



# Entegre Petrokimya Tesisleri

SEKTÖREL UYGULAMA KILAVUZU  
(TASLAK)

*Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik  
Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi*

## İçindekiler

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. GİRİŞ.....                                                    | 1  |
| 2. KİMYASAL VE PETROKİMYASAL ÜRÜNLERİN ÜRETİMİ .....             | 2  |
| 2.1. Etilen Üretimi.....                                         | 3  |
| 2.2. Aromatik Ürünlerin Üretimi.....                             | 5  |
| 2.3. Klor Alkali (CA) Üretimi .....                              | 8  |
| 2.4. Vinil Klorür Monomer (VCM) Üretimi.....                     | 9  |
| 2.5. Termoplastik Üretimi .....                                  | 11 |
| 2.5.1. Polivinil Klorür (PVC) Üretimi .....                      | 11 |
| 2.5.2. Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE) Üretimi.....             | 12 |
| 2.5.3. Yüksek Yoğunluk Polietilen (YYPE) Üretimi .....           | 13 |
| 2.5.4. Polipropilen (PP) Üretimi.....                            | 16 |
| 2.5.5. Ftalik Anhidrit (PA) Üretimi .....                        | 16 |
| 2.5.6. Tubular Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE-T) Üretimi .....  | 18 |
| 2.6. Elyaf Hammadde Üretimi .....                                | 20 |
| 2.6.1. Akrilonitril (ACN) Üretimi .....                          | 20 |
| 2.6.2. Saf Treftalik Asit (PTA) Üretimi.....                     | 20 |
| 2.6.3. Etilen Oksit Etilen Glikol(EO/EG) Ünitesi .....           | 21 |
| 2.7. Plastik İşleme Ünitesi.....                                 | 23 |
| 2.8. Yardımcı Üniteler .....                                     | 25 |
| 3. EMİSYON KAYNAKLARI .....                                      | 27 |
| 3.1. Enerji (buhar ve elektrik) üretim tesisleri.....            | 27 |
| 3.2. Fırın bacaları .....                                        | 27 |
| 3.3. Atık yakma üniteleri.....                                   | 27 |
| 3.4. Fleyrlar .....                                              | 28 |
| 3.5. Proses Emisyonları.....                                     | 28 |
| 3.6. Depolamadan ve Üretimden Kaynaklanan Kaçak Emisyonlar ..... | 28 |
| 4. EMİSYON KONTROL / AZALTIM/ TEKNİKLERİ .....                   | 29 |
| 5. ÖLÇÜM VE İZLEME .....                                         | 31 |
| 6. KAYNAKLAR.....                                                | 32 |

## 1. GİRİŞ

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı için hazırlanan ve T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen “Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi” kapsamında hazırlanan bu Sektörel Uygulama Kılavuzları dizisi, sanayi tesislerindeki emisyon kaynaklarının ve bu kaynaklardan atmosfere verilen emisyonların belirlenmesi, emisyonların ölçümü ve izlenmesi ile bu emisyonların önlenmesi/azaltılması amacıyla ilgili sanayi tesisi çalışanları ve Bakanlık çalışanlarına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmıştır. Bu kılavuzlarla;

- Bakanlık merkez ve taşra teşkilatları tarafından yürütülen tesis inceleme, kontrol ve denetim işlemlerinin kolaylaştırılması ve ülke çapında eş uygulamanın sağlanması,
- Sektördeki tesisler ile bunlara ölçüm hizmeti veren kurum ve kuruluşların ölçüm/izleme çalışmalarında uygulama birliğinin sağlanması,
- Tesislerin izin ve denetim süreçlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na yapacakları beyanlarda veri kalitesinin yükseltilmesi,
- Tesislere emisyon azaltma ve kontrol çalışmalarında yardımcı olunması hedeflenmektedir.

Entegre Petrokimya sektörünü ele alan bu kılavuz kapsamında, öncelikle sektörde uygulanmakta olan süreçler ele alınmış, daha sonra bu süreçlerde emisyon oluşumuna neden olan kaynaklar belirlenmiş ve bu emisyonların ölçümü ve izlenmesi konusunda bilgiler sunulmuştur.



## 2.1. Etilen Üretimi

Etilen ve propilen, petrokimya tesislerinde çok sayıda ünitenin ana girdisi olup, entegre tesislerdeki ilk üretim aşamalarından birisidir. Etilen üretimi temelde;

- i. Naftanın ve geri dönüş sistemlerinden gelen hafif hidrokarbonların ısı ile parçalanması,
- ii. Parçalanma sonucu meydana gelen kraking gazının aniden soğutulması ve kompresörde sıkıştırılması,
- iii. Sıcak ve soğuk destilasyon sistemleriyle ürünlerin birbirinden ayrılıp saflaştırılmaları aşamalarından oluşur.

Kraking prosesinde gaz veya buhar haline getirilmiş hidrokarbonlar su buharı ile seyreltilmiş olarak 800-850 °C sıcaklıktaki fırınlar içinde bulunan tüpler içinden reaksiyon süresi bir saniyenin altında olacak şekilde süratle geçirilir. Fırından çıkan parçalanmış gazlar, içerdikleri olefinlerin indirgenerek etan, propan gibi istenmeyen yan ürünlere dönüşmesini önlemek için ani olarak soğutulur.

Fırınlardan çıkan kraking gazı ve seyreltme buharı karışımı birleştirilir ve ilk ayırma kolonuna gönderilir. İlk ayırma kolonunda birleşik gaz ve buhar akımı biraz daha soğutulur. Burada değişik yağ grupları (Fuel oil, pan oil, benzinin bir kısmı) ile seyreltme buharının çok büyük kısmı sıvılaşarak kraking gazından ayrılırlar. Kraking gazının ilk ayırma kolonunda yoğunlaşmayan kısımları kolon tepesinden kraking gazı kompresör sistemine gider.

Fırınlardan gelen seyreltme buharının büyük kısmı ilk ayırma kolonunun üstteki su ile ani soğutulması sonucu yoğunlaşır ve geri kazanılır. Sıvılaşan buhar, kondensat, hidrokarbon/su ayırıcısı kolondan pompayla çekilerek bir filtreye katı parçacıklar, bir seperatör ile de su içinde askıda kalan hidrokarbonlar alındıktan sonra ön ısıtıcıdan geçirilerek seyreltme buhar üretim sistemine pompalanır. Seyreltme buhar üretim sisteminde fırınlar için seyreltme buharı üretilir.

İlk ayırma kolonunun tepesinden ayrılan gaz karışımı, kademeleri arasında soğutma eşanjörleri bulunan bir kompresör sisteminde basınçlandırılır. Kompresör sistemi içinde asidik gazlar giderildikten sonra kademeler arasında soğutulan ve yoğunlukla yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan kondensatlar, bir seri destilasyon kolonundan oluşan ayırma sistemine gönderilir.

Kompresör çıkışından sonra kraking gazı içerisindeki H<sub>2</sub>S ve CO<sub>2</sub> kolonda kostik ile yıkama sonucunda kraking gazından uzaklaştırılırlar. Asit gaz gidermede kullanılan amin, emiş geri kazanma sisteminde içindeki asit gazlar giderilerek yeniden kullanılırken kullanılmış kostik ünite dışına gönderilir.

Düşük sıcaklıklarda çalışan ekipman ve kolonlarda hidrat oluşumunu (buzlaşma dolayısıyla hatlarda ve ekipmanlarda tıkanmayı) önleyebilmek için kraking gazı son çıkıştan sonra kurutmaya tabi tutulur. Kurutucudan çıkan gaz etilen-propilen soğutucu akımlarıyla soğutulan soğutma sistemine gönderilir. Burada hidrojen ve metan dışındaki ürünler sıvılaştırılır. Metan ve hidrojenden oluşan gaz karışımı ise metan-hidrojen ayırma sisteminde hidrojenlendirme işlemlerinde kullanılan yüksek saflıkta hidrojen ile yakıt gazı olarak kullanılan metana ayrılır. Soğutucu sisteminden çıkan sıvı ürünler metandan tümüyle arıtılmak üzere metan ayırma kolonuna gönderilir. Bu kolondan tepe ürünü olarak çıkan metan yakıt gazına ilave edilirken sıvı dip ürün ise etan ayırma kolonuna gönderilir.

Demetanizör sisteminden elde edilen yüksek saflıkta hidrojenin içinde C2 ve C3 hidrojenlendirme sistemlerinin katalistinin çalışmasını engelleyen karbon monoksit gazı bulunmaktadır. Bu CO metanlaştırma reaktöründe katalist kullanarak metan ve suya dönüştürülür.



Demetanizör dibinden alınan sıvı kolona şarj edilir. Burada tepeden C2 hidrokarbonlar (Etilen, Etan, Asetilen) dipten C3 ve daha ağır hidrokarbonlar elde edilir. Tepeden alınan gaz akımı plaka kanatçıklı eşanjörde kısmen sıvılaştırılır. Sıvı kısım kolona geri pompalanır. Gaz fazdaki tepe ürünü ise C2 hidrojenlendirme reaktörlerine şarj edilir.

Demetanizör tepe ürünlerinde C2 asetilen bulunması polietilen ve diğer tüketici fabrikalar için istenmeyen ürün olduğundan etilen ürünü içinden asetilenlerin uzaklaştırılması gereklidir. Bu uzaklaştırma kataliz kullanarak asetilen bağlarının hidrojenle doyurulup asetilenin etan ve etilene döndürülmesi ile sağlanır.

Asetileni giderilmiş C2 karışımı daha sonra etilen kolonuna gönderilir. Etilen kolonunun tepesinden elde edilen etilen ürünü propilen, soğutma sisteminde gazlaştırılarak tüketici ünitelere gönderilir. Tüketici ünitelerin ihtiyacının üzerindeki etilen ürünü ise etilen soğutma sisteminde soğutularak etilen depolama tanklarında depolanır. Etilen depolama tanklarından da tüketici ünitelere gaz etilen veya limanda gemiye sıvı etilen transferi yapılabilir. Etilen kolonunun etandan oluşan dip ürünü de yeniden parçalanmak üzere fırınlara geri gönderilir.

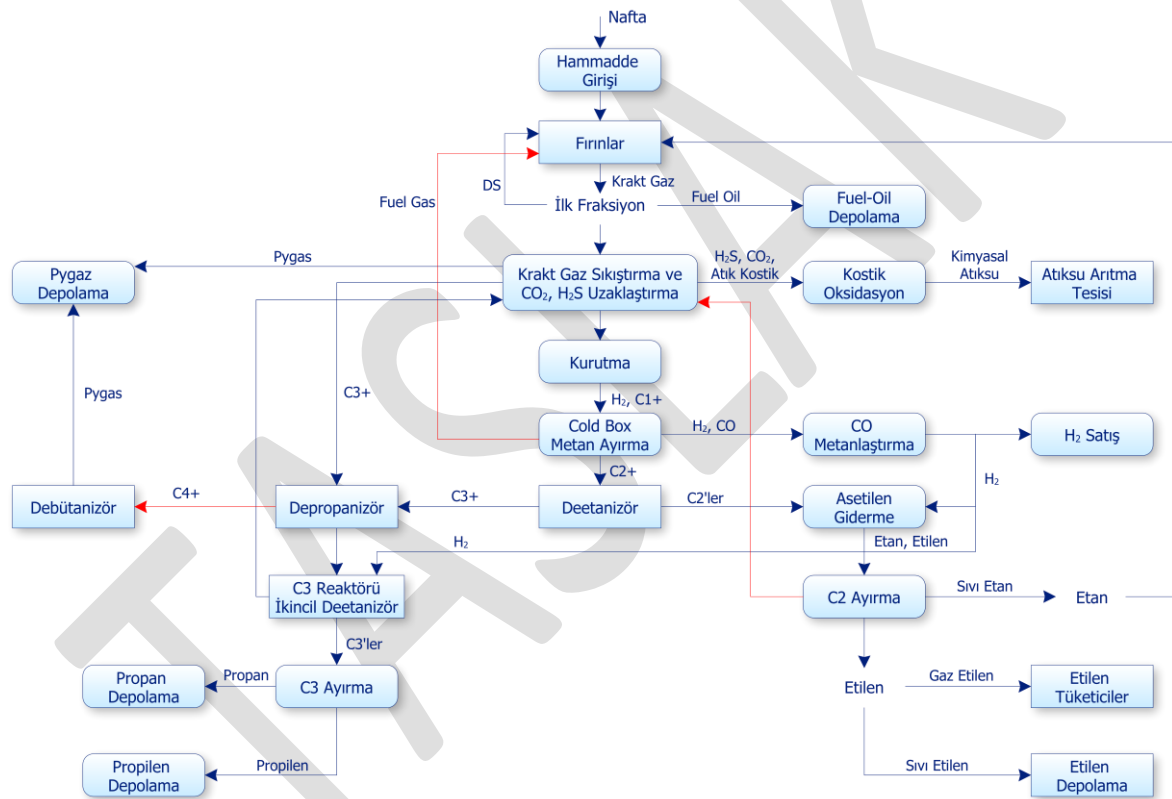
Etan ayırma kolonunun dip ürünü ile kompresör sisteminden gelen hidrokarbon kondensatları ile birleştirilerek propan ayırma kolonuna gönderilir. Bu kolonun tepe ürünü olan C3 karışımıdır. Dip ürünü ise içerisindeki C4 karışımının ayrıştırılması için kolona gönderilir. Kraking sonucunda oluşan C3 asetilenler safsızlık teşkil ettiklerinden propilen tüketici ünitelere gönderilmeden önce (ACN ve PP) ürün içinden uzaklaştırılmalıdır. Bu sistemde asetilenler hidrojenle propan ve propilene dönüştürülür.

Asetileni giderilmiş C3 karışımı içindeki etan ve reaksiyona girmemiş hidrojen gibi ürünler ikincil deetanizör kolonunda C3 karışımından uzaklaştırılır.

Propan-propilen karışımı, propilen ayırma kolonunda birbirinden ayrıştırılır. Bu kolonlarda %93'lük kimyasal saflıkta propilen, %99,8'lik polimer saflıkta propilen ve propan ürünü elde edilmektedir.

Depropanizör kolonu dip akımı kolona şarj edilir. Bu kolonda tepeden ham C4 ürünleri karışımı dipten ise kraking gazolini (kızdırılmış Benzin) alınır. Gazolin akımı destilat sıyrıcı dip akımıyla karıştırılır, soğutulur ve ürik dışı depolamaya gider. Tepe gazları soğutma suyu ile kondense edilir.

Etilen üretimi proses akım şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Etilen Üretimi Proses Akım Şeması

## 2.2. Aromatik Ürünlerin Üretimi

Bu ünite; benzen, ortoksilen, paraksilen ve tolüen üretilmektedir. Bu solventlerden;

- benzen; stiren, fenol, anilin, maleik, anhidrit, kaprolaktam, dodesil benzen (DDB), lineer alkil benzen (LAB) üretiminde
- ortoksilen; ftalik anhidrit üretiminde,
- paraksilen; dimetiltereftalat (DMT) ve tereftalik asit üretiminde,

- toluen; ilaç sanayii ve kozmetik üretiminde kullanılmaktadır.

Aromatik ürünlerin üretim işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**Lt-Unibon:** Hammaddesi Etilen Ünitesi yan ürünü kızdırma benzinidir. Bu üniteye kızdırma benzinini ile gelen bileşenlerde yapı değişikliği olmamakta, üniteye yer alan iki reaktörde iki kademeli reaksiyonla hammadde ile gelen diolefinik yapılardaki çift bağlar hidrojen katılımı ile doyurulmakta, kükürtlü ve azotlu bileşikler yine hidrojen katılımı ve katalitik reaksiyonlarla uzaklaştırılmaktadır.

**Nafta Hydrotreater-Platformer:** Bu üniteye; nafta içindeki kükürtlü, azotlu, olefinik yapıdaki bileşikler katalitik reaksiyonlarla giderildikten sonra platformer reaktörlerinde hammadde içindeki parafin ve naftenleri hidrojen katılımı ve katalitik reaksiyonlarla aromatik yapıya dönüştürülmektedir. Bu ünitenin ürünlerinden ksilen fraksinasyon kolonuna beslenirken, C4- olanlar fuel gas sistemine, C4+ bileşenler kolona gönderilir ve Lt-Unibon ünitesi kolonu tepe ürünü ile birleşerek kolon beslemesindeki C5 Pentan kolon dip ürünü olarak satılmak üzere depolamaya gönderilirken tepe ürünü hafif ürünler LPG üretimi için başka kolonlara beslenmektedir. Kolon dip ürünü LPG olarak depolanırken tepe ürünü ise fuel-gas sistemine verilmektedir.

**Sulfolane, Tatoray, Ksilen fraksinasyon, Parex ve Isomar:** Reforming ünitelerinden gelen reformer ürünleri bir ayırma kolonuna beslenir. Bu kolonda C8'den hafif olan bileşenler benzen ve toluen üretilen, sulfolane olarak adlandırılan üniteye gönderilirken C8 ve ağır bileşenler kolon dip ürünü olarak ksilen ayırma kolonuna gönderilir. Sulfolane ünitesi ekstraksiyon ve fraksinasyon olmak üzere iki bölümden oluşmuştur. Ekstraksiyon bölümünde ekstraksiyon ve ekstraksif destilasyon prosesi ile aromatik bileşenlerce zengin karışım (ekstrakt) aromatik olmayan bileşenlerden ayrılarak fraksinasyon bölümüne gönderilir. Rafinat olarak adlandırılan ve aromatik yapı dışındaki bileşenleri kapsayan hidrokarbon karışımı, Etilen ünitesine gönderilmek üzere depolanır. Benzen ve toluence zengin olan ekstrakt fraksinasyon bölümünde benzen ve toluen kolonlarında destilasyon yöntemiyle ayrıştırılarak benzen ürün depolama tankına gönderilir. Toluene ise benzen, paraksilen ve ortoksilen üretimlerini arttırmaya yönelik bir zenginleştirme ünitesi olan Tatoray ünitesine hammaddelerden biri olarak beslenir. Ksilen ayırma kolonu beslemesindeki ortoksilen ve ağır aromatlara göre daha hafif C8 izomerleri (etilbenzen, paraksilen ve metaksilenden) karışımı tepe ürün olarak paraksilen ayırma ünitesine beslenir. Ortoksilen ve ağır bileşenlerden oluşan dip ürün ise ortoksilenin destilasyon yöntemiyle ayrıştırılarak depolamaya gönderildiği ortoksilen kolonuna gönderilir. Bu kolonun dip ürünü C9-C10+ aralığındaki ağır aromatikleri içerir ve bu ağır karışım, ağır aromatik kolonunda yine destilasyon yöntemiyle C9 aromatik katı kolon tepe ürünü olarak ayrıştırılıp tatoray besleme tankına gönderilir. C10+'lardan oluşan dip ürün üniteye fırınlarda yakıt olarak kullanılmak üzere depolama tankına gönderilir. Paraksilen ayırma ünitesinde ise paraksilen; sabit yataklı bir adsorblayıcıda kullanılan adsorbent aracılığıyla diğer C8 izomerlerine göre seçici olarak adsorblanarak ayrılır ve içindeki safsızlıkların uzaklaştırılması için bir destilasyon kolonundan geçirilerek depolamaya gönderilir. Bu üniteden çıkan paraksilen dışındaki diğer C8 izomerlerini içeren akış (rafinat), etilbenzen ve

Aromatik ürünlerin üretimi proses akım şeması Şekil 3’de verilmiştir.



### 2.3. Klor Alkali (CA) Üretimi

Bu ünite; klor, kostik soda ve hipoklorit üretilmektedir. Kostik soda; sabun, yağ, deterjan, tekstil, kağıt, cam, alüminyum üretiminde ve petrokimya sanayisinde kullanılırken, hipoklorit; dezenfektan ve ağartıcı üretiminde kullanılmaktadır. Klor alkali prosesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**Tuz Yıkama:** Ham tuz kalsiyum, magnezyum ve sülfat gibi çözünmeyen maddeler içerir. Bu safsızlıkların giderilmesi için ham tuzun yıkama işleminin yapılması gerekir. Açık ham tuz sahasına gemi ve kamyonlarla gelen ham tuz, tuz vinçleri ve konveyör bantları vasıtasıyla yıkama sahasına taşınır. Tuz yıkama ünitesinde en az kayıpla yıkanarak yıkanmış tuz depo sahasına biriktirilir.

**Salamura Hazırlama ve Saflaştırma:** Amaç elektroliz sellerini besleyen saf berrak sel besleme salamurasının hazırlanmasıdır. Salamura prosesi; salamuranın doyurulması, birincil salamura saflaştırma, ikincil salamura saflaştırma, reçine kuleleri, salamura klorsuzlandırma ve klorat giderme olmak üzere beş aşamada tamamlanır.

**Salamuranın Elektrolizi:** Membranlı elektrolizerlerde oluşturulan salamuranın elektroliz reaksiyonu ile klor, kostik ve hidrojen ürünleri üretilir. Elektroliz sonucu oluşan hidrojen gazı ve üretim kostik her bir hücrenin (üretim kostik + hidrojen gazı) manifoldundan taşkan yaparak hidrojen gazı kompresör emişiyle hidrojen gaz kollektörüne, üretim kostik ise üretim kostik kollektörüne gravite ile akar. Kostığın bir kısmı tekrar hücrelere girerken bir kısmı da kostik konsantrasyon ünitesine gönderilir.

**Klor Prosesi:** Klor prosesi; elektroliz hücrelerinde üretilen sıcak ve nemli klor gazının muamele edilerek VCM ünitesini besleyecek duruma getirilmesi prosesidir. Bu prosesi; soğutma ve kurutma, basınçlandırma, sıvılaştırma ve sodyum hipoklorit olmak üzere dört aşamada tamamlanır. Elektroliz hücrelerinden sıcak ve su buharı ile doymuş olarak çıkan klor, kompresörlere gelmeden soğutulup kurutulur. Klor soğutma ve kurutmadan gelen kuru klor santrifüj kompresörü vasıtasıyla VCM ünitesine gönderilir. Klorun bir kısmı da kompleks veya piyasa ihtiyacına göre de sıvılaştırma ünitesine transfer edilir. Klor basınçlandırma ve kompresörlerden gelen kuru klor, klor sıvılaştırma ünitesinde sıvılaştırılarak sıvı klor depolama tanklarında depolanır. Tüm klor sisteminin ventllerinden gelen klor, %20 sodyum hidroksit çözeltisi içinde absorbe edilerek sodyum hipoklorit elde edilir. Oluşan sodyum hipoklorit depo tanklarında depolanır.

**Sodyum Hidroksit Prosesi:** Bu ünite; elektroliz ünitesinden gelen %32'lik kostik ürününün konsantrasyonu arttırılarak %46-50'lik kostik haline dönüştürülmektedir. Elektroliz hücrelerinde üretilen %32'lik kostik, pompalar vasıtasıyla kostik konsantrasyon ünitesine transfer edilir. %32'lik kostik vakum altında düşük basınçlı buhar ile birinci ve ikinci



**Direkt Klorlama:** Gaz halindeki klor ve etilen, reaktörde basınç ve sıvı EDC fazında belli bir sıcaklıkta reaksiyona girerek saf EDC oluştururlar. Yan ürünler; 1,1,2-trikloroetan, hidrojenklorür ve etilklorür'dür. Reaktörde Demir (III) Klorür katalizör olarak kullanılır. Yan ürün oluşumunu engellemek için sodyum klorür ilave edilir.

**Piroliz ve VCM Saflaştırma:** VCM ve HCl üretiminde kullanılan saf EDC, bir fırında yüksek alışımlı tüplerin içinden belli bir sıcaklıkta geçirilerek parçalanır. Bunun için saf EDC buharlaştırılarak fırına beslenir. Fırın gazları soğutulur ve kısmen yoğunlaştırılan gazlar önce butadien giderme dramından ve sonra HCl kolonundan geçirilir. HCl kolonunun tepesinden alınan HCl oksiklorlama ünitesine gönderilir. HCl kolonunun dip ürünü olan EDC, VCM karışımı VCM ayırma kolonuna verilir. Bu kolonun tepesinden alınan VCM, VCM sıyırma kolonuna beslenir. Burada VCM içindeki HCl kolon tepesinden alınıp HCl kolonuna geriye beslenir. Sıyırıcı dibinden alınan VCM alümina dolgu bir kolondan geçirilerek HCl ile diğer safsızlıklardan temizlenir ve transit depolama tanklarına gönderilir. VCM kolonunun dibinden alınan EDC ise EDC saflaştırma bölümüne beslenir.

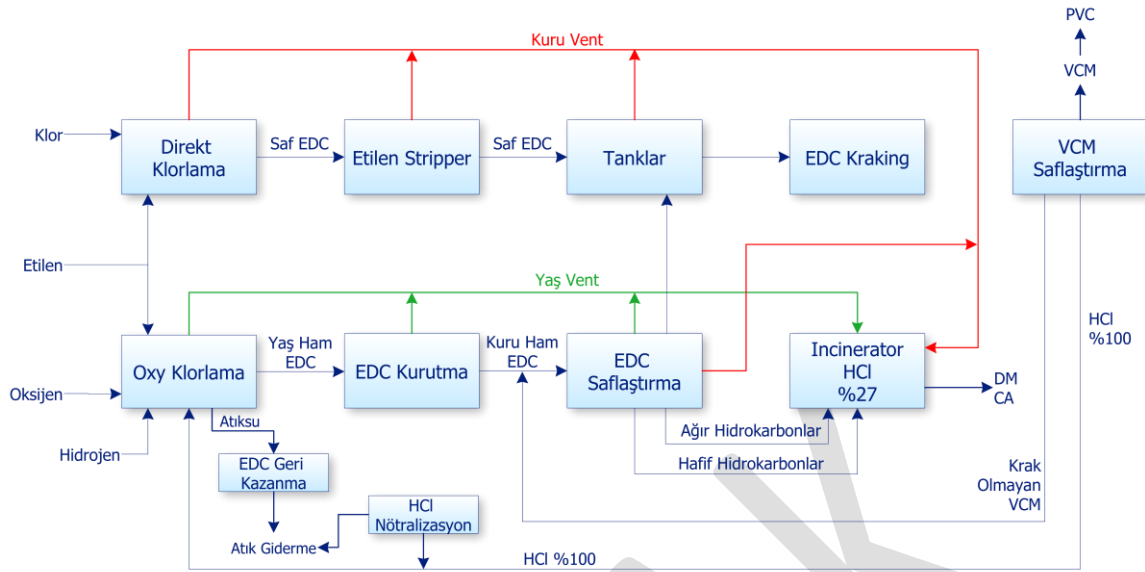
**HCl (%27'lik):** EDC saflaştırmadan elde edilen ağır ve hafif hidrokarbonlar organik atıklar tankında depolanır. Buradan 1200 °C'deki HCl insineratörüne beslenir. Ayrıca VCM ünitesi ventleri de HCl insineratörüne gönderilmektedir. Klorlu hidrokarbonlar bu yüksek sıcaklıkta yakılarak HCl elde edilir. Burada % 27'lik HCl elde edilir. Bu üniteye üretilen asit tesis içerisinde Klor Alkali ve demineralize su ünitelerinde kullanılmaktadır.

**EDC Saflaştırma:** Oksiklorlama kurutma kolonundan gelen EDC, VCM saflaştırma ünitesinden gelen EDC ile karışır ve hafif hidrokarbonlar ayırma kolonuna beslenir. Kolonun tepesinden safsızlık olarak çıkan hafif hidrokarbonlar organik depolama tanklarına gönderilir. Hafifleri ayırma kolonunun dibinde sadece ağır hidrokarbonları içeren EDC kalır. EDC, piroliz ünitesinden gelen hat temizleme akımı ile birleşerek ağır hidrokarbonları ayırma kolonuna beslenir. Kolon dip akışı ağır olanları ayırmak için vakum kolonuna beslenir. Kolon tepesinden alınan saf EDC yoğunlaştırılarak kolon tepe tankında toplanır. Bir kısmı kolona verilirken kalanı ürün olarak saf EDC tanklarına gönderilir. Vakum kolonu dibinden alınan ağır klorlu hidrokarbonlar organik atık depolama tanklarına gönderilir. Vakum kolonu tepe tankında biriken EDC saf EDC tanklarına gönderilir.

**EDC Geri Kazanma:** Oksiklorlama ünitesi ve saha genelinden gelen atık suların içindeki EDC ve diğer klorlu hidrokarbonları buhar ile sıyırmak üzere kurulmuş bir ünite dir. Dolgu bir kolona beslenen atık sular kolon dibinden verilen buhar ile kolon tepesinden çıkarak kondanse edilerek bir pompa aracılığıyla EDC tanklarına gönderilir.

**Nötralizasyon:** Nötralizasyon, VCM saflaştırma ünitesinden oksiklorlama ünitesine giden %100 'lük HCl'ün Oksiklorlama ünitesinin acil devreden çıkması durumunda nötralizasyonunu sağlayan ünite dir. Ejektör sistemleri ve dramlarla HCl'in su içinde çözülmesini sağlayarak NaOH ile nötralizasyonu gerçekleştirilen ünite dir.

Vinil Klorür Monomer (VCM) ünitesi proses akım şeması Şekil 5’de verilmiştir.



**Şekil 5.** Vinil Klorür Monomer (VCM) Ünitesi Proses Akım Şeması

## 2.5. Termoplastik Üretimi

Termoplastik ürünleri, elyaf hammaddeleri ve diğer petrokimyasal ürünleri ve kullanım alanları aşağıdaki gibidir. Bu grup altında; Polivinil Klorür (PVC), Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE), Yüksek Yoğunluk Polietilen (YYPE) ve Polipropilen (PP) üretimi yapılmaktadır.

### 2.5.1. Polivinil Klorür (PVC) Üretimi

Bu termoplastik türünden; kapı ve pencere profilleri, pis su ve sulama boruları, kablo kılıfı, yapı malzemesi, yer karosu, şişe, tüp, ambalaj filmi, saydam veya opak rijid levhalar, suni deri, ayakkabı üretimi vb. gibi oldukça farklı üretimler yapılmaktadır. Polivinil Klorür (PVC) Fabrikası işlem basamakları aşağıdaki gibidir:

**Polimerizasyon:** Bu bölümde PVC ünitesi ham maddesi olan Vinil Klorür Monomeri'nin (VCM) polimerleşme işlemi gerçekleştirilmektedir. VCM ünitesinden gelen VCM, büyük kürelerde depolanmaktadır. Polimerizasyon işlemi için birçok reaktör kullanılmaktadır. Gaz giderme işlemleri de degazörlerde yapılmaktadır. Reaksiyon başlamadan önce gerekli olan demineralize su, dispersan çözeltiler, katkı maddeleri ve katalist sırayla reaktörlere beslenmektedir. Beslemeler, üretilcek PVC türüne göre reçetesinde belirtilen miktarlarda yapılmaktadır. Sistemde oksijenin atılması amacıyla reaktörden oksijen vakum ile çekilmekte ve reaktörlere reçeteye uygun olarak VCM dolumu gerçekleştirilmektedir. Reaksiyon sıcaklığını sabit tutmak amacıyla reaktörlerin ceketlerinde soğutma suyu kullanılmaktadır. Polimerizasyon sonrasında oluşan PVC-Su karışımındaki PVC, reaksiyona girmeyen VCM gazının ayrıştırılması amacıyla degazöre alınmaktadır. Degazörde düşük basınçlı buhar vasıtası ile VCM sıyırılmakta ve geri kazanım bölümünün başlangıcı olan

gazometre tankına gönderilmektedir. VCM'den arındırılan karışım PVC ise kurutma tanklarına alınmaktadır.

**Geri Kazanma:** Bu bölümde, polimer bölümünde PVC'ye dönüşmeyen VCM'in sıvılaştırma ve saflaştırma işlemi yapılmaktadır. Polimer bölümünden gelen gaz haldeki VCM, gazometre tankında depolanmaktadır. Gazometredeki VCM önce kompresörlerde basınçlandırılmakta ve eşanjörden geçirilerek sıvılaştırılmaktadır. Sıvılaşmayan VCM ise başka bir eşanjörde kompresörlerde basınçlandırılan soğutucu gaz ile soğutularak sıvılaştırılmaktadır. Sıvılaşan VCM dekantörde sudan ayrıştırılmakta ve kolonda safsızlıklardan arındırılmaktadır. Daha sonra tamburda toplanıp VCM tankına gönderilmektedir. Burada taze VCM ile belirli oranda karıştırılarak tekrar polimer bölümünde kullanılmaktadır.

**Kurutma:** Bu bölümde polimer ünitesinde oluşan sulu haldeki PVC'nin kurutma işlemi yapılmaktadır. Polimer bölümünde degazörde gaz giderme işlemi yapılan pvc-su karışımı kurutma ünitesindeki tanklarına transfer edilmektedir. Tanklarda toplanan pvc-su karışımı önce santrifüjden geçirilmekte daha sonra akışkan yataklı kurutucuda tamamen kurutulmaktadır. İçerisindeki iri taneleri ayıklamak amacıyla sarsak eleklerden geçirilen ürün bunkerlere alınarak paketleme bölümüne gönderilmektedir.

Polivinil Klorür (PVC) ünitesi proses akım şeması Şekil 6'da verilmiştir.

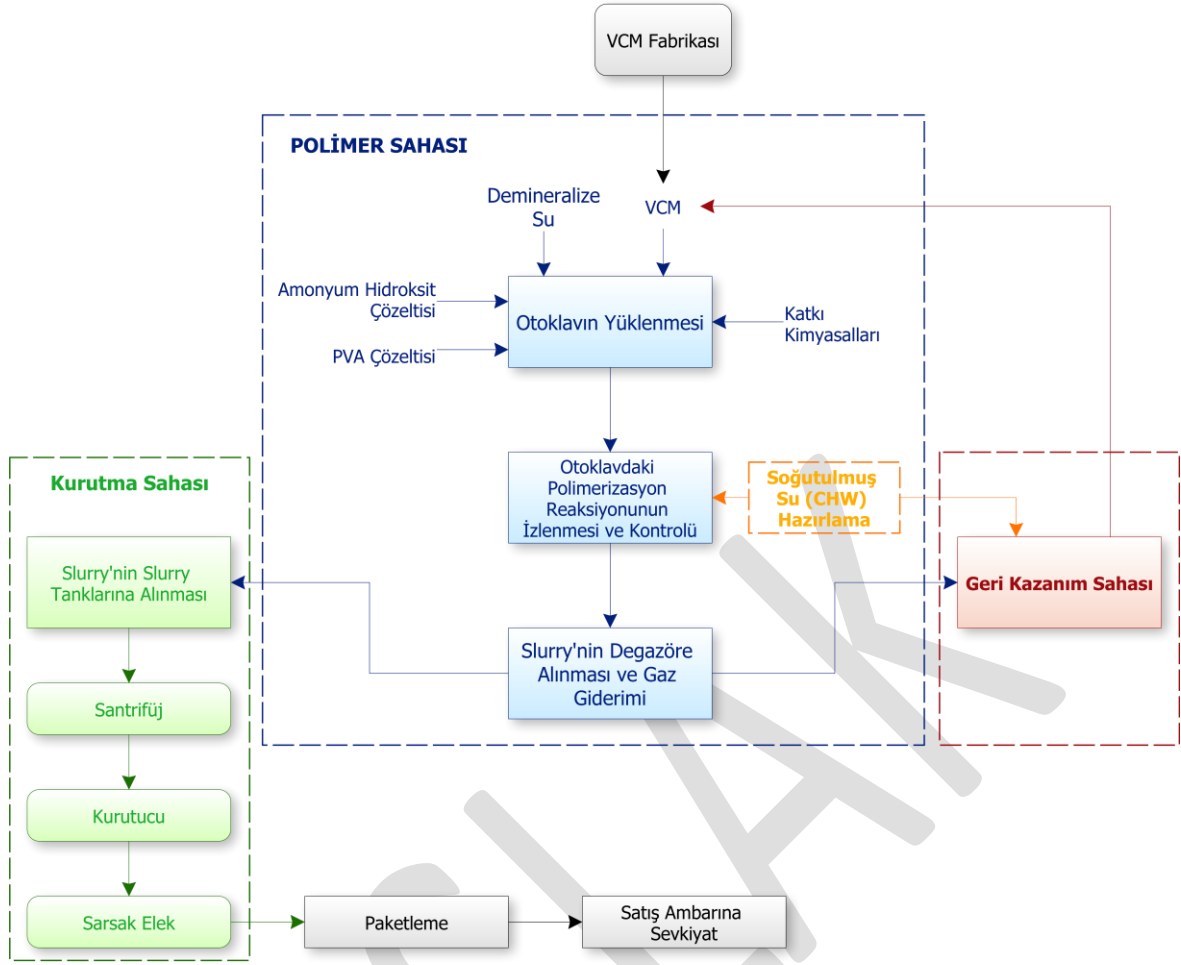
### 2.5.2. Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE) Üretimi

Bu termoplastik türünden; sera örtüsü, ağır hizmet torbası, çeşitli tip hortum, ambalaj filmi, tüp, kaplama, şişe, mutfak eşyaları, oyuncak, rotasyonel kalıplama ve kablo imalatı yapılmaktadır. AYPE ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**Katalist Hazırlama:** Kataliz hazırlama ünitesinde katalizörler isododekan ile seyreltilerek yada eritilerek kullanıma hazırlanmaktadır. Burada hazırlanan katalizörler ya reaktöre enjekte edilmekte ya da karıştırma tankına geri gönderilmektedir. Katalizörler üretilmek istenen polimerin reçetesine göre homojen olarak hazırlanmaktadır. Her katalizör için ayrı bir hazırlama tankı kullanılmaktadır.

**Polimerizasyon:** AYPE ünitesinde, yüksek basınçlı otoklav prosesi ile üretim yapılmaktadır. Alçak yoğunluk polietilen AYPE üretimi, özel ısı işlem görmüş özel bir karıştırıcısı olan reaktörde gerçekleştirilmektedir.

**Ayırma ve Kurutma:** Reaktörden çıkan polietilen-su karışımı önce dekantöre sonra da santrifüj kurutucuya gelmektedir. Santrifüj kurutucuda hem su ayırma hem de kurutma işlemi yapılmaktadır. Burada ayrılan pelet taşıma suyu, tekrar borular yardımıyla dekantöre geri gönderilmektedir. Kurutulan polietilen granülleri sarsak elek plakalarından oluşan sınıflandırma eleklerinden geçirilmektedir.



**Şekil 6. Polivinil Klorür (PVC) Ünitesi Proses Akım Şeması**

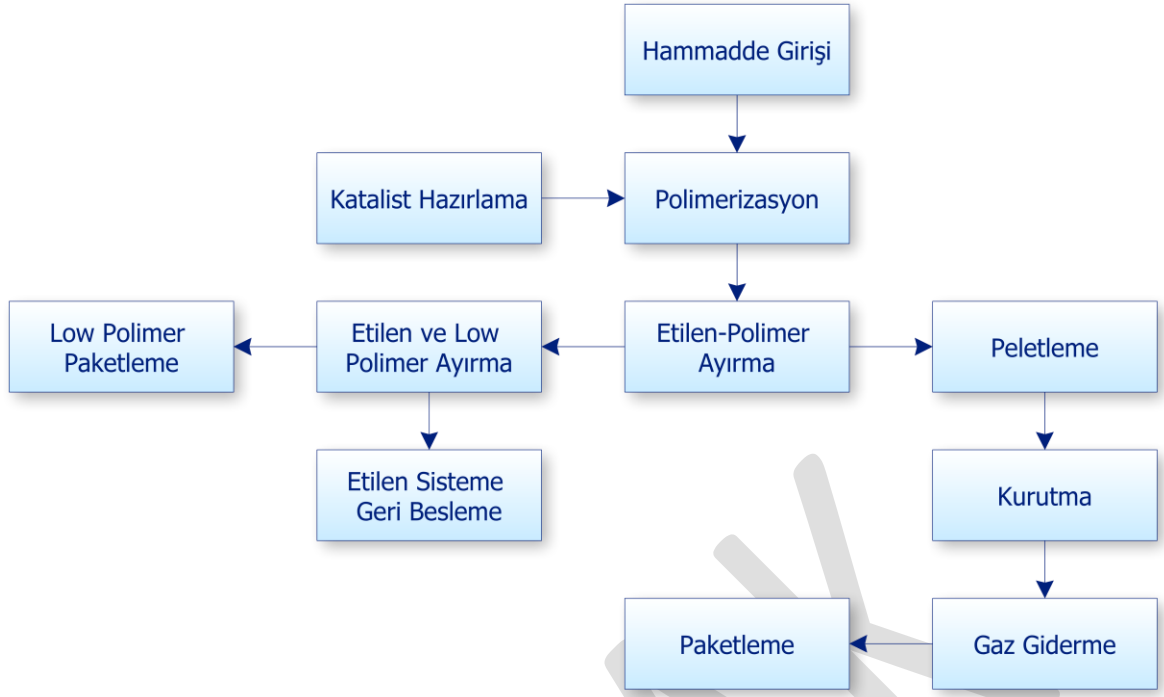
**Peletleme, Paketleme ve Paletleme:** Elekten gelen ürün; elenmekte, tartılmakta, içindeki gazı alınmakta ve harmanlama silosuna gönderilmektedir. Silolarda homojenizasyon için harmanlamaya tabi tutulan pelet ürün polietilen torba ya da bigbag şeklinde paketlenmektedir.

Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE) ünitesi proses akım şeması Şekil 7’de verilmiştir.

### 2.5.3. Yüksek Yoğunluk Polietilen (YYPE) Üretimi

Bu termoplastik türünden; gıda, temizlik ve kimyasal maddelerin ambalajı için şişe ve bidon, ip, halat, ambalaj filmi, meşrubat ve sebze kasaları, çeşitli tip borular ve mutfak eşyaları, oyuncak, rotasyonel kalıplama ve ev eşyası vb. imatları gerçekleştirilmektedir.

YYPE Ünitesinde düşük basınç ve sıvı faz polietilen-su karışımı prosesi uygulanmaktadır. Katalizörler eşliğinde, düşük basınçta ve yüksek saflıkta etilenin polimerizasyonu ile YYPE ürünü elde edilmektedir. YYPE ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.



**Şekil 7.** Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE) Ünitesi Proses Akım Şeması

**Katalist Hazırlama:** Katalizör olarak titanyum tetraklorür ve alkil alüminyum bileşiği kullanılmaktadır. Çok aktif olması nedeniyle az miktardaki katalizör ile büyük miktarda polimerizasyon gerçekleştirilmektedir. Trietil alüminyum ve titanyum tetraklorür hegzan ile seyreltilerek belli bir konsantrasyonda reaktörlere sürekli olarak beslenir.

**Polimerizasyon:** Polimerizasyon işlemi, belli bir sıcaklık ve basınç altında gerçekleştirilmektedir. Ana hammadde olarak etilen, molekül ağırlığı dağılımını kontrol için hidrojen, yoğunluk ayarlayıcı olarak büten, polietilen-su karışımı konsantrasyonu ayarlamak, reaksiyon ısını ortamdan uzaklaştırmak ve oluşan ürünü taşımak için hekzan kullanılmaktadır. Reaksiyon ekzotermik olduğundan oluşan ısı büyük bir kısmı hekzanın gizli ısının yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Geri kalan ısı ise reaktör ceket soğutmaları vasıtasıyla ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Oluşan polimer ise polietilen-su karışımı halinde reaktörlerden ayrılarak ayırma ve kurutma sahalarına gitmektedir.

**Ayırma ve Kurutma:** Ayırma ve kurutma sahasına gelen polietilen-su karışımı halindeki ürün santrifüj sisteminde, ıslak ürün keki ve hekzan çözeltisi olarak iki faza ayrılmaktadır. Islak kek öncelikle döner kurutucuda kurutulmaktadır. Buradan çıkan toz, azot gazı yardımıyla borular vasıtasıyla kurutucuya gönderilmektedir. Kurutucu içinde sıcak azot gazı yardımıyla kurutma işlemi tamamlanmakta ve kuru toz halinde yüksek yoğunluklu polietilen ürünü elde edilmektedir. Toz ürün buradan peletleme ünitesine transfer edilmektedir. Santrifüjde ayrılan hekzan ise sistemde tekrar kullanılmak üzere reaktörlere ve geri kazanma sahasına gönderilmektedir.

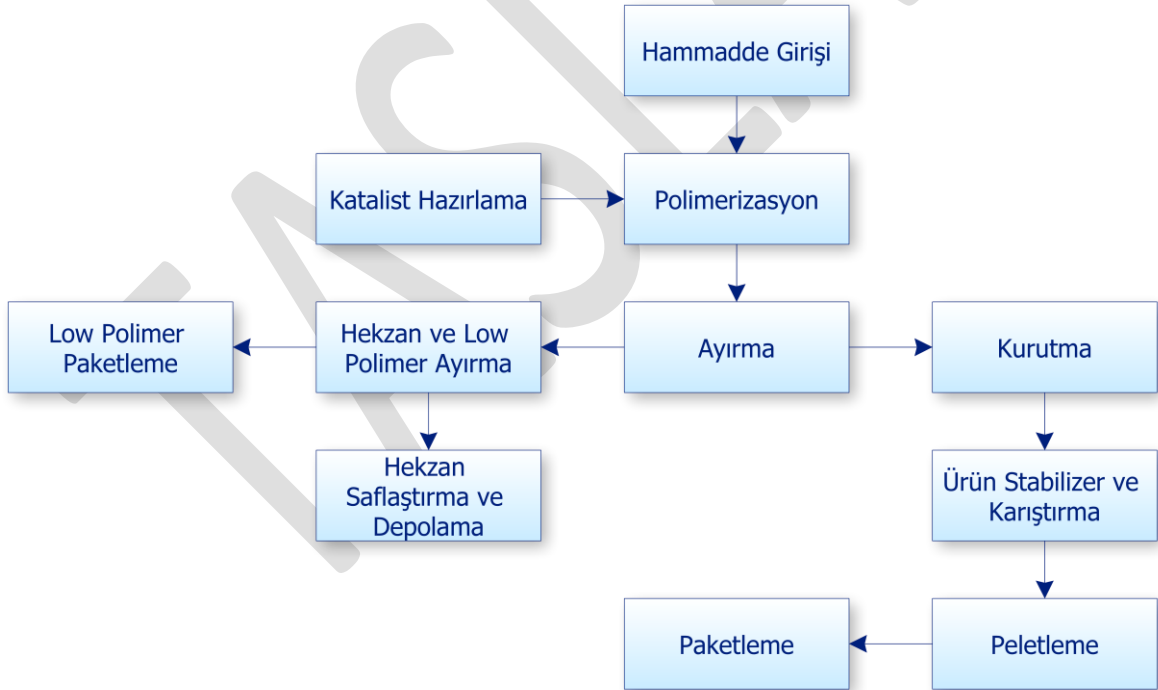
**Stabilizör Hazırlama:** Bu sahada toz ürün içine ürün reçetelerinde yer alan oranlara göre çeşitli stabilizörler ilave edilir. Katkı maddeleri ile karıştırılan toz polimer, konveyörlerle ekstrüdere gönderilmektedir.

**Peletleme:** Toz polimer karışımı, ekstrüderde ısıtılarak eriyik haline getirilmekte ve yoğrulmaktadır. Su altında kesme ünitesinde pelet haline getirildikten sonra su ile soğutularak taşınmaktadır. Sudan ayrılan ve kurutulan pelet ürün sınıflandırıcı elekten geçirildikten sonra silolara gönderilmektedir.

**Paketleme ve Paletleme:** Silolarda homojenizasyon için harmanlamaya tabi tutulan pelet ürün polietilen torbada ya da big baglerde paketlenmektedir.

**Hekzan-Low Polimer Ayırma:** Katalist hazırlama ve polimerizasyon sahalarında kullanılmış olan ve içinde çözünmüş veya kristal halde düşük molekül ağırlıklı polietilen içeren hekzan, sudan kolonlar yardımıyla ayrılarak tank sahasına transfer edilmektedir. Elde edilen düşük molekül ağırlıklı polietilen yani Low Polimer ise ürün olarak depolanmakta ve uygun boyutlara getirilerek big bag torbalara doldurulmaktadır.

Yüksek Yoğunluk Polietilen (YYPE) ünitesi proses akım şeması Şekil 8’de verilmiştir.



**Şekil 8.** Yüksek Yoğunluk Polietilen (YYPE) Ünitesi Proses Akım Şeması

#### 2.5.4. Polipropilen (PP) Üretimi

PP Ünitesinde sıvı faz polipropilen-su karışımı prosesi uygulanmaktadır. Katalizörler eşliğinde, düşük basınçta ve yüksek saflıkta propilenin polimerizasyonu ile polipropilen ürünü elde edilmektedir. Polipropilen (PP) ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**Prepolimerizasyon:** Reaktörlere beslenecek katalistin sıcaklığa ve mekanik aşınmaya (karıştırıcının mekanik etkisi) bağlı dayanımını arttırmak için propilen, katalist karıştırıcılı tankta reaksiyona girmektedir. Reaksiyon sonucunda oluşan katalizör kompleksi başka bir tankta heptanla seyreltilip reaktörlere beslenmeye hazır hale getirilmektedir.

**Polimerizasyon:** Polipropilen-su karışımı faz ile gerçekleştirilen polimerizasyon; karıştırmalı ve soğutma ceketli reaktörlerde heptan ortamında, reaktörlere katalist, propilen, hidrojen ve diğer yardımcı kimyasallar beslenerek yapılmaktadır. Reaksiyon belli bir sıcaklık ve basınç altında gerçekleşmektedir. Ana hammadde olarak propilen, polimer zincir uzunluğunu veya molekül ağırlığını ayarlamak için hidrojen kullanılır.

**Propilen Kazanma:** Reaktörden çıkan polipropilen-su karışımı, içindeki çözünmüş propileni geri kazanmak için tamburlardan geçirilerek basıncı kademeli olarak düşürülür ve açığa çıkan propilen geri kazanılmaktadır.

**Kurutma:** Santrifüj çıkışındaki polimer keki kurutma sistemine beslenerek kurutulmaktadır. Santrifujden ayrılan heptan ise tekrar kazanılmaktadır. Kurutuculardan çıkan polimer tozu buradan, azot gazı taşıması ile borularla toz silolarına beslenmektedir.

**Heptan Ayırma:** Santrifüjlerde ayrılan heptan polipropilen içermektedir. Heptan içindeki polipropileni heptandan ayırmak için heptan, buharlaştırılmakta ve daha sonra kolonlarda geri kazanılmaktadır. Santrifüjden ayrılan polipropilen ise soğutulup paketlemeye gönderilmektedir.

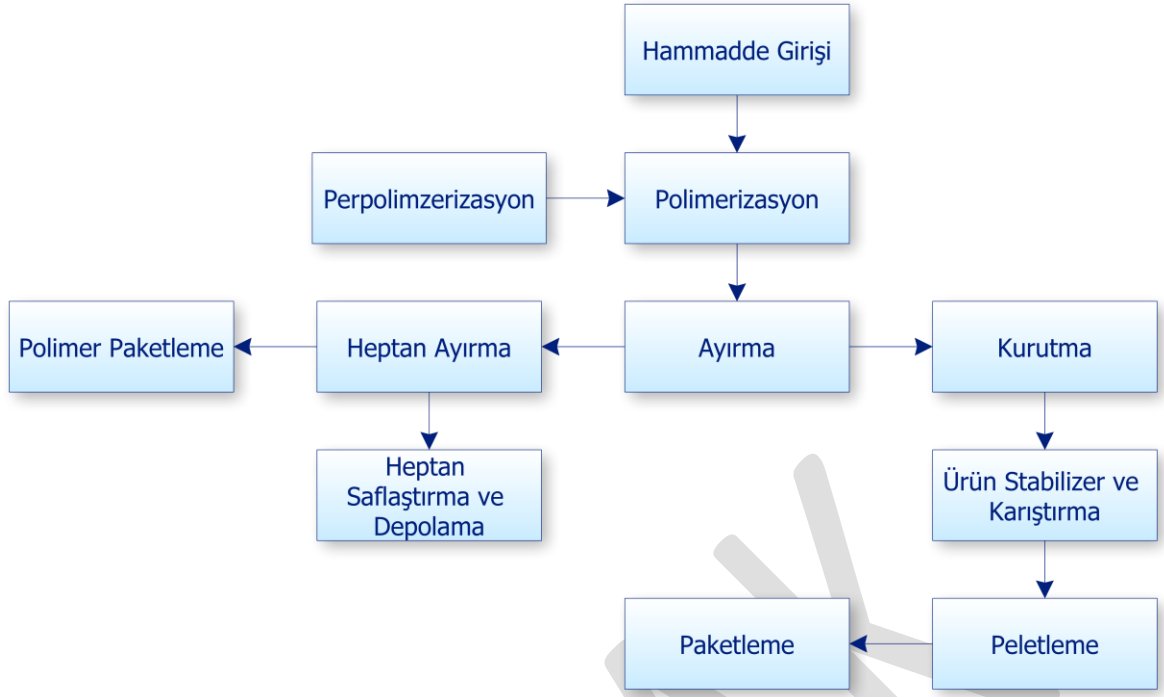
**Peletleme:** Toz silolarından gelen toz polimer katkı maddelerinin ilavesiyle karıştırılıp ekstruderlerde ısıtılarak eriyik haline getirilmekte ve yoğrulmaktadır. Su altında kesme ünitesinde pelet haline getirildikten sonra su ile soğutularak taşınmaktadır. Sudan ayrılan ve kurutulan pelet eleklerden geçirilerek silolara gönderilmektedir.

**Paketleme:** Silolarda homojenizasyon için harmanlamaya tabi tutulan pelet ürün polietilen torba ve bigbag şeklinde paketlenmektedir.

Polipropilen (PP) ünitesi proses akım şeması Şekil 9'da verilmiştir.

#### 2.5.5. Ftalik Anhidrit (PA) Üretimi

Ftalik anhidrit (PA), havanın oksijeni tarafından orto-ksilenin katalitik oksidasyonu sonucu elde edilir. Plastifiyanların, polyesterlerin, boya (alkid ve polyester reçine vb.) ve ilaçların üretiminde kullanılmaktadır. Ftalik Anhidrit (PA) ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.



**Şekil 9.** Polipropilen (PP) Ünitesi Proses Akım Şeması

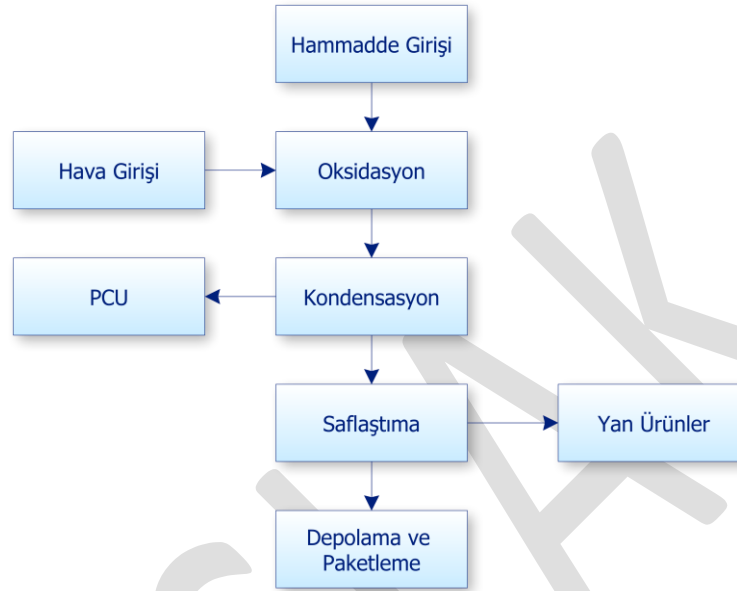
**Oksidasyon:** Ortoksilen önce bir ön ısıtmaya tabi tutulmaktadır. Daha sonra filtre edilmiş, basınçlandırılmış ve eşanjörde ısıtılmış hava içine bir buharlaştırıcıya püskürtülmektedir. Ortoksilen sıcak bir sıvı olmasına rağmen sıcak havanın etkisiyle buharlaşmaktadır. Hava ve ortoksilen gaz karışımı sabit katalist yataklı reaktör tüpleri içinden geçirilerek reaksiyon başlatılmaktadır. Reaksiyon gazı, reaktörden çıktıktan sonra önce ısıtılıp sonra da soğutularak kondensasyon bölümüne gelmektedir.

**Kondenzasyon:** Kondensasyon işlemi paralel yerleştirilmiş olan yoğusturucularda yapılmaktadır. Buradaki yoğusturucular sırasıyla kondensasyon fazı, eritme fazı ve soğutma fazında çalışmaktadır. Kondensörlerden yoğuşmadan çıkan gazlar, yanma sonrası ünitesine (PCU) gönderilirler. Gazlar burada önce ısıtmakta ve katalitik bir yatak üzerinde oto-termik olarak yakılmakta ve tasfiye edilmektedir. Bu reaksiyona giren gazlar, atmosfere verilmeden önce yakılmak üzere gelen gazları ısıtmak için kullanılmakta ve atmosfere verilmektedir.

**Saflaştırma:** Ham sıvı PA depo edildiği tanktan alınarak bekleme kabına gönderilmektedir. Buraya gelen PA içindeki oksidasyon sırasında meydana gelen yan ürünler polimerize olması amacıyla belli bir sıcaklıkta, belirli bir süre bekletilmekte, karıştırılmakta ve ısıtılmaktadır. Daha sonra kolonunda maleik anhidrit, benzoik asit gibi kolay uçucu olan safsızlıklardan ayrılır. Kolonunun dip ürünü, vakum altında çalışan kolona gelir. Kolon tepe ürünü olarak saf ticari kalitede PA elde edilmekte ve depolanmaktadır. Kolondan sıyrılan diğer safsızlıklar içinde kalan PA geri kazanılmakta ve katılaştırılarak bigbaglere dolumu yapılmaktadır.

**Paketleme-Dolum:** Depo edilen saf PA depolama tankından katılaştırma ve soğutma işlemlerinden geçirilerek katı olarak PE torbalarda veya paketlenmektedir. Ayrıca özel tankerlere sıvı olarak dolum yapılabilmektedir.

Ftalik Anhidrit (PA) ünitesi proses akım şeması Şekil 10'da verilmiştir.



**Şekil 10.** Ftalik Anhidrit (PA) Ünitesi Proses Akım Şeması

#### 2.5.6. Tubular Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE-T) Üretimi

AYPE-T Ünitesinde; Alçak Yoğunluk Polietilen, yüksek basınç ve sıcaklıkta, etilenin tubular (borulu) tipi reaktörde katalizler ile reaksiyona girmesi sonucu elde edilir. Tubular Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE-T) ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**Basınçlandırma:** Taze etilen gazı, üretim sürecinin hammaddesini oluşturmak üzere, etilen ünitesinden beslenerek üretim sürecine girer. Taze etilen gazı, kompresörler ve ısıtıcılar vasıtasıyla basınçlandırılmakta, ısıtılmakta ve polimerizasyon işlemini gerçekleştirmek üzere reaktöre gönderilmektedir.

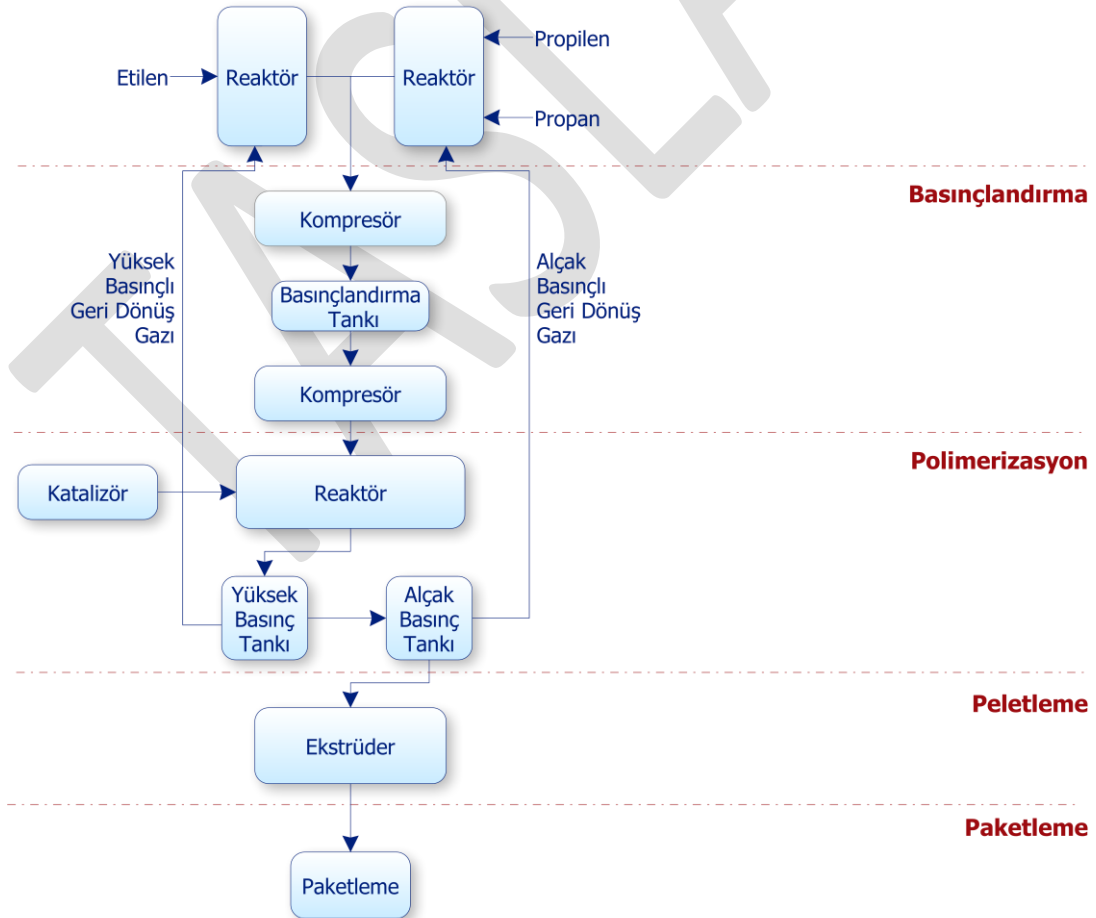
**Polimerizasyon:** Kompresörden gelen basınçlandırılmış etilen gazı ve katalist hazırlama dairesinden de reçetelerine göre hazırlanmış olan katalizler polimerizasyon sürecini oluşturmak üzere reaktöre beslenmektedir. Reaktörde polimerizasyon sonucu oluşan polietilen ve reaksiyona girememiş olan etilen gazı karışımı ürün soğutucuya girmekte, buradan soğutucuda uygun sıcaklığa soğutulan karışım yüksek basınç separatörüne gönderilmektedir. Bu separatörde etilen gazı ve polietilen birbirinden ayrılmakta, ayrılan etilen gazı polimer tutma seperatörüne gönderilmektedir. Polimer tutma separatöründe etilen gazı ile beraber sürüklenen polimerizasyonu tamamlanmamış alçak yoğunluklu

polimer ayrılmaktadır. Etilen gazı ise bu separatörden sonra soğutularak geri kazanılmaktadır.

**Peletleme:** Yüksek basınçlı separatörde ayrıştırılan polietilen, ekstrüzyon tankına gönderilir. Ekstrüzyon tankına gelen polietilenin içerisine difüze etmiş etilen gazı, basıncın düşmesiyle polietilen fazından ayrılmakta alçak basınç gaz tankına gönderilmektedir. Polietilen ise ekstrüdere beslenmektedir. Ekstrüderde erimiş polimer ızgaralardan geçirilip kesilerek pelet getirilmekte ve basınçlı su ile santrafüt kurutucuya gönderilmektedir. Santrafüt kurutucuda polimer, sudan ayrılarak sınıflandırma eleklerinde elenmekte ve boyutlarına göre bunkerlerde depolanmaktadır.

**Depolama/paketleme:** Granüller, bunkerden pnömatik olarak harmanlama silolarına gönderilmektedir. Burada polimer, harmanlama işlemine tabi tutulmakta ve pnömatik taşıma ile önce toz giderme sistemine oradan da paketleme silolarına gönderilmektedir. Paketleme siloların altında bulunan polimer, dolum kantarlarında torbalara doldurulmaktadır.

Tubular Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE-T) ünitesi proses akım şeması Şekil 11’de verilmiştir.



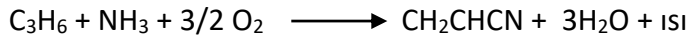
**Şekil 11.** Tubular Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE-T) Ünitesi Proses Akım Şeması

## 2.6. Elyaf Hammadde Üretimi

Bu grup altında; Akrilonitril (ACN), Saf Tereftalik Asit (PTA), Monoetilen Glikol (MEG), Dietilen Glikol (DEG) üretimi yapılmaktadır.

### 2.6.1. Akrilonitril (ACN) Üretimi

Akrilonitril üretimi propilenin amoksidasyonu reaksiyonu ile gerçekleştirilmektedir. Akışkan yataklı bir reaktörde, molibden bazlı katalist ile birlikte propilen, amonyak ve oksijen, belli bir sıcaklık ve basınç altında reaksiyona girmektedir



Akrilonitril (ACN) ağırlıklı olarak; akrilik elyaf, örgü yünü (orlon), kumaş, halı, battaniye, ABS reçineleri, akrilik reçineler, ve nitrit kauçukları imalatında kullanılmaktadır. Akrilonitril (ACN) Ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**Reaktör:** Reaksiyonun olduğu ve yüksek basınçlı buhar üretimini yapıldığı bölümdür. Bu bölümde, ACN ve yan ürünler üretilir.

**Geri Kazanma :** Yan ürünleri fiziksel ayırıştırma (destilasyon) metotları kullanarak ayırmak için belirli bir sıcaklıkta çıkan ürün gazlarının sıvı faza geçirildiği bölümdür. Aynı zamanda bu kısımda asetonitril tamamen uzaklaştırılır.

**Saflaştırma Bölümü:** Saflaştırma bölümünde ACN içinde bulunan hidrojen siyanür ve su ayrıca düşük mertebedeki safsızlıklar tamamen uzaklaştırılarak, saf ACN üretilir ve depolanır.

Akrilonitril (ACN) ünitesi proses akım şeması Şekil 12’de verilmiştir.

### 2.6.2. Saf Treftalik Asit (PTA) Üretimi

Saf Treftalik Asit (PTA); polyester elyaf, polyester film, reçine film ve polietilen tereftalat imalatında hammadde olarak kullanılmaktadır. Saf Treftalik Asit (PTA) ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**TA (Oksidasyon) Bölümü:** TA bölümünün hammaddesi paraksilendir. Paraksilen Aromatikler ünitesinden temin edilmektedir. Paraksilenin oksidasyonu neticesinde tereftalik asit üretilir. Reaksiyon katalizörlerin eşliğinde yürütülmektedir. TA ünitesinde sıvı ortamı sağlayan solvent ise asetik asittir. Reaksiyona girecek olan paraksilen, asetik asit ve katalizörlerin gerekli oranlardaki karışımı oksidasyon reaktörüne beslenir. Tereftalik asit katı kristal biçiminde oluşur. Asetik asitli ortamda reaktörde bir çamur haline gelir. Reaksiyon egzotermiktir ve oluşan ısı, asetik asidin buharlaşmasıyla reaktörden uzaklaşır. Asit buharı yoğunlaştırılarak geri kazanılır. Reaksiyon belli bir sıcaklık ve basınç altında

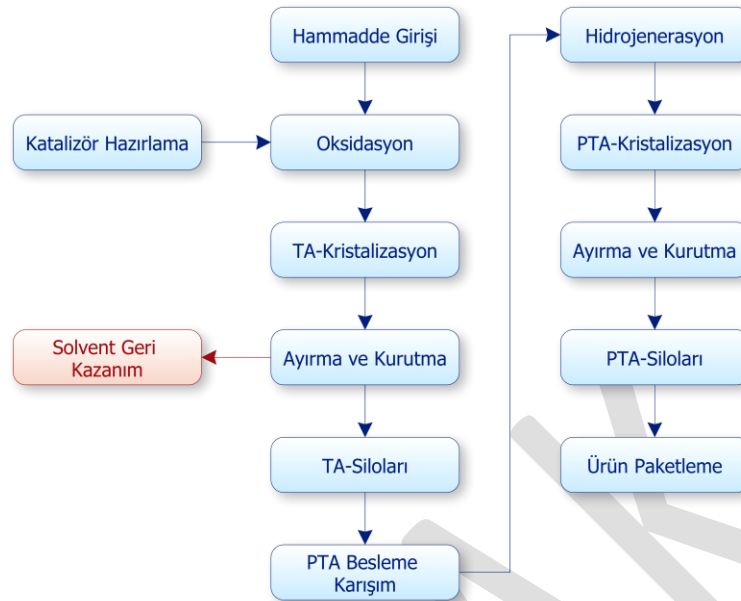
[illegible]

**PTA (Safılaştırma) Bölümü:** Ham TA, safsızlıkların elimine edilmesi amacıyla PTA (Safılaştırma) bölümüne beslenir. PTA Ünitesinde çözücü olarak su kullanılmaktadır. Ham TA Silolarından alınan TA tozu demineralize su içinde istenen konsantrasyona ayarlanarak çözülme, ısı ve basınç uygulanmakta ve hidrojenasyon reaktörüne gönderilmektedir. Reaktörde hidrojen gazı ve katalizörler vasıtasıyla tereftalik asit formuna dönüştürülmekte, filtre edilmekte ve kurutularak PTA depolama silolarına gönderilmektedir. Daha sonra da paketlenmektedir. Saf Tereftalik Asit (PTA) ünitesi proses akım şeması Şekil 13’de verilmiştir.

Bu ünite de glikol üretim işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu ürünler antifiriz, poliester elyaf, tekstil ürünleri, pet şişe imalatı vb. ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Etilen Oksit/Etilen Glikol(EO/EG) ünitesi işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

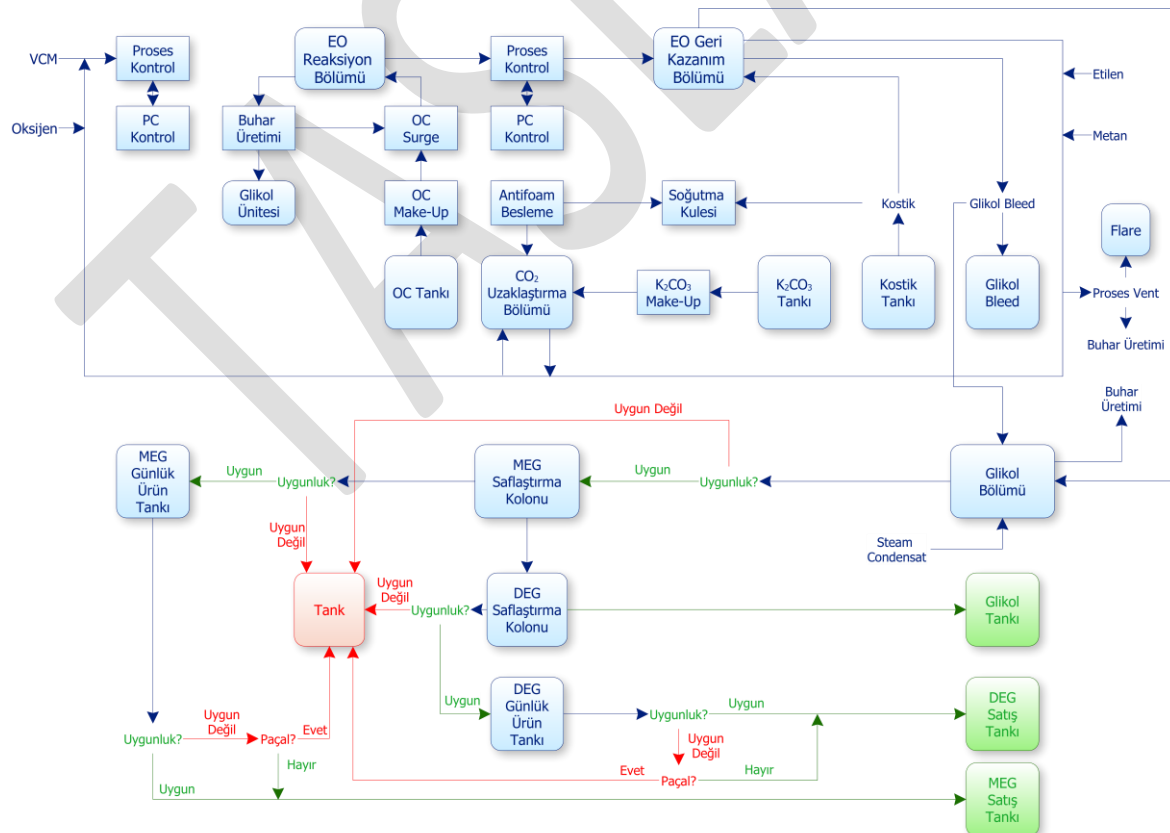
*Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi*

Trietilenglikol (TEG) oluşur. Ürünler günlük tanklarda depolanmakta ve satışa uygunluğu analizlerle test edildikten sonra satış tanklarına gönderilmektedir.



**Şekil 13. Saf Treftalik Asit (PTA) Ünitesi Proses Akım Şeması**

Etilen Oksit Etilen Glikol(EO/EG) ünitesi proses akım şeması Şekil 14’de verilmiştir.



**Şekil 14.** Etilen Oksit Etilen Glikol (EO/EG) Ünitesi Proses Akım Şeması

## 2.7. Plastik İşleme Ünitesi

Plastik İşleme Ünitesi, Torba ve Masterbatch bölümü olmak üzere iki bölümden oluşur. Tesis fabrikaları ile talep doğrultusunda iç ve dış piyasaya istenilen özelliklerde FFS rulo torbaları ile AYPE ve AYPE-T için Film Masterbatchler ve diğer polimer taşıyıcılı değişik amaçlı ürünler için masterbatch'ler üretir. İşlem basamakları aşağıdaki gibidir.

**FFS Rulo Torba Üretimi:** Koekstrüderde veya monoekstrüderde istenen film kalitesine uygun reçete ile ana ham madde ve diğer katkı malzemeleri ekstrüderlere ait dozaj ve karıştırma ünitelerine beslenir. Her ekstrüderin bölge ısıtıcıları reçetede ki ham madde ve katkılara uygun sıcaklığa ayarlanarak ısıtmaya alınır. Uygun sıcaklığa gelince tartım ve karıştırma ünitesi çalıştırılır. Çıkan ürün şişirme havası ile film balonu oluşturulur. Çekme ve sarma ünitelerine iletilir. Rulo film sarmaya başlanır. Ekstruderlerin devri ve çekme hızı kontrol edilerek istenen kalınlıkta ve istenen kapasitede rulo film üretimine başlanır. Sarma ünitesinde set edilen uzunluğa ulaşan rulo filmler otomatik olarak kesilerek yedek rulo film şaftı üzerinde bulunan rulo göbeğine sarmaya başlanır. Mono ekstrüderde veya koekstrüderde üretilen rulo filmler, FFS rulo torba makinesinde iyonizasyon işlemine tabi tutulur. Daha sonra baskı, germe ve mikro boyutta delik açma işlemlerinden geçirilerek son şeklini almış olan FFS rulo torba ürünü istenilen uzunlukta sarılır.

**Masterbatch Üretimi:** Proses, temel olarak dört kademedir:

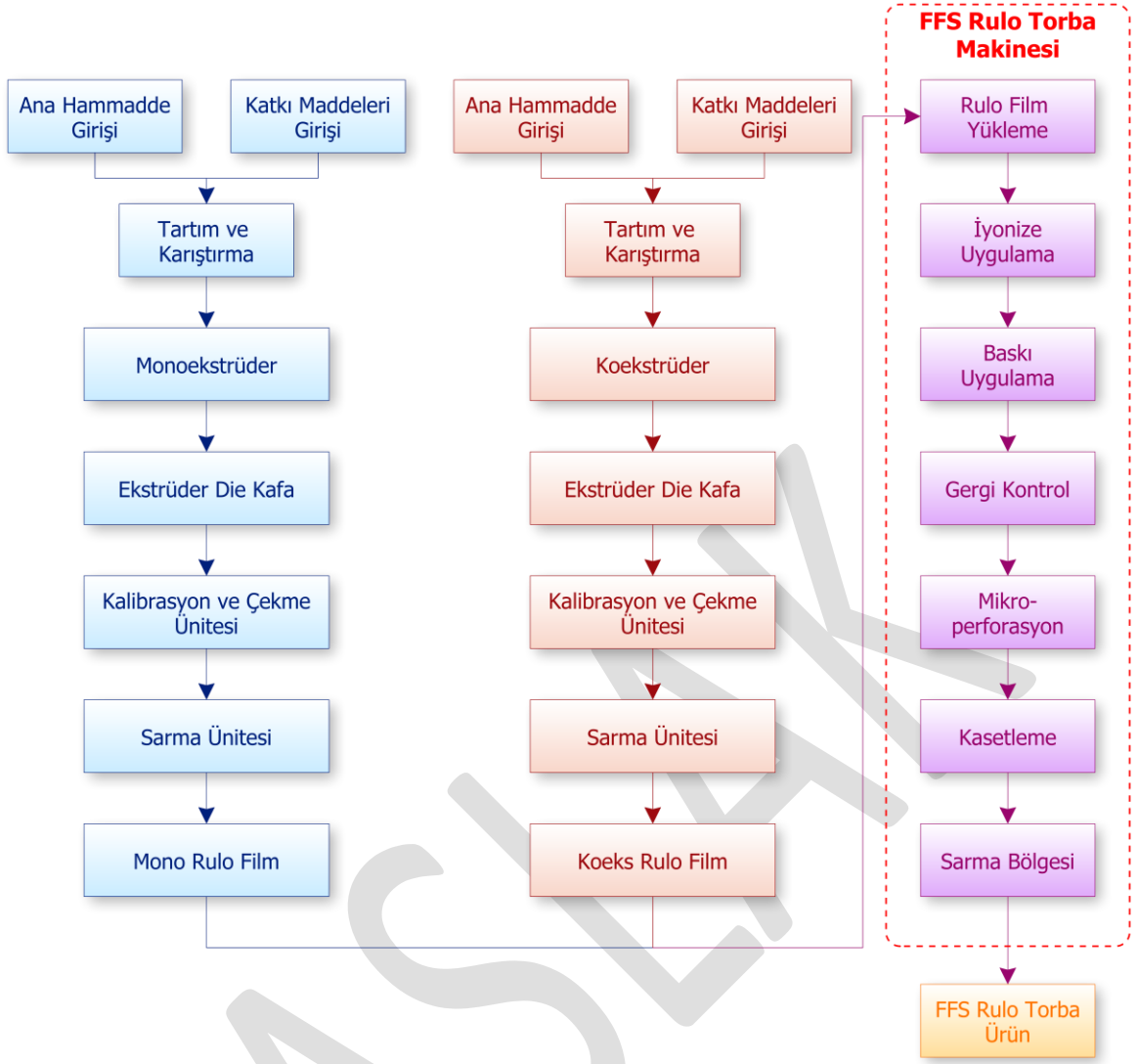
*Katkı Depolama, Dozaj ve Karıştırma:* İş Programındaki reçeteye uygun oranlarda baz polimer olarak AYPE, YYPE ve PP türleri ve reçeteye uygun diğer malzemeler Besleme tanklarına yüklenir. Döner besleyiciler yardımıyla sürekli çalışan kantarlara otomatik olarak beslenir. Sürekli çalışan kantarlarda tartılarak aşağı doğru akar. Vida konveyöre inen malzemeler ön karıştırma yapılarak çift vidalı Masterbach Ekstruderine beslenir.

*Ekstrüzyon:* Ekstrüzyon bölümünde bu katkılar ile polimer, çift vidalı Masterbatch Ekstruderde ısı ve basınç altında yoğrularak homojen bir şekilde karıştırılır ve pelet haline getirilir.

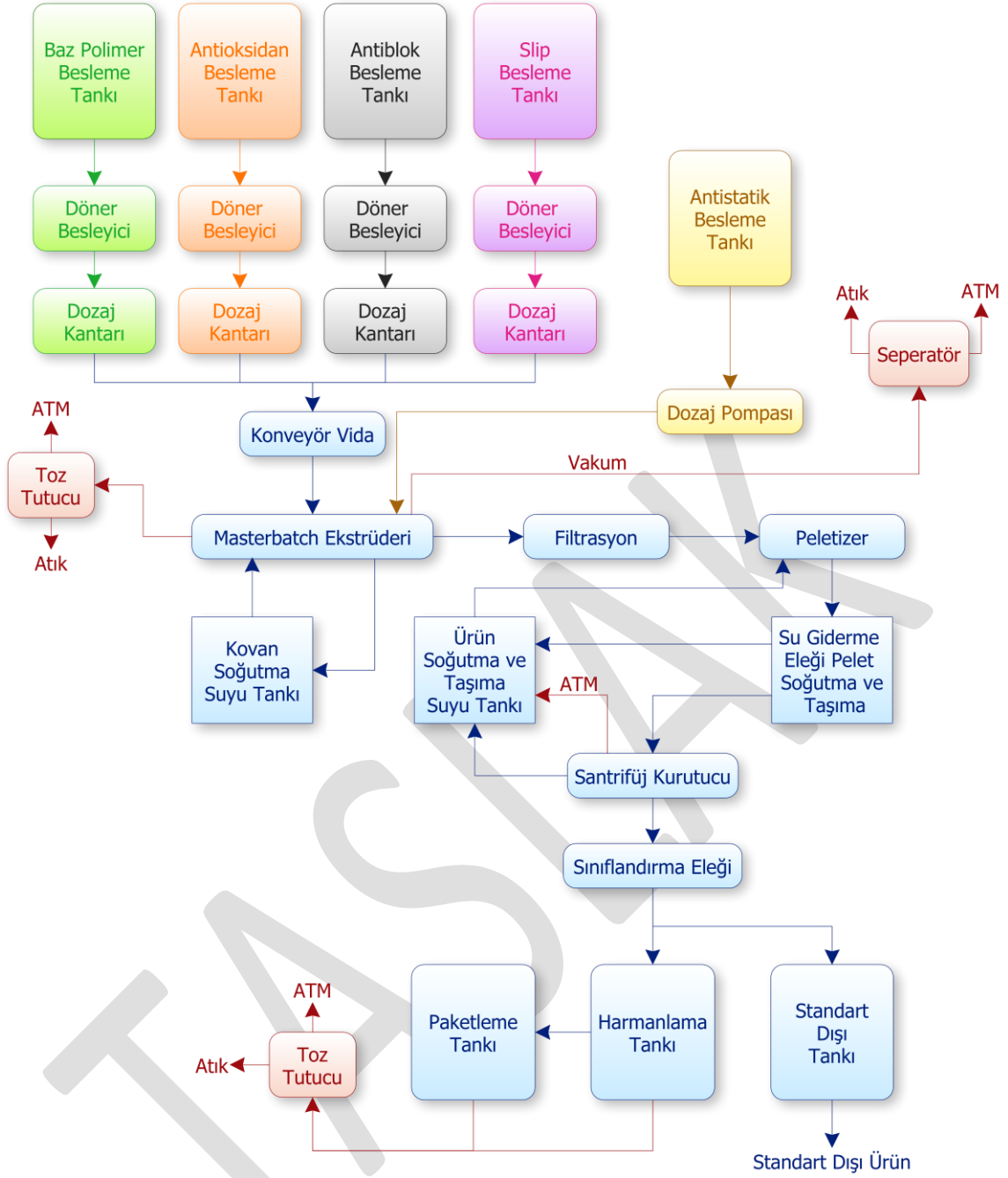
*Su giderme, Kurutma ve Sınıflandırma:* Su ile taşınan peletler, santrifüj kurutucuda kurutulur. Sınıflandırma eleğinde elenir.

*Harmanlama ve Paketleme:* Basınçlı hava ile ürün harmanlama tanklarına gönderilir. Harmanlama işleminden sonra ve yine basınçlı hava ile paketleme tanklarına gönderilir. Son olarak, ventilli PP örgü torbalarda veya bigbaglere paketlenir.

Plastik İşleme Ünitesi proses akım şemaları Şekil 15 ve Şekil 16'da verilmiştir.



**Şekil 15.** FFS Rulo Torba Üretimi Proses Akım Şeması



**Şekil 16.** Masterbatch Üretimi Proses Akım Şeması

## 2.8. Yardımcı Üniteler

Petrokimya üretim proseslerinde çok yüksek debilerde buhar ihtiyacı olması nedeniyle genellikle merkezi buhar üretim tesisleri bulunmaktadır. Bu tesisler ünitelerdeki fırınlardan bağımsız tesislerdir. Sadece buhar üretimi yapılan kazanlar olduğu gibi buhar üretimi ile birlikte elektriğin de üretildiği kojenerasyon tesisleri de olabilir. Tesis ihtiyacına göre sadece elektrik üretimi yapılan gaz türbinleri de bulunabilir.

Petrokimya üretim tesislerinde oluşan katı atıklar, üretimden ve atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar ve atık yağların bertarafı amacıyla özel atık yakma tesisleri (tehlikeli atık yakma tesisi) bulunur. Atık tür ve miktarlarına göre farklı yakma teknikleri kullanılabilir.

TASLAK

### 3. EMİSYON KAYNAKLARI

Petrokimya tesisi ünitelerinde üretimde kullanılan hammaddeler ve katalizörler genellikle basınçlı tip reaktör ve tanklarda dolaştığından, emisyonlar bu sistemlerin ısıtılması için kullanılan yakıcılardan oluşmaktadır. Ünitelerde proses esnasında üretilen yakılabilir nitelikteki gaz bileşikleri, merkezi sistem ile toplanarak fırınlarda ve diğer yakma sistemlerinde kullanılmaktadır. Ürün veya yakıt olarak değerlendirilemeyen gaz bileşikleri, fleyr bacalarında kontrolsüz olarak veya insinerasyon sistemlerinde kontrollü olarak yakılmaktadır. Bunların dışında tesiste buhar ve enerji üretiminde kullanılan yakma sistemlerine ait bacalar ve atık yakma tesisi bacası da bulunmaktadır. Entegre bir petrokimya tesisinin emisyon kaynakları aşağıda gruplandırılmıştır:

#### 3.1. Enerji (buhar ve elektrik) üretim tesisleri

Buhar ve elektrik üretim santrali bacalarında kullanılan yakıt türüne bağlı olarak oluşacak emisyonlar CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve toz emisyonlarıdır. Tesiste üretilen atık yağ veya proses gazlarının ek yakıt olarak kullanılması durumunda bu emisyonlara ilave olarak uçucu organik bileşikler oluşacaktır.

#### 3.2. Fırın bacaları

Entegre petrokimya tesislerinde tüm ünitelerde bulunan yakıcı ve fırın gazları proses gazları ile karışmadan baca vasıtasıyla atmosfere verilmektedir. Bu bacalarda emisyonlar, kullanılan yakıt türüne bağlı olarak değişir. Sıvı ve gaz yakıt kullanılan ünitelerde oluşacak emisyonlar CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve toz emisyonlarıdır. Tesiste üretilen değişik yağların yakıt olarak kullanıldığı ünitelerde bu emisyonlara ilave olarak uçucu organik bileşikler oluşacaktır.

Fırın bacalarına herhangi bir proses bacasının bağlanması durumunda proses özelliğine göre farklı organik kirleticiler de bulunabilir.

#### 3.3. Atık yakma üniteleri

**Katı/sıvı atık yakma tesisi:** entegre petrokimya tesisinde oluşan katı atıklar, üretimden ve atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar, atık yağ ve benzeri atıklar bir tehlikeli atık bertaraf tesisinde yakılır. Bu tesislerden CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, toz, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, PAH, dioksin/furan, ağır metal ve organik bileşik (UOB) emisyonları oluşmaktadır.

**HCl insineratörü:** HCl üretiminde ve diğer ünitelerde oluşan klorlu gaz ve sıvı atıklar bertaraf amacıyla bir insineratörde yakılır. Bu tür tesislerde yanma kaynaklı emisyonlar (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, toz) ile birlikte atık kaynaklı olarak Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> ve dioksin/furan emisyonları oluşur.

### 3.4. Fleyrlar

Petrokimya proseslerinde enerji kesilmesi, ünitelerde basınç ve sıcaklık sorunları gibi acil durumlarda sistemde bulunan yanıcı ve patlayıcı gazların uzaklaştırılması amacıyla fleyrlar kullanılır. Normal üretim şartlarında da düşük debili ve geri kazanımı mümkün olmayan atık gazlar da fleyrlarda yakılır. Farklı yakma tiplerine sahip fleyrlarda esas olarak CO<sub>2</sub> ve su buharı ile birlikte eksik yanma ürünleri oluşabilir.

### 3.5. Proses Emisyonları

Yukarıda açıklanan emisyon kaynaklarına ilave olarak değişik ünitelerde proses emisyonlarının atmosfere verildiği bacalar bulunmaktadır. Bu emisyon kaynakları ve emisyonlar ünite bazında aşağıda verilmiştir.

- Etilen ünitesinde kostik oksidasyon sistemine bağlı vent bacasında H<sub>2</sub>S ve UOB emisyonları,
- PVC ünitesinde kurutucu bacalarında toz emisyonları,
- Polipropilen (PP), alçak ve yüksek yoğunluk polietilen (AYPE ve YYPE) ünitelerinde kurutma-pelletleme-paketleme işlemleri ile silo dolumları esnasında toz emisyonları,
- Fitalik anhidrit (PA) ünitesinde kondenzasyon bölümünde oluşan gazların yakıldığı Post Combustion Ünitesi (PCU)'nde CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, toz ve UOB emisyonları, ayrıca paketleme ve dolum işlemleri esnasında toz emisyonu,
- Akrilonitril (ACN) ünitesinde kullanılan absorpsiyon kolonu çıkışında ise CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, toz ve UOB emisyonları, ayrıca üniteden proses işlemleri sonucunda NH<sub>3</sub>, CN<sup>-</sup> ve UOB bileşikler,
- Saf Treftalik Asit (PTA) ünitesinde döner kurutucu bacasından ve depolama-paketleme işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonları,

### 3.6. Depolamadan ve Üretimden Kaynaklanan Kaçak Emisyonlar

Entegre petrokimya üretim tesislerinde hammadde ve ürün depolaması amacıyla yüksek hacimli ve çok sayıda tanklar bulunmaktadır. Bu tankların dolumu ve boşaltılması sırasında ve nefesliklerinden kaçak UOB emisyonları oluşmaktadır. Emisyon türü ve miktarları tank tipi ve depolanan ürüne göre değişir.

Depolama tankları haricinde üniteler arasındaki taşıma hatlarındaki bağlantı ekipmanlarından da (flanş, vana vb.) UOB emisyon kaçakları oluşacaktır.

## 4. EMİSYON KONTROL / AZALTIM/ TEKNİKLERİ

Petrokimya tesislerinde birçok farklı üretim prosesi ve farklı üniteler bulunmaktadır. Her üretim prosesinin kendi üretim sistemi içinde farklı kontrol teknikleri uygulanmaktadır. Genel olarak uygulanması gereken kontrol/azaltım teknikleri aşağıdaki gibidir.

- Yakıtların iyileştirilmesi: Enerji eldesinde ve proste kullanılması amacıyla kullanılan büyük yakma tesislerinde (kazan ve fırınlar) daha kaliteli yakıtların kullanılması CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve toz emisyonlarının azalmasını sağlayacaktır. Ayrıca proste çeşitli ünitelerde açığa çıkan yakılabilir nitelikteki ürünler uygun yakma sistemleriyle diğer sistemlere entegre edilerek, dışarıdan temin edilen yakıtların miktarının azaltılmasını sağlayacaktır. Ayrıca NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmak amacıyla brülör sistemlerinin de iyileştirilmesi gerekmektedir.
- Proses gazlarının kontrolü: Proseslerin çeşitli aşamalarında, atmosfere doğrudan gönderilmemesi gereken kirleticiler öncelikle fleyr'larda yakılarak atmosfere verilmelidir. Ancak bu yanma işlemi kontrolsüz olarak gerçekleştiğinden kirleticiler tam olarak azaltılamamakta hatta farklı kirletici emisyonları oluşmaktadır. Bu durumun önlenmesi amacıyla her proste açığa çıkan atık niteliği taşıyan gazlar uygun giderim yöntemleri ile (insinerasyon, adsorbsiyon, yıkama ve yoğunlaşma sistemleri vb.) kendi ünitelerinde azaltılmalıdır.
- Ünitelerde kullanılan fırınların kontrolü: Genelde her ünite reaksiyonların gerçekleşmesi amacıyla reaktör ve distilasyon kolonları kullanılmaktadır. Bu sistemlerde uygun sıcaklıkların sağlanması amacıyla da ısıtıcı ve fırınlar kullanılmaktadır. Bu fırınlarda genellikle proses sıcaklıklarının sağlanması hedeflendiğinden yakıt tüketimine çok dikkat edilmemektedir. Bu fırınlarda ve ısıtıcılarda sıcaklık ve yakıt besleme sistemlerinin daha kontrollü yapılması yakıt sarfiyatlarını ve buna bağlı olarak gaz ve toz emisyonlarını azaltacaktır. Fırın bacalarından atmosfere verilen atık gazın ısı enerjisinden mümkün olduğunca yararlanılmalıdır.
- Proseslerde kullanılan katalizörler daha yüksek verime sahip katalizörlerle değiştirilerek üretim miktarları arttırılabilmekte ve üretim süreleri kısaltılabilmektedir. Buna bağlı olarak da yakıt miktarları ve oluşacak emisyonlar azaltılacaktır.
- Proste kullanılan büyük fırınların atık gazlarından uygun tekniklerle elektrik enerjisi üretilerek yakıt ve emisyonların azaltılması sağlanmalıdır.
- Kaçak emisyonların önlenmesi amacıyla bağlantı ekipmanlarının, flanşların vb. yapıların sürekli olarak kontrolü gerçekleştirilmelidir. Ayrıca toksik gazlar, ünitelerde ve sahada izlenmelidir.
- Uçucu organik bileşik içeren hammadde ve ürün tanklarından kaynaklanan kaçak emisyonların azaltılması amacıyla sabit tanklar için basınçlı geçirimsiz gaz örtüleri

(azot, vb.) ve yüzer tavanlı tanklar için de yeni nesil iki kademeli sızdırmaz sistemler kullanılmalıdır.

TASLAK

## 5. ÖLÇÜM VE İZLEME

Entegre petrokimya tesislerinde ölçülmesi ve izlenmesi gereken kirleticiler kaynaklarına göre Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Entegre petrokimya tesislerinde emisyon kaynakları ve izlenecek kirleticiler

| Emisyon kaynağı<br>(Ölçüm noktası)                                                                                          | İzlenecek kirleticiler                                                                                                | İzleme periyodu  | Sürekli<br>izleme <sup>1</sup>   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Buhar üretim santral bacaları <sup>2</sup>                                                                                  | Yakıt ve ısı gücüne göre belirlenir.<br>UOB <sup>3</sup> veya TOK <sup>3</sup>                                        |                  |                                  |
| Ünite fırın bacaları <sup>2</sup>                                                                                           | Yakıt ve ısı gücüne göre belirlenir.<br>UOB <sup>3</sup> veya TOK <sup>3</sup>                                        |                  |                                  |
| Toz veya katı maddelerin<br>ilave edildiği, kurutulduğu,<br>elendiği, paketlenildiği,<br>depolandığı ünitelerin<br>bacaları | Toz                                                                                                                   | İzin + Periyodik |                                  |
| Ünite insinerasyon sistemi<br>bacaları                                                                                      | Ünitenin atık gaz<br>kompozisyonuna göre<br>belirlenir                                                                | İzin + Periyodik |                                  |
| Atık yakma tesisi bacası                                                                                                    | CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , toz, Cl <sup>-</sup> ,<br>F <sup>-</sup> , ağır metal, PAH,<br>PCDD/PCDF, UOB | İzin + Periyodik | Cl <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> |

<sup>1</sup> EK-4’deki hükümlere de bakılmalıdır.

<sup>2</sup> EK-1A hükümleri uygulanır.

<sup>3</sup> Yakıt olarak üretim gazı (fuel gaz) kullanılması halinde

## 6. KAYNAKLAR

- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2009.
- TA LUFT, 2002. “Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit”, Almanya Hava Kirliliği Kontrolü Teknik Talimatnamesi - TA Luft).
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) Reference Document on Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU, 2015.

TASLAK