

HİDROLİK HESAPLARDA YAPILAN HATALAR VE KONTROL KRİTERLERİ

ÖZET

Sprinkler Sisteminde hidrolik hesap yönteminin kullanılmasının amacı, sistem performansı için yeterli su ve basıncın aktarılmasını sağlamak üzere ihtiyaç duyulan boru çapının belirlenmesidir. Hidrolik hesap yöntemi 1970'li yılların sonunda kullanılmaya başlanmış ve daha öncesinde boru çaplarını belirlemek için kullanılan tablo metodunun kullanımı sınırlı hale gelmiştir. Tablo metodu; yüksek boru çapları, öngörülemeyen performans ve çeşitli yangın yükleri için esneklik sağlamaması nedeniyle tasarımlarda genellikle tercih edilmemektedir. "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" in de yürürlüğe girmesiyle birlikte hidrolik hesap yöntemi zorunlu hale gelmiştir.

Bu makalenin amacı, ıslak ve kuru sistemlerin hidrolik hesaplarında sıkça yapılan önemli hataları ana hatlarıyla belirlemek ve ilgili uluslararası standartlar kapsamında teknik esasları tanımlayarak, hesap kontrolü için genel kabul gören tavsiyelerde bulunmaktır. Hidrolik hesaplara başlamadan önce üç önemli karar alınır. Tasarım su yoğunluğu, operasyon alanı ve hesaplar üzerinde uygulanacak emniyet faktörü. Hidrolik hesaplara doğrudan etki eden diğer önemli faktörler ise tehlike sınıfı, sprinkler yerleşimi, borulama seçenekleri, su beslemeleri ve sprinkler tipleridir. Bu konuların kontrolü ele alınarak, uygunsuz tasarım yaklaşımlarını sistem tasarımının bu önemli aşamasında engellemeye yönelik tavsiyelerde bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik hesap, Tasarım yoğunluğu, Operasyon alanı, Emniyet faktörü

ABSTRACT

The purpose for hydraulically calculating sprinkler systems is to determine the pipe sizing that will be needed to ensure adequate water and pressure delivered to the system. Hydraulic calculations for sprinkler systems have only been required since the late 1970s. Previously, sprinkler pipe sizes were determined by tables of pipe schedules that are permitted to be used on a very limited basis. Pipe schedule method is not preferred because of unforeseen performance and rigidity at different types of fire load. Hydraulic calculation has become mandatory when Turkish Fire Protection Regulation is published.

This document is intended for quick reference purposes to identify faults within hydraulic calculations of wet and dry systems and to address and advise technical bases of related recognized standards. Before the beginning of the calculations, there are three subjects to be agreed. Design density, operation area and safety factor to be applied on calculations. The other factors which directly affect the calculations are commodity classification, sprinkler layouts and piping configurations, water supplies, and sprinkler types. This paper will address how these subjects are checked and make recommendations to preclude vagaries and inconsistent design approaches at this crucial step in the system design.

Key Works: Hydraulic calculation, Design density, Operation area, Safety factor

1. GİRİŞ

Hidrolik hesap yöntemi 1970'li yılların sonunda kullanılmaya başlanmış ve daha öncesinde boru çaplarını belirlemek için kullanılan tablo metodunun kullanımı sınırlandırılmıştır. Hidrolik hesaplarda, sistemin bir bölümü suyun en zor ulaşacağı alan kritik alan olarak tanımlanır. Bu alan içinde yer alan tüm sprinklerden aynı anda su boşalacağı simülasyonu ile beklenen en kötü durum yaratılır. Hidrolik hesaplar en kritik alan için ihtiyaç duyulan boru çapını belirler.

Hidrolik hesaplar çoğunlukla bu amaçla geliştirilmiş birçok yazılım kullanılarak yapılmaktadır. Mevcut yazılımlar, genellikle hidrolik hesap sonuçları üzerinde herhangi bir uyarı veya hata işaretlemesi yapmamaktadır. Bu nedenle, giriş bilgilerinin ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve kontrolü gerekmektedir.

2. HİDROLİK HESAPLARDA YAPILAN HATALAR

Hidrolik hesapların her adımında, giriş yapılan verilerin doğruluğu hidrolik hesap sonucuna etki eden en önemli parametredir. Hidrolik hesaplarda çoğunlukla hata yapılan konular aşağıdaki alt başlıklarda ele alınarak, hatalı veri girişinin hidrolik hesap sonucu üzerine etkisi incelenmektedir.

- 1- Hidrolik hesap yapılacak mahalın tespiti
- 2- Yoğunluk ve operasyon alanı tespiti
- 3- Minimum debi ve basıncın belirlenmesi
- 4- Sürtünmeye bağlı basınç kayıpları
- 5- Yükseklik farkına bağlı basınç kayıpları
- 6- Yangın pompa eğrisi
- 7- İlave su ihtiyaçları

2.1 Hidrolik hesap yapılacak mahalın tespiti

Sprinkler sistemlerinde hidrolik analizin ilk adımı, sprinkler ile korunan en tehlikeli, en uzak ve en yakın bölgelerin tespitidir. Bu bölgelerin tehlike sınıfı belirlenerek, gerekli debi ve basıncın sağlanması durumunda, su beslemesindeki değerlerin istenen düzeyde koruma sağlayıp sağlamadığı hidrolik hesap ile kontrol edilir. Her zaman en uzak bölge kritik hesap sonucunu vermez. Aynı zamanda en tehlikeli, en uzak ve en yakın bölgelerin hesap sonuçlarına da bakılması gerekmektedir. Bu konuda yapılan en büyük hata, TS-EN12845'te zorunlu olmasına rağmen, hidrolik açıdan en yakın alan için hesabın ihmal edilmesidir. Bu hesabın amacı, pompanın hidrolik olarak en çok su gerektiren alan içinde de gerekli debi ve basıncı karşılayabilmesidir.

2.2 Tasarım yoğunluğu ve operasyon alanının tespiti

Sprinkler sistemi için tasarım yoğunlukları Tablo 1'de verilmiştir. Tasarım kriterleri uluslararası kabul gören tüm standartlar arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 1'de gösterildiği üzere, kuru borulu sistemlerdeki operasyon alanı ıslak borulu sistemler için belirtilen alana göre daha fazla seçilmesi konusuna dikkat edilmelidir. Operasyon alanının geometrisi dikdörtgen olmalıdır. Branşman borusu üzerinde açılacak sprinkler sayısı, operasyon alanının (A, m²) karekökünün, sprinkler arası mesafeye bölünmesi ile elde edilir [1].

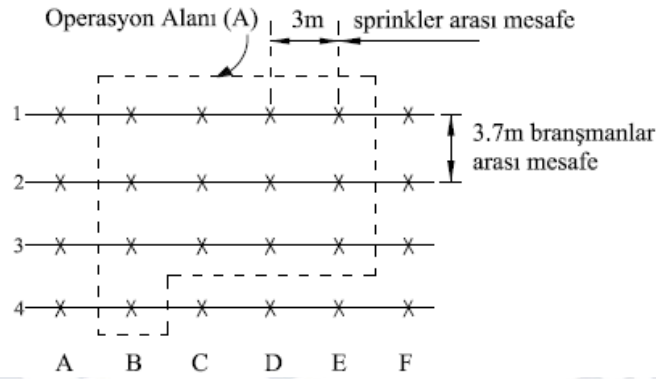
$$n = 1.2 \left(\frac{\sqrt{A}}{s} \right) \quad (\text{ad})(1)$$

Tablo 1. Sprinkler Sisteminde Tasarım Yoğunlukları

Tehlike sınıfı	Tasarım yoğunluğu (mm/dk)	Operasyon Alanı (m ²)	
		Islak veya ön etkili	Kuru veya değişken
Düşük Tehlike	2,25	84	Orta Tehlike-1 kullanılır
Orta Tehlike-1	5,0	72	90
Orta Tehlike-2	5,0	144	180
Orta Tehlike-3	5,0	216	270
Orta Tehlike-4	5,0	360	Yüksek Tehlike-1 kullanılır
Yüksek Tehlike-1	7,7	260	325
Yüksek Tehlike-2	10,0	260	325
Yüksek Tehlike-3	12,5	260	325
Yüksek Tehlike-4	Baskın Sistem Kullanılır		

NOT: Depolama alanları ve farklı özellikteki kullanım alanları için TS EN 12845 esas alınır.

Birçok hidrolik hesap programı bu alanı otomatik olarak seçmesine karşın elle hesap yapılması halinde, dikdörtgen alan oluşturmaya dikkat edilmelidir. Farklı geometrik alanlar seçilmesi halinde hidrolik hesaplar istenmeyen sonuçlar ve hatalı boru çaplarına sebep olabilir.



Şekil 1. Operasyon alanı seçimi

Operasyon alanı seçimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'de verilen yerleşime göre, 139m²' lik operasyon alanı içinde açılacak sprinkler sayısı 13 olup, her branşmanda en az 4 sprinkler açılmalıdır. B noktasındaki tek sprinkler ana besleme hattına yakın bölgede açılmalıdır.

2.3 Minimum debi ve basıncın belirlenmesi

Operasyon alanı içinde, tasarım yoğunluğunu sağlayan minimum su ihtiyacı belirlenir. Genellikle en uzak noktadaki sprinkler minimum su ihtiyacını belirler ve hidrolik hesaba bu sprinklerden başlanır. Bir sprinklerin koruma alanında (a, m²), gerekli tasarım yoğunluğunu (d, lt/dk.m²) sağlamak üzere bir sprinklerden akması gerekli minimum su debisi (Qm, lt/dk) hesaplanır.

$$Q_m = d \times a \quad (\text{lt/dk})(2)$$

(2) Denkleminde kullanılacak a, tasarım koruma alanı olmalıdır.

Herhangi bir standart sprinklerde istenen minimum basınç 0.5 bar'dır. Gerekli minimum basınç değeri ilgili standart maddesine göre veya üretici kataloglarına göre tespit edilmelidir. Minimum basınç değerinde bir sprinklerden akan su debisi (Q, lt/dk), sprinkler K faktörü (K) ile sprinklerde istenen minimum basınç P(bar) değerinin çarpımına eşittir.

$$Q = K \sqrt{P} \quad (\text{lt/dk})(3)$$

Bir sprinklerden akan minimum debi değeri, minimum basınçta sprinklerden akan debi değerinden az olmamalıdır. Tasarım yoğunluğuna göre belirlenen minimum sprinkler debi değeri ve minimum basınca göre elde edilen debi değerinden hangisi büyük ise hesaba o değer ile başlanmalıdır. Eğer ilk sprinkler debi değeri doğru tespit edilmezse, hidrolik hesabın bundan sonraki adımları doğru olmayacaktır[1].

2.4 Sürtünmeye bağlı basınç kayıpları

Sürtünmeye bağlı basınç kaybı (P_s , bar/m), Hazen Williams formülü kullanılarak hesaplanır. Sürtünmeye bağlı basınç kaybı; akış debisine (Q_m , lt/dk), pürüzlülük katsayısına (C), boru iç çapına (D , mm) bağlıdır. Hidrolik hesaplarda tesisatta kullanılacak boru cinsine ait pürüzlülük katsayısının, boru iç çapının ve cihazların basınç kayıplarının doğru şekilde girilmesi gereklidir.

$$P_s = 6.05 \times 10^5 \times (Q_m / C)^{1.85} / D^{4.87} \quad (\text{bar/m})(4)$$

2.4.1 Boru pürüzlülük katsayısı

Sprinkler sistemlerinde kullanılan boruların pürüzlülük katsayıları Tablo 2'de verilmiştir. [2].

Tablo 2. Boru Pürüzlülük Katsayıları (C)

Boru Tipi	Pürüzlülük Katsayısı (C)
Dikişsiz döküm demir veya düktil demir	100
İçi çimento kaplı düktil demir	140
Siyah Çelik Boru (Kuru borulu ve ön tepkili sistemler)	100
Siyah Çelik Boru (Islak borulu ve baskın sistemler)	120
Galvaniz Boru (Tümü)	120
Plastik -yangın onaylı (Tümü)	150
Bakır veya Paslanmaz Çelik	150

Boru pürüzlülük katsayısının iki farklı değerinin Hazen Williams formülüne girilmesi durumunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

C faktörü 120 alınarak, iç çapı 155.1 olan 100m borudan, 1900lt/dk su akışı sağlandığında, Hazen Williams formülüne göre edilen basınç kaybı 0.22 bar olmaktadır.

Ancak, C faktörü 120 yerine 100 alınırsa, elde edilen basınç kaybı 0.30 bar olmaktadır.

2.4.2 Boru iç çapı

Çelik boruların iç çapları Tablo 3'de verilmiştir[2].

Tablo 3. Çelik Boru İç Çapları Tablosu

Boru Anma Çapı (mm)	Dış Çap (mm)	Orta Seri Boru	
		İç Çap (mm)	Et Kalınlığı (mm)
25	33,7	27,2	3,2
32	42,4	35,9	3,2
40	48,3	41,8	3,2
50	60,3	53,0	3,6
65	76,1	68,8	3,6
80	88,9	80,8	4,0
100	114,3	105,3	4,5
125	139,7	129,7	5,0
150	165,1	155,1	5,0

İki ayrı standarda göre imal edilmiş boruya ait iç çap değerinin Hazen Williams formülüne girilmesi durumunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Boru iç çapı 155.1mm (TS EN 10255) ve C faktörü 120 olan 100m borudan, 1900lt/dk su akışı sağlandığında, Hazen Williams formülüne göre edilen basınç kaybı 0.22bar olmaktadır. Ancak, boru iç çapı 155.1mm yerine 161.6mm (Sch 10) alındığında, elde edilen basınç kaybı 0.18bar olmaktadır.

2.4.3 Toplam Eşdeğer Uzunluk

Boru uzunluğu, fittingslerin tipi ve miktarı, tesisat üzerindeki cihazların tipi ve miktarı hidrolik hesaba doğru girilmelidir. Boru üzerinde yer alan fittings ve diğer cihazların düz boru cinsinden eşdeğer uzunlukları Tablo 4'te verilmiştir. Ayrıca cihazların eşdeğer boru uzunluğu cinsinden basınç kayıpları üretici kataloglarından alınmalıdır[3].

Tablo 4. Çelik Boru Eşdeğer Boru Uzunluğu Tablosu

Fittings ve vanalar	Fittings ve Vanaların Eşdeğer Boru Uzunlukları (m)									
	25	32	40	50	65	80	100	150	200	250
90° standart dişli dirsek	0,77	1,00	1,2	1,5	1,9	2,4	3,0	4,3	5,7	7,4
90° kaynaklı dirsek (r/d =1,5)	0,36	0,49	0,56	0,69	0,88	1,1	1,4	2,0	2,6	3,4
45° dirsek	0,40	0,55	0,66	0,76	1,0	1,3	1,6	2,3	3,1	3,9
Te (akışta 90° dönüş)	1,5	2,1	2,4	2,9	3,8	4,8	6,1	8,6	11,0	14,0
Sürgülü vana	—	—	—	0,38	0,51	0,63	0,81	1,1	1,5	2,0
Alarm veya çek vana (swing tip)	—	—	—	2,4	3,2	3,9	5,1	7,2	9,4	12,0
Alarm veya çek vana (mantar tip)	—	—	—	12,0	19,0	19,7	25,0	35,0	47,0	62,0
Kelebek vana	—	—	—	2,2	2,9	3,6	4,6	6,4	8,6	9,9
Globe vana	—	—	—	16	21	26	34	48	64	84

Not: Bu tablodaki değerler, Hazen-Williams C katsayısı 120 olan borularla kullanılmalıdır.

Seçilen alandaki tüm boru, fittings, vana gibi cihazların aşağıda belirtilen durumlara uygun olarak hesaba katılması önemlidir. Aşağıdaki durumların hesaba katılmaması halinde hidrolik hesap sonuçlarında önemli düzeyde basınç kaybına bağlı hata oluşturmaktadır.

1. Fittings için eşdeğer boru uzunluğu belirlenirken, boru pürüzlülük katsayısı çarpan faktörü ile hesaplanmalıdır.

Tablo 5. C Katsayısı Çarpan Faktörü[3]

C Katsayısı Değeri	100	120	130	140	150
Çarpan Faktörü	0.713	1	1.16	1.33	1.51

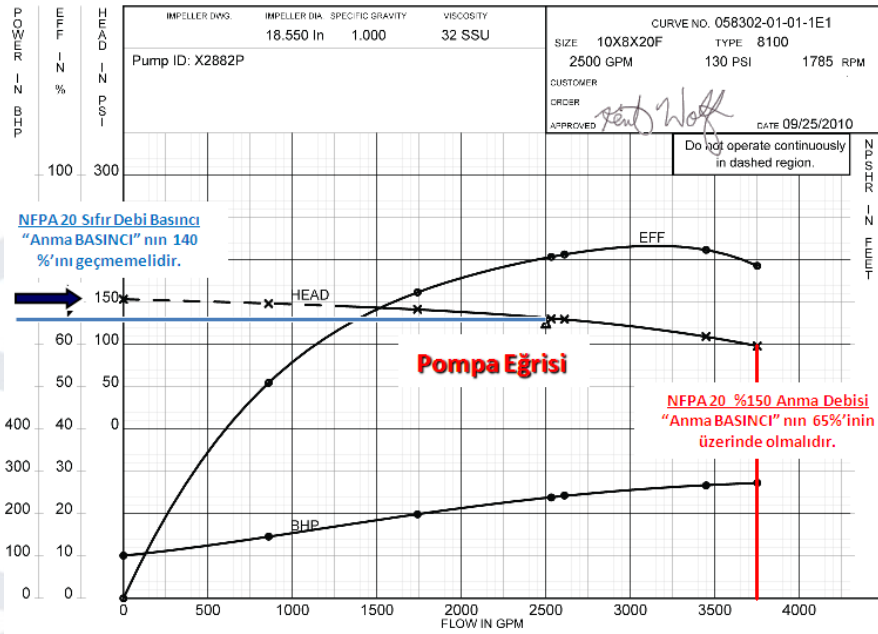
2. Te içindeki su akışı 90 derece yön değiştiriyorsa, te içinde meydana gelecek kayıp hesaba katılmalıdır.
3. Sprinkler branşman üzerine doğrudan monte ediliyorsa ve te ile sprinkler arasında nipel bulunmuyorsa, hesaba katılmaz.
4. Branşman borusu üzerindeki sprinkler uzatma borusu hesaba katılmalıdır.
5. Sprinkler bağlantı hortumları için basınç kaybı hesaba katılmalıdır.
6. Dirsekler dönüşten sonraki boru parçası üzerinde gösterilir.
7. Ana hatta saplanan Te her iki tarafındaki boru parçası üzerinde de gösterilir.
8. Ana hatlardan Te ile branşman alındığında Te branşman borusu üzerindeki kayıp olarak hesaba katılmalıdır.
9. Tüm cihazlar için basınç kaybı üretici firma katalog değerlerine uygun olarak kullanılmalıdır. Alarm vanası, kelebek vana, çek valf gibi cihazlar ile birlikte, dilatasyon geçişleri için basınç kaybı da üzerinde bulunduğu boru parçasında hesaba katılmalıdır.

2.5 Yükseklik farkına bağlı basınç kayıpları

Yükseklik farkına bağlı kayıplar, sistemdeki en fazla hidrolik kaybı oluşturur. Bu nedenle sistemdeki tüm hidrolik noktaların kotunun doğru olmasına dikkat edilmesi gereklidir. Özellikle engebeli arazilerde, birden fazla yapıya hizmet veren yangın pompa odalarının bulunduğu kotun doğru şekilde tespit edilmesine özen gösterilmelidir.

2.6 Pompa Eğrisinin Tespiti

Hidrolik hesaplara üretici firmanın pompa karakteristik eğrisinin girilmesi tavsiye edilmektedir. Örnek pompa eğrisi Şekil 2’de verilmiştir. Üretici firma değerlerinin tespit edilemediği durumlarda, seçilen pompa anma basıncı değerinin 1 bar üzerinde kabul edilmelidir. Pompa marka ve modeli belirlendikten sonra, hesapların üretici firma karakteristik eğrisine göre de kontrolü gereklidir. Pompa karakteristik eğrisinin hatalı girilmesi, hidrolik hesabın emniyet yüzdesinde hatalı sonuçlara sebep olmaktadır.



Şekil 2. Üretici Firma Pompa Eğrisi

2.7. İlave Su ihtiyaçları

Sprinkler sistemine ilave edilmesi gereken ilave su ihtiyaçları Tablo 6’ da verilmiştir.

Tablo 6. Yangın Dolapları ve Hidrant Sistemi için ilave Su İhtiyaçları [4].

Bina Tehlike Sınıfı	İlave edilecek	İlave edilecek
---------------------	----------------	----------------

	Yangın Dolabı Debisi (lt/dk)	Hidrant Debisi (lt/dk)
Düşük tehlike	100	400
Orta Tehlike-1-2	100	400
Orta Tehlike-3-4	100	1000
Yüksek Tehlike	200	1500

Yönetmelik gereği, 25mm hortum sistemlerinde minimum 4 bar basınç istenmektedir. Yönetmelikte verilen basınç değerinin, yangın dolaplarının sprinkler sistemine bağlandığı noktada sağlanması halinde, sprinkler sistemi için basınç ve debi değerini yüksek miktarda arttırmaktadır. Ayrıca NFPA 13'e göre, hortum ihtiyacı olan debi, sprinkler sisteminin sağlayabildiği basınçta (sprinkler sistemine hortum bağlantısının yapıldığı noktadaki basınçta) sağlanmalıdır. Yangın dolaplarının sprinkler tesisatından beslendiği sistemlerde, hidrolik hesapta dolap açılmaz. Dolaplar ve hidrantlar için su ilavesi kaynağa yapılır.

Hidrolik hesap yapılırken yapılan hatalardan biri de itfaiye su alma ağız su ihtiyacının dikkate alınmamasıdır. Hidrolik hesapların itfaiye su alma ağız vanasının sprinkler sistemi kolon borusu üzerinden alındığı noktada, 400lt/dk debiyi en az 4 bar basınç sağlayacak şekilde yapılması gerekir. Hesap yapılan binanın kullanım sınıfı ve yangın riskine göre daha yüksek değerler ve çok sayıda vananın açılması yetkililer tarafından istenebilmektedir.

Bazı yangın senaryoları su perdesi ile sprinkler sisteminin aynı anda çalışmasını gerektirebilir. Bu durumların hidrolik hesaplarda gözden kaçırılmaması ve gerekli su ihtiyacının sistem ihtiyacına ilave edilmesine dikkat edilmelidir.

3. HİDROLİK HESAP RAPORLARINDA KONTROL EDİLMESİ GEREKEN KONULAR

Hidrolik hesaplarda kontrol edilmesi gerekli konular, yönetmelik çerçevesinde ele alınarak aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

3.1. Bir Sprinklerden Akan Su Debisi

Hidrolik hesap raporlarında, bir sprinklerden akan en düşük su debisi, sprinkler koruma alanına bölünerek hesapla belirlenen yoğunluğunun, gerekli tasarım yoğunluğunu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir.

3.1. Yangın Pompası Sıfır Debi Basıncı

Yangın pompası eğrisi üzerinde sıfır debi basıncının, pompa anma basıncının % 140'ını geçip geçmediği kontrol edilmelidir [4]. Ayrıca, pompaların sıfır debideki basıncı ile statik emiş basıncı toplamının sistem elemanlarının maksimum basıncının üzerine çıkması durumunda, sistem elemanlarının yüksek basınca maruz kalacağı dikkate alınmalıdır. Çoğu durumda, basınç kayıpları düşük tutularak boru çapı belirlenen ve pompa karakteristik eğrisinin sistem tasarımında uygun olarak seçildiği iyi uygulanmış tasarımlarda, sıfır debide yüksek basınç problemi ile karşılaşılmaz.

3.2. Su Hızı Limitleri

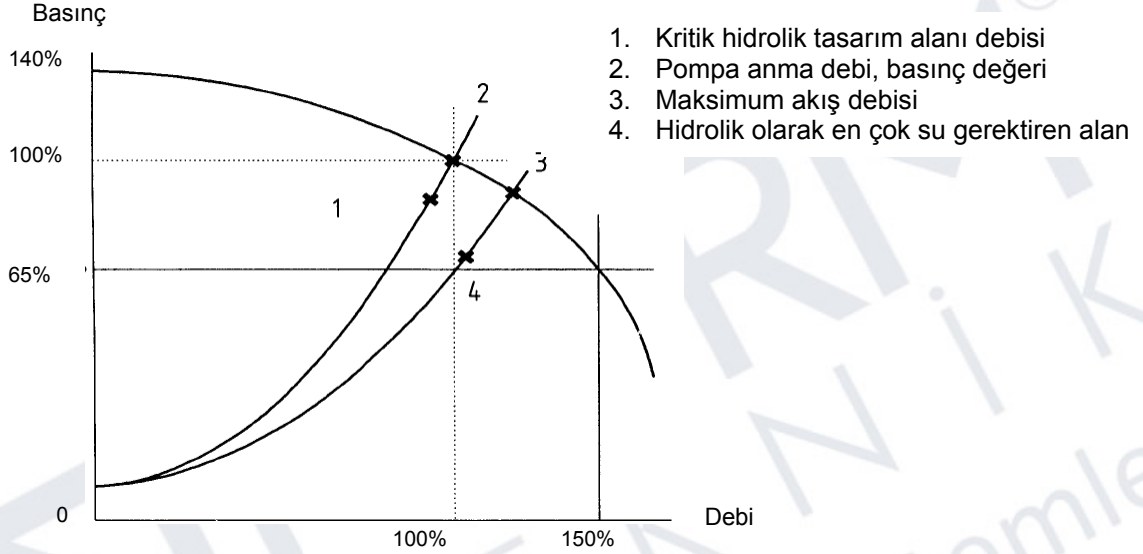
Su hızı Hazen Williams formülünün bir fonksiyonudur. Her boru parçasındaki su hızı kontrol edilerek, herhangi bir vana veya debi ölçüm cihazında 6 m/sn, herhangi bir noktadaki su hızı limiti 10 m/sn'i geçmemelidir[5]. Aynı zamanda en fazla basınç kaybının görüldüğü boru parçaları kontrol edilerek, çaplarda iyileştirme yapılabilmektedir.

3.3. Debi Kontrolü

Hidrolik hesap sonucunda elde edilen sistem su ihtiyacı, pompa anma basıncının %130'u üzerinde olmamalıdır. [4]. En yakın bölge için yapılan hidrolik hesap en yüksek debi değerini vermektedir. En yakın bölge hesabında elde edilen debi değerinin, pompa anma basıncının %130'unun üzerinde kalmadığı kontrol edilmelidir.

3.4. Emniyet Yüzdesi

Kritik hidrolik alan debi ihtiyacı ile pompa debisi arasında en az 0,5 bar olmak üzere, %10'u geçmemelidir[3]. Emniyet yüzdesi için öncelikle kritik hidrolik alanın debi ve basınç ihtiyacı belirlenir. Şekil 3'de tipik pompa eğrisi verilmiştir. 1 numaralı nokta sistemin kritik alandaki hidrolik su ihtiyacını gösterir.



Şekil 3. Tipik Pompa Eğrisi

SONUÇ

Bu değerlendirme sonrasında aslında hidrolik hesaplarda çeşitli konularda yapılan hatalara bir bütün olarak bakıldığında toplamda çarpıcı düzeyde hatalı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden kullanılan bilgi kaynaklarının ve kullanılan yazılımların güncel olması önemli bir konudur.

KAYNAKLAR

- [1] NFPA, "Standard for the Installation of Sprinkler Systems, 2010 Edition
- [2] TS EN 10255/2007, "Kaynak etmeye ve dış açmaya uygun alaşımsız borular"
- [3] Fixed firefighting systems – Automatic Sprinkler Systems – Design, installation and Maintenance, BS EN 12845:2004+A2:2009
- [4] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2009
- [5] Robert M.GAGNON., "Designer's Guide to Automatic Sprinkler Systems", SFPE, NFPA, 2005.
- [6] Factory Mutual Insurance Company, "Hydraulics of Fire Protection Systems", FM, 2010.