

RMS-A Tipi Doğalgaz Basınç Düşürme İstasyonlarında Elektrik Üretim Potansiyelinin İncelenmesi

Yasin KARABİBER¹, Hüseyin YAĞLI², Ceyhun BAYDAR³ ve İlker MERT^{4*}

¹İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye (yasinkarabiber@gmail.com)(ORCID: 0000-0002-7761-0726),

²Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye (yagli@gantep.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-9777-0698),

³İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye (cyhnbydr@gmail.com) (ORCID: 0000-0002-2413-069X),

⁴Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Osmaniye, Türkiye (ilkermert@osmaniye.edu.tr) (ORCID: 0000-0001-6864-2948)

Türkçe Özet – Enerjinin son derece önemli olduğu günümüzde ülkelerin mevcut olanaklarını kullanarak üretebilecekleri enerjinin her türü özellikle enerji kaynağında dışa bağımlı olan ülkeler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak kadar önemli olan bir diğer yöntem de atıl durumdaki enerjiden yararlanmaktır. Doğal gaz basınç düşürme istasyonlarında üretilebilecek enerji bu duruma örnek olarak verilebilir. Mevcut doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları, doğal gazın basıncını genişleme vanası kullanarak düşürmektedir. Bu çalışmada doğal gazın basınç düşürme işlemi için genişleme vanası yerine genişleme türbini kullanarak üretilebilecek güç üretim potansiyeli incelenmiştir. Bunun için bir A tipi doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonu (A-Type Gas Pressure Regulation & Metering Station – RMS-A) adı verilen tipi bir basınç düşürme ve ölçüm istasyonundan alınan bir yıllık veriler kullanılarak güç üretim potansiyeli incelenmiştir. Doğal gazın istasyon girişindeki basınç ve sıcaklık değerleri ile istasyona giriş debisi çalışmanın temel girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Bu parametreler bir bilgisayar yazılımında simüle edilerek elde edilebilecek güç miktarı hesaplanmıştır. Sonuç olarak basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında doğal gazın basıncı düşürülürken aynı zamanda önemli seviyede güç üretimi sağlanabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları; Genişleme Vanası; genişleme türbini; Enerji; Doğal Gaz

Atıf: Karabiber, Y., Yağlı, H., Baydar, C., Mert, İ. (2022). RMS-A Tipi Doğalgaz Basınç Düşürme İstasyonlarında Elektrik Üretim Potansiyelinin İncelenmesi. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 231-237.

Investigation of Electricity Generation Potential in RMS-A Type Natural Gas Pressure Reduction Stations

Extended Abstract

Today's where energy is extremely important, every type of energy that countries can produce using their existing facilities is of great importance especially for countries that are dependent on abroad in term of energy sources. In this respect, another method, which is as important as using renewable energy sources, is to make use of idle energy. The energy that can be generated in natural gas pressure reduction stations can be given as an example of this situation. Existing natural gas pressure reducing and measuring stations reduce the pressure of natural gas by using an expansion valve. In this study, the power generation potential that can be produced by using an expansion turbine instead of an expansion valve for the pressure reduction process of natural gas was investigated. For this, power generation potential was investigated by using one-year data taken from an A-Type pressure reduction and measurement station (RMS-A) in our country. The pressure and temperature values of the natural gas at the station entrance and the inlet flow rate to the station were used as the basic input parameters of the study. The amount of power that can be obtained was calculated by simulating these parameters in a computer software. As a result, it was evaluated that a significant level of power generation can be produced while reducing the pressure of natural gas at pressure reduction and measuring stations.

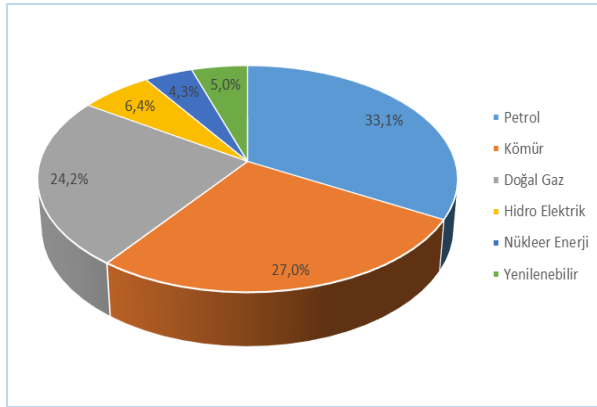
Keywords – Pressure reducing and measuring stations; Expansion valve; Expansion turbine; Energy; Natural Gas

Citation: Karabiber, Y., Yağlı, H., Baydar, C., Mert, İ. (2022). Investigation of Electricity Generation Potential in RMS-A Type Natural Gas Pressure Reduction Stations. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 231-237.

I. Giriş

Gelişmekte olan teknolojinin bir sonucu olarak sanayileşme oranı gün geçtikçe artmakta ve dünya nüfusu da her geçen gün çoğalmaktadır. Bu durumların bir sonucu olarak enerjiye olan talep artmakta ve artan talebin doğal bir sonucu olarak enerji tüketimleri de yükselmektedir. Bu nedenle enerji hem günlük hayatımız için vazgeçilmez bir ihtiyaç hem de hizmet ve mal üretiminde en önemli girdilerden biri haline gelmiştir. Örneğin; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Türkiye'nin elektrik tüketimi 2021 yılında 332,9 milyar kWh olarak gerçekleşmiş ve bir önceki yıla göre %8,74 artmıştır. Benzer şekilde elektrik üretim miktarı da 2021 yılında 2020 yılına göre %9,14 oranında yükselmiş ve 337,4 milyar kWh olarak kayıtlara geçmiştir. Yapılan değerlendirmelere göre 2025 yılında elektrik tüketiminin 370 milyar kWh ve 2040 yılında ise 591 milyar kWh seviyelerine ulaşması beklenmektedir [1].

İnsanların yaşamını sürdürebilmesi için hayati öneme sahip olan enerji; konut, sanayi, ticarethane ve ulaştırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. İhtiyacımız olan bu enerjiyi çok sayıda kaynaktan elde edebilirken içerisinde petrol, kömür ve doğal gazın yer aldığı fosil yakıtlar grubu bugün hala önemini korumaktadır. Küresel anlamda 2019 yılında dünyada üretilen enerjinin kaynaklara göre dağılımını gösteren grafik Şekil 1 ile verilmiştir [2].

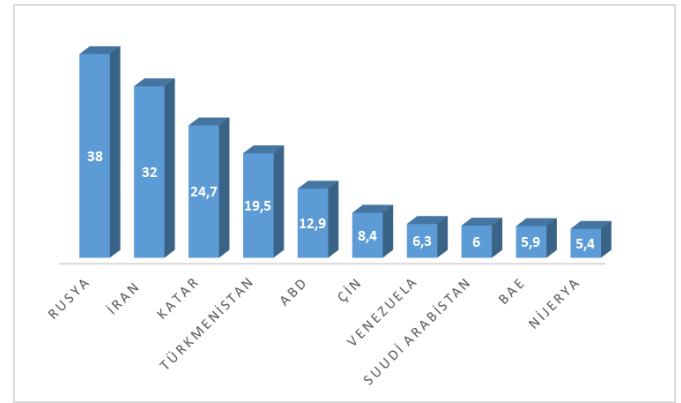


Şekil 1. 2019 yılı dünyada birincil enerji üretim kaynaklarının payları

Şekil 1'deki grafik incelendiğinde dünyada hala en çok tüketilen enerji kaynağının petrol olduğu görülmektedir. Petrolün payı %33,1 iken, kömür %27'lik ve doğal gaz ise %24,2'lik oranlara sahiptir. Hidroelektrik enerjisi, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payları ise %10'un altında yer almaktadır. Ayrıca aralarında IEA, EIA, BP, ExxonMobil'in olduğu çeşitli uluslararası kurum ve kuruluşların yaptıkları projeksiyonlar da petrol ve doğal gazın birincil enerji tüketimindeki paylarını uzun dönemler boyunca koruyacakları öngörülmektedir [3].

Fosil kökenli yakıtların enerji üretiminde bu denli önemli olmasına rağmen iki büyük sorunu da beraberinde getirdiği unutulmamalıdır. Bunlardan birincisi bu enerji kaynaklarının çevre dostu olmamalarıdır. Fosil kaynaklar enerji üretiminde kullandıklarında atmosfere salınan CO₂ nedeniyle sera

etkisine neden olmakta ve dolayısıyla dünyamızın ortalama sıcaklığı normalden daha çok artmaktadır. Diğer sorun ise her ülkede bu kaynaklardan yeteri kadar bulunamamasıdır. Bu nedenle ülkeler ihtiyaç duyduğu fosil kaynakları dışarıdan temin etmek durumunda kalmakta ve bu da ithalat yapan ülkelerin ekonomisinde ciddi bir ekonomik yüke neden olmaktadır. Örnek vermek gerekirse 2019 yılı sonu itibarıyla dünya doğal gaz rezerv miktarı 198,8 trilyon m³ olup bu miktarın %80'inden fazlası 10 ülkede bulunmaktadır. 2019 yılı itibarıyla en fazla doğal gaz rezervine sahip 10 ülkenin sahip olduğu rezerv miktarları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ülkelerin trilyon metreküp cinsinden rezerv miktarları [2]

Şekil 2'de verilen grafik 2019 yılı itibarıyla dünyanın en çok doğal gaza sahip ilk üç ülkesinin 38 trilyon m³ ile Rusya Federasyonu, 32 trilyon m³ ile İran ve 24,7 trilyon m³ ile Katar olduğunu göstermektedir. Bu ülkeleri sırasıyla Türkmenistan, ABD, Çin, Venezuela, Suudi Arabistan, BAE ve Nijerya izlemektedir.

Fosil kaynaklı yakıtların bu olumsuz yönlerini ortadan kaldırmak amacıyla ülkeler enerji anlamında yeni yöntemler üzerinde durmuşlardır. Bu yöntemler arasında örneğin yenilenebilir enerji kaynakları gibi farklı kaynakları kullanarak enerji üretmek olduğu gibi enerjiyi kullanarak tasarrufu artırmak, üretirken verimi artırmak ve atıl enerjiden yararlanmak gibi yöntemler de vardır. Bu yöntemlere örnek olarak; kazanlarda hava yakıt oranının optimize edilerek verimin artırılması, mevcut makinelerin yerine yüksek verimli makinelerin kullanılması, enerji kaçaklarını önleyecek sistemlerin kullanılması ve kompresör istasyonlarında baca gazı ısısından elektrik üretilmesi verilebilir. Son yıllarda üzerinde durulan bir diğer yöntem ise doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları (Gas Pressure Regulation & Metering Station - RMS) kullanılarak elektrik üretilmesidir. Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Rusya, İtalya gibi birçok ülkede çeşitli çalışmalar yapılmış ve San Diego (California), Memphis (Tennessee) ve Hamilton (New Jersey) şehirlerinde ilk uygulamalar gerçekleştirilmiştir [4]. Yapılan çeşitli araştırma ve çalışmalar, basınç düşürme istasyonlarındaki basınç düşürme proseslerinin, genişleme valfleri yerine genişleme türbinleriyle yapılması halinde, bu istasyonlarda basınç düşürme işleminin yanında elektrik üretiminin de yapılabileceğini göstermektedir [5]. Nitekim

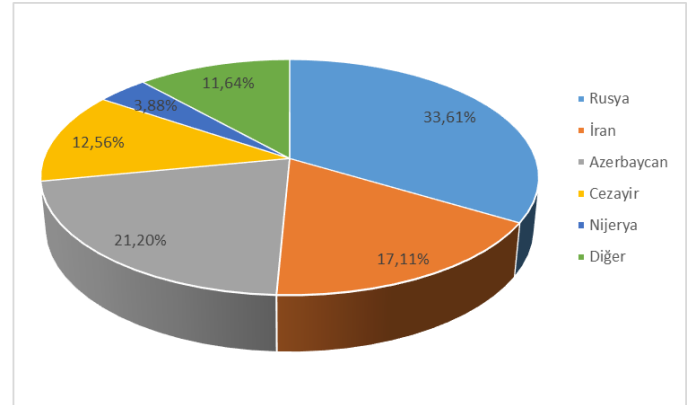
Farzaneh-Gord ve çalışma arkadaşları, İran'ın Horasan bölgesinde bulunan basınç düşürme istasyonları için enerji analizi yapmışlardır. İlgili istasyonlarda yıllık ortalama doğalgaz akış debisinin 90,5 kg/s olduğunu belirterek 9.930 kW elektrik enerjisi üretilebileceğini ve İran'ın tamamında 762 MW gücünde elektrik üretim potansiyelinin olabileceği sonucuna varmışlardır [6]. Yine bir başka çalışmada, Ebrahim K. Ardali ve Esmail Heybatian İran'ın Shahrekord şehrinde bulunan maksimum 120.000 Sm³/h debiye sahip şehir giriş istasyonunda gaz kısılma vanası yerine bir jeneratörü çalıştıran %85 verime sahip 1,8 MW genişleme türbini kullanıldığında 6000 MWs elektrik üretilebileceği sonucuna ulaşmışlardır [7]. Bu çalışmaların bize gösterdiği üzere RMS istasyonları basınç düşürme işlemini gerçekleştirilirken aynı zamanda azımsanamayacak miktarda elektrik üretim potansiyeli de taşımaktadırlar. Bu istasyonlarda üretilebilecek olan elektrik istasyonun kendi ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlamada kullanılabilirliği gibi suyun elektroliz edilerek hidrojen elde edilmesinde de kullanılabilir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi doğal gaz taşıma işlemi sırasında, doğal gaz düzenleme istasyonlarında gaz akış basıncı düşürülmektedir. Bununla beraber gaz akışında geri döndürülemez ekserji kayıpları ortaya çıkmaktadır. Enerji kaybı, giriş ve çıkış gazı basınç düzenleme ve ölçüm istasyonlarındaki doğal gaz akışının termodinamik parametrelerine bağlıdır. Kuczyński ve arkd. (2019) bu atık enerjiyi elektrik enerjisi üretimine yönlendirmek için basınç regülatörünün bir genişletici (expander) ile değiştirildiğinde elektrik üretimi için kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Ve bu amaçla gaz genişleme prosesinin verimini etkileyen doğal gaz düzenleme istasyonu çalışma parametrelerini araştırmak ve seçilen doğal gaz düzenleme istasyonlarında basınç regülatörleri yerine turbo genişleticilerin uygun maliyetli bir şekilde uygulanması için seçim kriterlerini belirlemişlerdir [8].

Doğal gaz basınç düşürme istasyonları; doğal gazın sahip olduğu yüksek basıncın, nihai tüketicinin kullanacağı basınç değerine düşürüldüğü ve gerekli ölçüm işlemlerinin yapıldığı istasyonlardır. Tüm dünyada ve ülkemizde son derece yoğun olarak kullanılan ve kullanım miktarı da her geçen gün artan doğal gaz nedeniyle RMS'lerin sayıları artmaktadır. Türkiye'deki RMS istasyonlarının durumunu değerlendirdiğimizde ise yaklaşık olarak aktif durumda olan önemli sayıda adet RMS-A tipi istasyonun var olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumda, mevcut RMS istasyonları ve bu istasyonlardan üretilebilecek elektriksel güç birlikte ele alındığında, ortaya kayda değer bir enerji kaynağı çıkabileceği apaçık ortadadır. Özellikle enerji üretiminin ve tüketiminin çok önemli olduğu son yıllarda böyle bir potansiyelin dikkate alınması gerektiği değerlendirilmektedir. Bu çalışmada bir RMS-A tipi istasyonun gerçek işletme verileri kullanılarak, bu istasyondan üretilebilecek elektriksel güç potansiyeli araştırılmaktadır. Türkiye yüksek nüfusu ve gelişmiş altyapısı ile önemli bir doğal gaz tüketicisi konumundadır. Ancak ülkemiz petrolde olduğu gibi doğal gaz yönünden de üretimin tüketimi karşılamadığı bir konumda bulunmaktadır. Bu nedenle ülkemiz tükettiği doğal gazın büyük bir kısmını ithal etmektedir.

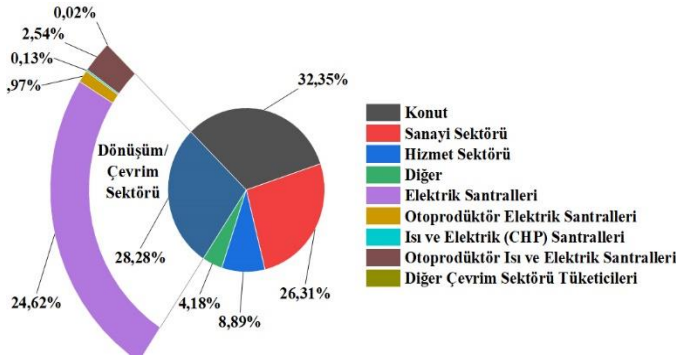
Türkiye 2019 yılında toplam 473,87 milyon Sm³ doğal gaz üretmiştir ve bu miktar 2018 yılına göre %10,62 oranında

artmıştır. En fazla üretim yapılan iller İstanbul, Tekirdağ ve Kırklareli olup bunun dışında Çanakkale, Düzce, Edirne, Adıyaman ve Adana illerinde de üretim yapılmaktadır. Türkiye boru hatları vasıtasıyla doğal gaz ithal ettiği gibi aynı zamanda LNG kargo gemileri ile de sıvılaştırılmış doğal gaz ithal etmektedir. Boru hattı ile doğal gaz giriş noktaları; Malkoçlar, Durusu, Türkgözü, Gürbulak, ve TANAP Seyitgazi'dir. LNG olarak doğal gaz giriş noktaları ise; Marmara Ereğlisi LNG Terminali, Egegaz Aliğa LNG Terminali, Etki LNG Terminali ve Dörtyol FSRU Terminali'dir. Türkiye 2019 yılında 2018 yılına göre %10,08'lik azalışla 45.211,47 milyon Sm³ doğal gaz ithal etmiştir. Bu ithalatın 32.517,4 milyon Sm³'lük kısmı boru gazı ile 12.694,07 Sm³ lük kısmı LNG olarak gerçekleşmiştir. LNG ithalatının %40,49'lük kısmı spot LNG ithalatı şeklinde yapılmış olup, %59,51'lik kısmı uzun dönemli sözleşmelerle Cezayir ve Nijerya'dan ithal edilen LNG kargolarından oluşmaktadır. Boru gazı ile doğal gaz ithal edilen ülkeler; Rusya, İran ve Azerbaycan'dır. 2019 yılı içinde en fazla doğal gaz ithalatı yapılan ülke 15.196 milyon Sm³ ile Rusya olurken, Rusya'yı 9.585 milyon Sm³ ile Azerbaycan ve 7.736 milyon Sm³ İran takip etmiştir. En fazla LNG ithalatı yapılan ülke olan Cezayir 5.678 milyon Sm³ miktar ile en fazla ithalat yapılan dördüncü ülke olmuştur. Diğer bir LNG ithalatı yapılan ülke konumunda olan Nijerya'dan ise 1.756 milyon Sm³ doğal gaz ithal edilmiştir [9]. Uzun dönemli sözleşmesi olan bu ülkelerin dışında kalan ülkelere ise toplam 5.260 milyon Sm³ doğal gaz ithal edilmiştir. Şekil 3'de en fazla doğal gaz ithal edilen ülkelerin yüzdesel dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3. Doğal Gaz İthal Edilen Ülkeler [9]

Ülkemiz doğal gaz ithalatının yanında 2019 yılında toplam 762,68 milyon Sm³ de doğal gaz ihracatı gerçekleştirmiştir. Bu ihracatın 762,63 milyon Sm³ lük kısmı Yunanistan'a geriye kalan 0,05 milyon Sm³ lük kısmı Bulgaristan'a yapılmıştır. 2019 yılı toplam ihracatı 2018 yılına göre %13,28 oranında daha fazla gerçekleşmiştir [9]. Ülkemizdeki 2020 yılına ait doğalgaz tüketiminin sektörel dağılımına baktığımızda da konut tüketiminden sonra en çok tüketimin, doğalgaz dönüşüm santrallerinde gerçekleştiği Şekil 4'teki grafikte görülmektedir.



Şekil 4. 2020 Yılı Doğal Gaz Sektörel Tüketim Dağılımı [9]

II. MATERYAL VE METODLAR

A. Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları

Doğal gazın üretim alanlarından tüketim alanlarına ulaşımı sağlandıktan sonra artık tüketim bölgesinde iletim aşaması başlar. Yüksek basınca sahip olan doğal gaz uzun mesafelere boru hatları ile iletimi esnasında çeşitli nedenlerden dolayı basınç kaybına uğrar ve kompresör istasyonları kullanılarak kaybettiği basınç telafi edilir. Kompresör istasyonlarında basıncı artırılan doğal gaz kullanılacağı yerin işletme koşullarına uygun hale getirilebilmek için basınç düşürme istasyonlarına teslim edilir. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları kısaca RMS olarak adlandırılırlar. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları en genel tanımıyla gazın basıncının istenilen işletme şartlarına düşürüldüğü ve ticari sözleşmelere konu olan parametrelerin ölçümünün yapıldığı istasyonlardır. Bu istasyonlar doğal gazın istasyona giriş – çıkış basınç değerine göre A tipi, B tipi ve C tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonları olmak üzere üçe ayrılırlar. Bu durum Tablo 1’de gösterilmektedir [10]:

Tablo 1. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarının sınıflandırılması

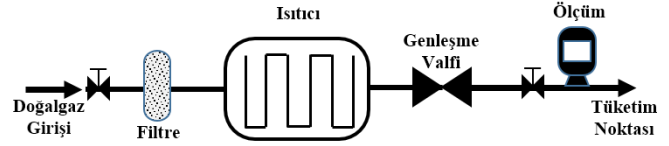
Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu Tipi	Doğal Gaz Giriş Basınç Değeri [bar]	Doğal Gaz Çıkış Basınç Değeri [bar]
A Tipi	35 -75	12 -25
B Tipi	12 -25	4
C Tipi	4	0,3 – 0,021

Tablodan da görüleceği üzere en yüksek doğalgaz girdi-çıkış basıncı A tipi istasyonlarda olup en düşük girdi-çıkış basıncı ise C tipi istasyonlardadır. Genel olarak A tipi istasyonlar şehirlerin ve büyük endüstriyel tesislerin, B tipi istasyonlar orta ölçekli sanayi tesislerinin ve C tipi istasyonlar ise bina ve küçük ölçekli tesislerin doğal gaz kullanımını için kurulmaktadır.

B. A Tipi Basınç Düşürme İstasyonları

RMS-A tipi istasyonları, yaklaşık 35-75 bar arasında arz edilen doğalgazın basıncını, nihai kullanım noktasındaki

ihtiyaç duyulan basınç değerine düşüren ve doğal gazın çeşitli parametrelerinin ölçümünü gerçekleştiren, işlevleri gereği de çok sayıda kullanım yeri olan basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarıdır [11] RMS-A tipi istasyonda bu işlemlerin yapılması için kullanılan ekipmanlar genel olarak 5 farklı grupta toplanabilirler. Bu gruplar; vanalar, filtreler, ısıtıcılar, basınç düşürücüler ve ölçüm cihazlarıdır. RMS-A tipi bir istasyonun akış şeması Şekil 5 ile verilmiştir.



Şekil 5. RMS-A tipi istasyonun akış şeması

Vanalar ile kastedilen istasyon girişinde ve çıkışında bulunan küresel vanalardır. Bu vanalar istasyon içerisindeki doğal gazın iletiminde kullanılan boru sistemleri ile en önemli elemanlardır. Ayrıca istasyon içerisindeki debiyi kontrol etmek için de kullanılırlar.

Filtreler doğal gazı içerisindeki partiküllerden temizlemek (arındırmak) için kullanılırlar. Bu partiküller katı veya sıvı halde bulunabilirler. Kullanılan filtreler genellikle 1 m³ doğal gaz içinde bulunan katı partiküllerden 1 miligramını sıvı partiküllerden ise 200 miligramını tutabilecek kapasitededirler.

Isıtıcılar, doğal gazın basınç düşürme işleminden önce ısıtılmasında kullanılırlar. Gaz kanunları gereği doğal gazın basıncı düştüğünde sıcaklığı da düşmektedir. Doğal gazın basıncındaki her 1 barlık düşme doğal gazın sıcaklığını da yaklaşık olarak 0,4 – 0,6 °C düşürmektedir. Bu sıcaklık düşüşü özellikle doğal gazın içerisinde bulunan partiküllerin çığırma doktasının altına indiğinde hidrant oluşumuna neden olabilir [12]. Bu istenmeyen bir durum olduğundan doğal gaz basınç düşürme elemanına girmeden önce ısıtılır. Bu aynı zamanda istasyon için bir gider oluşturmaktadır.

Basınç düşürücüler RMS-A tipi istasyonlarının asıl görevi olan basınç düşürme işlemi gerçekleştirmede kullanılırlar. Doğal gaz A tipi istasyona yüksek basınçla girer ve istasyondan daha düşük basınçla çıkar. Bu işlem için regülatör adı verilen kısılma vanası olan basınç düşürücüler kullanılmaktadır. Regülatörler değişik basınç ve debi değerlerinde gelen doğal gazın istenilen standartlara getirilmesinde oldukça başarılı olmakla beraber herhangi bir güç üretmeden çalışırlar.

Ölçüm cihazları ile doğal gaz istasyondan çıkmadan önce parametreleri ölçülür. Bu parametreler arasında doğal gazın basıncı, sıcaklığı, debisi, bileşimi gibi özellikleri yer almaktadır. Bu nedenle ölçüm grubunda ilgili parametreyi ölçecek elemanlar bulunmaktadır. Basınç ölçümü için manometreler, sıcaklık ölçümü için termometreler ve debi ölçümü için orifisetreler bu grup içerisinde yer alır.

Tüm bu elemanlar birlikte bir uyum içinde çalışarak doğal gazın istenilen şartlara getirilmesini sağlarlar ve böylece güvenli bir şekilde doğal gaz kullanıma hazır hale gelir. Doğal gaz RMS-A tipi istasyona girişte bulunan küresel vana grubundan kontrollü olarak girer. Daha sonra içerisinde bulunan katı ve sıvı partiküllerden temizlenmesi amacıyla filtrelerle iletilir ve burada temizlendikten sonra ısıtıcılara

iletilir. Regülasyondan önce doğal gaz, regülasyon sonrası sıcaklığının istenen seviyede olması için ısıtılır ve basıncı düşürülmek üzere regülatörlere iletilir. Regülatörlerde basıncı düşürülün doğal gaz gerekli ölçüm işlemleri gerçekleştirildikten sonra çıkışta bulunan küresel vana grubundan geçerek güvenli bir şekilde kullanım yerine iletilmiş olur.

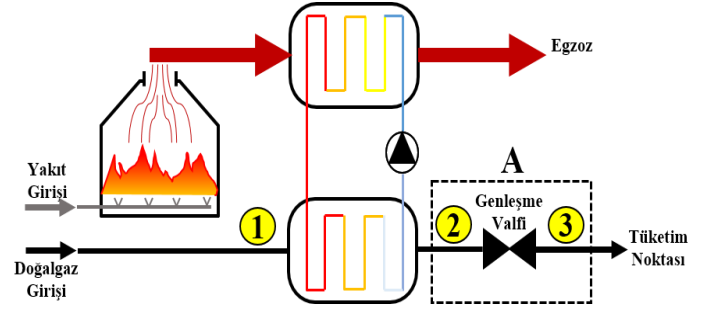
RMS-A tipi istasyonlar diğer istasyonlara göre çok daha yüksek doğal gaz giriş – çıkış basıncı seviyesine sahiptir. Aynı zamanda istasyondan geçen doğal gazın debileri kıyaslandığında da RMS-A istasyonlardan geçen doğal gazın debileri diğer istasyonlara göre çok daha yüksek olmaktadır. Bu çalışmada anlatılan regülatörlerin yerine turbo expanderlerin kullanılması ile basıncı düşürme işleminden elektrik üretimi için en önemli parametrelerden birisi de doğal gazın debi miktarıdır. Yani debi miktarı ne kadar fazla olursa üretilecek elektrik gücü de o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle bu sistemlerin kurulması için en uygun istasyonlar RMS-A tipi istasyonları olarak değerlendirilmektedir.

C. Fark Basıncından Elektrik Üretimi

RMS istasyonları basıncı düşürme işlemlerini regülatör adı verilen elemanlarını kullanarak yaparlar. Regülatörler ile basıncı düşürme işlemi yapıldığında Joule – Thompson etkisinden dolayı sıcaklık düşmekte ve sabit entalpide bu işlem gerçekleştiği için güç üretilememektedir [13]. Oysa basıncı düşürme işlemi için regülatörler yerine turbo expander adı verilen genişleme türbinleri kullanılırsa, doğal gazın basıncı düşürme işleminden güç üretilebilmekte ve üretilen bu güç bir jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Yapılan çalışmalar bize elde edilecek gücün miktarının; doğal gazın istasyon girişi ve çıkışındaki basıncı oranıyla ve istasyondan geçen doğal gazın debisiyle doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda türbinin kullanılabilirliğini artırmak için istasyondan geçen doğal gazın debisinin süreklilik arz etmesi diğer bir önemli konudur. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda RMS-A tipi istasyonlarının böyle bir çalışma için en uygun istasyonlar olduğu düşünülmektedir.

D. RMS-A Tipi İstasyonun İncelenmesi

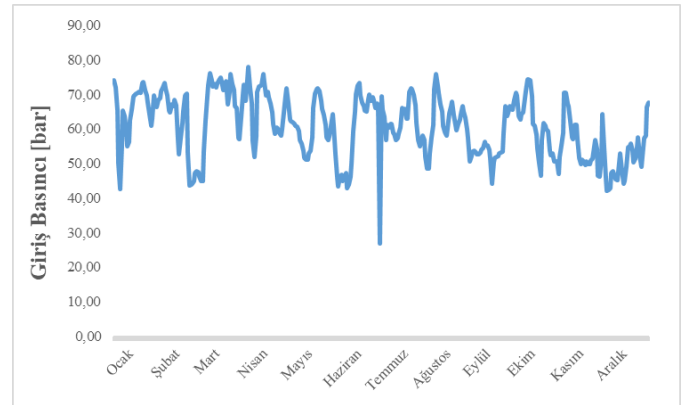
RMS-A tipi istasyonun şematik görünümü Şekil 6'da verilmektedir. Şekilde; 1 numaralı durum ile gösterildiği üzere istasyona giren doğal gaz filtre edildikten sonra ısıtıcılara girer. Yanma odasında gerçekleştirilen yanma işleminden elde edilen egzoz gazının yardımıyla doğal gaz ısıtılır ve egzoz gazı sistemden uzaklaştırılır. Doğal gazın ısıtılmasının nedeni daha önce bahsedildiği üzere regülasyon işleminden dolayı sıcaklığın düşmesiyle oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçmektir. 2 numaralı durumda ısıtılan doğal gazın ısıtıcılardan çıkıp genişleme valfine girmesi gösterilmektedir. Genişleme valfinden basıncı düşürülen doğal gaz 3 numaralı durum ile gösterildiği üzere tüketim noktasına teslim edilir.



Şekil 6. Türkiye'de bulunan RMS A tipi istasyonun şematik görünümü

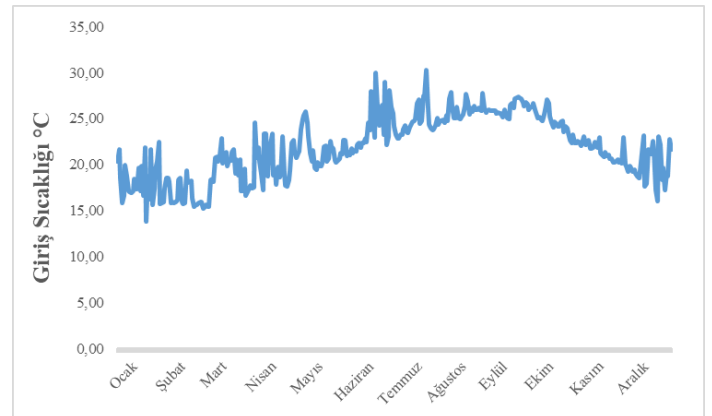
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, RMS-A tipi istasyondan geçen doğal gazın giriş parametrelerine ait 1 yıllık veriler kullanılmıştır. Bu parametreler; doğal gazın istasyon girişindeki basıncı, sıcaklığı ve debisidir. Bu parametrelere ait günlük veriler Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.



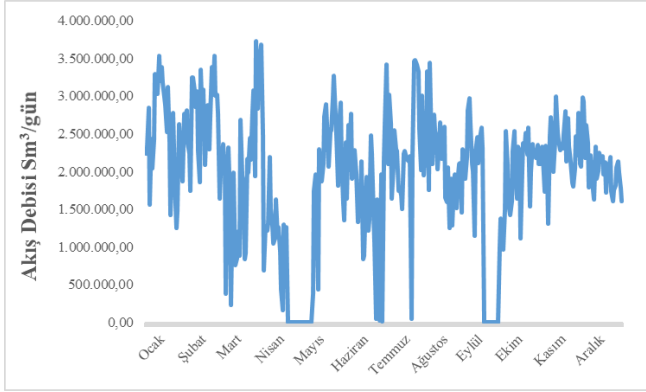
Şekil 7. RMS girişindeki doğal gaz basıncı değerleri

Şekil 7'de doğal gazın RMS-A tipi istasyonu girişindeki basıncı verileri gösterilmektedir. Grafığe bakıldığında doğal gazın girişteki basıncı yaklaşık olarak 25 – 80 bar arasında değerler almaktadır. Bu bağlamda doğal gaz en yüksek giriş basıncı değerini Nisan ayı içerisinde yaklaşık 78 bar ile alırken en düşük giriş basıncı değerini Haziran ayı içerisinde yaklaşık 26,5 bar ile almaktadır. Genel olarak bakıldığında ise yıllık ortalama basıncı değeri yaklaşık olarak 60,5 bar olup en yüksek ortalama basınca Mart ayında ulaşılırken en düşük ortalama basıncı Aralık ayında görülmüştür.



Şekil 8. RMS-A girişindeki doğal gaz sıcaklık değerleri

Şekil 8’de doğal gazın RMS-A tipi istasyon girişindeki sıcaklık verileri gösterilmektedir. Grafığe göre, doğal gazın istasyon girişindeki sıcaklığı yaklaşık olarak 13 – 31 °C arasında değerler almaktadır. Doğal gaz en yüksek sıcaklık değerini Temmuz ayı içerisinde yaklaşık 30,5 °C ile alırken en düşük değerini Ocak ayı içerisinde yaklaşık 13,5 °C ile almaktadır. Bu veriler bize doğal gazın sıcaklığının mevsimsel değişikliklerden etkilendiğini göstermektedir. Genel olarak bakıldığında ise ortalama sıcaklık değeri yaklaşık olarak 22 °C olup en yüksek ortalama sıcaklığa Eylül ayında en düşük ortalama sıcaklığa Şubat ayında sahiptir.

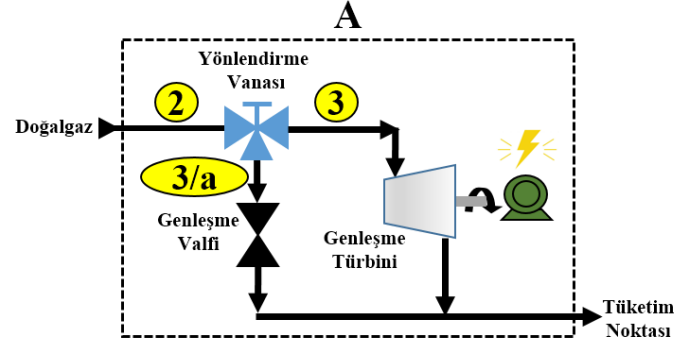


Şekil 9. Doğal gaz giriş debi değerleri

Şekil 9’da doğal gazın RMS-A tipi istasyona giriş debi verileri gösterilmektedir. Grafikten görüldüğü üzere, doğal gazın giriş debisi yaklaşık olarak 0 – 3.800.000 Sm³/gün arasında değerler almaktadır. En yüksek değerini Mart ayı içerisinde yaklaşık 3.750.000 Sm³/gün ile alırken yılın belirli günlerinde 0 değerini almaktadır. Debi değerinin 0 olması o günlerde istasyona doğal gaz girişi olmadığı anlamına gelmektedir. Genel olarak bakıldığında ise doğal gazın ortalama debi değeri yaklaşık olarak 2.137.320 Sm³/gün olup en yüksek ortalama debiye Şubat ayında en düşük ortalama debiye Nisan ayında sahip olmaktadır.

Doğal gaz basınç düşürme istasyonlarında doğal gazın basıncını düşürürken elektrik üretimini sağlamak için daha önce de ifade edildiği gibi basınç düşürme işleminin genişleme valfleri yerine genişleme türbinleri ile yapılması gerekmektedir.

Ancak RMS istasyonlarının temel işlevlerinden biri doğal gazın basıncını düşürmek olduğundan doğal gazın basınç düşürme işleminin aksamaması için bu iki eleman birlikte bulunmalı ve çalışma koşulları göz önüne alınarak uygun olan eleman kullanılmalıdır. Bu iki elemanın bir arada bulunabilmesi için RMS istasyonlarında revizyon yapılması gerekmektedir. Revizyon yapılmış sistemin akış şemasının şematik görünümü Şekil 10 ile verilmiştir.



Şekil 10. Türkiye’de bulunan bir RMS-A tipi İstasyonun revizyon akış şemasının şematik görünümü

RMS-A tipi istasyonda genişleme valfi ile yapılan basınç düşürme işleminde güç üretilemezken bu basınç düşürme işleminin sekteye uğramaması için genişleme türbininin çalışmadığı anlarda basınç düşürme işleminin genişleme vanasına paralel halde monte edildiği görülmüştür. Şekil 10’da 2 numaralı durum ile gösterildiği üzere ısıtıcıdan çıkan doğal gaz yönlendirme vanasına girmektedir. Doğal gazın basınç düşürme işlemi genişleme türbinini ile gerçekleştirilecekse 3 numara ile gösterilen yol, genişleme valfi ile gerçekleştirilecekse 3/a numara ile gösterilen yol ile doğal gazın basıncı düşürülerek tüketim noktasına teslim edilir. Bu çalışmada, kütleli akış debisi esas alınarak kullanılacak doğal gaz giriş parametrelerinin değerleri belirlenmiş ve tasarlanan sistem Epsilon yazılımında simüle edilmiştir [14]. Simülasyon sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 2 ile verilmiştir.

Tablo 2. Genleşme türbinini kullanılması ile güç üretim potansiyeli

Doğal Gazın RMS-A Tipi İstasyonuna Giriş Verileri			Güç Üretim Verileri	
Giriş Basıncı (bar)	Giriş Sıcaklığı (bar)	Kütleli Akış Debisi (kg/s)	Verim (%)	Üretilen Güç (kW)
61,8	25,86	19,79	90	3489

Tablo 2’de verilen doğal gazın RMS-A tipi istasyona giriş verilerinin belirlenmesinde; yıllık ortalama kütleli akış debisi değeri tespit edilmiş ve diğer parametreler bu kullanılan kütleli akış debisi baz alınarak belirlenmiştir. Burada kütleli akış debisinin baz alınmasının temel nedeni, doğal gazın kütleli akış debisinin, üretilecek elektriksel güç üzerinde doğrudan ve önemli bir etkiye sahip olmasıdır. Seçilen bu giriş verileri doğrultusunda yapılan simülasyon sonucunda önerilen sistemden, %90 verimle 3.489 kW güç elde edilmiştir. Ayrıca, genişleme türbininin yılda 7000 saat çalışacağı kabulüyle, önerilen bu sistem sayesinde yıllık 24.423.000 kWh elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır.

IV.SONUÇLAR

Bu çalışmada doğal gazın RMS-A tipi istasyonda genleşme vanası kullanılarak basıncının düşürülmesi yerine genleşme türbini kullanılarak basıncının düşürülmesi sonucunda güç üretim potansiyeli araştırılmıştır. Bunun için öncelikle mevcut bir RMS-A tipi istasyonda doğal gazın istasyona girişinden tüketim noktasına teslimine kadar geçen süreç şematik gösterimi ile açıklanmıştır. Daha sonra Türkiye’de bulunan mevcut bir RMS-A tipi istasyondan alınan doğal gazın istasyon girişindeki basıncı, doğal gazın istasyon girişindeki sıcaklığı ve doğal gazın istasyona giriş debisi verileri irdelenmiştir. Bu verilerin irdelenmesinden çıkan en önemli sonuçlardan bir tanesi doğal gazın sıcaklığının mevsimsel değişikliklerden etkilenmesinin tespitidir. Doğal gazın istasyon girişindeki sıcaklığı ne kadar fazla olursa ısıtma maliyetimiz o kadar düşük olacağı için bu tespit sonucunda yaz aylarında ısıtma maliyetinin kış aylarına göre daha az olması beklenir. Doğal gaz parametrelerinin incelenmesinden sonra genleşme türbini içerecek şekilde mevcut sistemde revizyon yapılmış ve önerilen sistemin şematik gösterimi verilerek sistem açıklanmıştır. Genleşme türbini içeren sistemin tasarımı yapılırken genleşme türbini genleşme vanasına paralel olarak monte edilmiş ve istasyonun iki basınç düşürme elemanını da içermesine dikkat edilmiştir. Bunun nedeni herhangi bir olumsuzluk durumunda istasyonun doğal gazın basınç düşürme işlemini sekteye uğratmadan çalışmasını sağlamaktır. Son olarak istasyondan alınan doğal gazın basınç, sıcaklık ve debi parametrelerinin verileri kullanılarak Epsilon yazılımında hazırlanan simülasyonun sonucunda üretilen güç miktarı hesaplanmıştır. Verilerin seçiminde üretilen güç üzerinde büyük etkisi olması nedeniyle yıllık ortalama değerine yakın bir kütleli akış debisi değeri seçilmiş ve diğer parametreler bu kütleli akış debisine göre belirlenmiştir. Simülasyon sonucunda önerilen bu sistemden %90 verimle 3.489 kW güç mekanik güç üretilebileceği ve genleşme türbini içeren sistemin yılda 7000 saat çalıştığı kabulüyle, bu tesisten yılda 24.423.000 kWh elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır. Bunun da yaklaşık olarak 7600 kişinin 1 yıllık enerji ihtiyacının tamamını (konut, sanayi, ticarethane, ulaşım vb. gibi) karşılayacağı düşünülmektedir.

Enerjinin son derece önemli olduğu ve ülkelerin enerjide dışa bağımlılığını azaltmaya çalıştığı günümüzde bir RMS-A tipi istasyondan görevini yerine getirirken yukarıda bahsi geçen gücün üretilebileceği göz önüne alındığında Türkiye’de sayılarının 1000’den fazla olduğu tahmin edilen RMS-A tipi istasyonları ile ülkemiz ekonomisine katkı sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

REFERENCES

- [1] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Bilgi Merkezi. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: (Erişim: 12.11.2022). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>
- [2] Statistical Review of World Energy. BP, 69th Edition. 2020. (Erişim: 12.11.2022). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
- [3] Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu. Ankara: Türkiye Petrolleri A.O. 2020
- [4] Ö. Deniz, “Doğalgaz basınç düşürme istasyonlarından elektrik üretiminin Çorlu-Kayseri ve Talova RMS-A istasyonları için incelenmesi”. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2014.

- [5] S. Yao, Y. Zhang, N. Deng, X. Yu, and S. Dong, “Performance research on a power generation system using twin-screw expanders for energy recovery at natural gas pressure reduction stations under off-design conditions”. *Applied Energy*, 1218-1230, 2018.
- [6] M. Farzaneh-Gord, S. Hashemi, and M. Sadi. “Energy destruction in Iran’s natural gas pipe line network”. *Energy Exploration & Exploitation*, 293-406 2007.
- [7] E. K. Ardali and E. Heybatian, “Energy Regeneration in Natural Gas Pressure Reduction Stations by Use of Gas Turbo Expander; Evaluation of Available Potential in IRAN”, Proceedings of The 24th World Gas Conference, Buenos Aires, Argentina 2009.
- [8] S. Kuczyński, M. Łaciak, A. Olijnyk, A. Szurlej, and T. Włodek, “Techno-economic assessment of turboexpander application at natural gas regulation stations”, *Energies*, 12(4), 755, 2019.
- [9] Doğal Gaz Piyasası Yıllık Sektör Raporları: Doğalgaz piyasası 2020 yılı sektör raporu. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (Erişim:12.11.2022). <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94/dogal-gazyillik-sektor-raporu>
- [10] Product catalogue. Gemsat (Gas Equipment Industry and Trade Inc.) (Erişim:23.12.2022) <http://www.gemsat.com.tr/en/urunler>
- [11] N. Yılmaz, and Y. Demir, “Doğal Gaz Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları”. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 20-28, 2006.
- [12] D. Grauls, “Gas hydrates: importance and applications in petroleum exploration”. *Marine and Petroleum Geology*, 18, 519-523(2001).
- [13] A. Arabkoohsar, M. Farzaneh-Gord, M. Deymi-Dashtebayaz, L. Machado, and R. Koury, “A new design for natural gas pressure reduction points by employing a turbo expander and a solar heating set”. *Renewable Energy*, 239-250, 2015.
- [14] Steag Energy Services Epsilon@Professional 15.00. Available online: <https://www.ebsilon.com>.