

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İTFAİYE SU ALMA AĞIZLARINDAKİ TASARIM BASINCININ, DEBİ,
PÜSKÜRTME MESAFESİ VE İTFAİYECİYE GELEN KUVVETE OLAN
ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Duhan PORTAKAL

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Isı Akışkan Programı

OCAK 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İTFAİYE SU ALMA AĞIZLARINDAKİ TASARIM BASINCININ, DEBİ,
PÜSKÜRTME MESAFESİ VE İTFAİYECİYE GELEN KUVVETE OLAN
ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Duhan PORTAKAL

503171109

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Isı Akışkan Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdurrahman KILIÇ

OCAK 2020



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503171109 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Duhan PORTAKAL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İTFAİYE SU ALMA AĞIZLARINDAKİ TASARIM BASINCININ, DEBİ, PÜSKÜRTME MESAFESİ VE İTFAİYECİYE GELEN KUVVETE OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Abdurrahman KILIÇ**
 İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Levent KAVURMACIOĞLU**
 İstanbul Teknik Üniversitesi

 Prof. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU
 Gedik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 24 Aralık 2019
Savunma Tarihi : 07 Ocak 2020





Aileme,



ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca kıymetli bilgileriyle bana yol gösteren ve desteğini esirgemeyen başta tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç'a ve kıymetli hocalarım Dr. Kazım Beceren ve Dr. Gökhan Balık'a,

Bu süreçte beni her zaman yüreklendiren ve desteklerini esirgemeyen Aileme ve her zaman yanımda olan Tuğba Ün'e,

Deneysel çalışmaların yapılabilmesi için desteğini esirgemeyen İstanbul Havalimanı Mekanik Grup Biriminden başta Grup Müdürü Ertan Uzundayı, Yunus Emre Tütek ve Kıvanç Yenipınar olmak üzere emeği geçen tüm birim çalışanlarına,

Deneysel çalışmalara aktif olarak katılan İstanbul Havalimanı İtfaiye Teşkilatı'na ve çalışma arkadaşlarım Coşkun Yazar ile Alican Kabataş'a,

Deneysel çalışmalarımızda anahtar rol oynayan debi ölçüm cihazını NBİ firması adına ödünç veren Erdem Dalar'a

Teşekkür ederim.

Ocak 2020

Duhan PORTAKAL
Makina Mühendisi



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1 İtfaiye Su Alma Ağzı Sisteminin Tasarımı	6
2.2 İtfaiyeciye Gelen Tepki Kuvvetleri İçin Yapılmış Deneysel Çalışmalar	6
3. İTFAİYE SU ALMA AĞZI SİSTEMLERİ.....	11
3.1 Genel	11
3.2 İtfaiye Su Alma Ağzı Sisteminin Bileşenleri	12
3.3 Binalarda İtfaiye Su Alma Ağzı Sistemi Zorunluluğu	15
3.4 İtfaiye Su Alma Ağzı Sisteminin Tasarım Esasları.....	16
3.4.1 Tasarım basıncı ve tasarım debisi.....	16
3.4.2 Yangın pompa ihtiyaçlarının belirlenmesi.....	19
3.4.3 Lans eşdeğer çap hesabı (K_{eff} / K-faktörü hesabı).....	20
3.4.4 Lans tepki kuvvetleri	21
4. SAHA TESTLERİ VE SONUÇLAR.....	23
4.1 Testlerde Kullanılan Yangın Pompası.....	24
4.2 Testlerde Kullanılan Diğer Ekipmanlar.....	25
4.3 Ölçüm Aletleri ve Kalibrasyon.....	28
4.4 Test Prosedürü, Grupları ve Sonuçları	29
4.4.1 Birinci test grubu ve sonuçları: Su debisi ölçümleri.....	33
4.4.2 İkinci test grubu ve sonuçları: Su atış mesafesi ölçümleri	35
4.4.3 Üçüncü test grubu ve sonuçları: Lans tepki kuvveti hesapları	38
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	41
KAYNAKLAR	45
EKLER.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	61



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devleti
ARFF	: Airport Rescue and Firefighting (Havalimanı Yangın ve Kurtarma Ekibi)
BS	: British Standard (İngiliz Standardı)
BYKHY	: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
CMDA	: Control Mode Density Area
EN	: European Norm (Avrupa Standardı)
ESFR	: Early Suppression Fast Response
ISO	: International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Organizasyonu)
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
NFPA	: National Fire Protection Association (Ulusal Yangından Korunma Birliği)
NFPA FPH	: National Fire Protection Association Fire Protection Handbook
TS	: Türk Standartları



SEMBOLLER

A_x	: Bağımsız değişken (Ölçüm belirsizliği hesabı)
C_{ak}	: Akış katsayısı
Ch_w	: Hazen-Williams katsayısı
D	: Boru çapı
D_e	: Lans eşdeğer çap
DN	: Boru çapı
F_d	: Düz lans tepki kuvveti
F_t	: Turbolans tepki kuvveti
H	: Basma yüksekliği
K_{eff}	: Efektif K-faktörü
P	: Basınç
P_s	: Statik basınç
P_{ts}	: Tasarım basıncı
P_{ys}	: Yersel kayıplar
Q	: Debi
W_x	: Ölçüm belirsizlik oranı
”	: Çap değeri (inch)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Lans tipleri için elde edilen debi değerleri (NFPA FPH, 2008).....	8
Çizelge 3.1 : Hortum bağlantıları için tasarım basınçları (NFPA 14, 2016)	17
Çizelge 3.2 : Farklı kaynaklara göre hortum bağlantıları için tasarım kriterleri	19
Çizelge 3.3 : Lans tiplerine göre akış katsayıları (Crapo, 2017)	21
Çizelge 3.4 : Farklı orifis çapında lans tepki kuvveti ölçümleri (Grimwood, 1992). 22	
Çizelge 4.1 : Farklı ölçüm grupları için rüzgar yönleri ve hızları	36
Çizelge 5.1 : Deney tipleri için 400 kPa ve 700 kPa basınçta elde edilen veriler	43
Çizelge A.1 : Sistem elemanlarının eşdeğer boru uzunlukları (NFPA 13, 2019).....	49
Çizelge A.2 : Borulardaki basınç kaybı değerleri.....	51
Çizelge C.1 : B tipi yangın hortumu ve lansları için deney sonuçları	55
Çizelge C.2 : C tipi yangın hortumu ve lansları için deney sonuçları	57



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : (a) itfaiye su alma ağzı, (b) adaptör, ara rakor ve zincirli kapak.....	13
Şekil 3.2 : B ve C tipi yangın hortumları.....	14
Şekil 3.3 : Düz lans, perdeli düz lans ve turbolans.....	14
Şekil 3.4 : NFPA 14 (2016)'a göre yapılan birinci sınıf yangın dolapları sistemi tasarımında aynı anda açılması istenen dolap sayısı ve konumları.....	17
Şekil 3.5 : İtfaiye su alma ağzı sisteminin doğrudan itfaiye aracından beslenmesi ..	18
Şekil 4.1 : İstanbul Havalimanı kampüsü yangın pompa dairesi	23
Şekil 4.2 : Yangın pompa dairesi plan görünümü	24
Şekil 4.3 : Elektrik motor tahrikli yangın pompası.....	25
Şekil 4.4 : Deneyde kullanılan yangın pompası hat şeması.....	26
Şekil 4.5 : Deney tesisatı ve ekipmanlar.....	26
Şekil 4.6 : Basınç-ölçer ara bağlantı elemanı	29
Şekil 4.7 : Testler sırasında hortumu tutan itfaiye personelleri	30
Şekil 4.8 : Lans tipleri için K_{eff} değerleri.....	31
Şekil 4.9 : Farklı lans tiplerinden elde edilen su debileri	33
Şekil 4.10 : B ve C tipi hortumlardan elde edilen su debileri.....	34
Şekil 4.11 : B tipi hortum kullanılarak elde edilen su atış mesafeleri	35
Şekil 4.12 : Farklı rüzgar kuvvetlerindeki su atış mesafeleri	37
Şekil 4.13 : Farklı tip lanslardaki tepki kuvvetleri	38
Şekil B.1 : Deneylerde kullanılan yangın hortumlarındaki su akış hızları	53
Şekil B.2 : Farklı hortum ve lans kombinasyonu için kütleli debiler.....	54



İTFAYE SU ALMA AĞIZLARINDAKİ TASARIM BASINCININ, DEBİ, PÜSKÜRTME MESAFESİ VE İTFAYECİYE GELEN KUVVETE OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Elle yangına müdahale sistemleri arasında yer alan itfaiye su alma ağız sistemleri, bina içerisinde çıkabilecek bir yangını kontrol altına almak ve/veya söndürebilmek için itfaiye personeli ve/veya yetişmiş söndürme görevlisi tarafından kullanılmak üzere tesis edilir.

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te (BYKHY, 2015), yetişmiş yangın söndürme görevlisi bulundurulmak mecburiyetinde olan yapılarda kullanılacak yassı hortumlu yangın dolapları için tasarım debisinin 400 l/dak ve tasarım basıncının en az 400 kPa olması gerektiği yazılıdır. Ancak yönetmeliğin itfaiye su alma ağız ihtiyacını tarif eden hükümlerinde bu değerler tekrarlanmadığı için bazı tasarımcılar tarafından itfaiye su alma ağız tasarım basıncı değerinin uluslararası geçerliliği kabul edilen standartlarda belirtildiği şekilde kullanılması gerektiği iddia edilmektedir. NFPA (National Fire Protection Association) yangın kodları ve standartlarının konuyla ilgili NFPA 14 standardında, profesyonel ekiplerin yangına müdahalesi için tesis edilen sistemlerde tasarım basıncının akış halinde en az 690 kPa olması gerektiği belirtilmiş olup, bu değer özellikle çok yüksek binalarda daha fazla sayıda düşey basınç zonları oluşturulmasını ve ilave kolon (riser) hatları çekilmesini gerektirir. Buna rağmen, ABD'de çok yüksek binaların yer aldığı bazı eyaletlerin yönetmeliklerinde, NFPA 14'te belirtilenden daha düşük basınç değerlerine göre tasarım yapılması dikkat çekicidir.

Yangına bina dışından müdahale için tabii zemin seviyesinde tesis edilen hidrant sisteminin tasarım debisi ve tasarım basıncı yönetmelikte (BYKHY, 2015) belirli olduğundan, bu çalışmada, özellikle yüksek binaların üst katlarında yer alan itfaiye su alma ağızındaki debi ve basıncın etkisinin incelenmesi için bir deney tesisatı yapılmıştır. Bunun için, mevcut bir tesise ait yangın pompa dairesinde, deneyleri yapabilmek için özel olarak ayrı bir tesisat çekilmiş ve yapılacak deneyler için gerekli ekipmanlar temin edilmiştir. İtfaiye su alma ağızına bağlanan hortumun girişindeki basınca bağlı olarak ne kadar su akışı sağlanabildiği, suyun hangi mesafeye kadar ulaştırılabildiği ve itfaiye su alma ağızını kullanan personele etki eden kuvvetlerin nasıl değiştiğini belirlemek için ölçümler yapılmıştır.

Deneysel çalışmalar kapsamında, farklı tipte hortum ve lanslar ile farklı orifis çaplarında su giriş basıncı değiştirilerek, su debisi, su atış mesafesi ve lans tepki kuvvetinin nasıl değiştiği incelenmiştir.

İtfaiye su alma ağızında ne kadar su debisine veya su basıncına ihtiyaç olduğu yangına hangi aşamada müdahale edildiğine bağlıdır. Yeterince erken müdahale edilebilirse yangın bir bardak suyla söndürülebilir. Öte yandan yapılan deneysel çalışmaların sonuçları göstermiştir ki: ofis, konut, otel, hastane veya benzeri yangın yüküne sahip bir kullanım amacına hizmet veren bir yüksek binanın üst katlarında çıkan bir yangına,

bir itfaiyecinin yassı hortumu tek başına tutarak müdahale edilebilmesi için, NFPA 14'teki tasarım basıncı (690 kPa) ve debisinin (950 l/dk), yapılan deneylerde çok yüksek olduğu görülmüştür. Dahası, ülkemizdeki itfaiyeler tarafından bu tür yangınlara müdahale etmek üzere yaygın olarak kullanılan yassı hortum ve lans gibi ekipmanların hiçbiri NFPA 14'teki basınç ve debi değerini verebilecek orifis çaplarına sahip değildir.

Sonuç olarak, otel, konut, ofis, hastane ve benzeri yangın yüküne sahip binaların üst katlarındaki yangınlara yassı hortumla müdahale etmek için kullanılacak itfaiye su alma ağzındaki tasarım basıncının 400 kPa ve tasarım debisinin 400 l/dk alınması yeterli olmaktadır. Ayrıca, yukarıda belirtilen tasarım kriterleri ülkemiz itfaiyelerinde kullanılan yassı hortum ve lanslar ile karşılanabilmekte olup, bu tasarım kriterlerinde, yangın hortumu ve lansın bir itfaiyeci tarafından tek başına kontrol edilmesi de mümkün olur.



EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DESIGN PRESSURE OF THE FIRE HOSE OUTLETS ON THE FLOW RATE, THROW DISTANCE AND REACTION FORCE AFFECTING ON FIREFIGHTERS

SUMMARY

Among the manual fire extinguishing systems, fire hose outlets are aimed to control and/or suppress the fire inside a building using by firefighters and/or trained building staff.

In addition to these fire hose outlets, hydrant systems installed on the ground level are also aimed to control and/or suppress the fire outside of building using by firefighters and/or trained building staff. However, fire hose cabinets and extinguishment cylinders can be used by any occupant in building to control and/or suppress the fire inside a building in an early stage. These all systems and equipment are part of manual fire extinguishing systems.

Automatic fire extinguishing systems are also installed to control the fire inside a building as well as manual fire extinguishing systems. Among the automatic fire extinguishing systems, water based sprinkler systems, dry pipe systems, pre-action systems, deluge systems, clean agent gas extinguishing systems, etc. are available. The main aim of the automatic fire extinguishing systems is control the fire at an early stage. Since these systems can not suppress the fire, manual fire extinguishing systems are also needed to suppress the fire inside a building. Therefore, these two systems are not alternatives to each other, these systems that support each other.

According to the Regulation on Fire Protection of Buildings (TFC, 2015), in buildings where trained fire extinguishing teams have to be employed, hose cabinets connected to flat hoses are required, where the design values are specified as 400 l/min for the flow rate and 400 kPa for the pressure. The diameter of these flat hoses must be selected as 50 mm and the connection diameter of the cabinet valves must also be selected as 50 mm. However, the design flow rate values (400 l/min) and the design pressure values (400 kPa) are not repeatedly mentioned in the provisions are given for the fire hose outlets, so that some mechanical designers claim that the reference values in the internationally recognized standards be followed.

According to the corresponding NFPA (National Fire Protection Association) standard, i.e NFPA 14, there are three different classifications within the scope of manual fire extinguishing system. The first classification (Class I) is fire hose connection with an outlet with a diameter of 65 mm. The second classification (Class II) is fire hose connection with an outlet with a diameter of 40 mm. And the last classification (Class III) is a system that the first and second classification are using together in building. According to National Fire Protection Association (NFPA 14), the residual pressure at the fire hose outlets are classified as Class I is specified to be minimum 690 kPa, which indirectly increases the number of risers and vertical pressure zones during the mechanical system design of very high buildings. Besides,

the minimum design flow rate at these fire hose outlets is specified to be minimum 950 l/min. According to NFPA 14, the residual pressure at the fire hose outlets are classified as Class II is specified to be minimum 400 kPa and to be maximum 690 kPa. Besides, the minimum design flow rate at these fire hose outlets is specified to be minimum 380 l/min.

On the other hand, it must be noted that, in some states of the USA, especially the ones with very tall buildings, local state regulations permit reducing the design pressure (690 kPa) specified in NFPA 14. According to this local state regulations, the minimum design pressure can be selected as 450 kPa at the fire hose outlets.

Since the design flow rate and pressure of the hydrant system installed on ground level to intervene the fire from outside the building is specified in the Regulation on Fire Protection of Buildings (TFC, 2015), in this study, experimental equipment are installed to interpret the design flow rate value and pressure value required in the fire hose outlets located on the upper floors of especially high-rise buildings. According to Regulation on Fire Protection of Buildings, the minimum design pressure value of hydrant systems must be 700 kPa and the minimum design flow rate of hydrant systems must be at least 1900 l/min.

In order to carry out the studies, an independent installation was provided in the fire pump room of an existing facility (Istanbul New Airport). This installation was connected to the supply side of main fire pump. At the supply side of fire pump, downstream of the check-valve, the test line is installed and this test line is using to test fire pump annually. The pipe that is using for this experimental study is given from the fire pump test line by adding control valve. After this control valve, pressure reducing valve and fire hose connection are located on the experimental study line. And also the necessary equipment were provided for the experimental studies to be carried out. These necessary equipment are ultrasonic flowmeter, fire hoses, nozzles, manometers and lasermeter. Especially ultrasonic flowmeter and manometers are installed on the experimental study line. Fire hoses and nozzles are connected to the fire hose connection and lasermeter is using to measure throw distance of water.

Experimental measurements have been performed to evaluate how much water density can be provided and how far away water can be reached from the fire hose that is connected to the fire hose outlet with approximately 400 kPa inlet pressure in high rise buildings and evaluate the reaction forces affected by trained personnel and/or firefighter during the firefighting. This inlet pressure was measured by manometer located at the outlet side of fire hose connection. Three other manometers are also used for this experimental study.

Within the scope of experimental studies, by changing the inlet pressure, density values, water throw distance and reaction force values were taken into account to evaluate in different types of hose and nozzle orifice diameters. In order to measure these parameters, some different measurement devices were used. These devices are manometer, ultrasonic flowmeter, lasermeter etc.

Manometer was used to measure the pressure value at the inlet and outlet of the pressure-reducing valve, and also to measure the pressure value at the inlet and outlet of the fire hoses. Ultrasonic flowmeter was used to measure the flow rate of water inside the pipe. And also, lasermeter was used to measure the throw distance of water. However, reaction force values were not measured by any measurement device. These values were determined by using ampiric equation given from National Fire Protection Association (NFPA) standards. In order to determine the reaction forces value, some

experimental results such as pressure value, flow rate etc. were used. It must be noted that, all measurement devices have an uncertainty value during the measurement. Since these experimental results measured by using measurement devices were used to determine the reaction force values, an uncertainty analysis was done and this analysis was explained within the scope of experimental studies.

The necessity of pressure and flow rate at the fire hose outlets is changeable. In case of a fire in any building, first of all, fire hose cabinets are used by any occupant in building to intervene the fire. If the fire is not suppressed by using these fire hose cabinets, then the fire hose outlets are needed to suppress the fire. Depending on the using time of fire hose outlets, especially the necessity of flow rate may vary. If the fire is intervened in an early stage of fire, a glass of water could be enough to suppress the fire in building. However, if the fire is intervened in a late stage of fire, the flow rate that is specified in international standards such as National Fire Protection Association (NFPA) or British Standards (BS) could also not be enough to suppress the fire in building.

On the other hand, the results of the experimental study show that it is not possible that only one firefighter can handle the fire hose which is connected to the fire hose outlet at the design pressure value (690 kPa) and at the design flow rate (950 l/min) specified in NFPA 14 in low hazard buildings i.e. office building, residential building, hotel building, hospital, etc. Moreover, the design values specified in NFPA 14 can not be provided from the fire hoses and nozzles using by the fire department in Turkey.

Fire department in Turkey has typical equipment to intervene the fire inside a building. These equipment are typical fire hoses with a diameter of 65 mm (B) and with a diameter of 50 mm (C), fog nozzle with a diameter of 65 mm (B) and straight nozzles with a diameter of 65 mm (B) and with a diameter of 50 mm (C). These equipment were generally used to intervene the fire inside a typical low and ordinary hazard building. These equipment were also used in this experimental study. The results of this experimental study also show that, the design pressure value and design flow rate value can not be obtained from the typical equipment by using the fire department in Turkey.

The other equipment such as foam generator, foam nozzles etc. are out of the scope of this experimental study. Because these foam equipment are only used to intervene the fire in industrial facility. Since the necessity of the flow rate for intervene the fire in high hazard building is much more than the necessity of the flow rate for intervene the fire in low hazard building, the orifice diameter of fog nozzles are bigger than the orifice diameter of typical nozzles. However, the industrial facility is out of scope of this experimental study and all equipment using by fire department in industrial facility are also out of scope of this experimental study.

As a result, the design pressure value could be selected as 400 kPa and the design flow rate could be selected as 400 l/min at the fire hose outlets to intervene the fire at the upper floor of low hazard high building i.e. hotel building, office building, residential building, hospital, etc. Besides, the abovementioned design values could be provided from the fire hoses and nozzles using by the fire department in Turkey and only one firefighter can handle the fire hose and nozzle alone at these design values.



1. GİRİŞ

Yangın; yüzyıllardır var olan, can ve mal kayıplarına yol açan bir felakettir. Yangının neden olduğu zararları azaltmak için, yangın söndürme sistemleri kullanılır. Binalardaki yangınları söndürmek için tesis edilen söndürme sistemleri, otomatik yangın söndürme sistemi ve elle yangına müdahale sistemi olmak üzere iki ana başlığa ayrılır. Otomatik yangın söndürme sistemi kapsamında yağmurlama (sprinkler) sistemleri, gazlı söndürme sistemleri ve kimyasal sıvılı söndürme sistemleri tesis edilir. Elle yangına müdahale sistemleri olarak ise, hidrant sistemleri, itfaiye su alma ağızları sistemleri, yangın dolapları ve taşınabilir söndürme tüpleri kullanılır.

Türkiye’de geçerli olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’te (BYKHY, 2015), otomatik yangın söndürme sistemlerinin ve elle yangına müdahale sistemlerinin tanımları yapılmakta, bu sistemlerin hangi binalarda tesis edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Özellikle otomatik yangın söndürme sistemi zorunlu olmayan binalarda elle yangına müdahale sistemleri ve itfaiye müdahalesi daha fazla önem kazanır.

Yangının erken aşamada kontrol altına alınması büyük önem teşkil etmekte olup, amatör kullanıcılar tarafından yangına erken müdahale edilebilmesi için binalarda, taşınabilir söndürme cihazları bulundurulur ve yangın dolapları tesis edilir. Yangın dolabı ile zamanında müdahale yapılamadığı ve yangının genişlediği durumlarda ise, binada bulunan yetişmiş söndürme görevlilerinin ve/veya binaya gelen itfaiye personelinin kullanımı için profesyonel müdahale ağızları tesis edilir. Bina çevresinde konumlandırılan hidrantlar ve bina içerisinde her katta tesis edilen itfaiye su alma ağızları profesyonel müdahale ağızı olarak kullanılır.

İtfaiye su alma ağızları; binada, yangın etkilerinden arındırılmış, güvenli/korunumlu alanlara yerleştirilir. Genellikle yangın merdivenleri ve/veya bu merdivenlerin önünde inşa edilen yangın güvenlik holleri, güvenli/korunumlu alan olarak tasarlanır ve itfaiye su alma ağızları da bu korunumlu alanlara yerleştirilir. Acil durum asansörü bulunan bir binada itfaiye su alma ağızının özellikle acil durum

asansöründen yangın güvenlik holüyle ulaşılabilen yangın merdivenine yerleştirilmesi gerekir ancak hortum bağlantısında oluşabilecek su sızıntılarının acil durum asansörünün bulunduğu asansör kuyusuna gitmemesi için, itfaiye su alma ağzının yangın güvenlik holü yerine merdiven yuvası içerisine yerleştirilmesi önerilir. Binada çıkabilecek bir yangın durumunda, yetişmiş söndürme görevlisi ve/veya itfaiye personeli, güvenli/korunumlu alanda yer alan itfaiye su alma ağzına bağlayacağı hortum ile yangına müdahale edebilir. İtfaiye su alma ağzları farklı hortum çapları ve lans tipleri ile kullanıma imkan verecek şekilde tesis edilir ve gerektiğinde yangına bir kat veya iki kat aşağıdan müdahale edebilecek şekilde kullanılır.

Bu çalışma kapsamında, itfaiye su alma ağzına bağlanacak farklı hortum tipleri ve hortum ucuna takılacak farklı orifis çaplarına sahip lans tipleri ile giriş basıncı değiştirilerek ölçümler yapılmıştır. Farklı basınç değerlerinde, su debisi ve su atma mesafesi ölçülmüş ve hortumu tutan itfaiyeciye gelen tepki kuvvetleri hesaplanmıştır.

DeneySEL çalışmalardan elde edilen sonuçlar, değişen hortum giriş basıncı değerlerine ve kullanılan farklı ekipmanlara bağlı olarak su debisinin ne kadar değiştiğini, hangi mesafeye su atışının yapılabildiğini ve özellikle yüksek basınçlarda hortumu tutan itfaiyecinin tek başına hortumu kontrol etmesinin mümkün olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde, itfaiye su alma ağzının tasarım basıncı ve/veya tasarım debisi için hangi değerlerin uygun olabileceğine dair yorumlar yapılmıştır.

Bu çalışmanın yapılmasına dayanak olan unsurların başında itfaiye su alma ağzı tasarım basıncı ve debisi konusunda yönetmelik (BYKHY, 2015) ve ilgili standartlar arasındaki farklılıklar ve yönetmeliğin itfaiye su alma ağzları ile ilgili hükümlerinde söz konusu değerlerin tekrar yazılmamış olmasından kaynaklanan sektördeki farklı uygulamalar gelir. Halbuki profesyonel ekiplerin müdahalesi için tesis edilen sistemler o ülkenin itfaiye teşkilatının ihtiyaçlarına cevap vermesi içindir. Diğer ülkelerin itfaiye teşkilatları düşünülerek tasarım yapılması uygun bir yaklaşım değildir. Yapılan deneySEL çalışmalar, bu farklı yaklaşımlardan hangisinin daha uygun olacağına karar verilebilmesini sağlayacak şekilde planlanmış ve öncelikle konu ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. DeneySEL çalışmalar için 2018 yılında işletmeye açılan İstanbul Havalimanı kampüsüne hizmet veren yangın pompa dairesi kullanılmış ve pompa dairesindeki elektrik motor tahrikli pompanın test hattına ilave bir bağlantı yapılarak normalde kapalı durumdaki bir vana ile testlerde kullanılacak itfaiye su alma

ağına bağlanan ilave bir hat çekilmiştir. Deneyler sırasında, havalimanı kampüsü içerisindeki yangınlara müdahale konusunda sorumlu olan, ARFF (Air Rescue Firefighter) ekibinden destek alınmıştır.

Deneyler sırasında yapılması gereken ölçümler için özel ölçüm cihazları temin edilmiş ve ölçüm cihazları kullanılmaya başlanmadan önce kalibrasyonları yaptırılmıştır. Deneysel çalışmalardan elde edilen veriler, grafikler halinde paylaşılmış ve sonuçlar grafikler üzerinden yorumlanmıştır.





2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İtfaiye su alma ağızı tasarımı yapılırken öncelikle Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te (BYKHY, 2015) belirtilen tasarım kriterleri göz önünde bulundurulur, BYKHY (2015)'te yeterli bilgi bulunmaması durumunda ise, öncelikle Türk ve Avrupa standartlarına, eğer burada da yeterli bilgi yok ise, uluslararası geçerliliği kabul gören yangın güvenliği ile ilgili standartlara başvurulur. BYKHY (2015), itfaiye su alma ağızı sisteminin hangi binalarda zorunlu olduğunun yanı sıra, katlarda itfaiye su alma ağızına ulaşım mesafesi, itfaiye su alma ağızı bağlantı çapları ve konumları hakkında da bilgi verir.

BYKHY (2015)'te itfaiye su alma ağızı tasarımı ile ilgili yeterli bilgi bulamadığını düşünen bir kişinin bu konuyla ilgili başvurabileceği ilgili standart NFPA 14 (2016)'dır. NFPA 14 (2016)'da, daha önce yangın dolabı kullanımı konusunda eğitim almamış kişilerin yangın sırasında kendilerini riske atmalarını engellemek için, amatör kullanıma yönelik bir yangın dolabı sistemi tanımlanmamıştır. Amatör kullanıcıların yalnızca taşınabilir söndürme tüpü ile yangına müdahale edebileceği düşünülür. NFPA 14 (2016)'da, yassı hortum bağlantısı (hose connection) olarak kullanılacak sistemler üç sınıfa ayrılır. Birinci sınıf sistemler 65 mm bağlantı çaplı itfaiye su alma ağızlarını tanımlarken, ikinci sınıf sistemler 40 mm bağlantı çaplı hortumları tarif eder. Üçüncü sınıf sistemler ise, ilk iki sınıfın birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Her üç sistem de amatör kullanıcıların değil, binada bulunan yetişmiş söndürme görevlilerinin ya da itfaiye ekiplerinin kullanımı için tasarlanan sistemlerdir.

İtfaiye su alma ağızlarını tanımlayan bir Avrupa Standardı bulunmamakla birlikte BS 9990 (2015) adlı İngiliz standardında tasarım esasları ile ilgili hususlara da yer verilmektedir. BS 9990 (2015) standardında, itfaiye su alma ağızları “sahanlık vanası (landing valve)” olarak adlandırılır ve bu standarda göre; sahanlık vanaları, merdiven sahanlığında veya merdiven önündeki lobilerde tesis edilir.

2.1 İtfaiye Su Alma Ağız Sisteminin Tasarımı

BYKHY (2015)'te, yetişmiş söndürme görevlisinin kullanacağı TS EN 671-2 standardına uygun yangın dolapları için tasarım basıncı 400 kPa ve tasarım debisi 400 l/dk şeklinde belirtilmiş, ancak itfaiye su alma ağız sisteminin tarif edildiği bölümde bu değerler tekrar edilmemiş ve ayrıca tasarım kriterleri verilmemiştir. İtfaiye su alma ağız tasarım basıncı ve tasarım debisi ile ilgili yönetmelikte yeterli bilgi bulunmadığını iddia eden kişiler, konuyla ilgili uluslararası geçerliliği kabul gören NFPA 14 (2016)'ya başvurmaktadır.

İtfaiye su alma ağız sistemine ait tasarım basıncı ile ilgili olarak NFPA 14 (2016)'nın ilk versiyonunda birinci sınıf sistemler için minimum tasarım basıncı değeri 350 kPa olarak tanımlanmış iken, 1950'li yıllarda bu değer 450 kPa değerine ve standardın 1993 yılında yayınlanan versiyonu ile birlikte de 690kPa değerine çıkarılmıştır. Standardın güncel versiyonunda da halen minimum tasarım basıncı değeri 690 kPa olarak tarif edilmektedir. Maksimum statik basınç değeri ise 1200 kPa şeklinde sınırlandırılmıştır.

Yangın hortumlarının imalat ve deney prosedürleri TS EN ISO 14557 (2004)'te tarif edilir. Yangın sistemlerinde kullanılacak olan hortumların bu standartta belirtilen şartları yerine getirdiğinden emin olunmalıdır.

Yangın hortumlarındaki basınç kaybı tayini için yapılan deney prosedürleri TS 9224 (1991)'de açıklanır ve hortum giriş ve çıkış basınçlarının karşılaştırması yapılarak, farklı çap ve uzunluktaki yangın hortumlarında meydana gelen basınç kayıplarının belirlenmesine yönelik bilgi verilir.

Yangın hortumlarında kullanılacak lansların imalat ve muayene detayları hakkında bilgi için TS 3145 (1978)'e başvurulur. Farklı çaplardaki yangın hortumları için kullanılması gereken lans tipleri ve lansların giriş ve çıkış çapları yine aynı standardın ekler kısmında yer alır.

2.2 İtfaiyeciye Gelen Tepki Kuvvetleri için Yapılmış Deneysel Çalışmalar

Yönetmelik ve standartlarda itfaiye su alma ağız için tasarım debisi ve tasarım basıncı değerleri belirtilmekte iken, tasarımı etkileyen bir diğer parametre olan itfaiyeciye gelen tepki kuvvetlerinden bahsedilmemektedir. Bu sebeple, itfaiye su alma

ağızlarının kullanımında itfaiyeciye gelen tepki kuvvetlerinin hesaplanması ile ilgili literatürde birçok deneysel çalışmaya rastlanır. Konuyla ilgili yapılmış deneysel çalışmalar incelenmiş ve lans tepki kuvvetlerinin nasıl hesaplandığı ve hortumu tutan itfaiyeci sayısına bağlı olarak, lans tepki kuvvetleri için sınır değerlerin ne olabileceği bu çalışma kapsamında anlatılmıştır.

Lans çıkış çapı değerleri düz lanslarda doğrudan ölçülebilirken turbolanslarda ancak eşdeğer çap hesaplanabilir. Turbolanslarda eşdeğer çap tayini yapabilmek için gerekli bağıntılar Crapo (2017)'de verilmiştir. Bu çalışmadan kullanılan turbolanslar için Crapo (2017)'deki eşdeğer çap bağıntısı kullanılarak eşdeğer çıkış çapları hesaplanmıştır.

Lans tepki kuvvetlerinin belirlenmesi ile ilgili NFPA FPH (2008)'de bağıntılar yer almaktadır. Farklı lans tipleri için yer alan bağıntılarda, lans çıkış çapı, lans giriş basıncı ve su debisi önemli parametrelerdir. Düz lans ve turbolans için farklı bağıntılar bulunmakta olup, düz lans için tepki kuvvetini veren bağıntı aşağıda yazılıdır:

$$F_d = 0,0015 \times d^2 \times P \quad (2.1)$$

Burada;

F_d : Düz lans tepki kuvveti (N)

d : Lans çıkış çapı (m)

P : Lans giriş basıncı (Pa)

olmaktadır. Bağıntıda yer alan lans çıkış çapı, düz lanslar için ölçülebilen bir büyüklüktür. 0,0015 değeri ise sabit sayı olarak denklemde yer almaktadır. Turbolans için tepki kuvvetini veren bağıntı ise şu şekildedir:

$$F_t = \sqrt{0,0005107 \times Q \times P} \quad (2.2)$$

Burada;

F_t : Turbolans tepki kuvveti (N)

Q : Su debisi (m³/s)

P : Lans giriş basıncı (Pa)

olmaktadır. Bağıntıda yer alan debi ve basınç değerleri birbirleri ile ilişkili olup, aynı zamanda turbolans tepki kuvveti ile de ilişkilidir. Denklemden yer alan 0,0005107 değeri ise birimli bir sayı olup, birimi kg/m^3 olmaktadır.

NFPA FPH (2008)'de ayrıca farklı tip lanslar için yapılan deneysel çalışmalar neticesinde lans tipleri için elde edilebilecek en fazla su debisi değerleri Çizelge 2.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1 Otomatik lans tipleri için elde edilen debi değerleri (NFPA FPH, 2008).

Otomatik lans tipleri	Debi (l/dk)
¾" - 1" (19 - 25 mm) lans	38 - 227
1½" (38 mm) lans	114 - 946
2½" (64 mm) lans	473 - 1325
Yüksek debiye sahip lans	1325 - 37854

Farklı basınçlarda, lanslardan elde edilebilecek debi değerine bağlı olarak her bir lans için K_{eff} şeklinde ifade edilen efektif K-faktörü tayin edilebilir. K_{eff} değeri bu çalışma kapsamında tanımlanan bir değer olup, lansların birbirleriyle ve yönetmelik ve standartlarda belirtilen tasarım kriterlerini sağlayabilecek lanslar ile karşılaştırma yapılabilmesi için kabul edilen bir değerdir. K_{eff} değeri aynı zamanda, lanslardan farklı tasarım basıncı değerleri için elde edilebilecek debi değerlerini hesaplayabilmek için kullanılır. Lanslar için K_{eff} değeri hesaplanırken, NFPA 13 (2019)'da yer alan ve yağmurlama başlıklarındaki K-faktörü tayininde kullanılan aşağıdaki bağıntıdan yararlanılmıştır.

$$K_{eff} = Q \times \sqrt{P} \quad (2.3)$$

K_{eff} : Lans orifis çapına bağlı K-faktörü ($\text{l/dk/bar}^{1/2}$)

Q : Debi (l/dk)

P : Basınç (bar)

Lans tepki kuvvetinin hesabında kullanılan denklem (2.1) ve denklem (2.2) ile lansların K-faktörlerini hesaplamak için kullanılan denklem (2.3)'den elde edilen sonuçlar için ayrıca belirsizlik hesapları yapılmıştır. Belirsizlik hesaplarında Genceli

(1994)'de yer alan bağıntılar kullanılmış, ilgili bağıntılar ve belirsizlik analizi EK D'de paylaşılmıştır.

Grimwood (1992)'de, yangına müdahale esnasında hortumu tutan bir itfaiye personeline gelen tepki kuvvetlerine bağlı olarak, hortumu en az kaç itfaiye personelinin tutması gerektiği ile ilgili bilgiler bulunur. Yapılan çalışmaya göre, tepki kuvvetinin 265 N değerini geçmediği çalışma basınçlarında bir itfaiyecinin hortumu tek başına tutabileceği belirtilmektedir. 265 N ile 330 N değeri arasındaki tepki kuvvetlerinde hortumu kontrol etmek için en az iki itfaiye personeline, 330 N ile 420 N değeri arasındaki tepki kuvvetlerinde ise en az üç itfaiye personeline ihtiyaç olacağı belirtilmektedir. Tepki kuvveti 420 N değerinin üzerine çıktığında ise dört veya daha fazla itfaiye personeline ihtiyaç duyulacağı ifade edilmiştir.



3. İTFAİYE SU ALMA AĞZI SİSTEMLERİ

3.1 Genel

Binalarda tesis edilen sabit-boru hortum sistemleri; taşınabilir söndürme tüpleri, yangın dolabı sistemi, itfaiye su alma ağzı sistemi ve hidrant sisteminden oluşur. İtfaiye su alma ağzı sistemi, yangın dolabı sistemi ve taşınabilir söndürme tüpleri bina içerisinde tesis edilir ve bina içerisinde çıkabilecek yangınlara müdahale için kullanılır. Hidrant sistemi ise binaların çevresinde tesis edilir ve öncelikle bina cephesinde çıkabilecek yangınlara müdahale için kullanılır. Sabit-boru hortum sistemleri kendi içerisinde ikiye ayrılır. Sistem kullanıcılarının söndürme sistemlerini kullanma konusunda eğitilmiş veya eğitimsiz olmasına bağlı olarak iki sınıfa ayrılan bu sistemlerde, amatör kullanıcılar tarafından kullanılan yangın dolaplarındaki tasarım debisi ve basıncı daha düşük olup, yetişmiş söndürme görevlileri veya itfaiye ekipleri tarafından kullanılacak itfaiye su alma ağzı sistemleri veya hidrant sistemlerinde ise bu tasarım değerleri daha yüksektir. İtfaiye su alma ağzı ve hidrant sistemlerinin tasarım debisi ve basıncı birbirinden farklılık gösterir. Özellikle binalardaki yangınlara dışarıdan müdahale etmek ve itfaiye aracına su takviyesi yapmak için kullanılması planlanan hidrant sisteminin tasarım debisi ve basıncı, bina içerisinde çıkabilecek yangınlara müdahale için kullanılacak olan itfaiye su alma ağzı sistemlerindeki tasarım basıncı ve debisinden daha fazladır. Sabit-boru hortum sistemlerinin genelinde geçerli olmak üzere; sistemlerin tasarım basınçlarını belirlemedeki en önemli parametre, sistemlerin hizmet verdiği binanın hangi tehlike sınıfında değerlendirildiğidir.

Endüstriyel tesislerde ve yangın yükünün çok büyük olduğu antrepo gibi yerlerdeki yangınlarda, özellikle yanıcı ve parlayıcı sıvıların veya plastik malzemelerin yanması halinde uzaktan köpük müdahale edilmesi gerekir ve bunun için akış sırasında en az 600 – 700 kPa civarında bir hortum giriş basıncına ihtiyaç duyulur. BYKHY (2015)'te hidrant sistemi tasarım basıncının 700 kPa istenmesi, bu tür tesislerdeki yangınlara dışarıdan köpük müdahale edilebilmesini güvence altına alır. ABD'deki hidrant sistemi tasarımında ise, her binanın her cephesine hidrantlarla müdahale edilmesini

sağlayacak sayıda hidrant tesis edilemeyeceği gerçeğinden hareketle, hidrantlar sadece itfaiye araçlarına hızlı bir şekilde su takviyesi yapılması için kullanılır ve binalara dışarıdan müdahalenin itfaiye aracından yapılabilmesini güvenceye almak için itfaiye araç yollarının uygun tasarlanmasına odaklanılır. ABD'deki bu yaklaşım nedeniyle itfaiye aracını doldurmak dışında bir görevi olmayan hidrantlarda tasarım basıncının sadece 140 kPa olması yeterli görülür. Bir başka deyişle, ABD'deki endüstriyel tesis yangınlarına bina için hortum sistemleriyle köpük oluşturularak müdahale edilebilmesini garantiye almak için, birinci sınıf sistemlerdeki tasarım basıncı için 690 kPa gibi bir değer istenmesi kaçınılmazdır. Ancak, daha önce de belirtildiği üzere, çok yüksek bina sınıfındaki otel, ofis, konut, hastane vb. düşük ve orta tehlike bina kullanımlarında köpük oluşturma ihtiyacının olmaması ve bina içerisindeki yangınlara müdahalenin, daha düşük basınç ve debi değerlerinde dahi yapılabilecek olması göz önüne alındığında, NFPA 14 (2016)'da belirtilen tasarım basıncı ve tasarım debisi değerlerinin düşük ve orta tehlike sınıfındaki çok yüksek binaların katlarında yer alan itfaiye su alma ağız sistemleri için gereğinden fazla olduğu görülmektedir.

Binalarda tesis edilen otomatik söndürme sistemleri uygun şekilde tasarlanır ve tesis edilir ise, bu sistemlerin yangını kontrol altına alması mümkündür ve böylece itfaiye su alma ağız sisteminin kullanılmasına da ihtiyaç kalmayabilir. Ancak otomatik söndürme sistemi tasarımları ve imalatları uygun şekilde yapılmadığında, yangın kontrol altına alınamaz ve yangını söndürebilmek için binaya gelen itfaiye personelinin kullanacağı itfaiye su alma ağız sistemine ihtiyaç duyulur.

Sabit-boru hortum sisteminin bir parçası olan itfaiye su alma ağız sistemleri, bina içerisinde, yetişmiş söndürme görevlisinin ve/veya itfaiye ekiplerinin kullanımı için tesis edilen elle yangına müdahale sistemlerinden biridir. İtfaiye su alma ağız sistemleri; vanalar, hortum bağlantıları ile sprej veya demet halinde yangına suyu püskürtecek lanslar ve diğer bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. İtfaiye su alma ağız sistemi ile güvenilir bir kaynaktan sağlanan basınçlı su, elle yangına müdahale edilmesi için kullanılır.

3.2 İtfaiye Su Alma Ağız Sisteminin Bileşenleri

Binadaki yetişmiş söndürme görevlileri veya itfaiye personeli tarafından kullanılacak itfaiye su alma ağız sisteminde; bina içinde korunumlu alanlardan düşey bir hat şeklinde çekilen bir sabit boru hattı, bu hat üzerine her katta monte edilen bağlantı

ağızları, bağlantı ağzına takılan hortumlar, hortumun ucunda suya yön ve hız veren lanslar ve bu ekipmanların birbirine bağlanmasını sağlayan bağlantı elemanları yer alır. Sabit boru hattı üzerinde tesis edilen ve Şekil 3.1 (a)'da gösterilen dişli bağlantı ağzına adaptör takılarak Türkiye'deki itfaiyelerde kullanılan ve dişli bağlantıya göre daha hızlı hortum eklenmesini ve çıkarılmasını sağlayan geçmeli tip storz bağlantı yapılması mümkün olur. Standart olarak dişli bağlantı yapılabilecek şekilde üretilen bağlantı ağzından storz bağlantıya geçiş için bir ucu dişli ve diğer ucu storz bağlantıya uygun bir adaptör kullanılır. Adaptörden sonra redüksiyon yapılarak bağlantı çapı 2½" olan B tipi hortum yerine gerektiğinde 2" olan C tipi hortum kullanılması sağlanır. Bağlantı ağzının ucuna zincirli kapak takılarak sisteme kuş, haşere, toz ve benzeri yabancı maddelerin girmesi engellenir. Adaptör, ara rakor ve zincirli kapak elemanları Şekil 3.1 (b)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 (a) İtfaiye su alma ağzı, (b) Adaptör, ara rakor ve zincirli kapak

Bağlantı ağızlarına takılacak hortumlar için farklı alternatifler bulunmaktadır. Özellikle itfaiye personeli tarafından kullanılan hortumlar, B tipi ve C tipi hortum olmak üzere ikiye ayrılmakta olup, Şekil 3.2'de gösterilmiştir. İtfaiyecinin El Kitabı (2017)'e göre, B tipi hortum 75 mm çapında olup, 20 m ile 52 m arasında farklı uzunluklarda üretilir. C tipi hortum ise 42 mm ile 52 mm arasında çap değerine sahip olup, 15 m ile 20 m arasında hortum uzunluklarına sahiptir. Hortumların ucuna takılan lansların da farklı çeşitleri bulunmaktadır.



Şekil 3.2 B ve C tipi yangın hortumları

Şekil 3.3'te gösterilen düz lans, perdeli düz lans ve turbolanslar, itfaiyeler tarafından yangınla mücadele için yaygın olarak kullanılan lans tipleri arasında yer alır. Düz lans ve perdeli düz lansların orifis çapları B tipi ve C tipi hortumlardan hangisiyle birlikte kullanılmak üzere üretildiklerine göre farklılık gösterir. İtfaiyecinin El Kitabı (2017)'e göre B tipi düz lanslar 16 mm ve 22 mm arasında orifis çapına sahip iken, C tipi düz lansların orifis çapları 9 mm ve 12 mm arasındadır. Turbolanslar için doğrudan orifis çapı değeri belirtilmesi mümkün değildir. Turbolanslar da B tipi ve C tipi hortumlar için farklılık göstermekle birlikte kendi içerisinde de kademelere ayrılır. Turbolanslarda doğrudan orifis çapı değeri belirtilmediğinden, bu çalışmada turbolanslar için eşdeğer çap hesabı yapılmıştır. Eşdeğer çap hesabında turbolansların belirli basınç değerlerinde sağladığı su debisi miktarı önemli bir parametre olup, turbolansın yarım açık ve tam açık konumları için farklı eşdeğer çap değerleri ortaya çıkar.



Şekil 3.3 Düz lans, perdeli düz lans ve turbolans

Bu çalışmada eşdeğer çap hesabı yapılmasının temel sebebi, yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, benzer orifis çapına sahip farklı tipteki lanslardan benzer sonuçların elde edildiğinin görülmesidir. Her ne kadar tipleri farklı olsa da bazı açılardan benzer sonuçlar ortaya koyan lanslar için ortak bir sınıflandırma yapıp, farklı lans tipleri için eşdeğer çap tanımı yapılmış ve bu lansların aslında birbirine benzer nitelikte lanslar olduğu gösterilmek istenmiştir. Bu sebeple, her bir lans tipi için eşdeğer çap hesabı yapılmış olup, lansların karşılaştırılması eşdeğer çap ve K_{eff} değeri üzerinden yapılmıştır.

3.3 Binalarda İtfaiye Su Alma Ağız Sistemi Zorunluluğu

Ülkelerin yönetmeliklerinde itfaiye su alma ağız sistemlerinin hangi binalarda tesis edilmesi gerektiği ile ilgili bilgiler yer alır. Türkiye’de geçerli olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY, 2015), itfaiye su alma ağız sistemlerinin tesis edilmesi ile ilgili ayrıntılı bilgiler verir. BYKHY (2015)’e göre; bina yüksekliği 21,5 m’den veya yapı yüksekliği 30,5 m’den fazla olan binalarda, kat alanı 1000 m²’den fazla olan alışveriş merkezleri ile benzeri yerlerde ve alanlarının toplamı 600 m² den büyük olan kapalı otoparklarda itfaiye su alma ağız sistemi tesis edilmek zorundadır. Ayrıca, bina yüksekliğinden ve bina kullanım amacından bağımsız olarak, binaların bir boyutu 60 m’yi geçen katlarda da yine itfaiye su alma ağız tesis edilmesi zorunludur.

Uluslararası geçerliliği kabul gören NFPA 14 (2016)’da, binada yapılması zorunlu olan her bir yangın merdiveninde sabit-boru hortum sistemi kolonu bulunması gerektiği belirtilir. Binanın herhangi bir noktasından en yakındaki 1½” bağlantı çaplı ikinci sınıf hortum bağlantısına ulaşım mesafesi en fazla 39,7 m olabilirken, 2½” bağlantı çaplı birinci sınıf hortum bağlantısına ulaşım mesafesi ise, eğer bina otomatik söndürme sistemi ile korunmuyorsa en fazla 45,7 m, bina otomatik söndürme sistemi ile korunuyor ise en fazla 61 m olabilmektedir.

İngiltere’de geçerli olan BS 9990 (2015) standardına göre, sahanlık vanası olarak adlandırılan itfaiye su alma ağızlarının bina inşaat aşamasında iken de kullanılabilir olması gerektiği belirtilmekte olup, inşaat yüksekliği itfaiye aracının erişim kotundan 11 m yukarıya ulaştığında sahanlık vanaları için kolon çekilmesi ve kolon üzerinde her katta sahanlık vanası yerleşimi yapılması istenir. İnşaat yüksekliği, itfaiye aracı erişim kotundan 50 m yukarıya ulaşana kadar kolon hattının kuru sistem olarak

kullanılmasına izin verilmekte iken, daha yüksek inşaatlarda kolon sistemi ıslak sistem olarak hizmet vermelidir.

3.4 İtfaiye Su Alma Ağı Sisteminin Tasarım Esasları

Sabit-boru hortum sistemlerine hizmet veren yangın pompalarının karakteristiklerini belirlemek için hidrolik hesaplar yapılır. Yönetmelikte veya standartlarda tanımlanan tasarım debisi ve basıncı göz önünde bulundurularak, sulu söndürme sistemindeki en kritik hat için hidrolik hesap yapılır ve sisteme suyu pompalayacak olan yangın pompalarının karakteristikleri ve yangın için rezerv bırakılması gereken su deposu kapasiteleri belirlenir. Sabit-boru hortum sistemlerinin tasarım debisi ve basıncı yönetmeliklerde ve standartlarda değişkenlik gösterir. Tasarım kriterleri belirlenirken öncelikle ülkelerin yönetmeliklerine başvurulur. Yönetmeliklerde yeterli bilgi bulunmaması durumunda uluslararası geçerliliği kabul gören standartlar esas alınır.

3.4.1 Tasarım basıncı ve tasarım debisi

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'e göre, eğitimsiz kişiler tarafından kullanılacak yangın dolapları için 100 l/dk ile 200 l/dk arasında tasarım debisi ve 400 kPa tasarım basıncı tanımlanmıştır. Binadaki yetişmiş yangın söndürme görevlileri tarafından kullanılabilecek olan ve en az 50 mm olan yassı hortumların bağlanabildiği, EN 671-2 (2012) standardına uygun tip yangın dolapları için tasarım debisi 400 l/dk ve tasarım basıncı 400 kPa olarak tanımlanmıştır. İtfaiye personeli tarafından kullanılacak hidrant sistemleri için ise, en az 1900 l/dk tasarım debisi ve 700 kPa tasarım basıncı tanımlanmıştır. BYKHY (2015)'in itfaiye su alma ağı sistemlerini tarif eden bölümlerinde tasarım debisi ve basınç değerleri açıkça tekrar yazılmamış olduğundan, bazı tasarımcılar tarafından NFPA 14 (2016)'da belirtilen tasarım kriterlerinin esas alınması gerektiği iddia edilmektedir.

NFPA 14 (2016)'da birinci sınıf, ikinci sınıf ve üçüncü sınıf yangın dolapları için belirtilen tasarım basıncı değerleri Çizelge 3.1'de özetlenmiştir. Bununla birlikte, ABD'nin bazı eyalet yönetmeliklerinde birinci sınıf hortum bağlantısı için NFPA 14 (2016)'dan farklı tasarım basıncı değerlerinin tarif edilmesi dikkat çekicidir. Örneğin çok yüksek binaların yer aldığı Chicago eyaletinde geçerli yönetmelikte, NFPA 14 (2016)'nın 1993 yılına kadar geçerli olan versiyonundaki 450 kPa değeri halen kullanılmaktadır.

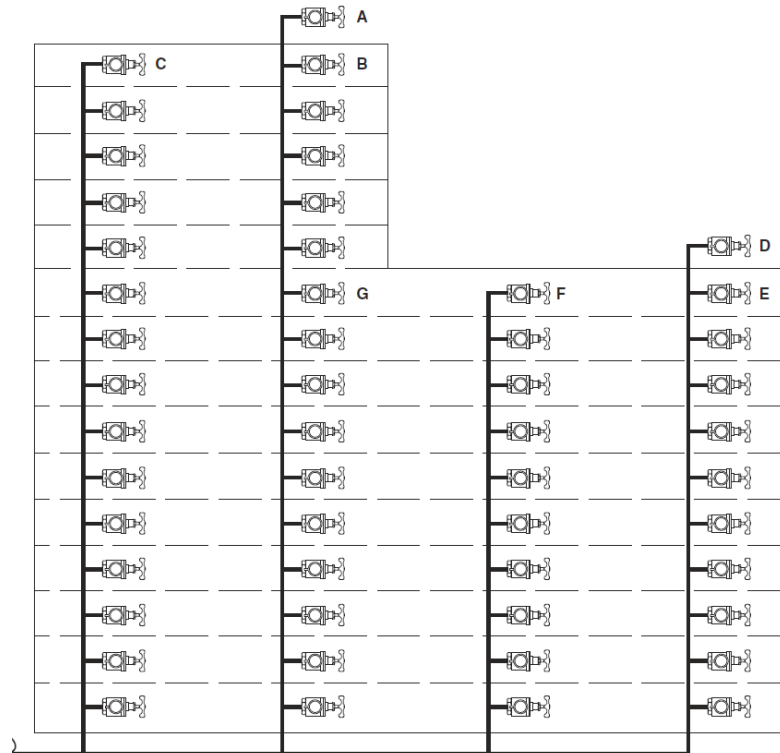
Çizelge 3.1 Hortum bağlantıları için tasarım basınçları (NFPA 14, 2016).

NFPA 14 (2016) Hortum bağlantı sınıfı	Hortum bağlantı çapı	Minimum tasarım basıncı	Maksimum tasarım basıncı	Tasarım debisi
Birinci sınıf	2½"	690 kPa*	1200 kPa**	950 l/dk
İkinci sınıf	1½"	400 kPa	690 kPa	380 l/dk
Üçüncü sınıf	1. ve 2. sınıf sistemlerin birlikte kullanıldığı sistemlerdir.			

* Akış sırasındaki basınç

** Statik basınç

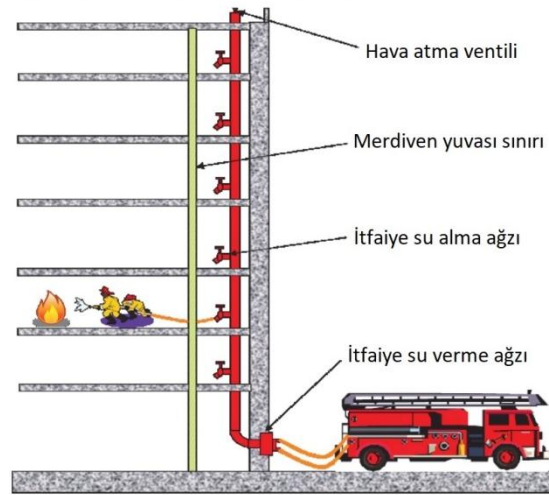
NFPA 14 (2016) standardına göre sabit boru (standpipe) sistemlerinin tasarımındaki su debisi değerleri, en kritik sabit boru sistemi kolonundan 1893 l/dk (Şekil 3.4'te A ve B ile gösterilen bağlantı ağızlarının her birinden yaklaşık 946 l/dk) ve aynı kattaki her ilave kolondan (Şekil 3.4'te C ile gösterilen bağlantı ağızından) yaklaşık 946 l/dk su akışı olacağı esas alınır. Birinci sınıf hortum bağlantısı yapılabilecek en az üç adet kolon bulunan katlarda, en kritik kolonun en üst iki katında birer adet (Şekil 3.4'te D ve E ile gösterilen bağlantı ağızları) ve diğer kolonlardan ikisinin en üst katlarında birer adet olmak üzere (Şekil 3.4'te F ve G ile gösterilen bağlantı ağızları), toplam dört adet birinci sınıf hortum bağlantısının her birinden 946 l/dk ve toplamda 3785 l/dk su akışı olacağı düşünülür.



Şekil 3.4 NFPA 14 (2016)'a göre yapılan birinci sınıf yangın dolapları sistemi tasarımında aynı anda açılması istenen dolap sayısı ve konumları

Herhangi bir katında üç adetten fazla birinci sınıf hortum bağlantısı yapılabilecek kolon bulunan binalarda, birinci sınıf hortum sistemlerinden alınacak su debisinin; yağmurlama sistemi ile korunan binalarda 3785 l/dk ve diğer binalarda 4731 l/dk değerinden fazla olmasına ihtiyaç olmadığı ifade edilir.

İngiltere'deki uygulamalarda binanın herhangi bir katının tabi zemin kotundan yüksekliği 50 m'yi geçmeyen binalarda, kuru borulu itfaiye su alma ağzı sistemine izin verilir. Bu yüksekliğin üzerindeki binalarda ise itfaiye su alma ağzı hattının suyla dolu olarak işletilmesi gerekir. İtfaiye aracındaki pompanın basma yüksekliği yeterli olması halinde, Şekil 3.5'de görüldüğü gibi bina dışından itfaiye su alma ağzına araçtan su verilip katlardaki itfaiye su alma ağzından alınan suyla yangına müdahale edilebilir. Ancak bunun için ilgili sabit boru sistemine su bağlantısı yapılacak itfaiye su verme ağzı ile itfaiye aracının park edebileceği nokta arasında en fazla 18 m mesafe olması gerekir. BS 9990 (2015) standardına göre, ıslak borulu sisteme girişi en fazla 2000 kPa basınçla yapılabilir ve ıslak borulu sisteme bağlı vanalar kapalı konumdayken statik basıncın 1200 kPa değerini geçmemesi gerekir. Çalışma sırasında ise vana ucundaki basınç düşürücülerle basıncın 800 ± 50 kPa değerine ve debinin 750 ± 75 l/dk değerine getirilmesi istenir.



Şekil 3.5 İtfaiye su alma ağzı sisteminin doğrudan itfaiye aracından beslenmesi

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'in hazırlanmasında esas alınan başlıca kaynaklardan olan Singapur Yangın Kodu (2018)'nin güncel versiyonunda, sahanlık vanaları olarak adlandırılan 2½" çaplı yassı hortum bağlantı ağızları tasarım basıncının akış halinde en az 350 kPa ve en fazla 550 kPa olması gerektiği belirtilmektedir.

Farklı yönetmelik ve standartlarda, itfaiye su alma ağız sistemleri için tanımlanan tasarım basıncı ve tasarım debisi değerleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Farklı kaynaklara göre hortum bağlantıları için tasarım kriterleri.

Yönetmelik - Standart	Hortum bağlantı çapı	Minimum tasarım basıncı	Maksimum tasarım basıncı	Tasarım debisi
BYKHY (2015)	2”	400 kPa*	900 kPa*	400 l/dk
TS EN 671-2 (2012)	2”	200 kPa*	1200 kPa**	***
NFPA 14 (2016)	2½”	690 kPa*	1200 kPa**	950 l/dk
BS 9990 (2015)	2½”	800 kPa*	1200 kPa**	750 l/dk
Singapur Yangın Kodu (2018)	2½”	350 kPa*	550 kPa*	750 l/dk

* Akış halindeki basınç

** Statik basınç

*** Akış halinde 2 bar basınçta asgari su atış mesafesi su jeti boşalımında 10 m olmalıdır.

3.4.2 Yangın pompa ihtiyaçlarının belirlenmesi

Binalarda tesis edilen otomatik söndürme sistemi ve elle yangına müdahale sistemlerinin beslemesi için, binada yangın su depoları ve yangın pompa dairesi inşa edilir. Söndürme sisteminin tamamını besleyecek şekilde tasarlanan yangın pompalarının karakteristik özellikleri, söndürme sistemlerinin tasarım kriterleri ile doğrudan ilişkilidir. Söndürme sistemlerinin tasarım kriterleri ise, yönetmelik ve standartlarda farklılık göstermekte olup, tasarım kriterleri açısından ciddi şekilde farklılık gösteren söndürme sistemlerinin başında itfaiye su alma ağız sistemleri gelir.

İtfaiye su alma ağız sistemindeki tasarım kriterlerini daha iyi analiz etmek ve bu tasarım kriterlerinin sistem ekipmanlarını ne şekilde etkilediğini görmek için, konut kullanımındaki tipik bir yüksek bina için boru basınç kaybı hesapları yapılmış ve sistemi besleyen yangın pompaları için ihtiyaç duyulan basınç değeri hesaplanmıştır. Boru basınç kaybı hesabında, NFPA 13 (2019) ve NFPA 14 (2016) göz önünde bulundurulmuş ve NFPA 14 (2016)’da belirtilen tasarım kriterlerini sağlayacak şekilde yangın pompa tasarımı yapabilmek için boru basınç kaybı hesaplarındaki sınır şartları NFPA 14 (2016)’da belirtilen tasarım kriterlerinden alınmıştır. Boru basınç kaybı ve yangın pompası basma yüksekliği hesapları EK A’da yer almaktadır.

3.4.3 Lans eşdeğer çap hesabı (K_{eff} / K-faktörü hesabı)

Sabit boru-hortum sisteminin bir parçası olan lanslar, suya yön vermek ve basınç enerjisini kinetik enerjiye dönüştürmek için kullanılır. Böylece, güvenilir kaynaktan elde edilen su, lans aracılığıyla doğru noktaya yönlendirilerek yangının söndürülmesinde kullanılır. Yangın söndürme sistemlerinde en çok düz lans (“solid stream nozzle”) ve turbolans (“fog nozzle”) kullanılır. Lansın bağlantı ucunun hangi tip hortuma bağlanabildiğine bağlı olarak, B tipi lans ve C tipi lans tarif edilir. Düz lansın ucundan karşıya doğru su atışının yanı sıra itfaiyecinin yakın çevresinde su perdesi oluşturan perdeli lanslardan, aynı çaptaki düz lansa göre daha fazla su akışı elde edilir. Düz lansların yapısı gereği, lans orifis çapları ölçülebilir. En çok kullanılan düz lans tiplerinde; B tipi hortum için lans orifis çapı 16 mm ile 22 mm arasında değişmekte iken, C tipi hortum için lans orifis çapı 9 mm ile 12 mm arasında değişir.

Lans çıkış çapları bilindiğinde, lans çıkışındaki su hızı, lansın neden olduğu tepki kuvveti gibi parametreler kolayca hesaplanabilir. Ancak, turbolanslar için bu durum geçerli değildir. Turbolansların yapısı gereği, lans çıkışındaki orifis çapı doğrudan ölçülemediği için eşdeğer hidrolik çap hesabı yapılması gerekir. Crapo (2017)’de, turbolanslarda eşdeğer çapı belirlemek için kullanılan ve Freeman bağıntısı olarak adlandırılan aşağıdaki bağıntı tarif edilmiştir.

$$D_e = \sqrt{\frac{Q}{0,321 \times C_{ak} \times \sqrt{P}}} \quad (3.1)$$

Burada;

D_e : Lans eşdeğer çap (mm)

Q : Su debisi (l/dk)

C_{ak} : Akış katsayısı

P : Lans giriş basıncı (Pa)

olmaktadır. Denklemden kullanılan 0,321 sayısı birimli sayı olup, birimi $(mm/\sqrt[4]{kg})^2$ olmaktadır. Freeman bağıntısı vasıtasıyla turbolanslar için de eşdeğer çap kabulü yapılabilir ve turbolanslarda su çıkış hızları ve tepki kuvvetleri hesaplanabilir. Crapo (2017)’de, lans tiplerine göre akış katsayısı değerleri belirtilmiş olup, Çizelge 3.3’te

verilmiştir. Bu tabloya göre Freeman bağıntısında yer alan akış katsayısı değeri lans tipine göre değişkenlik gösterirken, turbolanslar için bu değer 0,997 alınabilir.

Çizelge 3. 3 Lans tiplerine göre akış katsayıları (Crapo, 2017).

Ekipman	Akış Katsayısı (C)
Sprinkler, ½”	0,75
Sprinkler, 17/32”	0,95
Düz lans	0,96 – 0,98
Turbolans	0,997

Turbolanslar da düz lanslara benzer şekilde bağlantı yapılabilen hortum tipine göre B tipi ve C tipi turbolans şeklinde adlandırılır. Vanalı düz lanslarda küresel vanaya benzer bir prensiple debi ayarı yapılabilirken, turbolanlarda, lans çıkışındaki açıklık miktarının daha kullanışlı bir şekilde değiştirilebilmesini sağlayan mekanizmalar bulunur. Dirsekli veya düz tipleri bulunan turbolanlarda bu mekanizmanın hangi konuma ayarlandığına bağlı olarak eşdeğer çap değişir. Böylece, turbolansın yarı açık ve tam açık konumları için aynı lans giriş basıncında farklı su debileri, su atış mesafeleri ve lans tepki kuvvetleri elde edilir. Özellikle yangına müdahale sırasında, turbolansı kullanacak olan itfaiye personeli lans konumunu değiştirerek, kendisine etkiyen tepki kuvvetini azaltabilir.

3.4.4 Lans tepki kuvvetleri

Newton’un etki tepki yasasına göre, her kuvvete karşılık her zaman eşit ve ters yönde bir tepki kuvveti vardır. İtfaiye personelinin yangını söndürme amacıyla kullandığı hortum ve lansın da, su akışı sırasında meydana gelen kuvvete eşit ve ters yönde tepki kuvveti olur. Lansta meydana gelen bu tepki kuvvetine lans tepki kuvveti denir. Sistem tasarımında, su debisi ve su atış mesafesi kadar lans tepki kuvveti de önemli bir parametredir. Lans tepki kuvvetleri ölçülebilir bir büyüklük değildir, lans giriş basıncı ve su debisi miktarıyla doğrudan ilişkili bir büyüklük olup, ölçümler sırasında elde edilen basınç ve debi değerleri ve lans orifis çapı değeri kullanılarak lans tepki kuvvetleri hesaplanır.

Lans giriş basıncı ve su debisi arttığında, lans tepki kuvveti de doğal olarak artar. Bu sebeple, tasarım esasları belirlenirken, tasarım basıncı ve tasarım debisini tek başına düşünmemek, lans tepki kuvvetlerini de göz önünde bulundurmak elzemdir. Lans

tepki kuvvetlerinin nasıl hesaplanacağı ile ilgili NFPA FPH (2008)'de ayrıntılı bilgiler ve bağıntılar yer alır. Bahsi geçen bağıntılar, (2.1) ve (2.2) numaralı denklemler ile verilmiştir. Bu denklemler kullanılarak düz lans ve turbolanslarda meydana gelen tepki kuvvetleri hesaplanabilir.

NFPA FPH (2008)'de yer alan bağıntılar kullanılarak hesaplanan lans tepki kuvvetine bağlı olarak, yangın söndürme işlemi sırasında kaç itfaiye personelinin yangın hortumunu ve lansı tutması gerektiği hesaplanabilir. Lans tepki kuvvetlerinin itfaiye personeli üzerindeki etkisi konusunda Grimwood (1992) tarafından kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Grimwood (1992) yaptığı çalışmada farklı lans çıkış orifis çaplarına sahip düz lanslarda, farklı basınç ve debilerde ölçümler yaparak, farklı sayıdaki itfaiye personelinin kavrayabileceği lans tepki kuvvetlerini belirlemiştir. Grimwood (1992)'de, lans çıkış orifis çapı 12,5 mm, 20 mm ve 25 mm olan farklı düz lanslarda ölçümler yapmış, Çizelge 3.4'te, farklı çıkış orifis çapına sahip düz lanslar için elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Farklı orifis çapında lans tepki kuvveti ölçümleri, (Grimwood, 1992).

Lans Çıkış Çapı (mm)	Lans Giriş Basıncı (kPa)	Su Debisi (l/dk)	İhtiyaç Duyulan İtfaiyeci Sayısı
12,5	960	324	1
	1280	375	2
	1600	419	3
20	450	568	1
	600	656	2
	750	734	3
25	240	650	1
	320	750	2
	400	838	3

Grimwood (1992)'e göre bir itfaiyecinin kavrayabileceği en yüksek lans tepki kuvveti yaklaşık 265 N, iki itfaiyecinin kavrayabileceği en yüksek lans tepki kuvveti 330 N ve üç itfaiyecinin kavrayabileceği en yüksek lans tepki kuvveti ise 420 N olarak belirtilmiştir.

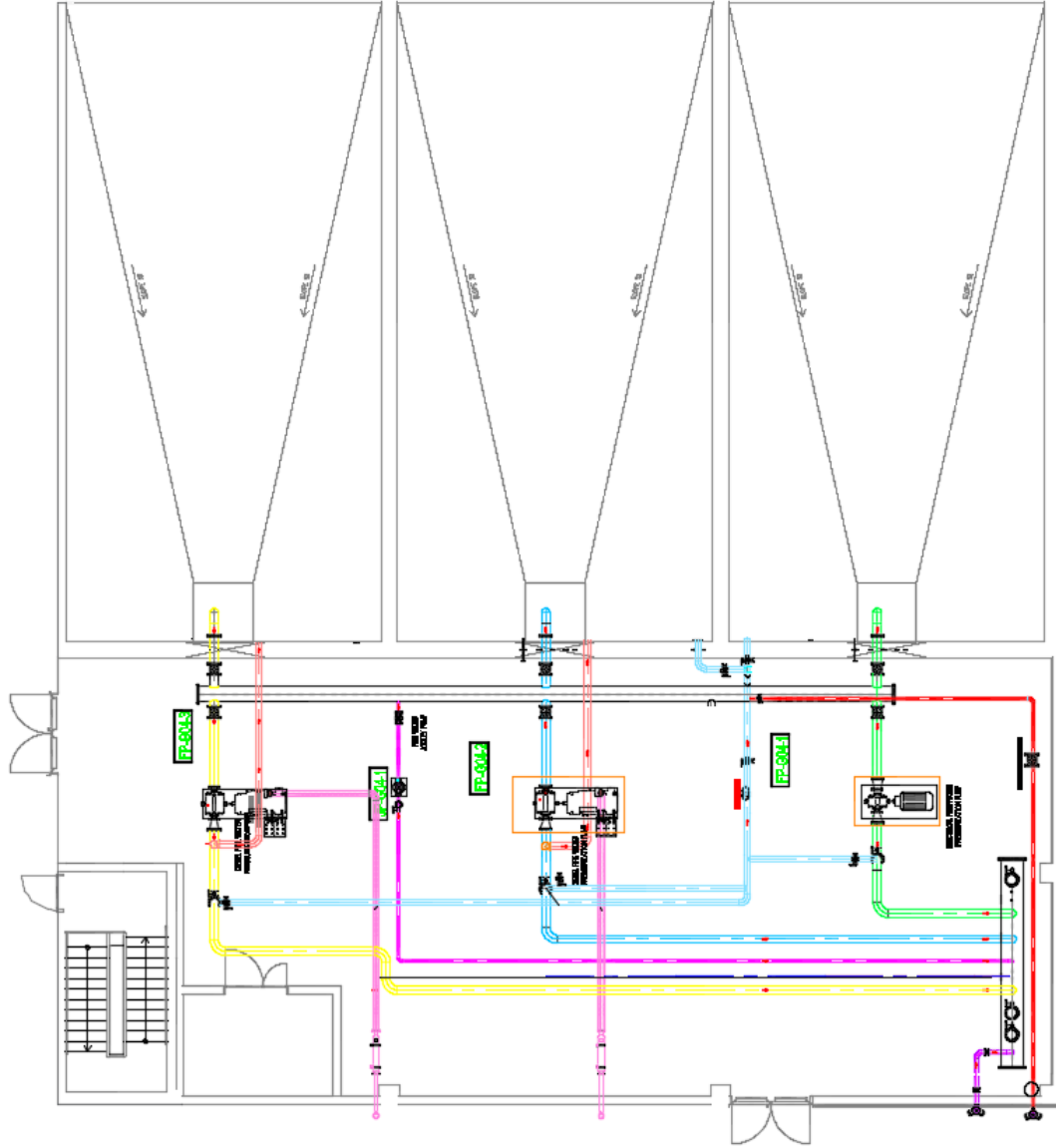
4. SAHA TESTLERİ VE SONUÇLAR

Bu çalışmanın amaçlarından biri, otel, ofis, konut, hastane vb. orta tehlike sınıfındaki yüksek binalarda tesis edilen itfaiye su alma ağzına bağlanacak hortumdan 400 kPa mertebesindeki bir giriş basıncı ile ne kadar su akışı sağlanabildiğinin, hangi mesafeye kadar suyun ulaştırabildiğinin ve söndürme işlemi sırasında yetişmiş personele etki eden kuvvetlerin değerlendirilmesidir. Deneysel çalışmalar kapsamında, farklı tipte hortum ve lans orifis çaplarında basınç ve debi değerleri ölçümleri yapılmış, su atış mesafeleri ve lans tepki kuvvetleri de göz önünde bulundurularak değerlendirmeler yapılmıştır.

Deneysel çalışmalar için 2018 yılında İşletmeye açılan İstanbul Yeni Havalimanı kampüsüne hizmet veren yangın pompa dairesi kullanılmış ve pompa dairesindeki elektrik motor tahrikli yangın pompasının test hattına ilave bir bağlantı yapılarak normalde kapalı konumda vana ile itfaiye su alma ağzına bağlanan ilave bir tesisat çekilmiştir. Deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği yangın pompa dairesine ait fotoğraf Şekil 4.1’de, pompa dairesi planı ise Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1 İstanbul Havalimanı kampüsü yangın pompa dairesi



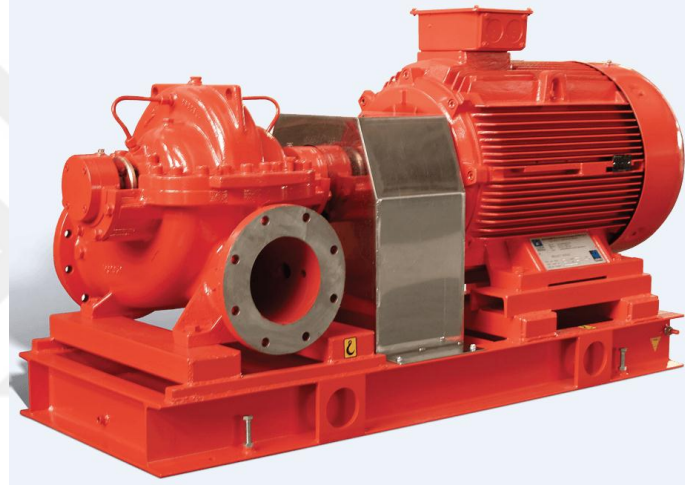
Şekil 4.2 Yangın pompa dairesi plan görünümü

4.1 Testlerde Kullanılan Yangın Pompası

Deneyisel çalışmalar, İstanbul Havalimanı kampüsünde yer alan yangın pompa dairesinde gerçekleştirilmiştir. Yangın pompa dairesi, kampüs içerisinde müstakil bir yapı olarak inşa edilmiş olup, yapının önünde deneyisel çalışmaların yapılabilmesi için geniş arazi bulunmaktadır.

Deneyisel çalışmalarda, İstanbul Havalimanı kampüsünde yer alan binalara da hizmet veren ana yangın pompalarından yararlanılmıştır. Yangın pompa dairesinde toplamda üç adet ana yangın pompası ve bir adet jokey pompa bulunmaktadır. Ana yangın pompaları yatay bölünebilir gövdeli tip pompa olup, sistemde iki adet dizel motor tahrikli yangın pompası ve bir adet elektrik motor tahrikli yangın pompası

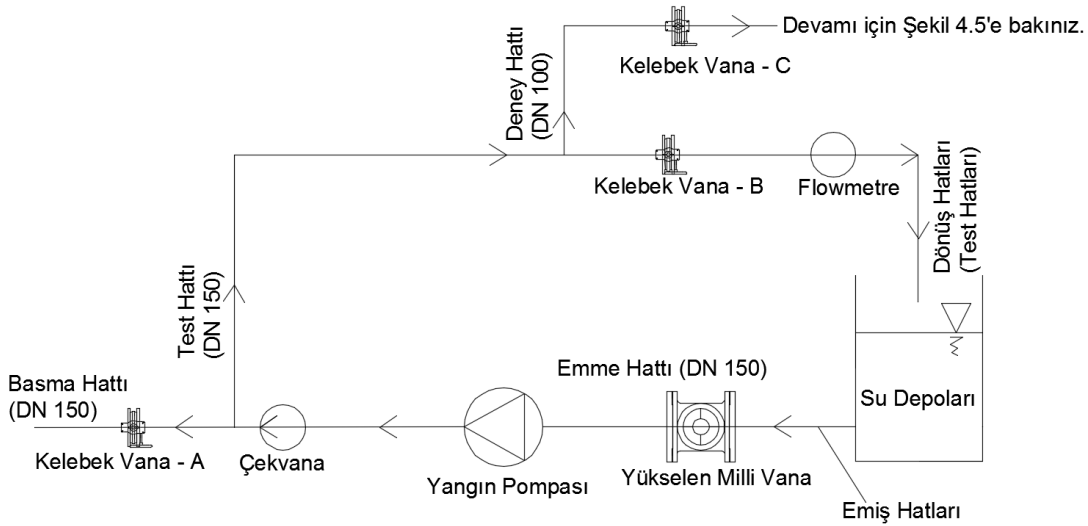
kullanılmıştır. Elektrik motor tahrikli yangın pompası görseli Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Ana yangın pompalarının her biri 284 m³/h nominal debi ve 950 kPa nominal basınç özelliklerindedir. Yangın pompalarının kapalı vana çalışma basınçları 1030 kPa iken, %150 debideki çalışma basınçları ise 860 kPa'dır. Deneysel çalışmalarda sadece elektrik motor tahrikli yangın pompası kullanılmış olup, ölçümlerin yapıldığı hat üzerinde deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere tesis edilmiş ayrı bir basınç düşürücü olduğu için, pompaların karakteristik eğrisinin bu çalışmada elde edilen deney sonuçlarına doğrudan bir etkisinin bulunmadığı söylenebilir. Yangın pompalarını besleyen ana yangın su depoları ise toplamda üç adet olup, her bir su deposu 500 ton kapasitelidir.



Şekil 4.3 Elektrik motor tahrikli yangın pompası

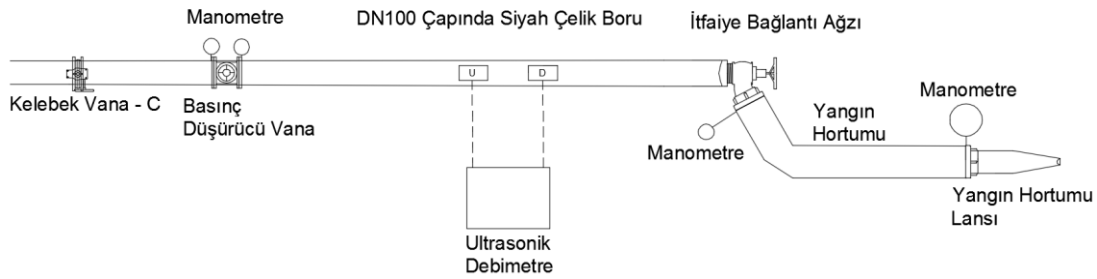
4.2 Testlerde Kullanılan Diğer Ekipmanlar

Genel olarak herhangi bir yangın pompasının yıllık performans testlerini yapmak için ayrı bir test hattı çekilir ve bu hattı sadece yıllık performans testleri sırasında kullanmak üzere, test öncesinde normalde kapalı vanaları açılır. Testler sırasında en az 10 dakika boyunca yüksek debide su akışı söz konusu olduğundan, bu su yangın suyu depolarına geri basılarak su sarfıyatı önlenir. Bu çalışma kapsamındaki deneyler için, Şekil 4.4'te görüldüğü üzere, elektrikli yangın pompası test hattının su deposuna dönüş hattına ikinci bir mekanik Te konularak, suyun depoya değil, normalde kapalı bir başka vana ile deneylerde kullanılmak için tesis edilen itfaiye su alma ağzı hattına yönlendirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.4 Deneyde kullanılan yangın pompası hat şeması

Şekil 4.5'te görüleceği üzere, hat üzerine sırasıyla izlenebilir kelebek vana, basınç düşürücü vana, ultrasonik debimetre (dışarıdan bağlanacak şekilde) ve itfaiye su alma ağzı yerleştirilmiş ve farklı tipte yangın hortumu ve lanslar kullanılarak testler yapılmıştır. Deneysel çalışmalar için Şekil 4.4'teki Kelebek Vana – C'den Şekil 4.5'teki itfaiye bağlantı ağzına kadar uzunluğu yaklaşık 30 m olan DN100 çapındaki düz siyah çelik boru tesis edilmiştir.



Şekil 4.5 Deney tesisatı ve ekipmanlar

Ana yangın pompalarının yıllık performans testleri yapılırken, deney hattı üzerinde yer alan kelebek vana kapalı konumda kalmaya devam eder ve yangın pompa testleri sırasında akış halindeki suyun doğrudan su depolarına verilmesi sağlanır. Deneysel çalışmalar yapılırken ise, deney hattı üzerindeki kelebek vana açılmış ve su depolarına giden hatlar üzerindeki kelebek vanalar kapalı konumda tutulmuştur. Böylece, yangın pompasından sağlanan basınçlı su doğrudan deney hattı üzerinden geçirilerek deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deney hattı çapı DN100 olması sebebiyle, hat üzerinde kullanılan kelebek vana çapı da DN100 seçilmiştir.

Kelebek vanadan sonra hat üzerinde, hem statik hem de dinamik halde basınç düşümü yapabilen bir basınç düşürücü vana yerleşimi yapılmıştır. Basınç düşürücü vananın çıkış basıncı elle değiştirilerek farklı basınçlardaki su debisi ve su atış mesafesi ölçümleri yapılmış ve lans tepki kuvvetleri hesaplanmıştır. Basınç düşürücü vananın giriş ve çıkışında manometre de bulunmaktadır. Böylece, basınç düşürücü vananın giriş ve çıkış tarafındaki basınçlar ayrı ayrı gözlemlenmiştir. Basınç düşürücü vana gövdesinin arka kısmında yer alan vida çevrilmek suretiyle, vana çıkışındaki basınç istenen değere ayarlanabilmektedir.

Deneysel çalışmalar kapsamında, 100 kPa ila 900 kPa arasındaki çeşitli basınç değerleri için (her deneyde 100 kPa artış ayarlanmaya çalışılmıştır) su atış mesafeleri ile su debileri ölçülerek lans tepki kuvvetleri hesaplanmıştır.

Boru hattı üzerine dışarıdan monte edilen ultrasonik debimetre ile boru içinden geçen su debisinin sağlıklı olarak ölçülebilmesi için, debimetreden önce en az 25 çap uzunluğunda ve debimetreden sonra en az beş çap uzunluğunda olmak üzere, toplamda en az otuz çap uzunluğunda düz boru tesis edilmiştir.

Deneysel çalışma için tesis edilen sabit boru hattının ucunda yer alan itfaiye su alma ağzının dişli bağlantı ağzına adaptör takılmıştır. Böylece Türkiye'deki itfaiyelerde kullanılan ve dişli bağlantıya göre daha hızlı hortum eklenmesini ve çıkarılmasını sağlayan geçmeli tip Storz bağlantı ile hortum bağlanması sağlanmıştır. İtfaiye bağlantı ağzı ve adaptör çıkış çapları 2½" olup, bu değer doğrudan B tipi yangın hortumlarını bağlamak için uygundur. İtfaiye bağlantı ağzına C tipi yangın hortumu bağlanmak istendiğinde ise, hortum bağlantısından önce 2½" x 2" ara rakor bağlantısı yapılarak, 2" çaplı C tipi yangın hortumu montajına uygun hale getirilir.

Yangın hortumu bağlantısından sonra, yangın hortumu tipine bağlı olarak farklı orifis çaplarına sahip lanslar kullanılır. Bu çalışmada kullanılan lanslar ayrıca kendi içerisinde düz lans ve turbolans olarak da ayrılmakta olup, her iki lans tipi için elde edilen su debileri, su atış mesafeleri ve lans tepki kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca turbolansın ucundaki ayar kolu ile lans içindeki su geçiş açıklığı ara değere getirilmek suretiyle, aynı lans ile farklı açıklıkta deneyler de yapılmıştır.

4.3 Ölçüm Aletleri ve Kalibrasyon

Deneyisel çalışmalar sırasında; su debisi ve su atış mesafesini ölçebilmek ve lans tepki kuvvetlerini hesaplayabilmek için farklı ölçüm aletlerinden yararlanılmıştır.

Boru içerisinden akan suyun debisini ölçebilmek için ultrasonik debimetre kullanılmış ve bu cihaza ait sensörlerin yerleştirildiği noktalarda, borunun dış kısmındaki boya kaplamaları kazınarak temiz bir yüzey oluşturulmuştur. Ultrasonik debimetre ile daha hassas ölçüm alabilmek için, DN100 çapındaki borular için önerilen V tipi sensör yerleşimi yapılmıştır. Bu işlem yapılırken, akışkanın tipi, siyah çelik borunun dış çapı, boru et kalınlığı, boru malzemesi, iç kaplama olup olmadığı ve sensör montaj metodu (V tipi montaj) bilgileri cihaza girilmiş ve bu parametrelere bağlı olarak iki sensör arasındaki mesafe bilgisi cihazdan okunmuştur. Sensör yerleşimi mesafelere uygun şekilde yapıldıktan sonra, sinyal kalitesi, montaj tipi uygunluğu, ölçüm hassasiyeti gibi bilgiler cihaz üzerinden kontrol edilmiş ve sağlıklı bir ölçüm yapılmakta olduğunu gösteren değerler okunmuştur. Ultrasonik debimetre kalibrasyonları saha testlerinden önce yapılmış olup, kalibrasyon ölçümlerinde %0,7 oranında ölçüm belirsizliği saptanmıştır. Saha testlerinde elde edilen su debisi ölçümlerinde ölçüm belirsizliği de göz önünde bulundurulmuştur.

Su basıncı ölçümleri Şekil 4.6’da görülen tip manometrelerle yapılmıştır. Şekil 4.6’da fotoğrafı verilen ölçüm aparatları, yapılan tüm deneylerde, hortum bağlantısının hem itfaiye su alma ağzına bağlanan ucuna hem de lansa bağlanan ucuna takılmış ve böylece her bir deneyde hortum giriş ve çıkışındaki basınç değerleri kaydedilmiştir.

Hat üzerinde yer alan basınç düşürücü vananın giriş ve çıkışında, itfaiye su alma ağzı ile yangın hortumu bağlantısı arasında ve yangın hortumu ile lans arasında manometre kullanılmıştır. Manometreler, basınç düşürücü vananın giriş ve çıkışında yer alan basınç prizlerinde kullanılmakta iken, bağlantı ağzı ile yangın hortumu ve yangın hortumu ile lans arasındaki manometre yerleşimi için ara bağlantı elemanı kullanılmıştır. Ara bağlantı elemanının her iki tarafında da storz bağlantı kullanılmakta olup, ara bağlantı elemanın üzerinde ayrıca basınç prizi bırakılmış ve manometreler de bu basınç prizlerine yerleştirilmiştir.



Şekil 4.6 Basınç-ölçer ara bağlantı elemanı

Manometreler de, ultrasonik debimetrede olduğu gibi, saha testlerinden önce kalibre edilmiştir. Kalibrasyon ölçümleri sırasında manometrelerde tespit edilen ölçüm belirsizliği $\pm 0,15$ bar mertebesinde çıkmıştır. Manometrelerin ölçüm hassasiyetleri ise 20 kPa mertebesinde dir. Manometrelerden okunan basınç değerlerinde ölçüm belirsizliği de göz önüne alınmıştır.

Su atış mesafesi ölçümleri için ise lazermetre kullanılmıştır. Lazer ışığını kullanarak ölçüm yapan lazermetre, lans ucu ile lans ucundan akan suyun ulaştığı son nokta arasındaki mesafeyi ölçmek için kullanılmıştır. Lazermetrenin kalibrasyonu, basit bir cetvel kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, ölçüm belirsizliği $\pm 0,1$ m mertebesinde olmaktadır. Lazermetrenin ölçüm hassasiyeti ise 0,01 m'dir. Su atış mesafesi ölçümlerinde ölçüm belirsizliği de göz önünde bulundurularak ölçüm yapılmıştır.

4.4 Test Prosedürü, Grupları ve Sonuçları

Deneysel çalışmalar üç farklı test grubuna ayrılmakta olup, ilk iki test grubunda sırasıyla su debisi ve su atış mesafesi ölçülmüş ve üçüncü test grubunda lans tepki kuvvetleri hesaplanmıştır. Testler sırasında İstanbul Havalimanı İtfaiye Ekibinden (ARFF) iki itfaiye personeli testlere iştirak etmiş ve yangın hortumu ve lansları kullanarak ölçümlerin gerçekleştirilmesine yardımcı olmuşlardır. İtfaiye personelleri görev sırasında, itfaiyeci kıyafetlerini giyerek testleri gerçekleştirmişlerdir. İtfaiyeci kıyafetleri; pantolon, ceket, eldiven, çizme ve çeneden bağlamalı baret ekipmanından oluşmakta ve kıyafetin toplam ağırlığı (pantolon 1,4 kg, ceket 1,8 kg, eldiven 273 gr, çizme 2,8 kg ve çeneden bağlamalı baret 475 gr) 6,848 kg olmaktadır.

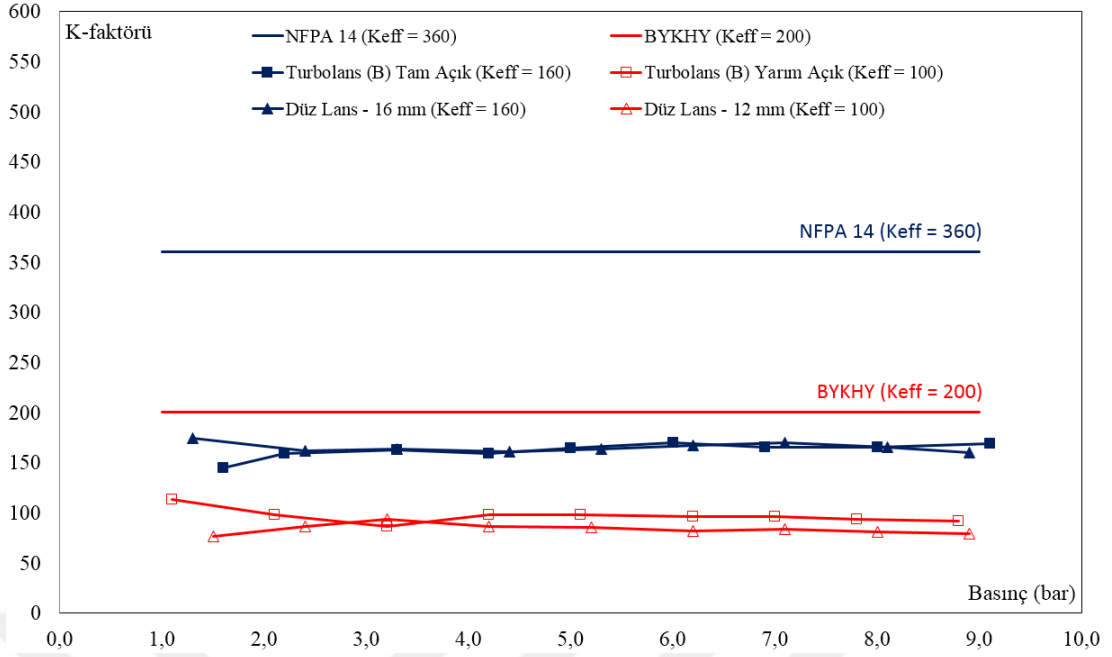


Şekil 4.7 Testler sırasında hortumu tutan itfaiye personelleri

Test gruplarındaki ölçümlerde farklı tipte hortum ve lanslar kullanılmış olup, ekipmanların sonuçlara etkisi de irdelenmiştir. Çalışmalar sırasında toplamda dört farklı hortum tipi ve dört farklı lans tipi kullanılmıştır. Kullanılan ekipmanlar şu şekildedir:

- B tipi (110 luk hortum) 20 m uzunluk
- B tipi (110 luk hortum) 40 m uzunluk
- C tipi (85 lik hortum) 20 m uzunluk
- C tipi (85 lik hortum) 40 m uzunluk
- Düz Lans (16 mm)
- Turbolans (B) Yarım Açık
- Turbolans (B) Tam Açık
- Düz lans (12 mm)

Deneyisel çalışmalarda kullanılan turbolans ve düz lansları kıyaslayabilmek ve lanslar hakkında daha iyi fikir sahibi olabilmek için, lanslar için K_{eff} (Efektif K-faktörü) değerleri tanımlanmıştır. K_{eff} değeri, özellikle düz lansların orifis çaplarıyla ve hem düz lans hem de turbolanstan elde edilebilecek en fazla su debisi miktarıyla doğrudan ilişkilidir. Lansları kullanılarak yapılan ölçümlerde, her bir basınç değeri için elde edilen su debisi değerleri göz önünde bulundurularak K_{eff} değerleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda, BYKHY (2015)'te ve NFPA 14 (2016)'da yer alan tasarım kriterlerini karşılayacak lanslar için K_{eff} değerleri hesaplanmış olup, sonuçlar Şekil 4.8'de yer almaktadır.



Şekil 4.8 Lans tipleri için K_{eff} değerleri

Lanslar için hesaplanan K_{eff} değerlerine bakıldığında, turbolans yarı açık konumda kullanılan turbolans (B) ile C tipi düz lansın (12 mm) K_{eff} değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu lanslar için K_{eff} değeri yaklaşık $100 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ kabul edilebilir. Turbolans tam açık konumda turbolans (B) ve B tipi düz lansın (16 mm) da kendi içerisinde K_{eff} değerleri birbirine çok yakın olup, bu lanslar için K_{eff} değeri ise yaklaşık $160 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ olmaktadır. BYKHY (2015)'de yetişmiş söndürme görevlisinin kullanacağı TS EN 671-2 standardına uygun yangın dolapları için belirtilen 400 kPa ve 400 l/dk tasarım kriterlerini karşılayacak lansın K_{eff} değeri yaklaşık $200 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ olmaktadır. NFPA 14 (2016)'da belirtilen 690 kPa ve 950 l/dk tasarım kriterleri için ihtiyaç duyulan lansın K_{eff} değeri ise yaklaşık $360 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ olmaktadır.

Lans K-faktörlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, otomatik söndürme sistemi olarak kullanılan yağmurlama başlıklarının K-faktörleri ile karşılaştırılmasında yarar vardır. Buna göre, NFPA 14 (2016)'nın talep ettiği tasarım kriterlerini sağlayacak lanslardan beklenen K-faktörü değeri yaklaşık $360 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ olup, söndürme amaçlı kullanılan ESFR (Early Suppression Fast Response) K360 yağmurlama başlığı ile eşdeğer orifis çapına sahip olacaktır. NFPA 13 (2019)'a göre ESFR K360 yağmurlama başlıkları, yüksek depolama yapılan depo binalarında tesis edilen başlıklar olup, yangını söndürmesi beklenen başlıklardır. Bu başlıklar için tasarım kriterleri belirlenirken depolanan malzemenin yanıcılık sınıfı göz önünde bulundurulmakta, en tehlike sınıfı olarak adlandırılan genleşebilen plastik malzeme depolamasında dahi

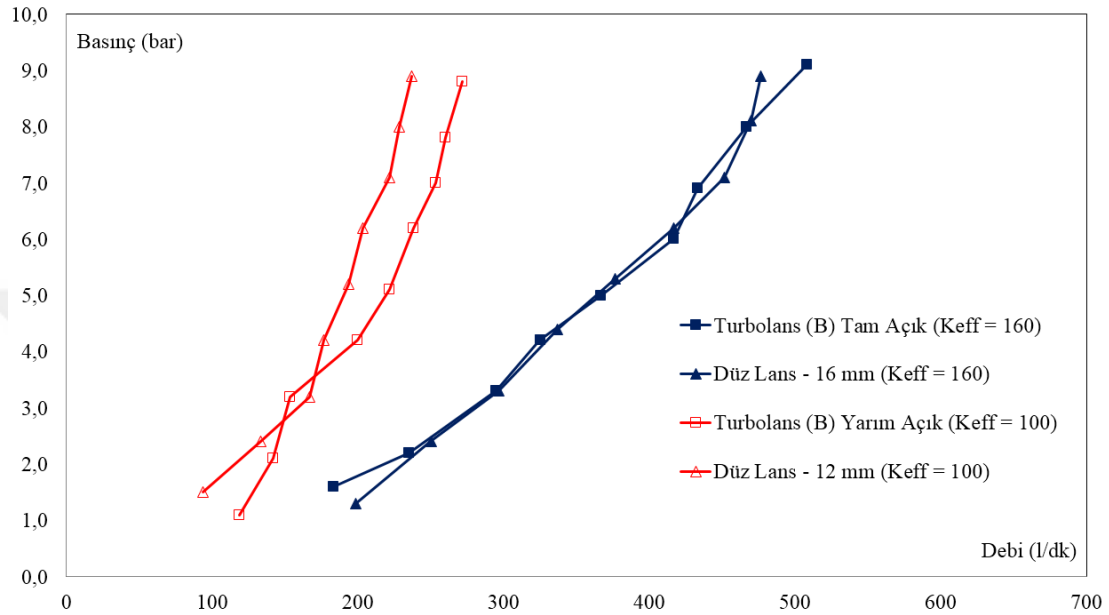
ESFR K360 sprinkler başlıktan beklenen tasarım basıncı 400 kPa değerini geçmemektedir. Buna rağmen NFPA 14 (2016)'da aynı K-faktörüne sahip lanslarda istenilen tasarım basıncı ise 690 kPa olup, bu değer ne denli yüksek bir basınç olduğu, yağmurlama başlığı ile yapılan karşılaştırmadan rahatlıkla söylenebilir. BYKHY (2016)'da yetişmiş söndürme görevlisinin kullanması için tesis edilen yangın dolapları için belirtilen tasarım kriterlerini sağlayacak lanslardan beklenen K-faktörü değeri yaklaşık $200 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ olup, yine söndürme amaçlı kullanılan ESFR K200 yağmurlama başlığı ile eşdeğer orifis çapına sahip olacaktır. NFPA 13 (2019)'a göre ESFR K200 yağmurlama başlıkları da, yine yüksek depolama yapılan depo binalarında tesis edilen başlıklar olup, yangını söndürmesi beklenen başlıklardır. ESFR K200 yağmurlama başlıklarının kullanılacağı söndürme sistemi çözümlerinde, bu başlıklardan beklenen tasarım basıncı depolanan malzemenin yanıcılık sınıfına göre değişmekte olup, ortalamada başlıktaki tasarım basınçları 400 kPa değerinde olmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere, BYKHY (2015)'de belirtilen tasarım basıncı, yangını söndürmek amacıyla tesis edilen ve aynı K-faktörüne sahip olan yağmurlama başlıklarında beklenen tasarım basınçları ile uyumlu ve makul bir yaklaşımdır.

Deneyisel çalışmalarda kullanılan lansların K-faktörü değerlerine bakıldığında, itfaiye mevcutta bulunan ve en yüksek debinin elde edildiği düz lans (16 mm) ve turbolans (B) tam açık konumunda bile K-faktörü yaklaşık $160 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ olup, BYKHY (2015)'in talep ettiği tasarım kriterleri halen güvenli tarafta kalmaktadır. Bu lanslar ile eşdeğer orifis çapına sahip olan yağmurlama başlıkları ise, yangını kontrol altına almak amacıyla kullanılan CMDA (Control Mode Density Area) K160 başlıklardır. Daha düşük debi elde edilen düz lans (12 mm) ve turbolans (B) yarım açık konumunda K-faktörü yaklaşık $100 \text{ l/dk/(bar)}^{1/2}$ olmaktadır. Bu lanslar ile eşdeğer orifis çapına sahip olan yağmurlama başlıkları ise, yine yangını kontrol altına almak amacıyla kullanılan CMDA K80 – K115 başlıklardır.

Deneyisel çalışmalar kapsamında yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçları gösteren grafiklerde, lansların yanında yukarıda tariflenen K_{eff} değeri de yazılı olup, hangi tip lansların birbiriyle eşdeğer olduğu K_{eff} değerlerinden daha iyi anlaşılabilir.

4.4.1 Birinci test grubu ve sonuçları: Su debisi ölçümleri

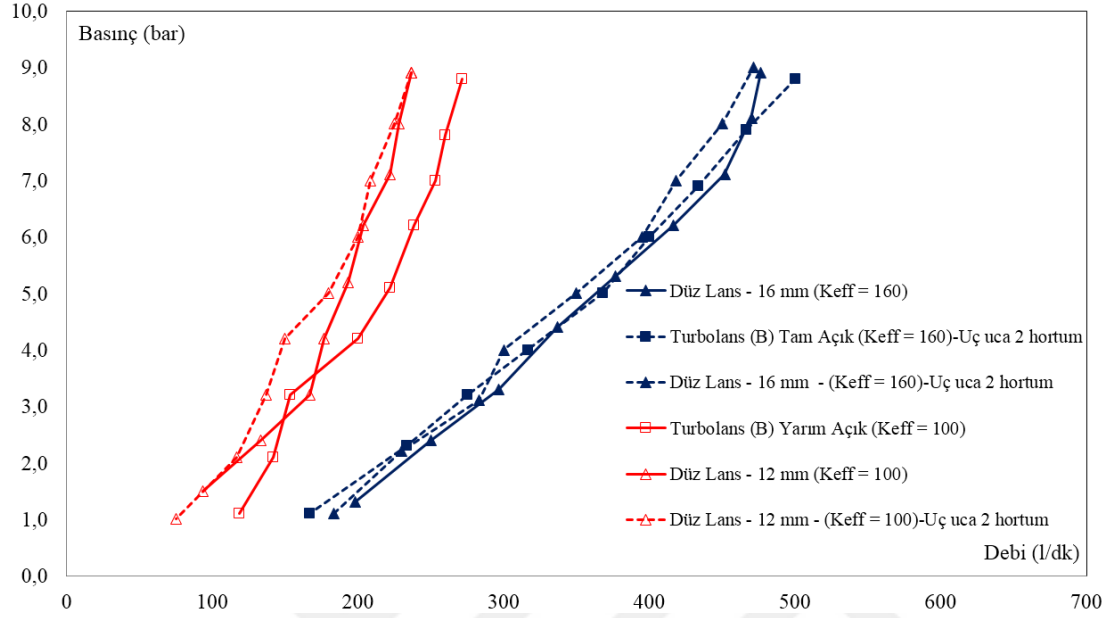
Birinci test grubunda su debisi ölçümleri yapılmıştır. Bu test grubunda, farklı hortum ve lans tipleri için su debisi ölçümleri kaydedilmiş ve grafikler halinde paylaşılmıştır. İlk olarak K_{eff} değerleri farklı olan lans tipleri için farklı basınçlarda su debileri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.9’da paylaşılmıştır.



Şekil 4.9 Farklı lans tiplerinden elde edilen su debileri

Su debisinin elde edilmesinde lans tiplerinin de etkisi oldukça büyüktür. Su debisi ölçümleri sırasında K_{eff} değeri 100 ve 160 olan turbolans ve düz lanslar kullanılmıştır. Lansların K_{eff} değerleri ile doğrudan ilişkili olan su debilerinde, K_{eff} değeri daha büyük olan lanslardan elde edilen su debilerinin K_{eff} değeri daha küçük olan lanslardan elde edilen su debilerinden daha fazla olduğu net bir şekilde görülmektedir. Su debilerinin arasındaki oran aynı zamanda K_{eff} değerleri arasındaki orana eşit olmaktadır. İki farklı lans tiplerinin K_{eff} değerleri arasında %60 oranında bir fark bulunmakta iken, her iki lans tipinden elde edilen su debileri arasındaki fark da yine %60 oranındadır. Bu durumun da temel sebebi, lanslar için K_{eff} değerleri hesaplanırken debi değerinin, lans giriş basıncının kareköküne bölünerek elde edilmesi ve su debisi ile K_{eff} değerinin üstel ifade olmadan birbiriyle doğru orantılı artıp azalmasıdır. Aynı hortum uzunluğu, aynı hortum tipi ve aynı K_{eff} değerine sahip B tipi 20 m yangın hortumu ve düz lans (16 mm) ile B tipi 20 m yangın hortumu ve turbolans (B) tam açık konumda kullanılarak elde edilen su debileri birbirine çok yakın elde edilmekte, aradaki küçük farkların ana sebebi ölçüm aletlerindeki ölçüm belirsizliklerinden kaynaklanmaktadır.

Su debisi ölçümleri kapsamında, B tipi ve C tipi hortumların uç uca iki hortum eklenmesi durumu da test edilmiş olup, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 B ve C tipi hortumlardan elde edilen su debileri

Farklı hortum uzunluklarını da karşılaştırmak için yapılan su debisi ölçümlerinde, bir önceki grafiğe benzer şekilde iki farklı grup eğri ortaya çıkmaktadır. Düşük su debilerine sahip olan birinci grup eğride kullanılan lansların K_{eff} değerleri birbirleriyle aynı olup, daha yüksek su debilerine sahip ikinci grup eğride kullanılan ve aynı K_{eff} değerlerine sahip lanslardan daha düşüktür. Aynı K_{eff} değerine sahip lanslar kullanılan iki farklı hortum uzunluklarından elde edilen sonuçlar birbirine çok yakın çıkmakta olup, yangın hortumu uzunluğunun elde edilen su debisine etkisinin çok düşük olduğu ortaya konmaktadır.

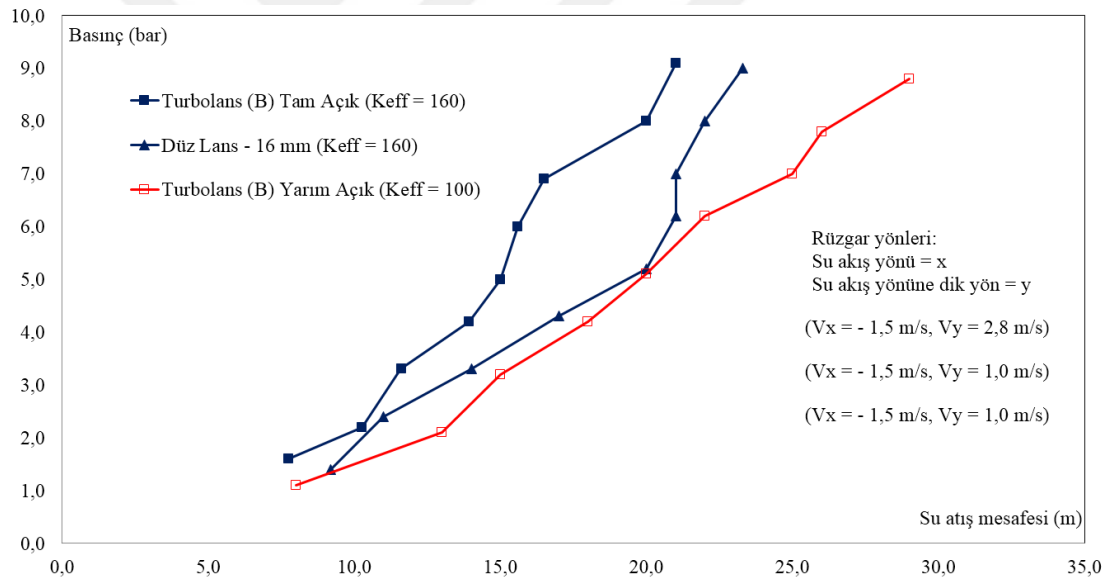
Su debilerinin elde edilmesi ile ilgili yapılan ölçümler neticesinde; itfaiye personeli tarafından, bina içindeki yangınlara müdahalede en sık kullanılan yangın hortumlarından ve lans tiplerinden belirli basınçlarda elde edilebilecek en yüksek debi miktarları da ölçülmüştür. Deneysel çalışmalarda kullanılan ve iç çapı daha büyük olan B tipi yangın hortumunun 20 m uzunluktaki hortumu ve K_{eff} değeri yüksek olan turbolans (B) tam açık konumunda kullanılarak yapılan ölçümde 900 kPa hortum giriş basıncında dahi elde edilebilen en yüksek debi yaklaşık 510 l/dk olabilmektedir. Bu ölçüm sırasında her ne kadar uluslararası standartlarda belirtilen tasarım basıncı yerine getirilmiş olsa dahi, elde edilen debi miktarı tasarım debisinin çok uzağında kalmakta,

yaklaşık %53'ü değerinde olmaktadır. Şekil 4.8'de yer alan K_{eff} değerlerine yönelik grafikte de görülebileceği üzere, itfaiye personelinin kullandığı mevcut turbolanslar ile zaten uluslararası standartlarda belirtilen tasarım debisinin ve tasarım basıncının aynı anda karşılanması mümkün değildir.

4.4.2 İkinci test grubu ve sonuçları: Su atış mesafesi ölçümleri

İkinci test grubunda su atış mesafesi ölçümleri yapılmıştır. Bu test grubunda, farklı hortum ve lans tipleri için su atış mesafesi ölçümleri kaydedilmiş ve grafikler halinde paylaşılmıştır.

Deneyssel çalışmalarda kullanılan lansların su atış mesafelerine etkisinin incelenebilmesi için turbolans (B) tam açık konumu, turbolans (B) yarım açık konumu ve düz lans (16 mm) ile su atış mesafeleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.11'de paylaşılmıştır.



Şekil 4.11 B tipi hortum kullanılarak elde edilen su atış mesafeleri

Farklı lans tipleri kullanılarak gerçekleştirilen su atış mesafesi ölçümlerine bakıldığında en dikkat çekici sonuç, turbolans (B) yarım açık konumu ile suyun en uzağa ulaştırılabildiğinin gözlenmesidir. Su atış mesafesi açısından ikinci sırada gelen lans tipi düz lans (16 mm) olmakta ve suyu uzağa ulaştırma konusunda en düşük performansa sahip lans ise turbolans (B) tam açık konumu olmaktadır. Bu durumda, suyu uzağa ulaştırmak istendiğinde turbolans (B) kullanılması ve bu lansın yarım açık konumda tutulması gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak, bu durumda da elde edilen su debisinin düşeceği unutulmamalıdır.

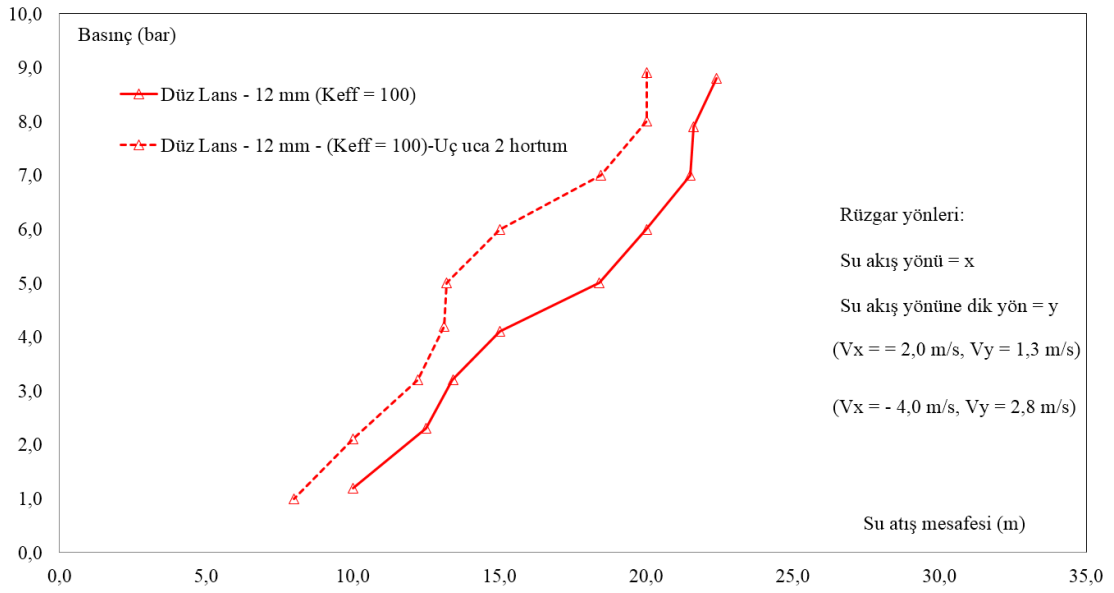
Su atış mesafeleri bina içi yangında önemli bir parametre olmayıp, bu parametre daha çok bina dışı yangınları için önemli olmaktadır. Bina içi yangınlara müdahale için gerekirse uç uca iki hortum bağlanarak suyun daha uzağa ulaştırılması mümkün olacağından uzak su atış mesafesi sağlamak yerine uç uca hortum ilavesi yapmak daha makul bir çözüm olacaktır.

Deneysel çalışmalar kapsamında gerçekleştirilen su atış mesafesi ölçümleri atmosfere açık alanda olması sebebiyle, testler sırasındaki rüzgar kuvvetleri test sonuçlarını doğrudan etkilemiş ve anlık rüzgar değişimlerine bağlı olarak su atış mesafeleri değişkenlik göstermiştir. Deneysel çalışmalar sırasında ölçülen anlık rüzgar kuvvetleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Farklı ölçüm grupları için rüzgar yönleri ve hızları.

Ölçümler	Rüzgar yönleri ve hızları	
	Su akış doğrultusunda (m/s)	Su akış doğrultusuna dik yönde (m/s)
Turbolans (B) Yarım Açık	2,0	1,3
Düz Lans - 12 mm	2,0	1,3
Turbolans (B) Tam Açık	-1,5	2,8
Düz Lans - 16 mm	-1,5	2,8
Düz Lans - 12 mm – Uç uca 2 hortum	-4,0	1,0
Turbolans (B) Tam Açık – Uç uca 2 hortum	-1,5	1,0
Düz Lans - 16 mm – Uç uca 2 hortum	-1,5	1,0

Çizelge 4.1’de gösterilen anlık rüzgar kuvvetlerinin su atış mesafeleri ölçümlerine etkisini daha iyi anlatabilmek amacıyla Şekil 4.12’de aynı hortum tipi ve lans ile yapılmış iki farklı rüzgar kuvvetlerindeki ölçümlerin karşılaştırılması yapılmıştır.



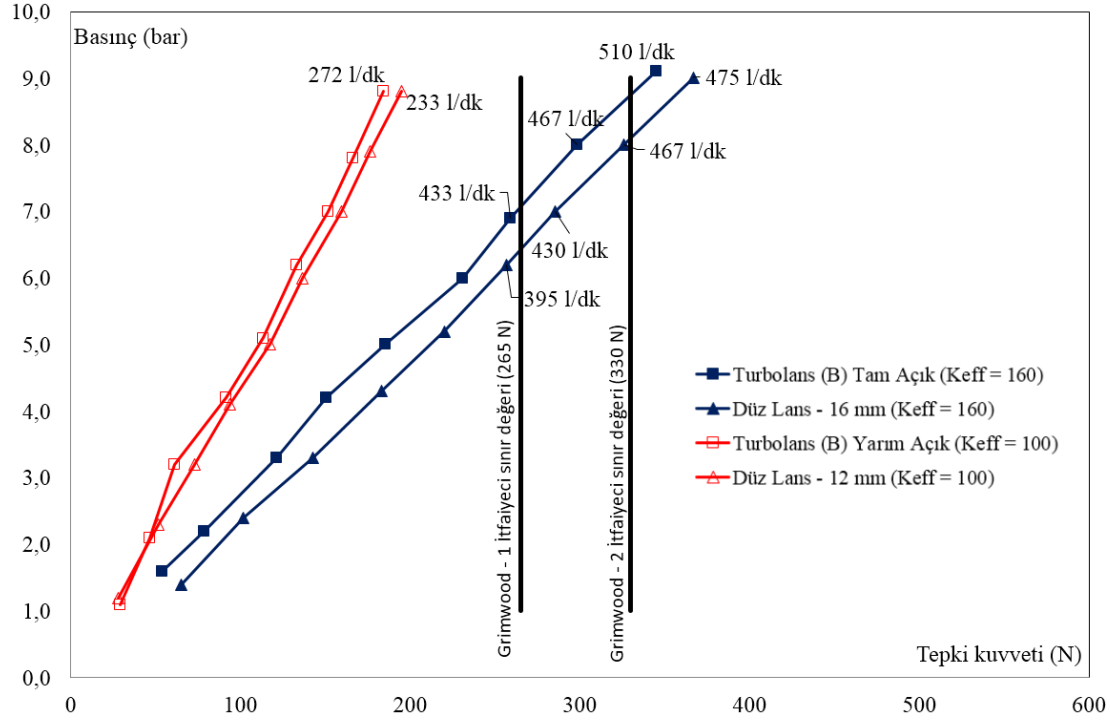
Şekil 4.12 Farklı rüzgar kuvvetlerindeki su atış mesafeleri

Düz lans (12 mm) ve C tipi hortum kullanılarak yapılan su atış mesafesi ölçümlerine göre, anlık rüzgar kuvvetlerinde değişikliğe bağlı olarak ölçüm sonuçları da değişiklik göstermektedir. Buna göre rüzgarın su atış mesafesini desteklediği durum (+ 2,0 m/s) ile su atış mesafesine olumsuz etki ettiği durum (-4,0 m/s) arasında rüzgardaki anlık değişikliklere de bağlı olarak 3 m ile 5 m arasında su atış mesafesinde değişikliğe sebep olmaktadır. Ancak, rüzgar kuvvetleri bina dışındaki yangınlara müdahale sırasında önem teşkil etmekte olup, bina içindeki yangınlarda ise rüzgar kuvvetlerinin etkisi olmayacaktır. Ayrıca, daha önce de belirtildiği üzere, bina içerisindeki yangınlara müdahalede su atış mesafelerinin önemi düşük olup, su atış mesafelerinin yetersiz kaldığı durumlarda uç uca hortum ilaveleri yapılarak suyun daha uzağa ulaştırılmasının mümkün olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Su atış mesafelerinin elde edilmesi ile ilgili yapılan ölçümler neticesinde; itfaiye personeli tarafından, bina içindeki yangınlara müdahalede en sık kullanılan yangın hortumlarından ve lans tiplerinden belirli basınçlarda elde edilebilecek en yüksek su atış mesafeleri de ölçülmüştür. Deneysel çalışmalarda kullanılan ve iç çapı daha büyük olan B tipi yangın hortumunun 20 m uzunluktaki hortum ile birlikte kullanıldığında suyu en uzağa ulaştıran lans tipi olan turbolans (B) yarım açık konumunda kullanılarak yapılan ölçümde 900 kPa hortum giriş basıncında elde edilebilen en yüksek su atış mesafesi yaklaşık 30 m ölçülmüştür. Kullanılan lans ve hortuma bağlı olarak 400 kPa hortum giriş basıncındaki su atış mesafesi ise en az 15 m ölçülmüştür.

4.4.3 Üçüncü test grubu ve sonuçları: Lans tepki kuvveti hesapları

Üçüncü test grubunda lans tepki kuvveti hesabı yapılmıştır. Bu test grubunda, farklı hortum ve lans tipleri için lans tepki kuvveti hesaplanmış ve grafik olarak paylaşılmıştır. Lans tepki kuvvetlerini etkileyen en önemli faktör lansların K_{eff} değerleri olup, iki farklı K_{eff} değerine sahip lanslar kullanılarak yapılan hesaplar neticesinde elde edilen sonuçlar Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13 Farklı tip lanslardaki tepki kuvvetleri

Üçüncü test grubunda lans tepki kuvvetleri hesaplanmış ve çıkan sonuçlar, daha önce Grimwood (1992) tarafından yapılan deneysel çalışmalar sonucu ile karşılaştırılmıştır. Lans tepki kuvvetlerinin hesaplanabilmesi için öncelikle debi, basınç ve düz lanslar için orifis çaplarının bilinmesi gerekir. Düz lansların orifis çapları ölçülmüş olup, çalışmalarda basınç değerleri de not edilmiştir. Su debisi değerleri ise ilk çalışmalar sırasında her bir basınç değeri için ölçülmüş ve bu değerler kullanılarak lans tepki kuvvetleri elde edilmiştir.

Lans tepki kuvvetleri ile ilgili elde edilen sonuçlara bakıldığında, K_{eff} değeri 160 olan lanslar ile yapılan testlerde elde edilen lans tepki kuvvetleri K_{eff} değeri 100 olan lanslar ile yapılan testlerde elde edilen lans tepki kuvvetlerinden çok daha yüksek çıkmıştır. İki farklı lans tipindeki lans tepki kuvvetleri arasında, lansların K_{eff} değeri oranlarına benzer şekilde yaklaşık %60 oranında fark bulunmaktadır.

Lans tepki kuvvetlerine bağılı olarak hortumu tutması gereken itfaiye personeli sayısının belirlenmesi ile ilgili Grimwood (1992) tarafından çalışma yapılmış ve buy çalışmadan elde edilen sonuçlar, NFPA FPH (2008)'de sağlıklı bir kişinin kaçış esnasında kaçış kapısını açmak için uygulayabileceği maksimum kuvvet değeri ile uyum göstermektedir. Lans tepki kuvvetleri ile ilgili elde edilen çözümler, daha önce Grimwood (1992) tarafından yapılan deneysel çalışmaların sonuçları ile karşılaştırıldığında, hangi basınç değerleri için birden fazla itfaiye personelinin hortumu tutması gerektiği ortaya konulmuştur. Grimwood (1992) tarafından yapılan deneysel çalışmalara göre 265 N ve üzeri kuvvetlerde en az iki itfaiye personelinin hortumu tutması gerektiği belirtilmekte olup, K_{eff} değeri 160 olan lanslar ile yapılan deneylerde hortum giriş basıncı 600 kPa ve üzeri değerlere çıkıldığında, lans tepki kuvvetinin 265 N değerini geçtiği görülmüştür. Hortum giriş basıncı 800 kPa ve üzeri değerlere çıkıldığında ise, Grimwood (1992) tarafından yapılan çalışmaya göre, en az üç itfaiye personelinin hortumu tutması gerektiği görülmekte olup, bu durumda bina içerisindeki herhangi bir yangına müdahalenin çok mümkün olmayacağı rahatlıkla söylenebilir.

K_{eff} değeri 100 olan lanslar ile yapılan lans tepki kuvvetlerine yönelik ölçümlerde 900 kPa hortum giriş basıncıyla elde edilen en yüksek tepki kuvveti yaklaşık 200 N olup, Grimwood (1992) tarafından belirtilen bir itfaiye personelinin kavrayabileceği tepki kuvveti sınır değerinin altında kalmaktadır. Bu sebeple, K_{eff} değeri 100 olan lanslar kullanılması durumunda, hortum giriş basıncı 900 kPa dahi olsa, bir itfaiye personelinin hortumu tutması yeterli olmaktadır. Ancak, bu durumda da elde edilen su debisi değerinin tasarım debisinden daha düşük olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Lans tepki kuvvetlerine bağılı olarak hortumu tutması için ihtiyaç duyulan itfaiye personeli ile elde edilen su debileri karşılaştırıldığında ise, özellikle düz lans (16 mm) kullanılması durumunda, su debisi 400 l/dk'nın üzerine çıktığında hortumu tutması için iki itfaiye personelinin gerektiği sonucu çıkmaktadır. Aynı K_{eff} değerine sahip turbolans (B) tam açık konumda kullanıldığı durumda ise, su debisi yaklaşık 435 l/dk'nın üzerine çıktığında yine en az iki itfaiye personelinin hortumu tutması gerektiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre, BYKHY (2015)'in profesyonel ekiplerin kullanımına yönelik tasarlanan yangın dolapları için talep ettiği 400 l/dk debinin, hortumu tutması için ihtiyaç duyulan itfaiye personeli sayısı için makul bir çözüm olduğunu ortaya koymaktadır.



5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yangını söndürmek için ne kadar su gerektiği yangına hangi aşamada müdahale edildiğine göre değişir, çok erken müdahale edilen bir yangını bir bardak suyla söndürmek mümkündür. Hortumun ucuna herhangi bir lans takılmadığında düşük basınçlarda çok yüksek su debileri elde edilebilir ancak bu akış şekli yangına müdahale etmek yerine binaya su basmak veya bir depoyu hızlıca doldurmak için kullanılabilir. Bu nedenle itfaiye su alma ağzı sisteminin tasarımında, ne kadar su debisi hedeflenmesi gerektiği belirlenirken, hangi miktarda suyun hangi mesafeye atılabildiğinin ve lansa gelen tepki kuvvetlerinin de dikkate alınması gerekir.

İtfaiye su alma ağzından elde edilecek en fazla debi, kullanılan lansa türü ve orifis çapı ile sınırlıdır. Belirli bir orifis çapı için basınç değeri ne kadar artırılırsa artırılsın, su debisi belli bir sınırı aşamaz. İtfaiyenin bina içindeki yangınlara müdahalede tercih ettiği belirli lans türleri için, hortum girişindeki basınç ne olursa olsun, tasarımda hedeflenen su debisini elde etmek mümkün olmayabilir. Yapılan deneysel çalışmalarda özellikle orta tehlike sınıfındaki yüksek binaların üst katlarındaki yangınlara müdahalede kullanılan turbolans (B) ve düz lanslar için K_{eff} değerleri hesaplanmıştır. Lanslardan elde edilebilecek su debileri lans orifis çapı veya lansların K_{eff} değerleri ile doğrudan ilişkili olup, her bir lanstan elde edilebilecek en yüksek su debisi değerleri de, lansa K_{eff} değeri ile sınırlanır. Tasarım debisini elde etmek için yüksek basınç ve büyük orifis çapındaki lanslar tercih edildiği durumda ise, lans tepki kuvvetleri artacak ve yangına müdahale eden itfaiye personelinin hortumu tek başına tutamayacağı tepki kuvvetlerine ulaşacaktır. Bina içindeki yangınlara müdahalede kullanılacak itfaiye su alma ağızlarındaki basınç ve debi, tek bir itfaiyecinin su akışını dakikalar boyunca rahatça kontrol edebilmesine imkan vermelidir. İtfaiye su alma ağzı girişindeki basınç çok yüksek olduğunda, turbolans (B) kullanan bir itfaiyecinin su akışını kontrol edebilmesi için turbolans (B) girişindeki vanayı tam açık konumda kullanmaması veya ayarlanabilir çıkış orifis çapını düşürmesi gerekebilir.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, otel, ofis, konut, hastane vb. orta tehlike sınıfındaki çok yüksek binaların üst katlarındaki yangınlara müdahalede kullanılan

turbolans(B) ve düz lanslar için elde edilebilecek tasarım debilerinin sınırlı olduğu ortaya konmuştur. Uluslararası standartlarda tarif edilen tasarım basıncı ve tasarım debisi için ihtiyaç duyulan lansın K_{eff} değeri yaklaşık $360 \text{ l/dk}/(\text{bar})^{1/2}$ olmakta iken, Türkiye’deki itfaiye ekiplerinin orta tehlike sınıfındaki bina içi yangınlara müdahalede kullandıkları turbolansın (B) tam açık konumda kullanılmasında dahi lansın K_{eff} değeri yaklaşık $160 \text{ l/dk}/(\text{bar})^{1/2}$ olmaktadır. Bu durumda da, tasarım basınçları yerine getirilse dahi, tasarım debilerinin sağlanması mümkün olmayacaktır.

Sabit-boru hortum sistemi için tasarım kriterleri belirlenirken yüksek tasarım basınçlarının seçilmesinin elde edilecek debiye mutlaka olumlu etkisi olmasının yanında, lans tepki kuvvetlerini de aynı oranda arttırmaktadır. Tasarım basıncı olarak 400 kPa seçilmesi yerine 690 kPa seçilmesi debiyi %31,3 oranında artırır. Su atış mesafesindeki artış da, su debisine benzer şekilde yaklaşık %30 mertebelerinde olur. Lans tepki kuvvetlerindeki artış ise, yaklaşık %70 mertebesinde olur. Lans tepki kuvvetlerindeki bu artış, hortumu tutacak itfaiyeci sayısını doğrudan etkiler ve K_{eff} değeri 160 olan lanslar için, 700 kPa ve üzerindeki basınçlarda mutlaka en az iki itfaiyecinin hortumu tutması gerekir.

Uluslararası standartlarda belirtilen tasarım basınçları, özellikle çok yüksek binalardaki sistem tasarımında ilave kolon hattı çekilmesine ve/veya sistem üzerinde, basınç düşürücü ekipman olarak adlandırılan ilave ekipman yerleşimi yapılmasına sebep olur. Bu tür sistemsel değişiklikler hem sistem üzerinde ilave zafiyet ve bakım noktası yaratır hem de ilave kolon hatları çekilmesi sebebiyle, fazladan yer ve para kayıplarına sebep olur. Sistem tasarımını kolaylaştırmak ve maliyetleri düşürmek adına itfaiye su alma ağzındaki tasarım basıncı değerini, BYKHY (2015)’de yetişmiş söndürme görevlisi tarafından kullanılan TS EN 671-2 standardına uygun yangın dolapları için bahsedilen 400 kPa tasarım basıncı seçilmesi uygun olur.

Yapılan deneysel çalışmalarda, uluslararası standartlarda tarif edilen tasarım basıncı ile BYKHY (2015)’de tarif edilen tasarım basıncının doğurduğu sonuçlar karşılaştırılmıştır. B tipi ve C tipi yangın hortumu ile turbolans (B) ve düz lanslar kullanılarak, 400 kPa tasarım basıncı ve 690 kPa tasarım basıncı için su debisi, su atış mesafesi ve lans tepki kuvvetleri sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Deney tipleri için 400 kPa ve 700 kPa basınçta elde edilen veriler.

Ekipman	Basınç (kPa)	Su debisi (l/dk)	K-faktörü	Su atış mesafesi (m)	Lans tepki kuvveti (N)
Turbolans (B)	420	200	100	18,0	92
Yarım Açık	700	253		25,0	151
Düz Lans	440	337	160	17,0	184
16 mm	700	452		21,0	285
Turbolans (B)	420	325	160	14,0	150
Tam Açık	690	433		16,5	260
Düz Lans	420	177	100	15	94
12 mm	710	221		21,5	160

Çizelge 5.1 incelendiğinde, yaklaşık 400 kPa hortum giriş basıncında en az 177 l/dk su debisi elde edilmekte iken, bu değer farklı hortum ve lans kombinasyonları için yaklaşık 337 l/dk değerine kadar çıkabilmektedir. Hortum giriş basıncı 700 kPa seçildiğinde ise, elde edilen su debisi değeri yaklaşık 221 l/dk ile 452 l/dk arasında değişmektedir. Deneysel çalışmalarda kullanılan en fazla su debisi sağlanan turbolans (B) kullanımında, 900 kPa hortum giriş basıncında dahi en fazla 510 l/dk debi elde edilebildiği de atlanmamalıdır. Ancak, yangını söndürecek su debisi miktarı ile ilgili doğrudan bir şey söylemek mümkün olamamakta, yangının hangi aşamasında müdahale edildiğine bağlı olarak 177 l/dk debi bile yeterli olabilmekte iken, yangının ilerleyen aşamasında müdahale edilmek istendiğinde 510 l/dk debi bile yetersiz kalabilmektedir. Bu sebeple, itfaiye su alma ağzı tasarımı yaparken yalnızca fazla su debisi istemek doğru bir yaklaşım olmayıp, su debisi ile birlikte su atış mesafesi ve lans tepki kuvvetinin de göz önünde bulundurulması gerekir. Bunun yanı sıra BYKHY (2015)'de profesyonel ekiplerin kullanımına yönelik tesis edilen yangın dolapları için talep ettiği 400 l/dk debinin de azımsanamayacak bir değer olduğu ve bazı lans ve hortum kombinasyonlarında bu değer 700 kPa hortum giriş basıncında dahi elde edilemediği görülmektedir.

Daha önce de belirtildiği üzere, yangını söndürmek için ihtiyaç duyulan su debisi, yangına hangi aşamada müdahale edildiğine göre değişir. Yangını söndürecek su debisi için doğrudan bir değer söylemek doğru olmaz. Her zaman daha yüksek tasarım basıncı ile daha yüksek debi elde edilmesi mümkündür. Önemli olan optimum tasarım kriterlerinin sağlanması olur. Çizelge 5.1'de yer alan su atış mesafeleri incelendiğinde, en kötü durumda dahi 400 kPa hortum giriş basıncında bile en az 14 m su atış mesafesi

sağlanmaktadır. Düşük ve orta tehlike grubunda bulunan binaların içindeki yangınlara etkin müdahale 5-10 metre mesafede yapılmaktadır. Aynı zamanda bu değer, TS EN 671-2 standardında profesyonel ekiplerin kullanımı için tasarlanan 2” bağlantı ağzına sahip yangın dolapları için belirtilen asgari 10 m su atış mesafesi kuralını sağlamaktadır.

Lans tepki kuvvetleri incelediğinde ise, her zaman daha düşük tasarım basınçlarında daha düşük tepki kuvvetlerinin oluşacağı genel kuraldır. Burada göz önünde bulundurulması gereken husus, bina içerisinde meydana gelen bir yangının kaynağına ulaşım noktasında dar koridorların bulunması, mahal kapılarının aynı anda tek kişi bulunabilecek genişlikte olmasıdır. Bu tür durumlarda dahi, itfaiye hortumunu bir kişi tutarak yangına müdahale edebilmesi mümkün olmalıdır. Hortumu tutması gereken itfaiye personeli sayısının belirlenmesi ile ilgili Grimwood (1992) tarafından yapılan çalışmalara göre lans tepki kuvveti 265 N değerini geçtiğinde en az iki itfaiyecinin hortumu tutması gerekmektedir. Çizelge 5.1’e bakıldığında da, turbolans (B) tam açık konumunda yaklaşık 700 kPa tasarım basıncı seçildiğinde ortaya çıkan kuvvetler Grimwood (1992) tarafından belirtilen bir itfaiye personelinin hortumu tutabileceği sınır kuvveti değerine çok yakın olmakta, hatta düz lans (16 mm) kullanıldığında bu sınır değeri aşılmakta ve en az iki itfaiyecinin hortumu tutması gerekmektedir. Bu sebeple, girişin dar olduğu mahallerde, dar koridorlarda bir itfaiyecinin hortumu tutmasına imkan veren 400 kPa tasarım basıncı değerinin seçilmesi lans tepki kuvvetleri için daha makul bir çözüm olacaktır.

Sonuç olarak, BYKHY (2015)’de yetişmiş söndürme görevlisinin kullandığı TS EN 671-2 standardına uygun yangın dolapları için geçerli olan 400 kPa tasarım basıncı ve 400 l/dk tasarım debisi ofis, konut, otel, hastane gibi orta tehlike sınıfındaki yüksek binaların üst katlarındaki itfaiye su alma ağzı için de uygun birer tasarım hedefidir. Sistemin tasarımının, 400 kPa basınçta 400 l/dk debi verebilen bir lans için yapılması, tepki kuvveti açısından tek bir itfaiyecinin kendi başına kontrol edebileceği bir sistemi garanti ederken, uzak noktalara su püskürtülmek istendiğinde kullanılan lansın türüne göre 18 m mertebesinde su atışı yapılabilmesini de sağlar.

KAYNAKLAR

- Arslanoğlu, B.** (2010). *İtfaiyecilerin Fiziksel Uygunluk Parametrelerinin Belirlenmesi* (Doktora tezi), Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Beceren, K. ve Kavurmacıoğlu, L.** (2003). Yarı Sert Kauçuk Hortumlu Yangın Dolaplarında Yük Kayıplarının Analizi, VI. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, Türkiye: Ekim 8 – 11
- BS 9990** (2015). *Non-automatic fire-fighting systems in buildings – Code of practice*, BSI Standards Limited, United Kingdom
- BYKHY** (2015). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007 yılındaki ilk yayımı: Bakanlar Kurulu'nun 27.11.2007 gün ve 2007/12937 sayılı kararı ile resmi gazetenin 19.12.2007 gün ve 26735 sayılı sayısı 2009 ve 2015 yıllarında yapılan değişiklikler: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (2015), Bakanlar Kurulu'nun kararı ile resmi gazetenin 9.09.2009 gün ve 27344 sayılı ve 9.07.2015 gün ve 7401 sayılı resmi gazetelerde yayınlanan hükümleri
- Crapo, W.F.** (2017). *Fire Protection Hydraulics and Water Supply*, Burlington: Jones&Bartlett Learning
- Home Office** (2001). *Hydraulics, Pumps and Water Supplies*. London: The Stationary Office
- Genceli, O.** (1994). *Ölçme Tekniği Boyut, Basınç, Akış ve Sıcaklık Ölçmeleri*, İstanbul: Birsen Yayınevi
- Grimwood, P.** (1992). *Fog Attack Firefighting Strategy & Tactics – An International View*, Surrey: FMJ International Publications Ltd.
- Guzzi, A.** (2008). *An Analysis of Effective Fire Streams - Part 1*, Erişim: <https://www.firehouse.com/operations-training/article/10495133/an-analysis-of-effective-fire-streams-part-1>
- İBB** (2017). *İtfaiyecinin El Kitabı*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı
- Knapp, J., Flattley, C., & Pillsworth, T.** (2006). Measuring and Demonstrating Nozzle Reaction, *Fire Engineering Journal*, 159 (4), 127-130
- NFPA 14** (2016). *Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*, National Fire Protection Association, Massachusetts
- NFPA 1710** (2010). *Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations*, National Fire Protection Association, Massachusetts

- NFPA 1964** (2008). *Standard for Spray Nozzles*, National Fire Protection Association, Massachusetts
- NFPA FPH** (2008). *Fire Protection Handbook*, National Fire Protection Association, Massachusetts
- SCDF** (2018). *Code Of Practice for Fire Precautions in Buildings*, Singapore Civil Defence Force, Singapore
- Spurgeon, P.** (2012), *Fire Service Hydraulics & Pump Operations*, Oklahoma: Pen Well
- TS 3145** (1978). *Lanslar - Yangın Hortumları için*, Türk Standartları Enstitüsü
- TS 9224** (1991). *Hortumlar, yangın söndürmede kullanılan- Basınç kaybının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü
- TS EN ISO 14557** (2004). *Yangın hortumları - Lastik ve plastik ve emme hortumları ve hortum takımları*, Türk Standartları Enstitüsü



EKLER

EK A : Tipik bir yüksek bina için sabit boru sistemindeki basınç kaybı hesaplaması

EK B : Deneylerde kullanılan herbir lans ve hortum kombinasyonu için, su akış hızı ve kütleli debi değeri nin giriş basıncıyla değışimi

EK C : B tipi ve C tipi yangın hortumu ve lanslar için deneysel veriler

EK D : Ölçüm belirsizliklerinin incelenmesi



EK A

İtfaiye su alma ağızlarındaki tasarım basıncı ve tasarım debisi hakkında bilgiler içeren NFPA 13 (2019) ve NFPA 14 (2016) göz önünde bulundurularak, iki farklı hesap yapılmış ve otomatik söndürme sistemi ve sabit boru-hortum sistemi tesis edilmiş olan tipik bir konut binasına hizmet verecek yangın pompa karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Hesabın yapıldığı tipik konut binası; üç bodrum kat, zemin kat, sekiz normal kat ve çatı katından oluşmaktadır. Konut binasının yapı yüksekliği yaklaşık 40 m'dir.

Binanın en alt bodrum katında, yangın söndürme sistemlerinin tamamına hizmet verecek şekilde ana yangın pompa dairesi bulunmakta ve yangın pompalarının basma hatlarından alınan ana besleme boruları iki farklı kolondan yükselerek katlara hizmet vermektedir. Her katta loop sistem uygulanmakta ve katlarda ikişer adet itfaiye su alma ağızı tesis edilmiştir. Konut binasında ayrıca, otomatik söndürme sistemi olarak yağmurlama sistemi bulunmaktadır. Hesaplar yapılırken yukarıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmuş ve hesap yöntemi olarak Hazen-Williams yöntemi kullanılmıştır. Hazen-Williams yönteminde yersel kayıplar eşdeğer boru uzunluğu olarak değerlendirilir ve hesaplanan eşdeğer boru uzunluğu, düz boru uzunluğuna eklenerek toplam boru uzunluğu bulunur. Toplam boru uzunluğu göz önünde bulundurularak, boru ağında meydana gelecek yersel ve sürekli kayıplar hesap edilir.

Hazen-Williams bağıntısı:

$$\frac{p}{L} = 6,06 \frac{Q^{1,85}}{C_{hw}^{1,85} D^{4,87}} \times 10^5 \quad (A1.1)$$

p/L : Birim metre boru boyu için basınç kaybı (bar/m)

Q : Debi (l/dk)

D : Boru iç çapı (mm)

C_{hw} : Hazen-Williams katsayısı

olarak adlandırılır. Hazen-Williams katsayısı boru malzemesine bağlı olup, boyutsuz bir sayıdır. Sulu söndürme sistemlerine hizmet veren besleme boruları siyah çelik boru olup, siyah çelik borular için Hazen-Williams katsayısı değeri 120'dir.

Konut kulesine hizmet veren sulu söndürme sisteminin en kritik noktası (en üst kat) için hesap yaparken, öncelikle sistemdeki boru uzunluğu belirlenir:

DN150 boru uzunluğu: 10 m

DN100 boru uzunluğu: 160 m (Toplam boru uzunluğunun yarısı alınmıştır).

Sulu söndürme sisteminde yer alan ve yersel kayıplara sebep olan kesme vanaları, dirsek elemanları, Te elemanları vb. elemanlar için eşdeğer boru uzunluğu dönüşümü yapılarak sistemin toplam boru uzunluğu hesaplanmıştır. Eşdeğer boru uzunluğu dönüşümünde, “Schedule 40” siyah çelik borularda kullanılan ekipmanlar için geçerli olan eşdeğer boru uzunlukları NFPA 13 (2019)’da yer alır. Sistemde yer alan ekipmanlar için eşdeğer boru uzunlukları Çizelge A.1’de gösterilmiştir.

Çizelge A.1 Sistem elemanlarının eşdeğer boru uzunlukları (NFPA 13, 2019)

Ekipman	Boru Çapı	Eşdeğer Boru Uzunluğu (m)
Dirsek elemanı	DN100	3
	DN150	4,3
Te elemanı	DN100	6,1
	DN150	9,1
Kesme vanası	DN100	3,7
	DN150	3
Sürgülü vana	DN150	0,9
Çekvalf	DN100	6,7

Hazen-Williams bağıntısında yer alan boru iç çap değerleri de NFPA 13 (2019)’da yer almakta olup, sulu söndürme sistemlerinde kullanılan “Schedule 40” siyah çelik borular için aşağıda verilmiştir:

Boru iç çapı (DN100) : 102,3 mm

Boru iç çapı (DN150) : 154,1 mm

İhtiyaç duyulan su debisi miktarı için NFPA 14 (2016)’ya göre yalnızca sabit boru-hortum sistemi su debisi ihtiyacı ve otomatik söndürme sistemi ile birlikte sabit boru-hortum sistemi su debisi ihtiyacı ayrı ayrı hesaplanır ve bu değerlerden hangisi daha büyük sonuç verirse o değer dikkate alınır. NFPA 13 (2019)’a göre, düşük tehlike sınıfındaki mekanlarda otomatik söndürme sistemine yönelik ihtiyaç duyulan tasarım debisi 4 mm/dk, operasyon alanı ise 139 m² olmaktadır. Aynı standartta sabit boru-hortum sistemi için toplam ihtiyaç duyulan debi 380 l/dk olmaktadır. Bu durumda her

iki sistemin birlikte kullanıldığı sulu söndürme sistemleri için ihtiyaç duyulan toplam debi:

$$Q = 4 \times 139 + 380 = 936 \text{ l/dk} \quad (\text{A1.2})$$

olmaktadır.

NFPA 14 (2016)'a göre yalnızca sabit boru-hortum sistemi için su debisi ihtiyacı belirlenirken, kolon hattının hizmet verdiği en üst iki kattaki her bir birinci sınıf bağlantı ağzından 950 l/dk su debisi alınması ve aynı katta yer alan ilave her bir kolondaki birinci sınıf bağlantı ağzından da 950 l/dk su debisi alınması göz önünde bulundurularak hesap yapılmıştır. Bu durumda yalnızca sabit boru-hortum sistemleri için ihtiyaç duyulan toplam debi:

$$Q = 950 \times 2 + 950 = 2850 \text{ l/dk} \quad (\text{A1.3})$$

olmaktadır. Her iki debi miktarı karşılaştırıldığında, yalnızca sabit boru-hortum sistemleri için ihtiyaç duyulan su debisi miktarı daha fazla olduğu için, basınç kaybı hesaplarında bu değer göz önünde bulundurulmuştur.

Hazen-Williams bağıntısında, yukarıda hesaplanan toplam boru uzunluğu (L), toplam su debisi ihtiyacı (Q), boru iç çapı (D) ve Hazen-Williams katsayısı kullanılarak, sistemde yer alan DN150 ve DN100 çapındaki Schedule 40 borular için toplam basınç kaybı (p) hesaplanabilmektedir. Bulunan değerler Hazen-Williams bağıntısında yerine konularak DN150 ve DN100 boru çapları için yersel ve sürekli basınç kayıpları elde edilmiş ve Çizelge A.2'de verilmiştir.

Çizelge A.2 Borulardaki basınç kaybı değerleri

Hesap Yapılan Bölge	Basınç Kaybı (kPa)
DN100	153,4
DN150	4,7
Toplam	158,1

Yersel ve sürekli kayıpların tamamı hesaplandıktan sonra, NFPA 14 (2016)'da yer alan bir başka tasarım kriterinin yerine getirilmesi hedeflenir. NFPA 14 (2016)'a göre, sabit boru-hortum sisteminde yer alan en uzak noktadaki birinci sınıf bağlantı ağzındaki tasarım basıncı en az 690 kPa olmalıdır. Bu tasarım kriterinin yerine getirilmesi için yersel ve sürekli kayıpların yanı sıra, statik basınç kaybının da yenilmesi gerekir. Sisteme hizmet verecek yangın pompaları kotu ile en uzak uçtaki birinci sınıf bağlantı ağzı arasındaki düşey kot farkı 40 m olup, statik basınç kaybı da 400 kPa olacaktır. Bu durumda, en uzak uçtaki minimum tasarım basıncının sağlanabilmesi için ihtiyaç duyulan yangın pompası basma yüksekliği hesabında statik basınç (P_s), yersel kayıplar (P_{ys}) ve tasarım basıncı (P_{ts}) değerleri toplanarak yangın pompasının basma yüksekliği (H) hesaplanır:

$$H = 400 + 158,1 + 690 = 1248,1 \text{ kPa} \quad (A1.4)$$

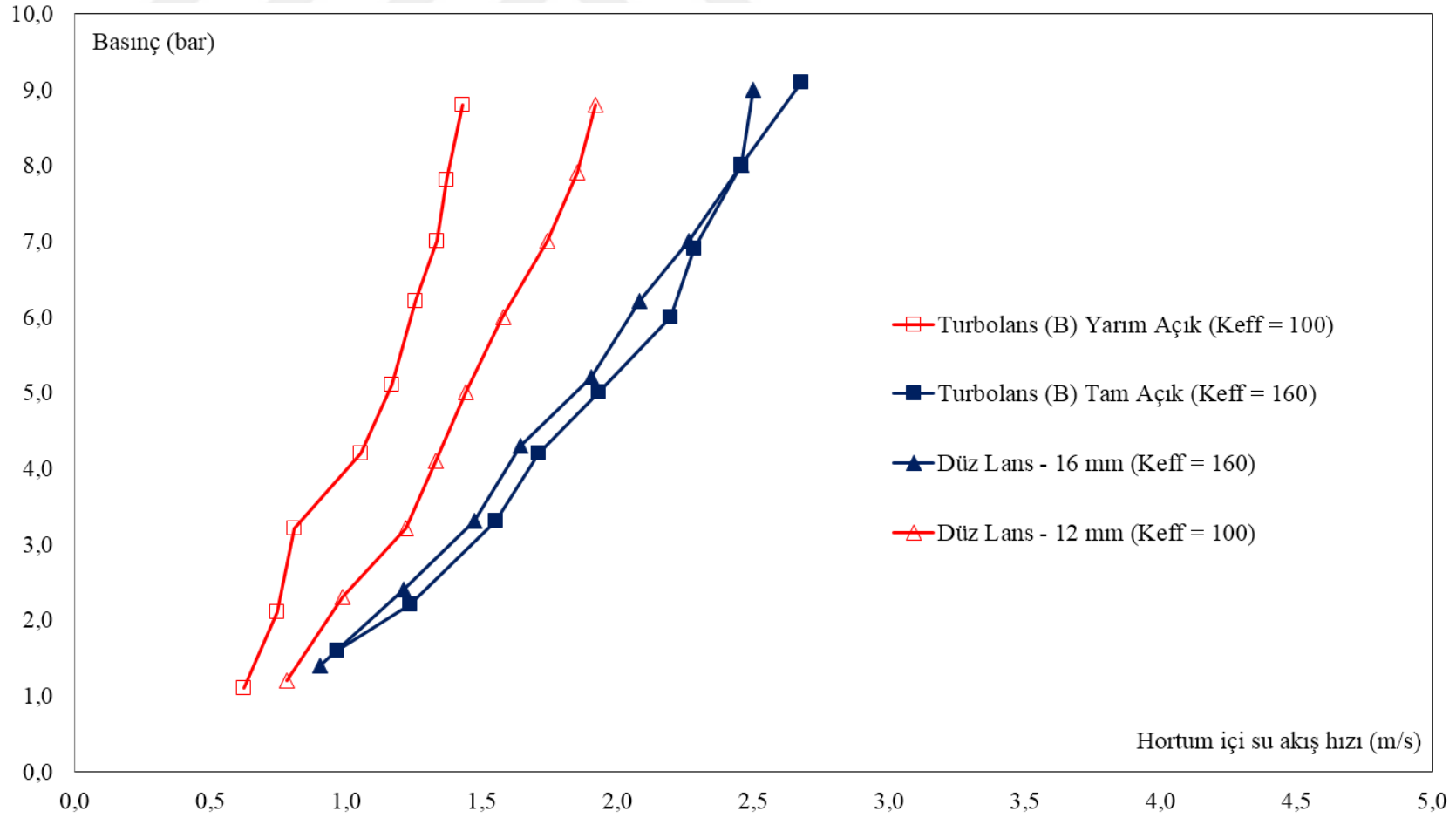
Hazen-Williams bağıntısı kullanılarak yapılan basınç kaybı hesapları neticesinde, en uzak uçtaki birinci sınıf bağlantı ağzında 690 kPa tasarım basıncı değerinin sağlanabilmesi için ihtiyaç duyulan pompa basıncı yaklaşık 1248 kPa olmaktadır.

Sulu söndürme sistemlerinde kullanılan ekipmanlar için farklı basınç sınıfları bulunmakta olup, sektörde en yaygın kullanılan ekipman basınç sınıfı 1200 kPa'dır. Sistem basınçları bu değer üzerine çıktığı durumlarda daha yüksek basınç sınıfına (2100 kPa) sahip sistem elemanları kullanılması gerekir. Bu durumda sistem maliyetleri artacak olup, bu durumun önüne geçmek için sistemin basma tarafında basınç düşürücü ekipman yerleşimi yapılması gerekir. Sistemde basınç düşürücü ekipman yerleşimi yapılmasının sakıncası, sistemde zafiyet ve bakım noktasını arttırmak olacaktır. Basınç düşürücü ekipmanda arıza, kaçak vb. durum meydana gelirse, sistemde kullanılan elemanların basınç sınıflarından daha yüksek bir basınç söz konusu olacak ve sistemdeki elemanların kullanılamaz hale gelecektir. Bir diğer alternatif ise, itfaiye su alma ağzı sistemleri için ilave kolon (riser) hattı çekilmesi olabilir. Bu durumda da yine, sistemin geri kalanı için basınç düşürücü ekipman

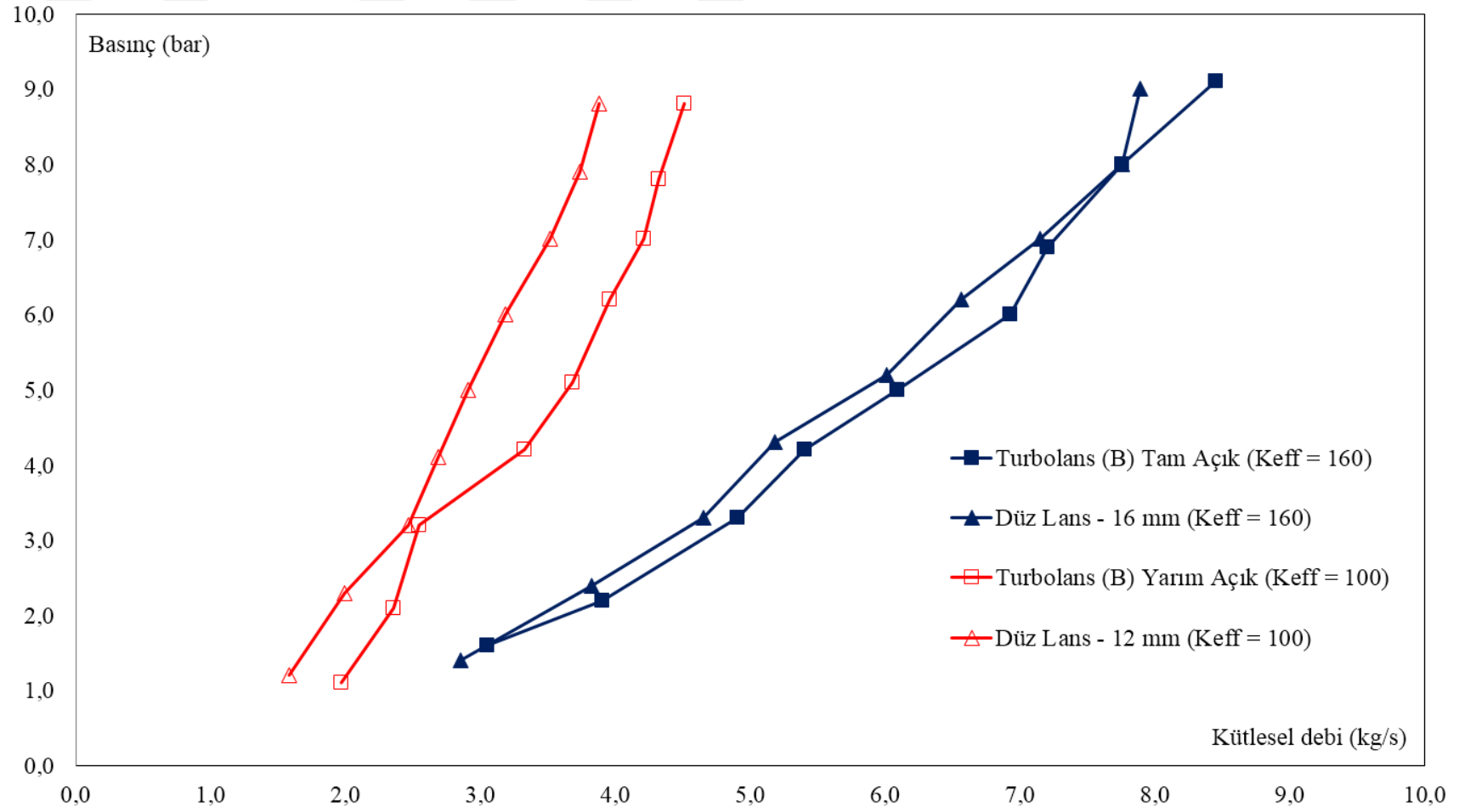
kullanılması gerekecek olup, yalnızca itfaiye su alma ağız sistemine hizmet veren kolon hattında basınç düşürücü ekipman yerleşimi yapılmayabilir. NFPA 14 (2016)'da belirtilen tasarım kriterlerini yerine getirmek için uygulanan sistem çözümüne yönelik tüm alternatiflerde, sistemin ilk yatırım maliyetleri ve sistemde zafiyet ve bakım noktası artacağı için makul bir çözüm olmamaktadır.



EK B



Şekil B.1 Deneylerde kullanılan yangın hortumlarındaki su akış hızları



Şekil B.2 Farklı hortum ve lans kombinasyonu için kütlesel debiler

EK C

Çizelge C.1 B tipi yangın hortumu ve lansları için deney sonuçları.

Ölçüm Tipi	Hortum Giriş Basıncı (bar)	Debi (l/dk)	Su atış Mesafesi (m)	Tepki Kuvveti (N)
Turbolans (B) Yarım Açık (Keff = 100)	8,8	271,7	29,0	184,19
	7,8	260,0	26,0	166,20
	7,0	253,3	25,0	151,48
	6,2	238,3	22,0	133,03
	5,1	221,7	20,0	113,13
	4,2	200,0	18,0	91,52
	3,2	153,3	15,0	61,01
	2,1	141,7	13,0	46,40
Turbolans (B) Tam Açık (Keff = 160)	9,1	508,3	21,0	344,65
	8,0	466,7	20,0	298,30
	6,9	433,3	16,5	259,11
	6,0	416,7	15,6	230,66
	5,0	366,7	15,0	185,30
	4,2	325,0	13,9	150,53
	3,3	295,0	11,6	121,11
	2,2	235,0	10,3	78,77

Çizelge C.1 (devam).

Ölçüm Tipi	Hortum Giriş Basıncı (bar)	Debi (l/dk)	Su atış Mesafesi (m)	Tepki Kuvveti (N)
Düz Lans - 16 mm (Keff = 160)	1,4	171,7	9,2	65,17
	2,4	230,0	11,0	101,83
	3,3	280,0	14,0	142,56
	4,3	311,7	17,0	183,29
	5,2	361,7	20,0	219,95
	6,2	395,0	21,0	256,60
	7,0	430,0	21,0	285,11
	8,0	466,7	22,0	325,85
	9,0	475,0	23,3	366,58
Düz Lans - 16 mm (Keff = 160) – Uç uca 2 hortum	1,1	183,3	8,0	44,80
	2,2	230,0	9,5	89,61
	3,1	283,3	11,0	126,27
	4,0	300,0	12,5	162,92
	5,0	350,0	13,5	203,65
	6,0	395,0	15,0	244,38
	7,0	418,3	17,5	285,11
	8,0	450,0	19,5	321,77
	9	471,7	21,0	358,43

Çizelge C.2 C tipi yangın hortumu ve lansları için deney sonuçları.

Ölçüm Tipi	Hortum Giriş Basıncı (bar)	Debi (l/dk)	Su atış Mesafesi (m)	Tepki Kuvveti (N)
Düz Lans - 12 mm (K _{eff} = 100)	1,2	95,0	10,0	28,18
	3,2	148,3	13,4	72,79
	4,1	161,7	15,0	93,92
	5,0	175,0	18,4	117,40
	6,0	191,7	20,0	136,19
	7,0	211,7	21,5	159,67
	7,9	225,0	21,6	176,10
	8,8	233,3	22,4	194,89
Düz Lans – 12 mm - (K _{eff} = 100) – Uç uca 2 hortum	8,9	236,7	20,0	201,93
	8,0	225,0	20,0	180,80
	7,0	208,3	18,5	154,97
	6,0	200,0	15,0	136,19
	5,0	180,0	13,2	115,05
	4,2	150,0	13,1	93,92
	3,2	136,7	12,2	70,44
	1,0	75,0	8,0	23,48

EK D

Deneysel çalışmalardan elde edilen debi ve basınç değerleri ile kumpas ölçüm aleti ile ölçülen düz lans çap değeri kullanılarak bu çalışma kapsamında düz lans tepki kuvveti, turbolans tepki kuvveti ve lans K-faktörü değerleri hesaplanmıştır. Ölçüm aletleri kullanılarak yapılan ölçümlere bağlı olarak hesap yapılmış olup, her bir ölçüm aletinin ölçüm belirsizliği göz önünde bulundurularak hesaplanan değerler için hata analizi yapılmıştır.

Hata analizi hesaplamalarında Genceli (1994)'de yer alan bağıntılar kullanılmış olup, hesaplanan büyüklük değerine X , ve bu büyüklüğün hesaplanmasında kullanılan bağımsız değişkenlere ise A_1, A_2 ve $A_3, \dots, a_n$ denilmiştir. Bu durumda;

$$X = X(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n) \quad (D1.1)$$

yazılabilir. Her bir bağımsız değişkenin ölçümündeki hata oranları W_1, W_2 ve $W_3, \dots, W_n$ ve X büyüklüğünün hata oranı W_x ise, elde edilen denklem şu şekilde olacaktır.

$$\frac{W_x}{X} = \left[\left(\frac{\frac{dX}{dA_1}}{X} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\frac{dX}{dA_2}}{X} w_2 \right)^2 + \left(\frac{\frac{dX}{dA_3}}{X} w_3 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\frac{dX}{dA_n}}{X} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (D1.2)$$

Yukarıda yazılı olan denklemler kullanılarak düz lans tepki kuvveti için belirsizlik analizi yapılmıştır. Düz lans tepki kuvveti hesabında lans çapı (d) ve basınç değeri (P) bağımsız değişkenleri oluşturmakta olup, hesaplanan değer ise lans tepki kuvveti (F_d) dir. Çap ölçümünde kullanılan kumpas ölçüm aletinin okuma hatası (A_1) %2 (W_1), basınç ölçümünde kullanılan manometrenin ölçüm belirsizliği (A_2) ise %1 (W_2) dir. Okuma hataları ve ölçüm belirsizliği göz önünde bulundurularak yapılan belirsizlik analizinde öncelikle düz lans tepki kuvveti değerinin çap değerine göre türevi hesaplanır:

$$\frac{dF_d}{dd} = 0.003 \times d \times P \quad (D1.3)$$

Daha sonra düz lans tepki kuvveti değerinin basınç değerine göre türevi hesaplanır:

$$\frac{dF_d}{dP} = 0.0015 \times d^2 \quad (D1.4)$$

Düz lans tepki kuvvetinin çap değerine göre alınan türevinden elde edilen sonuç düz lans tepki kuvvetine bölünerek denklem (D1.2)'de yer alan $\frac{dX}{dA_1}$ ifadesi bulunur:

$$\frac{dX}{dA_1} = \frac{2}{d} \quad (D1.5)$$

Düz lans tepki kuvvetinin basınç değerine göre alınan türevinden elde edilen sonuç da düz lans tepki kuvvetine bölünerek denklem (D1.2)'de yer alan $\frac{dX}{dA_2}$ ifadesi bulunur:

$$\frac{dX}{dA_2} = \frac{1}{P} \quad (D1.6)$$

Tüm bu değerler denklem (D1.2)'de yerine konularak düz lans tepki kuvveti için belirsizlik analizi tamamlanmıştır:

$$\frac{W_x}{X} = [4(\frac{0.02}{d})^2 + (\frac{0.01}{P})^2]^{1/2} = \% 4.12 \quad (D1.7)$$

Düz lans tepki kuvveti için yapılan belirsizlik analizine göre, denklem (D1.7)'de de görüleceği üzere yaklaşık % 4.12'lik hata payı bulunacağı sonucu çıkmıştır.

Düz lans tepki kuvveti hesabı için yapılan belirsizlik analizine benzer şekilde turbolans tepki kuvveti için de belirsizlik analizi yapılmıştır. Turbolans tepki kuvveti hesabında debi (Q) ve basınç değeri (P) bağımsız değişkenleri oluşturmakta olup, hesaplanan değer ise lans tepki kuvveti (F_t) dir. Debi ölçümünde kullanılan ultrasonik debimetre ölçüm aletinin okuma hatası (A₁) %0.7 (W₁), basınç ölçümünde kullanılan manometrenin ölçüm belirsizliği (A₂) ise %1 (W₂) dir. Okuma hataları ve ölçüm belirsizliği göz önünde bulundurularak yapılan belirsizlik analizinde öncelikle turbolans tepki kuvveti değerinin debi değerine göre türevi hesaplanır:

$$\frac{dF_t}{dQ} = 0.0015 \times Q \times \sqrt{P} \quad (D1.8)$$

Daha sonra turbolans tepki kuvveti değerinin basınç değerine göre türevi hesaplanır:

$$\frac{dF_t}{dP} = 0.0015 \times Q \times 0.5 \times \frac{1}{\sqrt{P}} \quad (D1.9)$$

Turbolans tepki kuvvetinin debi değerine göre alınan türevinden elde edilen sonuç turbolans tepki kuvvetine bölünerek denklem (D1.2)'de yer alan $\frac{dX}{dA_1}$ ifadesi bulunur:

$$\frac{dX}{dA_1} = \frac{1}{Q} \quad (D1.10)$$

Turbolans tepki kuvvetinin basınç değerine göre alınan türevinden elde edilen sonuç da turbolans tepki kuvvetine bölünerek denklem (D1.2)'de yer alan $\frac{dX}{dA_2}$ ifadesi bulunur:

$$\frac{dX}{dA_2} = \frac{1}{2P} \quad (D1.11)$$

Tüm bu değerler denklem (D1.2)'de yerine konularak turbolans tepki kuvveti için belirsizlik analizi tamamlanmıştır:

$$\frac{W_x}{X} = [(\frac{0.007}{Q})^2 + 0.25(\frac{0.01}{P})^2]^{1/2} = \% 0.8 \quad (D1.12)$$

Turbolans tepki kuvveti için yapılan belirsizlik analizine göre, denklem (D1.12)'de de görüleceği üzere yaklaşık % 0.8'lik hata payı bulunacağı sonucu çıkmıştır.

Düz lans ve turbolans tepki kuvveti hesabı için yapılan belirsizlik analizine benzer şekilde lans K-faktörü hesabı için de belirsizlik analizi yapılmıştır. Lans K-faktörü hesabında debi (Q) ve basınç değeri (P) bağımsız değişkenleri oluşturmakta olup, hesaplanan değer ise lans K-faktörü (K) dır. Debi ölçümünde kullanılan ultrasonik debimetre ölçüm aletinin okuma hatası (A₁) %0.7 (W₁), basınç ölçümünde kullanılan manometrenin ölçüm belirsizliği (A₂) ise %1 (W₂) dir. Okuma hataları ve ölçüm belirsizliği göz önünde bulundurularak yapılan belirsizlik analizinde, öncelikli olarak lans K-faktörü değerinin debi değerine göre türevi hesaplanır:

$$\frac{dK}{dQ} = \frac{1}{\sqrt{P}} \quad (D1.13)$$

Daha sonra lans K-faktörü değerinin basınç değerine göre türevi hesaplanır:

$$\frac{dK}{dP} = - \frac{Q}{2\sqrt{P^3}} \quad (D1.14)$$

Lans K-faktörü değerinin debi değerine göre alınan türevinden elde edilen sonuç lans K-faktörüne bölünerek denklem (D1.2)'de yer alan $\frac{dX}{dA_1}$ ifadesi bulunur:

$$\frac{dX}{dA_1} = \frac{1}{Q} \quad (D1.15)$$

Lans K-faktörü değerinin basınç değerine göre alınan türevinden elde edilen sonuç da lans K-faktörüne bölünerek denklem (D1.2)'de yer alan $\frac{dX}{dA_2}$ ifadesi bulunur:

$$\frac{dX}{dA_2} = - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{P}} \right) \quad (D1.16)$$

Tüm bu değerler denklem (D1.2)'de yerine konularak lans K-faktörü için belirsizlik analizi tamamlanmıştır:

$$\frac{W_X}{X} = \left[\left(\frac{0.007}{Q} \right)^2 + \left(\frac{0.01}{\sqrt{P}} \right)^2 \right]^{1/2} = \% 0.8 \quad (D1.17)$$

Lans K-faktörü için yapılan belirsizlik analizine göre, denklem (D1.17)'de de görüleceği üzere yaklaşık % 0.8'lik hata payı bulunacağı sonucu çıkmıştır.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Duhan PORTAKAL
Doğum Yeri ve Tarihi : Mersin / 26.09.1992
E-posta : portakalduhan@gmail.com

1992 yılında Mersin’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Mersin’de tamamladı ve 2010 senesinde İTÜ Makina Mühendisliği bölümünü kazandı. 2015 yılında İTÜ Makina Fakültesinden Makina Mühendisi olarak mezun oldu. 2017 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Isı Akışkan Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve halen yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. 2015 yılından beri makina Mühendisi olarak çalışmakta olduğu, Etik Mühendislik Danışmanlık Tasarım ve Eğitim Hizmetleri A.Ş firması, ulusal ve uluslararası projelere binalar için yangın güvenliği

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN SUNUM

- **Portakal, D.** 2019. İtfaiye Su Alma Ağzındaki Tasarım Basıncının Debi, Püskürtme Mesafesi ve İtfaiyeciye Gelen Tepki Kuvvetine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *TÜYAK Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi*, Aralık 13-14, 2019 İstanbul, Türkiye