T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİNDE ORTAYA ÇIKAN STİREN GAZI EMİSYONUNUN AZALTILMASI

Kaan ÜNAL

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Hava 3
1.2. Havalandırma 3
1.3. Havalandırma Sistemleri 4
1.3.1. Doğal havalandırma 4
1.3.2. Mekanik havalandırma 5
1.3.3. Genel havalandırma 5
1.3.4. Yerel (lokal) havalandırma 6
1.4. İşyerlerinde Havalandırma 7
1.5. İşyerlerinde Emisyon Ölçümleri 8
1.5.1. Hava kirletici emisyonlar 9
1.6. Emisyonların Önlenmesi ve Kontrol Altında Tutulması 12
1.7. Stiren (Vinil Benzen) 16
1.7.1. Benzenin insan sağlığına etkileri 17
1.7.2. Stiren maruziyetine karşı KKD kullanımı 20
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 23
3. MATERYAL ve YÖNTEM 30
3.1. Materyal 30
3.1.1. Fabrikadaki havalandırma sistemi 31
3.1.2. Fabrikadaki egzoz sistemi 33
3.2. Yöntem 34
3.2.1. Mahallin ihtiyaç duyduğu dış hava miktarı 34
3.2.2. Mahallin hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı ile analizi 36
3.2.3. Mahaldeki Stiren miktarının Drager tüpü ile tespiti 40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 46
4.1. Stirenin Mevcut Havalandırma Sistem Performansına Olumsuz Etkileri 46
4.2. Mevcut Havalandırma Sisteminin Performansının Değerlendirilmesi 49
4.3. Mevcut Egzoz Sisteminin Performansının Değerlendirilmesi 51
4.4. Mevcut Mahalde HAD Programı (CFD) Sonuçları 53
4.5. Önerilen Mahallin HAD Programı (CFD) ile Analizi 55
4.6. Önerilen Mahalde HAD Programı (CFD) Sonuçları 58
4.7. Stiren Emisyonunun Drager Tüpü Yardımıyla Belirlenmesi 59
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 69
ÖZGEÇMİŞ 71

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİNDE ORTAYA ÇIKAN STİREN GAZI EMİSYONUNUN AZALTILMASI

Kaan ÜNAL

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Yıl: 2017, Sayfa: 71

Bu çalışmada Cam elyaf takviyeli plastik boru üretimi yapan tesiste üretim prosesi sonucu meydana gelen insan sağlığına zararlı kanserojen ve mutajen bir bileşik olan Stiren emisyonunun azaltılarak ortamdan uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla ortamdaki havalandırma ve egzoz sistemlerinin verimlilikleri ölçülerek karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonrası mevcut durum ortaya konulmuştur. Ayrıca ortamdaki dikdörtgen kesitli kanalda hava akışı hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı ile incelenmiştir. Yapılan ölçüm, karşılaştırma ve analizlerin sonuçları detaylı olarak paylaşılmıştır. Sonuçta Stiren emisyonunun çalışma ortamında azaltılarak, acil bir şekilde ortamdan tahliyesi ile ilgili çözüm ve önerilerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Stiren emisyonu, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, havalandırma ve egzoz sistemleri, iş sağlığı ve güvenliği, kanserojen ve mutajen maddelerle çalışma

ABSTRACT

MSc Thesis

REDUCING OF STYRENE GAS EMISSION DURING PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS

Kaan ÜNAL

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACiR
Year: 2017, Page: 71

In this study, it was aimed to decrease the emission of styrene which is harmful carcinogen and mutagenic compound which is harmful to human health, which is the result of the production process of GRP pipe production. For this purpose, the efficiency of ventilation and exhaust systems in the environment was measured and compared. After the comparison, the current situation is revealed. In addition, the airflow computed fluids in the environment have also been examined with the CFD software. The results of the measurements, comparisons and analyzes made are shared in detail. As a result, Stiren's emissions have been reduced in the working environment and solutions and suggestions have been made for immediate release from the environment.

KEY WORDS: Styrene emissions, computational fluid dynamics, mechanical supply and exhaust ventilation, occupational health and safety, work with carcinogen and harmful compound.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının başından sonuna kadar her aşamasında bana yardımcı olan ve deneyimlerini titizlikle aktaran danışmanım sayın Doç. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR'e teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Tavsiye edilen genel havalandırma örneği ……. 6
Şekil 1.2. Lokal havalandırma sistem bileşenleri ……... 7
Şekil 1.3. Endüstriyel toksik maddelerin etkilediği organlar ……. 17
Şekil 3.1. Fabrika üretim bölümü yerleşim planı …….. 30
Şekil 3.2. Klima santrali temiz hava üfleme sistemi……... 31
Şekil 3.3. Klima santrali kirli hava toplama sistemi ……... 32
Şekil 3.4. Üretim holü temiz hava üfleme ve kirli hava toplama sistem……. 32
Şekil 3.5. Üretim holü Chop kabini ve stiren gazı egzoz boruları …….. 33
Şekil 3.6. Üretim holü klima santrali kirli hava emiş (EX-5) sistemi ……. 34
Şekil 3.7. Dikdörtgen profile sahip mevcut mahallin katı modellenmesi ……... 37
Şekil 3.8. Mevcut mahallin CFD programında görünüşü ……... 38
Şekil 3.9. Mevcut mahal CFD ölçü birimi ayarlanması ……... 38
Şekil 3.10. Mevcut mahal CFD sınır şartları ……. 39
Şekil 3.11. Mevcut mahal CFD Malzeme seçimi …….. 39
Şekil 3.12. Mevcut mahal CFD programında analiz başlangıcı …… 40
Şekil 3.13. Üretim holü Stiren buharı ölçüm noktaları şeması …….. 41
Şekil 3.14. Kabin içindeki 1 ve 2 nolu Stiren buharı ölçüm noktaları ……... 41
Şekil 3.15. Kabin içindeki 3 ve 4 nolu Stiren buharı ölçüm noktaları ……... 41
Şekil 3.16. Operatör çalışma alanı 5 nolu Stiren buharı ölçüm noktası ……. 42
Şekil 3.17. Drager Accuro gaz ölçüm cihazı ve Drager Tüpü ……... 42
Şekil 3.18. Drager Accuro gaz ölçüm cihazı sızdırmazlık kontrolü …….. 43
Şekil 3.19. Drager Accuro gaz ölçüm cihazı hazırlık ve ölçme ……. 44
Şekil 4.1. Stirenin üretim alanına kontrolsüz olarak yayılması(önden görüntü) …… 46
Şekil 4.2. Stirenin üretim alanına kontrolsüz olarak yayılması(yandan görüntü) …….. 47
Şekil 4.3. Stirenin chop kabini içindeki yayılması ve tıkanmış olan egzoz menfezi ……. 47
Şekil 4.4. Stiren, Silis kum ve Elyaf egzozu için kullanılan tıkalı duvar menfezi ……. 48
Şekil 4.5. Stiren, Silis kum ve Elyaf egzozu için kullanılan tıkalı tavan menfezi ……. 48
Şekil 4.6. Havalandırma borularında meydana gelen %80'nin üzerindeki daralma …….. 49
Şekil 4.7. Zemin egzoz menfezinde meydana gelen %90'nın üzerindeki daralma …… 51
Şekil 4.8. Duvar egzoz menfezinde meydana gelen %90'nın üzerindeki daralma …… 52
Şekil 4.9. CFD analizi sonucu mevcut egzoz mahalli akış durumu …… 53
Şekil 4.10. CFD analizi sonucu mevcut egzoz mahalli basınç durumu …….. 54
Şekil 4.11. Dairesel profile sahip önerilen mahallin katı modellenmesi ……. 55
Şekil 4.12. Önerilen mahallin CFD programında görünüşü …… 55
Şekil 4.13. Önerilen mahal CFD ölçü birimi ayarlanması …….. 56
Şekil 4.14. Önerilen mahal CFD sınır şartları ……. 56
Şekil 4.15. Önerilen mahal CFD Malzeme seçimi …….. 57
Şekil 4.16. Önerilen mahal CFD programında analiz başlangıcı …… 57
Şekil 4.17. CFD analizi sonucu önerilen egzoz mahalli akış durumu …… 58
Şekil 4.18. CFD analizi sonucu önerilen egzoz mahalli basınç durumu ……. 58
Şekil 4.19. Stiren ölçümünün yapıldığı chop kabini …… 59
Şekil 5.1. Havalandırma ve egzoz borularındaki daralma …… 61
Şekil 5.2. Fabrika boru üretim holü Stirenin yayılma alanı genel görüntüsü …….. 63
Şekil 5.3. Stiren egzoz motoru ……. 65
Şekil 5.4. CFD sonucu mevcut ve önerilen egzoz borusunda akış …….. 65
Şekil 5.5. Chop kabinine önerilen hava perdesi …… 66
Şekil 5.6. Hava perdesi kullanımının faydaları …… 66
Şekil 5.7. Chop kabinine önerilen yakma fırını …… 67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Mesleki maruziyet sınır değerleri …….. 13
Çizelge 1.2. Benzenin özellikleri ……... 16
Çizelge 3.1. Bazı mahaller için saatlik hava yenileme ve değişim sayısı ……. 35
Çizelge 4.1. AHU-3 Temiz hava üfleme sistemi fan bilgileri …….. 50
Çizelge 4.2. EX-5 Kirli hava emiş sistemi fan bilgileri …… 52
Çizelge 4.3. Stiren'nin 2013 yılındaki aylık ölçüm değerleri ……. 60
Çizelge 5.1. Havalandırma ve egzoz sistemleri bakım ve kontrol formu örneği ……. 64
Çizelge 5.2. Ekipman genel maliyet çizelgesi …….. 68

SİMGELER DİZİNİ

ASHRAE	Amerikan tesisat mühendisleri derneği
CAS	Kimyasal abstrakt servis numarası
CFD	Computational fluid dynamics
Chop	Kırpılmış elyaf
Ctp	Cam elyaf takviyeli plastik boru
EINECS	Mevcut kimyasal maddelerin Avrupa envanteri
EPA	Amerikan çevre koruma ajansı
HAD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
HBS	Hasta bina sendromu
H_d	Hava değişim sayısı
KKD	Kişisel koruyucu donanım
İHK	İç hava kalitesi
Megep	Mesleki eğitim ve öğretim sistemini güçlendirme projesi
mg/m^3	Bir metre küp havadaki maddenin miligram olarak değeri(20°C sıcaklık ve 760mm cıva basınç)
OSHA	Avrupa iş sağlığı ve güvenliği ajansı
OEL	Çalışan sağlığına zarar gelmeden maruz kalınabilecek havadaki kimyasal madde miktarı
ppm	Bir metre küp havadaki maddenin mililitre olarak değeri (mililitre/metreküp)
UOB	Uçucu organik bileşikler
PM	Partikül madde
Q	Mahale üflenen hava debisi (m^3/h)
V_m	Mahallin toplam hacmi (m^3)

1. GİRİŞ

Çeşitli hammaddeler kullanılarak elde edilen kompozit mamul kullanımı her geçen gün yaygınlığını artırmaktadır. Bu tür malzemelerden üretilmiş birçok araç gereç günlük yaşantımızın her alanına yerleşmiştir. Kompozit malzemelerden üretilen mamullere örnek olarak otomobil parçaları, sürat tekneleri, günümüzde her alanda kullanılabilen boru ve bağlantı parçalarını verebiliriz. Ancak kompozit malzemelerin üretim süreçleri sırasında ortaya çıkan ve çalışma ortamına yayılan değişik özellikteki zararlı kimyasal maddelerin de insan sağlığını olumsuz etkilediği bilinmektedir.

Dünya sağlık örgütünün 2014 yılı Mart ayında yaptığı açıklamaya göre 2012 yılı için 3,7 milyon kişinin dış ortam hava kirliliği ve 2,7 milyon kişinin ise kapalı alan (ortam) hava kirliliği olmak üzere, hava kirliliği kaynaklı toplam 6,4 milyon kişinin hayatını kaybettiği açıklanmıştır (Söyleriz, 2016).

Son zamanlarda tıp literatürüne giren, iş merkezlerinden hastanelere kadar her yerde rastlanabilen “Hasta Bina Sendromu (HBS)-Sick Building Syndrome”, zamanlarının %90’ını kapalı ortamlarda geçiren yüz binlerce kişiyi tehdit eder hale gelmiştir. Ancak bu sorunun yeterince önemsenmemesinin nedeni, kapalı ortamlardaki hava kirliliği etkilerinin genellikle uzun sürede ortaya çıkması ve yaşamı doğrudan ya da acil olarak tehdit etmemesidir (Ağca, 2005).

İç hava kalitesi kavramı ve Hasta Bina Sendromu 1980’li yıllarda, petrol krizi ve enerji darboğazının gündeme gelmesi ile ortaya çıkmıştır. Enerji tasarruf politikaları ve buna bağlı olarak iç ortam hava sirkülasyonunun en az düzeye indiği, yetersiz havalandırmanın yapıldığı, dış ortama açılmayan pencerelerin bulunduğu ve klima cihazlarının kullanıldığı sızdırmaz bina yapımı, iç hava kalitesinde önemli sorunlar yaratmıştır (Ağca, 2005).

İç hava kalitesinin insan performansı üzerindeki etkisi bilinen bir gerçektir. İnsan konforu ve üretkenliği için solunan havanın %40-60 izafi nem içermesi ve çalışma ortamının 19-20 °C'de olması gerektiği Alman Bilim Adamları tarafından yapılan araştırmalar sonucunda saptanmış bulunmaktadır (Ağca, 2005).

Mekânlardaki hava sıcaklığının artışına bağlı olarak çalışanların performansı düşmekte (örneğin: sıcaklık 26 °C'a ulaştığında %20 performans kaybı olmaktadır), ortamdaki nem oranı azalmakta, nem oranının azalması nedeniyle burun mukozasında kuruma ve solunum yolları enfeksiyonları artmakta, boğazda yanmalara neden olmakta, insanlarda HBS artışı gözlemlenmektedir. Baş ağrısı, öksürük, ses kısıklığı, baş dönmesi, zihinsel yorgunluk, mide bulantısı, bazı alerjik reaksiyonlar, ağız ve göz kuruluğu, koku ve tat alma bozukluğu, göğüste sıkışma hissi, gözlerde sulanma, kaşınma ve kızarma gibi rahatsızlık belirtileri belli başlı HBS belirtileri olarak tanımlanmakta ve bina terk edildiğinde bu şikâyetler ortadan kalkmaktadır (Ağca, 2005).

Cam elyaf, silis kum ve reçine ana hammaddelerini kullanarak kompozit bir mamul olan cam elyaf takviyeli plastik boru ve bağlantı parçaları üretimi yapan bir tesisinin üretim bölümünde üretim sırasında insan sağlığına zararlı bileşik olan Stiren (Benzen-C_xH_x) ortama yayılmaktadır. Zararlı bileşiğin çalışma ortamı içerisindeki konsantrasyonun insan sağlığı için uygun hale getirilmesi gerekir. Bunu sağlamak için mekanik havalandırma sistemi kullanılmalıdır.

Bu çalışmada, yürürlükte bulunan 6331 sayılı İş sağlığı ve güvenliği kanunu, ilgili yönetmelik ve mevcut havalandırma standartları (CEN, 1998; ASHRAE, 2001) çerçevesinde, Şanlıurfa'da kompozit malzeme üretimi yapan bir tesisin üretim bölümünde açığa çıkan ve insan sağlığını olumsuz etkileyen Stiren (Benzen-C_xH_x) gazının etkin bir şekilde bertaraf edilmesi için mevcut havalandırma sistemi incelenerek sistemin etkinliği belirlenip durum değerlendirmesi yapılacaktır.

1.1. Hava

Hava; yeryüzünü saran, atmosfer tabakasını oluşturan, renksiz kokusuz ve tatsız gaz karışımıdır. Hava, insanların yaşaması için hayati öneme sahiptir. Canlılar aç ve susuz günlerce yaşayabileceği halde nefes almadan birkaç dakikadan fazla duramaz. Bu yüzden doğal bileşimdeki hava, tüm canlılar için zorunlu olan yaşamsal bir haktır (Anonim, 2011-a).

1.2. Havalandırma

Dikkat edilirse insan ömrünün büyük çoğunluğu (ev, ofis, fabrika, alış veriş merkezleri, sağlıklı yaşam birimleri) kapalı hacimlerde geçmektedir. Bu kapalı hacimlerde konfor şartlarının sağlanması ve devamlılığı için havalandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Anonim, 2002).

Endüstriyel havalandırma sistemleri, işyeri ortamındaki kirlenmiş havayı değiştirmek için iklimlendirme veya doğal haliyle, doğal akım, etkin basınç ya da mekanik bir etki (vantilatör) yardımıyla, ilgili ortamdan havanın emilerek dışarıya atılması veya bu ortama taze hava verilmesi amacıyla kurulan mekanik sistemlerdir. Genel olarak, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak amacıyla duman, toz ve buhar gibi kirleticileri ortamdan uzaklaştırmak için kullanılır. Havalandırma, doğal yollarla yapılabildiği gibi (pencere açılması) mekanik yöntemlerle de (fanlar, körükler) yapılabilir (Eğri ve ark., 2011).

Endüstriyel sistemler belirli bir hızda ve belirli miktarda havanın taşınarak, istenmeyen kirleticilerin ortamdan kaldırılması için tasarlanır. Tüm endüstriyel havalandırma sistemlerinde temelde aynı ilkeler takip edilir; bununla birlikte her bir işyeri için, işin türüne ve işyerindeki kirletici oranına göre, ayrı sistem tasarımı yapılmalıdır (Eğri ve ark., 2011).

Havalandırma sistemleri ile:

I. Devamlı taze hava sağlanması, ortam havasının sürekli yenilenmesi
II. Sıcaklık ve nemin konfor seviyesinde tutulması
III. Yangın ve patlama tehlikelerinin azaltılması
IV. Kirleticilerin ortadan kaldırılması ya da seyreltilmesi (Eğri ve ark., 2011).

Kirleticilerin kontrolü için ayrıca, tehlikeli kimyasal kullanımının durdurulması, daha az toksik kimyasallarla değiştirilmesi ve proseste değişiklik yapılması yollarına başvurulabilir (Eğri ve ark., 2011).

1.3. Havalandırma Sistemleri

Yaşanılan tüm mahallerde canlıların solunum yapabilmeleri için yeterli oranda oksijen bulunması gerekir. Ayrıca kapalı mahallerde bulunan canlıların terleme, ısı yayma, sigara dumanları ve benzeri diğer nedenlerle, endüstriyel proseslerden çalışma esnasında çıkan zararlı toz, gaz, kokular nedeniyle, depolanan gıda ve benzeri maddelerin çıkardığı koku, ısı dolayısıyla havalandırma ihtiyacı olmaktadır (Anonim, 2012-a).

3194 sayılı İmar Kanununda evlerin yeterli aydınlıkta ve havalandırılabilir olması şart koşulmaktadır. Ayrıca iş yerleri ve fabrikalarda gerek ilk kuruluş esnasında çevre etki değerlendirmesi raporlarıyla, gerekse daha sonra 4857 sayılı İş Kanunu ve 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında yapılan denetimlerde işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden birçok ortamlarda havalandırma yapılması istenmektedir (Anonim, 2012-a).

1.3.1. Doğal havalandırma

Herhangi bir ortamda mekanik bir ekipman kullanmaksızın hava akımı kendiliğinden oluşuyorsa doğal havalandırma söz konusudur. Doğal havalandırma baca ve rüzgâr etkisi ile olmak üzere iki şekilde gerçekleşir (Anonim, 2012-a).

Baca çıkışı ile sağlanan doğal havalandırma, Bina inşa edilirken salon ve odaların üst kısımlarına yerleştirilen menfez ve baca binanın çatısına uzatılırsa oda ve salonlar havalandırılmış olur. Kirlenme seviyesinin düşük olduğu ortamlarda tercih edilir ve ses gibi yan problemler oluşturmaz (Anonim, 2012-a).

1.3.2. Mekanik havalandırma

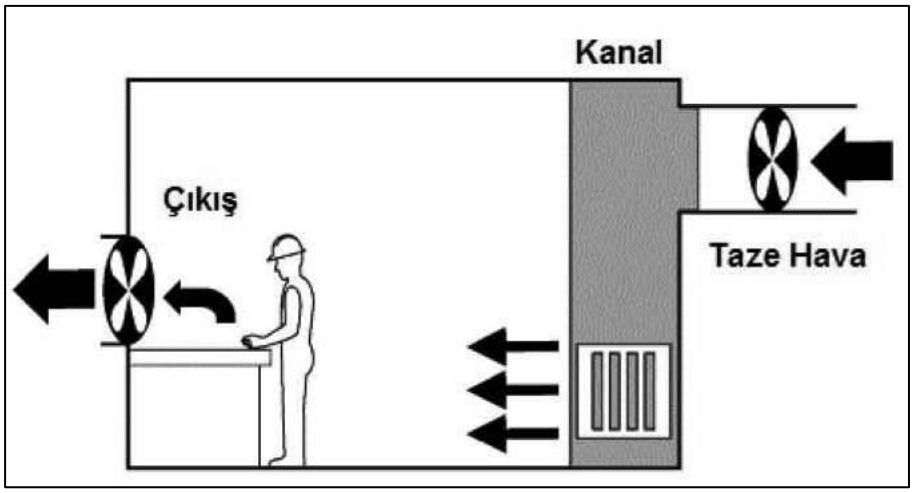
Havalandırma işleminin, aspiratör ve/veya vantilatör olarak çalışan bir fan yardımıyla yapılmasıdır. Temelde üç ayrı uygulaması mevcuttur:

1. Mekanik girişli doğal çıkışlı
2. Doğal girişli mekanik çıkışlı
3. Mekanik girişli ve çıkışlı

Yüksek yapılarda üst katların pencereleri rüzgâr etkisiyle, alt katların pencereleri ise çevre gürültüsü nedeniyle açılamamaktadır. Bu nedenle büyük yapılarda yeterli hava değişimi güç kullanılarak yapılmaktadır. İşyeri çalışma ortamlarında da işletmenin verimli olabilmesi için çalışılan bölümlerde ihtiyaç duyulan temiz hava, nem ve ısının belirli bir seviyede tutulma zorunluluğu vardır. (Anonim, 2012-a).

1.3.3. Genel havalandırma

Genel havalandırma; üretim sırasında ortaya çıkan hava kirleticilerini, kaynağına doğru yönlendirilen temiz hava akımıyla ortamdaki yoğunluğunu azaltmak ve daha sonra ters yöndeki veya tavandaki emme ağızlarından dışarı atmak esasına dayanır (Eğri ve ark., 2011).



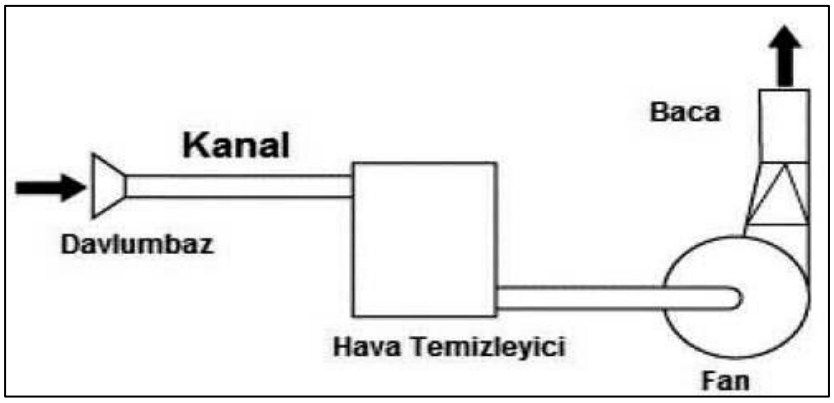
Şekil 1.1. Tavsiye edilen genel havalandırma örneği (Eğri ve ark., 2011)

Genel havalandırma yönteminde (Şekil 1.1.) işçiler eğer hava kirleticilerin kaynağında iseler doğrudan, fabrikanın diğer yerlerinde iseler ortama karışmış kirli havadan dolaylı olarak etkileneceklerdir (Eğri ve ark., 2011).

Uygulanan yöntemde kirli hava cebri olarak atılır, temiz hava girişi ise pencere ve kapılardan doğal olarak gerçekleşirse çalışanların kirli ve sağlığa zararlı havadan olumsuz yönde etkilenmeleri daha fazla olacaktır. Yüksek tavanlı, doğal hava hareketlerinin mümkün olduğu, geniş çalışma alanlarında genel havalandırma uygulanabilmektedir (Eğri ve ark., 2011).

1.3.4. Yerel (Lokal) Havalandırma

Genel havalandırmayla çalışma sırasında oluşan kirleticilerin sağlık açısından izin verilen değerlere düşürülemediği ve genel havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda çalışılan ortamın havasını iyileştirmek için yerel (lokal) havalandırma yöntemleri uygulamaya konulmalıdır (Anonim, 2012-a).



Şekil 1.2. Lokal havalandırma sistem bileşenleri (Eğri ve ark., 2011)

Yerel (lokal) emiş sisteminin (Şekil 1.2.) ağzı (emiş ucu) çalışma yapılan noktaya kirleticinin yayılmasını önlemek için mümkün olduğunca yakın yerleştirilmelidir. Yerel havalandırma uygulaması aynı zamanda genel havalandırma için gerekli olan temiz havaya daha az gereksinim duyulmasını sağlamaktadır (Eğri ve ark., 2011).

Genel ve yerel (lokal) havalandırma yöntemleri uygulanarak fabrikalarda üretim süreçleri boyunca oluşan ve çeşitli sağlık sorunlarına sebep olan toz, duman, gaz, buhar gibi hava kirleticileri çalışma ortamı dışına atılarak ortamdaki hava kirleticilerin yoğunluğu yasal sınırlar içinde öngörülen değerlere düşürülür ve çalışanlar için uygun çalışma ortam şartları sağlanır (Anonim, 2012-a).

1.4. İşyerlerinde Havalandırma

Fabrikalarda ve imalat atölyelerinde çalışanlar için en önemli risk grubunu çalışma sırasında ortaya çıkan toz, duman, gaz ve buhar gibi hava kirleticiler oluşturmaktadır. Hava kirleticilerin olumsuz etkilerini önlemek için bu kirleticilerin ortam havasına yayılmasını önlemek şart ve yasal gerekliliktir (Eğri ve ark., 2011).

Bunun için genel ve yerel (lokal) havalandırma yöntemleri birlikte kullanılmaktadır. Yapılan işin niteliğine, işyerinin özelliğine ve amaca uygun havalandırma sistemlerinin seçilerek uygulamaya konulması gereklidir (Eğri ve ark., 2011).

Böylece çalışma ortamında yeterli havalandırma sağlanmalı, hava kirleticiler solunum bölgesinden ve çevresinden uzak tutulmalıdır (Eğri ve ark., 2011).

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında yürürlükte olan İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelikte kapalı işyerlerinde havalandırma için gerekli asgari şartlar belirtilmiştir. Buna göre kapalı işyerlerinde çalışanların ihtiyaç duyacakları yeterli temiz havanın bulunması sağlanır (Anonim, 2013-a).

Yeterli hava hacminin tespitinde, çalışma yöntemi, çalışan sayısı ve çalışanların yaptıkları iş dikkate alınır. Eğer çalışma ortamı havasını kirleterek çalışanların sağlığına zarar verebilecek atıklar ve artıklar var ise bunların derhal dışarı atılması sağlanır. Boğucu, zehirli veya tahriş edici gaz ile toz, buğu, duman ve fena kokuları ortam dışına atacak şekil ve nitelikte, genel havalandırma sisteminden ayrı olarak mekanik (cebri) havalandırma sistemi kurulur (Anonim, 2013-a).

Mekanik havalandırma sistemi kullanıldığında sistemin her zaman çalışır durumda olması sağlanır. Havalandırma sisteminin çalışmaması, iş sağlığı ve güvenliği yönünden tehlikeli ise arızayı bildiren kontrol sistemi tesis edilir. Yerel ve genel havalandırma sistemlerinin bakım ve onarımları ile uygun filtre kullanım ve değişimleri yıllık olarak yetkili kişilere yaptırılır (Anonim, 2013-a).

Havalandırma sistemlerinde hava akımının, çalışanları rahatsız etmeyecek, çalışanların fiziksel ve psikolojik durumlarını olumsuz etkilemeyecek, ani ve yüksek sıcaklık farkı oluşturmayacak şekilde olması sağlanır (Anonim, 2013-a).

1.5. İşyerlerinde Emisyon Ölçümleri

Çevre açısından emisyon; yakıt ve benzerlerinin yakılmasıyla; sentez, ayrışma, buharlaşma ve benzeri işlemlerle; maddelerin yığılması, ayrılması, taşınması ve diğer mekanik işlemler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticileri olarak tanımlanır (URL-1).

Emisyon standartları kirletici kaynakların izin verilen kirletici deşarjlarını zaman veya üretim bazında belirler ve kaynak yapısına bağlı olarak tanımlar. Buna göre her tesis kendi üretim türü ve büyüklüğü ile ilişkili olarak kirletici özelliklerini beyan etmek zorundadır. Tesislerin yaydığı emisyon miktarı: kullanılan yakıtlar, yakma teknolojisi ve hava kirliliği önleme cihaz ve teknikleriyle ilgilidir (Anonim, 2009).

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği kapsamında endüstriyel tesislere ait "yasal emisyon limitleri" tanımlanmış olup, tüm tesisler bu limitleri göz önünde bulundurarak emisyonlarını kontrol altında tutmak zorundadır (Anonim, 2009).

Emisyon ölçümleri, çeşitli faaliyetler sonucunda oluşan ve baca vasıtasıyla atmosfere atılan atık gazların ve taşıtların egzozlarından çıkan yanma ürünlerinin ölçümünü içermektedir. Havayı kirletici gaz ve partikül maddelerin isimlerini, konsantrasyonlarını, kütlesel debilerini ve hangi oranlarda kirletici vasıflara sahip olduklarını ve bu kirletici kaynaklara sahip tesislerin emisyonlarının ilgili yönetmelik esaslarına uyup uymadığı bu ölçümler ile belirlenmektedir (Anonim, 2009).

Endüstriyel bacalardan çevreye yayılan partiküllerin ve gazların analizleri özel numune alma yöntemleri ve aparatları ile gerçekleştirilebilmektedir. Emisyon Ölçümlerini Çevre ve Orman Bakanlığından çevre analizleri yeterlilik ve çevre analizleri ön yeterlilik belgesi alan özel ve kamu kurumları ilgili belgenin ekinde yer alan listedeki kapsama göre yapabilirler (Anonim, 2009).

1.5.1. Hava kirletici emisyonlar

Emisyon kirleticiler, havanın doğal yapısındaki bileşimi değiştiren ve katı, sıvı ve gaz formlarda bulunabilen kimyasal maddelerdir. Emisyon kirleticileri fiziksel ve kimyasal yapılarına bağlı olarak sınıflandırılabilirler. Genel anlamda emisyon kirleticileri aşağıdaki gibidir (URL-2).

Karbon monoksit (CO): Karbon monoksitin oksijen taşıma kapasitesini azaltması sonucunda kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperleri, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelir (URL-2).

Kükürt oksitler (SO_x): Hava kirletici emisyonların en yaygın olanı kükürt dioksit (SO_2)'dir. Kükürt dioksit ve atmosferdeki ürünleri irritan etki gösterirler. Solunan yüksek konsantrasyondaki kükürt dioksitin %95'i üst solunum yollarından absorbe olur. Bunun sonucu olarak, bronşit, amfizem ve diğer akciğer hastalık belirtileri meydana gelir (URL-2).

Azot oksitler (NO_x): NO_x' in atmosferdeki bulunuşu yaklaşık olarak yarı yarıya taşıt egzozu ve sabit yakma tesislerinden dolayıdır. Bu gazlar atmosferde doğal gaz çevrimine girerek, nitrik asit (HNO_3) oluşumuyla sonuçlanan zincirleme reaksiyonları tamamlarlar. Atmosferdeki HNO_3 oluşumu ise asit yağmurlarının oluşmasına neden olur (URL-2).

Uçucu organik bileşikler (VOC): Uçucu organik bileşiklere maruziyet akut ve kronik sağlık etkileri oluşturur. Düşük dozlardaki UOB'ler, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olur. UOB'ler yüksek konsantrasyonlarda, merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaparlar. Bazı UOB'ler aşırı konsantrasyonlara ulaştıklarında sinir sistemine ait fonksiyonlarda bozulmalara neden olurlar. Toksik özellik taşıyan bu bileşikler solunum yolu hastalıklarına sebep oldukları gibi, yüksek konsantrasyonlarda sinir sisteminde tahribata yol açmaktadır. EPA tarafından yapılan sınıflandırmada benzen kanserojen madde olarak değerlendirilirken karbon tetraklorür, kloroform, vinil klorür, etilen dibromür kansere sebep olma riski taşıyan maddeler olarak sınıflandırılmıştır (URL-2).

Partikül maddeler (PM): Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir. Kanser yapıcı organik kimyasallar (PAH, dioksin, furan gibi) içeren partikül maddeler sağlık açısından çok tehlikelidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle bileşerek aside dönüşmektedir (URL-2).

Asit aerosolleri: Asit aerosolleri ile partiküler maddelerin de akciğerlerden alveollere kadar taşınması nedeniyle bu kirleticilerin bir arada bulunduklarında yaptıkları olumsuz sağlık etkileri; her birinin ayrı ayrı yaptığı etkilerden daha fazladır (URL-2).

Ağır metaller: Havada bulunan partiküllerin % 0,01-3'ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır (URL-2).

Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin insineratörlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar. İnsan sağlığını geniş çapta olumsuz yönde etkileyen metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; Kurşun, Kadmiyum, Nikel, Cıva metalleri ve asbest önem taşımaktadır (URL-2).

Ayrıca bazı spesifik kirleticilerin varlığını da göz ardı etmemek gereklidir. Zira bu kirleticiler çok düşük konsantrasyon değerlerinde dahi insan sağlığını tehdit edebilmektedir. Bu kirleticiler içerisinde en önemli grup kanser yapıcı, tetrajonik ve mutajenik etkilere sahip maddelerdir (URL-2).

Bu kirleticilerle, atmosferik özelliklerin oluşturduğu kimyasal reaksiyonların en önemlileri ise fotokimyasal olaylardır ki, bunlardan özellikle kloroflorokarbonlar, güneşten gelen zararlı UV (ultraviyole) ışınlarına karşı yeryüzünü koruyan ozon tabakasında büyük tahribata yol açmaktadır (URL-2).

Doğal veya insan yapısı sonucu atmosfere karışan kirleticiler, her iki halde de atmosfere yayıldıkları anda hızla kimyasal reaksiyonlar oluştururlar ve hava akımları ile karışır, dağılır, yayılır ve taşınırlar. Böylece kirleticiler, kaynaktan çıkıp, alıcılara ulaştığında karakterleri değişebilir (URL-2).

1.6. Emisyonların Önlenmesi ve Kontrol Altında Tutulması

Sanayi tesislerinin kuruluşunda ve işletilmesi esnasında gerekli tedbirlerin alınmaması, uygun teknolojilerin kullanılmaması ve kontrolsüz proses uygulamaları kirletici emisyonların oluşmasına neden olmaktadır. Kirletici emisyonları kontrol etmek için önce kirleticilerin kaynaklarını tespit etmek gereklidir. Kirleticilerin oluşum sebeplerini ortadan kaldırmak veya en aza indirecek tedbirleri almak muhtemel kirliliğin önlenmesinde yapılması gereken ilk işlemdir (Anonim, 2009).

Şayet tüm tedbirlere rağmen bu kirliliğin oluşumunun engellenememesi söz konusu olduğunda ise yapılabilecek işlem bu kirliliğin giderimine yönelik işlemlerin uygulanmasıdır (Anonim, 2009).

Kirletici emisyonları önleme ya da giderme amacıyla yapılacak işlemler üç grupta incelenebilir (Anonim, 2009):

I. Emisyon oluşumuna neden olacak işlemler öncesi alınan tedbirler
II. Emisyonun oluşumu esnasında uygulanacak tedbirler
III. Emisyon oluşumu sonrasında kirliliği gidermeye yönelik tedbirler

Atık gazlardaki gaz ve buhar emisyonları, tesisin üretim prosesine göre, bu emisyonların oluşma ve atmosfere deşarj edilme periyodu dikkate alınarak tesis en yüksek kapasitede çalışırken emisyon ölçümü yapılacaktır. Toplam emisyonların sınırlanmasının gerekli görüldüğü hallerde; yetkili merci yerleşim bölgelerinde kurulacak olan veya mevcut tesislerde, yörenin; meteorolojik, topografik durumuna ve mevcut kirlilik yüküne bağlı olarak, aşağıda verilen gaz ve buhar emisyonları için konsantrasyon ve kütlesel debi sınırlarını 1/3 oranında azaltabilir (Anonim, 2013-b).

Aynı işletmede çok sayıda bacadan atılan atık gaz akımları varsa, aynı sınıftan olan emisyonlar (kg/saat) toplanarak değerlendirilir. Bacalar birbirlerinin etki alanları dışında ise her bir baca tek başına değerlendirilir (Anonim, 2013-b).

Çizelge 1.1. Mesleki maruziyet sınır değerleri (Anonim, 2013-b)

Maddenin Adı	EINECS	CAS	Sınır Değerler		Açıklama
			mg/ m^3	ppm	
Benzen	200-753-7	71-43-2	3.25(1)	1(1)	Deri(2)
Vinilklorür monomeri	200-831	75-01-4	7.77(1)	3(1)	—
Sert ağaç tozları	—	—	5.0(3)	—	—

1-Sekiz saatlik referans zamanına göre hesaplanan veya ölçülen değer
2-Deri yoluyla da maruziyetin olabildiği durumlar
3-Sert ağaç tozu diğer ağaç tozları ile karışık ise karışımın tümü için bu değer uygulanır

İşverenler; çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak amacıyla teknik olarak mümkün olduğu hâllerde, tehlikesiz veya daha az tehlikeli madde, müstahzar veya işlem kullanarak işyerindeki kanserojen veya mutajen maddelerin kullanımını azaltır (Anonim, 2013-b).

Kanserojen veya mutajen maddelerle yapılan çalışmalarda maruziyetin önlenmesi ve azaltılması için (Anonim, 2013-b);

a) İşyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sonucunda çalışanların sağlık ve güvenliği yönünden risk bulunduğunun ortaya çıkması hâlinde çalışanların tehlikeli maddelere maruziyeti önlenir.
b) Kanserojen veya mutajen maddelerin tehlikesiz veya daha az tehlikeli olanlarıyla değiştirilmesinin teknik olarak mümkün olmadığı hâllerde, bu maddelerin üretiminde ve kullanılmasında teknik imkânlara göre kapalı sistemler kullanılır.
c) Kapalı sistemle çalışmanın teknik olarak mümkün olmadığı hâllerde, çalışanların maruziyeti mümkün olan en az düzeye indirilir.
d) Çalışanların kanserojen veya mutajen maddelere maruziyeti, verilen sınır değerleri aşamaz (Çizelge 1.1.).

e) İşveren kanserojen veya mutajen maddelerin kullanıldığı işlerde;

1) İşyerinde kullanılacak kanserojen veya mutajen madde miktarını belirler ve yapılan iş için gereken miktardan fazla madde bulunmasını önler.
2) Kanserojen veya mutajen maddelere maruz kalan veya kalabilecek çalışan sayısının mümkün olan en az sayıda olmasını sağlar.
3) Kanserojen veya mutajen maddelerin çalışma ortamına yayılmasını önlemek veya en aza indirmek için işlem tasarımını uygun şekilde yapar ve gerekli mühendislik kontrol önlemlerinin alınmasını sağlar.
4) Kanserojen veya mutajen maddelerin kaynağından lokal veya genel havalandırma sistemi veya diğer yöntemlerle, halk sağlığı ve çevreye zarar vermeyecek şekilde çalışılan ortamdan dışarı atılmasını sağlar.
5) Herhangi bir kaza sonucunda veya beklenmeyen bir şekilde kanserojen veya mutajen maddelerin ortama yayılması hâlinde, bu durumun erken tespiti için uygun ölçüm sistemleri bulunmasını sağlar.
6) Uygun çalışma yöntemleri ve işlemlerin kullanılmasını sağlar.
7) Alınan diğer önlemlerle toplu korumanın sağlanamadığı veya maruziyetin önlenemediği durumlarda uygun kişisel korunma yöntemleri ve kişisel koruyucu donanımların kullanılmasını sağlar.
8) Özellikle çalışma ortam zemini, duvarlar ve diğer yüzeylerin düzenli olarak temizlenmesini ve hijyen şartlarını sağlar.
9) Çalışanları bilgilendirir.
10) Kanserojen veya mutajen maddelere maruz kalınan veya maruz kalma riski bulunan yerleri uygun ikaz levhaları ve güvenlik işaretleri ile belirler. Bu yerlerde sigara kullanılmasının ve yeme, içmenin yasak olduğunu belirten ikaz levhalarını bulundurur.
11) İlgili mevzuat gereği hazırlanacak acil durum planında, yüksek düzeyde maruziyet'e neden olabilecek durumlara yönelik eylemler de planlanır.

Çalışanların sağlık gözetiminde dikkat edilmesi gereken hususlar (Anonim, 2013-b):

1) Kanserojen veya mutajen maddelere maruz kalan çalışanların sağlık gözetiminden sorumlu işyeri hekimi ve diğer sağlık personeli, çalışanların sağlık durumlarını ve maruziyet koşullarını bilmelidir.
2) Çalışanların sağlık gözetimi, 6331 sayılı Kanunun 15 inci maddesi hükümlerine uygun olarak yürütülmeli ve aşağıdaki hususları içermelidir:

   - Çalışanların mesleki ve tıbbi öz geçmişleri ile ilgili kayıtların tutulması.
   - Çalışanların sağlık muayenelerinin yapılması.
   - Çalışanlarda, ilk ve geri döndürülebilir etkilerinin tespitinin yanı sıra mümkün olduğu hallerde biyolojik izlemenin yapılması.
   - Sağlık gözetimi kapsamında, çalışanlara iş sağlığı alanında en son geliştirilen testlerin uygulanması.

3) Benzen veya benzen içeren ürünlerin üretimi, geri kazanımı, işlenmesi ve transportu sırasında konteynırlardan sıvının çekilmesi ve hortum ve boruların sökülmesi veya sıvıya batmış boruların çıkarılmasını içeren konteynırların doldurulması ve boşaltılması.
4) Benzen ve benzen içeren ürünlerin üretimi, geri kazanımı, işlenmesi ve transportu sırasında filtrelerin ve katalistlerin değiştirilmesi ve örneklerin alınması.
5) Benzen üretim sistemlerinde yıkım ve onarım işleri.

Yukarıda belirtilen temizleme ve onarım dâhil işlerde veya işyerlerinde benzen ile çalışanlarda sağlık taraması zorunludur.

1.7. Stiren (Vinil Benzen)

Aromatik bileşiklerin en basiti benzendir. Ayrıca bilinen en eski organik bileşiklerden biridir. Benzenin nicel element analizi, %92.3 C ve %7.7 H olup bileşim formülü "CH'' dir. Buhar yoğunluğuna göre tayin edilen molekül ağırlığı 78g/mol'dür. Buna göre kapalı molekül formülü C_6H_6 olur. Benzene vinil grubunun bağlanmasıyla özel adı "stiren" olan vinil benzen meydana gelir (Anonim, 2012-b).

Benzen, berrak, oda sıcaklığında renksiz, aromatik yapıda hoş kokulu bir sıvıdır. Son derece yanıcıdır. İyi bir organik çözücüdür. Kan hücrelerini öldürme etkisi olduğundan kanser yapan bileşikler arasına girer. Alkol, kloroform, eter, aseton, karbon tetra klorür, glasiyal asetik asit ve yağlara karışır (Anonim, 2012-b).

Organik çözücülerin çoğunda çözünür. Suda çözünürlüğü çok düşüktür. Buharları dumanlı bir alev çıkartarak yanar. Buharı havadan ağırdır ve yer seviyesinde birikebilir (Anonim, 2012-b).

Çizelge 1.2. Benzenin özellikleri (Anonim, 2012-b)

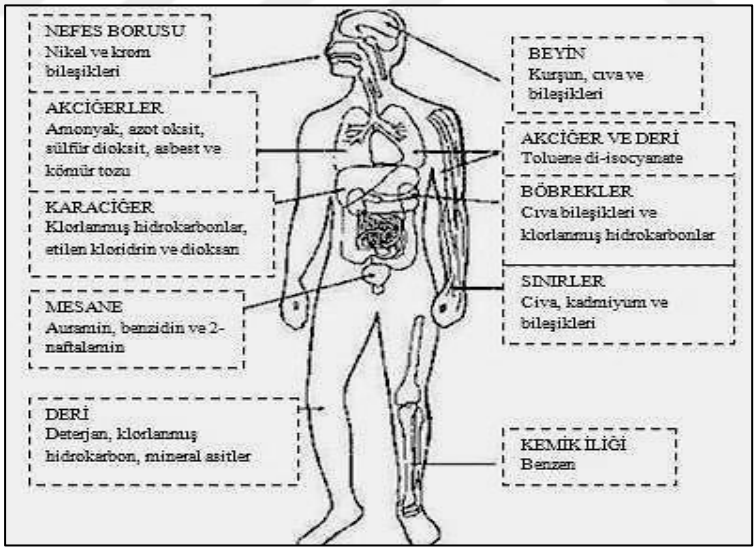
FORMÜL	C_6H_6
CAS NUMARASI	71-43-2
OEL DÜZEYİ	3.25 mg/m^3 (1 ppm)
EINECS	200-753-7
VÜCUDA GİRİŞ	HAVA/DERİ

Stiren renksiz, son derece reaktif, suda çok sınırlı olarak çözünen parlayıcı bir sıvıdır ve düşük konsantrasyonlarda karakteristik tatlımsı bir kokuya sahiptir (Çizelge 1.2.). Koku eşiği (0,05-0,08 ml/m^3) mesleki maruziyet limit değerinden çok daha düşüktür. Ancak aklimatizasyon sağlama sürecinin koku hissini etkilediği unutulmamalıdır. Stiren çok uçucu değildir. Özellikle yüksek ısılarda oluşan buharı havadan çok daha ağırdır ve yer seviyesinde birikir (Anonim, 2011-b).

Doymamış aromatiklerin en önemlisi olan Stiren esas olarak polimerlerin üretiminde kullanılır. Stiren kaynaklı termoplastiklerin, termoset reçinelerin, elastomerlerin ve çözeltilerin büyük miktarlarının örnekleri polistiren, akrilonitrilli kopolimerleri, bütadien, akrilonitril ve polyester reçineleri kapsar (Anonim, 2011-b).

Stiren içeren reçineler işlendiği zaman mesleki maruziyet limit değerlerinin aşılması riski vardır (satüre olmayan polyester reçineler: UP reçineler, vinilester reçineler, VE reçineler). Özellikle elle çalışma esnasında ve daha sonra geniş yüzeylerin açık imalatında, örneğin cam elyaf takviyeli boru ve bağlantı parçaları üretiminde, gemi imalatında astarlama süreçleri, rüzgâr türbinlerinin pervanelerinin yapımında, asit'e dirençli kaplamaların yerleştirilmesinde, büyük objelerde bobinaj işlerinde mesleki maruziyet sınır değerleri belirgin olarak aşılabilir. Mekanik yöntemler ve hava ekstraksiyon sistemleri kullanıldığı zaman dahi bazı bölgelerde eşik sınır değeri üzerinde maruziyetler beklenebilir (Anonim, 2011-b).

1.7.1. Stirenin insan sağlığına etkileri



Şekil 1.3. Endüstriyel toksik maddelerin etkilediği organlar (Öksüz, 2014)

Zehirlenme durumu genellikle Benzen buharlarının solunması ile ortaya çıkar. Deri yoluyla da organizmaya girerek zehirlenmeye neden olabilir (Anonim, 2012-b).

Yüksek düzeyde (3000 ppm veya üzeri) benzen buharına maruz kalınırsa ani zehirlenme belirtileri ortaya çıkmaktadır. Bu belirtiler baş ağrısı, baş dönmesi, düzgün konuşamama, depresyon, derinin kızarması, solunum güçlüğü, mide bulantısı, kusma şeklinde görülür. Ortam değiştirilmediği ve zehirli bileşiğe maruziyetin devam etmesi durumunda koma veya ölüm hâli meydana gelebilir (Anonim, 2012-b).

Ancak endüstride daha çok görülen durumlar kronik benzen zehirlenmeleri olup son derece önemlidir. Bu tür durumlarda kan hücreleri tahrip olmakta, alyuvar, akyuvar sayılarında azalma gözlenmektedir (Şekil 1.3.). Ortaya çıkan ilk belirtiler iştahsızlık, baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, güçsüzlük, sinirlilik, kilo kaybı şeklindedir. Zehirlenmenin daha sonraki safhalarında ise burun ve damaklarda kanamalar görülür. Benzen buharlarının olduğu ortamlarda sürekli çalışan işçiler periyodik kan kontrollerine tabi tutulmalıdır (Anonim, 2012-b).

Alyuvar veya akyuvar sayıları devamlı azalma gösteren ya da periyodik iki kontrolde akyuvar sayısı metreküpte 5.000'in, alyuvar sayısı metreküpte 4.000.000'un altında bulunanlar hayati tehlikeye girmeden zararlı aromatik bileşiğin bulunduğu ortamdan uzaklaştırılmalıdır (Anonim, 2012-b).

Ani zehirlenme hâllerinde suni solunum yaptırılmalı gerekirse oksijen verilmelidir. Solunumu düzeltmek amacıyla adrenalin kullanılabilir. Benzenle çalışanlar koruyucu gözlük, yüz siperliği, kauçuk giysiler, maske gibi kişisel koruyucu donanımları eksiksiz kullanmalıdır (Anonim, 2012-b).

Stiren'nin kronik etkileri şöyledir: başlıca santral sinir sistemi üzerinde etkilidir. Ağır basanlar psikomotor ve kognitif fonksiyonel bozukluklardır (daha yavaş reaksiyon zamanı, azalmış hafıza performansı). Bilimsel yayınlarda edinilmiş renkli görme bozuklukları (maviden sarıya), vestübiler bozukluklar ve azalmış sinir ileti hızı ile beraber periferik sinir sistemi üzerine etkiler tanımlanmıştır (Anonim, 2011-b).

Sıvı Stiren'e ve maddenin havadaki yüksek konsantrasyonlarına maruziyet deri ve mukoz membranların şiddetli irritasyonuna ve tekrarlayan temastan sonra, inflamasyon ve toksik-dejeneratif değişikliklere neden olabilir (Anonim, 2011-b).

Stiren maruziyetinin özel muayenesi için dikkat edilecek hususlar ise şöyledir (Anonim, 2011-b):

- Mandelik asit ve fenil glioksilik asit
- Nörolojik tarama (motor sistem, refleksler, sensitivite, koordinasyon)
- Stirenin irritatif veya nörotoksik etkilerinin kontrolü

Kişinin geçmiş hikâyesinin gözden geçirilmesine ilave olarak, şunlara özellikle dikkat edilmelidir (Anonim, 2011-b):

- Dikkat, konsantrasyon ve hafıza bozuklukları (kısa süreli hafıza)
- Olağan dışı halsizlik, tekrarlayan baş ağrıları, baş dönmesi ve sersemlik hissi,
- Deri ve mukoz membranların irritasyonu (gözler, burun, boğaz, hava yolları)

Özellikle bu şikâyetlerin veya belirtilerin ortaya çıkması (izlem muayenelerinde) stirene maruziyet ile geçici olarak ilişkili ise biyolojik izleme yapılır. Ayrıca yardımcı olarak (Anonim, 2011-b):

- γ-GT, SGPT (ALT), SGOT (AST)
- Tam kan sayımı
- Kan şekeri
- Spirometri
- Ayak bileğinde (malleolus medialis) titreşim sensitivitesinin pallaestesiyometri aracılığıyla kontrolü
- Özel mesleki tıbbi anket "Q18" ile stirenin nörotoksik etkilerinin kontrolü testleri de uygulanmalıdır.

İş sağlığı ve güvenliği, çevre sağlığı açısından içinde benzen ve türevleri bulunan atıklar bir fırın içine püskürtülmek suretiyle yakılabilmektedir. Yanmanın kolay olması açısından daha yanıcı bir çözelti ile karışım sağlanarak yanma verimli hale getirilebilir (Anonim, 2012-b).

1.7.2. Stiren maruziyetine karşı KKD kullanımı

Kişisel Koruyucu Donanım (KKD); bir veya birden fazla sağlık ve güvenlik tehlikesine karşı korunmak için kişilerce giyilmek veya taşınmak amacıyla tasarlanmış herhangi bir cihaz, alet veya malzemeyi ifade eder (Anonim, 2006).

Kişisel koruyucu donanım, risklerin, toplu korumayı sağlayacak teknik önlemlerle veya is organizasyonu ve çalışma yöntemleriyle önlenemediği veya tam olarak sınırlandırılamadığı durumlarda kullanılır (Anonim, 2013-c).

Kişisel koruyucu donanım, iş kazası ya da meslek hastalığının önlenmesi, sağlık ve güvenlik risklerinden korunma, sağlık ve güvenlik koşullarının iyileştirilmesi amacıyla kullanılır. İşveren, toplu korunma tedbirlerine, kişisel korunma tedbirlerine göre öncelik verir (Anonim, 2013-c).

Kişisel koruyucu donanımların işyerlerinde kullanımı ile ilgili olarak aşağıdaki hususlara uyulur (Anonim, 2013-c);

- İşyerinde kullanılan kişisel koruyucu donanım, Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği hükümlerine uygun olarak tasarlanır ve üretilir. Tüm kişisel koruyucu donanımlar;

1) Kendisi ek risk oluşturmadan ilgili riski önlemeye uygun olur.
2) İşyerinde var olan koşullara uygun olur.
3) Kullananın ergonomik gereksinimlerine ve sağlık durumuna uygun olur.
4) Gerekli ayarlamalar yapıldığında kullanana tam uyar.
5) Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği kapsamına giren ürünlerde uygun şekilde CE işareti ve Türkçe kullanım kılavuzu bulundurur.

Solunum korumada KKD; Toz, duman, sis, gaz gibi kirleticiler için solunumu korumak amaçlı kullanılması gereken KKD'ler denince akla gelen toz/sis, duman maskeleri, yarım/tam yüz maskeleri ile birlikte organik, inorganik buharlara karşı kullanılan maskeler sayesinde ortamın kirleticilerine maruziyet önlenebilir (Tezcan, 2007).

Solunum koruma ile ilgili standartlar ise aşağıdaki gibidir (Tezcan, 2007):

- EN140 Yarım yüz ve çeyrek maskeler
- EN141 Gaz filtreleri ve kombine filtreler
- EN143 Zerrecik filtreleri
- EN149 Zerreciklere karşı yüz maskeleri
- EN405 Gazlara ve Gaz/zerreciklere karşı yüz maskeleri

Solunum yollarının korunması için tasarlanan KKD'ler kirlenmiş ortam havasına maruz kalınması ve/veya ortamda yeterli miktarda oksijen olmaması durumunda, kullanıcıya solunabilir hava sağlayabilecek özellikte olmalıdır (Anonim, 2006).

KKD'den kullanıcıya sağlanan solunabilir hava; kirli havanın koruyucu alet veya cihazlarla filtre edilmesi veya temiz havanın bir kaynaktan boru sistemiyle sağlanması gibi uygun yöntemlerle elde edilmelidir (Anonim, 2006).

Bu sınıf KKD'lerin yapıldığı malzeme ve diğer elemanlar, öngörülen kullanım koşullarındaki giyilme süresince, kullanıcıya yeterli solunumu sağlayacak ve hijyenik şekilde seçilmeli veya tasarlanmalı ve birleştirilmelidir (Anonim, 2006).

Yüzü koruyan parçaların sızdırmazlığı, nefes alma sırasındaki basınç düşmesi ve filtreli araçların kullanılması durumunda filtrelerin temizleme kapasitesi, ortamdaki kirleticilerin girişini, kullanıcının sağlığını ve hijyenini koruyabilecek özellikte olmalıdır (Anonim, 2006).

KKD'lerde, imalatçının tanıtıcı işareti ve bu tip donanımların özelliklerini belirten detaylar bulunmalı; bu bilgiler kullanma kılavuzu ile birlikte, eğitilmiş ve kalifiye kişilerce KKD'lerin kullanıcı tarafından doğru olarak kullanılmasını mümkün kılmalıdır (Anonim, 2006).

Filtreli cihazların kullanıldığı durumlarda, kullanım kılavuzunda, bu cihazların hiç kullanılmadan orijinal ambalajında korunması durumunda filtrelerin depolanma ömrü de belirtilmelidir (Anonim, 2006).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sanayi tesislerinde üretim sırasında ve sonrasında ortaya çıkan sağlığa zararlı madde ve gazların çalışma ortamı iç hava kalitesinde meydana getirdiği olumsuzluklar bilinmektedir. Bu olumsuzlukların çalışan sağlığına ve işgücüne yansımaları gün geçtikçe önem kazanan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sanayi tesislerindeki iç ortam kirleticilerinin ortam havasına olumsuz etkileri sonucunda; İç hava kalitesi (İHK), iç ortamda solunan havanın ne kadar "iyi" ya da "kötü" olduğunu gösteren bir ölçüttür. "Kötü İHK", hastalık ve üretkenlik kaybına yol açabilir. "İyi İHK" ise sağlıklı bir yaşam ve çalışma ortamı sağlayabilir. İşyerlerinde, çalışanlar daha etkin, istekli ve katılımcı olabilir (Anonim, 2005).

Her geçen gün daha fazla insan İHK'nin önemini fark etmektedir. İHK, iç ortamlarda, giderek sağlıklı konforun en temel ölçütü haline gelmekte, standartları belirlenmekte, yasa ve yönetmeliklerde daha geniş ve kapsamlı olarak yer almaktadır. Kötü İHK, çalışma ortamındaki, isteksizlik, hastalık ve üretim kaybının başlıca nedenlerinden biridir. Yapılan araştırmalar, ofis binalarının % 20-30'unda kötü iç hava kalitesinin çalışanları olumsuz etkilediğini göstermektedir (Anonim, 2005). Literatürde, iç hava kalitesi ve endüstriyel havalandırma ile ilgili çalışmalar mevcut olup, aşağıda bu çalışmalar sunulmuştur.

Kulaksız-Tülin (1993), çalışmasında stirenin çeşitli toksik etkilerini göstermiştir. Araştırma sırasında stiren uygulanmayan farelerle, 200, 270, 400, 600, 800 mg/kg, stiren uygulanan farelerin glutation düzeyleri tespit edilmiştir. Stiren'e maruz kalan fare lerin karaciğer glutation düzeylerinde, özellikle yüksek dozda (600, 800 mg/kg) önemli oranda bir azalmanın olduğunu göstermiştir.

Kapar-Ahmet (2000), çalışmasında Ağaç İşleme Endüstrisinde üretimin kaçınılmaz gerekliliği olan endüstriyel havalandırma ve pnömatik malzeme taşıma sistemleri hakkında bilgi vermiş, modüler mobilya üretimi yapan bir fabrikada emme sistemine ait kapasite hesaplarını yapmıştır. Hesaplamalar sonucunda, yeni kenar işleme hattının debi ve tesisat direnci olarak yetersiz kaldığı ortaya çıkmıştır. Sonuçta iyi bir aspirasyon sağlayabilmek için Yeni Kenar İşleme Hattı Talaş Emme Sisteminin hesaplanmış olan debi ve tesisat direnci değerlerine göre tekrar tesis edilmesini önermiştir.

Yamantürk-Rana (2000), çalışmasında uçucu tehlikeli maddelerin insan sağlığı açısından risk değerlendirmesini yapan bir model geliştirmiştir. Uçucu tehlikeli maddelere maruziyet sonucunda meydana gelebilecek durumlar ve bu durumların oluşturulan modele göre karşılaştırmalarını yaparak önerilerde bulunmuştur.

Sağır-Ersin (2002), çalışmasında kapalı bir mahalde hava kalitesi ve ısıl konforu konulan çeşitli standartlar ile birlikte ele alınarak incelemiştir. Bu şartların sağlanması için mahalle temiz hava sağlayan menfez ağızlarının nasıl yerleştirilmesi gerektiği konusu ele almış, Standartlara bağlı olarak sınıflandırılan menfez ağızlarının günümüzdeki uygulamalarda kullanılan çeşitleri ile ilgili de bilgi aktararak kapalı mahal hava kalitesinin iyileştirilmesi için önerilerde bulunmuştur.

Keskin-Uğur (2002), çalışmasında bina için gerekli olan sistemin büyüklüğünün, bina yüklerinin ve hava debilerinin HAP adlı bir bilgisayar yazılımıyla hesaplamış, hesaplanan bu değerlerin; besleme havası miktarı ve enerji tüketimini binada istenilen iç hava şartlarını da karşılayacak şekilde optimize ederek uygun sistemler ile ilgili önerilerde bulunmuştur.

Gürmen-Tamer (2002), çalışmasında konutlar ve ticari binaları ayrı ayrı incelemiş, bu mahaller için ısıtma, havalandırma, soğutma sistemleri seçerek aralarında karşılaştırmalar yapmıştır. Sonuç olarak iki ayrı mahal için optimum sistem önerilerinde bulunmuştur.

Dönmez-Orhan (2003), çalışmasında iç hava kalitesi ve bunu etkileyen kirleticiler üzerinde durmuştur. Sonuçlara göre, kabul edilebilir iç hava kalitesini sağlamak ve enerji tüketimim en aza indirmek için en uygun yöntemi belirlemiş olup çözüm yolları için öneriler sunmuştur.

Orcan-Vildan (2003), çalışmasında, zorlanmış olarak havalandırılan bir oda içindeki hava hareketini sayısal olarak incelemiştir. Bu hareketin insanın rahatlık şartlarını nasıl etkilediğini analiz etmiş olup, en iyi konfor şartları ile ilgili önerilerde bulunmuştur.

Çakır-Sevgim (2003), çalışmasında binalarda doğal ventilasyon sistemlerinin değerlendirilmesi konusunu ele almış, bu alanda kullanılan hesap yöntemlerini ortaya koymuştur. Sonuç olarak ventilasyonun enerji korunumu ve insan sağlığı açısında önemini değerlendirmiştir.

Kayhan-Seniha (2004), çalışmasında iç ortam hava kalitesi kontrol yöntemlerinden en etkilisi olan havalandırmayı mimari tasarım açısından incelemiş, havalandırma yöntemlerinden mekanik havalandırmayı kapsam dışında bırakarak doğal ve karma havalandırma tekniklerinin faydaları üzerinde durmuş ve analizlerde bulunmuştur.

Kayalı-Serkan (2005), yeraltı taşıma sistemleri istasyonlarında hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) yöntemiyle yangın ve havalandırma simülasyonu çalışmasını yapmış olup ortaya çıkan veriler ışığında en güvenli acil çıkış yolları ile ilgili önerilerde bulunmuştur.

Aydın-Mehmet Cihan (2005), alttan alışlı dolusavak havalandırıcıların CFD analizini yapmıştır. Analiz sonucunda alttan alıcılı havalandırma ile ilgili önerilerde bulunmuştur.

Bayıl-Sibel (2005), uçucu organik çözücülerin çok kullanıldığı boya ve tekstil sanayiinde çalışan işçilerde lipid peroksidasyon ve antioksidan enzim sistemlerinin nasıl etkilendiğini tespit ederek değerlendirmelerde bulunmuştur.

Alptekin-Orkun (2007), çalışmasında, iç hava kalitesi, iç hava kalitesini bozan kirleticiler ve iç hava kalitesinin sağlık ve verimlilik etkileri üzerine araştırma yapmıştır. Dumlupınar Üniversitesinin çeşitli mahallerinde ölçümler yapmış ve sonuçlara göre iç ortam hava kalitesini; yapı malzemelerinin, kullanıcı sayısının ve yapının kullanım şeklinin etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Kuş-Mehmet (2007), çalışmasında Şanlıurfa ilindeki yükseköğretim kurumları dersliklerinde iç hava kalitesinin incelenmesi ve modellenmesi ile ilgili çalışmıştır. Çalışması sonucunda dersliklerde iç hava kalitesinin yükseltilmesi için önerilerde bulunmuştur.

Darçın-Polat (2008), çalışmasında yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkelerini incelemiştir. Yapılarda doğal havalandırma ilkelerine uyulması sonucunda maliyet açısında düşük, konfor açısında yüksek şartlar sağlanacağı sonucuna ulaşmıştır.

Çoşgun-Ahmet (2008), çalışmasında Antalya ilindeki bazı kamu kurum ve kuruluşlarında altı ay süre ile iç hava kalitesi ve insan sağlığı üzerine etki eden parametrelerden bazıları için deneysel ölçümler yapmıştır. Bu ölçüm sonuçlarının seçilen kamu kurum ve kuruluşlarını etkin kullanan kişilerin karar verme, öğrenme ve algılamaları üzerine etkilerini araştırmıştır.

Kurutaş-Birgül (2009), bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi ile ilgili çalışmasında örnek bir metal sanayisinde üretim bölümü iç ortam havasında muhtemel olabilecek kirleticilerin (PM, CO, CO_2, VOC, sıcaklık ve nem) konsantrasyonlarını belirlemiştir. Yasal çerçevede iş sağlığı ve güvenliği ve halk sağlığı açısından uygunluğunu inceleyip alınabilecek iyileştirme önlemlerini araştırarak önerilerde bulunmuştur.

Haksevenler- Tansu (2010), İstanbul'da özel kuruluş ve şahıslara ait farklı iç ortamlarda hava kalitesinin belirlenmesi ile ilgili çalışma yapmıştır. Sonuçta temel alınan kirleticilerin ortamdaki miktarları ile ilgili mahallerin kullanım sıklığı ve kişi sayısına göre veriler elde edilmiş olup yorumlanmıştır.

Bağlarbunarı-Pınar (2010), Bir alüminyum jant üretim tesisindeki iç ortam hava kalitesini ölçümler sonucu tespit ederek çeşitli standartlar ile karşılaştırmasını yapmıştır.

Motör-Deniz (2011), çalışmasında Edirne'de bulunan bir dokuma ve konfeksiyon fabrikasında iç ortam hava kalitesi ve çalışanların sağlığına olan etkilerini değerlendirmek, iç ortam hava kalitesinin daha sağlıklı bir duruma getirilmesini sağlamak, çalışanların sağlığının olumsuz etkilenmesini düzelterek daha sağlıklı bir iş gücü potansiyeli oluşturulmasına katkıda bulunabilmek için ölçümler gerçekleştirmiş ve sonuçları ile ilgili değerlendirmelerde bulunmuştur.

Tatlı-Esra (2011), iç ortam hava kalitesi değerlendirmesi çalışmasında kamu ve özel kişilere ait mahallerde Karbon dioksit (CO_2), Bağıl Nem (RH), Sıcaklık (ºC), Partikül Madde (PM) ve biyoaerosol konsantrasyonları gibi iç hava kalitesi parametrelerini izleyerek bazı mahallerin düşük iç hava kalitesine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Tezcan-Ahmet (2011), çalışmasında doğal havalandırmalı seralarda ölçülen ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile simüle edilen sera içi iklim etmenlerinin karşılaştırmasını yaparak program ile simüle edilen değerler ile ölçülen değerler arasında yüksek oranda benzerlik tespit etmiştir.

Atiş-Aslıhan (2011), Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) kullanılarak Samsun koşullarına uygun farklı sera modellerinde doğal havalandırma etkinliğinin belirlenmesi için, çeşitli özellikte seçilen mahallerde analizler gerçekleştirmiş olup elde ettiği sonuçlara göre önerilerde bulunmuştur.

Aksoy-Âdem (2011), Çalışmasında bireysel iklimlendirme sistemlerinde taze hava kullanılmasının performans parametrelerine etkisini bir HAD programı olan fluent'te incelemiş ve elde ettiği sonuçlara göre önerilerde bulunmuştur.

Demir-Hülya (2013), çalışmasında kapalı ortamlarda dört farklı tip doğal havalandırma modelinin sayısal analizini yaparak önerilerde bulunmuştur.

Topaçoğlu-Yalçın (2013), çalışmasında 6 adet bölmeden oluşan 6000 m^2 büyüklüğe sahip topraksız ortamda domates yetiştiriciliği yapılan seranın hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi (CFD) ile doğal havalandırma etkinliğinin incelemesini yapmıştır.

Avcı-Ali Serkan (2014), çalışmasında Batman Üniversitesi, Batı Raman ve Merkez Yerleşkesi dersliklerinde iç ortam hava kalitesini belirlemek için bağıl nem, sıcaklık, karbondioksit ve partikül madde ölçümlerini gerçekleştirerek mevsimsel değişkenler kapsamında karşılaştırma ve önerilerde bulunmuştur.

Avcı-Osman (2014), etrafı açıklık olan ve yaklaşık 345 m^2 alan üzerine kurulu 4 katlı ve birçok birimden oluşan binanın hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile doğal havalandırma analizini yaparak baca ve açıklıklardaki sıcaklık, basınç değişimleri, kütlesel debi değerlerini hesaplamıştır.

Toprak-Ahmet Serhat (2014), Kadıköy-Kartal Metro Hattı'nın Ayrılık çeşme ve Acıbadem İstasyonları arasında konumlanmış olan makas tünelinde oluşabilecek bir yangını, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) programını kullanılarak simule etmiş ve elde ettiği sonuçlar ile ilgili önerilerde bulunmuştur.

Altaca-İrem Saadet (2015), çalışmasında giderek artan kapalı ortam hava kalitesi sorunlarını ele almış olup, ilköğretim okulları ve anaokullarında karbondioksit miktarına bağlı olarak iç hava kalitesini ölçümleyerek önerilerde bulunmuştur.

Gökçen-Nuray (2015), çalışmasında bir boya üretim tesisinde iç ortam hava kirletici ve konsantrasyonlarını belirleyerek maruz kalınan kirleticilerin çalışanlar üzerindeki sağlık etkileri değerlendirmiştir.

Taşdibi-Deniz (2015), çalışmasında seçilen Çanakkale il merkezi ve merkeze bağı ilçelerde iç ve dış mahallerde uçucu organik bileşikler ile ölçümler yaparak elde ettiği sonuçlar ile ilgili değerlendirmelerde bulunmuştur.

Tanrıöver-Doğaç (2015), çalışmasında özel bir örnek üzerinden negatif basınçlı temiz odalar bulunan bir tesisin havalandırma sisteminin nasıl çözümleneceğini açıklamıştır. Hastaneler gibi pozitif basınçlı temiz odalar bulunan tesislere oranla hakkında daha az bilgi sahibi bulunan negatif basınçlı temiz odalar bulunan tesislerin tasarlanabilmesi için mahallerin sınıflarının belirlenmesi, mahallerin basınçlarının belirlenmesi ve hava geçiş yönleri konuları iyi anlaşılması gerektiğini tespit etmiştir.

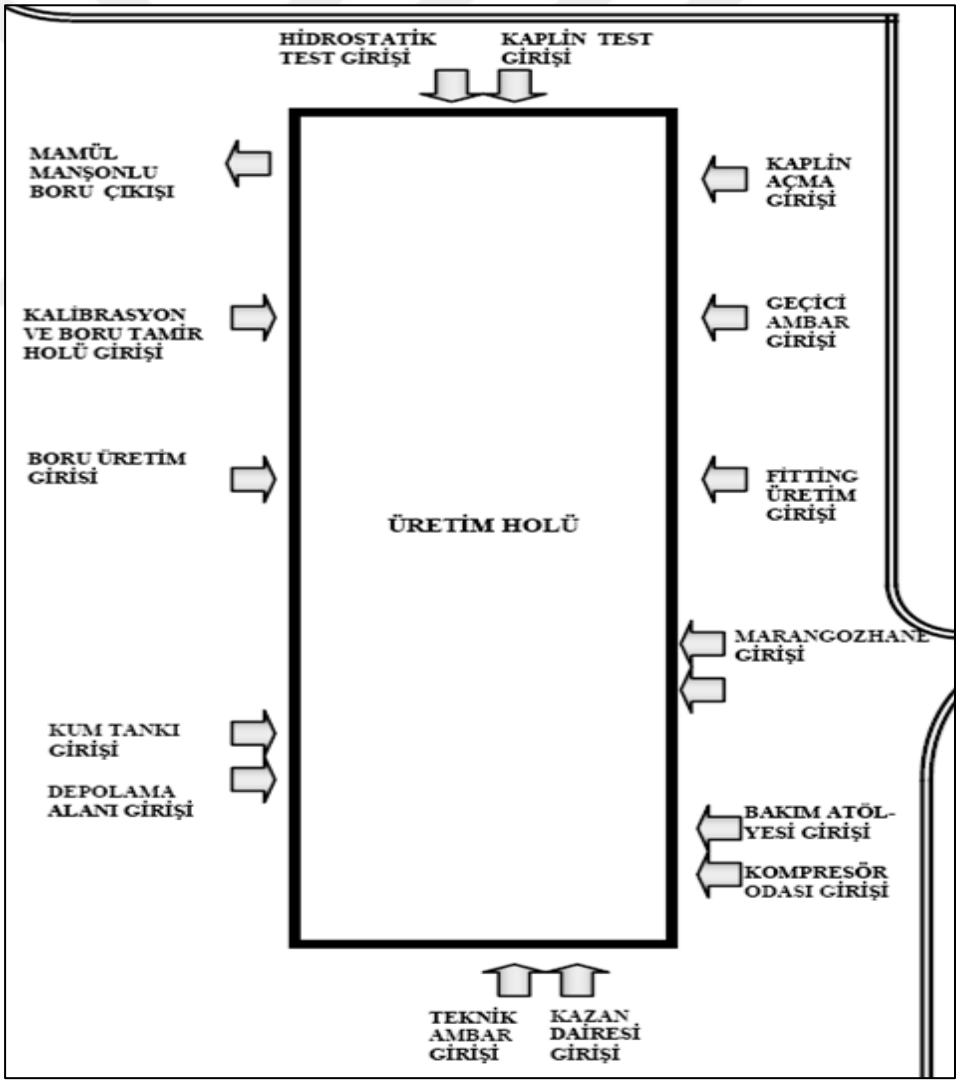
Aydın-Kadir (2016), çalışmasında bir ofisin radyant panellerle ısıtılması durumunda genel ve lokal termal konforu hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanılarak sayısal olarak incelemiş ve seçilen standarda uygunluğunu incelemiştir.

Akıncı-Bekir (2016), Adana ilinde seçilen üç farklı iş kolunda iç ortam hava kalitesinin düşüren kirleticiler ile ilgili ölçümler yapmış olup sonuçlar ile ilgili değerlendirmelerde bulunmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışmasında çalışma ortamı hava kalitesini olumsuz etkileyen insan sağlığına zararlı bileşiklerden Stiren'nin analizi için fabrika üretim holündeki boru üretim alanı mahal olarak seçilmiştir (Şekil 3.1.). Boru üretim alanı mahal ölçüleri; boy:35 m, en:18 m, yükseklik: 8 m olan kapalı hacimden meydana gelmektedir (URL-3).



Şekil 3.1. Fabrika üretim bölümü yerleşim planı

3.1.1. Fabrikadaki havalandırma sistemi



Şekil 3.2. Klima santrali temiz hava üfleme sistemi

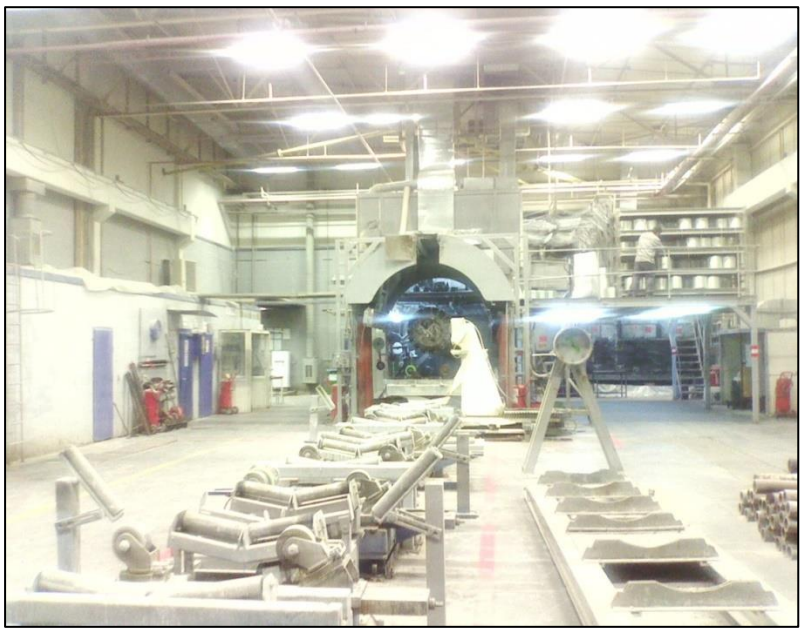
Fabrikada mevcut klima santrali taze havalı klima santrali olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.2.).

Mevcut bu santral Alarko marka, AHU-2 olarak adlandırılan; $V_{ANTMAX.}$: 45000 m^3/h, 30 mm/SS, Motor: 18.7 kW, Isıtıcı: 189000 Kcal/h, Dış hava : %100 ve AHU-3 olarak adlandırılan; $V_{ANTMAX.}$: 45000 m^3/h, 30 mm/SS, Motor: 18.7 kW, Isıtıcı: 189000 Kcal/h, Dış hava : %100 olan iki adet temiz hava üfleyicisinden ve EX-4 olarak adlandırılan: v=19150 m^3/h, 50 mm/SS, Motor: 7.5 kW ve EX-5 olarak adlandırılan: v=16450 m^3/h, 50 mm/SS, Motor: 7.5 kW olan iki adet kirli hava toplayıcısından meydana gelmekte ve bu sistem fabrika kapalı alanının tümüne yerleştirilmiş bulunmaktadır (URL-3).



Şekil 3.3. Klima santrali kirli hava toplama sistemi

Boru üretim holündeki havalandırma sistemi; AHU-3 olarak adlandırılan temiz hava üfleme ve EX-5 olarak adlandırılan kirli hava emiş sistemlerinden (Şekil 3.3.), ayrıca boru üretim prosesi sırasında ortaya çıkan insan sağlığına zararlı bileşik Stiren'nin ortam içerisindeki konsantrasyonunun azaltılması için, boru üretim kalıbı üzerine inşa edilmiş olan Chop kabininin üzerine yerleştirilmiş bir adet egzoz motorundan (Şekil 3.4.) meydana gelmektedir (URL-3).



Şekil 3.4. Üretim holü temiz hava üfleme ve kirli hava toplama sistemi

3.1.2. Fabrikadaki egzoz sistemi

Stiren'nin üretim ortamı içerisindeki konsantrasyonunun azaltılması için kullanılan egzoz sistemine ait motorun özellikleri: V=24120 m^3/h, devir=2930 devir/dakika, hertz=50, kW=11, Amper=20.3, cos=0.91'dır. Bu motor (Şekil 3.5.) boru üretimi esnasında makine üzerindeki Chop kabini içerisinde oluşan Stiren gazını ve Silis kumu tozlarını sürekli olarak üretim ortamından uzaklaştırmak için frekans değiştirici kontrolünde çalışmaktadır (URL-3).

Ortamdaki taze hava ihtiyacı klima santrali ile sağlanmaktadır. Egzoz sistemi ve klima santral sisteminin senkronize bir şekilde çalışarak, üretim ortamında negatif basınç meydana gelmesini önlemesi ve zehirli gazın sürekli olarak kesintisiz şekilde dışarı atılmasını sağlaması iş sağlığı ve güvenliği açısından şart ve gereklidir.



Şekil 3.5. Üretim holü Chop kabini ve stiren gazı egzoz boruları

Ayrıca yine egzoz için klima santraline bağlı EX-5 olarak adlandırılan (V=16450 m^3/h, 50 mm/SS, Motor: 7.5 kW) kirli hava emiş sistemi de mevcuttur (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Üretim holü klima santrali kirli hava emiş (EX-5) sistemi

3.2. Yöntem

3.2.1. Mahallin ihtiyaç duyduğu dış hava miktarı

Fabrikada seçilen mahallin hava değişim sayısı, mahallin hacmi kadar dış havanın mahalde bulunan hava ile değiştirilerek, mahal havasının yenilenmesidir. Saatteki yenilenme miktarı da saatlik hava değişim sayısı olarak ifade edilir (Bilgili ve ark., 2005).

Mahal havasının değiştirilme ihtiyacı sıklığı mahal havasının kirlenme süresine bağlıdır. Özellikle işletme mahallerinde oluşan zararlı maddelerin etkilerine göre, hava değişim sayıları belirlenmektedir. Çizelge 3.1.'de mahallerin kullanım amaç ve cinsine göre, saatlik hava değişim sayıları verilmiştir. Bir hacme gönderilecek hava ihtiyacı hava değişim sayısına göre belirlenebilir. Buna göre hava ihtiyacı (3.1) (Bilgili ve ark., 2005);

$$Q = H_d \times V_m \quad (3.1)$$

Q: Mahallin ihtiyacı olan hava debisi (m^3/h)

H_d: Hava değişim sayısı (defa/saat=1/saat=$saat^{-1}$, Çizelge 3.1.)

V_m: Mahallin toplam hacmi (m^3)

Çizelge 3.1. Bazı mahaller için saatlik hava yenileme ve değişim sayısı (Anonim, 2004)

MAHALLERDE SAATLİK HAVA YENİLEME VE DEĞİŞİM SAYISI ÇİZELGESİ	
MAHAL CİNSİ	SAATTEKİ HAVA YENİLENME VEYA DEĞİŞİM SAYILARI
FIRIN ATÖLYELERİ (ergitme ve ısıl işlem fırınları)	30-60
BOYA ATÖLYELERİ	30-60
İŞLEME ATÖLYELERİ	6-10
FABRİKALAR (genel olarak)	6-10
HASTAHANELER	4-6
LABORATUARLAR	4-6
KAZAN DAİRELERİ	20-30
MAKİNE DAİRELERİ	20-30

Denklem 3.1'e göre zararlı bileşik Stiren'nin üretim esnasında ortaya çıktığı boru üretim mahallinin saatlik olarak hacmine göre dış hava ihtiyacı:

$Q_{üretim} = H_d \times V_m$

$V_m = 35x18x8 = 5040\ m^3$

$H_d = 10$ defa/saat (Stiren için Çizelge 3.1.'den saatlik hava değişim sayısı 10 seçilmiştir)

$Q_{üretim} = 10$ defa/saat x $5040\ m^3 = 50400\ m^3/h$

3.2.2. Mahallin hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı ile analizi

Computational Fluid Dynamics (CFD) ya da Türkçesi ile Hesaplamalı Akışkan Dinamiği (HAD) akımın denklemlerini bilgisayar yardımıyla çözmekte kullanılan bir uygulamadır. Akışkanların hareketini belirlemek için temel denklemlerden yola çıkılarak geliştirilmiş bu teknikte, karmaşık akımların sayısal çözümlemesi sonlu elemanlar, sonlu farklar veya sonlu hacimler yöntemlerinin uygulanmasıyla çözülmektedir. Akışkanlar mekaniği konusunda çalışan araştırmacıların HAD'ne olan ilgisi her geçen gün artarak devam etmektedir (Dündar, 2009).

Sayısal Modelleme temelleri, Taylor'un bir nokta etrafında fonksiyon için yaptığı seri açılımına dayanır. Sonsuza giden seri açılımında fonksiyonun değerini hesaplamak için kullanılacak terim sayısı, elde edilecek sayısal çözüm denkleminin hassasiyet derecesini gösterir. Sayısal akışkanlar dinamiği çözümlemesinde kullanılan süreklilik denklemi ve doğrusal olmayan yüksek dereceden Reynolds Ortalamalı Navier Stokes (RO-NS) diferansiyel denklemleri Taylor seri açılımı ile sayısallaştırılır (Dündar, 2009).

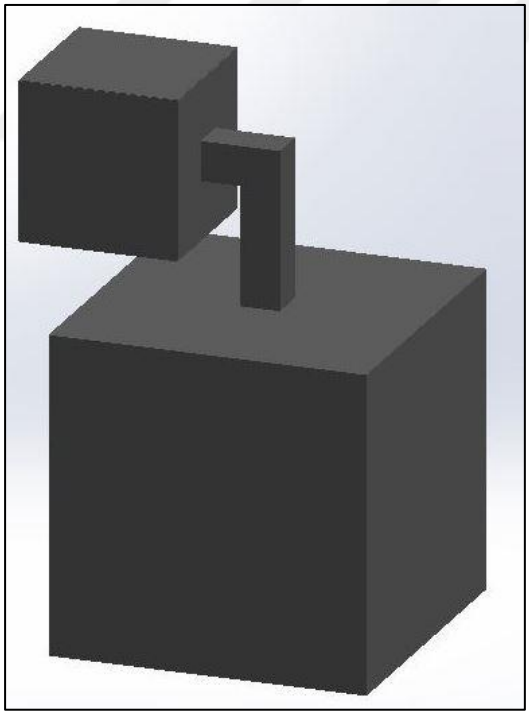
Sayısallaştırılan süreklilik denklemi ve RO-NS denklemi, akım geometrisini kapsayan ağda bulunan hücrelerin her biri için çözülür. Ardışık olarak tekrarlanan çözüm, akım alanındaki kütle ve kuvvetlerin denkliğini sağlar (Dündar, 2009).

Genel olarak bir akımı çözmek için süreklilik denklemi, momentum denklemi ve yardımcı denklemlerin aynı anda çözümü gerekmektedir. 2-boyutlu bir akım için denklem sistemi indirgenerek çözülebilir. Ancak akım 3-boyutlu ve türbülanslı olduğu durumlarda denklem sistemini kapatan bir türbülans modeli sisteme eklenir (Dündar, 2009).

Akışkanlar mekaniği ile ilgili hesaplamalar, havacılık, otomotiv, kimyasal prosesler, iklimlendirme, havalandırma, gemicilik gibi birçok endüstriyel alanda karşımıza çıkmaktadır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği zaman içinde şu şekilde gelişim göstermiştir (Bulut ve Ünveren, 2011):

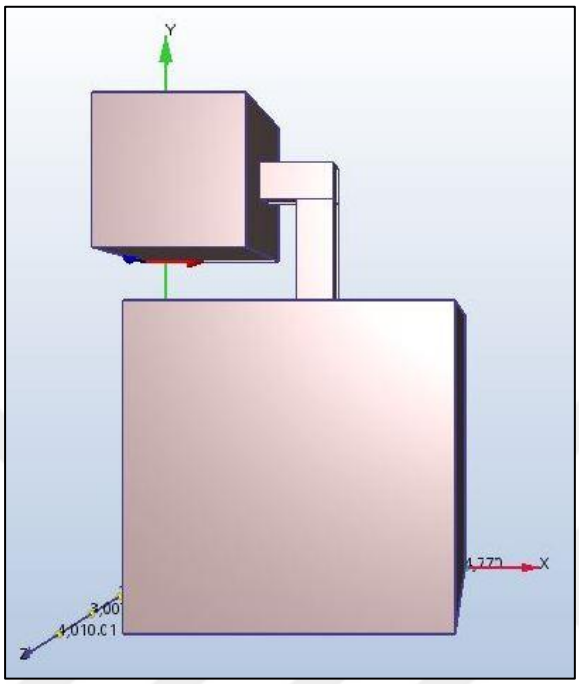
- 1920; ilk temeller, sayısal analiz araştırmalarının başlaması,
- 1950; temel gelişmeler, önemli sayısal yöntemler geliştirilmesi,
- 1960-1970; çok sayıda HAD algoritmasının geliştirilmesi,
- 1980; gerçek uygulamaların başlaması, ilk hava akışı çözümlerinin denenmesi, araştırmacıların kendi konularına yönelik uygulamalar için yazılımlarını oluşturması,
- 1990; ticari yazılımların geliştirilmesi,
- 2000; kullanımı kolay ve mevcut bilgisayar destekli tasarım sistemlerine gömülü otomatik ticari yazılımların piyasa çıkması olarak sıralanabilir.

Çalışmanın bu bölümünde mevcut üretim mahallinin dikdörtgen profile sahip egzoz borusunun üç boyutlu modellemesi yapılarak (Şekil 3.7.) hesaplamalı akışkanlar dinamiği (Autodesk CFD) programı ile akış analizi gerçekleştirilecektir.



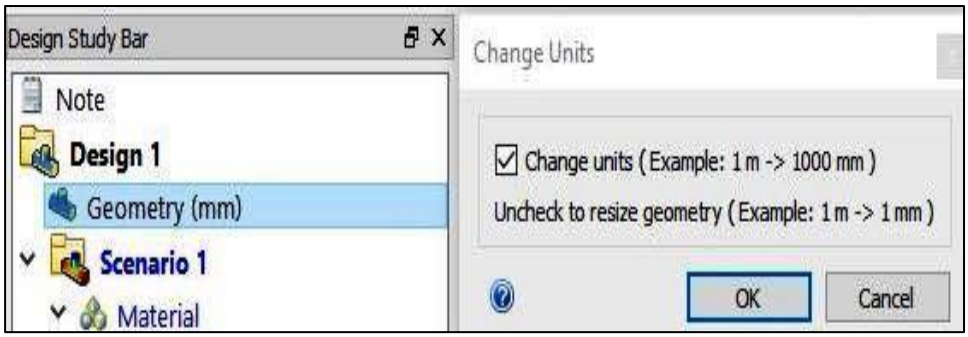
Şekil 3.7. Dikdörtgen profile sahip mevcut mahallin katı modellenmesi

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Programı (Autodesk CFD) ile analizi yapılacak katı modeli oluşturulmuş mahal çizimi; CFD programına uygun çizim formatına çevrilir (Şekil 3.8.).



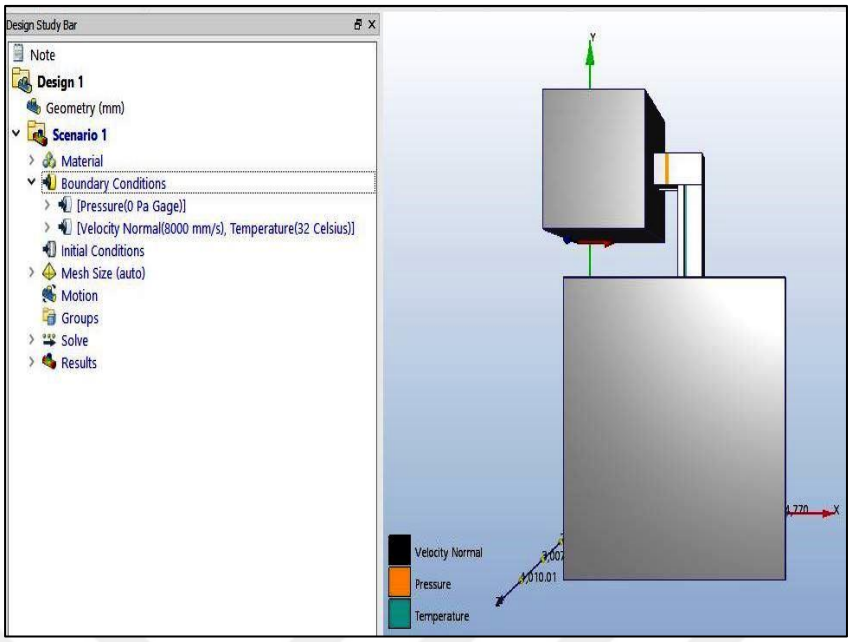
Şekil 3.8. Mevcut mahallin CFD programında görünüşü

Daha sonra programda açılmış olan çizimin ölçü birimleri mm olarak ayarlanır (Şekil 3.9.).

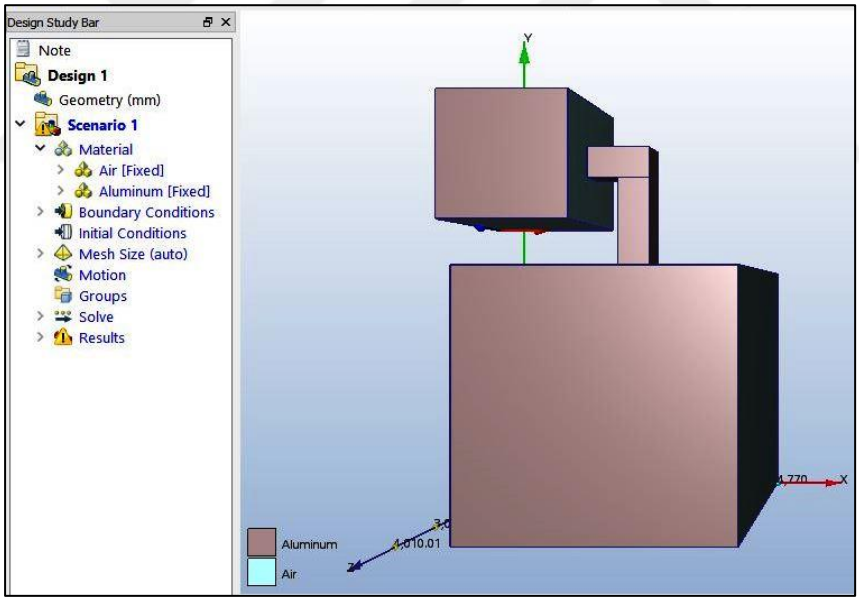


Şekil 3.9. Mevcut mahal CFD ölçü birimi ayarlanması

Mevcut mahal ile ilgili sınır şartları seçilir; akış hızı: 8000 mm/s, Sıcaklık: 32 °C ve Basınç: 0 Pa seçilir (Şekil 3.10.).

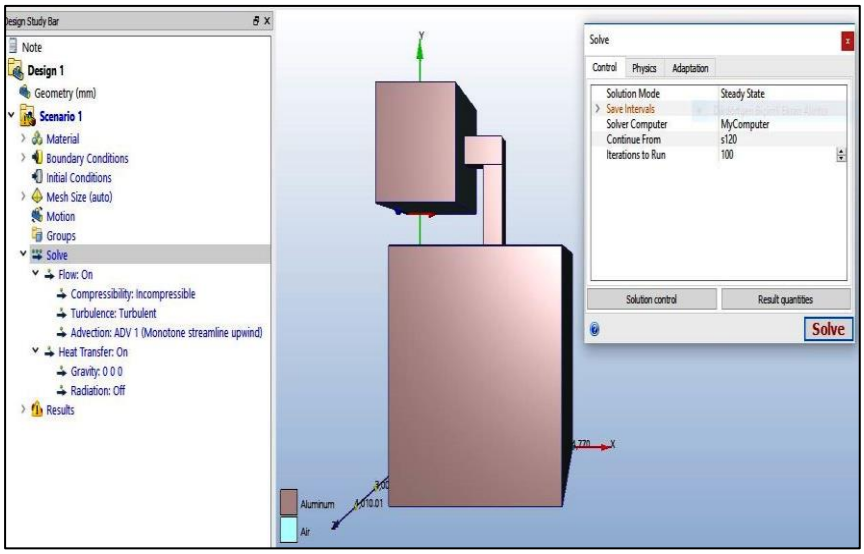


Şekil 3.10. Mevcut mahal CFD sınır şartları



Şekil 3.11. Mevcut mahal CFD Malzeme seçimi

Mevcut mahal geometrisi analiz için CFD programı tarafından otomatik olarak detaylandırılır. Daha sonra analiz bölgesi malzeme seçimi dışta alüminyum içte ise hava olarak seçilir (Şekil 3.11.).



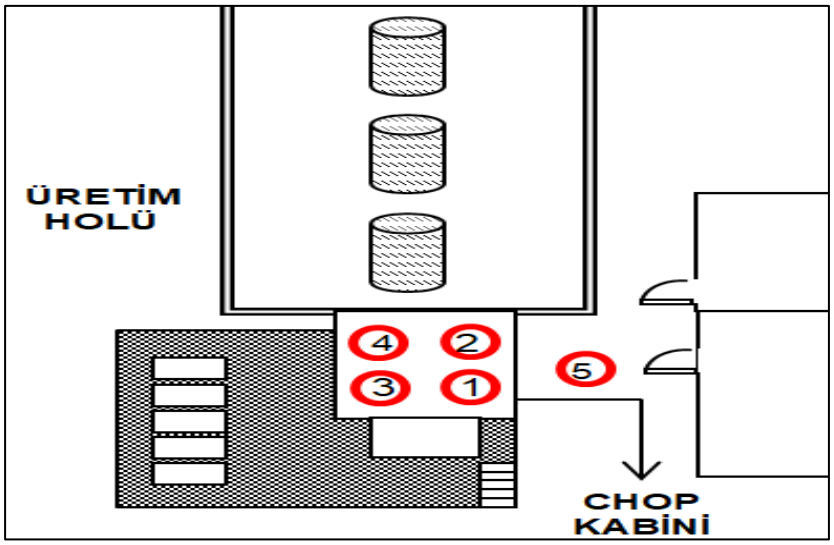
Şekil 3.12. Mevcut mahal CFD programında analiz başlangıcı

Analiz için hazır hale gelen, ilgili seçimlerle sınırlanan mevcut mahal katı modeli için programın akış seçeneği, ısı transferi seçeneği aktif hale getirilir ve sistem çözümü için yapılması istenen iterasyon sayısı da seçilerek analiz başlatılır (Şekil 3.12.).

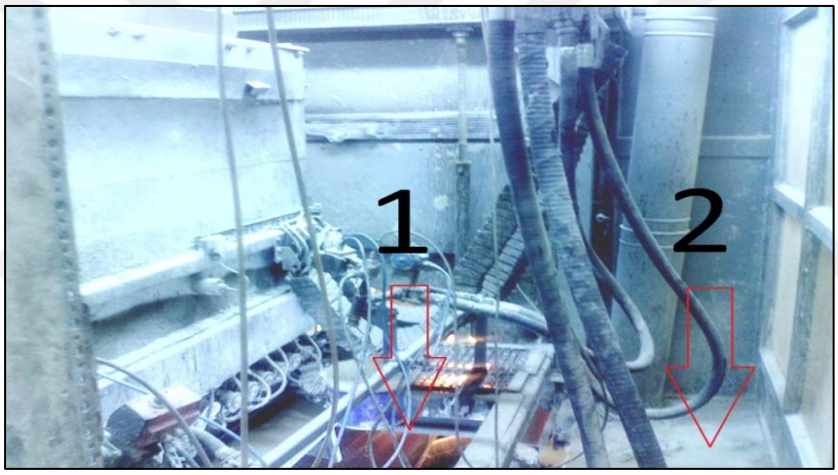
3.2.3. Mahaldeki Stiren miktarının Drager tüpü ile tespiti

Seçilen mahallin (fabrikada mevcut üretim bölümü) Stiren emisyonunun tespitinde Drager Accuro gaz ölçüm tüpü kullanılacaktır. Çalışmada bir seferlik ölçüm için, tek elle kullanılan manuel pompadan yararlanılacaktır. Drager gaz ölçüm tüpü pompasının en ayırt edici özelliği sağlam, oldukça yüksek doğru sonuç veren, bakım gereksinimi düşük, hemen kullanıma hazır ve kolay taşınabilir bir pompa olmasıdır (Anonim, 2017-a).

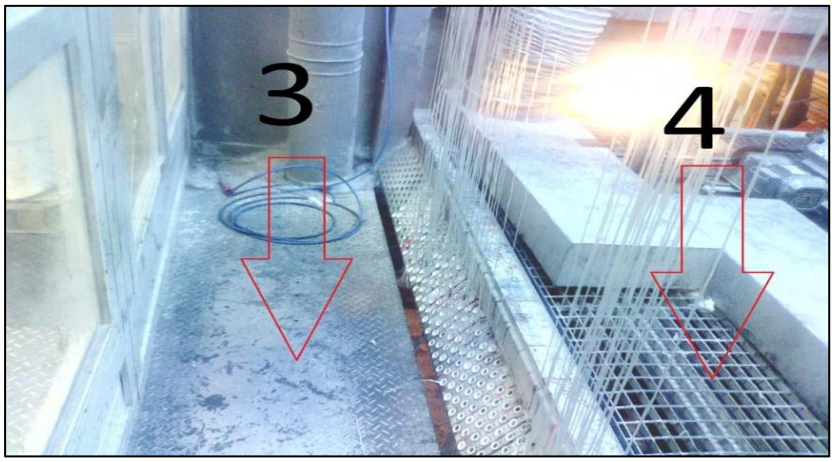
Bu pompa ile Stiren buharı ölçümleri: şekil 3.13.'de tespit edilmiş olan ölçüm noktalarından (Şekil 3.14.-3.15.-3.16.) boru üretim çapı ve metrajı göz önünde bulundurulmadan haftada bir kez olmak üzere ölçülüp aylık değerler dört haftalık değerlerin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Ölçümler ile ilgili olarak fabrika bünyesinde mevcut laboratuvar kullanılmıştır.



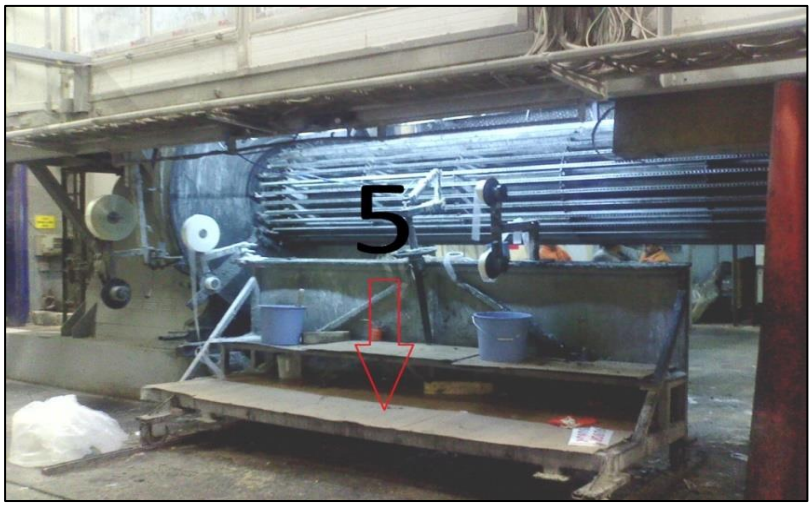
Şekil 3.13. Üretim holü Stiren buharı ölçüm noktaları şeması



Şekil 3.14. Kabin içindeki 1 ve 2 nolu Stiren buharı ölçüm noktaları



Şekil 3.15. Kabin içindeki 3 ve 4 nolu Stiren buharı ölçüm noktaları



Şekil 3.16. Operatör çalışma alanı 5 nolu Stiren buharı ölçüm noktası



Şekil 3.17. Drager Accuro gaz ölçüm cihazı ve Drager Tüpü

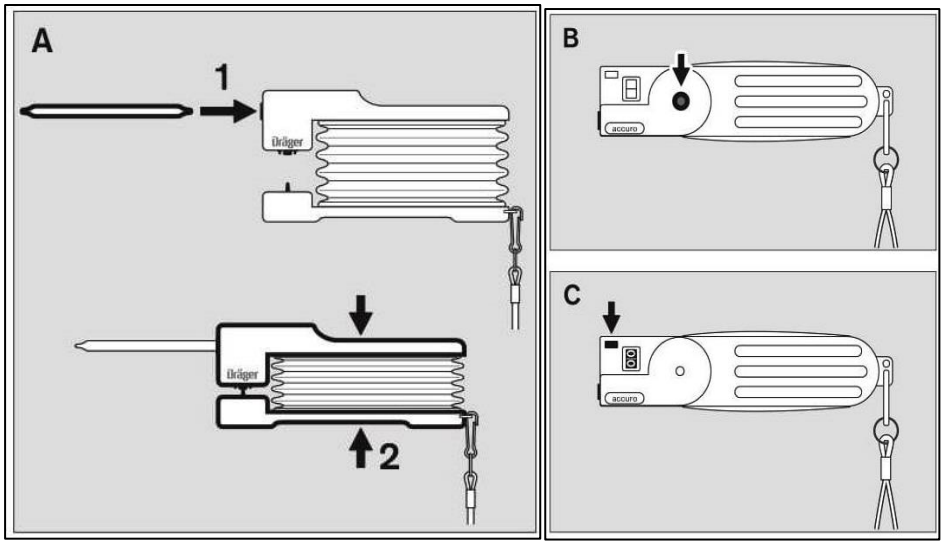
Drager gaz dedektör pompası, Drager tüpleriyle nokta ölçümleri için kullanılmaktadır (Şekil 3.17.). Ölçümler çoğu zaman merdivenlerin üstü, bacalar veya ciddi solunum koruma önlemlerinin alınmasının gerektiği yerler gibi zor koşullarda yapılmak zorundadır. Accuro gaz dedektör pompası, tek elle kolayca çalıştırılabilir ve bu sayede erişilmesi zor yerlerde güvenilir ölçümler yapılmasını sağlar (Anonim, 2017-a).

Drager gaz ölçüm cihazı şu parçalardan meydana gelmiştir (Anonim, 2017-a):

- Ölçüm tüplerini açmak için seramik plaka
- Gövde plakası
- Ağız
- Lastik körük
- Alt pompa plakası
- Sayacı sıfırlama tuşu
- Strok (vuruş) adedi için sayaç
- Strok (vuruş) sonu için indikatör (strok sonu diyaframı)
- Alt kulp plakasını sıkıştıracak vida
- Ölçüm tüpü uçlarını kırmak için oyuk
- El ilmekleri için oyuk
- Elde taşıma için el ilmeği

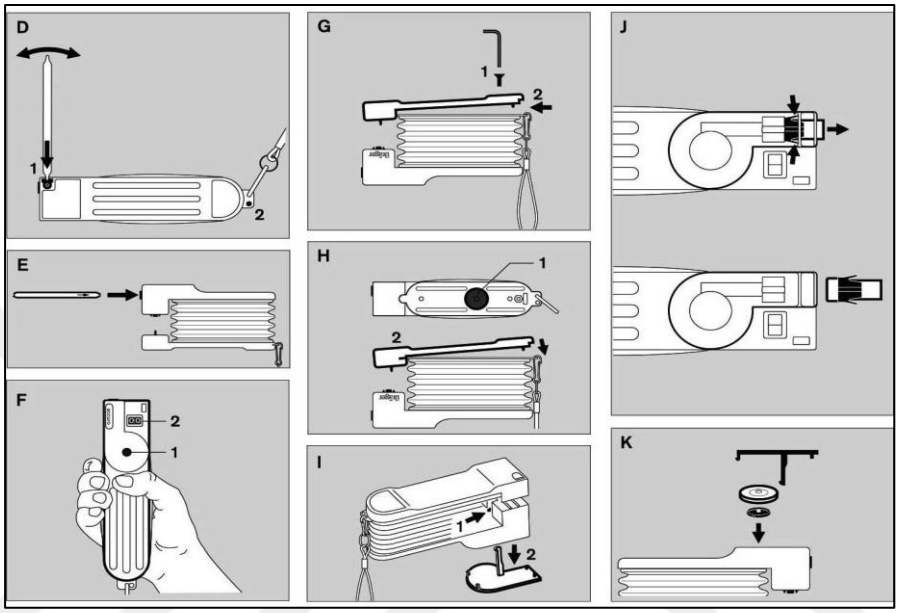
Drager gaz ölçüm cihazında ölçüm için hazırlık aşaması (Anonim, 2017-a),

A- Pompanın sızdırmazlık kontrolü (Şekil 3.18.):



Şekil 3.18. Drager Accuro gaz ölçüm cihazı sızdırmazlık kontrolü

- Kullanılmamış Drager ölçüm tüpü pompaya yerleştirilir (A1).
- Pompa sonuna kadar bastırılıp bırakılır (A2).
- 15 dakika sonunda detektör (B) strok sonunda görünmez ise, pompa yeteri kadar sızdırmaz seviyededir.
- Tuşa basılarak, örneğin bir kalem ile (C). Sayaç sıfırlanır.



Şekil 3.19. Drager Accuro gaz ölçüm cihazı hazırlık ve ölçme

D- Ölçüm tüplerinin hazırlanışı (Şekil 3.19.):

- Talep edilen ölçüme uygun olan Drager ölçüm tüpü seçilir.
- Tüpün ucu Drager ölçüm tüpü açacağı ile veya alt kulp plakasının oyuğuna geçirilip (D1), seramik plakaya karşı bastırılarak aynı zamanda çevrilir. Cam böylece çizilir. Ucu kırılana kadar ölçüm tüpü yana yatırılır. Daha sonra kırılan uçlar temizlenir.
- Başka bir yol olarak: pompa ilmeği yana çevrilir ve ölçüm tüpü ucu sacın boş oyuğuna geçirilir (D2). Ucu kırılana kadar ölçüm tüpü yana yatırılır. Diğer ölçüm tüplerinin uçları da bu yöntemlerden herhangi birisi ile açılır.
- Her iki tarafı da açılmış olan Drager ölçüm tüpü ok işareti pompaya doğru olacak şekilde pompanın içine yerleştirir (E).

Ölçme (Anonim, 2017-a):

- Pompa, detektör noktası ve strok sayıcı kullanıcıya bakacak şekilde tutulur (F).
- Pompa tahdidine kadar sıkıştırılır.
- Pompa, pompa körüğü tam açılana kadar serbest bırakılır.
- Detektör noktası (F1) strok sonu için göründüğünde pompa tekrar sıkıştırılır.
- Strok sayacında (F2) okunan sayı 20 olana dek işlem aynı şekilde tekrarlanır.
- Daha sonra kullanılmamış Drager ölçüm tüpleri örnek alınarak renk derinliği veya renk uzunluğu tespit edilir.
- Ölçümü tamamlanan Drager ölçüm tüpü pompadan çıkarılır, tespit edilen renk uzunluğu doğrultusunda karşılaştırılarak ölçülen değer belirlenir.
- Son olarak boş pompa birkaç kez temiz hava pompalanarak temizlenir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

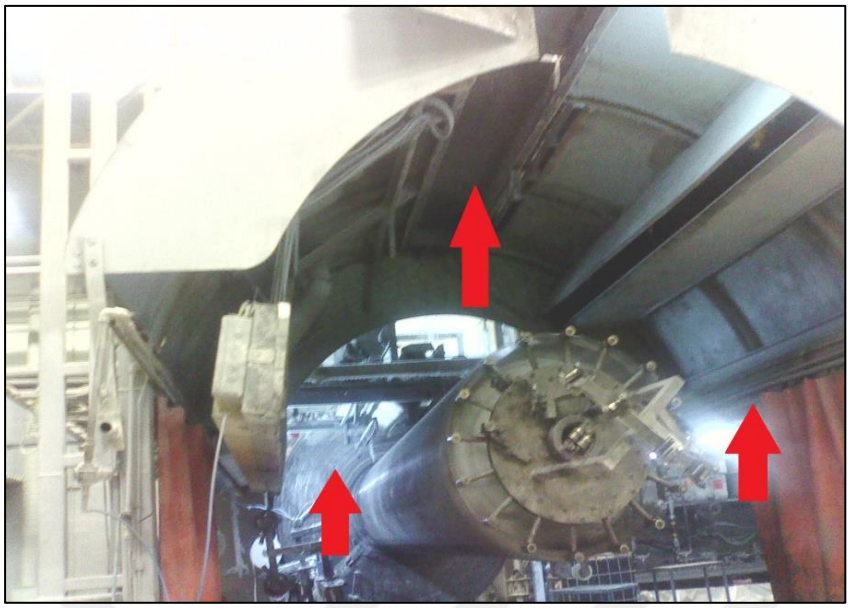
Bu bölümde, üçüncü bölümde detaylı olarak anlatılan fabrikada mevcut boru üretim holünde üretim süreci sonucunda meydana gelen insan sağlığına zararlı bileşiklerden Stiren emisyonu ile ilgili havalandırma ve egzoz sistemlerinin çalışma verimliliğinin değerlendirilmesi, Stirenin egzoz kanallarında meydana getirdiği daralma ve sonuçlarının değerlendirilmesi, Dikdörtgen ve dairesel kesitli egzoz kanallarının hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı (Autodesk CFD) ile elde edilen analiz sonuçlarına, son olarak da Drager Accuro gaz ölçüm cihazı ile yapılan Stiren emisyonu ölçüm sonuçları ile ilgili elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

4.1. Stirenin Mevcut Havalandırma Sistem Performansına Olumsuz Etkileri

Bu kısımda insan sağlığına zararlı bileşik olan Stiren'nin fabrikada mevcut havalandırma ve egzoz sistemine, sistem elamanlarına olumsuz etkileri görsellerle ifade edilmiştir.

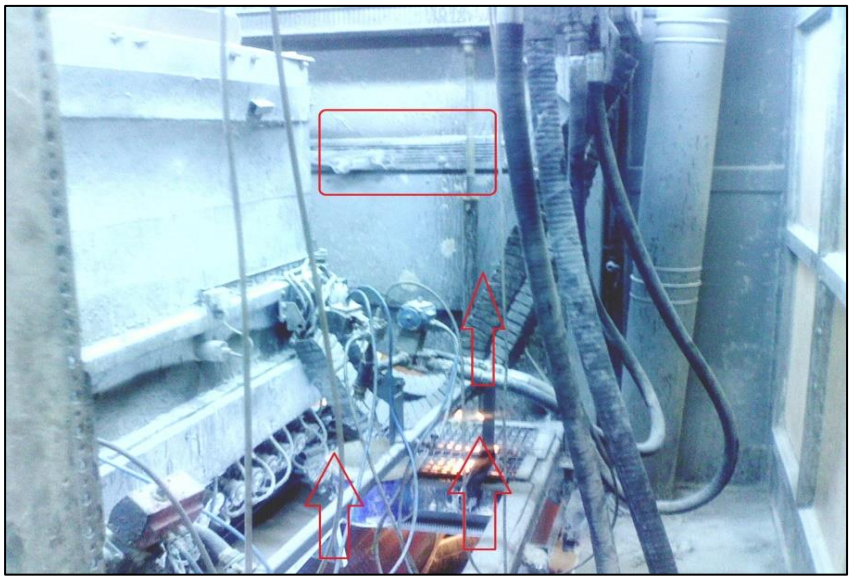


Şekil 4.1. Stirenin üretim alanına kontrolsüz olarak yayılması (önden görüntü)

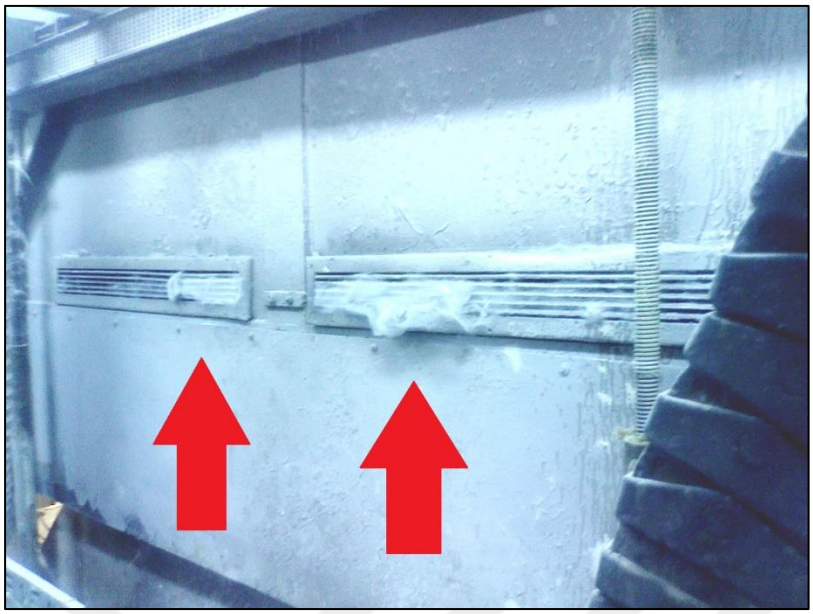


Şekil 4.2. Stirenin üretim alanına kontrolsüz olarak yayılması (yandan görüntü)

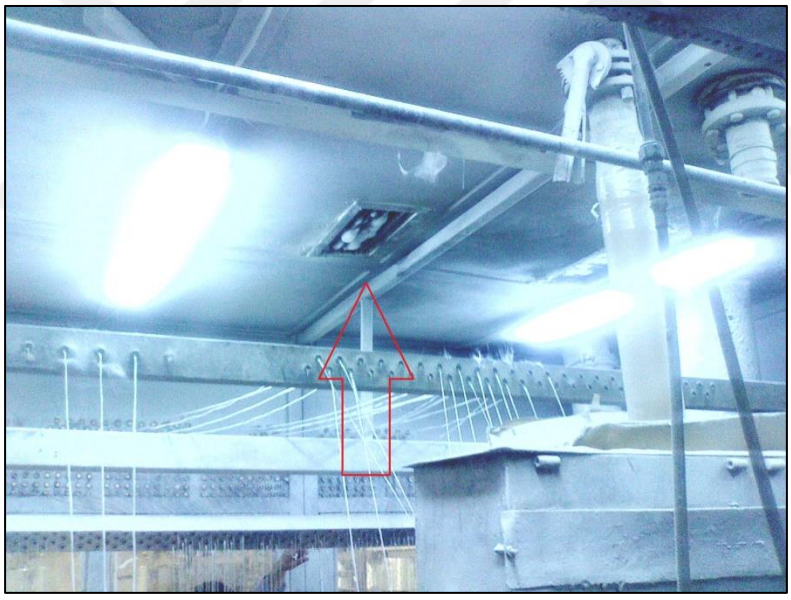
Şekil 4.1. ve 4.2.'de Cam elyaf takviyeli plastik boru üretimi sırasında ortaya çıkan Stiren'nin anında ve hızlı bir şekilde çalışma ortamından atılması gerekli ve şart iken platform ve borunun etrafındaki açık alanlardan zararlı bileşiğin bir kısmının egzoz edilemeden çalışma ortamının havasına karışarak iç ortam hava kalitesini düşürdüğü ve aynı zamanda çalışan sağlığını olumsuz etkilediği görülmektedir.



Şekil 4.3. Stirenin chop kabini içindeki yayılması ve tıkanmış olan egzoz menfezi



Şekil 4.4. Stiren, Silis kum ve Elyaf egzozu için kullanılan tıkalı duvar menfezi



Şekil 4.5. Stiren, Silis kum ve elyaf egzozu için kullanılan tıkalı tavan menfezi

Şekil 4.3.-4.4. ve 4.5.'de Cam elyaf takviyeli plastik boru üretimi sırasında ortaya çıkan Stiren, Silis kum ve Cam elyaf emisyonlarının egzozu için tasarlanan menfezin, Stiren-Silis kum-Cam elyaf maddelerinin birleşiminden meydana gelen yapışkan ve katı madde ile tıkalı olduğu görülmektedir.

Şekil 4.1.'den Şekil 4.5.'e kadar görülen mevcut durum insan sağlığına zararlı bileşik Stiren'nin çalışma ortamına yayıldığını, gereken zaman ve hızda çalışma ortamından egzoz edilemediğini göstermektedir. Bu durum sistemin performansını ve uygun çalışma şartlarını olumsuz yönde etkilemekle birlikle enerji maliyetlerini, plansız duruş ve parça değişim maliyetlerini artırmaktadır. Konunun en önemli etkisi ise sonuçta zararlı kimyasalın çalışma ortamından uzaklaştırılamaması ve çalışma ortamına kontrolsüz şekilde yayılarak çalışan sağılığını olumsuz etkilemesidir.

4.2. Mevcut Havalandırma Sisteminin Performansının Değerlendirilmesi



Şekil 4.6.Havalandırma borularında meydana gelen %80'nin üzerindeki daralma

Boru üretim mahallini besleyen bölüm 3.1.1.'de detaylı olarak anlatılmış olan AHU-3 temiz hava üfleme ünitesinin dışarıdan bir kuruluşa yaptırılmış ölçüm sonuçları şöyledir (Çizelge 4.1.);

Çizelge 4.1. AHU-3 Temiz hava üfleme sistemi fan bilgileri

AHU-3 TEMİZ HAVA ÜFLEME SİSTEMİ FAN BİLGİLERİ			
MARKA	ALARKO	**KAPASİTE (m^3/h)**	45000
TİP	39 HH 576	**ÇALIŞMA BASINCI (mmSS)**	92,55
SERİ NO	MH04670	**GÜÇ (kW)**	22
İMAL YILI	2000	**DEVİR (dev/dak)**	975

Ölçüm yapılan kesit boyutu (mm) : 800x2000

Ölçümlenen ortalama hız (m/s) : 7,2

Hava sıcaklığı (°C) : 32

Hesaplanan debi (m^3/saat) : 41472

Dış kuruluşa yaptırılmış olan AHU-3 temiz hava üfleme sisteminin ortama temiz hava üfleme miktarı; 41472 m^3/h< $V_{ANTMAX.}$: 45000 m^3/h < 50400 m^3/h'tir. Bu değer sistem tasarım değerlerinden yaklaşık olarak %10, Bölüm 3.2.1.'deki hesaplamalar sonucu elde edilen mahallin ihtiyaç duyduğu dış hava gereksinimine göre ise yaklaşık %18 düşüktür.

Şekil 4.6.'da havalandırma borularında %80'nin üzerindeki daralma ve yapılan ölçümlerin karşılaştırılmalarına göre üretim mahallinin temiz hava ihtiyacını sağlayan AHU-3 temiz hava üfleme sisteminin ortamda üretim prosesi sırasında ortaya çıkan insan sağlığına zararlı bileşiklerden Stiren'nin ortam içerisindeki konsantrasyonunun azaltılması, pozitif basınç oluşturulması ve mevcut çalışanların temiz hava ihtiyacının karşılanması için yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Mevcut Egzoz Sisteminin Performansının Değerlendirilmesi



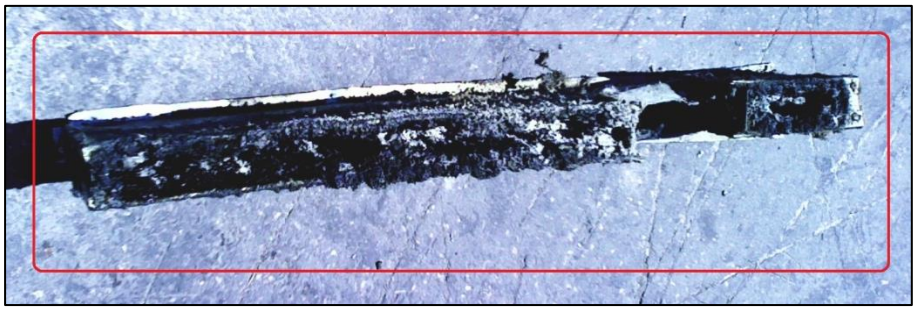
Şekil 4.7. Zemin egzoz menfezinde meydana gelen %90'nin üzerindeki daralma

Havalandırma sistemi ve Egzoz sisteminin birlikte çalışması ile elde edilen saatlik mahalden egzoz edilen toplam hava miktarı denklem 4.1'e göre:

Egzoz Edilen Toplam Hava Miktarı $_{(saatlik)}$ = Harici egzoz sistemi (Bölüm 3.1.2.) + Havalandırma kirli hava emiş sistemi (EX-5, Bölüm 3.1.1.) (4.1)

Egzoz Edilen Toplam Hava Miktarı $_{(saatlik)}$ = 24120 +16450= 40570 m^3 / h

Tasarım değerine göre ortamda negatif basınç oluşmaması için saatlik olarak beslenen ve egzoz edilmesi gereken minimum hava miktarı 45000 m^3'tür. Eşitlikten elde edilen değer ile bu değerin karşılaştırılması sonucu, 40570 $m^3/h < V_{ANTMAX.}$: 45000 m^3/h yaklaşık %10'luk kayıp olduğu görülmektedir. Bu nedenle mevcut egzoz sistemlerinin üretim prosesi sırasında ortaya çıkan insan sağlığına zararlı bileşiklerden Stiren'nin ortamdan atılmasında yetersiz olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. Duvar egzoz menfezinde meydana gelen %90'nin üzerindeki daralma

EX-5 kirli hava egzoz sisteminin dışarıdan bir kuruluşa yaptırılmış ölçüm sonuçları;

Çizelge 4.2. EX-5 Kirli hava emiş sistemi fan bilgileri

EX-5 KİRLİ HAVA EMİŞ SİSTEMİ FAN BİLGİLERİ			
MARKA	ALARKO	**KAPASİTE (m^3/h)**	16450
TİP	39 HH 143	**ÇALIŞMA BASINCI (mmSS)**	107,33
SERİ NO	MH04690	**GÜÇ (kW)**	11
İMAL YILI	2000	**DEVİR (dev/dak)**	1455

Ölçüm yapılan kesit boyutu (mm) : 600x1000

Ölçümlenen ortalama hız (m/s) : 6,7

Hava sıcaklığı (°C) : 32

Hesaplanan debi (m^3/h) : 14472

Bu durumda EX-5 kirli hava egzoz sisteminin saatlik egzoz ettiği havanın tasarım değeri ile karşılaştırılması sonucu:

EX-5 Egzoz Edilen Hava Miktarı $_{(saatlik)}$ = 14472 m^3 / h

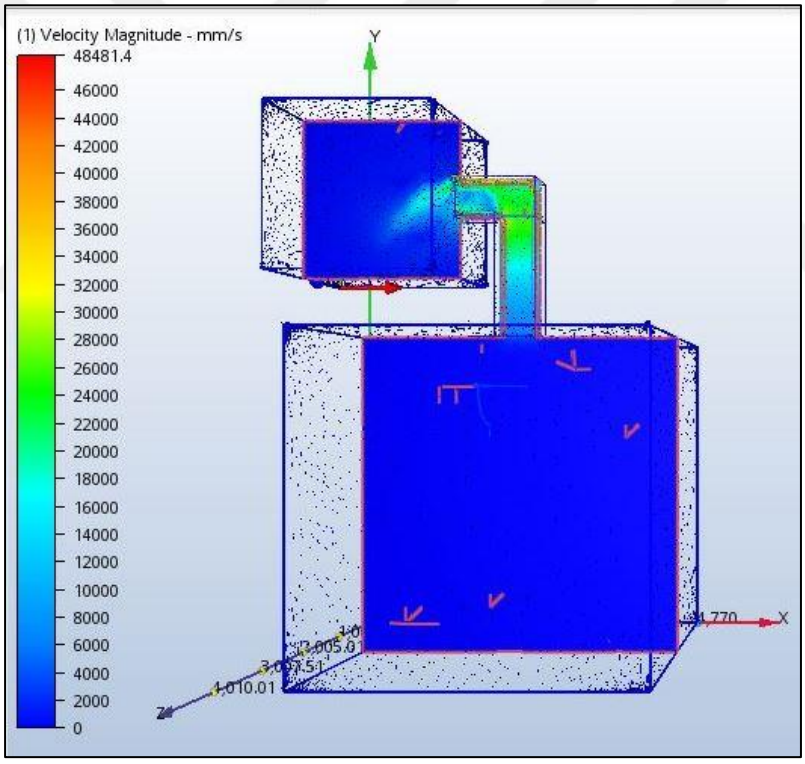
14472 m^3 / h < 16450 m^3 / h (Bölüm 3.1.1. egzoz edilmesi gereken hava miktarı)

(yaklaşık %12 düşük)

Bu duruma sebebiyet veren Şekil 4.7. ve 4.8.'de menfezlerde meydana gelen %90'nın üzerindeki daralmanın neden olduğu, egzoz sisteminde dış kuruluşa yaptırılmış ölçümün sonuçlarından da görüldüğü üzere %12 daha düşük egzoz sonucunda üretim prosesi sırasında ortaya çıkan insan sağlığına zararlı bileşiklerden Stiren'nin ortamdan tam olarak uzaklaştırılamadığını ve yoğunluğunun azaltılamadığını göstermektedir.

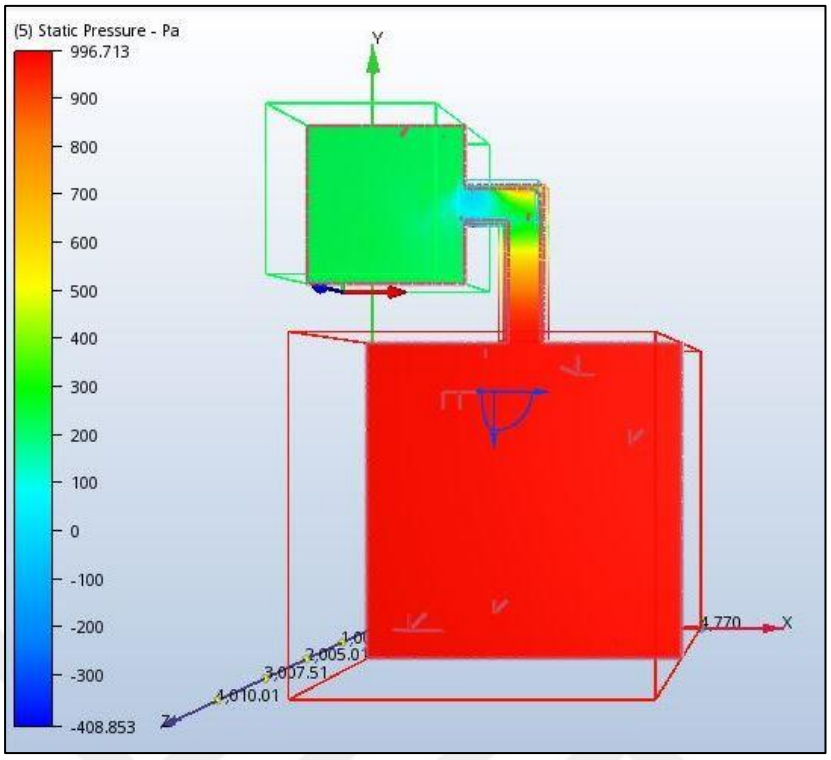
4.4. Mevcut Mahalde HAD Programı (CFD) Sonuçları

Mevcut mahal için HAD programında 100 iterasyon'lu olarak yapılan analizden elde edilen veriler şöyledir;



Şekil 4.9. CFD analizi sonucu mevcut egzoz mahalli akış durumu

Şekil 4.9.'a göre seçilen dikdörtgen profilli egzoz borularının kullanıldığı mahalde yapılmış olan HAD analizine göre Stiren emisyonunun tümünün egzoz edilemeyip, hızlı bir şekilde ortama yayıldığı tespit edilmiştir.



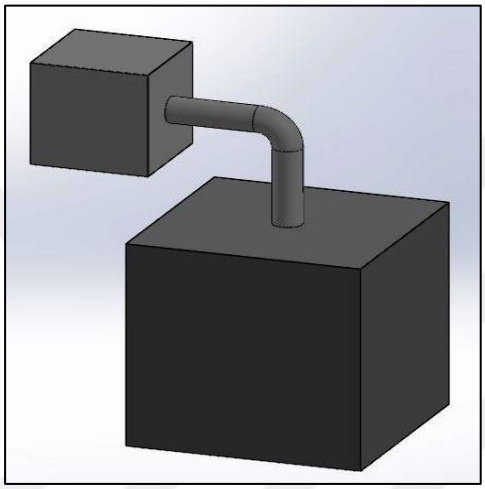
Şekil 4.10. CFD analizi sonucu mevcut egzoz mahalli basınç durumu

Şekil 4.10.'a göre seçilen dikdörtgen profilli egzoz borularının kullanıldığı mahalde yapılmış olan HAD analizine göre egzoz sisteminde dikdörtgen profilli boru kullanımının akış esnasında sistem elemanlarında zorlanma ve yorulmalara neden olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut egzoz sisteminin dikdörtgen profile sahip borusunun HAD programı ile analizi sonucunda; insan sağlığına zararlı Stiren'nin şekil 4.9. ve 4.10.'a göre tam olarak çalışma ortamından atılamayarak sistem elemanlarında sürtünme ve zorlanmalara neden olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlara göre verimli bir egzoz yapılamadığı, bu durumun ise insan sağlığını, çalışma ortamı şartlarını, çalışma ortamındaki verimliliği olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

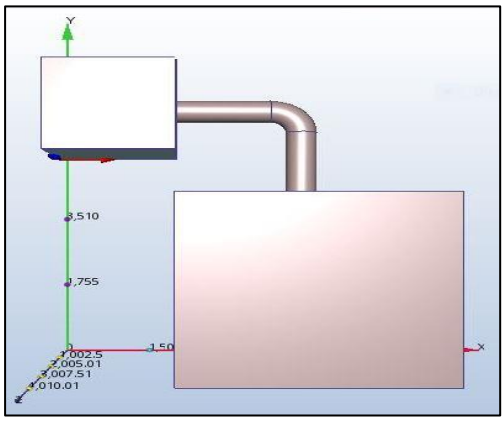
4.5. Önerilen Mahallin HAD Programı (CFD) ile Analizi

Mevcut egzoz sistemindeki olumsuzlukları gidermek için alternatif olarak önerilen; dikdörtgen profile sahip egzoz boruları yenine yuvarlak profilli egzoz boruları kullanılarak oluşturulan mahal egzoz borularının üç boyutlu modellemesi yapılarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği (Autodesk CFD) programı ile akış analizi gerçekleştirilecektir.



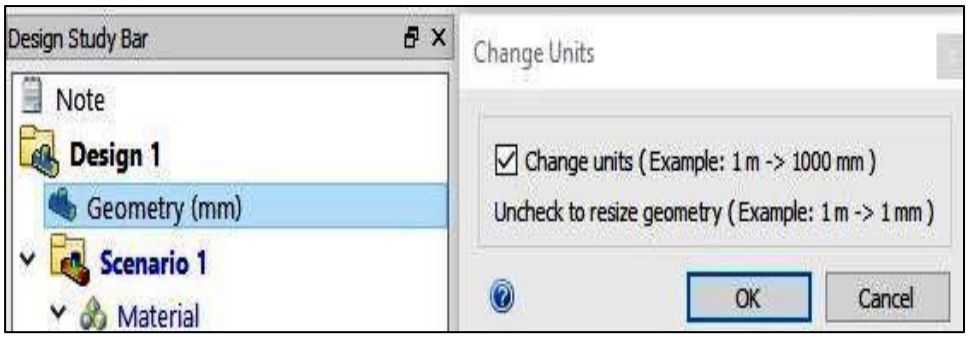
Şekil 4.11. Dairesel profile sahip önerilen mahallin katı modellenmesi

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Programı (Autodesk CFD) ile analizi yapılacak katı modeli oluşturulmuş önerilen mahal çizimi (Şekil 4.11.) CFD programına uygun çizim formatına çevrilir (Şekil 4.12.).



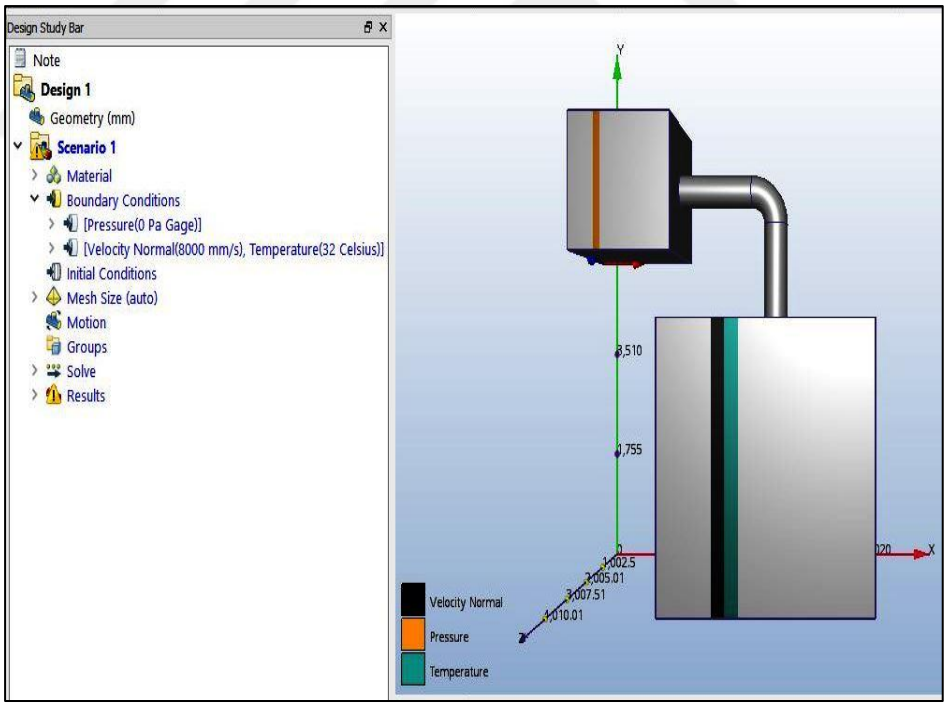
Şekil 4.12. Önerilen mahallin CFD programında görünüşü

Daha sonra programda açılmış olan çizimin ölçü birimleri mm olarak ayarlanır (Şekil 4.13.).

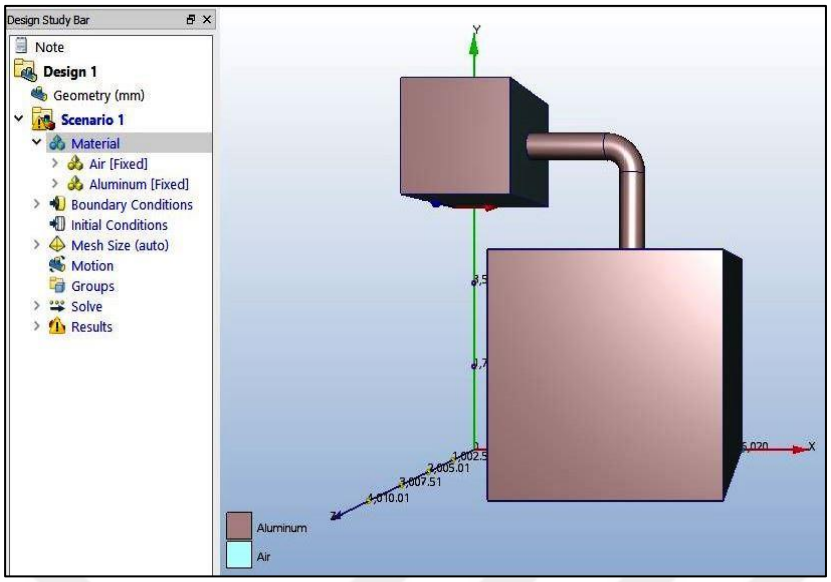


Şekil 4.13. Önerilen mahal CFD ölçü birimi ayarlanması

Mahal ile ilgili sınır şartları seçilir; akış hızı: 8000 mm/s, Sıcaklık: 32 °C ve Basınç: 0 Pa seçilir (Şekil 4.14.).

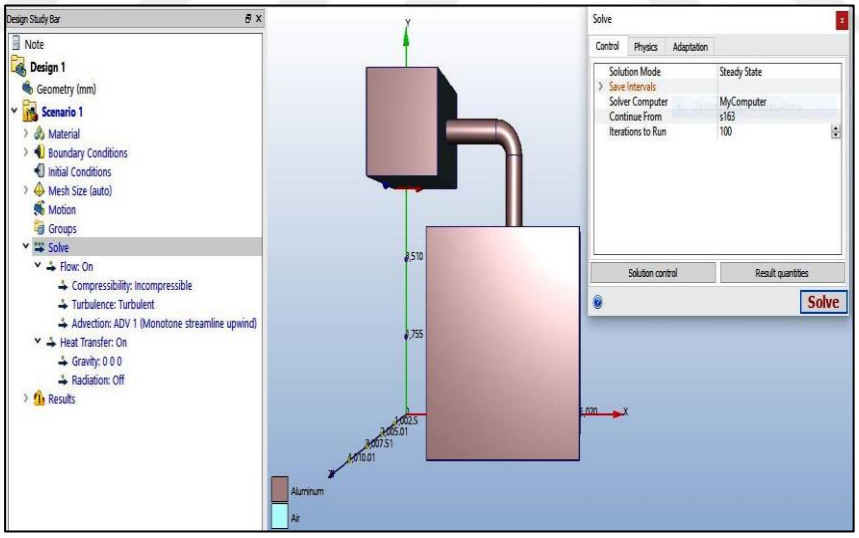


Şekil 4.14. Önerilen mahal CFD sınır şartları



Şekil 4.15. Önerilen mahal CFD Malzeme seçimi

Önerilen mahal geometrisi analiz için CFD programı tarafından otomatik olarak detaylandırılır. Daha sonra analiz bölgesi malzeme seçimi dışta alüminyum içte ise hava olarak seçilir (Şekil 4.15.).

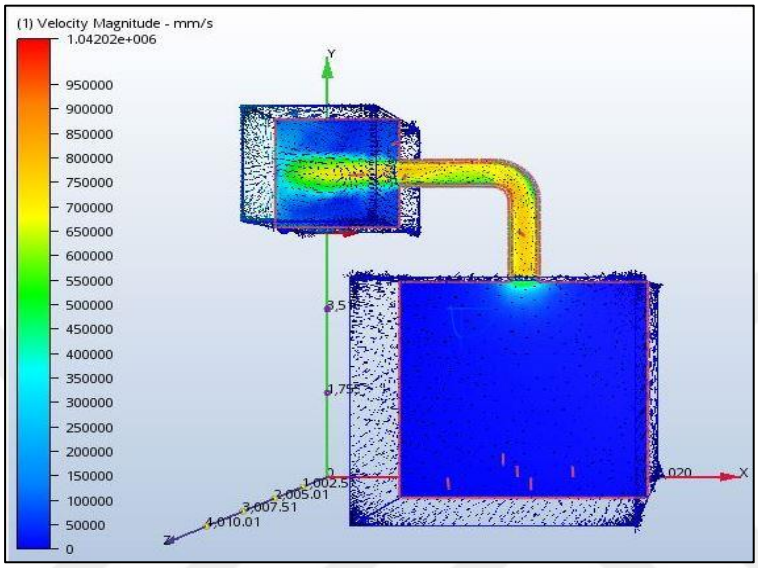


Şekil 4.16. Önerilen mahal CFD programında analiz başlangıcı

Analiz için hazır hale gelen, ilgili seçimlerle sınırlanan önerilen mahal katı modeli için programın akış seçeneği, ısı transferi seçeneği aktif hale getirilir ve sistem çözümü için yapılması istenen iterasyon sayısı da seçilerek analiz başlatılır.

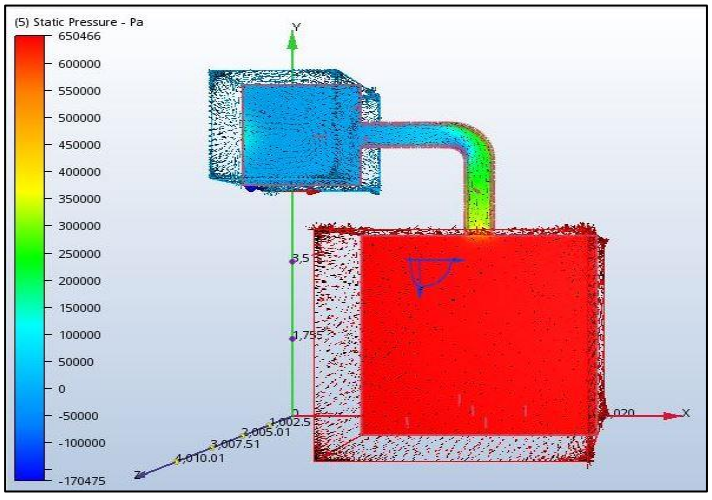
4.6. Önerilen Mahalde HAD Programı (CFD) Sonuçları

Mevcut egzoz sistemindeki olumsuzlukların giderilmesi için yapılan önerilen mahallin HAD programında 100 iterasyon yapılan analizden elde edilen veriler şöyledir;



Şekil 4.17. CFD analizi sonucu önerilen egzoz mahalli akış durumu

Şekil 4.17.'ye göre dairesel profilli egzoz borularının kullanıldığı önerilen mahalde yapılmış olan HAD analizinde Stiren emisyonunun ortama yayılmadan daha dengeli egzoz edildiği görülmüştür.



Şekil 4.18. CFD analizi sonucu önerilen egzoz mahalli basınç durumu

Şekil 4.18.'e göre dairesel profilli egzoz borularının kullanıldığı önerilen mahalde yapılmış olan HAD analizinde akış dağılımının köşe, dönüşlerde dikdörtgen profile göre daha rahat ve akıcı olduğu görülmüştür. Bu durum sistemin çalışma performansına ve enerji tüketimine olumlu yansıyacaktır.

Önerilen Egzoz sisteminin HAD programındaki analizi sonucunda; Stiren'nin ortamdan atılması sırasında uygulanan dairesel egzoz borusu kullanımının, zararlı bileşiğin bir kısmının egzoz edilemeyip üretim mahalline dağılmasına ve enerji maliyetlerine olumlu yönde etki edeceği görülmüştür. Ayrıca buna ek olarak da platforma eklenebilecek hava perdelerinin kullanılmasının insan sağlığına, çalışma ortamı şartlarına, çalışma ortamındaki verimliliğe olumlu etkileri olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle mevcut sisteme göre önerilen sistemin kullanımı tavsiye edilmektedir.

4.7. Stiren Emisyonunun Drager Tüpü Yardımıyla Belirlenmesi



Şekil 4.19. Stiren ölçümünün yapıldığı chop kabini

Şekil 4.19.'da Drager tüpü ile Stiren ölçümünün yapıldığı chop kabini görülmektedir. Kabin içerisindeki Stiren ve diğer maddelerin (silis kum, cam elyaf) meydana gelme sıklığı sürekli olup, fabrikada Ctp boru üretimi 3 vardiya üzerinden 24 saat ve 7 gün olmak üzere sürekli devam etmektedir.

Bölüm 3.2.3.'te detaylı olarak anlatılan ölçüm yöntemine göre Stiren buharı ölçüm noktalarından Drager gaz ölçüm cihazı ve tüpü yardımı ile ölçülen Stiren buharı emisyon değerleri Çizelge 4.3.'te tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.3. Stiren'nin 2013 yılındaki aylık ölçüm değerleri

Ay	Ölçüm Sonucu
Ocak	8 ppm
Şubat	7 ppm
Mart	8 ppm
Nisan	7 ppm
Mayıs	8 ppm
Haziran	9 ppm
Temmuz	9 ppm
Ağustos	10 ppm
Eylül	7 ppm
Ekim	6 ppm
Kasım	4 ppm
Aralık	3 ppm

CTP boru üretimi holünün genelinde dış kuruluşa yaptırılmış olan Stiren ölçümlerinde değerler 0.3-0.6 ppm olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.3.'e göre Chop kabini içinde oluşan Stiren (Vinil Benzen) buharının yılın en düşük ayı olan Aralık'ta havada, Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik Ek-2'ye göre Benzen için mesleki maruziyet sınır değeri olan 1 ppm'in 3 kat üzerinde bulunması nedeniyle bölüm çalışanlarında kusma, güçsüzlük, hafıza zayıflığı, kronik baş ağrısı gibi şikâyetler ile karşılaşılmıştır.

Drager Accuro ölçüm cihazı ile yapılan fiili ölçümler neticesinde ortaya çıkan, Çizelge 1.1. Mesleki maruziyet sınır değerlerine göre Stiren'nin havada 1 ppm'in üzerinde bulunması insan sağlığı açısından sakıncalıdır. Mevcut egzoz sistemin ortamdaki Stiren'i uzaklaştırmakta verimsiz ve yetersiz olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu bölümde Cam elyaf takviyeli plastik boru ve bağlantı parçaları üretimi yapan fabrika işyerindeki mevcut boru üretim holü ve bu üretim holünde üretim süreci sonucunda meydana gelen insan sağlığına zararlı bileşik Stiren emisyonu ile ilgili ölçüm sonuçlarına, mevcut ve önerilen havalandırma-egzoz sistemleri ile ilgili elde edilen karşılaştırma, analiz ve hesaplamalar hakkındaki değerlendirmelere, bulgulara ve önerilere yer verilmiştir. Bu tezde ulaşılan sonuçlar şöyledir:



Şekil 5.1. Havalandırma ve egzoz borularındaki daralma

- Fabrikada mevcut havalandırma ve egzoz sistem elemanlarının (boru, menfez, emiş ağzı, üfleme ağzı) Şekil 5.1. ve bölüm 4.1.'de paylaşılan fotoğraflarından görüleceği üzere %80-%90 oranında tıkalı olması nedeniyle üfleme ve egzoz yapamadığı tespit edilmiştir. Bu durum insan sağlığına zararlı bileşik Stiren'nin çalışma ortamına yayıldığını, gereken zaman ve hızda çalışma ortamından egzoz edilemediğini göstermektedir.

Bu durum sistemin performansını ve uygun çalışma şartlarını olumsuz yönde etkilemekle birlikle enerji maliyetlerini, plansız duruş ve parça değişim maliyetlerini artırmaktadır. Konunun en önemli etkisi ise sonuçta zararlı kimyasalın çalışma ortamından uzaklaştırılamaması ve çalışma ortamına kontrolsüz şekilde yayılarak çalışan sağılığını olumsuz etkilemesidir.

- Fabrikadaki havalandırma sistemi için bölüm 4.2. Mevcut havalandırma sisteminin performansının değerlendirilmesinde dış kuruluşa yaptırılmış olan saatlik temiz hava besleme miktarı ile tasarım değeri karşılaştırıldığında yaklaşık %10'luk bir kayıp tespit edilmiştir.
- Ölçülen saatlik temiz hava besleme değeri bölüm 3.2.1. Mahallin ihtiyaç duyduğu dış hava miktarı ile karşılaştırıldığında yaklaşık %18'lik bir kayıp olduğu tespit edilmiştir.
- Bölüm 4.3. Mevcut egzoz sisteminin performansının değerlendirilmesi bölümünde: toplam olarak hesaplanan (kirli hava emiş ve egzoz sistemleri birlikte) mahalden saatlik egzoz edilmesi gereken hava miktarı ile tasarım değeri karşılaştırıldığında yaklaşık%10'luk bir kayıp tespit edilmiştir.
- Dış kuruluş tarafından ölçülen saatlik kirli hava egzoz miktarı ile EX-5 egzoz sisteminin tasarım değeri karşılaştırıldığında yaklaşık %12'lik bir kayıp olduğu tespit edilmiştir.
- Fabrikadaki Cam elyaf takviyeli plastik boru üretim makinesi üzerinde kurulmuş olan Stiren emisyonu egzozu için kullanılan sistemin Bölüm 4.4. Mevcut mahalde HAD programı (CFD) sonuçlarına göre: yapılan akış analizinin sonuçlarına göre tam ve düzenli bir egzoz yapılamadığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.2. Fabrika boru üretim holü Stirenin yayılma alanı genel görüntüsü

- Bölüm 4.7. Stiren emisyonunun Drager tüpü yardımıyla belirlenmesi kısmında elde edilen ölçüm sonuçlarına göre mevcut egzoz sisteminin ortamdaki Stiren'i uzaklaştırmakta verimsiz ve yetersiz olduğunu göstermiştir.

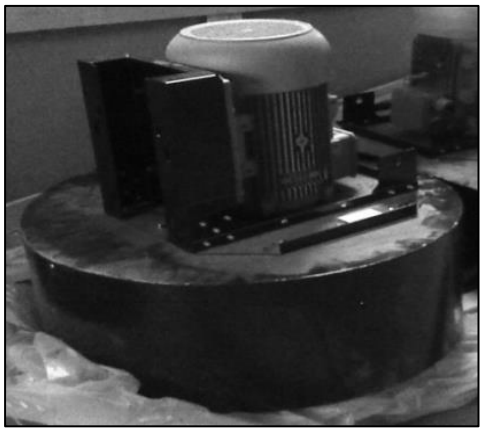
Bu tezde ulaşılan sonuçlara göre öneriler ise şöyledir:

- Mevcut havalandırma ve egzoz sistemlerinin yukarıda verilmiş olan çalışma kayıplarının önüne geçilebilmesi ve Stiren'nin ortamdan tamamen uzaklaştırılabilmesi için yaklaşık maliyeti 23.000 Türk lirası olan (Anonim, 2017-b, EBA S 60 C, 50.000 m^3/h) klima santrali satın alınarak üfleme kapasitesi arttırılmalıdır. İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmeliğe göre pozitif basınçlı bir havalandırma sistemi oluşturularak Stiren'nin çalışma ortamına yayılmadan süratle uzaklaştırılması sağlanabilir.

Çizelge 5.1. Havalandırma ve egzoz sistemleri bakım ve kontrol formu örneği

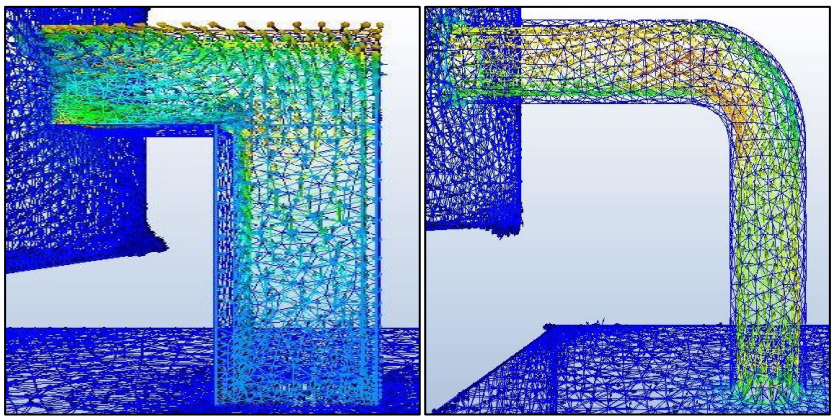
HAVALANDIRMA VE EGZOZ SİSTEMLERİ BAKIM VE KONTROL ÇİZELGESİ				
SIRA NO	YAPILACAK İŞLEM	TARİH	İŞLEMİ YAPAN	ONAY
1	FİLTRELERİN SÖKÜLMESİ VE YIKANMASI			
2	BORU, MENFEZ, ÜFLEME/EMİŞ AĞZI TEMİZLİĞİ			
3	ELEKTRİK BAĞLANTISI KONTROLÜ			
4	HAVA EMİŞ DAMPERLERİNİN KONTROLÜ			
5	FAN KAYIŞLARININ KONTROLÜ			
6	FAN DÖNÜŞ YÖNÜ KONTROLÜ			
7	HAVA AKIŞ YÖNÜ KONTROLÜ			
NOT: YAPILACAK İŞLEM İLE İLGİLİ PERİYOTLAR HAVALANDIRMA VE EGZOZ SİSTEMLERİ BAKIM VE KONTROL TALİMATINA UYGUN YAPILACAKTIR.				

- Havalandırma ve egzoz sistemlerinin bakım ve temizlik periyotları olan bir sene altı aya düşürülerek, Çizelge 5.1.'de genel bir örneği verilmiş olan havalandırma ve egzoz sistemleri bakım ve kontrol formu ile de kayıt altına alınarak, sistem elemanlarındaki kirlilik önlenmelidir. Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkındaki Yönetmelikte şart koşulan bu uygulama sistemin ömrünü uzatırken enerji maliyetlerini azaltacak çalışma ortamı şartlarının maruziyet sınır değerlerini aşmasını önleyecektir.
- Fabrika genelinde kurulu olan boru üretim holünde de kullanılan mevcut havalandırma sistemine yaklaşık 2500 Türk Lirası maliyetindeki iklimlendirme sistemi (Anonim, 2017-b, EFC 130 Fan Coil) eklenerek ortamdaki hava sirkülasyonunun her mevsim istenilen oranda yapılabilmesi ve çalışma şartlarının iyileştirilmesi sağlanabilir. Böylece havadan ağır olan Stiren buharının çalışma ortamı yer seviyesinde birikmesi önlenerek Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkındaki Yönetmeliğe uygun şekilde ortamdan anında uzaklaştırılması sağlanabilir.



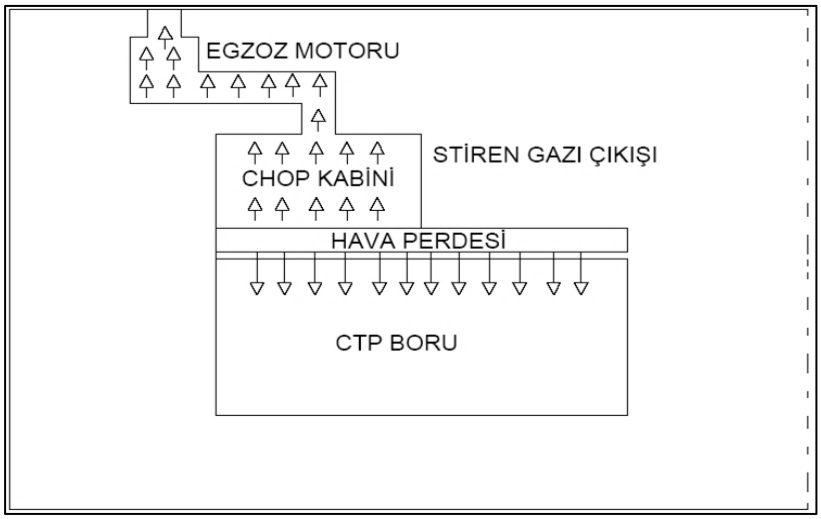
Şekil 5.3. Stiren egzoz motoru

- Sık arızalanan ve adedi yaklaşık 1500 Türk Lirası olan (Anonim, 2017-b, İNV GD 100) frekans değiştirici cihazlar yenileri ile değiştirilip şekil 5.3. teki egzoz sistemi motorlarının çalışma ömürleri uzatılmalıdır. Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkındaki Yönetmelikte belirtilen bu tedbirle birlikte yine aynı yönetmelikte talep edilen sistemin arıza veya plansız duruşlarında ikaz verecek arıza-ikaz sistemi de kurularak insan sağlığı kesintisiz korunmaya devam edilmelidir.



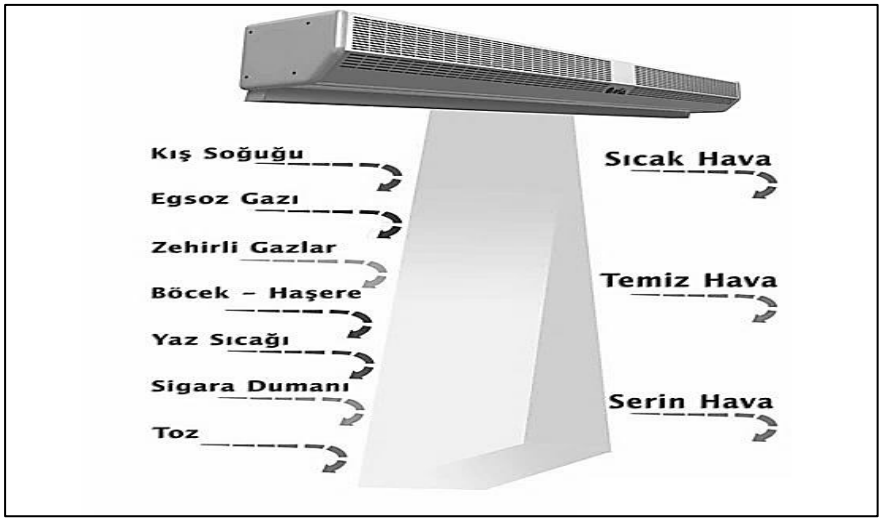
Şekil 5.4. CFD sonucu mevcut ve önerilen egzoz borusunda akış

- Şekil 5.4. CFD analizi sonucu dikdörtgen profilli mevcut ve dairesel profilli önerilen egzoz borularındaki akışa göre Stiren'nin ortamdan hızlı şekilde uzaklaştırılmasında ve sistemin çap daralmaları neticesinde kesintiye uğramamasında dairesel profil kullanımı daha verimli bir egzoz sağlayabilir.

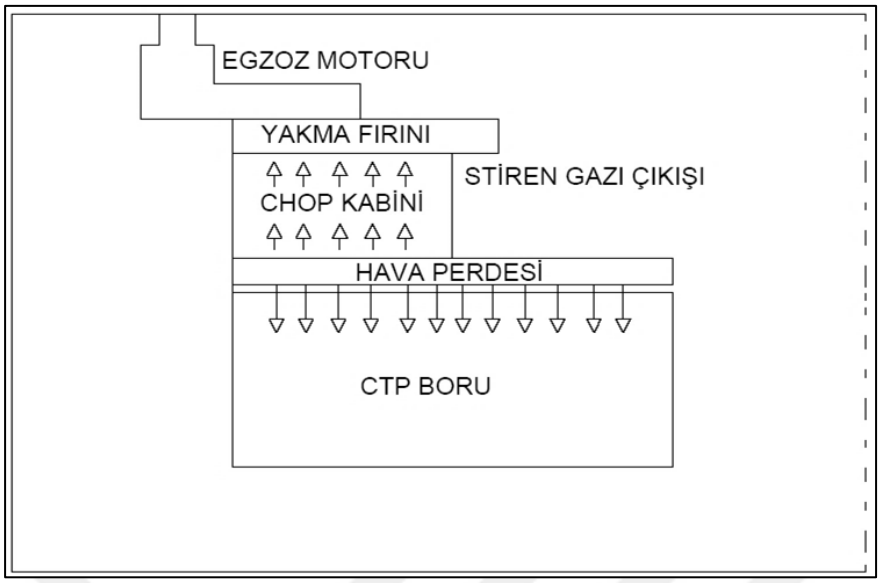


Şekil 5.5. Chop kabinine önerilen hava perdesi

- Fabrikada boru üretim holü üzerinde kurulu olan şekil 5.5.'de görülen 3,5x4,5x3 m ölçülerindeki chop kabininin açık ve ortama stiren yayılmasına sebep teşkil eden uzun kenarlarına şekil 5.6.'da verilen örnekte olduğu gibi yaklaşık 2500 Türk Lirası/adet toplam 5000 Türk Lirası maliyetindeki hava perdesi (Anonim, 2017-c, ST-AC/TH 90) yapılarak Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkındaki Yönetmelikte şart koşulan Stiren'nin çalışma ortamı içerisine yayılması tamamen önlenmelidir.



Şekil 5.6. Hava perdesi kullanımının faydaları (URL-4)



Şekil 5.7. Chop kabinine önerilen yakma fırını

- Şekil 5.7.'de gösterildiği gibi Chop kabini üzerine yaklaşık 20.000 Türk Lirası maliyetindeki (Kong ve ark., 1996) Stiren yakma fırını yaptırılarak boru üretimi sonucunda ortaya çıkan Stiren gazı ortama yayılmadan bu fırında anında yakılabilir. Böylece çalışanlar için 6331 numaralı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa uygun bir çalışma ortamı sağlanırken Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği kapsamında, meydana gelen Stiren emisyonu kontrol altında tutularak kaynağında önlenebilir.
- Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelikte Benzen için maruziyet sınır değerinin kontrolü için Drager accuro gaz ölçüm dedektörü ile yapılan ölçümlerin devamlılığı sağlanarak sonuçları analiz edilip gerekli tedbirler hızla alınmalıdır.
- Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkındaki Yönetmelik şartları kapsamında havalandırma kanallarındaki üfleme ve egzoz debilerinin tasarım standartlarında çalıştığının kontrolü için dış kuruluşa yaptırılan debi ölçümü periyodik şekilde devam ettirilmelidir.

Çizelge 5.2. Ekipman genel maliyet çizelgesi

STİREN EMİSYONUNU AZALTMAK İÇİN ÖNERİLEN EKİPMANLAR GENEL MALİYET ÇİZELGESİ		
Ekipman	Birimi	Fiyatı
Klima Santrali	Adet	23.000 TL
İnverter	Adet	1.500 TL
İklimlendirme (Fan Coil)	Adet	2.500 TL
Hava Perdesi	Adet	2.500 TL
Yakma Fırını	Adet	20.000 TL
Kaset Filtre	Adet	600 TL
Karbon Filtre	m^2	200 TL
TOPLAM		50.300 TL

Mevcut havalandırma, egzoz sistemleri ve ortam durumu göz önüne alındığında 6331 numaralı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında korunması şart ve gerekli olan çalışan sağlığı için Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği kapsamına göre uygun kişisel koruyucu donanım kullanılmasının sürekli ve eksiksiz devamlılığı gerekmektedir. Yukarıda genel bir örneği verilmiş olan yaklaşık maliyet çizelgesindeki ekipmanlar yatırım programına alınarak en kısa sürede devreye alınmalıdır.

KAYNAKLAR

AĞCA, B., 2005. İç Hava Kalitesi ve Hasta Bina Sendromu. T.C. Dışişleri Bakanlığı Uluslarası Ekonomik Sorunlar Dergisi, (XVI).

ANONİM, 2002. İM Makine Sanayi Havalandırma ve Isı Geri Kazanımı Bülteni. İzmir, s.01.

ANONİM, 2004. Ed-Van Vantilatör Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. Saatteki Hava Yenileme ve Değişim Sayısı. İzmir, 1s.

ANONİM, 2005. Alarko Sanayi ve Ticaret A.Ş., Teknik Bülten. Eylül 2005, sayı 7. Kocaeli, s.1.

ANONİM, 2006. Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 29.11.2006 Resmi Gazete Sayısı: 26361.

ANONİM, 2009. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 03.07.2009, Resmi Gazete Sayısı: 27277.

ANONİM, 2011-a. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Çevre Sağlığı, Hava Kirliliği Ankara, 65s.

ANONİM, 2011-b. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü., Meslek Hastalıkları Rehberi, Ankara, s.227-236.

ANONİM, 2012-a. Tepe Akademi Havalandırma ve İklimlendirme Prensipleri Ders Notları, Ankara, 18s.

ANONİM, 2012-b. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Kimya Teknolojisi, Benzen Türevleri ve Prosesleri, Ankara, s.3-7.

ANONİM, 2013-a. İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi: 17.07.2013, Resmi Gazete Sayısı: 28710.

ANONİM, 2013-b. Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi: 06.08.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28730.

ANONİM, 2013-c. Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 02.07.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28695.

ANONİM, 2017-a. Drager Accuro Gaz Ölçüm Detektör Pompası Katalog ve Kullanım Kılavuzu.

ANONİM, 2017-b. EBA İklimlendirme 2017 Fiyat Listesi, 101s.

ANONİM, 2017-c. Havac Havalandırma Market 2017 Fiyat Listesi, 59s.

BİLGİLİ, M., ŞİMŞEK, E., YAŞAR A., POLAT, Y., 2005. Havalandırma Sistemleri. Çukurova Üniversitesi Adana Meslek Yüksek Okulu Yayınları, No:1 Adana, 112s.

BULUT, S., ÜNVEREN, M., 2011., Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği. HSK ar-ge Teknik Bülten, (5): s.6.

DÜNDAR, O., 2009. Dolusavak Akımlarının Modellenmesinde Sayısal Hesaplama Yönteminin Güvenli Kullanımı. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Hidromekanik Laboratuvarı, Ankara, s.55-56.

EĞRİ, N., İMANCI, C., AKPOLAT, MS., 2011. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü, Endüstriyel Havalandırma. Ankara, 44s.

Kong, E., M, Bahner., and S, Turner., Assessment of Styrene Emission Controls for FRP/C and Boat Building İndustries. U.S. En U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/R-96/109 (NTIS PB97-104640), 1996.

ÖKSÜZ, Ç., 2014. Tehlikeli Kimyasal Maddelerle Yapılan Çalışmalarda Maruziyet Risk Değerlendirmesi ve Bir Uygulama Örneği. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı İş Müfettişi Yardımcılığı Etüdü, İstanbul, s.10.

SÖYLERİZ, Y., 2016. Tehlikeli Kimyasal Maddelerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri Sunumu. T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı, Ankara, s.1.

TEZCAN, E., 2007. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) da Standartlar. Mühendis ve Makina Dergisi, 48(567):28-30.

URL-1, http://www.marcev.com/c-emisyon_nedir-1.htm (16.07.2017).

URL-2, http://cevreonline.com/hava-ve-kirletici-emisyonlar/ (16.07.2017).

URL-3, http://www.subor.com.tr/tr (17.03.2017).

URL-4, http://www.iklim-teknik.com.tr/isiticili_hava_perdesi.php (17.03.2017).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kaan Ünal

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

Doğum Yeri ve Tarihi : Gaziantep 09.04.1984

Telefon : 0551 425 88 33

Faks :

e-mail : kaanunal27@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Merkez Anadolu Lisesi, Şehitkâmil, Gaziantep	2002
Üniversite	:	Gazi Üniversitesi, Merkez, Çorum	2006
Yüksek Lisans:			
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
09.2016-03.2017	Beşsan Makarna Gıda San. ve Tic A.Ş.	Üretim ve Bakım S.
09.2014-08.2016	Sanko Holding Tekstil İşletmeleri	Mekanik Bakım M.
03.2008-09.2014	Subor Gap Boru Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Üretim M.
02.2006-11.2006	Çiltuğ Isı Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Kalite Kontrol M.

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce (İyi)

BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR