

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/117/106-109>

Nurlan Abdullazadə

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Doktorant

<https://orcid.org/0009-0005-3369-8657>

abdullazadanurlan@gmail.com

Dəniz boru kəmərlərində sızmaların yaranma səbəbləri və mexanizmlərinin təhlili

Xülasə

Bu məqalənin məqsədi, dəniz boru kəmərlərində baş verən sızmaların yaranma səbəblərini və mexanizmlərini dərin şəkildə təhlil etmək, həmçinin bu səbəblərin qarşısını almaq üçün effektiv həllər və texnologiyalar inkişaf etdirməkdir. Dəniz boru kəmərləri enerji resurslarının nəqlində kritik rol oynayır, lakin bu infrastrukturlar müxtəlif xarici və daxili amillərə məruz qalaraq ciddi risklər yarada bilər. Bu risklər arasında ən mühüm olanı isə boru kəmərlərində baş verən sızmalardır. Sızmaların qarşısını almaq, həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan böyük əhəmiyyət daşıyır. Bu səbəbdən, sızmaların yaranma səbəblərini dərinlən başa düşmək və onların qarşısının alınması üçün strateji yanaşmalar inkişaf etdirmək vacibdir.

Açar sözlər: *Sızmaların yaranma səbəbləri, dəniz boru kəməri, boru kəməri sızması, korroziya, mexanizmlərin təhlili*

Nurlan Abdullazadeh

Azerbaijan State Oil and Industry University

PhD student

<https://orcid.org/0009-0005-3369-8657>

abdullazadanurlan@gmail.com

Analysis of the Causes and Mechanisms of Leaks in Offshore Pipelines

Abstract

The purpose of this article is to deeply analyze the causes and mechanisms of leaks in offshore subsea pipelines, as well as to develop effective solutions and technologies to prevent these causes. Offshore pipelines play a critical role in the transportation of energy resources, but these infrastructures can be exposed to various external and internal factors, creating serious risks. The most important of these risks is pipeline leaks. Preventing leaks is of great importance from both an environmental and economic perspective. Therefore, it is important to deeply understand the causes of leaks and develop strategic approaches to prevent them.

Keywords: *Causes of leaks, offshore pipeline, pipeline leak, corrosion, mechanism analysis.*

Giriş

Dəniz boru kəmərləri, neft, qaz və digər enerji resurslarının uzun məsafələrə daşınmasında kritik rol oynayır. Lakin bu infrastrukturun daşdığı böyük əhəmiyyətə baxmayaraq, boru kəmərlərindəki sızmalar ciddi ekoloji, iqtisadi və təhlükəsizlik risklərinə yol açır. Sızmaların baş verməsinin müxtəlif səbəbləri mövcuddur və bu səbəblər, həm fiziki, həm də əməliyyat şəraitindən asılı olaraq dəyişir. Sızmaların erkən aşkarlanması və qarşısının alınması üçün bu səbəblərin aşkar edilməsi və mexanizmlərin hərtərəfli təhlil edilməsi vacibdir (Matlack, Kim, Jacobs, Qu, 2015).

Tədqiqat

Sızmaların baş verməsinin bir neçə əsas səbəbi var, və bu səbəblər müxtəlif amillərlə əlaqəlidir. Sızmaların əsas səbəbləri aşağıdakılardır (McNulty, 1966):

1. Materialın keyfiyyəti və korroziya: Boru kəmərinin materialı zamanla ətraf mühitin təsiri ilə (su, hava, kimyəvi maddələr) korroziyaya uğrayır. Bu, boru kəmərinin zəifləməsinə və nəticədə sızmalara yol açır. Dəmir və polimer borularda fərqli korroziya prosesləri baş verə bilər (Bourne, Gregory, 2016).

2. Mexaniki təsirlər: Boru kəmərinə xarici təsirlər (daşınma, yerin hərəkəti, təzyiq dəyişiklikləri) sızmalara səbəb ola bilər. Təsir gücü, boru kəmərinin zədələnməsinə və ya çatlamasına səbəb olaraq sızma yaratmağa səbəb ola bilər.

3. İstilik və təzyiq dəyişiklikləri: Boru kəmərindeki temperatur və təzyiq dəyişiklikləri, xüsusilə qeyri-sabit axın zamanı materialın deformasiya olmasına və borunun zədələnməsinə yol açır. Bu, sızmaların yaranmasında mühüm rol oynayır.

4. Uzunömürlülük və istifadə müddətinin bitməsi: Boru kəmərinin müəyyən bir xidmət müddəti və ya yaşı var. Bu müddət ərzində materialın əhəmiyyətli dərəcədə zəifləməsi və sızmalara yol açması mümkündür.

Sızmaların ən tez-tez və geniş yayılan səbəbi korroziya və mexaniki zədələnmələrdir. Bu amillər, boru kəmərinin fəaliyyət göstərdiyi müddətdə müxtəlif təsir faktorları ilə qarşılaşır və uzun müddətli əməliyyat nəticəsində daha ciddi sızmalara səbəb ola bilər (Miller, 2010). Digər səbəblərdən, istilik və təzyiq dəyişiklikləri də boru kəməri üzərində mühüm təsirə malikdir, xüsusən də qeyri-sabit və dəyişkən axın şəraitində bu hallar ilə rastlaşmaq mümkündür (Kundu, Cohen, 2008).

Sızmaların daha yaxşı başa düşülməsi və aşkar edilməsi üçün effektiv modelləşdirmə vacibdir. Modelləşdirmə zamanı aşağıdakı parametrlər və xarakteristikalar nəzərə alınmalıdır (DeVries, 2015).

Modelləşdirmə və simulyasiya:

Modelləşdirmə zamanı müvafiq hesablama və qrafiklər yaradılmalıdır. Bu qrafiklər sızmaların yaranma ehtimalı, sızmanın intensivliyi və davamlılığı ilə bağlı məlumatları təqdim edə bilər (Digital Engineering, 2020).

Nümunə olaraq, **MATLAB**-da işlədiyimiz sızmaların təsirini və baş vermə ehtimalını göstərək. Bu MATLAB kodu, boru kəmərindeki təzyiq, temperatur, korroziya faktoru və sızma riskinin zamanla necə dəyişdiyini modelləşdirir. Aşağıda əsas düsturların izahı verilmişdir:

1. Təzyiqin dəyişməsi (sinusoidal model): (Williams, Nunn, 2009)

Təzyiq zamanla sinusoidal şəkildə dəyişir:

$$P(t)=P_0+10\cdot\sin(0.5\cdot t)$$

Burada:

- P_0 - başlanğıc təzyiqi,
- t - zaman,
- Sinusoidal dəyişmə təzyiqin zamanla dalğalı şəkildə dəyişməsinə model edir.

2. Temperaturun dəyişməsi (kosinusoidal model):

Temperatur da zamanla kosinusoidal olaraq dəyişir:

$$T(t)=T_0+5\cdot\cos(0.2\cdot t)$$

Burada:

- T_0 - başlanğıc temperaturu,
- t - zaman,
- Kosinusoidal dəyişmə temperaturun zamanla dəyişməsinə göstərir.

3. Korroziya faktoru:

Korroziya faktoru zamanla xətti artım göstərir:

$$k(t)=k_0+0.01\cdot t$$

Burada:

- k_0 - başlanğıc korroziya faktoru,
- t - zaman.

4. Sızma ehtimalının müəyyən edilməsi:

Sızma ehtimalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\text{sizma_ehtimali}(t) = \left(\frac{P(t)}{100}\right) \cdot \left(\frac{T(t)}{40}\right) \cdot (1-k(t)) \cdot \left(\frac{L}{100}\right) \cdot \left(\frac{D}{1}\right)$$

Burada:

- $P(t)$ - təzyiq,
- $T(t)$ - temperatur,
- $k(t)$ - korroziya faktoru,

- L - boru uzunluğu,
- D - boru diametr

5. Sızma riskinin müəyyən olunması:

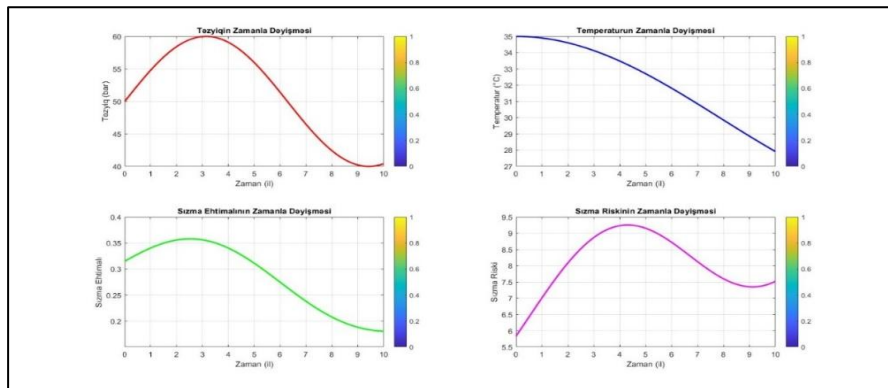
Sızma riski aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\text{sizma_risk}(t) = P(t) \cdot \left(\frac{T(t)}{30}\right) \cdot k(t)$$

Burada:

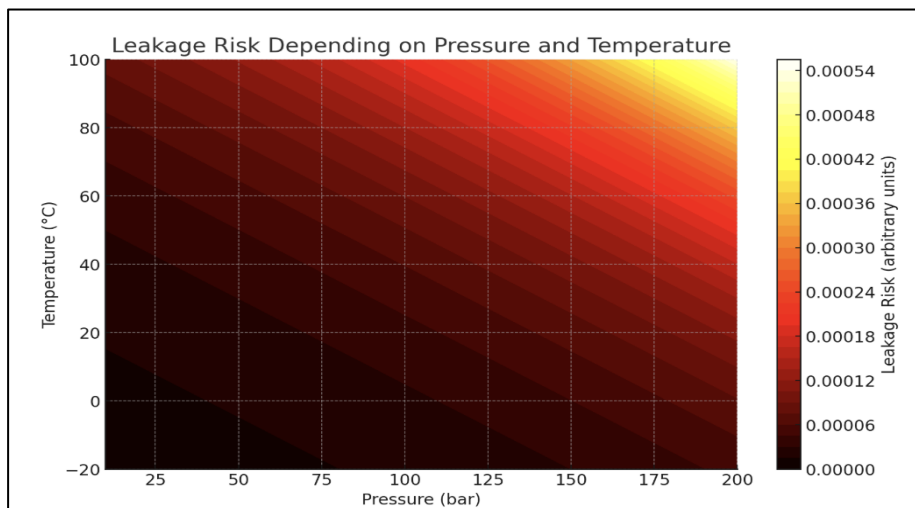
- P(t) - təzyiq,
- T(t) - temperatur,
- k(t) - korroziya faktoru

Bu düsturlar zamanla təzyiq, temperatur və korroziya faktorunun dəyişməsinə və bu dəyişikliklərin borudakı sızma ehtimalı və riski ilə necə əlaqəli olduğunu göstərir (Shah, London, 1978).



Qrafik 1. Sızmaların təsirini və baş vermə ehtimalını göstərən MATLAB-dan alınan nəticələr

Yuxarıda göstərilən qrafiklər təzyiq və temperatur dəyişikliklərinə görə sızmaların təsirini və baş vermə ehtimalını öncədən müəyyən edib, xüsusi şəraitdə boru kəmərinin necə reaksiya verdiyini və hansı parametrlərin daha təhlükəli olduğunu vizuallaşdırmağa kömək edir (Infrared Building Inspections, 2008).



Qrafik 2. MATLAB-da təzyiq və temperatur dəyişikliklərinə görə sızma riskinin əldə olunmuş simulyasiya nəticələri

Nəticə olaraq kodun icra olunması zamanı müəyyən təzyiq və temperatur aralığında sızma riskinin dəyişməsi yuxarıdakı 3D qrafiklə göstərilir. Qrafikdən də aydın olduğu kimi təzyiqin və

temperaturun artması, sızma riskini daha da artırır. Qurulmuş simulyasiya nəticələrinə əsasən risk zonalarını aşağıdakı kimi qruplaşdırma bilərik (Currie, 1974):

1. Aşağı Risk Zonası: Aşağı təzyiq (10–50 bar) və aşağı temperatur zonasını əhatə edir. Boru xətləri bu zonada təhlükəsiz hesab olunur.

2. Orta Risk Zonası: Təxminən 80–120 bar və 40–60°C. Bu, bəzi boru xətlərində işləmə şəraiti ola bilər, amma mütləq olaraq nəzarət edilməlidir.

3. Yüksək Risk Zonası: 150 bar-dan yuxarı və 70°C-dən yüksək, sızma riski kritik dərəcədə yüksəkdir. Bu zona qrafikdə qırmızı/sarı rənglə göstərilir (Chowdhry, 2020).

Nəticə

Dəniz boru kəmərinə sızmaların əmələ gəlməsi və aşkarlanması proseslərinin modelləşdirilməsi, boru kəmərlərinin təhlükəsizliyini təmin etmək və sistemlərin vaxtında təmir və monitorinqini həyata keçirmək üçün çox vacibdir. Sızmaların baş vermə səbəblərinin və təsirlərinin düzgün təhlil edilməsi, bu prosesin daha effektiv şəkildə idarə olunmasına və risklərin azaldılmasına imkan verir. Modelləşdirmə proqramlarının istifadəsi ilə risk xəritələri, siqnalların və ya avtomatik bağlanma hədlərinin müəyyənəşdirilməsi üçün faydalıdır. Sızma və ya digər potensial təhlükələr barədə vaxtında xəbərdarlıq edilməsi, boru kəmərinin təhlükəsizliyini təmin etməyə kömək edir. Boru kəməri boyunca təzyiq və temperaturu davamlı olaraq izləyən sensorlar yerləşdirilir. Bu sistemlər sayəsində risk yüksəlməzdən əvvəl tədbir görmək, axını azaltmaq və ya məhsulu alternativ marşrutla yönləndirmək mümkündür. Yüksək risk zonaları daha tez-tez yoxlama və təmir tələb etməlidir. Bu cür zonaların müəyyənəşdirilməsi üçün qrafiklərin çəkilməsi, boru kəmərinin etibarlılığını və təhlükəsizliyini təmin etmək üçün lazımlı olan müdaxilələri vaxtında planlaşdırmağa imkan verir. Bu analizlər, təmir və baxım işlərinin optimal vaxtlarda aparılmasını təmin edir. Yüksək temperatur dövrlərində boru kəmərinin iş təzyiqi müvəqqəti olaraq azaldılmalıdır. Təzyiqi azaltmaqla ümumi yüklənmə aşağı salınır. Məsələn, yay aylarında axın sürəti azaldıla bilər və ya paralel borularla bölüşdürülə bilər.

Ədəbiyyat

1. Bourne, G., & Gregory, J. (2016). *Corrosion of steel in concrete: Understanding, investigation and repair*. CRC Press.
2. Miller, A. (2010). *Pipeline integrity and safety management: A risk-based approach*. Elsevier.
3. Williams, M. E., & Nunn, D. (2009). *Pipeline risk management manual: Ideas, techniques, and resources*. Gulf Professional Publishing.
4. Infrared Building Inspections. (2008, September 4). *Resources for electrical, mechanical, residential and commercial infrared/thermal inspections* [Archived 2018-08-06]. <https://web.archive.org/web/20180806191458/http://infrared-buildinginspections.com/>
5. DeVries, D. (2015, August). Nondestructive flaw detection in metallic components. *Quality Magazine*, pp. 31–32.
6. Matlack, K. H., Kim, J.-Y., Jacobs, L. J., & Qu, J. (2015). Review of second harmonic generation measurement techniques for material state determination in metals. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 34(1), 273. <https://doi.org/10.1007/s10921-014-0273-5>
7. McNulty, J. F. (1966). *Ultrasonic testing apparatus and method* (U.S. Patent No. 3,260,105). United States Patent and Trademark Office.
8. Shah, R. K., & London, A. L. (1978). *Laminar flow forced convection in ducts*. Supplement 1 to *Advances in Heat Transfer*. Academic Press.
9. Kundu, P. K., & Cohen, I. M. (2008). *Fluid mechanics* (4th ed.). Academic Press.
10. Currie, I. G. (1974). *Fundamental mechanics of fluids*. McGraw-Hill.
11. Digital Engineering. (2020, January 30). Ansys 2020 R1 threads simulation across product lifecycle processes. *Digital Engineering*. <https://www.digitalengineering247.com/article/ansys-2020-r1-threads-simulation-across-product-lifecycle-processes/>
12. Chowdhry, A. (2020, January 22). Ansys: Student software program hits several major milestones. *Pulse 2.0*. <https://pulse2.com/ansys-student-software-program-hits-several-major-milestones/>