

## SODYUM BİKARBONAT VE TRONA İLE HCl VE SO<sub>3</sub>/SO<sub>2</sub> GİDERİMİ



## İçindekiler Tablosu

<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. KURU SODYUM BİKARBONAT VE TRONA İLE SO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, HCL VE HF REAKSİYONLARI .....</b>	<b>4</b>
2.1. REAKSİYONLAR .....	4
2.2. SICAKLIK.....	4
2.3. YÜZEY ALANI.....	5
2.4. PARTİKÜL BOYUTU .....	5
2.5. TEMAS SÜRESİ.....	6
2.6. STOKİYOMETRİK ORANLAR .....	6
<b>3. BACA GAZINDA HCL VE SO<sub>2</sub>'NİN NAHCO<sub>3</sub>'LE GİDERİMİ.....</b>	<b>11</b>
<b>4. NAHCO<sub>3</sub> İLE BACA GAZLARINI NÖTRALİZE ETME SÜRECİ .....</b>	<b>13</b>
<b>5. NAHSO<sub>4</sub> OLUŞUMUNU ÖNLEME .....</b>	<b>14</b>
<b>6. ENJESİYON SİSTEMİ.....</b>	<b>15</b>
<b>7. BAKİYELERİN (KALINTI) DEĞERLENDİRMESİ VE GERİ DÖNÜŞÜM ÇÖZÜMLERİ .....</b>	<b>16</b>
<b>8. AVRUPADA ATIK YAKMA TESİSLERİNDE HCL VE SO<sub>2</sub> GİDERİM UYGULAMALARI .....</b>	<b>18</b>

<b>Şekil 1.</b> Stokiyometrik Orana ve Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak SO <sub>2</sub> Giderimi .....	7
<b>Şekil 2.</b> NaHCO <sub>3</sub> ile Ca(OH) <sub>2</sub> ile HCl ve SO <sub>2</sub> Giderim Karşılaştırılması .....	7
<b>Şekil 3.</b> NaHCO <sub>3</sub> , Trona ve Sönmüş Kireçle HCl Giderme Verimliliği Karşılaştırılması .....	8
<b>Şekil 4.</b> Kuru NaHCO <sub>3</sub> ile HCl giderim Torbalı Filtre Sistemi Uygulaması .....	9
<b>Şekil 5.</b> Kuru NaHCO <sub>3</sub> ile SO <sub>2</sub> Giderim Torbalı Filtre Sistemi Uygulaması .....	9
<b>Şekil 6.</b> Sodyum Bikarbonat ve Trona İle SO <sub>2</sub> Giderim Verimliliği .....	10
<b>Şekil 7.</b> Atık Yakma Tesislerinde Baca Gazı Arıtma İşlemleri.....	11
<b>Şekil 8.</b> NaHCO <sub>3</sub> ile HCl ve SO <sub>2</sub> Giderimi.....	12
<b>Şekil 9.</b> NaHCO <sub>3</sub> Bazlı Bir Kuru Sorbent Enjeksiyon Sisteminin Tipik Düzeni .....	12
<b>Şekil 10.</b> SO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Sıvı NaHSO <sub>4</sub> 'ün Dengede Oluşabileceği Baca Gazı Sıcaklığı Koşulları.....	14
<b>Şekil 11.</b> Kuru NaHCO <sub>3</sub> Enjeksiyon Sistemi ve Enjeksiyon Açısı.....	15
<b>Şekil 12.</b> NaHCO <sub>3</sub> ve Kireç Dozlama ve Bakiyeler .....	16

<b>Tablo 1.</b> Tronanın ve Sodyum Bikarbonatın Özellikleri.....	6
<b>Tablo 2.</b> Solvay tarafından önerilen temel performans faktörleri değerlerinin özeti .....	13
<b>Tablo 3.</b> Sodyum Bikarbonatlı Farklı Asitler İçin Giderme Sonucu Bakiye Maddeye Karşı Sorbent Ağırlık Oranının Özeti Azaltılmış Asit Kalıntı/Sorbent Oranı (Ağırlıklı).....	16
<b>Tablo 4.</b> Avrupa Ülkelerinde Atık Yakma Tesisleri Baca Gazı Arıtma Verimleri .....	18

## 1. GİRİŞ

Atık yakma tesislerinde yakılacak atıkların türlerine ve bileşimlerine bağlı olarak yanma sonucu çeşitli kirleticiler oluşur.

Yanan atık içinde sülfat, sülfür, klorür ve florür gibi kirleticiler bulunur. Bu tür kirleticilerin yüksek sıcaklıkta yakılması ile kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), kükürt trioksit (SO<sub>3</sub>), HCl ve HF gibi kirleticiler oluşur.

Yüksek sıcaklıkta yanma esnasında kükürt bileşikleri %95-97 oranında SO<sub>2</sub>'e ve %3-5 oranında SO<sub>3</sub>'ye dönüşür.

Klorür ve florür gibi bileşiklerde yanma sonucu HCl ve HF gibi asitlere dönüşür.

Ayrıca klorür ve florür gibi kirleticiler yanma esnasında organik maddelerle reaksiyona girerek dioksin ve furan gibi kalıcı organik kirleticiler oluşur.

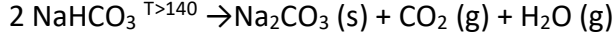
Atıkların yakılması sonucu oluşan SO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl ve HF gibi kirleticileri gidermede çeşitli metotların yanında sodyum bikarbonat veya trona gibi kuru sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır.

## 2. KURU SODYUM BİKARBONAT VE TRONA İLE SO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl ve HF REAKSİYONLARI

### 2.1. Reaksiyonlar

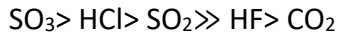
Atık yakma tesislerinde öncelikle uçucu küller giderilmelidir.

NaHCO<sub>3</sub>, 120 -175°C sıcaklık aralığında baca gazı sıcaklığına maruz kaldığında, NaHCO<sub>3</sub> aşağıdaki reaksiyona göre patlamış mısır gibi gözenekli tane yapısı olan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'e ayrışmaya başlar.

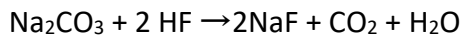
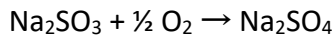
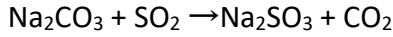
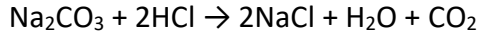
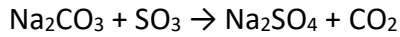


Sodyum bikarbonat, nispeten yüksek sıcaklıklarda patlamış mısır gibi yüzey alanı genişleyen ve baca gazı neminden bağımsız olarak SO<sub>3</sub>, HCl ve SO<sub>2</sub> ile reaksiyona giren Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile iyi bir giderme verimliliği sağladığı için tamamen kuru bir tekniğin uygulanmasına izin verir.

Reaktivite dizisi, sırası, aşağıdaki gibi düzenlenebilir:



Reaktivite dizisinde görüldüğü gibi öncelikle, sodyum bikarbonat yüksek sıcaklıkta patlamış mısır gibi yüzey alanı ani olarak genişleyen aktifleştirilmiş Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dönüşür. Yüksek sıcaklıkta yüzey alanı genişleyen aktifleştirilmiş Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yukarıda sıralanan kirleticilerle seçici olarak reaksiyona girer. Reaksiyonlar reaktivite dizisine göre aşağıda verilmiştir.



Sodyum bikarbonat her tür gaz halindeki asitlerle sırasıyla SO<sub>3</sub>, HCl, SO<sub>2</sub>, HF ve HX (diğer halojen asitleri) ile yukarıda verilen reaksiyonlara girerek sırasıyla Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl, NaF ve NaX tuzları oluşturur.

### 2.2. Sıcaklık

Sodyum bikarbonat 60 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ayrışır ama ayrışma süresi uzun olduğu için tercih edilmez.

Baca gazı sıcaklığı 140 °C'nin üzerinde olan diğer bazı atık gaz temizleme uygulamalarında, alternatif hidratlı kireç yerine alternatif olarak sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) kullanılır. Daha yüksek sıcaklıklarda NaHCO<sub>3</sub>, özgül yüzey alanını artıran, patlamış mısır gibi, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'e dönüştürülür. Sodyum bikarbonatın bir avantajı, daha yüksek kükürt trioksit, HCl ve kükürt dioksit giderme verimliliğine sahiptir. Ek olarak, tatmin edici kükürt gidermenin sağlanması için çıkış gazının 100°C'nin altındaki bir sıcaklığa soğutulması gerekli değildir. Bu nedenle, sodyum bikarbonatın, reaktantın spesifik yüzey alanını artıran sodyum karbonata termal ayrışması çok yavaş olabilir.

Bununla birlikte, SO<sub>2</sub> ayrıca doğrudan NaHCO<sub>3</sub> ile de reaksiyona girebilir.

Baca gazlarının sıcaklığı: Aktivasyonun gerçekleşmesi ve sorbentin asit gazlarla reaksiyona girmesini sağlayacak kadar yüksek olması gerekir. Daha düşük sıcaklıklar için (filtrede 110 ila 140 °C), daha yüksek sıcaklıklarla aynı verimlilik seviyesini elde etmek için özel patentli çözümler uygulanabilir.

### 2.3. Yüzey Alanı

Nötrleştirmeden önce, sodyum bikarbonat, yüksek sıcaklıkta (140 °C ve üzeri) sodyum karbonata dönüşerek yüzey alanları gelişler, spesifik bir yüzey ortamına (20 m<sup>2</sup>/g'den fazla olduğu kanıtlanmıştır), ve aktivite alanı artar. Bu aktivasyon sayesinde asitlerle temas yüzeyi artar ve reaksiyona girecek ürünün mevcudiyeti en üst düzeye çıkar.

Sıralı öğütücü, sodyum bikarbonatı ince tozlar halinde öğütmek için kullanılır. Öğütülmüş sodyum bikarbonatın taneciklerinin boyutu (d<sub>90</sub>) yaklaşık 20 µm'ye kadar öğütülebilir. Öğütülmüş sodyum bikarbonatın kütle medyan çapı 12 µm ve hesaplanan özgül yüzey alanı 1,56 m<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>'dir.

Öğütme işlemi esnasında yükselen sıcaklıktan dolayı NaHCO<sub>3</sub> bozulması önlenmelidir.

### 2.4. Partikül Boyutu

Sodyum bazlı sorbentlerin tüketimindeki en büyük azalma, öğütme yoluyla sorbent partikül boyutunun azaltılmasıyla elde edilir ve bu da reaktiviteyi artırır.

Daha küçük dane boyutuna sahip NaHCO<sub>3</sub>, daha büyük dane boyutuna sahip NaHCO<sub>3</sub>'lere daha yüksek bir SO<sub>2</sub> giderme verimliliği sağladığını tespit edilmiştir.

%50 SO<sub>2</sub> giderimi elde etmek için, 28 mm çaplı partiküller için gerekli SR, 11 mm çapındaki daha küçük partiküller için gerekli olanın 1,6 katıydı. Daha küçük partiküllerle artan SO<sub>2</sub> giderme verimliliği elde edilmektedir.

Hassasiyet çalışmaları, partikül boyutlarının ayrışma ve sülfasyon parametre hesaplamaları üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Daha küçük partikül boyutlarında hem ayrışma hem de sülfasyon, reaksiyon parametresinin daha yüksek tahminlerine ve dolayısıyla daha yüksek uzaklaştırma tahminlerine yol açar. 20 mikro metreden küçük partiküllerin maksimum giderme verimliliği partikül boyutuna göreceli olarak duyarsızdır.

Küçük partikül boyutu: Kirleticilerle temas yüzeyini artırmak, reaksiyon süresini hızlandırmak ve tanelerdeki maksimum maddeyi çekirdeğe kadar kullanmak.

Sodyum bikarbonat ve trona gibi tipik sodyum bazlı sorbentleri kullanmanın zorluğu, partikül boyutu azaldıkça bunların işlenmesinin daha zor hale gelmesidir. Ek olarak, belirli öğütme işlemleri sırasında yaşanan yüksek sıcaklıklar, öğütülmüş sodyum bazlı sorbentlerin performansını düşürebilir.

Ticari olarak satılan trona ve NaHCO<sub>3</sub> özellikleri **Tablo 1'** de verilmiştir.

**Tablo 1.** Tronanın ve Sodyum Bikarbonatın Özellikleri

	Trona	Sodyum Bikarbonat
Formül	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·NaHCO <sub>3</sub> · 2H <sub>2</sub> O	NaHCO <sub>3</sub>
Ortalama çap (d <sub>50</sub> )	~ 30 µm	~ 110 µm
Serbest akışlı hacimsel yoğunluk	785 kg/m <sup>3</sup>	1089 kg/m <sup>3</sup>
Safılık	> 97%	> 99%

- Sodyum Bikarbonat
  - Hacimsel yoğunluk 1009 kg/m<sup>3</sup>
  - D<sub>50</sub> 150 – 230 mikron
  - D<sub>90</sub> 255 – 385 mikron
- Trona
  - Hacimsel yoğunluk 1249 kg/m<sup>3</sup>
  - Assay > %95
  - D<sub>50</sub> < 46 mikron
  - Serbest nem yüzdesi < 0.07

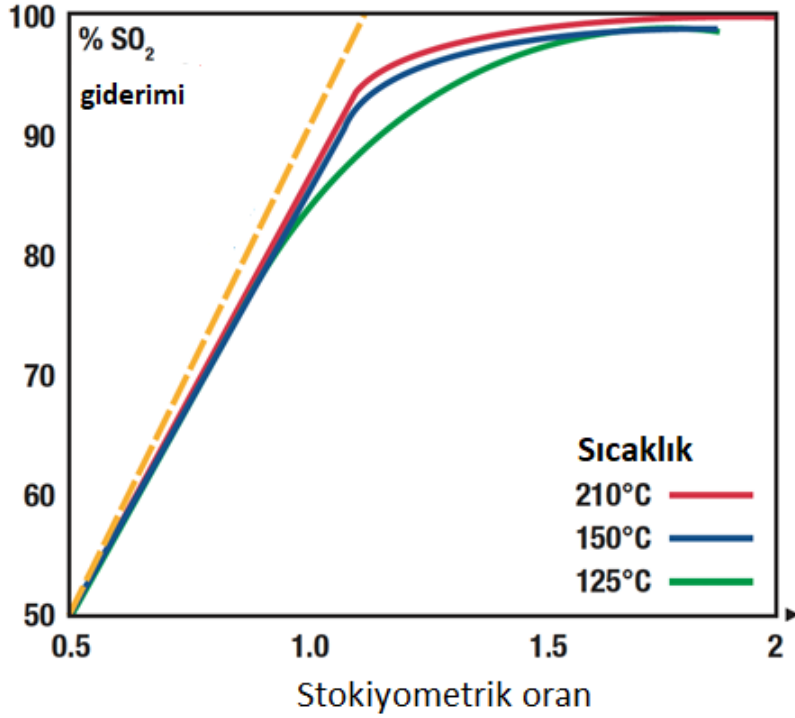
### 2.5. Temas Süresi

Kuru NaHCO<sub>3</sub> ile iyi bir baca gazı kirleticilerinin giderim sistemi tasarımının anahtarı, sorbent ve asit gazlarının iyi karışması için sorbenti baca gazı içinde homojen olarak dağıtmaktır. İstenilen bekleme süresi tasarım değeri: > 1 saniye olmalıdır.

### 2.6. Stokiyometrik Oranlar

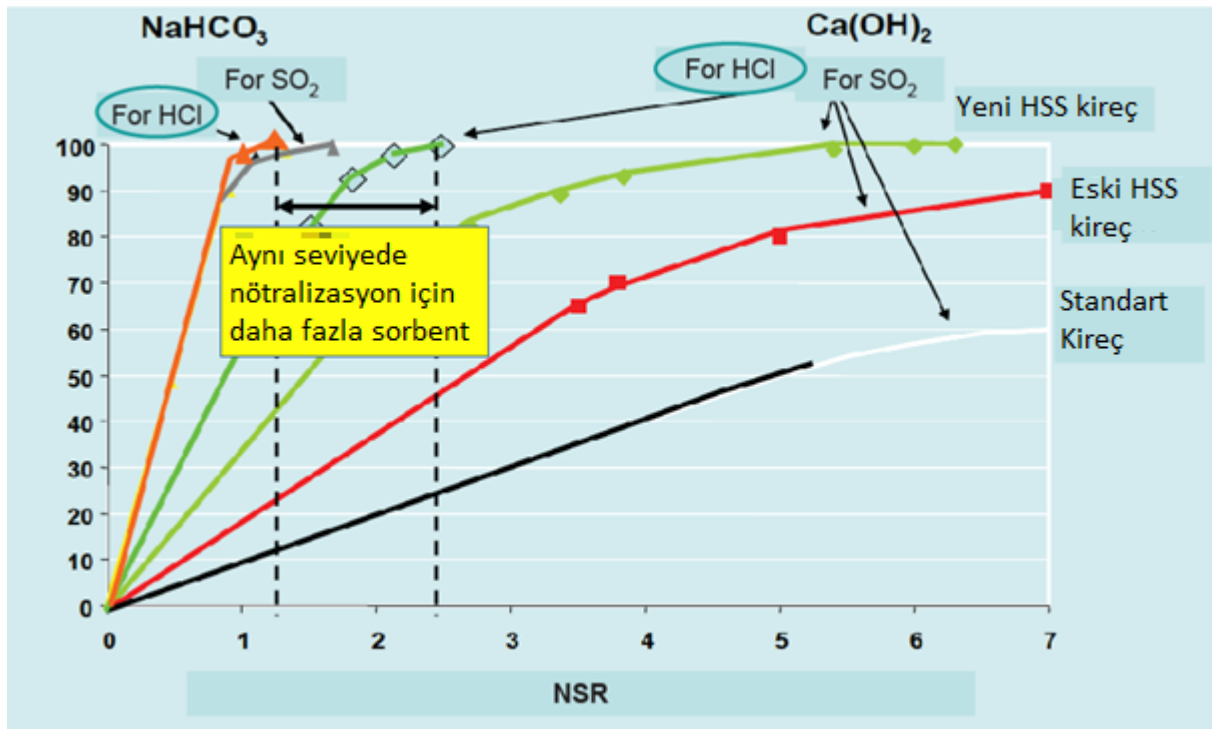
NaHCO<sub>3</sub> tabanlı arıtma sistemleri, asit gazı emisyonlarının kontrolünde her zaman yüksek bir verimliliği garanti ederken, Avrupa Atık-enerji santrallerindeki operasyonel deneyim, aynı asit gazı giderme performansının, stokiyometrik besleme oranının 1,1 ila 1,4 katı arasında değişen NaHCO<sub>3</sub> besleme oranları ile elde edildiğini göstermektedir.

Stokiyometrik orana ve ortam sıcaklığına bağlı olarak SO<sub>2</sub> giderimi **Şekil 1'** de verilmiştir.



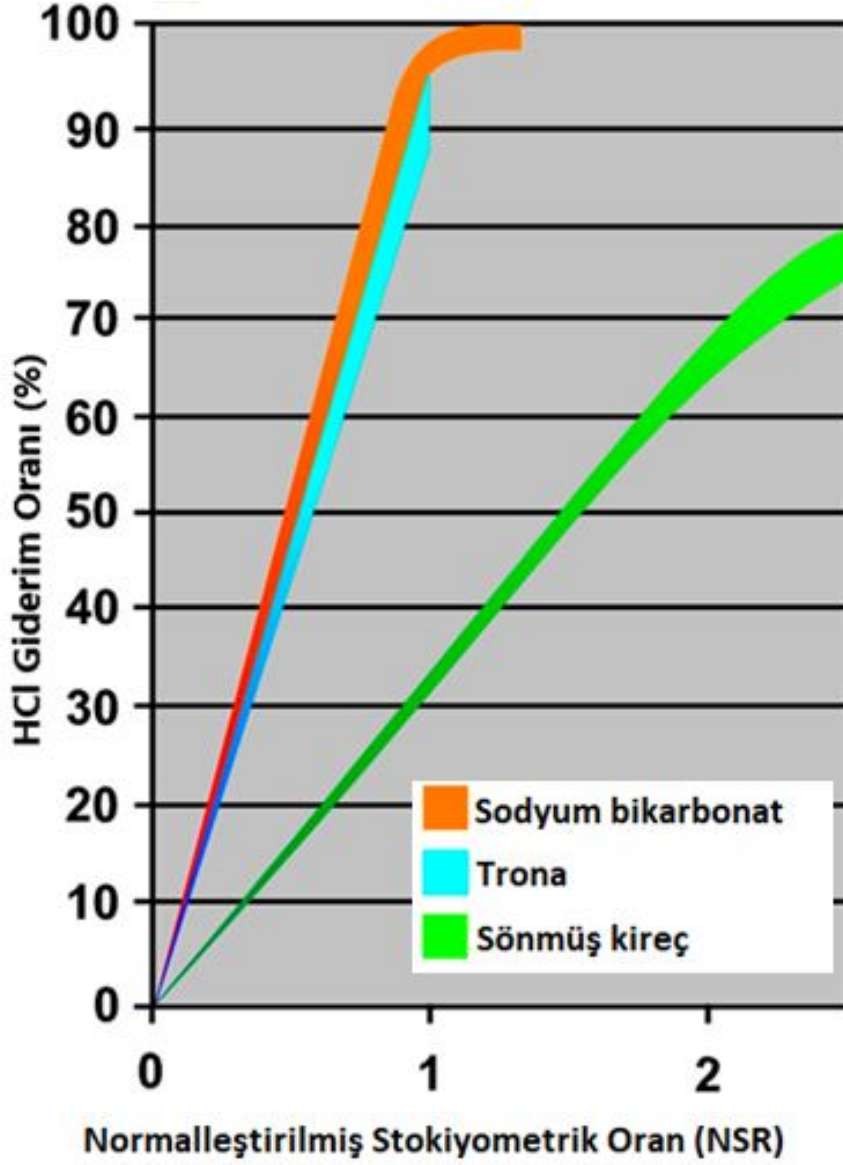
Şekil 1. Stokiyometrik Orana ve Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak SO<sub>2</sub> Giderimi

Diğer yandan kuru NaHCO<sub>3</sub> ve sönmüş kireç (Ca(OH)<sub>2</sub>) ile HCl ve SO<sub>2</sub> giderimi karşılaştırılması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. NaHCO<sub>3</sub> ile Ca(OH)<sub>2</sub> ile HCl ve SO<sub>2</sub> Giderim Karşılaştırılması

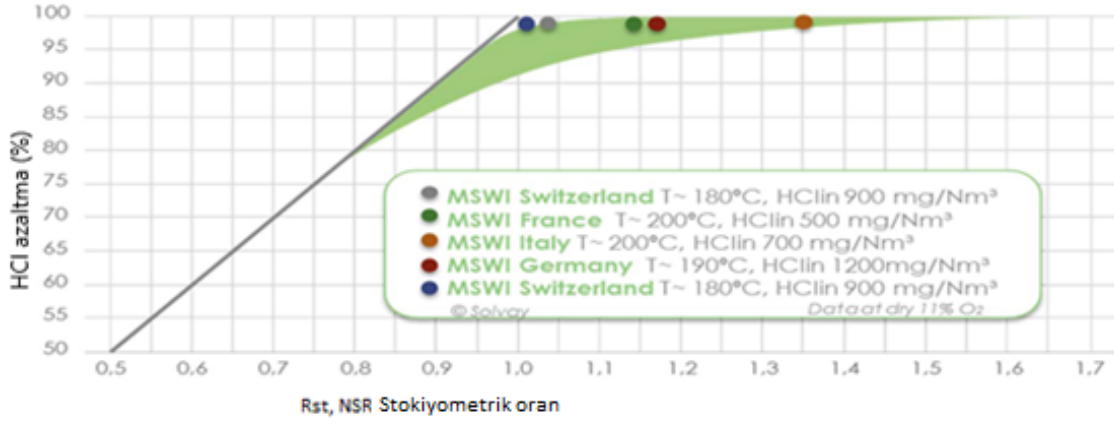
NaHCO<sub>3</sub>, trona ve sönmüş kireç ile baca gazında HCl giderme verimliliği karşılaştırılması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. NaHCO<sub>3</sub>, Trona ve Sönmüş Kireçle HCl Giderme Verimliliği Karşılaştırılması

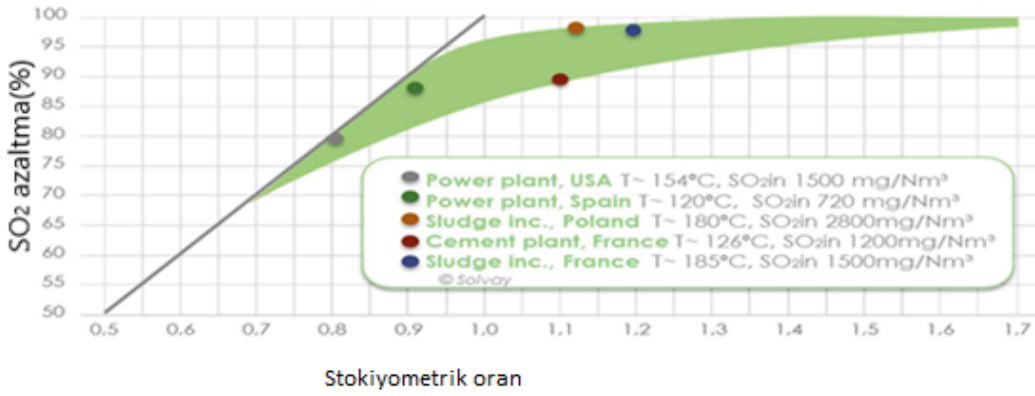
Sonunda torbalı filtre olan ve stokiyometrik orana kuru NaHCO<sub>3</sub> ile HCl giderim uygulaması Şekil 4'de verilmiştir.





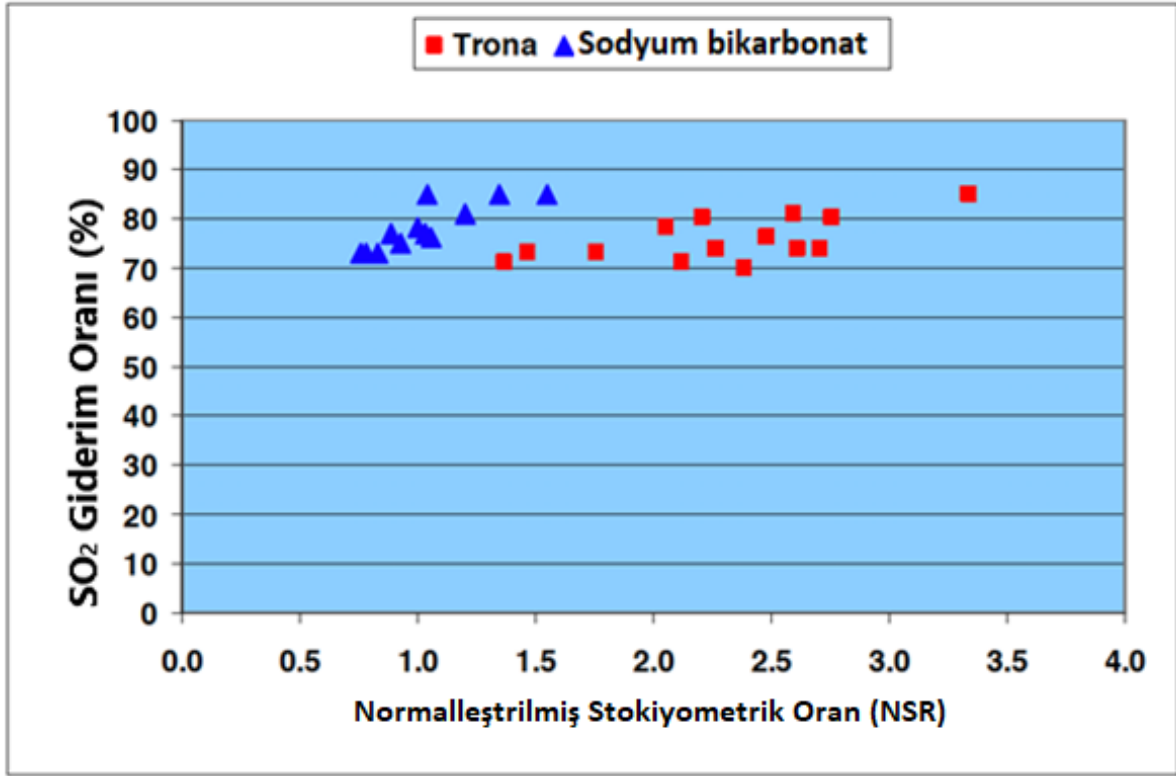
Şekil 4. Kuru NaHCO<sub>3</sub> ile HCl giderim Torbalı Filtre Sistemi Uygulaması

Sonunda torbalı filtre olan ve stokiyometrik orana kuru NaHCO<sub>3</sub> ile SO<sub>2</sub> giderim uygulaması Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Kuru NaHCO<sub>3</sub> ile SO<sub>2</sub> Giderim Torbalı Filtre Sistemi Uygulaması

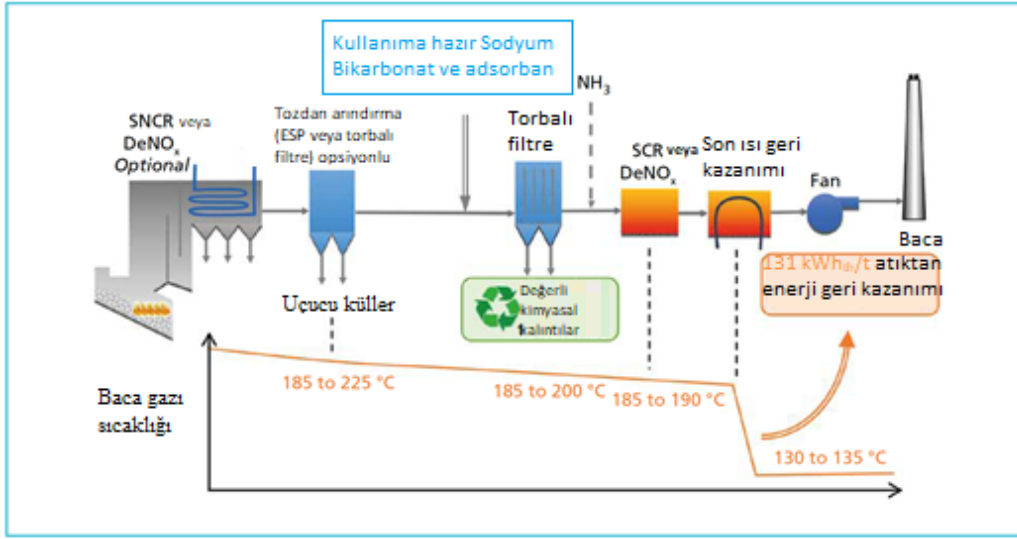
NaHCO<sub>3</sub> ve trona ile SO<sub>2</sub> giderimi verimliliği Karşılaştırılması Şekil 6’de verilmiştir.



Şekil 6. Sodyum Bikarbonat ve Trona İle SO<sub>2</sub> Giderim Verimliliği

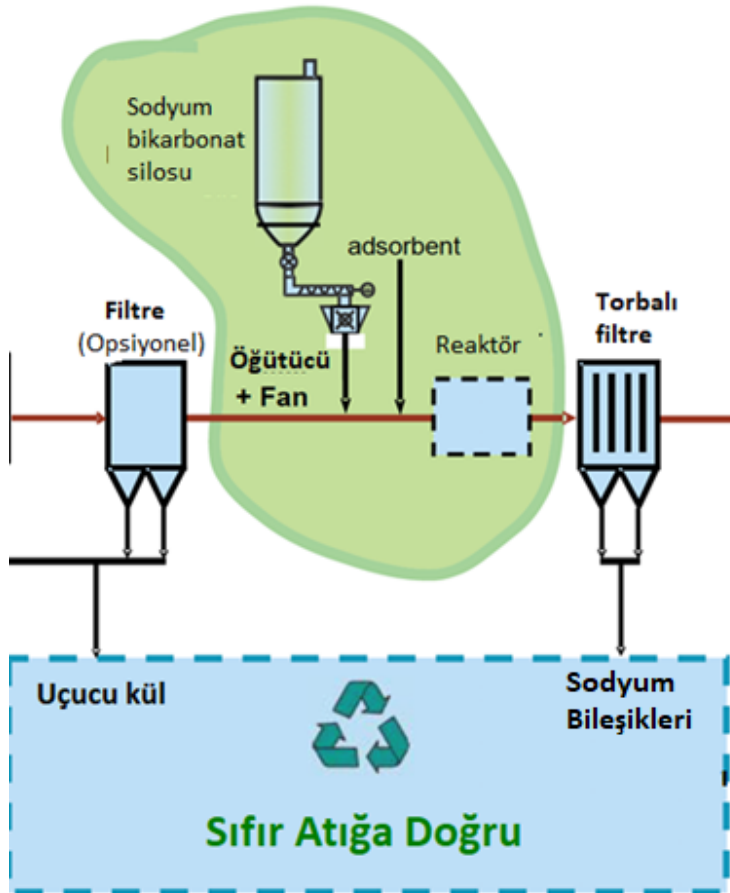
### 3. BACA GAZINDA HCl ve SO<sub>2</sub>'NİN NaHCO<sub>3</sub>'LE GİDERİMİ

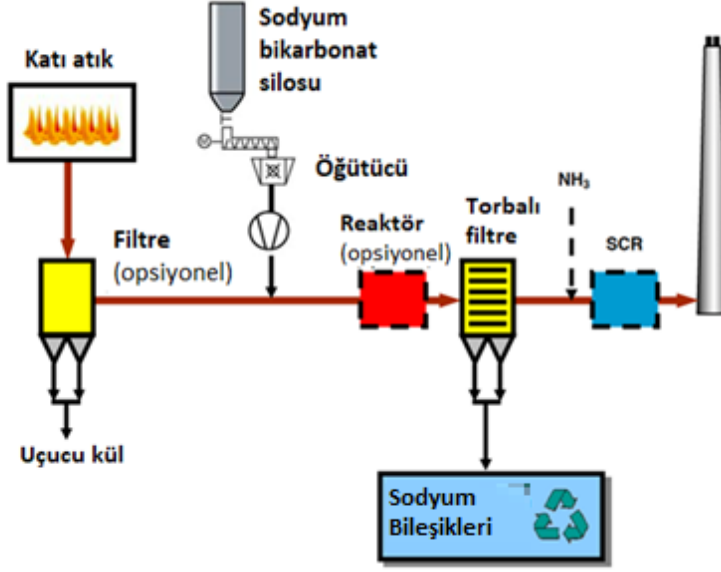
Bir atık yakma tesisinde sıcaklığa. Bağlı olarak gerçekleşen baca gazı arıtma işlemleri **Şekil 7**'de verilmiştir.



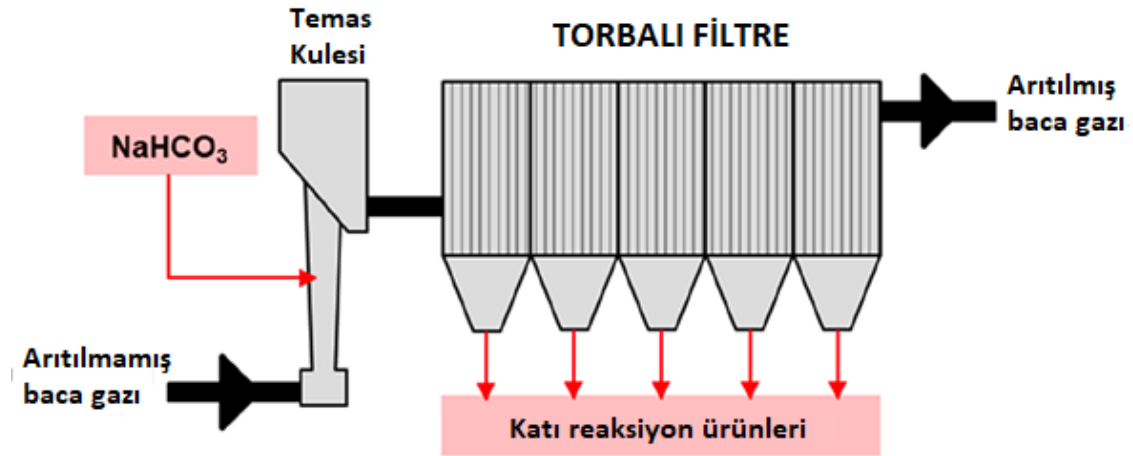
**Şekil 7.**Atık Yakma Tesislerinde Baca Gazı Arıtma İşlemleri

Baca gazında kuru sistemle HCl, SO<sub>2</sub> gidermek NaHCO<sub>3</sub> uygulama örneği **Şekil 8**'de verilmiştir.





Şekil 8. NaHCO<sub>3</sub> ile HCl ve SO<sub>2</sub> Giderimi



Şekil 9. NaHCO<sub>3</sub> Bazlı Bir Kuru Sorbent Enjeksiyon Sisteminin Tipik Düzeni

#### 4. NAHCO<sub>3</sub> İLE BACA GAZLARINI NÖTRALİZE ETME SÜRECİ

NaHCO<sub>3</sub> ile baca gazlarını nötrale etme sürecinin ana özellikleri:

- NaHCO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl ve SO<sub>2</sub> ile çok iyi reaktivitedir.
- Sıcaklık ne kadar yüksekse, SO<sub>3</sub>, HCl ve SO<sub>2</sub> ayrımı o kadar verimli olur. Bununla birlikte, cıva ayrılması nedeniyle sıcaklığın sınırlandırılması tavsiye edilir.
- Aktif karbon kullanılıyorsa, istenen sıcaklık koridoru 140-150° C arasında olmalıdır.
- İstenen bikarbonat öğütme: tane boyutu ne kadar küçükse, ayırma performansı o kadar iyidir.
- HCl/SO<sub>2</sub> oranının ayırma performansı üzerinde etkisi yoktur.
- Ayırma performansı üzerinde nemin etkisi yoktur.
- HF ile zayıf reaktivite
- 1,1 <SR (Stokiyometrik Oran) <1,4 olan stokiyometrik değerler yaygındır. Bikarbonat prosesi içinde resirkülasyon uygulanırsa ayırma performansında hafif bir iyileşme.
- Kireç bazlı prosese kıyasla düşük miktarda atık madde oluşur.

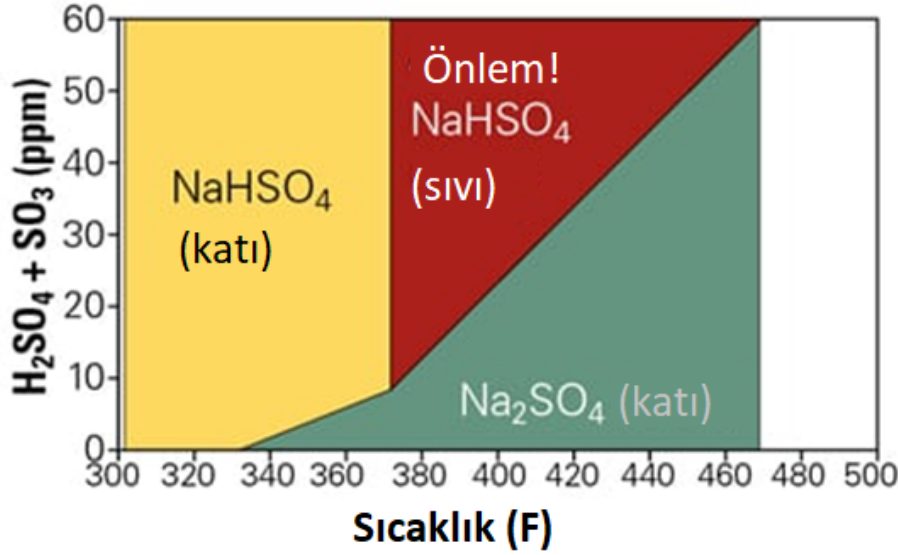
**Tablo 2.** Solvay tarafından önerilen temel performans faktörleri değerlerinin özeti

Kritik parametreler	Tavsiye edilen değerler
Parçacık boyutu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %90'nının hacmi 35 µm'den daha küçükler ( HCl azaltma, torbalı filtre)</li> <li>• %90'nının hacmi 20 µm'den daha küçükler ( SO<sub>2</sub> azaltma, ESP)</li> </ul>
Temas süresi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrasyon sisteminden önce 2 saniye</li> </ul>
Baca gazı sıcaklığı	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enjeksiyon noktasında 140 °C'den daha fazla</li> <li>• 110 - 140 °C arasında özel uygulama ölçümleri</li> </ul>

## 5. NAHSO<sub>4</sub> OLUŞUMUNU ÖNLEME

Yalaşık 185°C ve üzeri sıcaklıklarda yapışkan olan ve bu nedenle hava ısıtıcı ve kanal üzerinde birikerek tıkanmaya neden olan sıvı sodyum bisülfat (NaHSO<sub>4</sub>) oluşumunu önlemek için özen gösterilmelidir.

İyi bir trona enjeksiyon sistemine sahip olmak ve trona ile SO<sub>3</sub>'ün iyi karışmasını sağlamak için bir akış modelleme çalışmasını tamamlamak çok önemlidir. **Şekil 10**'teki kırmızı alan, sodyum bisülfat (NaHSO<sub>4</sub>) oluşumunun meydana gelebileceği koşulları temsil etmektedir. NaHSO<sub>4</sub>(s) sıcaklıklarda >370°F ve üzerinde yapışkan bir maddedir. Bu nedenle kanal içinde birikmeye neden olur ve bunun sonucu tıkanmaya, hava ısıtıcı ve kanal yüzeylerinde bırakabilir. Konsantrasyonu yüksek ise NaHSO<sub>4</sub>(s) oluşturulabilir. Şekil 10, SO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'yi gösterir ve sıvı NaHSO<sub>4</sub>'ün dengede oluşabileceği baca gazı sıcaklığı koşulları verilmiştir. Sorbentin tasarımda temas (kalma) süresi 1 saniyeden fazla olmalıdır.



**Şekil 10.** SO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Sıvı NaHSO<sub>4</sub>'ün Dengede Oluşabileceği Baca Gazı Sıcaklığı Koşulları

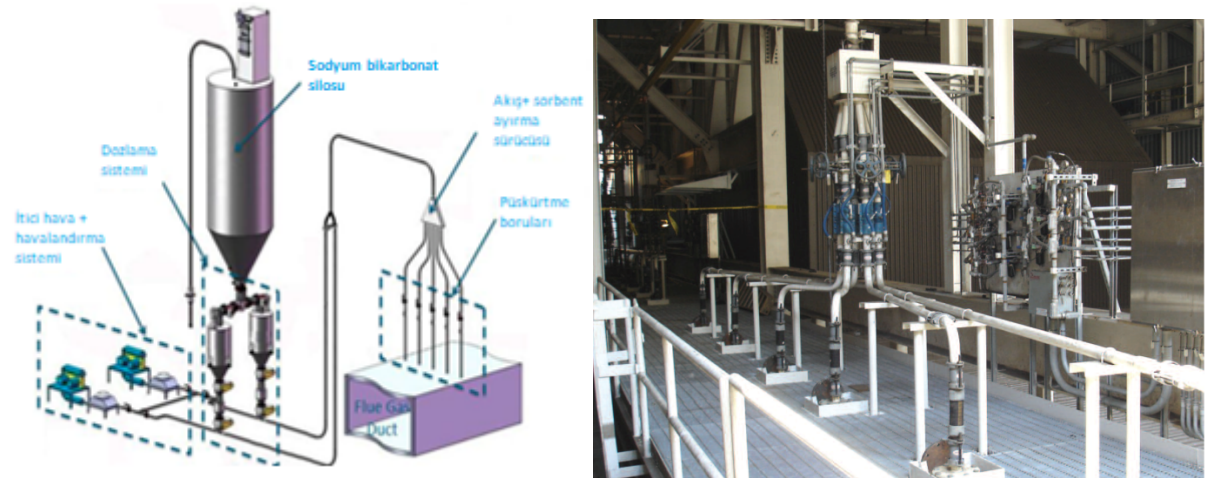
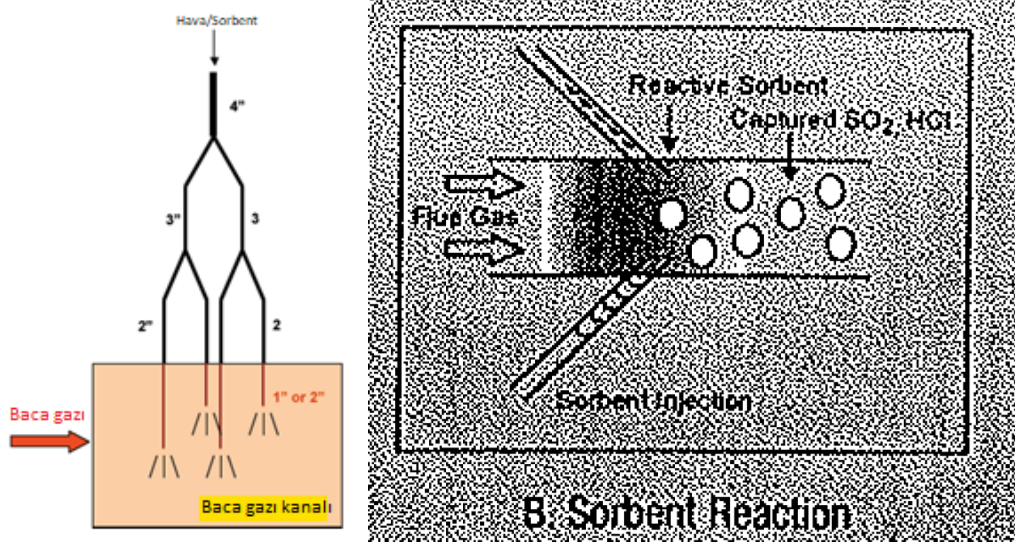


## 6. ENJESİYON SİSTEMİ

Filtrasyon/toz ayırma sisteminden önce ideal katı-baca gazı karışımı: Enjeksiyon düzeni, temas süresi, kanal ve filtre geometrileri, en homojen karışımı elde etmek için dikkatlice tasarlanmalıdır. Baca gazı enjeksiyon sistemleri çalışmaları, tasarımın bu bölümünü optimize etmeye yardımcı olabilir ve atık baca gazları ile NaHCO<sub>3</sub> karışımını optimize etmek için özel patentli enjeksiyon nozulları mevcuttur. Baca gazı kanalı tasarımını önceden tahmin etmek ve iyi karıştırma koşulları sağlamak için önerilen bir temas süresi formüle edilmiştir.

Dane boyutu küçük kuru sorbent, uygun bir sıcaklık seviyesine sahip bir noktada baca gazı akımına pnömatik olarak enjekte edilir. Sorbent, genellikle bir torbalı filtre veya bir elektrostatik çöktürücü olan bir toz giderme sisteminde çıkış gazında toplanır. Elde edilen toz bileşimine bakılarak tekrar kullanılıp kullanılmayacağına karar verilir.

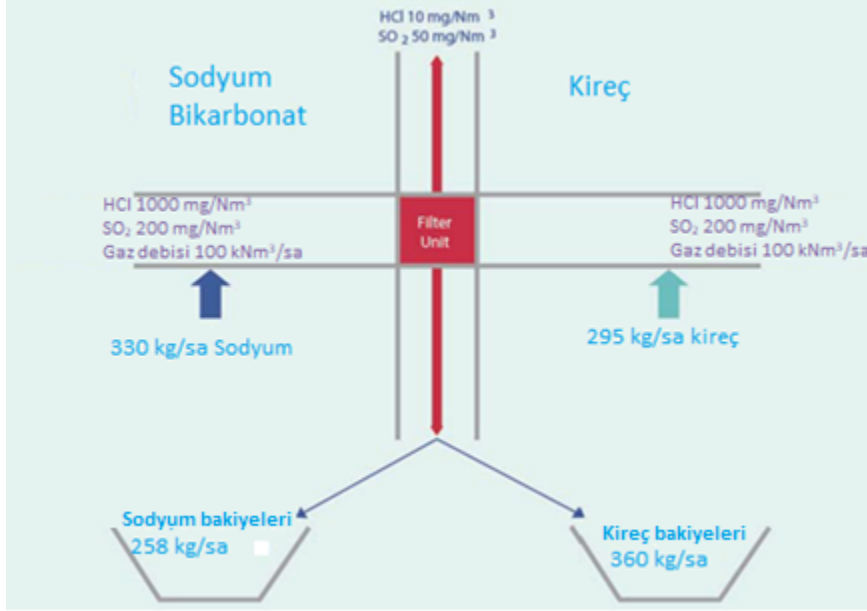
Enjeksiyon sistemi, 140 °C ve üzerindeki baca gazı sıcaklığında aynı seviyede en az 4 noktadan NaHCO<sub>3</sub> enjeksiyonu yapılmaktadır. Baca gazı ile NaHCO<sub>3</sub>'ün homojen (tam) karışımı sağlanmalı. Çeşitli atık yakma sistemlerinde kuru NaHCO<sub>3</sub> enjeksiyon uygulaması **Şekil 11**'de verilmiştir.



**Şekil 11.** Kuru NaHCO<sub>3</sub> Enjeksiyon Sistemi ve Enjeksiyon Açısı

## 7. BAKİYELERİN (KALINTI) DEĞERLENDİRMESİ VE GERİ DÖNÜŞÜM ÇÖZÜMLERİ

Baca gazı debisi 100.000 Nm<sup>3</sup>/h olan bir atık yakma tesisinde HCl ve SO<sub>2</sub> gideriminde kullanılan NaHCO<sub>3</sub> ve kireç miktarları ve oluşan bakiye atık miktarları **Şekil 12'**de verilmiştir.



**Şekil 12.** NaHCO<sub>3</sub> ve Kireç Dozlama ve Bakiyeler

Teorik olarak 1 kg HCl'nin bertaraf edilmesi için  $84/36,5=2,301$ kg NaHCO<sub>3</sub> ve 1kg SO<sub>2</sub>'nin giderilmesi için  $2 \times 84/64 = 2,625$  kg NaHCO<sub>3</sub> gerekmektedir.

**Tablo 3.** Sodyum Bikarbonatlı Farklı Asitler İçin Giderme Sonucu Bakiye Maddeye Karşı Sorbent Ağırlık Oranının Özeti Azaltılmış Asit Kalıntı/Sorbent Oranı (Ağırlıklı)

Azaltılmış asit	Kalıntı/sorbent oranı (ağırlıklı)
SO <sub>3</sub>	0.845
SO <sub>2</sub>	0.845
HCl	0.696
HF	0.500

Kuru sodyum bikarbonat bazlı baca gazı işleme prosesi, enjekte edilen sorbent ağırlığından (tipik olarak üretilen tortular ve enjekte edilen sorbent arasındaki ağırlık faktörü 0.7) daha



düşük bir bakiye (tortu) ağırlığı üretme konusunda önemli bir avantaja sahiptir. Baca gazı arıtımının işletme maliyetlerinin tahmininde bu hususun dikkate alınması gerekecektir.

Bakiyeleri (Kalıntı) işleme piyasasının yerel/ulusal konfigürasyonuna bağlı olarak, bugün farklı değerlendirme çözümleri mevcuttur. Teknik olarak sodyum bazlı kimyasal (bakiyeler) kalıntılar, diğer baca gazı kalıntı kimyasallarının arıtılmasıyla birlikte mevcut tesislerin çoğunda sorunsuz olarak kullanılabilir;

- Toprağın stabilizasyonu amacıyla madenlerde yeraltı değerlendirme veya biriktirme (UTV/UTD-Untertage Verwertung / Deponie - Almanya'da) kullanılabilir. Kabul, maden işletmecisi kriterlerine tabidir (yeterlilik için genellikle numune analizi gereklidir). Örneğin, dokuz Alman lokasyonu her tür sodyum bazlı kalıntı (bakiyer) ile uyumludur ve fiyat seviyesi genellikle kalsiyum bazlı kalıntılarla karşılaştırılabilir.
- Resolest (Fransa) ve Solval (İtalya) gibi tuzların soda külü üretim tesisinde başka bir endüstriyel kullanım için saflaştırılacağı geri dönüşüm üniteleri mevcuttur. Uçucu küller ve reaksiyon tuzları bir çift filtreleme işleminde ayrı ayrı toplanırsa nihai atık azaltımı daha yüksek olacaktır, uçucu küller için de değerli bir sonuç bulunabilirse daha da fazla olacaktır. Örneğin, İsviçre'de, atıkların geri dönüşümü ile ilişkili uçucu küllerin (değerli metaller) değerinin çıkarılması, sodyum bikarbonat bazlı baca gazı arıtımı ile birlikte uygulanan ve atık olarak yaygın şekilde uygulanan birinci sınıf bir kalıntı arıtma yöntemidir -enerji santrallerinin ulusal kalıntı arıtma yönergelerine uyması.
- Avrupa ülkelerinin çoğunda tehlikeli atıklar için geleneksel düzenli depolama tesisleri (sodyum bazlı baca gazı arıtma kalıntısı olarak atık sınıflandırması)

Avrupa ülkelerinin çoğunda tehlikeli atıklar için geleneksel depolama tesisleri (sodyum bazlı baca gazı arıtma kalıntısı olarak atık sınıflandırması)

Diğer yandan çok yüksek sodyum kullanımı sağlayabilir ve fotoğraf, deterjan, kimya, cam ve kağıt endüstrilerine satılabilen Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gibi potansiyel olarak yüksek değerli yan ürünler üretebilir.

## 8. AVRUPADA ATIK YAKMA TESİSLERİNDE HCl ve SO<sub>2</sub> GİDERİM UYGULAMALARI

Avrupa'daki birçok atık yakma tesisinde baca gazında HCl ve SO<sub>2</sub> gideriminde kuru NaHCO<sub>3</sub> enjeksiyon sistemi uygulanmaktadır. Ülkeler bazında birçok atık yakma tesisleri, atık türleri, kapasiteleri, filtrasyon tipleri HCl ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ve arıtma verimlilikleri se SR oranları **Tablo 4'**de verilmiştir.

**Tablo 4.** Avrupa Ülkelerinde Atık Yakma Tesisleri Baca Gazı Arıtma Verimleri

Tesis Konumu	Tesis kapasitesi t atık/yıl	Atık tipi	Filtrasyon tipi	Arıtılmamış gazlar		Temiz gazlar yıllık ort.		Sorbent tipi	SR <sub>A</sub> temelli kalıntı analizi
				HCl	SO <sub>2</sub>	HCl	SO <sub>2</sub>		
				mg/Nm <sup>3</sup>		mg/Nm <sup>3</sup> kuru			
Avusturya	146,000	Evsel inşaat	Torbalı filtre	500 - 2,000	150 - 500	5	5	Öğütülmüş	1,17
Belçika	65,000	Evsel	Torbalı filtre	600 - 5,000	300 - 500	6	7	Kullanıma hazır	1,19
Fransa	460,000	Evsel	Torbalı filtre	500 - 1,000	80 - 300	5	5	Öğütülmüş	1,15
Almanya	552,000	RDF, Evsel	Torbalı filtre + geri devir	1,500 - 3,000	500 - 1,000	9	10	Öğütülmüş	1,10
İtalya	480,000	Evsel	ESP+ torbalı filtre	400 - 1,000	50 - 300	2	< 1	Öğütülmüş	1,40
Lüksemburg	174,000	Evsel	Torbalı filtre	500 - 1,000	80 - 300	3	< 1	Öğütülmüş	1,13
Hollanda	384,000	Evsel Endüstriyel	Torbalı filtre	600 - 5,000	150 - 500	3	< 1	Öğütülmüş	1,06
İspanya	360,000	Evsel	Torbalı filtre	300 - 600	50 - 150	4	8	Öğütülmüş	1,04
İsviçre	35,000	Evsel	ESP+ torbalı filtre + geri devir	500 - 2,000	150 - 500	2	13	Kullanıma hazır	1,00

Reaksiyonlar, mikronize sodyum bikarbonat bazlı sorbent partiküllerinin gazlı asitlerle temas halinde olduğu katı-gaz karışık bir ortamda gerçekleşir. Örneğin, atıktan enerjiye geçişte, 10 mg/Nm<sup>3</sup> HCl emisyon limitine uyarken yığılma elde edilen çok düşük değerler (SO<sub>2</sub>, 5 mg / Nm<sup>3</sup>) sağlayacak olan diğer asitlerle eş zamanlı olarak seçici olarak SO<sub>2</sub> reaksiyona girerek bertaraf etmektedir.