

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONLARI (RMS-A)
KOKULANDIRMA SİSTEMİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan SARIKAYA

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

ARALIK 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONLARI (RMS-A)
KOKULANDIRMA SİSTEMİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hasan SARIKAYA
(501171712)**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail TORÖZ
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cevat ÖZARPA**

ARALIK 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501171712 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Hasan SARIKAYA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONLARI (RMS-A) KOKULANDIRMA SİSTEMİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. İsmail TORÖZ**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Cevat ÖZARPA**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir ALP**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Burçak KAYNAK TEZEL

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Arslan SARAL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 5 Aralık 2019
Savunma Tarihi : 17 Aralık 2019





Her daim yanımda olan aileme,



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın tüm safhalarında değerli bilgilerini esirgemeyen, araştırmalarımda bana yön veren ve tecrübelerinden faydalandığım değerli danışmanlarım, çalışmamın bütün aşamalarını titizlikle takip edip beni yönlendiren, bana emek veren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli danışmanlarım Sayın Prof. Dr. İsmail Toröz'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cevat Özarpa' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca saha araştırmalarım esnasında katkılardan dolayı petrol mühendisi meslektaşım Fiogaz mühendisi Sayın Müzeyyen Demir'e, BOTAŞ ve İstanbul Gaz Dağıtım Anonim Şirketi saygıdeğer mühendislerine, personellerine teşekkürü bir borç bilirim. Eğitim hayatım boyunca sevgi, saygı ve desteklerini esirgemeyen, topluma faydalı bir birey olmak için yetişmemi sağlayan aileme ve çalışmamı hazırlamam esnasında beni motive eden değerli sıra arkadaşlarıma ve Kübra Aygün'e, Ali Cem Bulut'a, Ramazan Çetin'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2019

Hasan SARIKAYA



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tez Çalışmasının Önemi.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. DOĞALGAZ.....	3
2.1 Doğalgazın Yapısal Özellikleri	3
2.2 Doğalgazın Çevresel Etkileri	5
2.3 Doğalgaz Üretimi ve Kullanıma Hazırlanması	6
2.4 Doğalgaz İletim	7
2.5 Doğalgaz Dağıtım.....	8
2.6 Dünyada ve Türkiye’de Doğalgaz.....	9
2.6.1 Dünyada doğalgaz sektörü.....	9
2.6.2 Türkiye’de doğalgaz sektörü.....	11
3. DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONU.....	15
3.1 RMS-A İstasyonları Tasarımı	16
3.1.1 Şehir giriş istasyonları temel tasarım kriterleri	17
3.1.2 Şehir giriş istasyonlarının temel bileşenleri	18
3.2 İstasyon Yerinin Seçimi.....	18
3.3 RMS-A İstasyonları Çalışma Prensibi.....	19
3.4 Gaz Kromotografi İle Koku Miktarı Takibi.....	19
3.5 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma İhtiyacı	21
3.6 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sistemi.....	21
3.7 RMS-A İstasyonlarına Koku Kimyasalı Tedariği.....	23
3.8 RMS-A İstasyonunda Koku Kimyasalının Depolanması	24
3.9 RMS-A İstasyonunda Tanka Koku Maddesi Dolumu.....	25
3.10 Koku Kimyasalının Sisteme Enjeksiyonu	26
3.11 Dağıtım Hatlarında Kokulandırma Kimyasal Konsantrasyonun Takibi	27
4. DOĞALGAZ KOKULANDIRMA.....	31
4.1 Koku Verici Maddeden İstenen Genel Özellikler	32
4.2 Doğalgaz Kokulandırıcılar.....	33
4.2.1 Tetrahydrothiophene (THT).....	35
4.2.2 Dimetil sülfid (DMS)	36
4.2.3 Dietil sülfid (DES)	37
4.2.4 Metil etil sülfid (MES)	38
4.2.5 Sekonder bütül merkaptan (SBM).....	39
4.2.6 Tersiyer-bütül merkaptan (TBM).....	40
4.2.7 Etil merkaptan (EM)	41
4.2.8 N-Propil merkaptan (NPM)	42

4.2.9 İzopropil merkaptan (IPM).....	43
4.2.10 Metil akrilat (MA).....	44
4.2.11 Etil akrilat (EA).....	45
4.2.12 Koku karışımları	46
4.3 Doğalgazın Kokulandırıcılarla Yeraltına Depolanması	47
4.4 Gaz İçerisinde Bulunması Gerekli Minimum Koku Miktarı Hesaplanması	47
4.5 THT Kimyasalı	49
4.5.1 THT Kullanım Alanları	49
4.5.2 THT'nin Avantaj ve Dezavantajları.....	50
4.5.3 THT Çevrede Taşınımı ve Davranışı	50
4.5.5. Kaçak Doğalgazın Tespiti Yoğunlu Geriye Hesaplama Yöntemi	52
5. RMS-A KOKULANDIRMA SİSTEMİ ÇEVRESEL ETKİLERİ	53
5.1 RMS-A Kokulandırma Sistemi Çevre Boyut Etki Değerlendirmesi	53
5.1.1 Çevre boyutları belirlenirken göz önünde bulundurulacak durumlar	55
5.1.2 Kokulandırma sistemi çevre etkilerinin belirlenmesi	55
5.1.3 Değerlendirme Sistemi	56
5.1.4 Çevre etkilerinin tehlike değerinin belirlenmesi.....	57
5.2 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sistemi Tehlike Değeri Hesaplama ...	61
5.3 RMS-A İstasyonunda Kullanılan Kokulandırıcı Kimyasallar Sağlık Etkileri .	64
5.4 Kokulandırıcı Kimyasallar Zararlılık Önlem İfadeleri Tanımlanması.....	65
5.5 Koku verici Maddenin Tespit Edilemediği Durumlar	66
5.6 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sisteminde Karşılaşılan Problemler ..	66
5.7 RMS İstasyonlarında Koku Kimyasalına Maruz Kalma Durumları	67
5.7.1 Çevre sağlığına etkileri.....	67
5.7.2 İnsan sağlığına etkileri	68
5.8 Kokulandırma Sisteminde Acil Durumlar, Müdahale Planı ve Önlemler	68
5.8.1 Kokulandırma tankında meydana gelen sızıntı ve çevreye yayılma	69
5.8.2 Koku kimyasalının kaza sonucu yayılımı ve kişilerin maruziyeti	69
5.8.3 Kokulandırma tankında yangın, parlaması ve patlama.....	70
5.8.4 Koku giderici kimyasalın kaza sonucu yayılımı ve kişilerin maruziyeti ..	71
5.8.5 Koku giderici kimyasal tankının kaza sonucu devrilmesi	72
5.8.6 Koku giderici kimyasal tankında yangın, parlaması ve patlama	73
5.8.7 Kokulandırma tankında doğalgaz yangını, parlaması, patlaması	74
5.9 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sistemi Tehlikeler	75
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

RMS	: Regulation and Measuring Station (Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu)
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GC	: Gaz Kromotografi Cihazı
MSDS	: Material Safety Data Sheet (Malzeme Güvenlik Bilgi Formu)
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition (Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi)
LNG	: Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğalgaz)
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
CNG	: Compressed Natural Gas Acquisition (Sıkıştırılmış Doğalgaz)
TS	: Türk Standardı
KYS	: Kalite Yönetim Sistemi
ÇYS	: Çevre Yönetim Sistemi
İSGYS	: İş Sağlığı Güvenliği Yönetim Sistemi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Amerika doğalgaz boru hattı özellikleri.....	4
Çizelge 3.1 : Kokulandırma ünitesi tankı standartları.....	25
Çizelge 4.1 : THT yapısal özellikleri.....	35
Çizelge 4.2 : DMS yapısal özellikleri.....	36
Çizelge 4.3 : DES yapısal özellikleri.....	37
Çizelge 4.4 : MES yapısal özellikleri.....	38
Çizelge 4.5 : SBM yapısal özellikleri.....	39
Çizelge 4.6 : TBM yapısal özellikleri.....	40
Çizelge 4.7 : EM yapısal özellikleri.....	41
Çizelge 4.8 : NPM yapısal özellikleri.....	42
Çizelge 4.9 : IPM yapısal özellikleri.....	43
Çizelge 4.10 : MA yapısal özellikleri.....	44
Çizelge 4.11 : EA yapısal özellikleri.....	45
Çizelge 4.12 : Yaygın koku karışımlarının temel özellikleri.....	46
Çizelge 4.13: Koku seviyesi.....	48
Çizelge 5.1 : Değerlendirme sistemi puanlama ve olasılık kriterleri.....	57
Çizelge 5.2 : Çevreye yönelik etki şiddeti alanı.....	58
Çizelge 5.3 : Uygunluk yükümlülükleri değerlendirme tablosu.....	58
Çizelge 5.4 : Mevcut durum analizi tablosu.....	59
Çizelge 5.5 : Risk sınıflandırması.....	60
Çizelge 5.6 : Tehlike değeri hesaplaması.....	62
Çizelge 5.7 : KYS-ÇYS-İSGYS entegrasyon tablosu.....	63
Çizelge 5.8 : Kokulandırma kimyasallarının çevresel etkileri.....	64
Çizelge 5.9 : Koku tankı sızma durumunda müdahale planı.....	69
Çizelge 5.10 : Koku tankı sızmaya bağlı kişi maruziyetinde müdahale planı.....	70
Çizelge 5.11 : Koku tankında yangın, parlama ve patlama müdahale planı.....	71
Çizelge 5.12 : Koku giderici kimyasala maruziyet durumunda müdahale planı.....	72
Çizelge 5.13 : Koku giderici tankının devrilmesi durumunda müdahale planı.....	73
Çizelge 5.14 : Koku giderici kimyasal tankında yangın, parlama ve patlama.....	73
Çizelge 5.15 : Kokulandırma tankında doğalgaz yangını, parlaması ve patlaması.....	74



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 1990-2040 kaynak bazında dünya enerji talebi.	9
Şekil 2.2 : 2017 yılı dünya ispatlanmış doğal gaz rezervleri dağılımı.	10
Şekil 2.3 : 2008-2017 bölgelere göre dünya doğalgaz üretimi.	10
Şekil 2.4 : 2008-2017 dünya doğalgaz tüketimi.	11
Şekil 2.5 : 2017 yılı Türkiye birincil enerji arzı içerisinde kaynakların dağılımı.	12
Şekil 2.6 : 2004-2018 yılları Türkiye doğalgaz arzı ve yerli üretim oranları.	13
Şekil 2.7 : 2018 yılı Türkiye'nin ithal ettiği doğalgazın kaynak ülkelere dağılımı. ..	14
Şekil 3.1 : RMS-A istasyonu.	16
Şekil 3.2 : Gaz kromotografi cihazı.	20
Şekil 3.3 : RMS istasyonu kokulandırma ünitesi akış diyagramı.	22
Şekil 3.4 : Koku kimyasalı tedarik aracı.	24
Şekil 3.5 : Koku kimyasalı tankı.	24
Şekil 3.6 : Kokulandırma ünitesi bileşenleri.	26
Şekil 3.7 : Koku kimyasalını doğalgaz boru hattına dağıtım ünitesi.	27
Şekil 3.8 : Online koku ölçme sistemi.	28
Şekil 3.9 : THT gaz kromotografisi.	29
Şekil 4.1 : NFPA tehlikeli madde işaretçileri.	35
Şekil 4.2 : THT NFPA oranı.	36
Şekil 4.3 : THT çizgi formülü.	36
Şekil 4.4 : DMS NFPA oranı.	37
Şekil 4.5 : DMS çizgi formülü.	37
Şekil 4.6 : DES NFPA oranı.	38
Şekil 4.7 : DES çizgi formülü.	38
Şekil 4.8 : MES NFPA oranı.	39
Şekil 4.9 : MES çizgi formülü.	39
Şekil 4.10 : SBM NFPA oranı.	40
Şekil 4.11 : THT çizgi formülü.	40
Şekil 4.12 : TBM NFPA oranı.	41
Şekil 4.13 : TBM çizgi formülü.	41
Şekil 4.14 : EM NFPA oranı.	42
Şekil 4.15 : EM çizgi formülü.	42
Şekil 4.16 : NPM NFPA oranı.	43
Şekil 4.17 : THT çizgi formülü.	43
Şekil 4.18 : IPM NFPA oranı.	44
Şekil 4.19 : IPM çizgi formülü.	44
Şekil 4.20 : MA NFPA oranı.	45
Şekil 4.21 : MA çizgi formülü.	45
Şekil 4.22 : EA NFPA oranı.	46
Şekil 4.23 : EA çizgi formülü.	46
Şekil 4.24 : THT'nin toprakta adsorpsiyon kapasitesi.	51

Şekil 4.25 : Topraktaki su içeriğinin toprakta adsorbe edilen THT miktarına etkisi.	52
Şekil 5.1 : Zararlılık ifade açıklaması.	64
Şekil 5.2 : Önlem ifadesi açıklaması.	65



DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONLARI (RMS-A) KOKULANDIRMA SİSTEMİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Dünyada hızlı bir şekilde artan nüfusa ve sanayileşmeye bağlı olarak enerji ihtiyacı artmakta ve bu enerji ihtiyacı büyük oranda fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtlar içerisinde enerji ihtiyacının karşılanmasında çok büyük öneme sahip olan doğalgazdan dünya enerji ihtiyacının yüzde 24 kadarı sağlanmaktadır. Dünya doğalgaz rezervlerine bakacak olursak Orta Doğu bölgesi, Avrasya bölgesi, Asya Pasifik bölgesi, Afrika bölgesi ve Amerika'nın birçok bölgesinde bulunmaktadır. Bu rezervlerin üretim ve tüketim oranlarına bakıldığında birçok bölge doğalgaz arz talep oranını tam olarak karşılayamaktadır. Ülkemiz doğalgaz rezerv kaynakları ise arz talep dengesini sağlamada çok büyük bir oranda yetersiz kalmakta ve bu bakımdan ülkemiz doğalgazda dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Enerji verimliliği yüksek olan doğalgaz rezervlerinin üretim sahalarından renksiz ve kokusuz olarak sondaj yöntemleriyle üretildikten sonra tüketicinin ihtiyaçlarına cevap verebilmesi için birtakım süreçten geçmektedir. Bu süreçte sondaj yöntemiyle üretilen doğalgaz iletim hatlarıyla şehirlere taşınması için basınç düşürme ve ölçüm istasyonu (RMS-A) istasyonlarına getirilmektedir. Bu istasyonlarda renksiz ve kokusuz olan doğalgazın kokulandırılması ve daha sonrasında şehirlere dağıtımını gerçekleştirilmektedir. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarına olan ihtiyacın temel sebeplerinden bir tanesi, iletim hattından gelen yüksek basınçlı doğalgazın basıncını düşürerek sanayi kuruluşlarına ve konutlara verebilmektir. Şehir giriş istasyonlarının tasarımında bölge doğalgaz kullanım miktarına bağlı olarak işletme basıncı, sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak dizayn edilmektedir. Bu istasyonların tasarımında önemli kriterlerinden bir tanesi de kokulandırma sistemi dizaynıdır.

Doğalgazın kokulandırılması, tüketicinin doğalgazı kullanımı için çevre ve insan sağlığı ve güvenliği açısından kokulandırılması gerekli ve zorunlu bir durum haline gelmektedir. Doğalgazın yapısal özellikleri detaylı bir şekilde incelendiğinde renksiz ve kokusuz olan doğalgaz kapalı ortamlarda birtakım nedenlerden ötürü sızması ve birikmesiyle, yapısal olarak zehirleyici etkisi olmayan doğalgazın bir süre sonra kapalı ortam oksijen oranını düşürmesiyle bireylerde boğulma durumu gerçekleşmektedir. Bu açıdan bakıldığında doğalgazın kokulandırılması ve bireylerin ortamdaki doğalgazı fark edebilmesi açısından kokulandırma çok büyük bir önem arz etmektedir. Doğalgazın kokulandırılması sürecini, kokulandırmanın gerekliliklerini ve kokulandırma kimyasallarının çevresel etkilerini konu edinen bu Yüksek Lisans Tezi, üretim hatlarından yüksek basınçla gelen doğalgazın basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında (RMS-A) çeşitli kimyasallarla kokulandırılması sırasında kullanılan maddelerin çevresel etkileri üzerinde literatürde herhangi bir araştırma yapılmamış olması sebebiyle ve bu etkilere yönelik alınması gerekli tedbirlerin araştırılması gerekliliğini ortaya koymayı hedeflemiştir. Bu tedbirleri belirlerken kokulandırılmış doğalgazın tüketiciye güvenli iletimini de göz önünde bulundurarak kokulandırma

sisteminin çevresel risk oluşturmadan RMS-A istasyonlarında kokusuz olan doğalgaza uygulanması gereken gereklilikleri de ortaya koymayı da hedeflemiştir.

Bu doğrultuda doğalgazın ilk üretiminden, kullanım alanlarına ve kullanım amaçlarına bakıldığında doğalgaz ne kadarda çevre dostu bir fosil kaynaklı yakıt olsa da doğalgazın renksiz ve kokusuz olmasından ötürü fark edilememesi insanlar tarafından, birtakım kullanım amacına uygun olmayan zararlı etkiler doğurabilmektedir. Bu zararlı etkilerin önüne geçebilmek adına doğalgazın kokulandırılma ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenden ötürü doğalgazın yapısal özellikleri, çevresel etkileri, üretim süreci, kullanıma hazırlanması ve ardından kullanıcıların tüketimi için olan süreci başlangıçta ele alınmış ve bu süreçteki prosesler açıklanmıştır. Bu süreçler incelendiğinde kokusuz olan doğalgazın kokulandırılma gerekliliği açıklanmış ve kullanıcıların ihtiyaçlarına göre kokulandırma prosesi detaylı bir şekilde araştırılıp, incelenmiştir.

Sondaj yöntemiyle üretilen doğalgaz iletim hatlarıyla RMS-A olarak adlandırılan basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarına getirilir. Doğalgaz A tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında (RMS-A) şehre dağıtımı gerçekleşecek doğalgaza filtrasyon, ısıtma, basınç düşürme, ölçüm, ve kokulandırma işlemlerinin gerçekleştirildiği tesislerdir. İletim hatlarıyla gelen doğalgazda bazı kirlenici partikül maddeler bulunması dolayısıyla doğalgaz öncelikle bu istasyonlarda bir filtrasyon sürecine tabi tutulmakta. Filtre edilen doğalgaz ardından ısıtıcılardan geçirilerek sıcaklığı artırılmakta bu işlemin yapılmasının sebebi yüksek basınçla iletim hatlarından istasyona gelen doğalgazın basıncı bu istasyonda düşürülürken bu ani basınç düşümlerinden kaynaklı doğalgazın yoğunlaşarak sıcaklığına düşmesini istemediğimizden ötürüdür. Isıtıcılardan geçirilen doğalgazın bir sonraki prosesi ölçüm sürecidir. Ölçüm sürecinde doğalgazın işletme basıncı değerlerinde olup olmadığı akış debisi gibi faktörler ölçülür. RMS-A istasyonlarındaki en son süreç ise tüketime sunulmadan önce kokusuz olan doğalgaz kokulandırıcı maddeler eklenerek otomatik olarak kokulandırılma sürecidir. Bu koku kimyasallarının kokusu çürümüş sarımsak kokusu gibidir bunun sebebi doğalgaz kullanıcılarının olası doğalgaz kaçağında kötü kokuyu fark etmesini sağlamaktır. Doğalgazın kokulandırılmasında kullanılan bu koku maddeleri genellikle tetrahidro tiyofen (THT) ve tersiyer bütül merkaptan (TBM) kimyasallarıdır. Bu kimyasalların tercih edilmesinde çeşitli sebepler bulunmaktadır; bunlardan bazıları bu kimyasalların doğalgazla karıştırıldığında, doğalgaza ve boru hatlarına yok denecek kadar az etkilerinin olması, ayrıca doğalgazın yanma sürecinde doğalgazın enerji verimliliğinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmaması da tercih sebebidir. Fakat bu kimyasalların kullanımı esnasında oluşabilecek çevresel etkiler bulunmakta ve bu etkiler dikkatle ele alınmalı ve incelenmelidir. Ayrıca bu çalışma kapsamında dünyada doğalgaz kokulandırma işleminin tarihsel süreci araştırılıp, doğalgaz kokulandırmada kullanılan dimetil sülfid, dietil sülfid, metil etil sülfid, sekonder bütül merkaptan, tersiyer bütül merkaptan, etil merkaptan, N-izopropil merkaptan, izopropil merkaptan, metil akrilat, etil akrilat ve bazı koku karışımları incelenmiştir. İncelemeler neticesinde doğalgaz kokulandırma kimyasallarının yapısal özellikleri ve buna bağlı çevresel etkileri dikkatle alınarak RMS-A istasyonlarında kullanılması gerekli koku kimyasalının tercihi araştırılmıştır. Belirli bir koku kimyasalının seçim kriterleri, mevcut doğalgaz kokulandırma maddelerinin kimyasal ve fiziksel karakteristiklerini, kokulandırılacak gazın özelliklerini, boru hattının bulunduğu güzergahın özelliklerine örneğin, toprak özellikleri, inşaat malzemesi ve boru hattı durumu, ortam koşullarının bilinmesi gibi faktörlere bağlıdır.

Ülkemizde doğalgazın kokulandırılmasında çoğunlukla kokulandırmada kullanılan kimyasal karışımı THT-TBM'dir. Bu çalışmada THT koku kimyasalının malzeme güvenlik bilgi formu (MSDS) formlarından da yararlanılarak fiziksel ve kimyasal özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiş ardından RMS-A istasyonlarında bu kokulandırma kimyasallarının istasyona tedarik süreci, depolanması ve dağıtım hattına enjeksiyonu sürecinde gözlemler yapılmıştır. Yapılan gözlemler neticesinde istasyonda kokulandırma sisteminde beklenmedik durumlara bağlı olarak bazı insan ve çevre sağlığı açısından risk teşkil edebilecek çevresel etkiler belirlenmiştir. Belirlenen çevresel etkiler sonrası, çevre boyut etki değerlendirme çalışması yapılarak sürdürülebilir çevre ve şehircilik bakış açısıyla ayrıca yaşam döngüsü analiz edilerek fırsatların ele alınmasını, tüm çevresel etki ve boyutların değerlendirilmesini, bunlardan çevreye etkisi olanların tanımlanması, sistematik bir şekilde kontrol altına alınması, mümkünse kaynağında azaltılması veya ortadan kaldırılması için yapılması gerekli çalışmalar araştırılmıştır. Bu bakımdan RMS-A kokulandırma sistemi çevre boyut etkisi değerlendirilip doğalgaz kokulandırma sisteminin çevresel etki oluşumunun önüne geçebilmek bu mümkün değilse çevresel etkilerin en aza indirilmesini için bu değerlendirme çalışması yapılmıştır.

Yapılan değerlendirme çalışması sonucu ile doğalgaz kokulandırma kimyasalına bağlı çevresel etkilere maruziyet yolları tespit edilmiştir. Belirlenen bu çevresel etkilerin oluşum sebepleri detaylı bir şekilde araştırılıp, bu nedenlerin ortadan kaldırılabilmesi için araştırmalar yapılmıştır. Tespit edilen çevresel etki oluşturan durumlar için tehlike değeri hesaplamaları risk, uygunluk yükümlülüklerine uyum, ve mevcut durum kriterleri değerlendirilerek yapılarak, yapılan hesaplama neticesinde oluşan bu çevresel etkilerin bertarafı için öncelik sıralaması yapılarak riskin önem derecesine göre sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan bu sınıflandırma sonuçlarını da göz önünde bulundurularak sonrasında basınç düşürme ve ölçüm istasyonunda doğalgaz kokulandırma sisteminde acil durumlar ve eylem planları araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde RMS-A istasyonunda bu kimyasalları kullanan doğalgaz dağıtım şirketleri Doğalgaz Dağıtım Şirketlerinin İşletmecilik Faaliyetlerine İlişkin Usul ve Esaslar adlı yönetmelikte geçen kokulandırma sistemi yükümlükleri de incelenmiştir. Bu incelemeler neticesinde istasyondaki kokulandırma sisteminde oluşabilecek bazı acil durumlar tespit edilmiş ve bu durumlarda yapılması gerekli işlemler açıklanmıştır.

RMS-A istasyonlarında kokulandırma sistemindeki araştırma sonuçları gösterdi ki, kokulandırma sistemine bağlı olarak çevre ve insan sağlığı için kokunun yayılımına bağlı birçok çevresel etkileri belirlenmiştir. Bu etkilere sebebiyet verecek durumların başında personel hataları, arıza durumlar gibi faktörler yer almaktadır. Bu durumlar da tespit edilip doğalgaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında, alınması gerekli olan tedbirler kararlaştırılarak çevresel etkilerin giderimi için değerlendirmeler yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.



INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ODORIZATION SYSTEMS IN NATURAL GAS PRESSURE REDUCING AND METERING STATIONS (RMS-A)

SUMMARY

Due to the rapidly increasing population and industrialization in the world, the energy demand increases and this is mostly supplied from fossil fuels. 24 percent of the world's energy need is provided from natural gas, a fossil fuel, which is very important in meeting the energy requirement. Looking at the world's natural gas reserves, it is located in the Middle East region, Eurasia region, Asia Pacific region, Africa region and many regions of America. When the production and consumption rates of these reserves are considered, many regions do not fully meet the natural gas supply and demand ratio. Our country's natural gas reserve resources, on the other hand, are inadequate to provide supply and demand balance, so our country is a dependent country in natural gas. After the energy efficient natural gas reserves are produced from the production sites as colorless and odorless by drilling methods, it goes through a number of processes in order to meet the needs of the consumers. In this process, natural gas produced by drilling method is brought to pressure reduction and measurement station (RMS-A) stations for transportation to cities. In these stations, the process of odorization of the colorless and odorless natural gas and transportation to the cities is executed. One of the necessary components for pressure reduction and measurement stations is to reduce the pressure of high pressure natural gas coming from the transmission line in order provide for industrial organizations and housing. In the design of city entrance stations, the zone is designed depending on factors such as operating pressure and temperature depending on the amount of natural gas usage. One of the important criteria in the design of these stations is the design of the odorization system.

The odorization of natural gas becomes a necessary and mandatory condition for the consumer to use natural gas in terms of environment and human health and safety. When the structural properties of natural gas are examined in detail, colorless and odorless natural gas seeps and accumulates in closed environments due to a number of reasons and natural gas which has no structurally toxic effects decreases the indoor oxygen ratio after a while and that ultimately leads to asphyxiation of individual. From this point of view, it is very important to odorize the natural gas and to become aware of natural gas in the environment. This Master Thesis, which focuses on the process of odorization of natural gas, the requirements of odorization and the environmental effects of odorization chemicals, is not related to the environmental effects of substances used in the pressure reduction and measurement stations (RMS-A) of the natural gas coming from the production lines because there is no solid research on this topic but it aims to investigate the necessary measures to be taken before these effects. While determining these measures, considering the safe transmission of odorized natural gas to the consumer, it also aimed at revealing the requirements that the

odorization system should be applied to the odorless natural gas at RMS-A stations without causing environmental risk.

In this respect, although the natural gas is an environmentally friendly fossil-based fuel by looking at its first production, usage areas and purposes, the fact that the natural gas cannot be noticed due to its colorless and odorless nature can have harmful effects which are not suitable for some purpose. In order to prevent these harmful effects, there is a need to odorize the natural gas. For this reason, the structural properties of natural gas, environmental impacts, production process, preparation for use, and then the process for the consumption by users were initially discussed and the processes in this process were explained. When these processes were examined, the necessity of odorization of the odorless natural gas is explained and the odorization process is researched and examined in detail with respect to consumer needs.

Natural gas produced by drilling method is brought to pressure reducing and measuring stations called RMS-A. It is the facility where natural gas filtration, heating, pressure reduction, measurement and odorization operations will be carried out in A type pressure reducing and measuring stations (RMS-A). Due to the presence of some pollutant particulate matter in the natural gas coming through the transmission pipe lines, the natural gas is first subjected to a filtration process in these stations. The filtered natural gas is then passed through the heaters and the temperature is increased. The reason for this process is due to the fact that we do not want the natural gas coming to the station from the high pressure transmission lines to be lowered at this station while we do not want the natural gas caused by these sudden pressure drops to fall to the condensation temperature. The next process after the natural gas passed through heaters is the measurement process. In the measurement process, factors such as whether the natural gas is in operating pressure values or not, such as flow rate are measured. The latest process in RMS-A stations is the process of automatic odorization by adding odorizing agents to the odorless natural gas before they are put into consumption. The smell of these chemicals is like the smell of rotten garlic, which is why natural gas users can detect the bad smell in case of possible gas leakage. These odorants used in the smelling of natural gas are usually tetrahydro thiophene (THT) and tertiary butyl mercaptan (TBM) chemicals. There are several reasons why these chemicals are preferred. Some of them are when these chemicals are mixed with natural gas, they have almost no effect on pipelines, and also in the combustion process of natural gas they don't have any negative effects on energy efficiency of natural gas. However, there are environmental impacts that may occur during the use of these chemicals and these impacts should be carefully considered and investigated. In this study, the historical process of natural gas odorization process in the world is investigated and used in natural gas scenting, such as dimethyl sulfide, diethyl sulfite, methyl ethyl sulfide, secondary butyl mercaptan, tertiary butyl mercaptan, ethyl mercaptan, N-isopropyl mercaptan, isopropyl mercaptan, methyl acrylate, ethyl acrylate and some odor mixtures were investigated. As a result of the investigations, the structural properties of natural gas odorization chemicals and related environmental effects were taken into consideration and the preference of the odor chemical to be used in RMS-A stations was investigated. The selection criteria of a particular odor chemical depend on factors such as the chemical and physical characteristics of the existing natural gas odorization agents, the properties of the gas to be odorized, the characteristics of the route where the pipeline is located, for example, soil properties, construction material and pipeline condition, knowledge of the ambient conditions.

In our country, THT-TBM is the chemical mixture that is mostly used in the odorization of natural gas. In this study, physical and chemical properties of THT odor chemical have been examined in detail by using Material Safety Data Sheet (MSDS) forms. Then, observations were made at RMS-A stations during the procurement process, storage and injection of these odorization chemicals to the station. As a result of the observations, environmental impacts that may pose some risk to human and environmental health were found due to unexpected situations in the odorization system at the station. After the determined environmental impacts, the environmental dimension impact assessment study is carried out to evaluate opportunities from the perspective of sustainable environment and urbanism as well as to analyze the life cycle, to evaluate all environmental impacts and dimensions, to identify those who have environmental impacts, to reduce them in a systematic way or to eliminate them if possible. So, necessary studies to eliminate these problems were investigated. In this respect, the RMS-A odorization system has been evaluated for the environmental impact, and if this is not possible in order to prevent the environmental impact of the natural gas odorization system, this evaluation study has been conducted to minimize the environmental impacts.

In addition, ways of exposure to these effects have been identified. The reasons for the occurrence of these identified environmental impacts have been investigated in detail and researches have been conducted in order to eliminate these causes. Hazard value calculations for the identified environmental impacts were made by evaluating the risk, suitability with compliance obligations, and current status criteria, and prioritizing the environmental impacts resulting from the calculation, according to the severity of the risk. Considering the results of this classification, emergency situations and action plans were investigated in the natural gas odorization system at the pressure reduction and measurement station. Hazard values of the detected environmental impacts were determined and priority was determined for the elimination of these impacts. Then, emergency situations and action plans in the odorization system were investigated. As a result of the researches, the natural gas distribution companies using these chemicals in the RMS-A station were also examined for the odorization system obligations mentioned in the Regulation on Procedures and Principles Regarding the Management Activities of Natural Gas Distribution Companies. As a result of these examinations, some emergencies that may occur in the odorization system in the station were identified and the necessary actions to be taken in these cases were explained.

The results of the research in the odorization system in RMS-A stations showed that, depending on the odorization system, many environmental effects related to the spread of odor were determined for the environment and human health. Factors such as personnel errors and incidental situations are among the most important situations that will cause these cultivations. These situations were also determined and the necessary measures were taken in natural gas pressure reduction and measurement stations and evaluations were made for the elimination of environmental impacts and recommendations were made.



1. GİRİŞ

1.1 Tez Çalışmasının Önemi

Enerji kaynakları, birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlar, nükleer enerji kaynakları, güneş, rüzgar, jeotermal ve hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları ise elektrik ve ısı gibi kaynaklardır. Dünya enerji gereksiniminin karşılanmasında üzerinde en çok kullanılan birincil enerji kaynaklarıdır. Bunlar arasında da en çok kullanılan fosil yakıtlardır ve fosil yakıtlar içerisinde büyük bir oranı olan doğalgazın dünya enerji ihtiyacının karşılanmasındaki payı oldukça büyüktür. Enerji gereksinimi hızla artması, nüfus oranı ve sanayileşmenin hızla büyümesi sürekli olarak doğalgaza bağımlılığı diğer fosil yakıtlara göre daha çevreci olmasından ötürü artırmaktadır.

Ülkemizde 2018 yılı doğalgaz tüketim miktarı 2018 yılında 49.328,93 milyon Sm^3 olmuştur[1]. Bu tüketim miktarı enerji ihtiyacımızın karşılanmasında ülke ekonomisine büyük bir yük teşkil etmektedir. Bu tüketim miktarı beraberinde kokusuz olan doğalgazın kokulandırılması ihtiyacını bu oranda karşılama zorunluluğunu gerekli kılmaktadır.

Kokulandırmada kullanılan tetrahidrotiyofen (THT) ve tersiyerbütül merkaptan (TBM) kimyasalarının yapısal özelliklerine bakıldığında doğalgazla karıştırıldığında doğalgazın kendi yapısal özelliklerini hemen hemen hiç değiştirmedeği gözlenmiştir. Fakat THT ve TBM koku kimyasal karışımının doğalgaz kokulandırma sistemine enjeksiyonu esnasında ve daha sonrasında kokulandırılmış doğalgazın bu kimyasala bağlı olarak insanlara ve çevreye olan zararlı etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler insanlarda solunum yolları rahatsızlıkları, deri hastalıkları gibi etkileri bulunmaktadır. Çevre sağlığı açısından ise rahatsız edici bir koku yaymakta ve ayrıca suya karışması durumunda da sucul yaşam için çok büyük tehditler oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasının önemi doğalgaz kokulandırma kimyasal karışımının RMS-A istasyonlarına nakli, dolumu, sisteme enjeksiyonu sürecinde oluşabilecek çevresel

etkileri belirleme, çevresel etkilerin oluşmasını önleme veya minimal düzeyde etki oluşturmak için yapılması gerekli çalışmaları araştırıp, açıklamaktır. Ayrıca doğalgaz kullanıcılarından gelen şikayetlerin büyük bir çoğunluğu koku şikayetine bağlı gelmekte olup, bu şikayetlerin oluşmasına sebep olan önemli durumlardan birisi de RMS-A istasyonlarında uygulanan kokulandırma prosesinin dikkatli bir şekilde uygulanmamasından kaynaklı olabilmesi durumudur. Bu açıdan bakıldığında da bu istasyonlardaki kokulandırma sürecinin önemini birkez daha ortaya koymaktadır. Bu alanda literatürde herhangi bir doktora tezi veya yüksek lisans tezinin yapılmamış olması ve bu çalışmanın literature olan katkısı açısından bu yüksek lisans tezini önemli kılmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı kokusuz olan doğalgazın kokulandırma prosesinin gerçekleştirildiği basınç düşürme ve ölçüm istasyonu (RMS-A) olarak bilinen istasyonunun tanıtımı, burada gerçekleştirilen süreç ve özellikle doğalgaz kokulandırma sürecinin anlatılmasıdır. Doğalgazın kokulandırılma ihtiyacını ve bunu sağlayan kimyasalların yapısal özellikleri değerlendirilip çevresel etkileri incelenerek oluşabilecek çevresel etkilerin en düşük seviyelere çekilmesi veya çevresel etkileri tamamen ortadan kaldırmak için gerçekleştirilmesi gereken faaliyetleri kapsamaktadır. Ayrıca RMS-A istasyonunda ve çevresinde bu etkilere maruziyeti önlemek için yapılması gerekli çalışmaları ve maruz kalınması durumunda istasyonda görevli kişilerin neler yapmaları gerektiğini açıklamayı amaçlamıştır. Bu araştırmalar neticesinde RMS-A istasyonlarındaki kokulandırma sürecinin çevresel etki oluşturmaması için yapılması gerekli çalışmaları da göz önünde bulundurarak yapılması gerekliliğini ortaya koymayı amaçlamıştır.

2. DOĞALGAZ

Doğalgaz terimi, hidrokarbonca zengin gazı belirtir; petrol yataklarında, doğalgaz yataklarında ve kömür yataklarında bulunan gaz fosil bir yakıttır[2, 3]. İlk kaydedilen doğalgaz kuyusu 1821 yılında, doğalgazın babası olarak kabul edilen William Hart tarafından Amerika'nın Fredonia köyünde kazılmıştır. Daha yakın bir zamanda, ham petrol sondajının yapılmasının bir sonucu olarak doğalgaz keşfedildi. 19. yüzyıl boyunca, uzun mesafeli gaz taşımacılığı için güvenli bir yapı bulunmaması nedeniyle doğalgaz yerel olarak bir ışık kaynağı olarak kullanılmıştır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra, gaz taşımacılığına yönelik güvenilir, uzun mesafeli boru hatlarının inşası ile doğalgaz yaygın olarak kullanılmıştır[3, 4, 5].

2.1 Doğalgazın Yapısal Özellikleri

Doğalgaz, dört hidrokarbon atomundan ve bir karbon atomundan oluşur. Saf haliyle, doğalgaz renksiz, şekilsiz ve kokusuzdur. Yanıcı bir gazdır ve yandığında önemli miktarda enerji yayar[6]. Diğer fosil yakıtlara kömür ve ham petrole kıyasla çevre dostu temiz bir yakıt olarak kabul edilir. Genel olarak doğal gaz, gaz veya petrol kuyularından üretilir. Metan, doğal gazdaki ana bileşendir ve genellikle bileşenlerin % 80' inden fazlasını oluşturur. Kalan bileşenler etan, propan, bütan, hidrojen sülfid ve eklerdir (azot, karbon dioksit ve helyum).

Doğalgazın diğer yapısal özellikleri ise şunlardır;

- Doğalgaz rutubetsiz, kuru bir gazdır.
- -162 °C de sıvı hale gelir.
- Doğalgazın bileşiminin büyük bölümü metandır. CH₄ yaklaşık % 95'tir.
- Doğalgaz içersinde yanmayan hiçbir madde yoktur.
- 1 m³ gazın yanması sonucu ortalama 8250 kcal ısı açığa çıkar.
- Tam yanma sağlanamazsa CO gazı ortaya çıkar.

- Doğalgaz zehirli değildir.
- Doğalgazın ortalama kalorifik değeri 8788 kcal/kg.
- Doğalgazın tutuşma sıcaklığı 650 °C.
- Doğalgazın alev hızı 0,36 m/s.
- Doğalgazın yoğunluğu 0 °C ve 1 atmosfer basınçta 0,67 ile 0,8 kg/m³ arasında değişir.
- Doğalgaz, kapalı bir hacimde hava ile % 5- % 15 oranında karıştığı zaman patlayıcı bir özellik alır; ateş ve kıvılcım gördüğünde patlar[7].

Doğalgazın bu yapısal özelliklerine bağlı olarak doğalgazın boru hatlarında iletimi ve dağıtımını için bazı karakteristik özellikleri sağlamalıdır. Gaz hemen hemen her zaman kullanımdan önce arıtılır, bu da öncelikle kurutma ve tatlandırma anlamına gelir. Çoğu zaman, gaz su buharı ile doyurulur ve glikol üniteleri, doğal gazı 8 mg/m³'lük bir nem içeriğine dehidre edebilir. H₂S içeren doğalgaz, H₂S konsantrasyonunu 4 ppmv'nin altına düşürmek için en yaygın olarak amin işlemiyle tatlandırılır. Ek olarak, iletim sistemlerindeki korozyon miktarını azaltmak için CO₂ % 1-2'ye indirgenmiştir. Pazarlanan doğal gaz için evrensel olarak kabul edilmiş bir şartname yoktur; bununla birlikte, ABD standartları Çizelge 2.1'de listelenmiştir[8].

Çizelge 2.1 : Amerika doğalgaz boru hattı özellikleri.

Karakteristik	Özellikler
Su İçeriği	64-112 mg/m ³
Hidrojen Sülfid	5.7 mg/m ³ (4 ppmv)
Total Isıtma Değeri	35.4 MJ m ³
Yoğuşma noktası 5.6MPa Basınçta	264.9 K
Merkaptan İçeriği	4.6 mg/m ³
Toplam Sülfür	23-114 mg/ m ³
Karbondioksit	1-3 mol %
Oksijen	0-0.4 mol %

2.2 Doğalgazın Çevresel Etkileri

Doğalgaz, onu verimli, nispeten temiz bir yanma ve ekonomik enerji kaynağı yapan birçok özelliğe sahiptir. Bununla birlikte, doğalgaz üretimi ve kullanımı sırasında dikkate alınması gereken bazı çevresel sorunlara ve güvenlik sorunlarına neden olmaktadır.

Doğalgaz nispeten temiz yanan bir fosil yakıttır. Enerji için doğalgaz yakmak, eşit miktarda enerji üretmek için yakılan kömür veya petrol ürünlerinden çok daha az çeşit hava kirlenici madde ve karbondioksit emisyonuna neden olur. Milyonda İngiliz ısı birimi (MMBtu) eşdeğeri doğalgaz eşdeğeri başına yaklaşık 117 kilo karbondioksit üretilirken, MMBtu kömür başına 200 kilogramdan fazla CO₂ ve MMBtu başına 200 kilogramdan damıtılmış akaryakıttan fazla üretir. Doğal gazın temiz yanma özellikleri, elektrik üretimi için doğal gaz kullanımının artmasına ve ABD'deki filo araçları için taşıma yakıtı olarak katkıda bulunmuştur[9].

Doğalgaz esas olarak metandır; buna bağlı olarak güçlü bir sera gazı kaynağıdır. ABD Çevre Koruma Ajansı, 2017 yılında, doğalgaz ve petrol sistemlerinden ve terk edilmiş petrol ve doğalgaz kuyularından kaynaklanan metan emisyonlarının toplam ABD metan emisyonlarının yaklaşık % 32' sini ve toplam ABD sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 4'ünü oluşturduğunu tahmin etmektedir[9].

Petrol ve doğalgaz endüstrisi, doğalgaz sızıntısını önleme konusunda adımlar atmaktadır. Doğalgaz arama, sondaj ve üretim çevreyi etkilemektedir. Karada bir doğalgaz kuyusunun açılması, kuyu sahasının etrafındaki bir alanın temizlenmesini gerektirebilir. Kuyu delme faaliyetleri hava kirliliği yaratır ve insanları, vahşi yaşamı ve su kaynaklarını rahatsız edebilir. Doğalgazı kuyulardan taşıyan boru hatlarının döşenmesi, genellikle borunun gömülmesi için temiz alan gerektirir. Doğalgaz üretimi ayrıca büyük miktarlarda kirli su da üretebilir. Bu su, arazi ve diğer suları kirlenmeyecek şekilde uygun kullanım, depolama ve arıtma gerektirir. Doğalgaz kuyuları ve boru hatlarında sıklıkla hava kirlenici maddeler ve gürültü üreten ekipman ve kompresörleri çalıştıran motorlar vardır. Petrol kuyularında doğal gazın üretildiği ancak satış için taşınması ekonomik olmayan veya yüksek konsantrasyonlarda zehirli bir gaz olan hidrojen sülfid içeren bölgelerde, kuyu alanlarında yakılarak hidrojen sülfid emisyonu oluşturmaktadır. Doğalgazın yakılması, doğalgazın kimyasal bileşimine ve doğalgazın alev içinde ne kadar iyi yandığına bağlı olarak karbondioksit,

karbonmonoksit, kükürt dioksit, azot oksitler ve diğer birçok bileşik üretir. Bununla birlikte, yakma işlemi, doğal gazın havaya salınmasından daha güvenlidir ve CO₂, metan kadar güçlü bir sera gazı olmadığından, toplam sera gazı emisyonlarının düşmesini sağlar.

Doğal gaz üretimi, nakliyesi, dağıtımı ve depolanması sıkı güvenlik düzenlemeleri ve standartları gerektirir Doğal gaz kaçağı patlamaya neden olabileceğinden, güvenli taşımayı, depolamayı, dağıtmayı ve doğal gaz kullanımını sağlamak için katı yasal düzenlemeleri ve endüstri standartları mevcuttur. İşlenmiş doğalgazın kokusu olmadığı için, doğalgaz şirketleri, insanların sızıntılarını koklayabilmeleri için doğal gaza merkaptan ve tetra hidro teofen gibi güçlü, çürük yumurta benzeri bir koku maddesi eklenmektedir[10]. Bu koku maddesinin yapısal özelliklerine bağlı olarak olumsuz çevresel etkileri de bulunmaktadır.

2.3 Doğalgaz Üretimi ve Kullanıma Hazırlanması

Doğalgaz yeraltındaki kayaçların, çok küçük, gözle görülmeyecek durumda olan, mikroskopik gözeneklerin ve çatlakların içerisinde bulunur. Yeraltı formasyonlarında petrolün veya gazın var olup olmadığı kesin olarak yalnızca sondaj yapılarak belirlenebilir. Sondajlarla kanıtlandıktan sonra, var olan doğalgaz üretim kuyularına alınır ki bu doğalgazın yeryüzüne çıktığı yerdir. Yerin derinliklerinde bulunan kayaların gözeneklerinden ve çatlaklarından gelen doğalgaz üretim kuyusuna ulaşır. Doğalgaz aramacılığında yapılan işlemler, sondaj yapılacak noktanın belirlenmesinden itibaren üretim aşamasına kadar yapılan sondaj çalışmaları, saha çalışmaları, sismik çalışmalar, kuyu programı hazırlama çalışmaları, kuyu yeri tespiti, sondaj ve kuyu tamamlama olarak sıralanabilir.

Doğalgaz elde edildiği haliyle kullanıma verilemez. Ham doğalgazda su buharı, hidrojen sülfür, karbon dioksit, helyum, nitrojen v.s, gibi maddeler vardır. Ham doğalgaz boru hatlarına verilmeden önce bir dizi işlemde geçirilerek saflaştırılır ve kurutulur; bunlar gazın içerdiği tüm hidrokarbonların ve akışkanların uzaklaştırılması aşamalarıdır. Hidrokarbon bileşimi ne olursa olsun kuyudan çıkarılan doğalgaza su buharları ve katı kirlilikleri uzaklaştırmak için ön prosesler uygulanır:

- CO₂ 'in ayrıştırılması
- Suyun giderilmesi

- Ağır hidrokarbonların ayrıştırılması
- Azotun giderilmesi
- Gazın temizlenmesi
- Kurutma

Prosesleri uygulanarak doğalgaz kullanıma hazırlanır[7].

2.4 Doğalgaz İletim

Doğalgazın üretim bölgelerinden tüketim bölgelerine verimli ve etkili bir şekilde taşınması, kapsamlı ve ayrıntılı bir ulaşım sistemi gerektirir. Pek çok durumda, belirli bir kuyudan üretilen doğalgazın kullanım noktasına ulaşmak için çok uzak mesafelere gitmesi gerekecektir. Doğalgaz taşıma sistemi, doğalgazı kaynağından hızlı ve verimli bir şekilde taşımak için tasarlanmış, yüksek doğalgaz ihtiyacı olan bölgelere karmaşık bir boru hattı ağından oluşur. Doğalgaz, genellikle, tüketim bölgelerine uzak yerlerde çıkarılan ve bu nedenle uzun mesafeler boyunca taşınması gereken bir enerji kaynağıdır. Gaz halinde elde edilen doğalgazın iletimi için en uygun yöntem; korozyonlara karşı kaplanmış, katodik koruma yapılmış, elektriği izole edilmiş çelik borular kullanılmasıdır. Bu nedenle doğalgazın üretildiği bölgeden tüketileceği bölgeye etkin ve verimli bir şekilde taşınması için kapasitesi yeterli boru hattı şebekesinin kurulması gerekmektedir. Doğalgaz iletim sistemi, çeşitli çaptaki borular, kompresor istasyonları, basınç düşürme ve ölçüm istasyonları, vanalar v.b. ekipmanlardan oluşmaktadır. Başlangıçta, gazın dolaşımını sağlayan yatağın doğal basıncıdır. Sonra boru hattı üzerine kurulan kompresor istasyonları vasıtasıyla yüksek basınçtaki gaz RMS-A istasyonlarına gönderilerek buradan şehirlere dağıtımını gerçekleştirilir[11]. Boru hatlarının avantajı, gazın fiziksel ve kimyasal hallerinin değişmeden taşınmasıdır.

Doğalgazın yüksek basınçlı ve geniş çaplı borularla yerüstünden geçirilmesi arazi şartları nedeniyle bazen mümkün olamamakta veya deniz altından, tünellerden geçilmesi gereken yerlerde özel tip projeler yüksek maliyet gerektirmektedir. Bu gibi durumlarda veya gaz arzının kesintiye uğramaması açısından acil durumlarda doğalgaz dağıtım şebekesine takviye yapılabilmesi amacıyla LNG taşımacılığı tercih edilebilmektedir.

Sıvılaştırılmış doğalgazın deniz yoluyla taşınması bu amaç için özel olarak imal edilmiş tankerlerle yapılmaktadır. LNG tankerleri küresel biçimde yapılabildikleri gibi rüzgar ve yangına karşı özel tedbirlerle dizayn edilmiş ısı yalıtımlı ve manevra kabiliyetli tankerler şeklinde de yapılmaktadırlar. LNG taşımacılığında kullanılan 270-300 m uzunluktaki tankerlerde sıvılaştırılmış doğalgaz, yatay silindirik (25.000 m³), membranlı (70.000 m³) veya küresel (125.000 m³) kaplarda taşınır. Tankerler, normal atmosferik basınçta (1,013 bar) ve -163 °C sıcaklıkta özelliklerini koruyabilecek yapıda olmalıdırlar. Ayrıca hız, limana yanaşma ve boşaltma özellikleri de bu amaçlara uygun olmalıdır. Yüksek basınç altında ve düşük (-163 °C) sıcaklıkta 1/587 oranında küçültülerek sıvılaştırılmış doğalgazın deniz yoluyla tankerlerle taşınması belirli bir risk faktörünü yanında getirirken, yangın ve emniyet tedbirleri, ileri teknoloji ve eğitilmiş personelle bu risk azaltılmaktadır.

2.5 Doğalgaz Dağıtım

Dağıtım şebekesi, değişik çapta borulardan oluşan ve şehir girişlerine kadar yüksek basınçlı iletim hattı vasıtası ile taşınan doğalgazın basıncının düşürülerek nihai tüketicilere dağıtılmasına imkan veren sistem olarak tanımlanmaktadır.

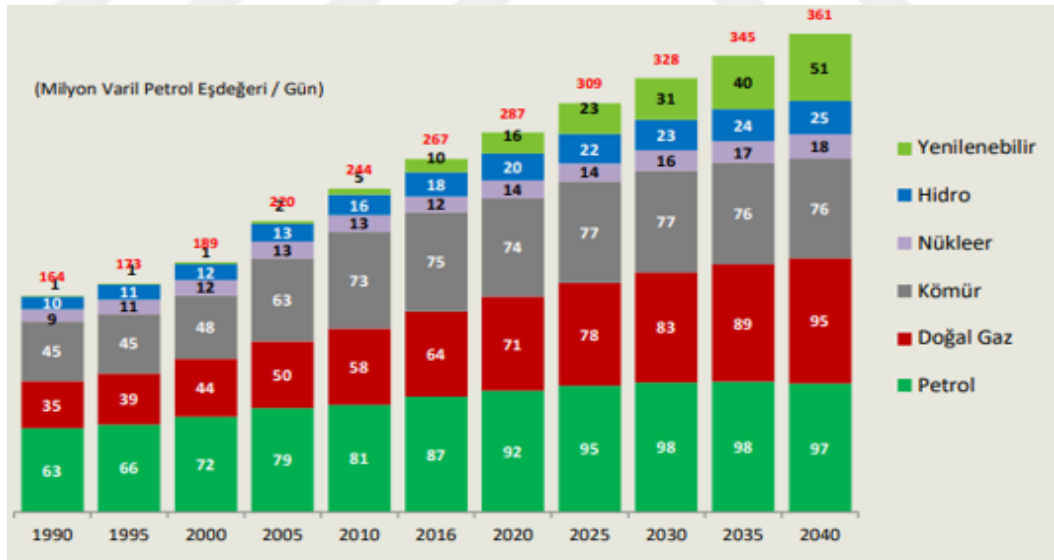
Fabrikalar, elektrik üretim tesisleri ve diğer serbest tüketiciler dışında kalan ve alım yaptıkları gaz miktarı itibarıyla serbest tüketici olmayan tüketiciler sadece yerel dağıtım firmalarından doğalgaz temin edebilmektedir. Yerel dağıtım firmaları kamu kuruluşlarına ya da özel teşebbüslere ait olan ve amacı yüksek basınçlı iletim hattı vasıtası ile “şehir girişi” olarak adlandırılan noktalara kadar getirilen doğalgazı düşük basınçlı dağıtım şebekesi ile sorumlu oldukları coğrafi bölge içerisindeki tüketicilere ulaştırmak, sorumlu oldukları bölgedeki tüketiciler tarafından kullanılan doğalgazı faturalandırmak, yerel dağıtım şebekesinin güvenliğini, bakımını ve düzenli işleyişini sağlamak olan işletmelerdir.

Doğalgaz 80 bar basınca kadar dayanıklı büyük çaplı çelik borularla ve deniz yoluyla sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) olarak taşınmakta, dağıtımı ise polietilen borularla yapılmaktadır. Gazın kuyudan çıkartılıp işlendikten sonra ticari konut ve sanayi kullanıcılara ulaştırılması için kullanılan ana çelik hatlardır. Doğal gazın büyük debide uzun mesafelere yani ülkeler ve şehirlerarası taşınması, yüksek basınçta ve büyük çaplı çelik borularda olmaktadır. Daha önceki yıllarda 20” (inçlik) borular maksimum 20

barlık basınca kadar taşımacılıkta kullanılırken, bugün 56” borularda 80 bar basınca kadar çıkılabilmektedir. Sıvı ve gaz taşımada kullanılan, dikişli ve dikişsiz olarak imal edilen hat borusu, mekanik ve kimyasal özellikleri TS-6047 EN 10208 ve API 5L standartlarında verilen çelik malzemeden yapılmaktadır. Boru hatlarında kullanılan çelik borular için en büyük tehlike korozyondur. Boruları korozyona karşı korumak için, borular dış tedbirlere karşı dıştan polietilen kaplama, iç tedbirlere ve korozyona karşı da içten boya-epoksi- gibi uygun kaplama malzemeleri ile kaplanmaktadır. Doğal gaz boru hatları karayolu, demiryolu, köprü, tünel, deniz v.b. gibi yerlerde hat borusu kendinden büyük çaplı kılıf (keson) borusunun içinden geçirilmelidir[7].

2.6 Dünyada ve Türkiye’de Doğalgaz

Dünyada enerji ihtiyacının artması ve buna bağlı doğalgazın diğer fosil yakıtlarla kıyaslandığında daha çevreci olması nedeniyle doğalgaz dünyada kullanım alanı en çok olan yakıtlardan bir tanesidir. Türkiye doğalgazın çok büyük bir bölümünü satın almasına etmesine karşın doğalgaza olan ihtiyaç her geçen artmaktadır. 1990-2040 kaynak bazında dünya enerji talebi Şekil 2.1’de verilmiştir[12].

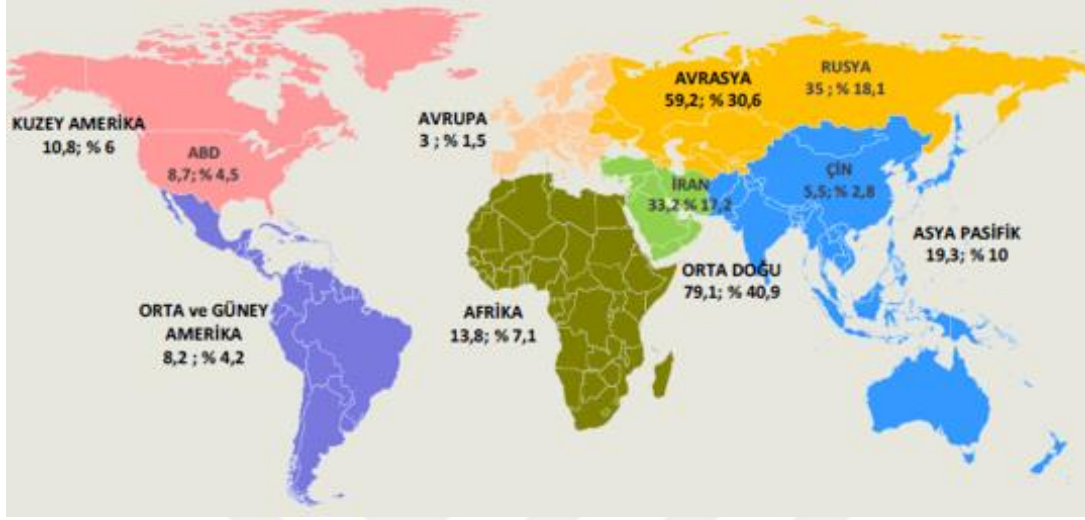


Şekil 2.1 : 1990-2040 kaynak bazında dünya enerji talebi.

2.6.1 Dünyada doğalgaz sektörü

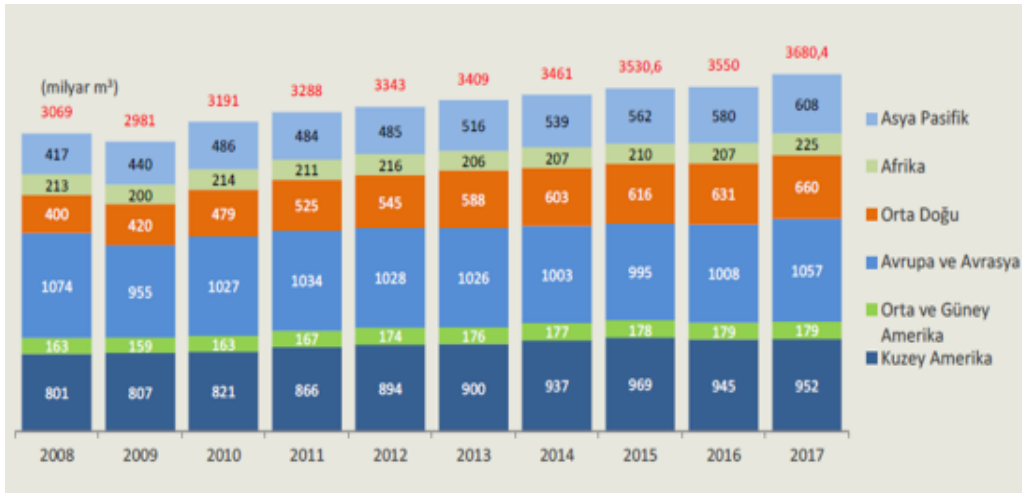
2016 yılına bakıldığında, 193,1 trilyon m³ olan dünya doğalgaz rezervleri, 2017 yılında incelendiğinde %0,2 artarak 193,5 trilyon m³ olarak tespit edilmiştir. Dünya doğalgaz rezervlerinin %40,9’u Orta Doğu bölgesinde bulunmakta, %30,6’sı Avrasya

bölgesinde bulunmakta, %10'u Asya Pasifik bölgesinde bulunmakta, %7,1'i Afrika bölgesinde bulunmakta, %5,6'sı Kuzey Amerika bölgesinde bulunmakta, %4,2'si Orta ve Güney Amerika'da ve %1,5'i ise Avrupa'da bulunmaktadır. 2017 yılı dünya ispatlanmış doğal gaz rezervleri dağılımı Şekil 2.2'de verilmiştir[12].



Şekil 2.2 : 2017 yılı dünya ispatlanmış doğal gaz rezervleri dağılımı.

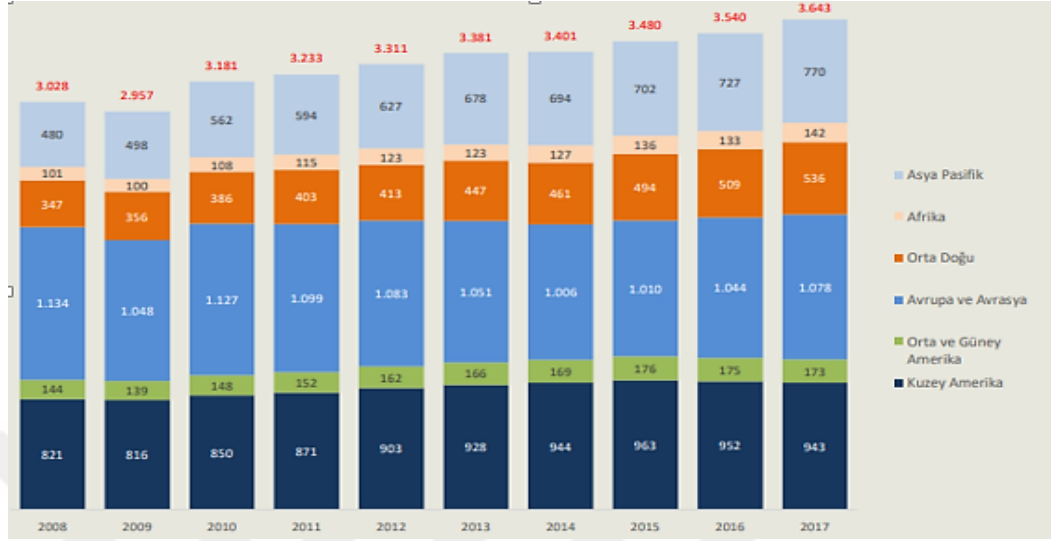
2016 yılında tespit edilen, 3,55 trilyon m³ olan dünya doğal gaz üretimi, 2017 yılında, %0,3 artışla 3,68 trilyon m³ olarak tespit edilmiştir. Özellikle Avrasya bölgesi (%6,2) ve Orta Doğu bölgesi (%4,9) yaşanan oransal üretim artışları, 2017 yılında dikkat çekicidir. 2008-2017 bölgelere göre dünya doğal gaz üretimi Şekil 2.3'de verilmiştir[12].



Şekil 2.3 : 2008-2017 bölgelere göre dünya doğalgaz üretimi.

2017 yılında küresel doğal gaz talebi, bir önceki yıla göre %3 artarak, 3,6 trilyon m³ olarak gerçekleşmiştir. Talep artışı, son dönemde Afrika (% 6,8), Asya Pasifik (%6,2),

Orta Doğu (%5,7), Avrupa (%5,5) ve Avrasya'dan (%0,6) kaynaklanmıştır. Buna ek olarak, Kuzey Amerika (%0,7) ve Orta ve Güney Amerika'da daralma (%0,7) gözlenmiştir. 2008-2017 dünya doğalgaz tüketimi Şekil 2.4'te verilmiştir[12].



Şekil 2.4 : 2008-2017 dünya doğalgaz tüketimi.

2.6.2 Türkiye'de doğalgaz sektörü

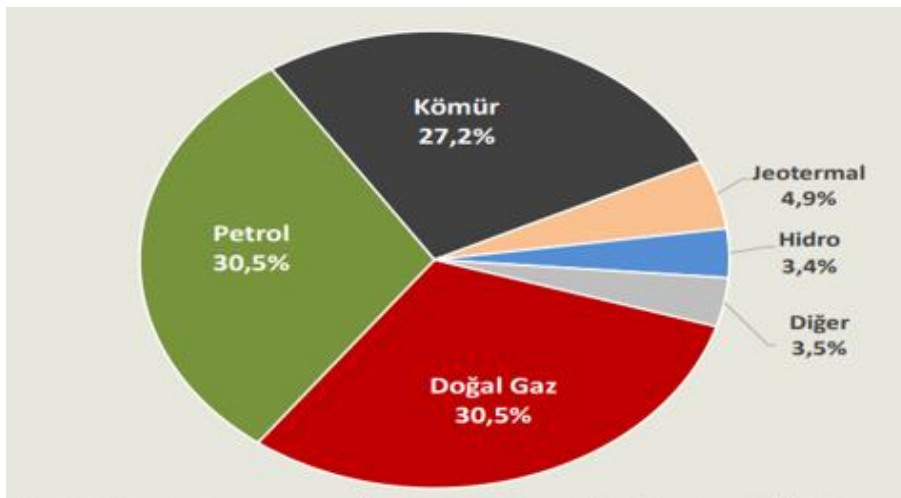
Türkiye'de ilk doğalgaz 1970 yılında Kırklareli'nde tespit edilmiş, 6 yıl sonra, bugün Set Çimento Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi adı altında faaliyet gösteren Pınarhisar Çimento Fabrikası'nda kullanılmıştır. 1974 yılında, ilerleyen yıllarda Türkiye doğalgaz piyasasında çok önemli roller üstlenecek olan Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ), Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından kurulmuştur. 1975 yılında Mardin Çamurlu sahasında bulunan doğalgaz ise 1982 yılında Mardin Çimento fabrikasına verilmiştir. Doğalgaz kullanılarak elektrik üretimi ilk kez Hamitabat Doğalgaz Çevrim Santralinde 1985 yılında yerli kaynaklarımızla gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin doğalgaz ile tanışma sürecini bu gelişmelerle özetlemek mümkündür. 1986 yılına kadar olan tüketimin tamamı, toplam 750 milyon metreküp seviyelerinde gerçekleşen yurt içi üretim ile karşılanmıştır[13]. Türkiye'nin ciddi anlamda doğalgaz tüketimi, 1986 yılından sonra birbiri ardına yapılan doğalgaz alım-satım anlaşmaları ile gerçekleşmiştir. Bu dönemde Türkiye doğalgaz piyasasında yaşanan önemli bir gelişme ise piyasa yaklaşımına yönelik genel politika değişikliğidir.

Ortadoğu, Hazar Bölgesi, Rusya ve Orta Asya gibi ispatlanmış petrol ve doğalgaz rezervleri bakımından zengin bölgeler ile başta AB ülkeleri olmak üzere, petrol ve

doğalgaz ithalat bağımlılığı yüksek olan ülkeler arasındaki coğrafi konumuyla Türkiye, enerji kaynaklarının arz ve talep edilen bölgeler arasında taşınmasında stratejik öneme sahiptir. Özellikle Azerbaycan gazını Türkiye üzerinden Avrupa'ya taşıyacak TANAP Projesi ve Rusya gazını ülkemiz üzerinden Avrupa'ya taşıyacak olan Türk Akımı Projesi, Türkiye'nin stratejik öneminin daha da ön plana çıkmasını sağlamıştır. Türkiye'nin büyük ölçüde enerji ithalatına bağımlı olması, enerji güvenliği açısından dikkati çeken bir husustur. Bu kapsamda gerek TPAO, gerekse diğer enerji şirketleri farklı projeler ile enerji arzının sürmesi ve yerli kaynakların değerlendirilmesi için çalışmaktadır.

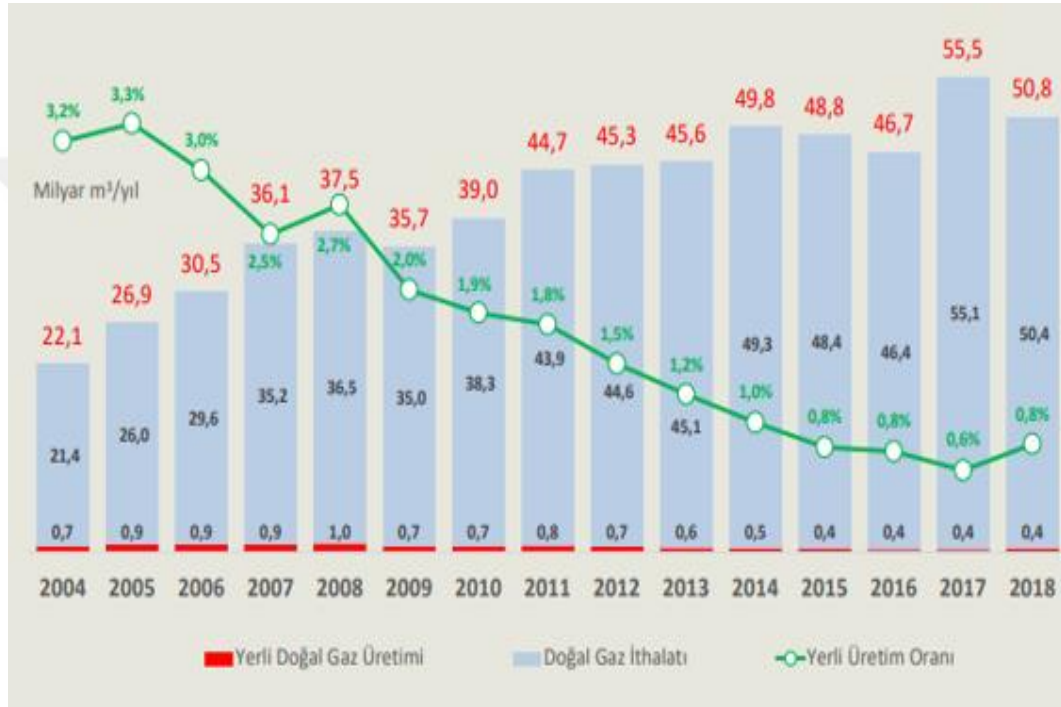
Petrol fiyatlarının düşük seyretmesi, diğer petrol ve doğalgaz ithal eden ülkeler gibi Türkiye'nin de petrol ve doğal gaz ithalat maliyetinin azalmasını sağlamıştır. Petrol fiyatlarının düşmeye başladığı 2014 yılında 43,6 milyar \$ olan Türkiye cari açığı, petrol fiyatlarının düşük seyrettiği 2015 ve 2016 yıllarında sırasıyla 32,1 milyar \$ ve 32,6 milyar \$ olarak açıklanmıştır. 2017 yılında, petrol fiyatlarında önceki iki yıla oranla görece artış kaydedilmiş, ülke cari açığı 47,1 milyar \$ olarak açıklanmıştır. 2018 yılında ise petrol fiyatları 2017 yılına göre bir miktar daha artış göstermesine rağmen Türkiye cari işlemler açığı kur etkisi nedeniyle son 9 yılın en düşük miktarına erişerek 27,6 milyar \$ seviyesine gerilemiştir[11].

Toplam birincil enerji arzı içerisinde doğalgaz %30,5 oran ile birinci sırada yer alırken, bunu çok küçük bir farkla %30,5'lik oranla petrol ve %27,2'lik oranla kömür takip etmiştir. 2017 yılı Türkiye birincil enerji arzı içerisinde kaynakların dağılımı Şekil 2.5'te verilmiştir[12].



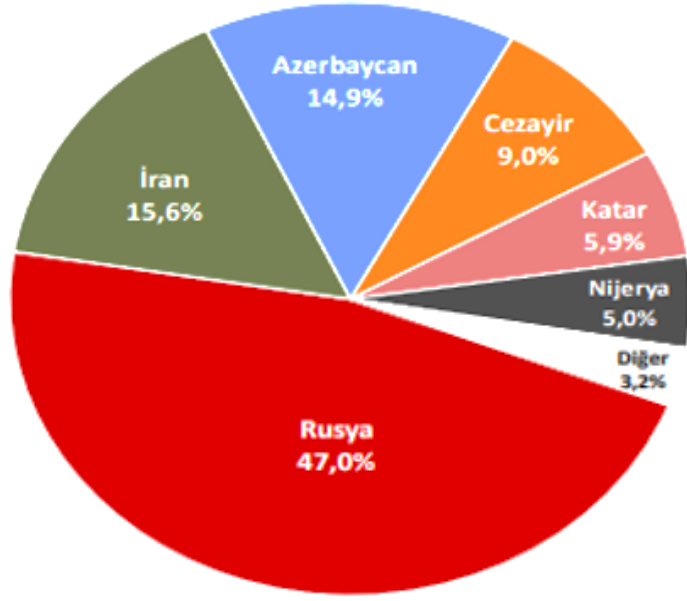
Şekil 2.5 : 2017 yılı Türkiye birincil enerji arzı içerisinde kaynakların dağılımı.

Türkiye'nin 2018 yılında yerli doğalgaz üretiminin tüketime oranı 2017 yılına göre artarak %0,8 seviyesinde gerçekleşmiştir. 2008 yılında 1 milyar m³'e kadar çıkan doğalgaz üretimi, 2017 yılında yıllık toplam 354 milyon m³ iken 2018 yılında toplam 428 milyon m³'e yükselmiştir. Doğalgaz ithalatımız 2018 yılında toplam 50,4 milyar m³ olurken toplam tüketim yaklaşık 50,8 milyar m³ seviyesinde gerçekleşmiştir. Türkiye'nin doğalgazda ithalata bağımlılığı geçen yıla göre azalmış ve %99,2 olmuştur. 2004-2018 yılları Türkiye doğalgaz arzı ve yerli üretim oranları Şekil 2.6'da verilmiştir[12].



Şekil 2.6 : 2004-2018 yılları Türkiye doğalgaz arzı ve yerli üretim oranları.

Doğalgaz tüketiminde dışa bağımlılık oranına bakıldığında, petrole göre çok daha yüksek olup, Türkiye gaz tüketiminin yaklaşık %99,2'si ithalatla karşılanmaktadır. Türkiye'de, 2018 yılında yaklaşık 50,8 milyar m³ doğalgaz tüketilirken ve bu rakamın %0,8'i (428 milyon m³) ülke içi üretim ile sağlanmıştır. 2018 yılı Türkiye doğalgaz ithalatının ülkelere göre dağılımında, Rusya %47 pay ile birinci sırada yer alırken bu oranın 2017 yılındaki %52 seviyesinden aşağıya düştüğü görülmüştür. 2018'de İran %15,6 pay ile ikinci sırada yer alırken, Azerbaycan %14,9 pay ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bunu Cezayir (%9), Katar (%5,9), Nijerya (%5) takip etmektedir. 2018 yılı Türkiye'nin ithal ettiği doğalgazın kaynak ülkelere dağılımı Şekil 2.7'de verilmiştir[12].



Şekil 2.7 : 2018 yılı Türkiye'nin ithal ettiği doğalgazın kaynak ülkelere dağılımı.

3. DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONU

Doğalgaz ülkemizde yaygınlaştırılma çalışmalarının hızla ilerlediği bir dönemde kuşkusuz ki, doğalgazın sanayilere ve konutlara ulaştırılmasını sağlayacak alt yapı çalışmalarının da hızlı bir şekilde yapılması mecburiyetini ortaya çıkarmaktadır. Doğalgaz, üretiminden tüketime olan sürecinde boru hatlarıyla ya da sıvılaştırılmış doğalgaz olarak tankerlerle kullanıcılara ulaştırılmaktadır. Binlerce kilometrelik uzun mesafelerden taşınan doğalgaz, basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında basıncı düşürülerek şehir şebekelerindeki çelik borulara ve oradan da bölge regülatörlerinden geçerek şehir şebekelerine dağıtımını gerçekleştirilir. Şehir şebekesine aktarımı gerçekleştirilmeden önce doğalgaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında çeşitli proseslerden geçirilir. Doğalgaz dağıtım sistemlerinin en çok önem arz eden kısmı basınç düşürme ve ölçüm istasyonları olan RMS-A'dır. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarının amaçları, kullanıcıların kullanabileceği basınç ve sıcaklıkta doğalgaz tedarik etmek, verilen gaz miktarını belirlemek ve doğal gazı filtreden geçirerek tüketicilerin kullandığı donanımlarına zarar verme durumu olabilecek boru hattında bulunan toz, kum gibi katı taneciklerden ve sıvılardan temizlemeyi sağlamaktır.

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarına olan ihtiyaç, iletim hattından gelen yüksek basınçlı doğalgazın basıncını düşürerek sanayi kuruluşlarına ve konutlara verebilmek sebebiyle doğmaktadır. Basınç düşürme işleminin ilk aşaması olarak iletim hattı ile dağıtım hatlarını birbirine bağlayan ve bir nevi ara yüz görevi üstlenen şehir ya da organize sanayi bölgelerine gaz tedarik eden şehir giriş istasyonu olarak da bilenen RMS-A'lardır. RMS-A'dan basıncı düşürülerek çıkan doğalgazın basıncı yaklaşık 25-19 bar arasındadır. RMS-A'dan ana hatlara gönderile doğalgaz, yan hatlara geçer ve ikinci aşama basınç düşümünü sağlayan, kullanıcıya daha yakın olan bölge veya endüstriyel RMS'lere gelir. Bu istasyonların çıkış basıncı 1 ile 4 bar arasında olmaktadır.

RMS istasyonlarında regülatörlerde yapılan basınç düşürme işleminde çıkış basıncı istenen doğrulukta olmalıdır. Bunun amacı, istenen gaz debisini sağlayabilen, çıkış basıncında sürekli değişimler göstermeyen, doğru sonuç değeri verme durumu yüksek

regülatör seçimiyle yapılabilmektedir. RMS'lerin en önemli unsurlarından bir diğeri ise, istasyondan geçen doğalgazın debisini doğru ve hassas bir biçimde ölçmesi istenen sayaçlardır. Sayaçlar, içerisinden geçen gazın debisinin ölçümünde istenilen doğruluk ve hassasiyete, yaz-kış dönemlerindeki debi değişimlerine, gazın kirliliğine ve basıncına bağlı olarak farklı türlerde olabilmektedir[14].

Aşağıda doğalgazın basıncının düşürüldüğü, kokulandırıldığı ve ısısının ayarlandığı RMS-A istasyonunun Şekil 3.1'de görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.1 : RMS-A istasyonu.

3.1 RMS-A İstasyonları Tasarımı

A tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonları olarak da adlandırılan şehir giriş istasyonları; yüksek basınçlı (35-75 bar) iletim şebekesinden alınan doğalgazı şehir şebekesine verilmek üzere (25-19 veya 12-19) bar çalışma basıncına düşürerek istenilen gaz kapasitesini sağlamak amacıyla kurulurlar.

Çıkış basınçları ise dağıtım şirketlerinin işletme basınçları ve tesislerin ihtiyaç duydukları basınca bağlı olarak değişebilmektedir. A tipi istasyonlar, 1 asıl 1 yedek hattan veya 2 asıl 1 yedek hattan oluşabilir.

Hatlardan birinde arıza olması durumunda otomatik olarak diğer hatlar devreye girer. Şehir giriş istasyonlarının ana fonksiyonları;

- Şehir girişinde gazın filtrelenmesi
- Gazın şehir şebekesine girişinde kokulandırılması
- On-line olarak gaz analizi yapmak sureti ile satın alınan gazın kalorifik değerinin belirlenmesi
- Acil durumlarda şehir gaz arzının otomatik olarak kesilmesi
- İstasyon çıkış basıncının şebeke ihtiyaçlarına göre ayarlanması
- İstasyondan geçen gazın ölçümünün yapılması
- İstasyonda toplanan bilgilerin SCADA merkezine iletilmesi.

3.1.1 Şehir giriş istasyonları temel tasarım kriterleri

Şehir giriş istasyonlarının birden fazla olması halinde; normal çalışma durumlarında % 100, istasyonlardan birisinin devre dışı kalması halinde % 70 gaz arzını sağlayacak şekilde kapasite tespiti yapılmalıdır.

İstasyon kapasitelerinin tespitinde nazım imar planında öngörülen nüfus artış oranı ve yoğunluğu, şehrin 25 yıllık süreçte ulaşabileceği, gelişmişlik ve yapılaşma düzeyi, geçerli hane halkı sayısı, tüketim alışkanlıkları, birim tüketim miktarları dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Şehir giriş istasyonlarının tasarımında ve ana bileşenlerinin belirlenmesinde; maksimum ve minimum çekişlerin, maksimum kabul edilebilir işletme basıncının, normal işletme basıncının, yük profillerinin ve kontrol şekillerinin göz önünde bulundurulması tasarımın düzenli, emniyetli ve güvenilir olarak gerçekleştirilebilmesi açısından önemlidir. Maliyet, gelecekteki yük artışları, istasyonun konumlandırılacağı alan, yapım, işletme ve bakım şartları, uluslararası ve ulusal düzenlemeler, çevresel etkiler ve şirket politikası da istasyon tasarımlarında üzerinde durulması gereken etkenlerdendir.

İletim hattı ile şehir giriş istasyonu arasındaki branşman hattının uzunluğu 1 kilometrenin üzerinde ise hat başı vanalarına basınç farkının yükselmesi durumunda otomatik olarak vanayı kapatan “Actuator” montajı yapılmalıdır. Ekipmanların monte edildiği yer 150 santimetreden yüksek ise bakım ve işletme amaçlı platform ve taşıyıcı mekanizma yapılmalıdır. Bina duvarıyla ekipmanlar arasında en az 2 metrelik mesafe bırakılmalıdır. Tasarımlarda, standart koşullarda (15 °C, 1 bar) doğalgazın: “Bağlı

Yoğunluğu=0,57; Kütle Yoğunluğu=0,7 kg/m³ olarak dikkate alınmalıdır. Tasarım ve hesaplamalarda: Doğalgazın istasyona giriş sıcaklığı 0 °C (normal koşullar); zemin altındaki boru hattında akan gazın sıcaklığı 10 °C (işletme koşulları) alınmalıdır. Regülatör hesaplarında safety relief valve hesabı yapılmalıdır. 10 metrenin üzerindeki dağıtım hatları iletim hatlarından bağımsız olarak katodik olarak korunmalıdır[15].

3.1.2 Şehir giriş istasyonlarının temel bileşenleri

RMS-A Şehir giriş istasyonlarında değişik işlevleri olan aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

- Giriş ve çıkış vana grubu
- Filtrasyon grubu
- Ölçüm grubu
- Isıtma ve regülasyon grubu
- Kazan dairesi
- Gaz kromatografi
- Kokulandırma ünitesi
- Scada ve otomasyon sistemi iletim.

3.2 İstasyon Yerinin Seçimi

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarının yapılacağı yerlerin seçiminde ve yapım aşamasında bazı faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İstasyon yerinin seçiminde ulaşım rahatlığı ve çabukluğu göz önüne alınarak mümkün olduğu kadar anayola yakın yer seçilmelidir. İstasyon ile anayol arasındaki yol mümkünse asfaltlanmalıdır. Boru hattı ve istasyonun, kurulması düşünülen yerin heyelan ve su baskını gibi meydana gelebilecek tabii afetlerden uzak bir yerde olması gerekmektedir. Zemin suyu drenajı sağlanmalı, istasyonun içi ve etrafındaki gerekli çevre düzenlemeleri yapılmalıdır. Ayrıca istasyona elektrik ve kullanma suyu gerektiği için istasyon yerinin seçiminde buna özellikle dikkat edilmelidir. İstasyon sahasında istenmeyen bitkilerin yetişmesini önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır.

İstasyon için gerekli enerjinin sağlanmasında istasyon kurulu gücü hesap edilerek sistemde devamlı enerji olacak şekilde projelendirilmelidir. Ana hatlardan alınan

enerji, trafo yardımıyla istenen gerilime düşürülmeli ve enerji kesilmeleri durumunda enerji verilmesi amacıyla istasyonlara jeneratör montajı kesinlikle yapılmalıdır.

3.3 RMS-A İstasyonları Çalışma Prensibi

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonu bölgesel istasyonlardan orta basınçta gelen gazı müşterinin ihtiyaç duyduğu basınca düşürme ve faturalamaya baz alacak ölçümü yapmak üzere kurulmaktadır. Bu istasyonlarda filtreler, ısıtıcılar, basınç düşürücüler ve ölçüm cihazları bulunmaktadır. Arıza ve bakım sırasında gaz akışının kesintiye uğramaması için cihazlar yedekli ve by-pass hatları ile birlikte montaj yapılmaktadır. Doğalgaz, istasyona gaz giriş vanası vasıtasıyla girer ve içerisindeki katı ve sıvı partiküllerin temizlenmesi için filtrelerden geçirilmektedir. Filtreler genellikle çift hat monte edilirler ve duruma göre en az biri çalışır. Filtreler 5 mikron ve daha büyük partiküllerin % 90'ını temizleyecek şekilde imal edilirler.

Doğalgaz, filtrelerden sonra eşanjörlere (ısıtıcılara) gelir. Gazı ısıtmanın amacı, “gaz kanunları” gereği, basınç ani olarak düştüğünde doğalgazın sıcaklığı da buna paralel olarak düşecektir. Yaklaşık olarak 1 Bar'lık basınç düşmesinde sıcaklık, 0,4-0,6 °C aralığında düşmektedir. Gaz sıcaklığının yoğunlaşma sıcaklığının altına düşmesi ile su ve hidrokarbon sıvılarının oluşmasına sebep olur. Bunu önlemek için doğalgaz basıncı düşürülmeden önce ısıtılmaktadır.

Doğalgaz, ısıtıcılardan sonra basınç düşürme bölümüne girer. Basınç düşürme bölümünde gaz, istenen sabit çıkış basıncına ayarlanır. Biri yedek diğeri çalışır durumda iki basınç düşürme hattı monte edilmektedir. Basınç düşürüldükten sonra doğalgaz, ölçüm ünitesine girer. Ölçüm ünitesi tek hat olduğu gibi birden fazla ölçüm hattını içerebilmektedir. Ölçüm hattında bulunan elemanlar; orifis (ağız-delik), akış kaydedici, basınç kaydedici ve sıcaklık kaydediciden oluşmaktadır. Tesisatın son noktasında, yakıcı ile boru tesisatının arasında yer alan ve hattaki gaz basıncını, işletme basıncı değerlerine ayarlayan ve “Gaz Kontrol Hattı” olarak adlandırılan kontrol istasyonları bulunmaktadır.

3.4 Gaz Kromatografi İle Koku Miktarı Takibi

Gaz kromatografisi, fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki farklılardan yararlanarak bir karışımı oluşturan bileşiklerin birbirinden ayrılmasıdır. Kromatograf ünitesi numune

gazın kalorifik değerini, numune gazı ile referans konsantrasyonuna sahip kalibrasyon gazı ve soygaz olan helyum gazı karışımını bünyesinde proses ederek ölçer, gaz içindeki bileşenlerin konsantrasyonlarını hesaplar. Gaz analiz bilgileri, gaz kromatografından akış bilgisayarlarına ve diğer kontrol ünitelerine transfer edilir. şekil 3.2’de Gaz Kromotografi gösterilmiştir.



şekil 3.2 : Gaz kromotografi cihazı.

Gaz kromatografi, şu bileşenlerden oluşmaktadır.

- Gazın bileşenlerine ayrışmasını sağlayan kolon
- Bileşenlerin ısl iletkenlerine duyarlılığıyla yüzdelerini hisseden TCD (Thermal ConductivityDetector)
- Gazın kromatograf içinde akış yönünü belirleyen vanalar
- Numune gazının kolonun içine püskürten enjektör
- Numüne gazının akış miktarını ayarlayan rotarimetre
- Basıncını ayarlayan regülatör
- Sıcaklığı ayarlayan heat traced kablo
- Kirleri süzen süzgeç
- Taşıyıcı helyum gazının basıncını ayarlayan helyum regülörü

- Genelde yedekli kullanılan helyum tüplerinden birinin kullanımını sağlayan switchover manifold. Kromotograf seçiminde mekanik tasarımı etkileyen en önemli husus örnek alma noktasının yeridir.

İletim şirketi şartnamelerine göre imalat ve montajlarında gaz hattında oluşabilecek türbülansın sağlıklı numune alımını etkileyeceğinden hat üzerinde monte edilecek olan numune sensörünün ISO 10715 standardında belirtildiği üzere türbülansa sebebiyet verebilecek dirsek, vana, T bağlantı gibi elemanlardan 20 D'lik bir düz boru mesafesi sonrasında monte edilmesi gerekmektedir.

3.5 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma İhtiyacı

H ve CH₂ içeren yanıcı gazlar kokusuz ve renksizdir, fark edilmeleri hemen hemen imkansızdır, ancak gelişmiş ölçme cihazları ile bulunabilirler[16]. Doğalgaz, kullanım esnasında, konut ve işyerlerindeki tesisatlarda, şehir şebekelerindeki taşıma ve dağıtım hatlarında herhangi bir sebepten meydana gelen kaçak veya sızıntıların en kısa sürede fark edilebilmesi için bir emniyet tedbiri olması açısından içine koku verici madde ilave etmek suretiyle kokulandırılır. Doğalgaz, dağıtımının yapıldığı her bölgede bulunan RMS-A istasyonlarında kokulandırma üniteleri kurularak kokulandırma tesis edilir. Kullanıcılar için bir emniyet unsurudur. Doğalgazın kokulandırılmasıyla; kullanılan cihazlardan, borulardan, bağlantı parçalarından, bina içi tesisatının herhangi bir bölümünden, şehir içi taşıma ve dağıtım hatlarından meydana gelen kaçak veya sızıntılar, koku verici maddenin kendine has kokusu vasıtasıyla tüketici veya ilgililer tarafından fark edildiğinde, doğabilecek tehlikelere karşı gerekli tedbirler alınabilecektir.

3.6 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sistemi

(1) Kokulandırma sistemi; doğal gaz dağıtımına konu şehre boru hatları ile gaz arzının sağlandığı yerlerde RMS-A çıkışında, CNG veya LNG ile gaz arzının sağlandığı şehirlerde dağıtım şebekesine verilmeden önce yer alır. Bahse konu sistem beton kaide üzerinde bulunur. Anılan sistemde kullanılacak malzemelerin korozyona uğramaması için güvenli malzeme seçimi yapılır ve gerekli önlemler alınır.

(2) Kokulandırma sisteminin altında, kokulandırma tankının en az bir buçuk katı hacminde sızdırmaz taşkın havuzu bulunur. Sistemde oluşabilecek sızıntıya karşı

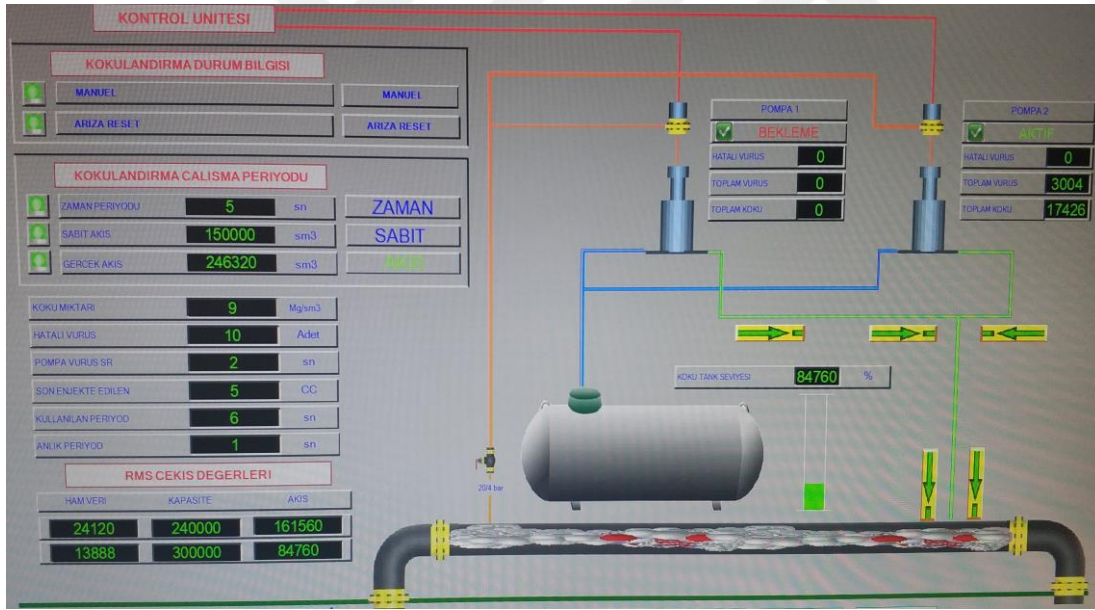
yeterli havalandırma sağlanır. Koku malzemesinin tahliyesi, kokulandırma tankının dolumu ve bakımı esnasında koku yayılımını engelleyici her türlü tedbir alınır.

(3) Üretici firma tavsiyeleri ve ilgili diğer mevzuat çerçevesinde yer alan süreler içerisinde kokulandırma sisteminin periyodik kontrolü ve bakımı yapılır.

(4) Kokulandırma tankı için paslanmaz çelikten imal edilmiş malzeme kullanılır. Kokulandırma tankının hacmi; enjeksiyon sistemine ve doğal gaz tüketim miktarına uygun olarak, dağıtım şebekesinin ilgili kısmına raf ömrü de dikkate alınarak en az bir yıl, en fazla üç yıl süreyle yetecek şekilde ilgili yönetmeliklere ve standartlara uygun olarak tasarlanır.

(5) Dağıtım şebekesine koku malzemesini enjekte edilmesini sağlayan pano ve ekipmanlar exproof türü malzemeden oluşur.

Aşağıda RMS istasyonu kokulandırma sisteminin SCADA kontrol merkezinden takibini sağlayan akış diyagramı Şekil 3.2’ de verilmiştir.



Şekil 3.3 : RMS istasyonu kokulandırma ünitesi akış diyagramı.

THT ve TBM ana tankının üzerine itme etkisi yapması için sistemden gelen gaz önce filtre edilerek ve basıncı düşürülerek tanka verilir, verilen bu gazın baskısı kokuyu iterek kontrol ünitesinin arkasındaki filtrelerle iletir. Filtre edilen koku maddesi kontrol paneli içerisindeki çek valflere iletilir. Programlama ünitesi tarafından kontrol edilen selenoid vanaların yönlendirmesi ile çek valfler hareket ederek sisteme koku

maddesini iletir.Kokulandırma ünitesi akış diyagramı bazı faktörlerin izlenmesini ve kontrolünü sağlar bunlar;

- Sistemin neye göre çalıştığını (akış/zaman) görürüz
- Kokunun püskürtme miktarını görürüz (strok/sn)
- Stoktaki koku hacmini görürüz (mg)
- Toplam basılan koku miktarını görürüz
- Alarm aralıklarını görürüz
- Verometre doluluk oranını görürüz.
- Batarya doluluk oranını görürüz.
- Tank doluluk oranını görürüz.

3.7 RMS-A İstasyonlarına Koku Kimyasalı Tedariği

Kokulandırma kimyasalının tedariği esnasında birçok kişi ve kurum kimyasal tedarik zincirinde mevzuat ve yönetmeliklere uymak zorundadır. Kokulandırma maddesini üretenlerin, nakil işlemini gerçekleştirecek araca ilişkin operator ve sürücülerin sorumluluk, yükümlülük ve çalışma koşulları ADR hükümlerine uygun olmalıdır. Dağıtım şirketi söz konusu faaliyete ilişkin olarak yukarıda sayılanların ADR belgesi dâhil gerekli tüm sertifikaların ve dokümanların geçerliliğini kontrol eder. Bahse konu iş ve işlemlerin başka şirketler tarafından yürütülmüş olması, dağıtım şirketinin ilgili mevzuattan kaynaklanan yükümlülüklerini ortadan kaldırmaz. Dağıtım şirketi gerekli gördüğü durumda, kokulandırma maddesine ilişkin ürün denetimini bu konuda akredite olmuş firmalara yaptırabilir.

Tehlikeli Maddelerin Karayolu ile Taşınmasına İlişkin Avrupa Anlaşması'na göre sürücülerin SRC5 Mesleki Yeterlilik Belgesine sahip olması gerekmektedir. Şekil 3.3'te koku kimyasalının RMS-A istasyonlarına tedariğini sağlayan araç ve koku kimyasalının bulunduğu tank gösterilmiştir. Araç üzerinde tehlikeli maddde taşındığına dair taşıma güvenliği açısından bu kimyasala ait tehlikeli madde işaretçileri bulunmaktadır.



Şekil 3.4 : Koku kimyasalı tedarik aracı.

3.8 RMS-A İstasyonunda Koku Kimyasalının Depolanması

Koku malzemesi zamanla özelliğini yitirmektedir. Bu yüzden koku maddesi alınıp üretici firma tarafından sunulan sertifika değerleri kapsamında kullanılır. Koku maddesi alımı gaz şirketleri tarafından yıllık alım süreci tercih edilmelidir. Bir diğer konu ise kokulandırma tankının üzerinin kapatılmasıdır. Kokulandırma tankının atmosferik şartlardan korunması ve uygun havalandırma şartlarının sağlanması önemli bir husustur. Aşağıda Şekil 3.4’te koku kimyasalının RMS-A istasyonunda depolandığı tank gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Koku kimyasalı tankı.

Kokulandırma ünitesi tankı standartları istasyonda kokunun güvenli bir şekilde depolanması ve gerektiğinde kullanımı için uyulması gerekli olan standartlar Çizelge 3.1’ de verilmiştir[15].

Çizelge 3.1 : Kokulandırma ünitesi tankı standartları.

Standartlar	Standart İçeriği
TS 1446	Sıvılaştırılmış Petrol Gazlarının Depolama Kuralları
TS 10575	Tüpler Odorant Depolama ve Taşımada Kullanılan Adam Giriş Delikleri ve Kapakları (Kazan ve Tanklar için)
TS 9728	Yapım Kuralları ve Boyutlar
TS 10330	Taşıma Kulakları – Kazan ve Tanklar için – Yapım Kuralları ve Boyutlar
TS 7812	Tank Taşıma Ayakları – Yatay Tanklar için – Boyut ve Toleranslar
TSE 3362	Basıncı Kaplar Hesaplama Kuralları
TS EN 17292	Petrol, petrokimya ve bağlantılı sanayiler-Metal bilyeli vanalar
ASME VIII	Kazan ve Basıncı Kaplar Yönetmeliği

3.9 RMS-A İstasyonunda Tanka Koku Maddesi Dolumu

RMS-A istasyonlarında koku kimyasalının tanka dolumu esnasında dikkat edilmesi gerekli hususlar bulunmaktadır. Bu süreçte olması gerekenler şunlardır:

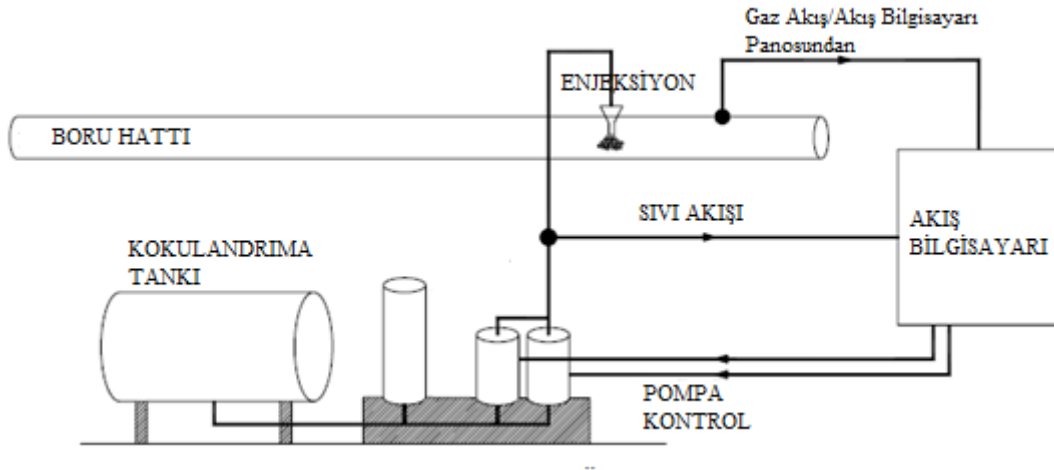
- İlgili kokulandırma ünitesi kumanda panelinden durdurulur. Ünitenin giriş çıkış vanaları kapatılır.
- Tank içinde koku üzerinde bulunan basınçlandırma gazı karbon filtreden geçirilerek tahliye edilir.
- Koku maddesi getirilen tank ile koku transferi yapılacak tank arasında yüksek basınca dayanıklı hortum bağlantısı sağlanır.
- Atmosfere açık olan vana üzerinde karbon filtrenin takılı kalması sağlanır ve koku maddesi dolumu sırasında gazın kokusu tutularak atmosfere çıkışı sağlanır.
- Dolum işlemi tamamlandıktan sonra tanka basınçlandırma gazı alınır 3 ile 4 bar arasında bir değerde.
- Ünite giriş çıkış vanaları açılır.

- Kokulandırma ünitesi devreye alınır.
- Tüm sistemin kaçak kontrolünü yapılır.

3.10 Koku Kimyasalının Sisteme Enjeksiyonu

Koku kimyasalı, kokulandırma tankına boru hattından gelen doğalgazla basınçlandırılarak kokuya itme kuvveti oluşturulur. Enjeksiyon panosuna iletilen koku kimyasalı burada giriş regülatörü ve tank basınçlandırma regülatörleriyle basınç ayarlanır. Giriş regülatörü ile pompalara uygulanan basınç sağlanır, tank basınçlandırma regülatörü ise sadece tank basıncının ayarlanmasını sağlar ve maksimum çıkabileceği basınç 4 bardır. Normal şartlarda tank basıncının 1.5-2 bar aralığında olması öngörülür. Regülatörler ve pompa yardımıyla kokulandırma ünitesine gelen koku kimyasalı burada da filtre edilerek koku kimyasalının enjeksiyonu boru hattına sağlanır.

Şekil 3.5'te RMS-A istasyonlarında doğalgazın kokulandırılmasını sağlayan kokulandırma ünitesi bileşenleri verilmiştir[15].



Şekil 3.6 : Kokulandırma ünitesi bileşenleri.

Koku kimyasalının RMS-A istasyonlarında koku kimyasalının doğalgaz boru hattına dağıtımını sağlayan ünite Şekil 3.6'da verilmiştir.

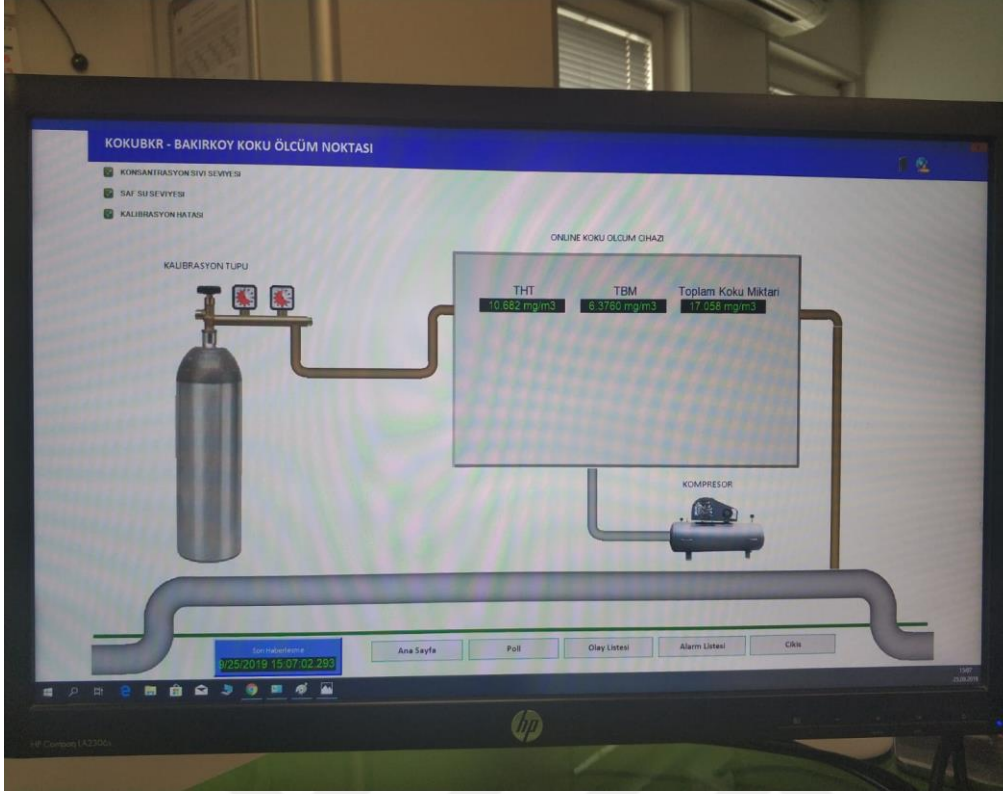


Şekil 3.7 : Koku kimyasalını doğalgaz boru hattına dağıtım ünitesi.

Kokulandırma ünitesi tanktan kokulandırma kimyasalını pompa yardımıyla alarak belli zaman aralıklarında belirli debi ve konsantrasayonlarda sisteme enjekte etmektedir. Ayrıca çalışma sırasında çevreye muhtemel sızıntılar sebebiyle çevreye yayılabilecek koku kimyasalı için spreyle kokunun yayılımını engellemek maksadıyla koku giderici spre sistemi dizayn edilmiştir.

3.11 Dağıtım Hatlarında Kokulandırma Kimyasal Konsantrasyonun Takibi

RMS-A istasyonundan 23 bar'da 15°C sıcaklıkta ve 8 mg/m³ THT-TBM koku kimyasalı karışımı ile kokulandırıldıktan sonra doğalgaz dağıtım hattına verilen doğalgaz şebekede son kullanıcıya ulaştırılır. Ancak doğalgaz dağıtım şebekesi boru hattı çapları ve uzunluğuna bağlı olarak koku homojen olarak dağılmayabilir. Bu durum da bazı bölgelerde kullanıcılar tarafından kokunun algılanmamasına ya da son kullanıcılar tarafından doğalgaz kaçağı varmış gibi algılanmasına sebebiyet verebilmekte bu nedenden ötürü koku maddesinin şehir doğalgaz dağıtım şebekesinden homojen olarak dağılıp dağılmadığını tespit etmek için online koku ölçüm cihazları kullanılır. Şekilde verilen online koku ölçüm sistemi Şekil 4.1'de görülmektedir. SCADA sistemine bağlı online koku ölçüm cihazları vasıtasıyla şebekedeki gazın anlık olarak koku miktarı ölçülür bu değer aşırı düşmesi veya yükselmeine bağlı olarak RMS-A istasyonlarında sisteme verşilen koku artırılır veya azaltılır.



Şekil 3.8 : Online koku ölçme sistemi.

Kokulandırma sisteminde boru hatlarındaki doğalgazın analizi için çeşitli kromatografi cihazı kullanılmaktadır. Bunlardan birisi de THT Medor cihazıdır, bu cihaz farklı gazlarda bulunan THT analizi için kullanılan bir çevrimiçi Gaz Kromatografisidir. Gaz kokusunun online analizini ve gazın kontrollü bir şekilde kokulandırılmasını ve izlenmesini sağlar. Cihazın iki versiyonu bulunmakta ilki THT Medor ppm (ppm seviyelerinde ölçüm) bu modelde konsantrasyon ölçüm aralığı 1-50 mg/m³, ikinci model ise THT Medor ppb (ppb seviyelerinde ölçüm) bu modelde konsantrasyon ölçüm aralığı ise 0.3-3mg/ m³ seviyelerindedir.

Cihaz dahili basınç ve sıcaklık izlemesi yapabilmekte ve numunenin cihaza döngü enjeksiyonu otomatik valf ile yapılır. THT Medor, THT'nin tespiti için kükürt spesifik bir elektrokimyasal hücre kullanır. Cihaz sürekli örnekleme alabilmektedir. THT ölçümünde gaz içerisindeki diğer maddelerden etkilenmemektedir. Cihaz düşük bakım gerektirmekte ve 10 yıla kadar çalışma ömrü bulunmaktadır. Cihaza tanımlanan eşik koku limitleri ile cihaz alarm vererek sistemi uyarmakta kokunun konsantrasyon takibi yapılabilmektedir. Kromatograf cihazıyla birlikte kullanılan yazılım sistemi ile dağıtım hatlarındaki koku kimyasal konsantrasyonu bazı şebeke bölgelerine yerleştirilmesiyle RMS-A istasyonunda kokulandırılan doğalgazın şehir şebekelerinde

de uzaktan izlenme enjeksiyon kontrolü sağlamakta. Ayrıca sonuçların dahili olarak arşivlenmesiyle tam izlenebilirlik sağlar. Şekil 3.1’de THT gaz kromatografisi gösterilmiştir.



Şekil 3.9 : THT gaz kromatografisi.



4. DOĞALGAZ KOKULANDIRMA

Doğalgazın kokulandırılması, kullanıcılar için bir emniyet unsurudur. Doğalgazın kokulandırılmasıyla; kullanılan cihazlardan, borulardan, bağlantı parçalarından, bina içi tesisatının herhangi bir bölümünden, şehir içi taşıma ve dağıtım hatlarından meydana gelen kaçak veya sızıntılar, koku verici maddenin kendine has kokusu vasıtasıyla tüketici veya ilgililer tarafından fark edildiğinde, ileride doğabilecek tehlikelere karşı gerekli tedbirler alınabilecektir. Gazlar, genel olarak karakteristik koku içerirler ve kolaylıkla ayırt edilebilirler. Fakat H₂, CO ve CH₄ içeren yanıcı gazlar kokusuz ve renksizdir. Fark edilmeleri hemen hemen imkansızdır, ancak gelişmiş ölçme cihazları ile bulunabilirler. Doğalgaz, kullanım esnasında, konut ve işyerlerindeki tesisatlarda, şehir şebekelerindeki taşıma ve dağıtım hatlarında herhangi bir sebepten meydana gelen kaçak veya sızıntıların en kısa sürede fark edilebilmesi için bir emniyet tedbiri olması açısından içine koku verici madde konulmak suretiyle kokulandırılır. Doğalgaz, dağıtımının yapıldığı her bölgede, ayrı ayrı tesis kurarak kokulandırılması yerine, yüksek basınç altındaki hatlarda da kokulandırılabilir. Ancak, doğalgaz içine enjekte edilen koku verici maddelerin, doğalgazın terkipteki yoğunlaşan hidrokarbonlardan etkilenmemesi gereklidir. Yüksek basınçlı doğalgaz hatlarının kokulandırılması doğalgazdaki kükürt miktarının artmasına sebep olacağından birçok problemi de beraberinde getirir. Bunlardan en önemlisi korozyondur. Fakat unutulmamalıdır ki kokulandırma tekniği, kokulandırıcı miktarı ve evsafı standartlara göre seçilip uygulanırsa hem kokulandırma amaca ulaşacak, doğalgaz dağıtımında vazgeçilmez unsur olan emniyet sağlanacak hem de kükürtlü bileşiklerden doğacak olumsuzluklar en aza indirilecektir.

Kokulandırıcının, 8 – 25 mg/m³ oranlarında kullanılması gerekir. Ortamda % 1 konsantrasyonda algılanabilmesi için 25 mg/m³ kokulandırıcı eklenmesi gerekir. THT ölçüm tüpleri kullanılıp, seçilmiş değişik noktalardan ölçümler alınarak, şebeke genelinde bu standardın yakalanması kontrol edilmelmektedir. Koku verici maddelerin kimyasala bileşimleri gaz kromatografisi metoduyla TS 4946' ya uygun olarak yapılmaktadır. Bulutlanma noktasının tayini TS 2834' e göre koku verici maddeler

içindeki su da dikkate alınarak yapılmaktadır. Kaynama aralığı deneyi TS 4453' e göre yapılarak sonucun uygun olup olmadığına bakılmaktadır. Buharlaştırma kalıntısı deneyi TS 5906' da belirtildiği şekilde yapılarak sonucun uygun olup olmadığına bakılır. Koku verici maddeler gaz kromatografisi metodu ile belirlenen Kenyasal bileşimlerinde en az 12 ay süreyle bozulmadan saklanabilmektedir. Koku verici maddeler içindeki krom – nikel bulunan çelik kaplarla 25 – 50 ve 200 lt hacimlerde piyasaya arz edilebilmekte, kapların kalınlığı en az 3 mm olmaktadır. Koku verici maddelerin ambalajları üzerinde imalatçı firma ile ilgili bilgilerin dışında standart numarası, ürünün adı, bileşimi, kullanıldığı yerler, imalat yılı, hacmi ve kabın darası ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Koku verici maddeler bu ambalajların içinde saklanmakta ve taşınmaktadır.

4.1 Koku Verici Maddeden İstenen Genel Özellikler

Koku verici maddeler, yeterli koku şiddetine sahip olmalarının yanı sıra aşağıda belirtilecek özelliklere de sahip olmalıdırlar. İdeal bir koku verici madde aşağıdaki istenen fiziksel ve işlevsel özelliklere sahip olmalıdır[18]:

- Koku verici madde kimyasal olarak yeterli kararlılıkta olmalı ve kokulandırdığı gazdaki bileşenlerle reaksiyona girmemelidir. Ayrıca boru cidarlarında toplanan atıklarla, toprakla veya pas ile de reaksiyona girmemelidir.
- Koku verici madde ilavesiyle gaz ve yanma ürünleri zehirli veya zarar verici hale gelmemelidir.
- Koku verici madde yeterli koku şiddetinde rahatsız edici veya uyarıcı bir koku özelliğine sahip olmalıdır.
- Koku verici madde boru hatlarında veya yanma ürünlerinin geçtiği yüzeylerde korozyona sebep olmamalıdır.
- Koku verici madde yakma ünitelerinde, emniyet ve kontrol sistemlerinde, sayaçlarda, vanalarda vs. artık ve tortu bırakmamalıdır.
- Koku verici madde düşük sıcaklıklarda da kullanılabilir ve uzun süre değişikliğe uğramadan muhafaza edilebilmelidir.

- Koku verici madde kokulandırdığı gazın dağıtım basıncı ve sıcaklığında yoğuşmamalıdır.
- Başka bir koku ile karışmayacak türde olmalıdır.
- Buharlaştırma özelliği olmalı, yanmanın ardından hızla buharlaşarak uçmalıdır.
- Basınç düşmesi sırasında ve ısı alışverişlerinde yoğuşmamalı, donma noktası düşük olmalıdır.
- Kolay uygulanmalı ve ucuz olmalıdır.
- Düşük kaynama noktası olmalıdır.
- Düşük toksisite olmalıdır.

Ayrıca koku verici maddeyi boru hattındaki veya sistemdeki yağlama maddelerini çözme ihtimali göz önünde bulundurularak gerekli tedbirler alınmalıdır. Özellikle kokulandırmanın yapıldığı yer ve bölgelerde sızdırmazlık elemanlarının seçiminde bu hususlar göz önüne alınmalıdır. Koku verici maddelerin boru cidarları veya yeraltı gaz kaçağının olduğu durumlarda özellikle nemli toprak tarafından absorbe edilerek koku şiddetinin azalmasına sebep olduğu unutulmamalıdır. Koku verici maddeleri kullanırken de kapalı yerlerde durulmamalı, mutlaka gaz maskesi kullanılmalıdır. Özellikle tiyol bileşiklerinin zehirli etkisi vardır, tenneffüs sonrası uyuşma ve felç belirtileri görülebilir. Sıvı halde bulunan koku verici maddeler de cilde ve göze zarar verirler. Bu yüzden kullanım esnasında gerekli tedbirleri almadan (maske, eldiven, gözlük, yeterli havalandırma vs.) kullanıma geçilmemelidir.

4.2 Doğalgaz Kokulandırıcılar

Üretilen doğalgazın endüstrilerde ve günlük hayatta kullanımıyla birlikte kokusuz olan doğalgazın güvenlik açısından algılanabilir kokular ile kokulanması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Başlangıçta gaz kokusu ucuz rafineri ve kok endüstrisi tarafından üretilen yan ürünler tarafından sağlanmıştır. Ancak, bu ürünlerin kalitesi değişiyordu ve oldukça güvenilmezdi. II. Dünya Savaşı'ndan sonra bu yan ürünlerin yerini düşük molekül ağırlıklı sentetik kimyasallardan olan merkaptanlar ve sülfürler gibi tek başına kullanılabilen veya karıştırılabilen sentetik kimyasallarla doğalgaz kokulandırmaya başlanmıştır.

Modern diyebileceğimiz günümüz doğalgaz kokuları iki temel gruba ayrılmaktadır. Klasik kükürt bazlı kokulandırıcılar ve bunların alt gruplarından olan alkil

merkaptanlara, alkil sülfidlere ve siklik sülfidlere ve yeni tip kükürt içermeyen akrilatlarla dayanan kokulandırıcılar son yıllarda doğalgaz endüstrisiyle tanıştı. Bu kokulandırıcılar gazın yanmasından sonra sıfır kükürt dioksit emisyonları nedeniyle bu kokulandırıcıların kullanımının teşvik edilmesi çevresel konular açısından büyük önem taşımaktadır.

Koku vericilerin temel gereksinimleri hem fizyolojik etkileri hem de fizyokimyasal özellikleri için geçerlidir. İdeal olarak, koku verenlerin kendine has bir gaz kokusu olması gerekir. Doğal gaz şebekesine enjekte edilecek uygun koku maddesinin seçimi, uygun şekilde işletilen kokulandırma sisteminin dizaynı için ana konudur. Spesifik koku kimyasalının seçilmesi, mevcut koku maddelerinin kimyasal ve fiziksel karakteristiklerini, kokulanacak gazın özelliklerini, boru hattının yerleşimini örneğin, toprak özellikleri, inşaat malzemesi ve boru hattı durumu, ortam koşullarını ve ayrıca kokuların yerel bölge nüfusu tarafından tanınmasını içerir.

RMS-A istasyonlarında doğalgaz kokulandırma sistemi dizayn edilirken koku kimyasallarının fiziksel ve kimyasal özellikleri de detaylı bir şekilde değerlendirilmeli ve ayrıca bu kimyasalların tehlikeli madde sınıflandırması da istasyonun işletim aşamasında güvenliği açısından önemlidir. Bu bakımdan Amerika Birleşik Devletleri'nin Milli Yangından Korunma Kurumu (NFPA) tarafından belirlenmiş, tehlikeli madde işaretleme standardıdır. NFPA sisteminin temel amacı kimyasal maddelerin tehlikelerini ve bu tehlikelerin derecelerini basit, kolay anlaşılabilen ve algılanabilen bir şekilde gösterebilen işaretleme sistemi oluşturmaktır. Kokulandırıcı kimyasalları incelerken NFPA işaretleme sistemlerini de inceleyerek koku kimyasallarının yapıları oluşturabileceği çevresel etkilerin etki düzeyi daha dikkatli değerlendirilebilmektedir. Bu açıdan her bir koku kimyasalının NFPA sisteminde tehlikeli kimyasal madde işaretleme oranları incelenmiştir.



Şekil 4.1 : NFPA tehlikeli madde işaretçileri.

4.2.1 Tetrahydrothiophene (THT)

THT, gaz kokusunun giderilmesinde kullanılan siklik sülfidlerin tek temsilcisidir ve “tek başına” koku verenlerin arketipidir. THT, boru hattı oksidasyonuna en dirençlidir, düşük koku etkisinden dolayı, bu tip koku ile aşırı koku almak zordur. THT hafifçe cilt tahriş edicidir ve orta derecede narkotik etkiye sahiptir.

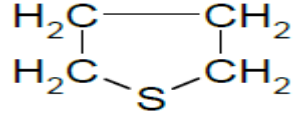
En yaygın koku kimyasalıdır. Thiophane, Tetrahydrothiophene ve THT olarak anılır. THT, 13734 ISO gaz kokulandırma yönetmeliğine mükemmel uyum sağlar. Çizelge 4.1’de THT yapısal özellikleri verilmiştir ve THT’yi doğalgaz kokulandırmada en yaygın kimyasal olmasını sağlayan da bu yapısal özelliklerdir. Şekil 4.2’de THT’nin NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.3’te THT’nin çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.1 : THT yapısal özellikleri.

Formül	C ₄ H ₈ S
Molekül ağırlığı	88.172 g/mol
CAS numarası	110-01-0
Spesifik yoğunluk	1.000 g/cm ³
Kaynama noktası	115 – 124 °C
Donma noktası	-96°C
Alevlenme noktası	-7 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	36.37 (Wt. %)



Şekil 4.2 : THT NFPA oranı.



Şekil 4.3 : THT çizgi formülü.

4.2.2 Dimetil sülfid (DMS)

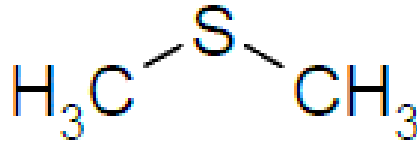
DMS, iyi oksidasyon kararlılığı ve iyi toprak geçirgenliği ile karakterize edilir. Esas olarak TBM ile karışımlarda kullanılır. DMS yüksek buhar basıncı sayesinde, buharlaşma tipi koku gidericiler için uygun değildir. DMS, yüksek konsantrasyonlarda bulantıya neden olan sarımsak kokusu gibi koku veren bir bileşiktir. DMS'yi diğer koku verici kimyasallardan ayıran yapısal özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Etkisi ile ilk olarak sinir sistemini uyarır. Şekil 4.4'de DMS'nin NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.5'te DMS'nin çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.2 : DMS yapısal özellikleri.

Formül	C ₂ H ₆ S
Molekül ağırlığı	62.135 g/mol
CAS numarası	75-18-3
Spesifik yoğunluk	0.8
Kaynama noktası	37 °C
Donma noktası	-98°C
Alevlenme noktası	-38°C
Toplam sülfür içeriği kütlece	51.61 (Wt. %)



Şekil 4.4 : DMS NFPA oranı.



Şekil 4.5 : DMS çizgi formülü.

4.2.3 Dietil sülfid (DES)

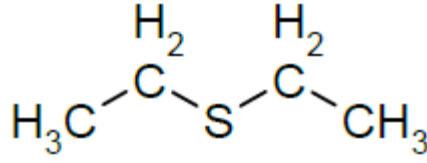
DES, iyi oksidasyon kararlılığına, düşük koku eşiğine sahiptir, ancak yüksek kaynama noktası, kokulu karışımlarda kullanım için sınırlayıcıdır. DES'i diğer koku verici kimyasallardan ayıran yapısal özellikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.6'da DES'in NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.7'te DES'in çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.3 : DES yapısal özellikleri.

Formül	C ₄ H ₁₀ S
Molekül ağırlığı	90.188 g/mol
CAS numarası	352-93-2
Spesifik yoğunluk	0.837
Kaynama noktası	90 °C
Donma noktası	-100°C
Alevlenme noktası	-9 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	35.55 (Wt. %)



Şekil 4.6 : DES NFPA oranı.



Şekil 4.7 : DES çizgi formülü.

4.2.4 Metil etil sülfid (MES)

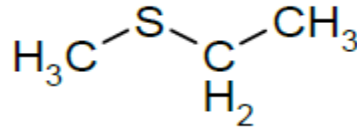
MES, boru hatlarında iyi bir oksidasyon kararlılığına ve TBM'ye benzer bir buhar basıncına sahiptir. Toksikolojik açıdan MES, NPM ile benzer özelliklere sahiptir. MES kimyasalının yapısal özellikleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Şekil 4.8'da MES'in NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.5'te MES'in çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.4 : MES yapısal özellikleri.

Formül	C3H8S
Molekül ağırlığı	76.162 g/mol
CAS numarası	624-89-5
Spesifik yoğunluk	0.8422
Kaynama noktası	65 - 67 °C
Donma noktası	-106°C
Alevlenme noktası	-15 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	42.10 (Wt. %)



Şekil 4.8 : MES NFPA oranı.



Şekil 4.9 : MES çizgi formülü.

4.2.5 Sekonder bütil merkaptan (SBM)

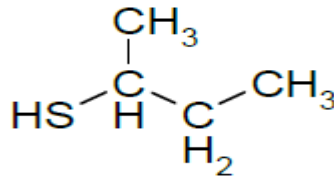
SBM, koku karışımlarında en az kullanılan bileşenlerden biridir. TBM imalatında ürün veya safsızlık olarak ortaya çıkar ve nadiren kullanılır ve sadece düşük konsantrasyonlarda kullanılır. Bu dallı zincirli merkaptan iyi oksidasyon stabilitesine sahip, ancak nispeten yüksek bir kaynama noktasına sahiptir. SBM'yi daha az kullanımına neden olan yapısal özellikleri Çizelge 4.5'da verilmiştir. Şekil 4.10'de SBM'nin NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.11'te SBM'nin çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.5 : SBM yapısal özellikleri.

Formül	C ₃ H ₈ S
Molekül ağırlığı	90.188 g/mol
CAS numarası	513-53-1
Spesifik yoğunluk	0.8299
Kaynama noktası	84 / 85 °C
Donma noktası	-165°C
Alevlenme noktası	-23 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	35.55 (Wt. %)



Şekil 4.10 : SBM NFPA oranı.



Şekil 4.11 : THT çizgi formülü.

4.2.6 Tersiyer-bütül merkaptan (TBM)

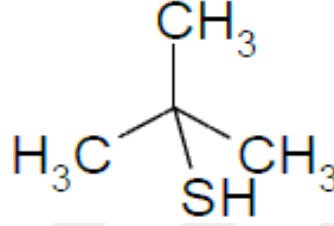
Tipik “gaz kokusu”, düşük koku eşiği, yüksek oksidasyon direnci (merkaptanlar arasında en yüksek) ve iyi toprak penetrasyonu TBM'yi gaz kokularının en çok kullanılan bileşeni yapan şeydir. Ana dezavantaj, TBM'nin tek başına bir koku verici madde olarak kullanılmasını engelleyen yüksek donma noktasıdır ve bu nedenle TBM'nin diğer koku verici maddelerle karıştırılması gerekir. TBM kimyasalını diğer koku kimyasallarıyla karıştırılmasını gerekli kılan diğer yapısal özellikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.12'de TBM'nin NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.13'de TBM'nin çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.6 : TBM yapısal özellikleri.

Formül	C ₄ H ₁₀ S
Molekül ağırlığı	90.188 g/mol
CAS numarası	75-66-1
Spesifik yoğunluk	0.8002
Kaynama noktası	64 °C
Donma noktası	1°C
Alevlenme noktası	<-29 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	35.55 (Wt. %)



Şekil 4.12 : TBM NFPA oranı.



Şekil 4.13 : TBM çizgi formülü.

4.2.7 Etil merkaptan (EM)

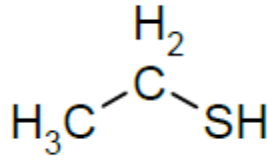
Etil merkaptan kimyasalının yapısal özellikleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Şekil 4.14’da EM’nin NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.15’de EM’nin çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.7 : EM yapısal özellikleri.

Formül	C ₂ H ₆ S
Molekül ağırlığı	62.135 g/mol
CAS numarası	75-08-1
Spesifik yoğunluk	0.839
Kaynama noktası	34 / 37 °C
Donma noktası	-148 / -121 °C
Alevlenme noktası	-48 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	51.61 (Wt. %)



Şekil 4.14 : EM NFPA oranı.



Şekil 4.15 : EM çizgi formülü.

4.2.8 N-Propil merkaptan (NPM)

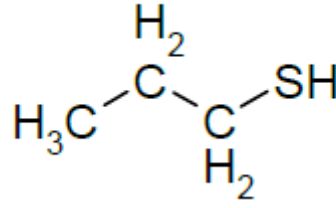
NPM düşük donma noktasına ve güçlü bir kokuya sahiptir ancak düşük oksidasyon kararlılığı nedeniyle yüksek konsantrasyonlarda (tipik olarak % 3-6) kullanılmaz. Toksikolojik açıdan merkezi sinir sistemi üzerinde depresif bir etkiye sahiptir. NPM kimyasalının diğer yapısal özellikleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Şekil 4.16’de NPM’in NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.17’de NPM’in çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.8 : NPM yapısal özellikleri.

Formül	C ₃ H ₈ S
Molekül ağırlığı	76.162 g/mol
CAS numarası	107-03-9
Spesifik yoğunluk	0.8411
Kaynama noktası	67 / 68 °C
Donma noktası	-113°C
Alevlenme noktası	-21 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	42.10 (Wt. %)



Şekil 4.16 : NPM NFPA oranı.



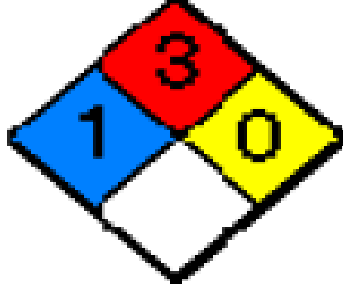
Şekil 4.17 : THT çizgi formülü.

4.2.9 İzopropil merkaptan (IPM)

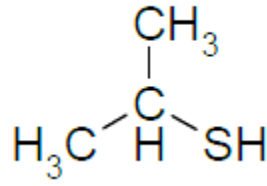
IPM, merkaptanlardan oksidasyona en dayanıklı ikinci sıradadır ve güçlü bir "gaz kokusu" ve düşük donma noktasına sahiptir. IPM, donma noktasını azaltmak için TBM ile karışımlarda yaygın olarak kullanılır. Bazı durumlarda IPM, tek başına bir koku kaynağı olarak kullanılmalıdır. IPM, NPM ile benzer toksikolojik etkilere sahiptir. Diğer koku kimyasallarıyla da kullanılabilen IPM kimyasalının diğer yapısal özellikleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Şekil 4.18'de görüldüğü üzere IPM'nin NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.19'da IPM'nin çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.9 : IPM yapısal özellikleri.

Formül	C ₃ H ₈ S
Molekül ağırlığı	76.162 g/mol
CAS numarası	75-33-2
Spesifik yoğunluk	0.8143
Kaynama noktası	53 °C
Donma noktası	-113°C
Alevlenme noktası	-34 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	42.10 (Wt. %)



Şekil 4.18 : IPM NFPA oranı.



Şekil 4.19 : IPM çizgi formülü.

4.2.10 Metil akrilat (MA)

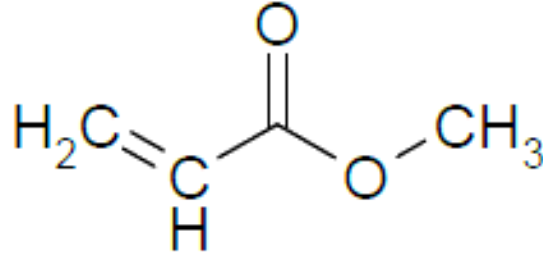
Metil akrilat kimyasalının yapısal özellikleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Şekil 4.20’de görüldüğü üzere MA’nın NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.21’de MA’nın çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.10 : MA yapısal özellikleri.

Formül	C ₄ H ₆ O
Molekül ağırlığı	86.0892 g/mol
CAS numarası	96-33-3
Spesifik yoğunluk	0.9535 / 0.9574
Kaynama noktası	78 / 81 °C
Donma noktası	-75°C
Alevlenme noktası	-3 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	- (Wt. %)



Şekil 4.20 : MA NFPA oranı.



Şekil 4.21 : MA çizgi formülü.

4.2.11 Etil akrilat (EA)

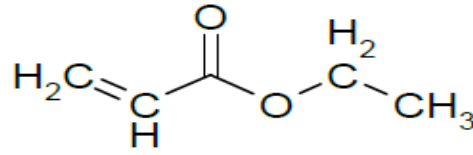
EA ve MA, kükürt içermeyen koku vericinin ana bileşenleridir (Metiletil Pirazin ile birlikte). Toprakta düşük koku eşiği ile birlikte iyi geçirgen özellik gösterirler fakat bu geçirgenlik kuru toprak durumunda biraz daha düşüktür. Belirli koşullar altında, özellikle boru hattı içinde hidrokarbon kondensat meydana gelirse, gaz akışından yıkanabilir. EA kimyasalının yapısal özellikleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.22’de görüldüğü üzere EA’nın NFPA tehlikeli madde işaretleme sistemindeki oranı ve Şekil 4.23’de EA’nın çizgi formülü verilmiştir.

Çizelge 4.11 : EA yapısal özellikleri.

Formül	C5H8O2
Molekül ağırlığı	100.1158 g/mol
CAS numarası	140-88-5
Spesifik yoğunluk	0.9
Kaynama noktası	99 / 100 °C
Donma noktası	-72°C
Alevlenme noktası	8.3 °C
Toplam sülfür içeriği kütlece	- (Wt. %)



Şekil 4.22 : EA NFPA oranı.



Şekil 4.23 : EA çizgi formülü.

4.2.12 Koku karışımları

Günümüzde kullanılan kokular tipik olarak dört ana kategoriye ayrılır:

- Tüm merkaptan karışımları
- Merkaptan / Alkil sülfid karışımları
- Tetrahidrotiyofen / merkaptan karışımları
- Akriyat karışımları (kükürt içermez).

Koku karışımlarının ana nedeni, farklı koşullar altında kullanım için bir kokunun spesifik özelliklerine ulaşmak veya karakteristiğinin bir kısmını iyileştirmektir. Bazı yaygın karışımların bir listesi Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Yaygın koku karışımlarının temel özellikleri.

Koku Karışım	İçerik	Spesifik Yoğunluk (20°C)	Kaynama Noktası [°C]	Parlama Noktası [°C]	Viskozite (20 °C) [cP]	Koku Eşiği
Alerton 88 Spotleak 1013	THT 100 %	1.000 (20°C)	115	<13	1.04	1 ppb
Alerton 452 Spotleak 1001	TBM 80 % DMS 20 %	0.816 (20°C)	50	<-32	0.52	0.1 ppb
Alerton 541	TBM 50 % DMS 50 %	0.830 (20°C)	30	<-34	0.41	N/A
Alerton 842	THT 95 % TBM 5%	0.991 (20°C)	65	<-4.4	0.98	N/A

Çizelge 4.12 (devam) : Yaygın koku karışımlarının temel özellikleri.

Koku Karışım	İçerik	Spesifik Yoğunluk (20°C)	Kaynama Noktası [°C]	Parlama Noktası [°C]	Viskozite (20 °C) [cP]	Koku Eşiği
Alerton 1440	IPM 80 % NPM 10 % TBM 10 %	0.820 (20°C)	50	<-17	N/A	N/A
Spotleak 1007	TBM 80 % MES 20 %	0.815 (15.5°C)	63	<-18	0.55	0.1 ppb
Spotleak 1009	TBM 79 % IPM 15 % NPM 6 %	0.812 (15.5°C)	62	<-18	0.570	0.1 ppb
Spotleak 1039	THT 50 % TBM 50 %	0.904 (15.5°C)	67	<-12	N/A	
Spotleak 1420	TBM 75 % DMS 25 %	0.825 (15.5°C)	54	<-18	0.49	0.1 ppb
Spotleak 1450	IPM 70% TBM 10 % DMS 10 % NPM 10 %	0.825 (15.5°C)	53	<-18	0.570	0.1 ppb
Spotleak 2323	TBM 50 % NPM 50 % Methyl acrylate 37.4 %	0.826 (15.5°C)	62	<-18	N/A	0.1 ppb
Gasodor S-free	Ethyl acrylate 60 % Methylethyl pyrazine 2.5 %	0.930 (20° C)	<130	<5	N/A	N/A

4.3 Doğalgazın Kokulandırıcılarla Yeraltına Depolanması

Doğal rezervuarlarda depolanması için doğalgaz kükürt bileşikleri ile kokulandırılırsa, olası bir çevresel etki ortaya çıkabilir. Koku verenlerin bir kısmı formasyonda kaybolabilir. Bu kayıp bir akifere bitişik bir rezervuarda meydana gelirse, suyu kirletebilir ve çevre sorunlarına neden olabilir.

Kirlenmiş yeraltı suyu, demir ile reaksiyona girerek dezenfekte edilebilir. Bu teknik, yerinde etilmerkaptan ile kirlenmiş yer altı suyunun giderilmesi için önerilmiştir. Çalışmalar, geri dönüşü olmayan bir yüzey adsorpsiyonundan ziyade demir ile kimyasal reaksiyonları göstermektedir. Her zamanki glikol dehidrasyon ve kükürt giderme işlemine benzer şekilde, gaz koku vericiler özümleme ile çıkarılabilir. Bu gibi nedenlerden ötürü doğalgaz RMS-A istasyonlarında kokulandırılmalıdır.

4.4 Gaz İçerisinde Bulunması Gerekli Minimum Koku Miktarı Hesaplanması

Doğalgaz içerisinde bulunması gerekli en düşük koku miktarı hesabı 2 şekilde yapılabilmektedir. Gaz içerisindeki koku miktarı belirlenirken birinci yöntem olarak

aşağıdaki formül kullanılır. Minimum koku konsantrasyonu C , aşağıdaki formüle göre tahmin edilebilir:

$$C = \frac{K \times 100}{0,2 \times \text{ATS}} \quad (4.1)$$

Yukarıdaki denklem 4.1’de görüldüğü üzere;

C : Gazdaki en az koku verici madde miktarı (mg/ m^3)

K : Tetra hidro tiyofen $0,08 \text{ mg/ m}^3$

Tiyoller için $0,04 - 0,09 \text{ mg/ m}^3$

Dimetilsülfid için $0,28 \text{ mg/ m}^3$

ATS : Alt Tutuşma Sınırı (% Hacim) (Havadaki gaz miktarının hacimce oranı)

Koku yoğunluğu, uyarılan kokunun belirlediği koku algı derecesidir. Genellikle, koku yoğunluğu bir koku seviyesi olarak değerlendirilir. Koku seviyelerinin listesi Çizelge 4.13’de bulunmaktadır.

Çizelge 4.13: Koku seviyesi.

Kokulandırma Derecesi	Koku Alma Algısı	Değerlendirme
0	Koku tespit edilmedi	-
1	Çok az yoğunluk	Koku alt limiti
2	Zayıf Koku	-
3	Orta Koku	Koku uyarı limiti
4	Güçlü Koku	-
5	Çok Güçlü Koku	-
6	Aşırı güçlü koku	Üst limit yoğunluk

Gazlardaki Karbonmonoksit (CO) miktarına bağlı olarak diğer bir hesaplama şekli de aşağıdadır.

$$C = \frac{K \times \text{CO}}{0,025} \quad (4.2)$$

Yukarıdaki denklem 4.2’de görüldüğü üzere;

C : Gazdaki en az koku verici madde miktarı (mg/m³)

K : Tetra hidro tiyofen 0,075 mg/ m³

Tiyoller için 0,04 – 0,09 mg/ m³

Dimetilsülfit için 0,28 mg/ m³

CO : Gaz içindeki CO' nun % hacimce konsantrasyonu

Sisteme en az yukarıdaki formüllerde hesap edilen miktar kadar koku verici madde ilave edilmelidir. Gazda, yeterli miktarda kokulandırma yapıp yapılmadığı düzenli olarak kontrol edilmelidir[17].

4.5 THT Kimyasalı

THT kimyasalı dünyada ve ülkemizde doğalgaz kokulandırmada kullanılan en yaygın kimyasal olmasından ötürü yapısal özellikleri ve çevresel etkileri daha kapsamlı incelenmelidir. Thiophane, Tetrahydrothiophene veya THT olarak anılır. THT, 13734 ISO gaz kokulandırma yönetmeliğine mükemmel uyum sağlar. Molekül formülü C₄H₈S, molekül ağırlığı 88.172 g/mol, düşük donma noktasına sahiptir. Kaynama noktası 115 ile 124 °C derece aralığındadır. Buharı havadan ağırdır ve yüzeyde toplanmaktadır. Suda çözünmemekte, fakat solvent olarak diğer kimyasalların üretiminde kullanılmaktadır. THT koku kimyasalı tek başına kokulandırmada kullanılabilen fakat TBM ile karışımı ülkemizde ve dünyada genellikle tercih edilmektedir.

4.5.1 THT Kullanım Alanları

THT kimyasalı genel olarak gaz kokulandırma sisteminde kullanılmaktadır. Endüstriyel olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından bazıları şunlardır:

- Yakıt katkı maddeleri ile birlikte kokulandırmada kullanılabilir.
- Genel yakıtlar, yakıt katkı maddeleri, kokulandırmada kullanılabilir.
- Kokular veya koku maddeleri, ev ürünlerinde (temizleyiciler, çamaşır ürünleri, oda spreyleri) veya benzeri endüstriyel ürünlerde kullanılabilir.
- Doğal gazın kokulandırma işlemlerinde kullanılır.

- Yeraltı madenlerinde yangın emniyeti kokusu uyarı sisteminde kullanılır.
- Kömür kaynaklı sıvılarda katkı maddesi.
- Böcek ilacı olarak kullanılabilir.
- Gıda katkı maddesi olarak kullanılabilir.
- Tıp alanında terapötik kullanımları mevcuttur.

4.5.2 THT'nin Avantaj ve Dezavantajları

Tiyofan, diğer sülfidlerle karşılaştırıldığında kokusu merkaptanlara oranla oldukça düşük olmasına rağmen oldukça koku vericidir. Başlıca avantajları saf olarak kullanılabilmesi ve çok kararlı bir molekül olmasıdır. Buharlaştırıcı koku giderici için bir varlık olan saf bir madde olarak kullanılan tek koku maddesidir. Aynı zamanda, gaz içindeki konsantrasyonunun analitik kontrolünün, müdahale edici bir molekülün kokusunu değiştiremeyeceği varsayımıyla, gaz kokusu ile doğrudan bir ilişkiye izin verdiği anlamına gelir. Bu genellikle, doğal gazlarda kokusu olmadığı için veya eğer varsa kokusunu artıracak sülfidlerden veya merkaptanlardan kaynaklanmaktadır. En büyük dezavantajı, yeni boru hatlarını devreye alırken koku kaybına yol açan malzeme yüzeyinde adsorbe edilebilmesidir. Bu, ayrıca yeraltı şebekelerinde bir gaz kaçağı meydana geldiğinde, bazı kokuların toprak tarafından adsorbe edilebileceği anlamına gelir. Bir diğer dezavantajı ise THT'nin sülfür içeriği nedeniyle bir süre sonra boru hatlarında korozyona sebebiyet verebilmesidir.

4.5.3 THT Çevrede Taşınımı ve Davranışı

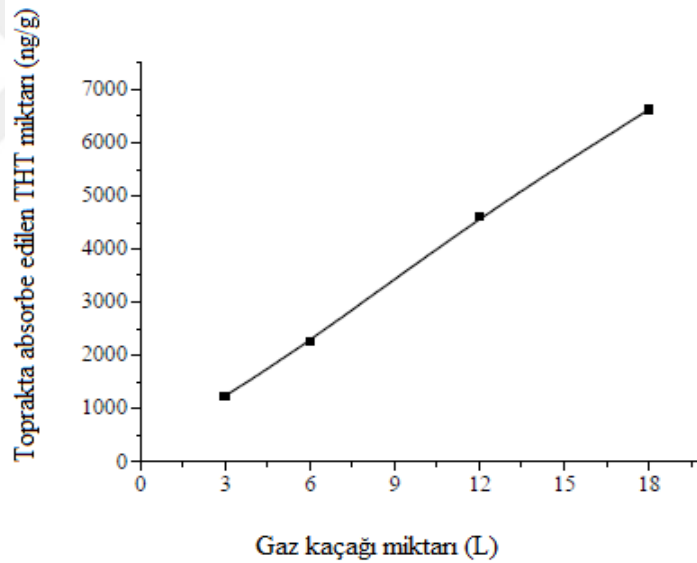
Renksiz, kokusuz ve yanıcı bir gaz olan doğalgaz kolaylıkla tespit edilemez. Doğalgaz kaçağı meydana geldiğinde, personel kayıplarına, ekonomik kayıplara, çevre kirliliğine ve hatta şehir güvenliğini etkileyebilecek patlamalara veya yangınlara yol açması muhtemeldir. Şimdiye kadar, yaygın ve popüler bir yöntem olarak, güvenlik amacıyla doğal gaza kokulandırıcı kimyasallar eklenmektedir. Dünyada koku veren kimyasallardan biri olarak kabul edilen THT, gün geçtikçe ilk kokulandırıcı kimyasallardan olan etil merkaptanın yerini almıştır.

Doğalgazın kokulandırılmasıyla doğalgazın çevredeki taşınımı ve davranışı daha kolay izlenebilir bir hal aldı. Yeraltı gaz boru hatlarındaki sızıntılar tam olarak tespit edilememekte ve bu nedenle gaz sızıntısını erken tespit etmek kolay değildir. Bu

durumun sebeplerinden biri organik madde içeriği yüksek olan bataklıklar ve yeraltı drenaj boru hattının bulunduğu topraklarda doğalgazın ana bileşeni de olan metanın bu tarz ortamlarda kendiliğinden bulunabilmesidir.

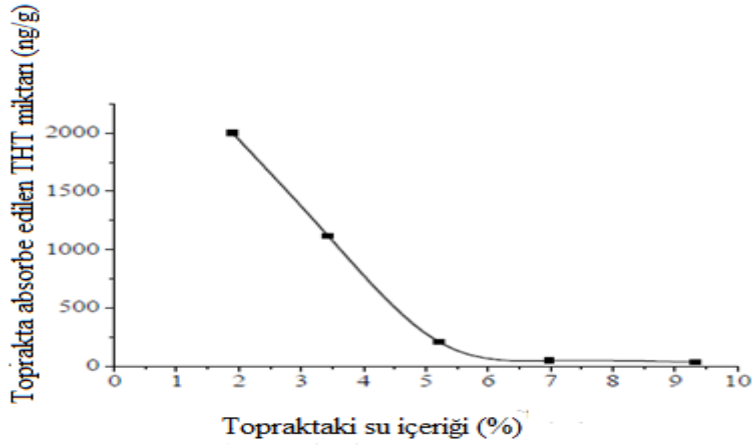
Doğalgaz boru hatlarında zaman zaman kaçak olabilmektedir. THT'nin toprakta metandan daha fazla tutulma süresine sahip olma özelliği doğalgaz kaçağını tespit etmeyi sağlamaktadır ve kaçak doğalgaz miktarı da hesaplanabilmektedir. Sızan gaz THT koku kimyasalı sayesinde tespit edilir. Fakat doğalgazla birlikte sızan THT kimyasalı toprağa ve oradan da suya karışarak zararlı çevresel etki oluşturabilmekte bu durum da özellikle sucul canlılar için çok büyük tehdit oluşturmaktadır.

Gaz kaçağının THT'nin toprakta adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisine bakıldığında Şekil 4.24'te görüldüğü üzere toprakta adsorbe edilen THT miktarının, gaz kaçağı ile arttığı görülmektedir.



Şekil 4.24 : THT'nin toprakta adsorpsiyon kapasitesi.

Su içeriğinin THT'nin toprakta adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisine bakıldığında farklı nem koşullarında toprağın THT adsorpsiyon kapasitesi değişiklik göstermektedir. Toprak su içeriği arttıkça, adsorbe edilen THT miktarının azalmaktadır. Kuru toprağın adsorpsiyon kapasitesi nemli toprağinkinden çok daha büyüktür. Şekil 4.25'de de görüldüğü üzere topraktaki su içeriğinin toprakta adsorbe edilen THT miktarına etkisi görülmektedir.



Şekil 4.25 : Topraktaki su içeriğinin toprakta adsorbe edilen THT miktarına etkisi.

THT'nin topraktaki davranımına bakıldığında topraktaki THT'nin adsorpsiyon kapasitesinin, gaz kaçağı ile pozitif korelasyon gösterdiğini ve toprağın su içeriği ile negatif korelasyon içinde olduğu görülmektedir.

4.5.5. Kaçak Doğalgazın Tespiti Yoğunlu Geriye Hesaplama Yöntemi

Yeraltı doğalgaz boru hatlarında sızıntılar meydana geldiğinde, THT'nin toprakta difüzyonu ve taşınımı görülebilmekte, bu da kirli toprakların yayılımının artmasına yol açmaktadır. Gaz sızıntısı ile topraktaki adsorbe edilmiş THT kütlesi arasındaki nicel ilişkiye dayanarak, kaçak doğalgazın miktarının yoğunluğu geriye hesaplama yöntemi ile hesaplanılabileceği araştırılmaktadır. Bu hesaplama prosedürü şunlardır:

- (1) Doğalgaz boru hattı güzergahı haritasına göre, boru hatlarının yeri belirlenir. Doğalgaz boru hattı güzergahı haritası bulunmuyorsa, vanalar, regülatör kutuları gibi gaz tesislerine göre konum kabaca değerlendirilir.
- (2) Boru hatları boyunca toprak yüzeyinin toprak örneklerini alındıktan sonra, toprakta adsorbe edilmiş THT kütlesi ölçülür. THT tespit edilirse, ölçüm noktasına yakın bir miktar sızıntı olacaktır.
- (3) Farklı örnekleme noktalarında adsorbe edilen THT kütlesine göre, THT'nin toprak yüzeyindeki toprakta konsantrasyon dağılımı analiz edilir ve ardından kaçak kaynakların konumu belirlenir.
- (4) Su yüzeyinde ve toprak yüzeyinde bulunan THT'nin emilen kütlesinde, yüzey ortamına yayılan sızan gazların miktarı, gaz kaçağı ile topraktaki THT'nin emilen kütlesi arasındaki nicel ilişki ile elde edilir. Ve sonra yeraltı doğal gaz boru hattından çıkan gaz kaçağı miktarı göreceli olarak hesaplanır.

5. RMS-A KOKULANDIRMA SİSTEMİ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Doğalgaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları ÇED yönetmeliği listelerinde yer almadığından kapsam dışı olarak değerlendirildiklerinden ÇED raporu oluşturulmamaktadır. Fakat bu tesislerde 2872 sayılı Çevre Kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılan yönetmeliklere ve yürürlükte olan mevzuatlar çerçevesinde izinlerin alınması, ekolojik dengenin bozulmamasına, çevrenin korunmasına ve geliştirilmesine yönelik tedbirlere riayet etmek durumundadırlar.

Bu bölümde doğalgaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında (RMS-A) bulunan kokulandırma sistemlerinde kullanılan kimyasala bağlı olarak oluşabilecek çevresel etkiler değerlendirilerek, bu etkilerin oluşmaması için istasyonda uygulanması gereken tedbirler belirlenip değerlendirilmektedir.

5.1 RMS-A Kokulandırma Sistemi Çevre Boyut Etki Değerlendirmesi

Çevre boyut etki değerlendirme çalışması sürdürülebilir çevre, sürdürülebilir şehircilik anlayışı ile uyumlu olarak; yaşam döngüsü bakış açısı ile uyumlu olarak fırsatların ele alınmasını, tüm çevresel etki ve boyutlarının belirlenmesini, bunlardan çevreye etkisi olanların tanımlanmasını, sistematik bir şekilde kontrol altına alınmasını, mümkünse kaynağında azaltılmasını veya ortadan kaldırılmasını sağlamaktır. Bu bakımdan RMS-A kokulandırma sistemi çevre boyut etkisi değerlendirilip doğalgaz kokulandırma sisteminin çevresel etki oluşumunun önüne geçebilmek bu mümkün değilse çevresel etkilerin en aza indirilmesini amaçlamakta bu değerlendirme sistemini kullanarak.

RMS-A istasyonlarında kokulandırma sistemi çevre boyut etki değerlendirmesi çalışması için bilinmesi gerekli temel tanımlar[18]:

Çevre: hava, su, toprak, tabii kaynaklar, bitki topluluğu, hayvan topluluğu, insanlar ve bunlar arasındaki ilişkileri içine alan ortamdır.

Çevre Boyutu: Faaliyetlerin, ürünlerin veya hizmetlerin, çevre ile etkileşimde bulunabilecek unsurlarıdır.

Çevre Etkisi: Çevrede kısmen veya tamamen; faaliyetlerden, ürünlerden veya hizmetlerden dolayı ortaya çıkan olumlu veya olumsuz geniş kapsamlı veya kısmi her türlü değişikliktir.

Olasılık: Çevre boyutunun gerçekleşme ihtimalidir.

Önemli Çevre Boyutu: Gerçekleştirilen faaliyetlerin, ürünlerin veya hizmetlerin önemli çevre etkisine sahip olan veya olabilecek boyutudur. Önemli çevre boyutları, etkileri mutlaka kontrol altında tutulması ve yönetilmesi gereken boyutlardır.

Kabul Edilebilir Risk: Yasal zorunluluk ve çevre mevzuatları dikkate alındığında tahammül edilebilecek düzeye indirilmiş risktir.

Çevresel Hedef: Çevre ile ilgili politika ve hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için belirlenen ve ulaşılması istenilen somut veya soyut değerlerdir.

Risk : Belirsizliğin etkisidir.

Risk ve fırsatlar: Olası olumsuz etkiler, tehditler ve olası olumlu etkiler, fırsatlardır.

Çevresel Risk: İnsan sağlığının ve çevrenin doğrudan ya da dolaylı olarak olumsuz etkilenme ihtimalidir.

Çevresel Ramak Kala: İşyerinde meydana gelen, çevresel etki oluşturabilecek, çalışan, işyeri ya da ekipmanını zarara uğratma potansiyeli olduğu halde zarara uğratmayan olaydır. İstatistiklere göre her 300 ramak kala olayında 29 yaralanmalı kaza, her 29 yaralanmalı kazada 1 ölümlü veya ağır yaralanmalı kaza gerçekleşmektedir. Bu bakımdan ramak kala kayıtlarının tutulması işyerinde iş kazalarını önlemek için hayati önem taşımaktadır.

Çevre Kazası: Faaliyet esnasında, anormal oluşum sonucu, beklenmeyen, birden oluşan özellikle yayılma-emisyon, yangın ve patlama gibi, personel, toplum ve çevre için hemen ya da sonradan tehlike yaratan, kuruluş içinde ya da dışında bir veya daha çok tehlikeli maddenin neden olduğu olaydır.

Çevresel Acil Durum: Kontrolsüz deşarj, kontrolsüz emisyon, kimyasalların dökülmeleri ve kimyasal döküntüler, sızıntılar vb. çevre kazaları sonucu canlıların zarar görmesi ve hasar ziyan durumlarıdır.

Çevre Boyut Etki Değerlendirme Formu: Birimlerin çevreye etkisi olan tüm faaliyetlerinin değerlendirildiği, Risk ve Tehlike Değerlerinin tespit edilerek risk sınıflandırmasının yapıldığı, Çevre Yönetim Programına girdi teşkil eden formlardır.

Çevre Yönetim Programı: Çevre boyut ve etki değerlendirmesi sonucunda tespit edilen çevresel risklerin, kabul edilebilir risk düzeyine indirilmesini veya tamamen ortadan kaldırılmasını sağlamak amacıyla; görev, yetki ve sorumluluklar çerçevesinde gerekli hedef, amaç ve yöntemleri içeren zaman çizelgesi ve aksiyonların bütünüdür.

Yaşam Döngüsü: Bir ürün veya hizmetin; hammadde alımından veya doğal kaynaktan üretiminden, nihai bertarafına kadar olan art arda ve birbiri ile bağlantılı aşamalarıdır.

Uygunluk Yükümlülükleri: Yasal şartlar veya diğer şartları kapsamaktadır.

5.1.1 Çevre boyutları belirlenirken göz önünde bulundurulacak durumlar

Faaliyetin Normal Seyri: Faaliyetlerin çalışma saatleri dahilinde veya dışında gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek çevre boyutları ve bunların çevre etkileri,

Anormal Durumlar: Dökülme, saçılma gibi çevre ve iş kazaları ve arızı durumlar sonucunda ortaya çıkabilecek çevre boyutları ve bunların çevre etkileri,

Afet Durumları (Öngörülemeyen Acil Durumlar): Deprem, yangın, sel, sabotaj ve büyük çaplı çevre kazaları gibi önceden tahmin edilemeyen acil durumlarda ortaya çıkabilecek çevre boyutları ve bunların çevre etkileridir.

5.1.2 Kokulandırma sistemi çevre etkilerinin belirlenmesi

Belirlenmiş olan her bir çevre boyutunun çevreye olan etkileri tek tek tanımlanır. Bu tanımlamalar, aşağıda verilen parametreler baz alınarak yapılır:

- Elektrik sarfiyatı
- Yakıt sarfiyatı
- Su sarfiyatı
- Atık su deşarjı
- Gaz, toz, duman emisyonu

- Gürültü, titreşim
- Koku
- Kötü görüntü vb.

5.1.3 Değerlendirme Sistemi

Çevre boyutları; olumlu ve olumsuz çevresel etkiler ile bağlantılı olarak risk ve fırsatlar yaratır. Çevre boyutları ile ilgili risk ve fırsatlar, önemlilik değerlendirmesinin parçası olarak veya ayrı tayin edilir.

Acil durumlarda, puanlama yapılmaksızın çevre etkilerinin belirlenmesi, RMS-A istasyonlarında acil eylem talimatında veya kokulandırma faaliyetine ait dokümanda böyle bir durumda yapılması gereken eylemlerin yer alması ve çevre yönetim programına alınması birim yöneticisi tarafından sağlanır.

14001 Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) değerlendirme ekibi tarafından çevre boyutlarına yönelik yükümlü olunan uygunluk yükümlülükleri ile önemli çevre boyutları dikkate alınarak çevre yönetim programı hazırlanır.

Önem derecesi Kabul Edilebilir Risk (K) seviyesinin üzerinde çıkan faaliyetler için, stratejik faaliyet ve iyileştirme hedefleri tanımlanmaktadır istasyonda. Çevre yönetim programı; ilgili fonksiyon ve seviyelerde sorumlulukları, amaç ve hedeflere ulaşabilmek için gerekli yöntemleri, mevcut durumları ve zaman çizelgesini içermektedir. Hazırlanan çevre yönetim programı 14001 ÇYS değerlendirme ekibi tarafından çevre yönetim sistemi modülü üzerinden yıllık periyotlarda takip edilir.

Tehlikeyi ortadan kaldırma ya da kabul edilebilir risk seviyesine indirmek üzere belirlenen faaliyet programının, hedeflenen iyileştirmeye ulaşmadaki performansı ölçülür. Programın beklenen performansa götüremeyeceği yada uygulanmasına ait önemli aksaklıklar tespit edildiğinde, sadece o tehlikeye ait program revize edilir.

Periyodu beklemeden uygulama alanında görülen değişim ve diğer şartlardaki değişim örneğin şantiyenin büyümesi, yeni işlerin başlatılması, yeni ekipman kullanımı, personel değişimi, yasal gereksinimlerdeki değişimler, gelen şikayetler, öneriler, geri bildirimler, düzeltici faaliyet rapor sonuçları, acil durumların sıklıkla tekrarlanması vb. etkenler göz önünde bulundurularak, değerlendirme yeniden yapılır. Aşağıda değerlendirme sistemi puanlama ve olasılık kriterleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Değerlendirme sistemi puanlama ve olasılık kriterleri.

Puan	Değerlendirme	Olasılık Kriterleri
0	Olanaksız,	Çevre boyutu oluşma olasılığı yok,
1	Çok nadir, (Olanaksız denilebilir)	Çevre boyutu oluşma olasılığı çok düşük, (5 yıl ve üzeri süredir gerçekleşmemiş)
2	Nadiren, (Düşük olasılık)	Çevre boyutunun oluşma olasılığı düşük, (Yılda bir veya birkaç defa)
3	Muhtemel olasılık, (Olasılık göz ardı edilemez)	Çevre boyutu oluşması muhtemel, (Ayda bir veya birkaç defa)
4	Sık olasılık, (Olasılık yüksek/Sık Sık)	Çevre boyutu sık sık oluşmakta, (haftada bir veya birkaç defa)
5	Sürekli, (Olasılık sürekli/Çok sık)	Çevre boyutu oluşma olasılığı sürekli, (hergün)

5.1.4 Çevre etkilerinin tehlike değerinin belirlenmesi

Çevre etkilerinin tehlike değeri belirlenirken bir puanlama sistemi oluşturulur. Bu puanlama sistemi ile çevresel etkiler önem sıralamasına göre sınıflandırılır ve gerekli tedbirler alınır. Çevre etkilerinin tehlike değeri belirlenirken risk değeri, uygunluk yükümlülükleri ve mevcut durum puantajları oluşturulur ve hesaplama yapılır.

Fırsat, Çevre Boyut Etki Değerlendirmesi aşağıdaki formül çerçevesinde yapılır:

Risk Değeri = Şiddet (Etki / Etki Alanı) x Olasılık

Tehlike Değeri = Risk Değeri + Uygunluk Yükümlülükleri + Mevcut Durum

Şiddet (Etki/Etki Alanı): Değerlendirme yapılırken aşağıdaki sorunun cevabı aranır.

“Faaliyetin çevre etkisinin, çevre üzerinde yaratacağı fayda, zarar veya zararlar nelerdir? Olaydan etkilenen bölge büyüklüğü ne kadardır?”

Olasılık: Değerlendirme yapılırken aşağıdaki sorunun cevabı aranır.

“Bu faaliyetler sırasında çevre boyutunun, fırsatın oluşma olasılığı nedir?”

Uygunluk Yükümlülükleri: Değerlendirme yapılırken aşağıdaki sorunun cevabı aranır.

“Çevre mevzuatı kapsamında uygunluk yükümlülüklerine yani yasal yükümlülüklerle uyum durumu nedir?” Çizelge 5.2’de görüldüğü üzere çevreye yönelik etki şiddeti alanı verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Çevreye yönelik etki şiddeti alanı.

Puan	Değerlendirme	Çevreye Yönelik Etki(şiddet)/Etki Alanı
1	Önemsiz, (Çevresel Etki Yok)	Çevresel etki yok : - Yasal limitlerin altında deşarj veya emisyon, - Kontamine olmamış atıklar, - Yeniden kullanılabilir atıklar, - Mevcut şekliyle; insan, canlı ve çevre üzerinde olumsuz etki oluşturmeyen durum
2	Önemsizdir, (Kısa Sürede Giderilebilir Çevresel Etki)	Çevre üzerinde kısa sürede iyileştirilebilir kısmi etkiler : - Katı atık, geri dönüştürülebilir atıkların oluşumu, - Faaliyet alanı ile sınırlı, giderilebilir etkiler, - İnsanlar üzerinde kısa süreli, geçici olumsuz etkiler.
3	Önemli, (Orta Derecede/ Sürede İyileştirilebilir Çevresel Etki)	Çevre üzerinde orta derecede/sürede iyileştirilebilir etkiler : - Bertaraf gerektirecek atıkların oluşumu, - Çalışma alanı/Saha ile sınırlı, orta vadede/ sürede giderilebilir etkiler, - Ekolojik denge üzerinde geçici olumsuz etki, - Canlıların yaşam şartları üzerinde geçici olumsuz etki, - İnsanlar üzerinde geçici hasar, Çevre üzerinde uzun sürede iyileştirilebilir büyük etkiler :
4	Ciddi, (Uzun Sürede İyileştirilebilir Büyük Çaplı Çevresel Etki)	- Tehlikeli maddeden dolayı hava, su, toprak kirliliği vb. oluşumu, - Yerel ölçekte/bölgesel bazda çevre felaketi, - Ekolojik dengede küçük boyutlu kalıcı tahribat, - Bazı canlılar üzerinde ölümcül etki, - İnsanlar üzerinde kalıcı hasar oluşması,
5	Çok Ciddi, (Uzun Süreli Kalıcı ve Büyük Çevresel Etki)	Çevre üzerinde önemli derecede, uzun süreli kalıcı ve büyük etkiler : - Tehlikeli maddeden dolayı kalıcı hava, su, toprak kirliliği v.b oluşumu, - Ekolojik dengenin kalıcı ve büyük boyutlu olarak tahrip olması, - Kitlesele canlı ölümleri, - İnsanlarda can kaybı,

Çizelge 5.3'te uygunluk yükümlülükleri değerlendirme tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.3 : Uygunluk yükümlülükleri değerlendirme tablosu.

Puan	Değerlendirme	Yaptırımlara Uyum Değerlendirmesi
0	Çok iyi	Yasal düzenlemelerin ötesinde uygulamalar mevcut
1	İyi	Yasal yükümlülük var, uyum tam
2	Orta	Yasal yükümlülük var, kısmen uyuluyor
7	Kötü	Yasal yükümlülük var, uyum yok
10	Çok kötü	Yasal yükümlülük var ama uyulmuyor

Mevcut durum, uygulamalar, bilinç seviyesi, talimat, işaretleme, ölçüm:

Mevcut Durum değerlendirmesi yapılırken aşağıdaki sorunun cevabı aranır.

Çevre Politikası ile uyumlu oluşturulan Çevre Yönetim Programına uygun, etkin bir uygulama mevcut mu?

Çizelge 5.4' te görüldüğü üzere mevcut durum analizi verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Mevcut durum analizi tablosu.

Puan	Değerlendirme	Dökümantasyon ve Bilinç Seviyesi
1	Var, çok iyi	-Çevre Yönetim Programı oluşturulmuş, -Hedeflere ulaşılmış, -Değerlendirmeler yapılmış, -Uygulamaların sürekliliği sağlanmış. -Fırsat yapısı yönetim sistemi dokümantasyonuna direkt etki eder.
2	Var, iyi	-Çevre Yönetim Programı oluşturulmuş, -Hedeflere kısmen ulaşılmış, -Değerlendirmeler kısmen yapılmış, -Uygulamaların sürekliliği kısmen sağlanmış, -Fırsat yapısı yönetim sistemi dokümantasyonuna etki eder.
3	Var, orta	-Çevre Yönetim Programı oluşturulmuş, fakat tüm faaliyetleri kapsamıyor, değerlendirmeler yeterli yapılmamış, -Fırsat yapısı yönetim sistemi dokümantasyonuna entegre edilmelidir.
4	Var, zayıf	-Çevre Yönetim Programı yetersiz, -Hedeflerin çoğuna ulaşamamış, -Uygulamaların sürekliliği takip edilemiyor. -Fırsat yapısı yönetim sistemi dokümantasyonuna uymamaktadır.

Tehlike değerleri belirlenip riskin sınıflandırması aşağıda belirtilen şekilde yapılmaktadır:

Parametreler her bir durum için belirlenmiş puanlar kadar derecelendirmeye etki edeceklerdir. Formülde yer alan, tehlike değeri, uygunluk yükümlülükleri ve mevcut durum değerleri toplamları alınır ve tehlike değeri hesaplanır ardından risk sınıflandırması yapılır. Bu sıralama sonucunda, etkilerin öncelik sırasına göre, etki için mevcut durumdaki uygulamalar ve etkinin kontrol altında olup olmadığı incelenir ve takiben planlama, uygulama ve kontrol sistemi oluşturulur. RMS-A istasyonlarında

risk sınıflandırma puanı aşağıda belirtilen sınırlar içerisinde değerlendirilip buna uygun faaliyetler yerine getirilir.

K (Kabul Edilebilir Risk) : Şayet risk derecesi 14 ve altında ise bu, kabul edilebilir bir risktir. “14001 ÇYS Değerlendirme Ekibi” mevcut durumun devamlılığı yönünde karar alabilir.

M (Muhtemel Risk): Muhtemel riskli durum. Değerlendirme sonucunda 15-20 arasında puan alan konular, gelecekte önemli bir tehlikeyi oluşturmaması için, çevre yönetim programına alınıp yapılacak önlemler, program içinde tarif edilir ve uygulama kontrolleri yapılır.

Y (Yüksek Risk) : Yüksek riskli durum. 21-26 puan aralığında tespit edilen etkiyle ilgili, kötü sonuçların önlenmesi için aksiyon planları oluşturulur ve çalışmalar planlamaya uygun olarak sonuçlandırılır. Uygulama kontrolleri yapılır.

ÇY (Çok Yüksek Risk): Acil Durum halini ifade eder. İvedilikle, resmi ve özel kurumlar dahil durumdan haberdar edilir. Tehlikeyi giderici veya etkiyi kabul edilebilir düzeye çekecek çalışmalar acilen başlatılır. 27 ve üzeri puan alanlar yüksek etki göstermektedir. Acil durum talimatlarında veya çevre yönetim programlarında, iş sağlığı ve güvenliği programlarında verilen zamanlamaya uygun olarak çalışmalar sonuçlandırılır. Çizelge 5.5’te görüldüğü üzere risk sınıflandırması verilmiştir.

Çizelge 5.5 : Risk sınıflandırması.

Risk Değeri : (Etki/Etki Alanı x Olasılık)	Uygunluk Yükümlülüklerine Uyum	Mevcut Durum	Tehlike Değeri TD	Öncelik
0	0	1	TD<14	K
			TD≥15	M
↓	↓	↓	TD≥21	Y
25	10	5	TD≥27	ÇY

Özellikle kabul edilebilir risk seviyesi üzerinde çıkan tüm etki grupları için yapılacak faaliyetler aşağıda sıralanmıştır:

- Çevre yönetim programları oluşturulur. Etki kontrol sistemleri belirlenir ve yazılı olarak tanımlanır.
- İzleme ve ölçme planı yapılır ve kayıtları tutulur.
- İyileştirmeye yönelik düzeltici faaliyetler belirlenir, uygulanır ve takip edilir.
- Mümkün olduğu durumlarda iyileştirmelerin rakamsal olarak takibi yapılır ve kaydı tutulur.
- Personele, gerekli olan durumlarda da tedarikçilere ihtiyaç duyulan genel ve işbaşı eğitimleri verilir.
- Bu konulardaki tüm uygulamanın belirli periyotlarla denetlenmesi sağlanır, yönetime raporlanması sağlanır.
- Yönetim, belirli periyotlarla sonuçları gözden geçirir.

5.2 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sistemi Tehlike Değeri Hesaplama

RMS-A istasyonlarında koku kimyasalının çevreye yayılımının gerçekleşebileceği durumlar bulunmaktadır. Bu durumların önem derecesi tehlike değeri hesaplaması yapılarak risk sınıflandırılması yapılmaktadır. Riskin sınıflandırılmasında, değerlendirilmesinde birçok metot bulunmaktadır. Bunlar kalitatif ve kantitatif olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Kalitatif yöntemler riskleri yüksek, orta veya düşük gibi terimlerle tanımlayan yöntemlerdir. Bu yöntemler Ön Tehlike Analizi, Tehlike ve İşletilebilme Yöntemi, Olursa Ne Olur, Neden Sonuç Analizi, Hata Ağacı Analizi, Hiyerarşik Görev Analizi yöntemleridir. Kantitatif Yöntemler ise riskleri sayısal hale getirilir. Olasılık matematiksel ve mantıksal metodlar ile proses takip edilerek hesaplanır. Bu yöntemler Kinney Risk Analizi, Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi, L TİPİ MATRİS, X TİPİ MATRİS yöntemleridir. Bu çalışmada çevre boyutlarının tehlike değerini kantitatif bir yöntemle belirlememizin sebebi RMS-A istasyonlarında kokulandırma prosesi için literatürde herhangi bir analiz yapılmaması sebebiyle ISO 31010 standardından yararlanılarak bu yöntem seçilmiştir [19]. Ayrıca sayısal olarak elde edilen sonuçlar neticesinde sonuçların daha objektif değerlendirilebilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemle tehlike değeri hesaplamaları yapıldıktan sonra riskin

önem derecesine göre gereklilikler yerine getirilmelidir. Çizelge 5.6’da görüldüğü üzere RMS-A istasyonlarında kokulandırma sisteminde tehlike değeri hesaplaması ve risk sınıflandırması yapılmıştır.

Çizelge 5.6 : Tehlike değeri hesaplaması.

Durum	Risk Değeri		Uygunluk Yükümlülüklerine Uyum	Mevcut Durum	Tehlike Değeri	Öncelik
	Olasılık	Şiddet				
Kokulandırma tankında meydana gelen sızıntı ve çevreye yayılma	4	4	3	3	21	Y
Kokulandırma kimyasalının kaza sonucu yayılımı ve kişilerin maruziyeti	3	4	2	3	17	M
Kokulandırma tankında yangın, parlama ve patlama	1	5	1	2	8	K
Koku giderici kimyasalın kaza sonucu yayılımı ve kişilerin maruziyeti	3	3	2	3	16	M
Koku giderici kimyasal tankının kaza sonucu devrilmesi	3	3	1	3	13	K
Koku giderici kimyasal tankında yangın, parlama ve patlama	1	5	1	2	8	K
Kokulandırma tankında doğalgaz yangını, parlaması, patlaması	2	5	1	2	12	K

Kokulandırma sisteminde koku maddesinin limt üstü kullanımına ve koku verici maddenin doğalgaza enjeksiyonuna bağlı çevre boyutu ve etkisi değerlendirilip Kalite Yönetim Sistemi (KYS), Çevre Yönetim Sisemi (ÇYS) ve İş Sağlığı Güvenliği

Yönetim Sistemi (İSGYS) çerçevesinde değerlendirilip yapılması gerekli bir entegrasyon planı Çizelge 5.7’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.7 : KYS-ÇYS-İSGYS entegrasyon tablosu.

FAALİYET:		Kokulandırma
Çevre	Boyutu	Koku verici maddenin limit üstü kullanımı, Koku verici maddenin doğal gaz enjektisi
	Etkisi	Hava kirliliği, toprak kirliliği
İsg	Tehlike	Kokulandırıcı maddenin sıvı veya buhar halinde deri veya solunum yoluyla maruz kalınması, elektrik çarpması, kokulandırıcının alev alması.
	Risk	Deride tahriş, solunum zorluğu, yaralanma, yanma
Tedbirler	ÇYS	Basınçlandırma gazı tahliyesi karbon filtre üzerinden sağlanır. Koku verici ünitenin yedeği ile sürekli ve her durumda hatasız çalışması sağlanır, bakım tamir ve ayarları düzenli olarak yapılır.
	İSG	1. Kişisel koruyucu kullanımı 2. Çalışmaya başlama öncesi topraklamanın kontrol edilmesi
Ekipman ve teçhizat		Anahtar takımları, Kalibrasyonu yapılmış manometre, Kişisel koruyucular ve genel teknik emniyet malzemeleri , 6-36 açık ağız anahtar takımı, hafif –ağır lokma takımı ,pas sökücü, 6-36 yıldız anahtar takımı , teflon bant bronz tel fırça ve teflon çekiç.
	Durdurma / başlatma	Bakım-Onarım, Mekatronik Bakım ve RMS İşletme Şefliği Personelleri
Yetki/ sorumluluklar	Uygulama	Bakım-Onarım, Mekatronik Bakım ve RMS İşletme Şefliği Personelleri
	Kontrol	Bakım-Onarım, Mekatronik Bakım ve RMS İşletme Şefliği Personelleri
Kişisel koruyucular		Çelik burunlu ayakkabı , eldiven, baret, gözlük , ateşe yaklaşma elbisesi yangın battaniyesi neopran kauçuk elbisesi, tam yüz maske
Tehlikeli ve kimyasal maddeler		THT, Tersiyer Bütil Merkaptan, Boya ,tiner ve pas sökücü, kokulandırma maddesi
İlgili yasal mevzuat		Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü
	ÇYS	Günlük İş Raporu
Formlar	İSG	İş takip formu, İş Kazası Raporu, Kıl Payı Atlatılan Olay Kayıt Formu

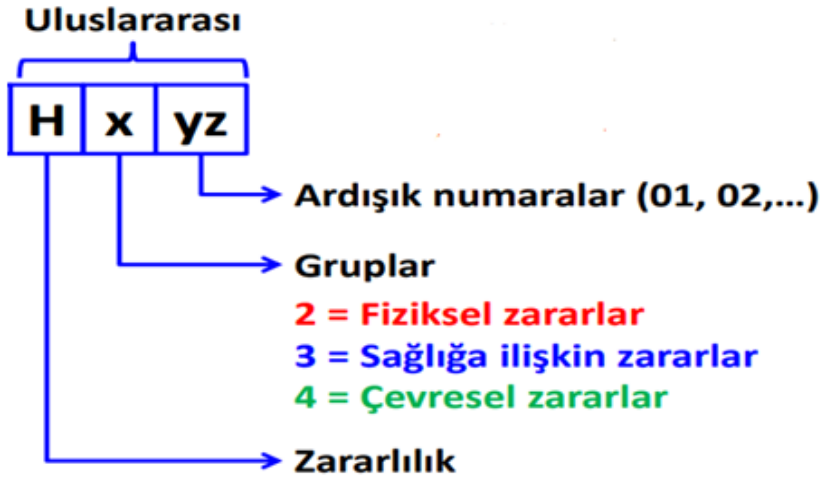
5.3 RMS-A İstasyonunda Kullanılan Kokulandırıcı Kimyasallar Sağlık Etkileri

Ülkemizde doğalgaz kokulandırma sistemlerinde genellikle koku kimyasalı tetrahidrotiyofen ve tersiyer bütül merkaptan karışımı kullanılmaktadır. Bu kokulandırma karışımının büyük bir çoğunluğunu THT oluşturmaktadır. Aşağıdaki tabloda bu kokulandırma kimyasallarına maruziyet durumundaki sağlık etkileri Çizelge 5.8’de verilmiştir. Sınıflandırmada kullanılan ‘‘H’’ ifadesi bir zararlılık sınıfına ve kategorisine karşılık gelen ve zararlı bir madde veya karışıma dair zararların niteliğini ve uygun durumlarda, söz konusu zararlılık derecesini belirten ifadedir.

Çizelge 5.8 : Kokulandırma kimyasallarının çevresel etkileri.

İsim	EC No	CAS No	Miktar %	Sınıflandırma (T.C. 28848)
Tetrahidrotiyofen	203-728-9	110-01-0	70	Alev Sıvı 2-H225 Akut Toksikite 4-H302 Akut Toksikite 4-H312 Cilt Tahrişi 2-H315 Göz Tahrişi 2-H319 Akut Toksikite 4-H332 Sucul Kronik 3-H412
t-bütül merkaptan	200-890-2	75-66-1	30	Alevlenir Sıvı 2-H225 Cilt Hassasiyeti 1B-H317 Sucul Kronik 2-H411

Çizelgede belirtilen ülkemizde kokulandırma karışımı olarak en çok kullanılan kimyasalların zararlılık sınıflandırması verilmiştir. Bu uluslararası zararlılık ifadesi anlamı Şekil 5.1’de açıklanmıştır.

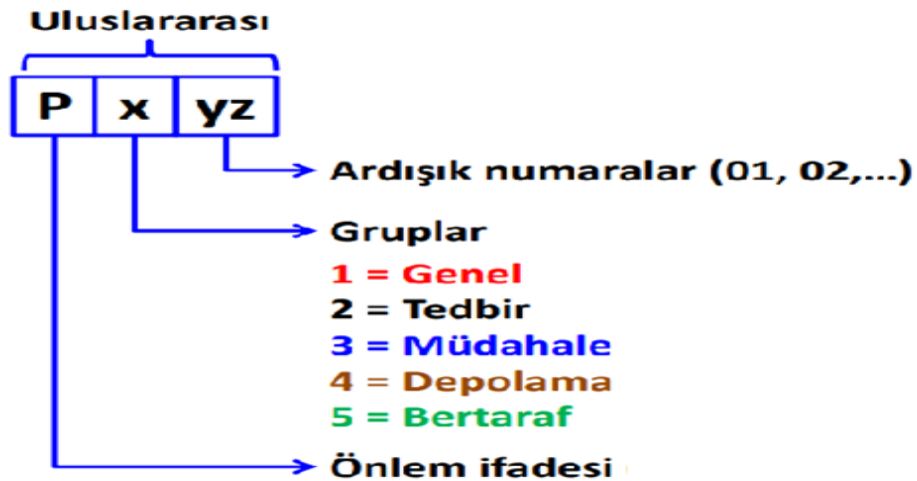


Şekil 5.1 : Zararlılık ifade açıklaması.

- H225 Kolay alevlenir sıvı ve buhar.
- H302 Yutulması halinde zararlıdır.
- H312 Cilt ile teması halinde zararlıdır.
- H315 Cilt tahrişine yol açar.
- H317 Alerjik cilt reaksiyonlarına yol açar.
- H319 Ciddi göz tahrişine yol açar.
- H332 Solunması halinde zararlıdır.
- H400 Sucul ortamda çok toksiktir.
- H410 Sucul ortamda uzun süre kalıcı, çok toksik etki.
- H411 Sucul ortamda uzun süre kalıcı, toksik etki.
- H412 Sucul ortamda uzun süre kalıcı, zararlı etki.
- Bu zarar tanımlarına ek olarak kimyasal karışım Kalıcı, Biyobirikimli ve Toksik madde (PBT) veya Çok Kalıcı, Çok Biyobirikimli (vPvB) olarak sınıflandırılan herhangi bir madde içermemektedir.

5.4 Kokulandırıcı Kimyasallar Zararlılık Önlem İfadeleri Tanımlanması

Kullanımı veya bertarafı nedeniyle zararlı bir madde veya karışıma maruz kalınması sonucunda meydana gelen olumsuz etkileri en aza indirmek veya önlemek için önerilen önlemleri tarif eden ifadelere P önlem ifadeleri denir. Bu uluslararası önlem ifadesi anlamı Şekil 5.2’de açıklanmıştır.



Şekil 5.2 : Önlem ifadesi açıklaması.

- P210 Isıdan, kıvılcımdan, alevden, sıcak yüzeylerden uzak tutun.
- P243 Statik boşalmaya karşı önleyici tedbirler alın.
- P273 Çevreye verilmesinden kaçının.
- P280 Koruyucu eldiven, koruyucu kıyafet, göz koruyucu, yüz koruyucu kullanın.
- P303+P361+P353 deri ile teması halinde: Kirlenmiş tüm giysilerinizi hemen kaldırın, çıkartın. Cildinizi su ile durulayın.
- P305+P351+P338 göz ile teması halinde: Su ile birkaç dakika dikkatlice durulayın.
- Takılı ve yapması kolaysa, kontak lensleri çıkartın. Durulamaya devam edin.
- P403 + P235 İyi havalandırılmış bir alanda depolayın. Soğuk tutun.

5.5 Koku verici Maddenin Tespit Edilemediği Durumlar

Kimyasal madde eklenerek kokması sağlanan bir gazda koku vericinin tespit edilemediği durumlar:

- Koku yoğunluğu, çeşitli fiziksel ve kimyasal sebeplerden dolayı, paslanan boruların oksidasyonu dahil olmak üzere borulara veya cihazlara yapışması, emilmesi sonucunda, azalabilir veya elimine edilebilir
- Yeraltındaki sızıntılarda toprağa temas etmesi halinde, koku veren kimyasal gazdan ayrılabilir, kokusu gidebilir.
- Bazı insanlarda zaman içerisinde veya çeşitli faktörlere bağlı olarak koku duyularında bir körelme meydana gelebilir. Bireyin, koku alma duyusu üzerinde etkili olan faktörler ise, yaş, cinsiyet, sağlık durumu, alkol ve tütün ürünleri tüketiyor oluşu etkili olmaktadır.
- Uyku halindeyken, kimyasal ile kokulandırılmış gaz, bireyi uyandıramayabilir.
- Diğer kokular, kokuları maskeleyebilir veya gizleyebilir.
- Kısa süreli de olsa bu kokulandırılan gaza maruz kalmak, burun tıkanıklığına neden olabilir.

5.6 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sisteminde Karşılaşılan Problemler

- Sistem üzerinde bulunan diaframların deforme olması

- Check valflerdeki dolgu malzemesinde aşınmaların olması
- Sistemin (koku maddesinin geçtiği tubing boruların donması)
- Koku miktarında azalma
- Regülatörlerin arızalanması
- Filtrelerin tıkanması
- Hat basıncının koku tankı basıncının altına düştüğü durumlarda kokunun hatta boşalması

Yaşanan problemlerin başında gelmektedir.

5.7 RMS İstasyonlarında Koku Kimyasalına Maruz Kalma Durumları

RMS-A istasyonlarında kokulandırma kimyasalları THT ve TBM'nin istasyona tedariki sürecinden başlayıp, istasyondaki koku tankına dolumu esnasında yaşanabilecek teknik aksaklıklar ve dolumu gerçekleştiren personellerin hatalarına bağlı kimyasalın çevreye yayılımı nedeniyle maruziyet hali gerçekleşebilmektedir. Tanka dolumu gerçekleştirilen kimyasal tankında koku kimyasalındaki sülfüre bağlı olarak tankta korozyona sebebiyet verebilmektedir. Bu durumda tanktan kimyasal sızıntı gerçekleşebilmektedir. Ayrıca tanktaki olağan dışı basınç değişimlere bağlı olarak da tanktan sızıntı olabilmektedir. Tanka dolumu gerçekleştirilen kimyasalın kokulandırma ünitesiyle doğalgaz dağıtım hattında enjeksiyonu esnasında ünite makina aksamında yaşanabilecek arıza durumlara bağlı sızıntı gerçekleşebilmektedir. Bu durumlara bağlı olarak koku kimyasalları toğrağa, suya ve havaya yayılımı gerçekleşebilmektedir. Bu yayılıma bağlı olarak istasyon ve çevresinde yaşayan bireyler, sucul canlılar ise şayet bu kimyasalların su kanallarına yayılımı engellenememişse kimyasala maruz kalabilmektedir. Bununla birlikte, işçilere yükleme, karıştırma, örnekleme, analiz veya bakım işlemleri sırasında ve özellikle toplu işlemlerde maruz kalabilirler.

5.7.1 Çevre sağlığına etkileri

Koku kimyasalının çevreye sızması ve yayılımı kimyasalın yapısal özelliklerine bağlı olarak çevre sağlığı için tehditler oluşturmaktadır. Fiziko kimyasal özelliklerine bağlı olarak, uçucu özelliğe sahiptir, düşük bir biyoakümülyasyon potansiyeli vardır, ayrıca kolayca biyolojik olarak çözünmez ve sucul yaşam için zararlıdır.

THT kimyasalı sucul ortamda uzun süreli kalıcı, toksik etkiler gösterebildiğinden kimyasalın su kanallarına sızması durumunda sucul yaşam için tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca THT'nin kanalizasyona gibi kapalı alanlara sızması engellenmelidir çünkü istasyondaki kanalizasyon sistemi patlayıcı konsantrasyonlarının birikmesini engellemek için tasarlanmadığı sürece patlama riski teşkil etmektedir. Ayrıca THT kimyasalı kolay buharlaşabilen ve alev alabilen bir kimyasal olduğundan istasyonda yangına sebebiyet vermesi dolayısıyla çevre sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir.

5.7.2 İnsan sağlığına etkileri

Tetrahidrotiyofen, yutulduğunda, solunduğunda veya cilt ile temasında sağlığa zararlıdır. Çalışanlara maruz kalma olasılığının düşük olması beklenir çünkü bu ürün kapalı kontrollü bir ortamda üretilir ve koku sıkıntısını önlemek için iyi kapatılmış kaplarda taşınır. THT koku kimyasalını akut sağlık etkileri ortaya çıkabilmektedir. Teması halinde cildi ve gözleri tahriş edebilmektedir. Alerjik cilt hastalıklarına da sebebiyet vermektedir. THT'ye yüksek oranda maruz kalma durumunda baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik, kordinasyon kaybı ve kasılmalara neden olabilmektedir. Ayrıca THT mide bulantısı, ishal ve karın ağrısı olarak kişilerde etkisini gösterebilmektedir. Solunması ve yutulması halinde de zararlı sağlık etkilerine sebebiyet vermektedir.

THT koku kimyasalını kronik sağlık etkileri ise THT'ye maruz kaldıktan bir süre sonra ortaya çıkabilmekte ve aylar, yıllara boyu sürebilmektedir. THT'nin hayvanlarda kansere neden olabileceği için testleri yapılmamıştır. Ayrıca üremeyi etkileme kabiliyeti açısından test edilmemiştir.

Uygun kolektif ve kişisel koruyucu ekipman, uygun endüstriyel hijyen uygulamaları ve uygun işçi eğitimi ile risk iletişimi olarak uygun risk yönetimi önlemleri kullanılarak maruziyet mümkün olduğunca asgari düzeyde tutulmalıdır.

5.8 Kokulandırma Sisteminde Acil Durumlar, Müdahale Planı ve Önlemler

RMS-A istasyonlarında kokulandırma sistemlerinde kokulandırma kimyasalının kaza sonucu çevreye yayılımı, kokulandırma kimyasalının bulunduğu tankta meydana gelen beklenmedik olaylar sonucu yaşanan kazalar, koku giderici kimyasalı bünyesinde bulunduran tankın kaza sonucu devrilmesiyle çevreye yayılımı ve kokulandırma kimyasalı tankında yaşanabilecek parlama patlama gibi olaylarla oluşabilecek acil durumlar tespiti yapılmaktadır. Tespit edilen olası acil durumlara müdahale planları

oluşturarak çevresel etkileri minimum indirmeye hatta tamamen ortadan kaldırma hedeflenmektedir. Gerçekleşme ihtimali bulunan acil durumların oluşumunu engellemek adına RMS-A istasyonlarında kokulandırma sistemi için gerekli önlemler belirlenmelidir.

5.8.1 Kokulandırma tankında meydana gelen sızıntı ve çevreye yayılma

Kanalizasyonlara girmesini önlenmelidir. Maddenin lağımına karışması halinde gerekli mercilere başvurulmalı. Hiçbir tehlike olmaması şartıyla mümkünse sızıntı durdurulmalıdır. Kum, silika jel, vermikulit, bez v.b. başka bir dingin emici maddeye emdirilmeli. Toplanmalı ve kapların içine konulup güvenli bir şekilde kapatılmalıdır.

Yoğun sızıntı durumunda; sızan THT pompalarla kapalı ve emniyetli kaplara tahliye edilir. Kalan artıklar THT'yi yoğun olarak absorbe eden materyallerle kurutulur. Arta kalan atık ve oluşan artıklar olayın boyutuna göre bir başka temizleme işlemi, bir hidrojen peroksit dozu ile birlikte UV-radyasyonla su arıtmasından oluşan ileri bir oksidasyon tekniği kullanır [20]. Çizelge 5.9'da koku tankı sızma durumunda yapılması gereken müdahaleyi gösteren plan gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 : Koku tankı sızma durumunda müdahale planı.

No	Acil Durum	Çevre Boyutu	Çevre Etkisi	Mevcut Müdahale Planı ve Önlemler
1	Kokulandırma Tankında Meydana Gelen Sızıntı- Çevreye Yayılma	Kimyasal Madde Sızıntısı	Toprak Kirliliği/ Su Kirliliği/ Hava Kirliliği/	Az miktarda sızıntı olması durumunda sızıntı kaynağı durdurulmaya çalışılmalı öncelikle. Kimyasalı absorbe edebilecek maddeler kullanılmalı. Yoğun sızma durumunda pompalar yardımıyla kimyasalın kimyasalı bertaraf tesisine gönderebilecek bir kapta toplanmalı.

5.8.2 Koku kimyasalının kaza sonucu yayılımı ve kişilerin maruziyeti

Kimyasal maddenin sızması ve ardından buharlaşması sonucu bireyler tehlikeli bölgenin dışına çıkartılmalıdır. Doktora başvurulması halinde kimyasalın güvenlik bilgi formunu gösterilmelidir. Zehirlenme belirtileri ancak birkaç saat sonra ortaya çıkabilir. Kazazede tek başına bırakılmamalıdır.

Soluma; Maruz kalan kişiyi hemen temiz havaya çıkartılmalıdır. Eğer hastanın bilinci yerinde değilse, hastayı uygun bir pozisyona getirip, doktora başvurulmalıdır. Semptomlar devam ederse doktora başvurulmalı.

Yutma; Solunum borusunu açık tutulmalı ve kusturmamalıdır. Şuuru yerinde olmayan bir kimseye kesinlikle sıvı bir şey verilmemelidir. Herhangi bir rahatsızlığın devamı halinde doktora başvurulmalı.

Deriyle Temas ; Kirilenmiş giysileri çıkartılmalı ve cild suyla iyice yıkanmalıdır. Yıkadıktan sonra belirtilerin baş göstermesi halinde hemen doktora başvurulmalı [21].

Gözlerle Temas ; Kontak lens varsa gözleri yıkamadan önce çıkartılmalıdır. Göz kapaklarını aralayarak gözler hemen bol suyla yıkanmalıdır. Zarar görmemiş gözü korunmalıdır. Rahatsızlığın devam etmesi halinde doktora başvurulmalı. Çizelge 5.10'da koku tankı sızma sonucu kişilerin maruziyeti durumunda yapılması gereken müdahaleyi gösteren plan gösterilmiştir.

Çizelge 5.10 : Koku tankı sızmaya bağlı kişi maruziyetinde müdahale planı.

No	Acil Durum	Çevre Boyutu	Çevre	Etkisi	Mevcut Müdahale Planı ve Önlemler
2	(Tht-Tbm) Kokulandırma Maddesinin Kaza Sonucu Vücuda Temas Etmesi- Solunması- Yutulması.	Kimyasal Madde Sızıntısı	Toprak Kirliliği/ Su Kirliliği/ Hava Kirliliği/		Koku kimyasalının sızıntı ve buharlaşması sonucu RMS-A istasyonu ve çevresindeki bireyler öncelikle tehlikeli bölgeden uzaklaştırılmalıdır. Soluma durumunda temiz havaya çıkartılmalıdır. Yutma durumunda soluk borusu açık tutulmalı ve kusturulmamalıdır. Deriyle teması halinde cild bol su ile yıkanmalıdır. Gözlerle teması halinde de göz kapağı aralanarak bolca su ile yıkanmalıdır

5.8.3 Kokulandırma tankında yangın, parlama ve patlama

RMS-A istasyonlarında kokulandırma tankında kimyasal maddenin sızmasına ve buharlaşmasına bağlı yangın veya patlama riski olabilmektedir. Bu durumlara yönelik acil durum müdahale önlem tedbirleri alınmalıdır.

Söndürme Gereçleri: Alkole karşı dayanıklı köpük, Kuru kimyasallar, Karbondioksit

Özel Yangınla Mücadele Yöntemleri: Yüksek hacimli su jeti kullanılamamalıdır. Kaçak suların lağımlara ve su yollarına akmasını önlenmelidir [21]. Suyu kontrol

altında tutmak için bir set çekilmelidir istasyonda. Yangın artıkları ve kirlenmiş yangın söndürme suları, yerel kurallara uygun olarak bertaraf edilmelidir.

Yangın ve Patlama Tehlikeleri: Statik elektrik deşarjına engel olmak için gerekli önlemleri alınmalıdır. Çünkü statik elektrik deşarjı organik buharların tutuşmasına neden olabilmektedir [21].

Özel Tehlikeler: Yangın gerçekleşmesi sonucu oluşturabileceği Karbonmonoksit (CO), Karbondioksit (CO₂), Kükürtlü gazlar (SO_x) gibi açığa çıkabilecek gazların etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır müdahale planında.

Çizelge 5.11’de koku tankında yangın, parlama ve patlama durumunda yapılması gereken müdahaleyi gösteren plan gösterilmiştir.

Çizelge 5.11 : Koku tankında yangın, parlama ve patlama müdahale planı.

No	Acil Durum	Çevre Boyutu	Çevre Etkisi	Mevcut Müdahale Planı ve Önlemler
3	(Tht-Tbm) Kokulandırma Maddesi Tankında Yangın-Parlama- Patlama	Kimyasal Madde Sızıntısı Ve Buharlaşma sına Bağlı Yangın/ Patlama	Toprak Kirliliği/ Su Kirliliği/ Hava Kirliliği/ Gürültü Kirliliği	Yangına, parlamaya ve patlamaya müdahale etmeden önce müdahale ekipman ve malzemelerinin doğru belirlenmeli olası yeni zararlı etkilerin oluşmasını engellemek için önemlidir. Yangın söndürme esnasında kaçak suların su yollarına akması engellenmeli kimyasalın sucul canlılara zarar verme etkisi olduğundan ötürü. Statik elektriklenme engellenmeli, çünkü kimyasalın buhar fazı tutuşabilmektedir. Yangına müdahale ederken kimyasala maruziyeti en aza indirecek koruyucu ekipmanlar kullanılmadır.

5.8.4 Koku giderici kimyasalın kaza sonucu yayılımı ve kişilerin maruziyeti

RMS-A istasyonlarında koku giderici olarak kullanılan ECOSORB 606 kimyasal maddenin çeşitli nedenlerle sızması ve çevreye yayılması ile bu kimyasala maruz kalan istasyon ve çevresindeki bireylerin maruz kalması halinde yapılması gereken müdahaleler aşağıda sıralanmaktadır:

Solunması Halinde: Açık havaya çıkartılmalı, komplikasyon durumunda doktora müracaat edilmelidir.

Cilde Temas Etmesi Halinde: Su ve sabun ile cilde temas eden bölge yıkanır ve iyice durulanır [22].

Göze Temas Etmesi Halinde: Akan suyun altında göz kapaklar açık bir şekilde birkaç dakika yıkayın. Eğer tahriş devam ederse, doktora müracaat edilmelidir.

Yutulması Halinde: Önce ağız çalkalanır ve bolca su içilir. Eğer tahriş devam ederse, doktora müracaat edilmelidir.

Çizelge 5.12’de koku giderici kimyasala maruziyet durumunda yapılması gereken müdahaleyi gösteren plan gösterilmiştir.

Çizelge 5.12 : Koku giderici kimyasala maruziyet durumunda müdahale planı.

No	Acil Durum	Çevre Boyutu	Çevre Etkisi	Mevcut Müdahale Planı ve Önlemler
				Koku kimyasalına maruz kalınması halinde öncelikle maruziyet kaynağı durdurulmaya çalışılmalıdır.
	Koku Giderici Kimyasal Maddesinin [ECOSORB® 606] Kaza Sonucu Yutulması-Silde Temas Etmesi	Kimyasal Madde Sızıntısı Ve Çevreye Yayılma	Toprak Kirliliği/ Su Kirliliği/ Hava Kirliliği/	Kimyasalın cilde ve göze teması haline bolca su kullanılarak yıkanmalı maruziyet bölgesi. Kimyasalın solunması halinde açık havaya çıkartılmalı kişiler. Kimyasalın yutulması halinde ise ağız önce bol su ile çalkalanmalı ve bol su içilmelidir.

5.8.5 Koku giderici kimyasal tankının kaza sonucu devrilmesi

Koku giderici kimyasal madde tankının kaza sonucu hasar görmesi durumunda öncelikle kaynağın daha fazla yayılımını engellenmelidir ve gerekli çevresel tedbirler ve temizlik metotları ve malzemeler belirlenip kimyasalın güvenli bir şekilde bertarafı sağlanmalıdır.

Ürünün kanalizasyon sistemine veya diğer su kaynaklarına ulaşması engellenir. Sıvı emme malzeme ile su emilir (örn; kum, diatomit, asit binder, universal binder, talaş tozu). Toplanan malzemeler tehlikeli atık bertaraf tesisine gönderilir. Çizelge 5.13’de koku giderici tankının devrilmesi durumunda yapılması gereken müdahaleyi gösteren plan gösterilmiştir.

Çizelge 5.13 : Koku giderici tankının devrilmesi durumunda müdahale planı.

No	Acil Durum	Çevre Boyutu	Çevre Etkisi	Mevcut Müdahale Planı ve Önlemler
	Koku Giderici			
5	Kimyasal Maddesinin Tankının [ECOSORB® 606] Kaza Sonucu Devrilmesi	Kimyasal Madde Sızıntısı Ve Çevreye Yayılma	Toprak Kirliliği/ Su Kirliliği/ Hava Kirliliği/	Ürünün kanalizasyon sistemine veya diğer su kaynaklarına ulaşması engellenir. Kimyasalı absorbe edecek maddelerle toplanıp bertaraf tesisine gönderilmeli.

5.8.6 Koku giderici kimyasal tankında yangın, parlama ve patlama

Koku giderici kimyasal madde tankı kimyasalın özelliğine bağlı olarak yangın, parlama ve patlama riski teşkil etmektedir RMS-A istasyonunda bu durumun oluşma ihtimaline karşı önceden müdahale planı belirlenmelidir.

Yangınla Mücadele Malzemeleri: CO₂, kuru kimyevi toz içeren yangın söndürücüler veya su kullanılabilir. Daha büyük yangınlarda su püskürtme veya alkole dayanıklı köpük ile mücadele edilmektedir. Koruyucu teçhizatlar kimyasal içeren diğer tüm yangınlarda olduğu gibi kimyasal koruyucu elbise, uygun eldiven, ayakkabı ve maske bulundurulmalıdır. Ayrıca yangın kalıntıları ve kirlenmiş yangınla mücadele suları resmi yönetmeliklere göre imha edilecektir. Kirlenmiş yangınla mücadele sular ayrı olarak toplanmalıdır. Kanalizasyon sistemine girmemelidir. Çizelge 5.14’de koku giderici kimyasal tankında yangın, parlam ve patlama durumunda yapılması gereken müdahaleyi gösteren plan gösterilmiştir.

Çizelge 5.14 : Koku giderici kimyasal tankında yangın, parlama ve patlama.

No	Acil Durum	Çevre Boyutu	Çevre Etkisi	Mevcut Müdahale Planı ve Önlemler
	Koku Giderici			
6	Kimyasal Maddesinin Tankında [ECOSORB® 606] Yangın-Parlama-Patlama	Kimyasal Madde Sızıntısı Ve Çevreye Yayılma	Toprak Kirliliği/ Su Kirliliği/ Hava Kirliliği/	CO ₂ , kuru kimyevi toz içeren yangın söndürücüler veya su kullanılabilir. Yangın söndüren personel için kimyasal koruyucu elbise, uygun eldiven, ayakkabı ve maske olmalı. Yangını söndürme anında kullanılan sular ayrı olarak toplanmalıdır. Kanalizasyon sistemine girmemelidir.

5.8.7 Kokulandırma tankında doğalgaz yangını, parlaması, patlaması

Kokulandırma tankı bünyesinde koku kimyasalının siteme enjeksiyonunu sağlamak için bir miktar doğalgaz içermektedir ve bu kokulandırma tankındaki doğalgaz miktarı çeşitli sebeplerle yangın, parlama ve patlamaya sebebiyet verebilir. Bu nedenlerden ötürü gerekli müdahale planı ve önlemler RMS-A istasyonlarında alınmaktadır.

Öncelikle itfaiyeye haber verilmelidir. Tehlikenin yeri ve niteliği hakkında bilgi verilmeli istasyonda yetkili kişiler tarafından. Kimyasal patlayacak derecede reaktif olabilir müdahale ederken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Solunum cihazı ve sadece yangın amaçlı koruyucu eldivenler ve elbise kullanılmalıdır [23]. Bol miktarda su dökerek kimyasal maddeyi akıtılır fakat mümkünse lağım ve su yollarına akması engellenmelidir. Yeterli bir koruyucu örtü siper kullanarak güvenli bir mesafeden yangını CO₂ ve kuru kimyevi yangın söndürme tüpleri kullanarak söndürülmeye çalışılır. Eğer güvenliyse buhara bağlı yangın tehlikesi giderilinceye kadar elektrikli cihazları kapatılmalıdır. Yanan gaz söndürülmeye çalışılmamalı öncelikle, güvenliyse gaz akışını durdurulmalıdır. Eğer gaz akışı durdurulamıyorsa; gazın yanmasına izin veriniz. Sıcak olduğundan şüphe edilen tank ve kaplara yaklaşılmamalıdır. Aleve maruz kalmış olan kapları, korunaklı bir noktadan su püskürtülerek soğutulmalıdır. Çizelge 5.15’de kokulandırma tankında doğalgaz yangını, parlaması ve patlaması halinde gerekli müdahale planı gösterilmiştir.

Çizelge 5.15 : Kokulandırma tankında doğalgaz yangını, parlaması ve patlaması.

No	Acil Durum	Çevre Boyutu	Çevre Etkisi	Mevcut Müdahale Planı ve Önlemler
7	(Tht-Tbm) Kokulandırma Maddesi Tankında Doğal Gaz Yangını-Parlaması-Patlama	Kimyasal Madde Sızıntısı Ve Buharlaşma sına Bağlı Yangın/ Patlama	Toprak Kirliliği/ Su Kirliliği/ Hava Kirliliği/ Gürültü Kirliliği	Koku tankındaki doğalgaza bağlı yangında öncelikle itfaiye ekiplerine haber verilmeli yangının niteliği hakkında ön bilgi verilmelidir. Daha sonrasında ilk olarak yangın söndürülmeye çalışılmamalıdır, gaz akışı kesilmeye çalışılmalıdır. Sonrasında uygun yangın söndürücülerle müdahale edilmelidir. Yanan gaz söndürülmeye çalışılmamalıdır, yanmasına izin verilmelidir. Elektrik cihazları kapatılmalıdır.

5.9 RMS-A İstasyonlarında Kokulandırma Sistemi Tehlikeler

RMS-A istasyonlarında kokulandırma sisteminde kokunun çevresel etki oluşturma durumu adına potansiyel birçok tehlike bulunmakta ve bunlardan bazıları şunlardır:

- Kokulandırma tankında sızıntı olabilmesi.
- Personel hatası sonucu koku tankı hasarı.
- Kokulandırma tankında yangın, parlama, patlama.
- Koku giderici kimyasal tankının kaza sonucu devrilmesi.
- Koku giderici tankında yangın, parlama ve patlama.
- Kokulandırma tankında doğalgaz yangını, parlaması, patlaması.

Bu potansiyel tehlikelere maruz kalma olasılığı ve gerçekleşmesi durumunda şiddeti değerlendirilip riskin önem derecesi belirlenir. Önem derecesiyle belirlenen riskler sıralanır ve bu tehlikelerin oluşmaması için aksiyon planları hazırlanır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fosil yakıt kaynaklı olan fakat diğer fosil kaynaklı yakıtlara göre çevre açısından daha güvenilir olan doğalgazın işletim süreci birçok prosesten oluşmaktadır. Dünyada ve ülkemizde enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan renksiz ve kokusuz olan doğalgazın üretim kuyularından elde edilmesinden, iletim hatlarıyla şehir giriş istasyonlarına iletimi ve bu istasyonlarda bünyesinde birçok partikül maddeyi bulduran doğalgazın filtrasyonu, basıncının düşürülmesi, sıcaklığının ayarlanması, ölçümlerinin yapılması ve doğalgazın kokulandırılması yapılmaktadır. Ardından son kullanıcılara ulaştırılması dağıtım hatlarıyla bölge regülatörleriyle izlenimi ve kontrolü yapılarak kullanıcılara güvenli bir şekilde ulaştırılmaktadır. Artan dünya nüfusu ve hızla büyüyen sanayileşme dünya enerji ihtiyacını da etkilemektedir. Bu açıdan dünya enerji gereksiniminin büyük bir oranda fosil yakıtlardan karşılandığı günümüzde çevresel etkileri çok daha az olan doğalgaza olan bağımlılığı gün geçtikçe artırmaktadır. Çevresel etkileri daha az olan renksiz ve kokusuz doğalgazın gelişmekte olan dünyada çeşitli endüstrilerde ve konutlarda kullanımıyla çevre ve insan sağlığı açısından birçok konuyu beraberinde gündeme getirmektedir. Doğalgazın büyük bir çoğunluğunu metan oluşturmaktadır ve metan sera gazlarının başlıca kaynaklarından biridir. Bu açıdan bakıldığında petrol ve doğalgaz üretiminin yapıldığı sondaj sahalarında sondaj esnasında ve sondaj kuyusunun üretime geçmesinden itibaren doğalgazın çevresel etkilerinin en aza indirilmesi için planlı bir doğalgaz işletmeciliği yapılmalıdır. Sondaj sahalarından elde edilen işlenmemiş doğalgazın boru hatları ile yaşam alanlarına ulaştırılması esnasında da kilometrelerce uzunlukta yapılan doğalgaz iletim hattı kurulmaktadır. İletim hatları boyunca doğal hayatın etkilenmemesi için su yolları, bitkiler ve hayvanlar gibi gerekli tedbirler alınmalıdır. Ayrıca üretimden yüksek basınçla gönderilen doğalgaz iletim borularında herhangi bir kaçak olması da yangın, patlama ve metan emisyonlarına sebebiyet verebilmekte ve çevresel etkilerin oluşmaktadır.

İletim hatlarıyla yüksek basınçla gelen işlem görmemiş kokusuz olan doğalgaz, RMS-A istasyonu olarak bilinen doğalgaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarına

gelmektedir. İstasyona gelen doğalgaz istasyonda filtrasyon, basınç düşürme, sıcaklık ayarlama, ölçümler yapma ve kokulandırma proseslerinden geçirilmektedir. Gerçekleştirilen birçok prosese bağlı olarak doğalgaz bu istasyonda bu prosesler esnasında birçok çevresel etki oluşturabilmektedir. Bu çalışma RMS-A istasyonlarında kokusuz olan doğalgazın kokulandırılması sürecinde oluşabilecek çevresel etkilerini incelemektedir. Öncelikle kokulandırma kimyasalının istasyona tedariki sürecinden başlayıp, istasyondaki koku tankına dolumu, depolanması ve kokununun iletim hatlarına enjeksiyonu sürecinde yaşanan çevresel etkileri çevre boyut etki değerlendirmesi ve risk analizi yapılarak incelenmiştir.

Ülkemizde RMS-A istasyonlarında genellikle kullanılan kokulandırma kimyasalı %70 Tetrahidrotiyofen (THT) ve %30 Tersiyer Bütil Merkaptan (TBM) kimyasalıdır. Fakat bu çalışmada THT kimyasalının daha çok kokulandırmada kullanılmasından ve tercih edilmesinden ötürü bu koku kimyasalı daha detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu kimyasalın tercih edilmesinin çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Bu sebeplerden bazıları şunlardır: THT kimyasalı oksidasyona dirençlidir, doğalgazın yanma enerji verimliliğine herhangi olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır, doğalgazın yanması ile koku etkisi yok olmaktadır, insanlarda tespit edilmiş kronik bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Fakat bu koku kimyasalının fiziksel ve kimyasal bazı özelliklerine bağlı olarak doğalgazla karıştırılması sürecinde bazı çevresel etkiler oluşturabilmektedir. Bu etkilerin en aza indirilmesi ve hatta tamamen ortadan kaldırılması için birtakım planlamalar, uygulamalar, kontroller ve önlemler alınmalıdır.

THT koku kimyasalının çevre ve insan sağlığı düşünüldüğünde şu zararlılık etkileri bulunmaktadır: Kolay alevlenir sıvı ve buhar (H225), yutulması halinde zararlılık (H302), cilt ile teması halinde zararlılık (H312), cilt tahrişine yol açma (H315), ciddi göz tahrişine yol açma (H319), sucul ortamda uzun süre kalıcı, zararlı etkisi (H412) gibi çevresel etkileri bulunmaktadır. Bu çevresel etkilerin önüne geçebilmek için bu koku kimyasalının RMS-A istasyonuna tedarik sürecinden başlayıp, doğalgazın istasyonda kokulandırılması ve iletim hatlarına enjeksiyonu süreci de dahil olmak üzere birtakım tedbirler alınmalıdır.

RMS-A istasyonuna getirilen koku kimyasalı aracının sürücüsü tehlikeli madde taşıma eğitimleri ve bu kimyasala özgü olası acil durumlarda yapılması gereken prosedürler hakkında eğitim almalıdır. THT'nin insan sağlığına ve çevreye zararı çok düşük

miktarının bile taşımacılık esnasında çevreye yayılması nedeniyle ciddi boyutlarda sorunlara neden olabiliyor. Bunun önüne geçilmesi için araç üzerinde THT kimyasalına özgü tehlikeli madde işaretçileri tehlikeli madde taşındığına dair bulundurmalı ayrıca kimyasalın araçta taşındığı tank üzerinde ürüne dair ambalaj etiketi bulundurulmalıdır. Olası bir kaza anında kimyasalın çevreye yayılması durumunda etiket üzerinde bulunan acil durum kodu ve kimyasalın zararlılık etkilerine daha çabuk ulaşmak bertarafını ve yayılımını kontrollü bir şekilde yapılmasını sağlar.

İstasyona güvenli bir şekilde getirilen koku kimyasalının, araçtan istasyondaki depo tankına aktarılması sürecinde teknik personel koruyucu eldiven, tüm vücudu kapatacak özel donanımlı kıyafet, koruyucu gözlük ve ayrıca normal atmosferik basınçta, hacimce %19,5'lük minimum oksijen içeriğini sağlanamadığı durumlarda solunum yollarını korumak için hava beslemeli solunum cihazı kullanılmalıdır.

Kokulandırma kimyasalı önceleri tamamen manuel olarak hunilerle istasyondaki depolama tanklarına aktarılmaktadır. Koku kimyasalının kolayca buharlaşması ve yayılımı sonrasında ciltle, gözlerle ve solunum yollarına maruziyetle sonuçlanmaktadır. Fakat günümüzde kokulandırma kimyasalı tedarik aracındaki tanktan istasyondaki depolama tankına aktarımı yüksek basınca dayanıklı hortum bağlantısı sağlanmaktadır. Bu bağlantı hatlarının sızdırmazlık testleri kokunun depolama tankına aktarımından önce mutlaka yapılmalıdır.

Kokulandırma tankında meydana gelen olası bir sızıntı ve çevreye yayılma durumunu engelleyebilmek için tankın rutin bakımları ve periyodik kontrolleri yılda 1 defa yapılmalıdır. Ayrıca eskijen ve deforme olan tank aksamaları ivedilikle değiştirilmelidir. Tüm tankların alt kısmına tank hacminin 1.5 katı büyüklüğünde kimyasalı toplama havuzu oluşturulmalıdır. Tankın yakınına kimyasalın yayılımını engellemek için kum, silika jel ve vermikulit, bez gibi emici maddeler bulundurulmalıdır. Ayrıca tanktan buhar halinde havaya yayılmaya çalışan koku kimyasalının etkisini en aza indirebilmek temiz bir şekilde gazın emisyonunu ve muhtemel koku etkisini azaltan karbon filtrelerin bakımı ve değişimi sürekli yapılmalıdır.

Kokulandırma tankında yangın, parlama ve patlama riskine karşı RMS-A istasyonlarında bir takım güvenlik önlemleri alınmalıdır. Örneğin statik elektrik deşarjına engel olmak için zemin istasyonda zemin yalıtımı yapılmalıdır. Çünkü statik

elektrik deşarjı organik buharların tutuşmasına neden olabilmektedir. Kokulandırma tankının basıncı sürekli SCADA sistemi üzerinden ve tank üzerindeki basınç göstergesi ve koku kimyasalı miktarı takip edilmelidir. Tankın emniyeti için sabit bir basınca kadar set edilen ve set değerinin üzerine çıkılması ile otomatik olarak gaz tahliyesini yapan relief vanası ve tankın emniyeti için sabit bir basınca kadar dayanabilen (4,8 bar) ve tank basıncı relief set değerinin (4,4 bar) bunun üzerine çıktığı anda relieften sonra patlayarak devreye giren alüminyum alaşımlı folyo malzeme olan patlama disklerinin de periyodik kontrolü ve bakımı yapılmalıdır.

İstasyonda sigara içmek ve açık alevler gibi tutuşma kaynakları kesinlikle olmamalıdır. Koku kimyasalı içeren tüm metal kaplar topraklanmalıdır. Sadece kıvılcım çıkarmayan aletler ve ekipmanlar kullanılmalı bakım ve onarım esnasında. İstasyondaki personel için kokulandırma sistemi hakkında iş güvenliği eğitimleri verilerek yangın oluşumu engellenmeli, olası bir yangın durumunda ise itfaiye ekibi gelene kadar yangına müdahale eden istasyon personeli eğitilmeli ve kimyasala özgü yangından koruyucu tüm kişisel koruyucu donanım istasyonda kolay ulaşılabilir bir şekilde hazır bulundurulmalıdır. Yangın söndürmede kullanılan su ve yangın söndürücü kimyasallar nedeniyle çevreye yayılımı gerçekleşmiş olan koku kimyasalının kesinlikle su kanallarına geçişi koku kimyasalının sucul yaşam için en düşük konsantrasyonlarda bile uzun süre kalıcı zararlı etkisinden dolayı engellenmelidir.

RMS-A istasyonlarında kokulandırma kimyasalı en ufak bir sızma durumunda çevre yayılımında dahi bireyler için çürük sarımsak kokusu şeklinde kötü bir koku salınımı özelliği bulunmaktadır. Bu kötü kokunun yayılımını engellemek için sirke kullanılmakta fakat birçok istasyonda artık ECOSORB 606 adında bir koku giderici ve bu kokunun depolanmasını sağlayan tank ve enjeksiyon sistemi bulunmaktadır. Bu koku giderici sistem de kokulandırma ünitesinin bir bileşeni olduğundan çevresel etkileri değerlendirilmelidir. Tankın kaza sonucu devrilmesi veyahut yangın, parlama ve patlama riskine tedbirler alınmalıdır. Tankta olası bir sızma durumunda kum, diyatomit, asit binder, universal binder, talaş tozu gibi emici maddelerle yayılım engellenmelidir. Toplanan malzemeler tehlikeli atık bertaraf tesisine gönderilmelidir. Koku giderici kimyasal tankında olası bir yangın durumunda koku giderici tankta uygulanan yangın prosedürleri aynıdır. Fakat kullanılan yangın söndürücü ekipman ve koruyucu donanımlar farklıdır. Yangın sonrası için koku giderici kimyasalın tam

olarak istasyondan bertarafında, yangın kalıntıları ve kirlenmiş yangınla mücadele suları ayrı olarak toplanmalı ve resmi yönetmeliklere göre imha edilmelidir.

Kokulandırma ünitesiyle alakalı bir diğer çevresel etki oluşturabilecek durum kokulandırma tankında, koku kimyasalanın kokulandırma ünitesine aktarımı için tankta bir miktar bulundurulması gerekli olan doğalgaza bağlı yangın, parlama ve patlama ile birlikte koku kimyasalı çevreye yayılabilmekte. Doğalgaza bağlı yangın durumunda itfaiye ekipleri gelene kadar müdahale eden teknik ekip öncelikle yangın kaynağını söndürmeye çalışmamalı yanan gazın yanmasına müsaade edilmeli ve gaz akışı kesilmeye çalışılmalıdır. Ayrıca tüm elektrik ekipmanlarının elektriği mümkünse kesilmelidir.

RMS-A istasyonlarında kokusuz olan doğalgazı kokulandırma işleminde kullanılan kimyasalın insanda oluşturduğu cilt ve gözlerde tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik, koordinasyon kaybı ve kasılmalar, mide bulantısı, ishal ve karın ağrısı olarak kişilerde etkisini gösterebilmektedir. Kokulandırma kimyasalın çevre sağlığı açısından etkilerine bakıldığında kimyasalın toprakta absorpsiyon kapasitesinin düşük olması dolayısıyla toprakta çevresel etkilerinin pek gözlenmediği fakat toprağın nem ve su oranının artması halinde absorpsiyon kapasitesinin arttığı görülmüştür. Bu açıdan değerlendirildiğinde bu kimyasalın sucul yaşam için uzun süreli kalıcı toksik etkileri olabilmektedir.

RMS-A istasyonlarında kokulandırma sisteminde yapılan tehlike değeri hesaplaması gösterdi ki, kokulandırma sistemine bağlı olarak çevre ve insan sağlığı için kokunun yayılımına bağlı birçok çevresel etki bulunmaktadır. Bu etkileri engelleyebilmek adına istasyonda kokulandırma sistemi kontrolü, izlemesi daha dikkatli yapılmalı ve görevli personellere sürekli olarak kokulandırma sistemi ile ilgili iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verilmelidir.

RMS-A istasyonlarında kokulandırma sisteminde oluşabilecek çevresel etkiler göz önünde bulundurulduğunda ÇED raporu kapsamı dışında da kalan RMS-A istasyonlarında kokulandırma sisteminin çevre ve insan sağlığı açısından etkileri konusunda bakanlık tarafından eğitimler verilerek bu etkiler en aza indirilmelidir.



KAYNAKLAR

- [1] **Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.** (2019). *Doğalgaz Piyasası 2018 yılı Sektör Raporu*. Ankara: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.
- [2] **Carroll, J. J.** (2010). *Acid Gas Injection and Carbon Dioxide Sequestration*. John Wiley & Sons Inc., Scrivener publishing LLC., Massachusetts, USA.
- [3] **Speight, J. G.** (2007). *Natural Gas: a Basic Handbook*. Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- [4] **Kidnay, A. J., Parrish, W. R., McCartney, D. G.** (2011). *Fundamentals of Natural Gas Processing*, second ed. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC.
- [5] **Speight, J. G.** (1993). *Gas Processing: Environmental Aspects and Methods*. Butterworth Heinemann Ltd., Oxford, England.
- [6] **Speight, J. G.** (2015). *Liquid fuels from natural gas*. In: Lee, S., Speight, J.G., Loyalka, S.K. (Eds.), *Handbook of Alternative Fuel Technologies* (2nd ed., pp.157-178), Taylor and Francis Group, LLC, CRC Press. pp.
- [7] **Url-7** <https://www.uketam.istanbul/wpcontent/uploads/2017/05/59genel_dogalgaz_maket_2016.pdf> , erişim tarihi 10.08.2019.
- [8] **Ullmann, F., Gerhartz, W., Yamamoto, Y.S., Campbell, F.T., Pfefferkorn, R., Rounsaville, J.F.** (1985). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (4th ed., Vol. A17, pp. 74-101), Weinheim (Federal Republic of Germany): VCH
- [9] **Url-9** <<https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/natural-gas-and-the-environment.php>> , erişim tarihi 10.09.2019.
- [10] **Url-10** <<https://www.ucsusa.org/clean-energy/coal-and-other-fossil-fuels/environmental-impacts-of-natural-gas#bf-toc-2>>, erişim tarihi 10.09.2019.
- [11] **Url-11** <<http://naturalgas.org/naturalgas/transport/>>, erişim tarihi 10.09.2019.
- [12] **Türkiye Petrolleri.** (2019). *2018 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu. Doğalgaz Piyasası 2018 yılı Sektör Raporu*. Ankara: Türkiye Petrolleri.
- [13] **Url-13** <<http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php>> , erişim tarihi 11.10.2019.
- [14] **Kibritçi, A.** (2012). *Şehir Girişi Doğalgaz Basınç Düşürme Ölçüm İstasyonlarında (Rms-A) Enerji Tasarruf İmkanlarının İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [15] **Türkel, V.** (2012). *Doğalgaz Dağıtımında Tasarım İmalat ve Yönetim*. İstanbul, Türkiye
- [16] **Url-16** <<http://www.gazmer.com.tr/dokumanlar/RMS-A.pdf>>, erişim tarihi 10.09.2019.

- [17] **Url-17** <<https://www.tesisat.org/dogalgazin-kokulandirilmesi.html> >, erişim tarihi 10.10.2019.
- [18] **Url-18** <[https://webdosya.csb.gov.tr/db/crl/editordosya/CYS-CEK-01-Cevre-El-Kitabi\(1\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/crl/editordosya/CYS-CEK-01-Cevre-El-Kitabi(1).pdf) >, erişim tarihi 11.10.2019.
- [19] **Url-19** <<https://www.iso.org/standard/72140.html> >, erişim tarihi 11.10.2019.
- [20] **Fink, J.** (2015). Petroleum Engineer's Guide to Oil Field Chemicals and Fluids: *Odorization* (pp. 455-471). Erişim adresi <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128037348000151>
- [21] **Url-21** <http://www.cpchem.com/msds/100000014177_SDS_TR_TR.PDF >, erişim tarihi 12.10.2019.
- [22] **Url-22** <<https://www.lenntech.com/msds.htm> >, erişim tarihi 15.10.2019.
- [23] **Url-23** <<https://www.ugetam.istanbul/wp-content/uploads/2017/05/33-Ocak-2016-Temel-Yang%C4%B1n-Bilgisi-ve-Do%C4%9Fal-Gaz-Yang%C4%B1nlar%C4%B1na-M%C3%BCdahale-Teknikleri.pdf> >, erişim tarihi 20.10.2019.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Hasan SARIKAYA
Doğum Yeri ve Tarihi : Adıyaman 23/02/1993
E-Posta Adresi : sarikayaha@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2020, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

22.11.2019 – devam

Şirket Adı : İZMİRGAZ İzmir Doğalgaz Dağıtım A.Ş
Pozisyon : İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Esenboğa E., Dirice L., Sarıkaya H., Özarpa C. (2019). Ofis Mobilyaları Kullanımında Ergonomik Farkındalık Analizi. I. Uluslararası X. Ulusal İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi, 23-26 Ekim, 2019 Adana, Türkiye.