CIVA, DİOKSİN VE FURANIN PAC'LA ABSORSİYONU



TARİH: ŞUBAT-2021

İçindekiler Tablosu

1. GİRİŞ	3
2. BACA GAZINDA CIVA, DİOKSİN VE FURAN'IN ABSORPSİYONU.....	5
3. ENJEKSİYON SİSTEMİ.....	7
4. TASLAK PAC HESABI	12

Şekil 1. Tipik Baca Gazı Arıtma Opsiyonları (CY: multisiklon, ESP: Elektrostatik filtre, SDA: Spey kurutucu absorber, ACI: Aktif karbon enjeksiyon, DSI: Kuru sorbent enjeksiyon, BF: Torbalı filtre).....	4
Şekil 2. PAC'ın Cıva Ve Bileşiklerini Giderme (Absorbe Etme) Üzerindeki Etkisi.....	5
Şekil 3. Sıcaklığa Bağlı Olarak PAC Temas Süresi.....	7
Şekil 4. PAC Depolama Enjeksiyon Sistemi	8
Şekil 5. PAC Enjeksiyon Sistemi	8
Şekil 6. Silo Depolama ve Enjeksiyon Sistemi.....	10
Şekil 7. Türkiye'deki Atık Yakma Tesisinde PAC Enjeksiyonu ve Torbalı Filtre Sistemi	10
Şekil 8. Aktif Karbon Dozlama Ünitesi	11
Tablo 1. Yeni Kurulacak Tesisler İçin Önerilen MACT Performans Gereksinimlerinin Temeli	

1. GİRİŞ

Termik santral, çimento sanayi ve atık yakma gibi tesislerde kömür, atık ve hammadde içinde bulunması muhtemel cıva bileşikleri yüksek sıcaklıkta cıva ve cıva bileşikleri halinde serbest hale geçer ve bacadan salımlanır.

Atıkların, hammaddelerin ve fosil yakıtların içinde bulunması muhtemel klorür ve florür bileşiklerin yüksek sıcaklıkta yakılması esnasında serbest hale geçen klorür ve florür, aromatik organik maddelerle reaksiyona girerek dioksin ve furan gibi kalıcı tehlikeli kirleticiler oluşturur.

Yakılacak atıkların, kömürlerin ve hammaddelerin içindeki cıva bileşikleri, klorür ve florür bileşikleri önceden tespit edilecek yanma sonucu baca gazında bulunması muhtemel cıva ve bileşikleri, dioksin ve furan miktarları yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

Baca gazı arıtması yapılmadan önce bacadan salımlanan cıva, cıva bileşikleri, furan ve dioksin gibi çok tehlikeli kirleticiler toprak ve su gibi alıcı ortamlarda ciddi kalıcı kirlilik oluşturmaktadır. Bu tür kirleticiler, gıda zinciri yolu ile sofralara kadar ulaşabilmektedir.

Dioksin, polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) ve furan, dibenzofurans (PCDFs), kanserojen olup çok toksik kirleticilerdir. Bu tür kirleticiler doğada bozulmadan yıllarca kalabilirler.

Yakma sistemlerinde dioksin ve furan konsantrasyonları, ani sıcaklık düşürülmesi ve klor baypas sistemi ile önemli oranda düşürülebilir. Ani sıcaklık düşürülmesi, önemli enerji tüketimine neden olur. Çoğun atık yakma tesisi, bu iki sistemi uygulama yerine baca gazında dioksin ve furanı gidermek (absorbe etmek) için fosil yakıt esaslı toz aktif enjeksiyon sistemi uygulamayı tercih etmektedir.

Yeni atık yakma tesislerinde baca gazı emisyon limitleri, maksimum ulaşılabilir kontrol teknolojisi (MACT) uygulamasına dayanmaktadır (**Tablo 1**).

Tablo 1. Yeni Kurulacak Tesisler İçin Önerilen MACT Performans Gereksinimlerinin Temeli

Önerilen Gereksinimler	Emisyon Sınırlarının Temeli
Yeni kaynak performans standartları	
Küçük kapasiteli tesisler (> 35-225 ton/gün)	GCP+SD//FF+CI
Büyük kapasiteli tesisler (> 225 ton/gün)	GCP+SD/FF+CI+SCCR

GCP: İyi yakma pratiği

CI: Karbon enjeksiyon

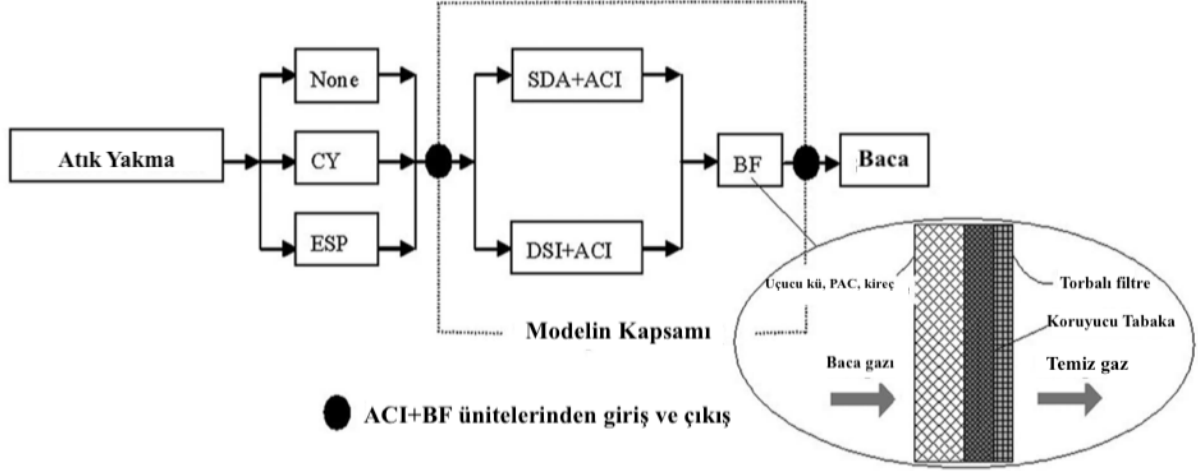
SD/FF: Toz sönüş kireç sprey kurutucu absorber ve torbalı filtre

SNCR: Selective Non-Catalytic Reduction

Baca Gazında Cıva, Dioksin ve Furanın PAC'la Absorsiyonu

Toz aktif karbon (PAC) enjeksiyon sistemi, dioksinleri, furanları, cıva ve bileşiklerini emisyonlarını kontrol etmek için torbalı filtre sistemi ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistem en iyi tekniklerden biridir.

Atık yakma tesisinde baca gazı arıtma sisteminde **Şekil 1**'de verilen sistemden biri uygulanır.



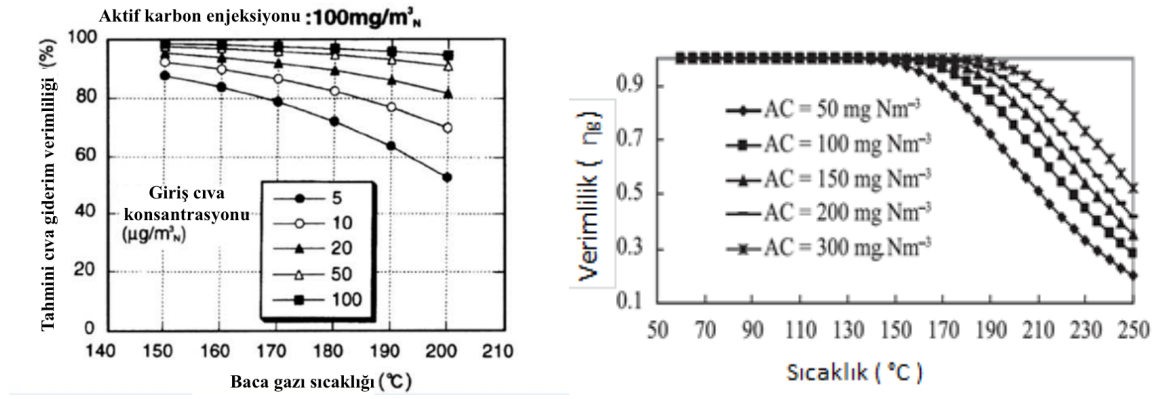
Şekil 1.Tipik Baca Gazı Arıtma Opsiyonları (CY: multisiklon, ESP: Elektrostatik filtre, SDA: Spey kurutucu absorber, ACI: Aktif karbon enjeksiyon, DSI: Kuru sorbent enjeksiyon, BF: Torbalı filtre)

2. BACA GAZINDA CIVA, DİOKSİN VE FURAN'IN ABSORSİYONU

Toz aktif karbon, cıva, cıva bileşikleri, dioksin ve furan gibi tehlikeli kirleticileri fitre etmek (absorbe etmek) için çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sıcaklık, PAC üzerinde dioksinlerin, cıva ve bileşiklerin adsorpsiyonunu güçlü bir şekilde etkiler, çünkü (1) buhar basıncı yükselen sıcaklıkla hızlı bir şekilde artar, böylece daha fazla dioksin buhar fazına geçer ve (2) adsorpsiyon ekzotermiktir ve artan sıcaklıkla fraksiyonel yüzey alanını azalır.

PAC (powdered activated carbon) uygulaması ile cıva, cıva bileşikleri, dioksin ve furan gibi kirleticileri gidermek (absorbe etmek) için baca gazı sıcaklığının 140-150 °C civarında olması tavsiye edilir. **Şekil 2'**de görüldüğü gibi 140-150 °C'da maksimum cıva ve bileşiklerini giderme (absorbe etme) oranına ulaşılmaktadır.



Şekil 2. PAC'ın Cıva Ve Bileşiklerini Giderme (Absorbe Etme) Üzerindeki Etkisi

Kuru PAC sistemleri için tipik sıcaklık aralığı 140-150 °C'dir. Atıkların yanması sonucu oluşacak gaz için en uygun sıcaklık aralığının 140-150 °C olduğu yer belirlenmeli ve PAC enjeksiyon sistemi burada kurulmalıdır.

Baca gazı sıcaklığın 140-150 °C'den düşük olması halinde gaz yoğunlaşması torbalı filtrenin tıkanmasına neden olur. Bunun için higroskopik tuzların (esas olarak CaCl₂) sıvılaşmasını önemli ölçüde korozyona ve tıkanmaya yol açmasını önlemek için torba filtre sıcaklığı asla <130 °C'nin altına düşürülmemelidir

Bununla birlikte, baca gazı sıcaklığı 176 °C veya daha yüksek olduğu zaman standart PAC'nin cıva giderme (absorbe etme) etkinliği hızla düşer. Bu, cıva ve cıva bileşiklerini giderme (absorbe etme) enjeksiyon yerine giriş sıcaklığının 140-150 °C'den 176 °C'e yükselmesi halinde cıva ve cıva bileşiklerinin giderimi (absorbe etme) yaklaşık %90'dan %10-20 aralığına düşürdüğü tespit edilmiştir.

Düşük PAC dozu uygulaması ile dahi yüksek oranda cıva ve cıva bileşiklerinin giderilmesi (absorbe edilmesi) önemli bir avantajdır.

Baca Gazında Cıva, Dioksin ve Furanın PAC'la Absorpsiyonu

PAC absorpsiyon sistemi uygulaması, torbalı filtreden önce yapılmalıdır. Böylece filtreleme (absorpsiyon) sonucu oluşan ilave aktif karbon torbalı filtre üzerinde tutulur. Toz aktif karbon enjeksiyon ünitesinde yeterli oranda giderilemeyen cıva ve bileşikleri, furan ve dioksin gibi kirleticiler, torbalı filtre yüzeyinde tutulan PAC ile ileri kademe giderilir. Bu da fazla toz aktif karbon kullanım miktarını azaltır. Böylece işletme maliyeti düşer.

3. ENJEKSİYON SİSTEMİ

Aktif karbon püskürtme tipi, genelde boru üzerinde basınçlı hava ile kuru tip PAC püskürtme yapılmaktadır.*

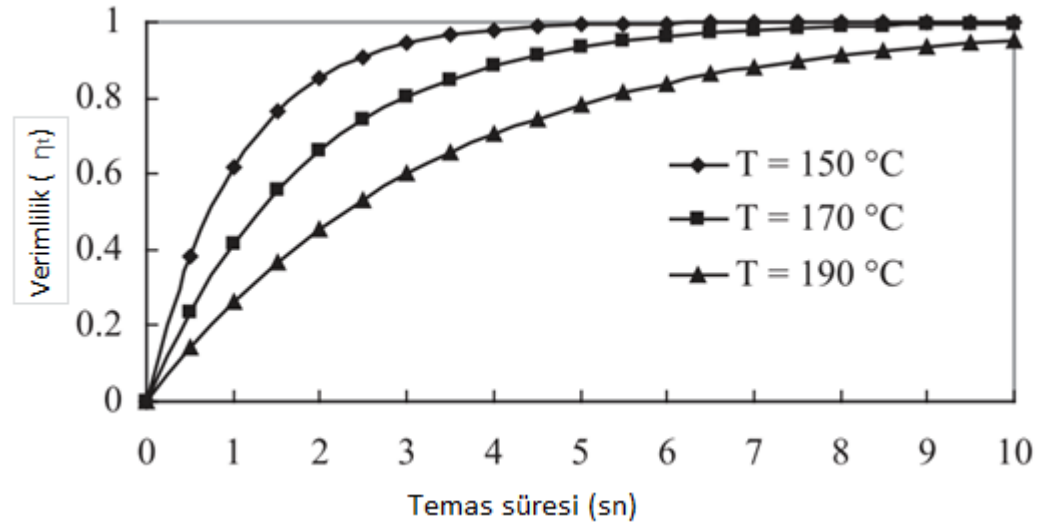
Petrol esaslı toz aktif karbon kullanılmakta ve PAC'ın boyutu, %80'i, 40 mikron altıdır.

Ortama enjekte edilen aktif karbon miktarı, 20-50 mg aktif karbon/Nm³ baca gazı arasında değişmektedir.**

Optimum cıva giderimi (absorbe edilmesi) için baca gazı sıcaklığının 140-150 °C arasında olması tavsiye edilmektedir.

Cıva, cıva bileşikleri, furan, dioksin gibi toz aktif karbonla giderme (absorbe edilme) verimi, %95-98 arasında değişmektedir.

Yüksek verimde giderim (absorbe edilmesi) için temas süresi, 2 saniyedir***.



Şekil 3. Sıcaklığa Bağlı Olarak PAC Temas Süresi

*: Enstrüman havası 5,5 bar basınçta direk bacaya nozul sistemi ile aktif karbon püskürtülecektir.

** : PAC püskürtme miktarı yanma sonucu oluşacak

***: Enjeksiyon noktası ile toz giderme (absorbe) ünitesi arasındaki mesafe PAC'ın ortalama 2 saniye süre ile temas halinde olması sağlanmalı.

PAC dozlama hattında kullanılan boruların çapı ortalama 2,54 cm (1 inch) olması uygundur.

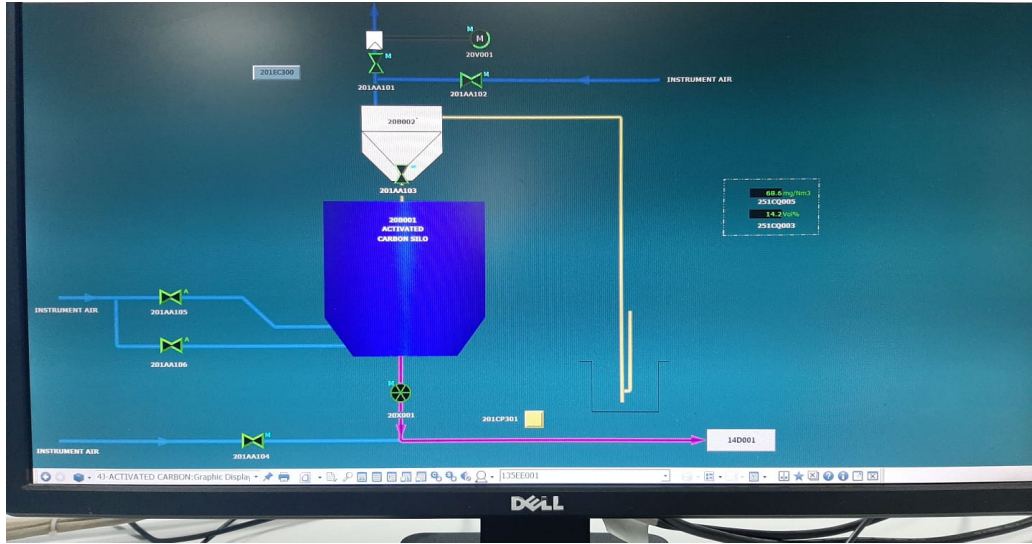
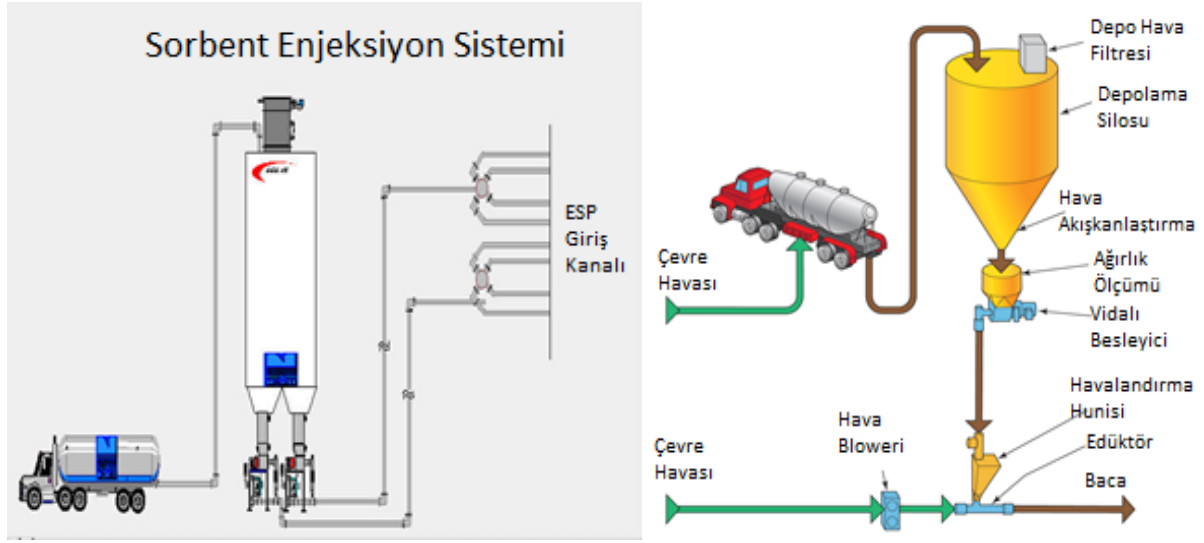
PAC besleme sistemi dozaj pompaları, frekans konvektörlü olmalıdır.

PAC depolama tankının malzemesi, karbon çelik olan silolarda depolanır.

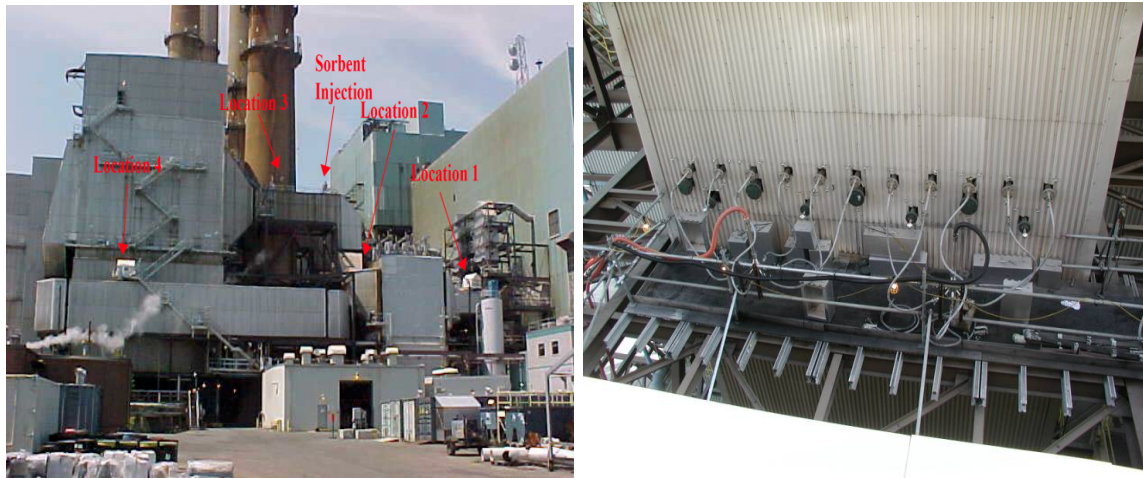
PAC, PLC kontrol sistemi ile besleme yapılmalı. PAC, volumetrik veya ağırlık olarak ortama püskürtülerek beslenir. PAC, baca gazı ile tam olarak karışmalı ve homojen ortam sağlanmalı.

Baca Gazında Cıva, Dioksin ve Furanın PAC'la Absorsiyonu

PAC sistemi akım şeması Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. PAC Depolama Enjeksiyon Sistemi



Şekil 5. PAC Enjeksiyon Sistemi

Türkiye'de bir atık yakma tesisinden toz aktif karbon dozlaması;

Baca Gazında Cıva, Dioksin ve Furanın PAC'la Absorsiyonu

- Aktif karbon 8,7 kg/saat,
- Gaz debisi, Yaklaşık 180,000 Nm³/h

Yani 50 mg/Nm³ PAC beselemesi yapılmaktadır.

PAC enjeksiyon sistemi ile cıvanın, cıva bileşiklerinin, dioksinin ve furanın gibi kirleticilerin tutulduğu toz aktif karbonlar torbalı filtrede tutulur. Torbalı fitrede tutulan tozlar tekrar yakma sisteminde yakılabilir. Toz üzerinde zaman zaman analiz yapılır ve yanıcı madde azalırsa geri devir belli periyotlarda yapılır.

PAC, tartı cihazının altına yerleştirilen bir besleyici yardımıyla pnömatik taşıma boru hattına istenilen hızda enjekte edilir. Bir tür üfleyici yardımıyla boru hattında taşınan PAC, genellikle toz toplama hattındaki diğer bir boru hattı olan proses hattına enjekte edilir. Bu enjeksiyon işlemi, hava akışıyla aynı veya ters yönde çalışabilir. PLC kontrollü otomasyon sistemi, boru hattına enjekte edilen kesim olarak tanımlanabilir PAC miktarını kontrol etmek için kullanılır. İstenilen kapasite, hız ve zamanda malzeme transferi kontrol paneli ile düzenlenir.

50-100 mg/Nm³ PAC enjeksiyon konsantrasyonunda %93,3-94,4 giderim (absorbe etme) etkinliğine ulaşıldığını ve 100 mg/Nm³'ün üzerindeki enjeksiyon hızlarında cıva, furan ve dioksin bertaraf etme veriminde önemli bir değişiklik gözlenmediği tespit edilmiştir.

45-70 mg/Nm³ PAC enjeksiyonu ile %80-98 PCDD/F giderme etkinliği elde edilmiştir. Torbalı filtrenin çalıştığı bir evsel katı atık yakma tesisinde 50 mg/Nm³ PAC enjekte edildiğinde %98'in üzerinde giderme verimliliği elde edilmiştir.

Torbalı filtrede tutulan cıva, dioksin ve furan gibi tehlikeli kirleticileri içeren uçucu küller, yönetmelikte belirlenen sınır değerinin üzerinde ise bu tür atıklar tehlikeli bir atık olarak bertaraf edilir. Bu uygulama esnasında belirlenir.

Dünyada birçok atık yakma tesisi, baca gazında cıva, furan ve dioksin giderimi genel olarak PAC enjeksiyonunu takiben torbalı filtre sistemi kullanmaktadır.

Torbalı filtresi önünde sıcaklık okuyucu termokupl ile sıcaklık sürekli okunup kayıt edilmektedir. Bu bölgede sıcaklık 140-150 °C arasında seyretmelidir.

Bir atık yakma tesisinde PAC besleme ve enjeksiyon sistemi **Şekil 6**'de verilmiştir.

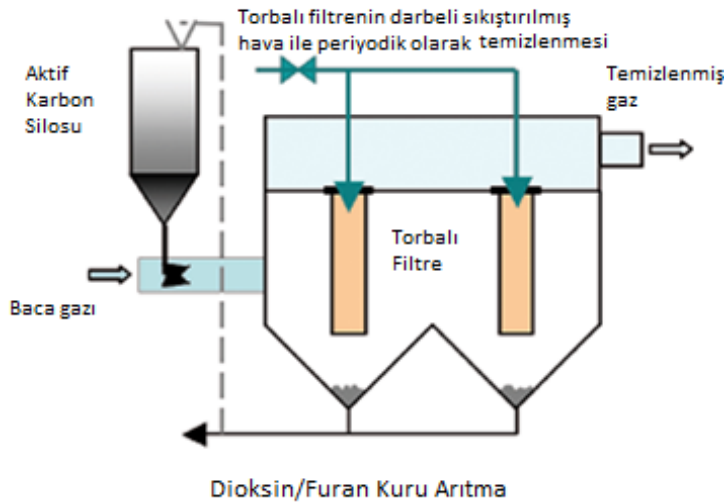
Baca Gazında Cıva, Dioksin ve Furanın PAC'la Absorsiyonu



Şekil 6. Silo Depolama ve Enjeksiyon Sistemi

Şekil 6'de verilen silolara aktif karbonun özel silolu taşıtlarla gelmesi gerekiyor.

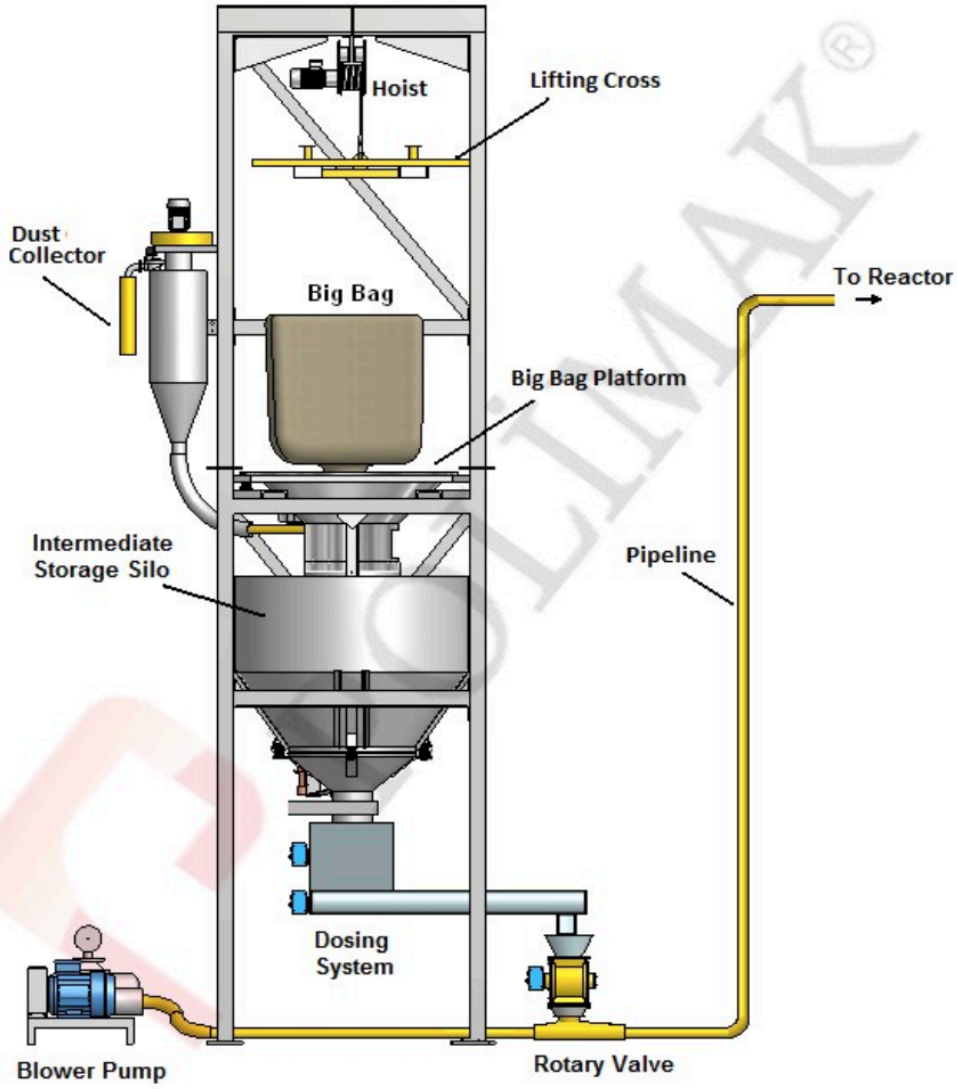
Türkiye'deki bir atık yakma tesisinde PAC enjeksiyon sistemi ve torbalı filtre tozların tutulması Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Türkiye'deki Atık Yakma Tesisinde PAC Enjeksiyonu ve Torbalı Filtre Sistemi

Şekil 7'de görüldüğü gibi torbalı filtrede tutulan uçucu toz içindeki PAC değerine bakılır ve hala yüksek oranda aktif PAC varsa enjeksiyon sistemi üzerinde sisteme tekrar enjekte edilir. Aktif PAC oranı düşerse uçucu atık yakma ünitesine verilebilir.

Türkiye'de PAC'lar, 1 m³ big-bağ çuvallarda yurt dışından ithal edildiği için PAC dozlama sisteminin Şekil 5'de verilen şekilde dizayn edilmesi gerekir ve dozlama işlemi bu esasa göre yapılmalıdır.



Şekil 8. Aktif Karbon Dozlama Ünitesi

PAC yurt dışından ithal edildiği için 6 aylık depolama alanı olmalıdır. Kışın özellikle yağışmaları önlemek ve PAC'ın nem almasını önlemek için depolanacak alan kuru olmalı.

4. TASLAK PAC HESABI

Depolama Hesaplanmasında;

PAC depolama kapasitesi: 6 ay

Depolamaya esas dozaj: ...mg/m³

Günlük tüketim miktarı: ... (mg/m³) x (m³/gün) =kg/gün

PAC saflık oranı<. %100

Özgül ağırlığı: 0,5 kg/dm³ = 0,5 ton/m³

PAC depolama hacmi = (m³/gün) x 6 x 30(gün) / 0,5 kg/dm³ = 120 m³

PAC depolama alanı yüksekliği: 2,0 m

PAC depolama alanı: 60 m²

PAC dozlama hesabı;

Maksimum PAC dozaj = ... mg/m³ (net değer uygulama çalışma ile belirlenecek)

PAC Dozlama Miktarı = (mg/m³) x 100.000 (m³/gün) = kg/gün (Deneysel çalışma sonrası yeniden düzenlenecek)

Çözelti Yoğunluğu = %10 ağırlık/hacim

Dozlama Hacmi = (kg/gün) / 0,10 (kg/lt) = lt/gün = lt/sa (Deneysel çalışma sonrası yeniden düzenlenecek)