

ÖNSÖZ

Bu ders notu, K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümünde okutulmakta olan Tesisat Tekniği ve Doğal Gaz derslerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Ders notu, binalar için temiz soğuk ve sıcak su, pis su, yağış suyu, doğal gaz, LPG, baca ve yangın tesisatlarının hesaplanması ve projelendirilmesi konularını kapsamaktadır.

Temiz soğuk ve sıcak su, pis su ve yağış suyundan oluşan tesisat bütünü *sıhhi tesisat* olarak adlandırılır. Binaların yukarıda bahsedilen tesisatları ile ilgili oldukça yayın bulunmaktadır. Özellikle Makina Mühendisleri Odası ve değişik firmalar tarafından yayınlanan kitapların pek çoğu, konuları itibarıyla içiçe geçmiş ve akıcı olmayan bir şekilde sunulmuştur. Ayrıca, bu yayınlarda mevcut olan hatalar, gözden geçirilmeden, daha sonraki baskılarında aynı şekilde kalmıştır.

Bu ders notunun hazırlanma amacı, bina tesisatlarının hesaplanması ve projelendirilmesi ile ilgili olarak, özellikle Makina Mühendisliği Bölümü öğrencilerine ve bu konu ile ilgilenenlere toplu ve öz bilgi vermektir.

Trabzon, 2013

Prof. Dr. Ertan BAYDAR

Doç.Dr. Yücel ÖZMEN

1. GİRİŞ

Binalar, kullanım amaçlarına göre, değişik tesisatlarla donatılmışlardır. Bilimin uygulanabilirliğinin ölçütü olan ve insanlığın konforunun artırılmasını amaçlayan teknolojinin, sürekli olarak gelişmesi ve yenilenmesi, tesisat tekniğine de yansımaktadır. Teknolojinin kullanılması sırasında bilimsel kurallara uyulması, istenilen sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Binalar, konut, otel, işyeri, fabrika gibi değişik tipte yapılmakta ve çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Buralarda yaşayan ve çalışan insanlar için; temiz soğuk ve sıcak suyun gerekli miktarda ve istenilen kalitede sağlanması, kullanılmış suyun sağlıklı bir şekilde yaşanan ortamdan uzaklaştırılması, iklim şartlarına göre yeterli ısıнын oluşturulması gibi konfor şartlarının oluşturulması gerekmektedir. Binalar, yukarıda belirtilen istemleri karşılamak amacıyla çeşitli tesisatlarla döşenir. Ancak bu tesisatlar işlevsel yapılmadığında, önemli sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak mühendislik hizmetleri, toplum yaşamının her alanına yaygın bir şekilde sunulmaktadır. Makina Mühendisliğinin bir uzmanlık dalı olan Tesisat Mühendisliği son yıllarda proje, yapım ve işletme yönünden önem kazanmıştır. Tesisat Mühendisliği ile ilgili hizmetler, değişik amaçlı binaların yapımında kalite ve verimliliği arttırmakta ve bu alanla ilgili yasa, yönetmelik, şartname ve standartların oluşmasını sağlamaktadır. Toplum yaşamında güvenilir, kaliteli, ekonomik ve sağlıklı yapılar oluşturulmasında, öncelikle gerekli kriterler göz önünde bulundurularak doğru bir projelendirmenin yapılması ve projenin uygulanması sırasında da sürekli bir denetimin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Denetime yönelik olarak oluşturulan TUS (Teknik Uzman Sorumluluğu) sistemi, amacına uygun olarak yürütülememektedir. Bu sistemin etkinleşmesinde ana sorumluluk, tesisat alanında çalışan mühendislere düşmektedir.

Bu eserde, binaların sırasıyla soğuk ve sıcak temiz su tesisatı, pis su ve yağış suyu tesisatı, doğal gaz ve LPG tesisatı, baca ve yangın tesisatı konuları yer almakta; tesisatların hesaplanmasında kullanılan farklı yöntemler, ilgili standartlarla birlikte ayrıntılı olarak verilmektedir.

2. TEMİZ SOĞUK SU TESİSATI

Temiz soğuk su tesisatı, temiz suyun sağlanması, depolanması, yumuşatılması, basınçlandırılması ve dağıtıcı borular ile birlikte çeşitli aygıt ve donatılardan oluşmaktadır. Bina içinde değişik su akıtma yerlerine ve çeşitli cihazlara istenilen şartlarda suyu getirecek olan boruların çaplarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2.1. Su ve Özellikleri

Yeryüzünün büyük bir kısmını dolduran hidrojen ve oksijen gazlarından oluşan su, canlıların yaşamı üzerinde tartışılmaz öneme sahiptir. İçilebilecek ve çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Sağlıklı su miktarı fazla değildir. Doğada saf halde bulunmayan suyun içinde elde edilmiş tarzına, geçtiği tabakaların özelliklerine göre çeşitli maddeler bulunmaktadır. Suyun kalitesi; fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve mikroskobik özelliklerine göre değişebilmektedir.

2.1.1. Suyun Fiziksel Özellikleri

Suyun fiziksel özellikleri, sıcaklığı, rengi, berraklığı, kokusu ve tadı ile ilgilidir. İçme suyunun sıcaklığı 7-12°C arasında olmalıdır. Su içinde erimiş ve asılı halde bulunan peltemsi organik maddeler suya renk verirler. Suyu bulanık hale getirebilen bu maddeler, zamanla tesisat araç ve gereçlerinde çökeltme sonucu tortu oluşumuna neden olurlar.

Yosun vb. organizmaların salgıları, eriyik haldeki H_2S , ayrışma halindeki organik maddeler, serbest klor ve çeşitli sanayi artıkları suya hoş olmayan koku verirler. Su içinde erimiş halde bulunan O_2 ve CO_2 ise suyun tadına hoş bir lezzet katarlar.

2.1.2. Suyun Kimyasal Özellikleri

Suda bulunan bazı asitlerin tuzları, O_2, CO_2, H_2S, N_2 gibi gazlar suya değişik özellikler kazandırır. Kalsiyum ve magnezyum tuzlarının verdiği özellik “sertlik” olarak tanımlanır.

Kalsiyum bikarbonat [$Ca(HCO_3)_2$] ve magnezyum bikarbonat [$Mg(HCO_3)_2$] maddelerinin verdiği sertlik “Geçici sertlik veya karbonat sertliği” olarak tanımlanır. Bu sertlik, suyun kaynatılması ile giderilebilir.

Kalsiyum sülfat ($CaSO_4$) ve magnezyum sülfat ($MgSO_4$) maddelerinin verdiği sertliğe “Kalıcı sertlik veya karbonat dışı sertlik” denilmektedir.

Bu iki sertliğin toplamı, “toplam sertlik” olarak adlandırılır. Sertliğin ölçülmesinde birim hacimde erimiş halde bulunan kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) miktarı esas alınmaktadır.

1 lt su içindeki 10 mg $CaCO_3$ bir Fransız sertlik derecesi ($1^\circ FrS$) olarak tanımlanmıştır.

$$1^{\circ} FrS = 10mgCaCO_3 / ltsu = 11.4mgCaCl_2 / ltsu$$

Diğer bir sertlik ölçüsü olan Alman sertlik derecesi ($^{\circ}D$) ile Fransız sertlik derecesi arasında, $1(^{\circ}D) = 0.56(^{\circ}FrS)$ şeklinde bir ilişki vardır. Fransız sertlik derecesine göre suyun sertliği Tablo-2.1 deki gibi sınıflandırılır. Konutlarda kullanılan su için en uygun sertlik derecesi $15^{\circ} FrS$ düzeyindedir.

$^{\circ}FrS$	Sertlik tipi
0-6	Çok yumuşak
7-14	Yumuşak
15-22	Biraz sert
23-32	Oldukça sert
33-54	Sert
55-	Çok sert

Tablo – 2.1: Suyun Fransız sertlik derecesine göre sınıflaması

2.1.3. Suyun Bakteriyolojik ve Mikroskobik Özellikleri

Su içinde, genellikle yerüstü sularında, bakteri ve mikrop gibi organizmalar bulunabilmektedir. Koliform grubu olarak adlandırılan tifo, paratifo, dizanteri ve kolera gibi zararlı mikroplar için, sudaki koliform sayısı $10 / lt - su$ değerini geçmemelidir.

2.1.4. Suyun Potansiyel-Hidrojen Özelliği

Bu özellik suyun asitlik derecesini belirtir ve PH ile gösterilir



PH derecesine göre su, aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

$PH < 7$	: Asitli
$PH = 7$	: Nötr
$PH > 7$	: Alkali

2.2. Suyun Temizlenmesi ve Yumuşatılması

Su içerisinde bulunan maddeler, suyun kaynağına ve geçtiği tabakaların özelliklerine göre çeşitlilik göstermektedir. Bunlar arasında sağlığa zarar verebilecek organizmalar kadar suyun görünüşünü bozan ve içimini zorlaştıran maddeler de bulunabilmektedir. Bu nedenle, suyun zararlı maddelerden temizlenmesi ve standartların öngördüğü koşullara getirilmesi gerekmektedir. Yaygın olarak kullanılan temizleme işlemleri durulma, havalandırma, süzme ve dezenfektasyondur. Bunların dışında su, demir ve manganın ayrılması, sertliğinin giderilmesi gibi işlemlerden de geçirilebilmektedir.

2.2.1. Durulma

Bu işlem, suda asılı ve kolloidal (yapışkan) maddelerin çöktürülmesi için mekaniksel ve kimyasal olarak iki türlü yapılabilmektedir.

Mekanik olarak yapılan durulma işleminde su, derinlikleri 2 ile 5 m arasında değişebilen havuzlarda 2 m/s ile 10 mm/s arasında değişen akış hızlarında bulanıklık derecesine göre 4 – 24 saat arasında bekletilmektedir.

Kimyasal durulmada işlemi hızlandırmak için suya, pıhtılaştırıcı olarak adlandırılan alüminyum sülfat $[Al_2(SO_4)_3]$, demir iki sülfat $[Fe(SO_4)_2]$, demir üç klorür $(FeCl_3)$, sodyum alüminat $(Na_2Al_2O_4)$ ve kireç gibi maddeler katılmaktadır.

2.2.2. Havalandırma

Genellikle yer altı sularında bulunan hidrojen sülfür (H_2S) ve kükürtdioksit (SO_2) gibi gazların oluşturabileceği asitlerden suyu arındırabilmek için havalandırma işlemi yapılır. Bu işlemde su; kok, tuğla, taş parçaları veya özel hazırlanmış ızgaralar üzerinden ince bir tabaka halinde akıtılarak ya da fıskiye şeklinde püskürtülerek bol hava ile temas ettirilmektedir.

2.2.3. Süzme

Durulma işlemine karşın su içinde kalmış olan asılı maddeleri ayırmak amacıyla yapılan süzme işleminde genellikle kum kullanılmaktadır. Süzme işlemi sırasında sudaki asılı ve yapışkan maddeler kum taneleri arasında pıhtımsı bir zar meydana getirerek istenmeyen organizmaların tutulmasını da sağlarlar. Kum taneciklerinin büyüklüğü, kum tabakasının kalınlığı ve suyun akış hızı işlemi büyük ölçüde etkiler.

Kum iriliğinin 0.5-1 mm, kum tabakasının kalınlığının 0.7-1.2 m ve suyun akış hızının 0.05-0.25 m/saat olduğu durum, yavaş süzme olarak adlandırılır. Hızlı süzmede kum iriliği 0.35-0.6 mm, kum tabakası kalınlığı 0.65-1 m ve suyun akış hızı 5-10 m/saat dir.

2.2.4. Dezenfektasyon

Temizleme işlemlerinde zararlı organizmalar kısmen azaltılmaktadırlar. Özellikle mikropların yok edilmesi için suyun dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Bunun için suyun kaynatılması, şehir veya bina ölçeğinde ekonomik değildir. Klorlama, ozonlama veya morötesi (ultraviyole) ışıklardan geçirme yöntemleri uygulanır. En çok uygulanan yöntem gaz veya sıvı haldeki klorun suya verildiği klorlama işlemidir.

2.2.5. Yumuşatma

İçme ve kullanma açısından uygun olmayan sertlik derecesi yüksek sular, genellikle kireç-soda ve iyon değişirme gibi yöntemlerle yumuşatılmaktadır.

Kireç-soda yöntemi, suya kireç katılarak sertliği gidermede bilinen eski bir yöntemdir. Karbonat sertliğinin giderilmesinde suya kireç sütü $[Ca(OH)_2]$ katılır. Karbonat dışı sertliği gidermek için de kireç sütüne ek olarak soda (Na_2CO_3) kullanılmaktadır.

İyon değişirme yöntemi, suya sertlik veren kalsiyum ve magnezyum iyonlarının sodyum ya da hidrojen iyonları ile yer değiştirmesi ilkesine dayanmaktadır. İyon değiştirici olarak sodyum zeolit (Na_2Z) veya hidrojen zeolit (H_2Z) kullanılmaktadır.

Türkiye’de içme suyu ile ilgili standarta göre, içme suyu içinde bulunabilecek kimyasal maddelerin üst sınır değerleri Tablo-2.2 de verilmiştir.

Su içinde bulunabilen maddeler		mg/lt
Kimyasal maddeler	Klor	250
	Sülfat	250
	Kalsiyum	100
	Magnezyum	50
	Sodyum	175
	Potasyum	12
	Alüminyum	0.2
İstenmeyen maddeler	Nitrat	45
	Demir	0.3
	Mangan	0.05
	Bakır	1.5
	Çinko	3
	Amonyak	0.05
	Bor	0.3
	Nitrit	0.05
	Fenolik madde	0.02
	Arsenik	0.01
Zehirli maddeler	Krom	0.05
	Civa	0.001
	Siyanür	0.01
	Kadmiyum	0.003
	Kurşun	0.01
	Antimon	0.005

Tablo-2.2: Su içinde bulunabilen maddelerin üst sınır değerleri [3]

2.3. Temiz Su Tesisatının Elemanları

Bir binanın temiz su tesisatı; borular ve ekleme parçaları, akış kesiciler ve basınçlandırma düzenekleri, sayaçlar ve su akıtma yerlerinden oluşmaktadır.

2.3.1. Borular ve Ekleme Parçaları

Borular ve ekleme parçaları temiz su tesisatında suyu bina içine dağıtmak için kullanılan elemanlardır. Borular ; dökme demir, galvanizli çelik, plastik (polivinil klorür ve polietilen) bakır, pirinç, kurşun, beton ve asbestli çimento malzemeden üretilirler.

Dökme demirden yapılmış borular daha çok şehir şebekesinde kullanılırken, bina içi tesisatta genellikle galvanizli çelik borular kullanılmaktadır. 15-150 mm arası çaplarda 6-6.5 m uzunluğunda dikişli ya da dikişsiz olarak imal edilen çelik borular vidalı bağlantılarda birbirine eklenirler.

Polivinil klorür (PVC) ve polietilen (PE) esaslı plastik borular, son yıllarda oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır. Korozyondan etkilenmemeleri ve bağlantılarının kolay yapılabilmesi gibi üstünlüklere sahiptirler.

Genellikle cihaz bağlantılarında kullanılan bakır borular antiseptik özelliğe sahiptirler. Kurşundan yapılmış borular eskiden pis su tesisatında tercih edilirdi. Günümüzde, sağlık açısından tehlikeli olan, kurşun ve asbestli çimento borular temiz su tesisatında kullanılmamaktadır.

Şekil 2.1 de görülen ekleme parçaları ; dirsek, T-parçası, istavroz, manşon, rakor, nipel, redüksiyon, kontrasomun ve tapa gibi elemanlardan oluşur.

Borular



Çelik borular



Plastik borular



DİRSEK : Dirsekler borulara köşe döndürmede yada istikamet değıştirmede kullanılır. 45 derece ve 90 derece olanları vardır



T-parçası : Bir borudan iki çıkış almak için kullanılır.



KRUVA (ISTAVROZ) : Istavrozlar kullanılarak bir girişten 3 çıkış alınır.



MANŞON

Manşonlar boruları birleştirmekte kullanılan içi dişli malzemelerdir. Plastik, galvanizli ve çelik tipleri vardır.



NİPEL

Nipelier manşonlarla birlikte kullanılır. Boruları birleştirmede işe yararlar. Galvanizli ,plastik yada çelik olabilirler. İki tarafı dişli yada tek tarafı dişli olabilir. Resimde gördüğünüz nipel galvanizli ,çift taraflı ve altı köşedir. Altı köşesi nipelilerle anahtarla tutmak için iyidir. Ancak köşesi olmayan silindirik nipelilerde vardır.



RAKOR

Üç parçadan oluşan ve boruların eksenleri etrafında döndürülmesine gerek duyulmadan bağlantı yapılmasını sağlayan bir bağlantı parçasıdır. Sıkılması ve sökülmesi kolaydır. Su ısıtıcısı, sayaç, bas, ara musluğu, bahçe musluğu, sifon vb. yerlerde su kullanılan çok çeşitli rekorlar vardır.



REDÜKSİYON

Redüksiyonlar boru çapını değiştirmede kullanılır. Örneğin 2"-1 1/4" redüksiyon dediğinizde 2" boru ile 1 1/4" boruyu birleştirebilirsiniz. Giriş 2" iken çıkış 1 1/4" e düşer



KÖR TAPA : Kör tapalar boruları sonlandırmada kullanılır. Resimdeki kör tapa erkektir ve bir dişi manşona monte edilerek boru sonlandırılır.



Şekil-2.1: Temiz su tesisatında kullanılan çeşitli ekleme parçaları

2.3.2. Akış Kesiciler ve Basınçlandırma Düzenekleri

Bir tesisattan suyun alınabilmesinde, debi ve basıncının kontrol edilebilmesinde ve kesilmesinde akış kesici elemanlar kullanılır. Bunların bir kısmı boruların içinde veya arkasında (vana, valf, güvenlik vanaları, çekvalf) bir kısmı boruların uç noktalarında (musluk, armatür, flatör, tıkaç, bas, vantuz) bulunurlar.

Vanalar dökme demir, çelik, prınç, bronz, gibi malzemelerden yapılırlar. Karınlı, sürgülü, küresel, tersimez (çekvalf), güvenlik, yüzer toplu (flatör), bas, vantuz adı verilen çeşitli tipleri vardır. Vantuz, tesisattaki havayı almak için, çekvalfler akışın bir yönde geçişini sağlamak için kullanılan vana tipleridir. Vanalar, akışın kesilmesinde, miktarının ve basıncının ayarlanmasında kullanılan elemanlardır.



Küresel vana



Sürgülü vana



Çek valf



Emniyet ventili



Bas

İç düzenekleri karınlı vanalara benzeyen musluklar prinç ve çelik malzemeden genellikle krom kaplama olarak imal edilirler ve tesisatın uç noktalarında bulunurlar. Sıcak ve soğuk su çıkışını bir arada sağlayan musluklara armatür adı verilmektedir.

Tesisattaki suyun basıncının yetersiz olduğu durumlarda depo ve hidrofor gibi basınçlandırıcı düzenekler kullanılmaktadır.



Musluk



Armatür (Batarya)

2.3.3. Sayaçlar

Bir binada aboneler tarafından kullanılan suyun miktarının belirlenmesini sağlayan elemanlardır. Çalışma düzenlerine göre hacimsel ve hız sayaçları olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar.

Hacimsel sayaçlar dönel pistonlu aygıtlar olup, kuru ve ıslak tip olarak imal edilirler. Kuru tiplerinde ölçme mekanizması suyla temas etmezken, ıslak tiplerde temas vardır. Hacimsel sayaçlar, hacmi belirli olan bir hücrenin dolma-boşalma sayısının okunmasına göre çalışırlar.

Türbinli veya pervaneli olarak üretilen hız sayaçları da kuru veya ıslak tipte olabilirler. Belirli bir kesit alanından geçen suyun hızına göre su miktarının ölçülmesi prensibine göre çalışırlar.

Su sayaçları TS824 e göre AY3, AY5, AY7, AY10, AY20 olarak sınıflandırılırlar. Örneğin, AY3 anma debisi $3m^3 / saat$ olan sayacı ifade etmektedir. 10mSS değerinde bir basınç kaybına uğramak koşulu ile 1 saatlik zaman süresince sayaçtan geçebilen m^3 birimindeki en az su miktarı, anma debisi olarak tanımlanmaktadır.

Su sayaçları belirli sınırlar içinde hatalı ölçme yapabilmektedirler. Standartlara göre, anma debisinin %5 ve daha küçük değerlerinde ölçme hatasının $\pm \%5$, daha büyük debilerde en çok $\pm \%2$ civarında olması gerekmektedir. Tesisat boru çapı hesaplanmasında standartlar, sayaçta oluşacak basınç kaybını 5mSS olarak öngörmektedirler.



2.3.4. Su Akıtma Yerleri

Su akıtma yerleri, temiz su tesisatının uç noktasında ve pis su tesisatının başlangıcında bulunurlar. Lavabo, eviye, küvet, duş teknesi, hela taşı, klozet, pisuvar ve yer süzgeci şeklinde sınıflandırılırlar. Yüzeylerinin kir tutmayacak şekilde pürüzsüz, su geçirmez özellikte ve görünüşlerinin estetik olması gereken bu elemanlar; sırla kaplanmış seramik malzemeden, çinko ve sac üzerine emaye kaplama ve paslanmaz çelikten üretilirler.

El ve yüz temizliği için kullanılan lavabolar çeşitli büyüklüklerde duvar montajlı veya ayaklı olarak yerleştirilebilirler. Lavaboların döşemeden yüksekliği yetişkinler için 80-85 cm ve küçükler için 55-60 cm civarında olmalıdır. Lavabonun mutfaklarda bulaşık amaçlı olarak kullanılan tipi eviye olarak adlandırılır. Eviyeler tek veya çift gözlü ve damlalıklı olarak üretilirler. Eviyenin üst kenarının döşemeden yüksekliği 80-90 cm arasında olmalıdır.



Lavabolar



Engelliler için lavabo



Eviye

Banyo küvetleri, dökme demir veya sac üzeri emaye kaplama olarak çeşitli boy ve tipte gömme ve oturmalı olarak üretilirler. Hela taşları, alaturka ve alafranga (klozet) olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Alaturka hela taşına su akıtmak için rezervuar veya bas kullanılır. Sifonları kendi içinde bulunan klozetler, ayaklı veya duvara bağlantılı, rezervuarlı veya rezervuarsız şekilde imal edilirler.



Küvet



Duş teknesi



Klozet



Engelliler için klozet



Hela Taşı



Pisuar



Yer süzgeci

2.4. Bina İçi Temiz Su Tesisatı

Bina içi temiz su tesisatı, şehir su şebekesinden binaya giren bağlantı borusundan başlayarak, dağıtım boruları, kolonlar, branşmanlar, bağlantı boruları, vanalar, musluklar ve gerekli olduğunda basınçlama deposundan oluşmaktadır. Temiz su tesisatında kullanılan işaret ve semboller Tablo-2.3 de verilmiştir.

Bir binanın hesaplanan ve projelendirilen temiz su tesisatı döşenirken, aşağıda açıklanan kurallara uyulması gerekmektedir.

- Tesisattaki suyun gerekli durumlarda boşaltılmasını sağlamak amacıyla, yatay borulara sayaç yönünde %1 eğim verilmelidir.
- Tesisat devreleri binanın giriş, kolon gibi taşıyıcı elemanlarından geçirilmemelidir. Arıza ve onarım durumu göz önüne alınarak borular kolay erişilebilecek bir şekilde döşenmeli ve kolon olarak adlandırılan düşey borular olanaklar dahilinde özel olarak yapılmış tesisat kanalları içine yerleştirilmelidir.

- Binadaki her katın veya her bağımsız bölümün tesisatı diğer bölümlerden ayrı olarak vanalarla kontrol edilebilmelidir. Vanalar, güvenlik bağlantıları ve kontrol elemanları kolay ulaşılabilir biçimde yerleştirilmelidir.

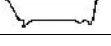
- Tesisatı oluşturan borular duvar yüzeyi üzerinden veya duvar ve döşeme içine döşenebilmektedir. Duvar yüzeyi üzerinden açıktan döşenen boruların duvar yüzeyine paralel olması ve birden fazla boru varsa, borular arasındaki mesafenin de aynı olması gerekir.

- Soğuk ve sıcak su boruları ve batarya tipi musluklarda; soğuk suyun sağ tarafta, sıcak suyun sol tarafta olması gerekir.

- Don tehlikesi olan bölgelerden geçen borular duvar içine gömme olarak döşenmeli ve yalıtım maddeleri ile kaplanmalıdır.

- Ani olarak kapanan bir musluk veya vana nedeniyle tesisatta basıncın artması ve dalgalanması sonucu koç vuruşu olarak adlandırılan gürültü meydana gelebilir. Ayrıca akış hızının yüksekliği de hışırtı şeklinde gürültüye neden olabilir. Bu durumlarda basınç düşürme vanaları kullanılmalı ve suyun akış hızı azaltılmalı veya boru çapları büyütülmelidir.

- Bina içinde nemli ve sıcak bölgelerden geçen soğuk su borularının üzerinde terleme adı verilen su buharı yoğunlaşması oluşabilir. Böyle bölgelerin havalandırılması gerekir.

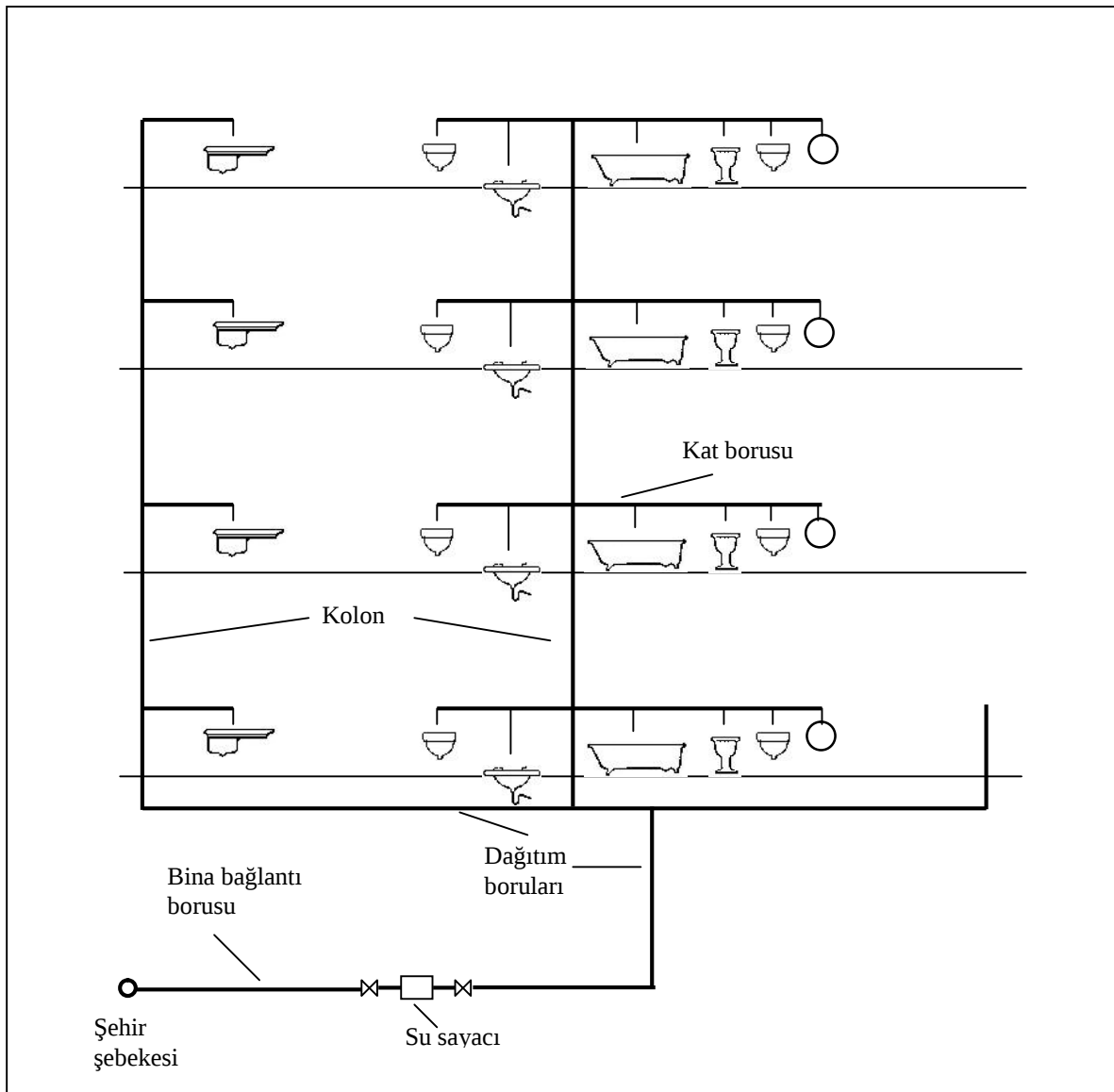
Boru ve ekleme parçaları		Cihazlar	
Soğuk su borusu	— —	Lavabo	
Sıcak su borusu	- - - - -	Eviye	
Dolaşım borusu	- - - - -	Küvet	
Flanşlı boru bağlantısı	— —	Duş teknesi	
Rakorlu boru bağlantısı	— B —	Klozet	
Havalandırma borusu		Hela taşı	
Vana	⋈	Bulaşık makinası	
Sürgülü vana	⋈	Çamaşır makinası	
Üç yollu vana	⋈	Şofben	
Çek valf		Su sayacı	
Basınç düşürücü		Musluk	
Hava alma musluğu			

Tablo-2.3 : Temiz su tesisatında kullanılan işaret ve semboller

Bina temiz su tesisatı şematik olarak Şekil-2.2 de görülmektedir. Bina tesisatını şehir şebekesine bağlayan ve yaklaşık 1 m derinlikte döşenen bağlantı borusunun çapı 25 mm (1”) den küçük olmamalıdır. Genellikle bina girişine veya merdiven altına konulan su sayaçları yanyana ve üstüste yerleştirilebilirler. Dağıtım boruları, suyun kolonlara iletilmesini sağlarlar.

Kolonlar, binanın üst katlarına doğru suyun dağıtılmasını sağlayan borulardır. Binada ıslak mekanlar olarak adlandırılan mutfak, banyo ve tuvaletin yerleşimine ve birbirine yakınlığına ayrıca, binanın tek ve daha fazla daireli olmasına göre birden fazla sayıda kolon olabilir.

Kat boruları, binanın katları ve daireleri içinde döşenen borulardır. Bu borular döşeme altından veya duvar içinden geçirilerek bir musluk veya bir cihaz bağlantısı ile sonlanırlar.



Şekil-2.2: Temiz su tesisatının bölümleri

2.5. Temiz Su Tesisatının Hesaplanması

Bir binanın temiz su tesisatının hesaplanması, su akıtma yerlerinde bulunan musluk ve cihazlara standartların öngördüğü koşullarda su sağlamak için, boru çaplarının belirlenmesine dayanmaktadır. Suyun tesisatta dolaşmasını sağlayan boruların çapları belirlenirken, akış hızı ve basıncının uğultu ve gürültü oluşturmayacak sınırlar içinde kalması göz önüne alınmalıdır. Bu etkenlerin yanı sıra gereğinden büyük boru çaplarının seçilmesi de tesisatı ekonomik olmaktan uzaklaştıracaktır.

Su sayacından itibaren başlayan temiz su tesisatında boru çaplarının belirlenmesi, suyun akışı sırasında oluşan basınç kayıplarının belirli sınırlar içinde kalması esasına dayanır. Basınç kayıpları boru malzemesine, borudan geçen suyun debisine, yerel kayıp oluşturan elemanların sayısına ve su sayacına göre değişebilmektedir.

2.5.1. Su Tüketiminin Belirlenmesi

Temiz su tesisatında herhangi bir yerdeki musluktan akması gereken su miktarı, o noktadaki suyun basıncı ve musluk çapı ile belirlenir. Ancak uygulamada bir musluğun kullanılma sıklığı, süresi belirli olmayıp, bir binadaki muslukların aynı anda kullanılma olasılıkları da değişebilmektedir. Bundan dolayı musluk ve aygıtlarda tüketilen su yükleme birimi esasına dayanan standart bir yöntemle belirlenmektedir. n , yükleme birimi sayısını göstermek üzere bir tüketim yerindeki debi

$$\dot{V} = 0.25\sqrt{n} \quad [\text{lt/s}] \quad (2.1)$$

bağıntısı ile verilmektedir.

2.5.2. Şebeke Basıncı, Su Sayacı Basınç Kaybı, Akma Basıncı

Şebeke Basıncı (P_s): Bina temiz su tesisatı başlangıcındaki basınçtır. Tesisatın şehir su şebekesinden beslenmesi durumunda, şebeke basıncı genellikle 40mSS olarak ; bir basınçlama deposu (hidrofor) ile beslenmesi durumunda hidroforun işletme alt basıncı göz önüne alınmalıdır.

Sayaç Basınç Kaybı ($DP_{\text{sayaç}}$): Su sayaçlarında oluşan basınç kaybı, sayacın büyüklüğüne göre değişmektedir. Genellikle, sayaçlardaki basınç kaybı 5mSS olarak alınır.

Akma Basıncı (P_{akma}): Suyun istenilen bir hızda akabilmesi için kullanma yeri çıkışında olması gereken basınçtır. TS 1258 e göre, değişik kullanma yerleri ve aygıtlar için minimum akma basıncı, debi ve yük birimi değerleri Tablo 2.4 de verilmiştir.

Kullanma yeri	Akma basıncı [mSS]	Debi [lt/s]	Yük birimi [YB]
Musluk, 10 mm (3/8")	5	0.25	1
Musluk, 15 mm (1/2")	5	0.3	1.5
Musluk, 20 mm (3/4")	5	0.7	8
Musluk, 25 mm (1")	5	1.06	18
Lavabo	5	0.175	0.5
Küvet (15 mm lik bataryalı)	10	0.3	1.5
Küvet (20 mm lik bataryalı)	10	0.7	8
Pisuar	5	0.125	0.25
Hela rezervuarı	5	0.125	0.25
Bas (15 mm lik)	13	0.6	6
Bas (20 mm lik)	12	0.8	11
Bas (25 mm lik)	4	1.3	27
Şofben (10 lt/daklık)	25(7)	0.175	0.5
Şofben (16 lt/daklık)	25(6)	0.25	1
Şofben (26 lt/daklık)	25(6)	0.43	3
Termosifon	5	0.4	2.5
Bulaşık makinası	5	0.4	2.5
Çamaşır makinası	5	0.4	2.5

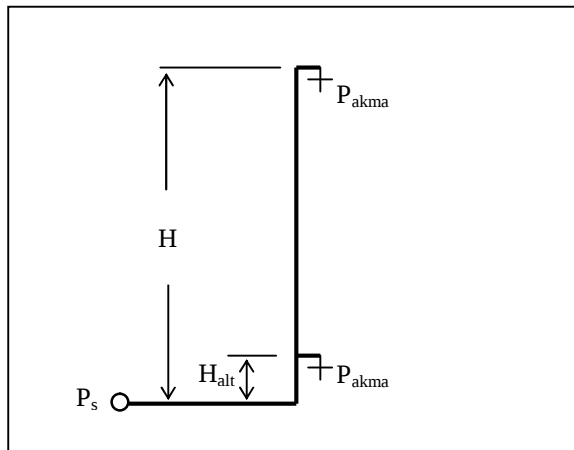
Tablo-2.4: TS 1258 e göre kullanma yerlerindeki değerler [4]

2.5.3. Binanın Basınç Sınırlarının Belirlenmesi

Bir binanın en yüksek bölümünde bulunan su akıtma yerindeki bir musluktan istenilen koşullarda suyun akabilmesi veya herhangi bir aygıtın çalışabilmesi binanın basınç alanına bağlıdır. Şekil-2.3 e göre, H yüksekliğinde bulunan su akıtma yerindeki akma basıncının sağlanabilmesi için,

$$P_{\min} = P_{akma} + H + \Sigma H_{kayıp} \quad (2.2)$$

şeklindeki ifadeye göre binanın bina girişindeki en düşük basıncın $P_{\min}$ değerinde olması gerekmektedir. $\Sigma H_{kayıp}$, sayaç kaybı ile birlikte borulardaki toplam basınç kaybıdır.



Şekil-2.3: Binada en yüksekte ve en altta bulunan yerlerdeki basınçlar

Binanın en alt bölümünde, su akıtma yerindeki akma basıncı $P_{\max}$ olmak üzere, oluşan basınç,

$$P_{\max} = P_{akma} + H_{alt} \quad (2.3)$$

şeklinde ifade edilmektedir. $P_{\min}$, $P_{\max}$ ve P_S basınç değerleri arasındaki ilişkiye göre bir binanın temiz su tesisatı aşağıdaki gibi değerlendirilebilir.

$P_{\min} < P_S < P_{\max}$: Tesisat doğrudan şehir su şebekesine bağlanabilir.

$P_{\min} > P_S$: Tesisata basınç yükseltici düzenekler takılmalıdır.

$P_S > P_{\max}$: Tesisata basınç düşürücü düzenekler takılmalıdır.

$P_{\min} > P_{\max}$: Tesisatta basınç bölgelerinin oluşturulması gereklidir.

2.5.4. Boru Çaplarının Belirlenmesi

Bir binanın temiz su tesisatını oluşturan boruların çaplarının uygun bir şekilde belirlenmesi, tesisatın işlevini yerine getirebilmesi ve ekonomik olması bakımından önemlidir. Boru çaplarının seçilmesinde standartların önerdiği akış hızları, sürtünme kayıpları ve akma basıncı değerlerine bağlı kalındığında; tesisat düzgün çalışabilecek, ekonomik olacak ve istenilen konfor koşulları sağlanabilecektir.

Hışırta ve gürültünün meydana gelmemesi için, borulardaki su akış hızının 1 ile 2 m/s arasında olması ve hiçbir zaman 3m/s değerini aşmaması gerekmektedir. Tablo-2.5 de temiz su tesisatının çeşitli bölümleri için standartlarca önerilen akış hızı değerleri verilmiştir.

Tesisat bölümleri	Hız değeri [m/s]
Ana borularda	2.5 – 3
Su sayacı branşmanı, kollektör bağlantısı	1.5 – 2.5
Ana dağıtım boruları	1.5 – 2
Oda döşeme altı borularında	1 – 1.5
Konutlarda kolon borularında	0.8 – 1
Hastanelerde kolon borularında	0.5 – 0.7

Tablo-2.5: Temiz su tesisat bölümleri için akış hızı değerleri [1]

Bina temiz-su tesisatı boru çaplarının hesaplanmasında musluk birimi ve yükleme birimi olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Musluk birimi yöntemi genellikle bir iki katlı küçük binalar için kullanılan basit bir yöntemdir. Yükleme birimi yöntemi, hesaplama işlemi ayrıntılı olup daha hassas sonuçlar vermektedir.

2.5.4.1. Musluk Birimi Yöntemi

Genellikle su sayaçları ayrı olan dairelerden oluşan apartman gibi binaların temiz su tesisatı boru çaplarının belirlenmesinde kullanılan basit bir yöntemdir. Boru çapları, musluk biriminin katlarına göre çizelgelerden belirlenir.

15 mm (1/2") çapındaki bir musluğun akıttığı su miktarı, bir musluk birimi (MB) olarak tanımlanır. Tablo-2.6 da görüldüğü gibi, değişik su akıtma yerleri musluk biriminin katları olarak verilmektedir.

Su akıtma yerleri	MB
Musluk (10mm), lavabo, rezervuar, pisuvar, eviye	0.5
Musluk (15 mm), çamaşır ve Bulaşık makinası	1
Musluk (20 mm), küvet, bas	2

Tablo-2.6: Su akıtma yerleri için musluk birimleri [2]

Tablo-2.7 de, çeşitli su akıtma yerlerini besleyen boruların karşılayacağı toplam musluk birimi değerlerine göre, olması gereken çap değerleri verilmektedir.

Toplam musluk birimi	Boru çapı	
	[mm]	[inç]
0 - 3	15	½
4 - 8	20	¾
9 - 20	25	1
21 - 35	32	1 ¼
35 - 50	40	1 ½
50 den fazla	50	2

Tablo-2.7: Musluk birimi yöntemine göre boru çapları [2]

2.5.4.2. Yükleme Birimi Yöntemi

Büyük binaların temiz su tesisatının boru çaplarının belirlenmesinde kullanılan, musluk birimi yöntemine göre daha kapsamlı hesaplama gerektiren ve daha hassas çözümler veren bir yöntemdir.

10 mm (3/8") çapındaki bir musluğun yeterli bir akma basıncındaki debisi 0.25 lt/s dir. Bu miktar bir yük birimi (YB) olarak tanımlanır. Herhangi bir tüketim yerindeki debi

$$\dot{V} = 0.25\sqrt{YB} \quad [\text{lt/s}]$$

olarak hesaplanır. Bir binada tüm muslukların aynı anda kullanılması, istatistiksel olarak, beklenmediğinden; toplam debi yükleme birimlerinin toplamının kareköküne eşdeğer musluğun kullanılacağı varsayımına göre belirlenir. Bu durum, kullanma eş zaman faktörü olarak adlandırılır.

Boru çapı hesabında ana işlem, sürekli ve yerel kayıpları da içerecek şekilde toplam basınç kaybının belirlenerek bina girişindeki şebeke basıncı ile karşılaştırılmasıdır. Sürekli kayıplar boru çapına, boru iç yüzey pürüzlülüğüne, akışın debisine; yerel kayıplar boru hattında bulunan sayaç, vana ve değişik bağlantı elemanlarına bağlıdır. Borulardaki basınç kayıpları değişik boru malzemeleri için çizelgeler veya diyagramlar şeklinde verilmektedir. 1 m uzunluğundaki değişik çaplardaki borular için verilen basınç kaybı, özgül basınç kaybı olarak adlandırılmaktadır. Özgül basınç kaybı değerleri, kireçlenme ve kirlilikten doğan kesit daralmaları ve boru üzerinde bulunabilecek vana, dirsek gibi elemanlardan oluşacak yerel kayıpları da içermektedir.

Tablo-2.8, 2.9 ve 2.10 da sırasıyla, çelik ve döküm, PVC (polivinilklorür) ve PE (polietilen) borular için özgül basınç kaybı değerleri verilmektedir. Tablo-2.8 de, yük birimi değerlerine göre çeşitli çaptaki borular için koyu renkli bölgeler 1 ve 2 m/s lik akış hızı aralığına, altı çizili değerler sırasıyla 0.5, 1.5 ve 2.5 m/s akış hızına karşılık gelen özgül basınç kaybı değerlerini göstermektedir.

Bir binanın temiz su tesisatını oluşturan hatlarda yer alan boruların çaplarının belirlenmesi ile ilgili yapılan işlemler için Çizelge-1 kullanılır.

Yükleme birimi yöntemine göre temiz su tesisatının boru çaplarının hesaplanabilmesi için aşağıdaki özelliklerin bilinmesi gerekir.

- Su akıtma yerlerinde istenilen debi ve akma basınçları
- Tesisatta bulunan su akıtma yerlerinin tipleri ve sayıları
- Aynı anda kullanılacak su akıtma yeri sayısı ve gerekli debi
- Su sayacı basınç kaybı
- Şehir şebeke basıncı (basınçlama deposu kullanılıyorsa, işletme basıncı)

Ana dağıtım borusundan başlayarak binanın değişik bölgelerine doğru yönelmiş boru dizini hat olarak adlandırılır. Bu yöntemde boru çapları, toplam basınç kaybının en fazla olduğu kritik hattan başlanarak hesaplanmalıdır.

Yük [n]	Debi [lt/s]	Su sayaçları haricinde dirsek, bransman, vana gibi bütün özel dirençler dahil olmak üzere özgül basınç kayıpları [mSS/m]												Yük [n]	Debi [lt/s]	Su sayaçları haricinde dirsek, bransman, vana gibi bütün özel dirençler dahil olmak üzere özgül basınç kayıpları [mSS/m]													
		Boru iç çapları [mm]														Boru iç çapları [mm]													
		Çelik						Döküm								Çelik						Döküm							
		15	20	25	32	40	50	65	40	50	65	80	32		40	50	65	80	100	40	50	65	80	100					
0.5	0.177	0.39	0.08	<u>0.02</u>	0.01								55	1.854	0.70	0.21	0.06	0.01	0.01			<u>0.29</u>	0.09	0.02	0.01				
1	0.250	0.78	0.16	0.05	0.01				0.01				60	1.937	0.77	0.23	0.07	0.02	0.01			0.32	0.10	0.02	0.01				
1.5	0.306	1.18	0.25	0.07	0.02	0.01			0.01				65	2.016	0.83	0.25	0.07	0.02	0.01			0.35	0.10	0.02	0.01				
2	0.354	1.57	0.33	0.10	0.03	0.01			0.01				70	2.092	0.89	0.27	0.08	0.02	0.01			0.37	0.11	0.03	0.01				
2.5	0.395	1.96	0.41	0.12	<u>0.03</u>	0.01			0.01				75	2.165	0.96	0.28	0.08	0.02	0.01			0.40	0.12	0.03	0.01				
3	0.433	<u>2.35</u>	0.49	0.15	0.04	0.01			0.02				80	2.236	1.02	0.30	0.09	0.02	0.01			0.43	0.13	0.03	0.01				
3.5	0.468	2.74	0.57	0.17	0.04	0.01			0.02	0.01			85	2.305	1.08	0.32	0.10	0.02	0.01			0.45	0.13	0.03	0.01				
4	0.500	3.13	0.66	0.20	0.05	0.02			0.02	0.01			90	2.372	1.15	0.34	0.10	0.02	0.01			0.48	0.14	0.03	0.01				
4.5	0.530	3.53	0.74	0.22	0.06	0.02	0.01		0.02	0.01			95	2.437		0.36	0.11	0.03	0.01			0.51	0.15	0.04	0.01				
5	0.559		0.82	0.24	0.06	0.02	0.01		0.03	0.01			100	2.500		0.38	0.11	0.03	<u>0.01</u>			0.53	0.16	0.04	<u>0.01</u>				
5.5	0.586		0.90	0.27	0.07	0.02	0.01		0.03	0.01			105	2.562		0.40	0.12	0.03	0.01			0.56	0.17	0.04	0.01				
6	0.612		0.98	0.29	0.08	<u>0.02</u>	0.01		<u>0.03</u>	0.01			110	2.622		0.42	0.12	0.03	0.01			0.59	0.17	0.04	0.01				
6.5	0.637		1.07	0.32	0.08	0.02	0.01		0.03	0.01			115	2.681		0.44	0.13	0.03	0.01			0.61	0.18	0.04	0.02				
7	0.661		1.15	0.34	0.09	0.03	0.01		0.04	0.01			120	2.739		0.45	0.14	0.03	0.01			0.64	0.19	0.05	0.02				
7.5	0.685		1.23	0.37	0.10	0.03	0.01		0.04	0.01			125	2.795		0.47	0.14	0.03	0.01			0.67	0.20	0.05	0.02				
8	0.707		1.31	0.39	0.10	0.03	0.01		0.04	0.01			130	2.850		0.49	0.15	0.04	0.01			0.69	0.21	0.05	0.02				
8.5	0.729		1.39	<u>0.41</u>	0.11	0.03	0.01		0.05	0.01			135	2.905		0.51	0.15	0.04	0.01			0.72	<u>0.21</u>	0.05	0.02				
9	0.750		1.48	0.44	0.11	0.03	0.01		0.05	0.01			140	2.958		0.53	0.16	0.04	0.01			0.75	0.22	0.05	0.02	0.01			
9.5	0.771		<u>1.56</u>	0.46	0.12	0.04	0.01		0.05	0.02			145	3.010		0.55	0.16	0.04	0.01			0.77	0.23	0.06	0.02	0.01			
10	0.791		1.64	0.49	0.13	0.04	0.01		0.05	0.02			150	3.062		0.57	0.17	0.04	0.01			0.80	0.24	0.06	0.02	0.01			
11	0.829		1.80	0.54	0.14	0.04	0.01		0.06	0.02			155	3.112		<u>0.59</u>	0.17	0.04	0.02			<u>0.83</u>	0.25	0.06	0.02	0.01			
12	0.856		1.97	0.59	0.15	0.05	0.01		0.06	0.02			160	3.162		0.61	0.18	0.04	0.02			0.85	0.25	0.06	0.02	0.01			
13	0.901		2.13	0.63	0.17	0.05	0.01		0.07	0.02			165	3.211		0.63	0.19	0.04	0.02			0.88	0.26	0.06	0.02	0.01			
14	0.935		2.30	0.68	0.18	0.05	0.02		0.07	0.02	0.01		170	3.260		0.64	0.19	0.05	0.02			0.91	0.27	0.06	0.02	0.01			
15	0.968			0.73	0.19	0.06	<u>0.02</u>		0.08	<u>0.02</u>	0.01		175	3.307		0.66	0.20	0.05	0.02			0.93	0.28	0.07	0.02	0.01			
16	1.000			0.78	0.20	0.06	0.02		0.09	0.03	0.01		180	3.354		0.68	0.20	0.05	0.02			0.96	0.29	0.07	0.02	0.01			
17	1.031			0.83	0.22	0.06	0.02		0.09	0.03	0.01		185	3.400		0.70	0.21	0.05	0.02			0.99	0.29	0.07	0.02	0.01			
18	1.051			0.88	0.23	0.07	0.02		0.10	0.03	0.01		190	3.448		0.72	0.21	0.05	0.02			1.01	0.30	0.07	0.02	0.01			
19	1.090			0.93	0.24	0.07	0.02	0.01	0.10	0.03	0.01		195	3.491		0.74	0.22	0.05	0.02	0.01		1.04	0.31	0.07	0.02	0.01			
20	1.118			0.98	0.25	0.08	0.02	0.01	0.11	0.03	0.01		200	3.536		0.76	0.23	0.05	0.02	0.01		1.07	0.32	0.08	0.02	0.01			
21	1.146			1.02	0.27	0.08	0.02	0.01	0.11	0.03	0.01		205	3.579		0.78	0.23	0.06	0.02	0.01		1.09	0.33	0.08	0.03	0.01			
22	1.173			1.07	0.28	0.08	0.02	0.01	0.12	0.03	0.01		210	3.623		0.80	0.24	0.06	0.02	0.01		1.12	0.33	0.08	0.03	0.01			
23	1.199			1.12	<u>0.29</u>	0.09	0.03	0.01	0.12	0.04	0.01		215	3.665		0.81	0.24	0.06	0.02	0.01		1.15	0.34	0.08	0.03	0.01			
24	1.225			<u>1.17</u>	0.31	0.09	0.03	0.01	0.13	0.04	0.01		220	3.708		0.83	0.25	0.06	0.02	0.01		1.17	0.35	0.08	0.03	0.01			
25	1.250			1.22	0.32	0.09	0.03	0.01	0.13	0.04	0.01		225	3.750		0.85	0.25	0.06	0.02	0.01		1.20	0.36	0.09	0.03	0.01			
26	1.275			1.27	0.33	0.10	0.03	0.01	0.14	0.04	0.01		230	3.791			0.26	0.06	0.02	0.01			0.36	0.09	0.03	0.01			
27	1.299			1.32	0.34	0.10	0.03	0.01	0.14	0.04	0.01		235	3.832			0.26	0.06	0.02	0.01			0.37	0.09	0.03	0.01			
28	1.323			1.37	0.36	0.11	0.03	0.01	0.15	0.04	0.01		240	3.873			0.27	0.06	0.02	0.01			0.38	0.09	0.03	0.01			
29	1.346			1.41	0.37	0.11	0.03	0.01	0.15	0.05	0.01		245	3.913			0.28	0.07	0.02	<u>0.01</u>			0.39	0.09	0.03	0.01			
30	1.369			1.46	0.38	0.11	0.03	0.01	0.16	0.05	0.01		250	3.953			0.29	0.07	0.02	0.01			0.40	0.10	0.03	0.01			
31	1.392			1.51	0.40	0.12	0.03	0.01	0.17	0.05	0.01		275	4.146			0.31	0.07	0.02	0.01			10.44	0.10	0.03	0.01			
32	1.414			1.56	0.41	0.12	0.04	0.01	0.17	0.05	0.01		300	4.331			0.34	0.08	0.03	0.01			0.48	0.11	0.04	0.01			
33	1.436			1.61	0.42	0.13	0.04	0.01	0.18	0.05	0.01		325	4.507			0.37	0.09	0.03	0.01			0.52	0.12	0.04	0.01			
34	1.458			1.66	0.43	0.13	0.04	0.01	0.18	0.05	0.01		350	4.677			0.39	0.09	0.03	0.01			0.56	0.13	0.04	0.01			
35	1.479				0.45	0.13	0.04	0.01	0.19	0.06	0.01		375	4.841			<u>0.42</u>	<u>0.10</u>	0.03	0.01			0.59	0.14	0.05	0.01			
36	1.500				0.46	0.14	0.04	0.01	0.19	0.06	0.01		400	5.000			0.45	0.11	0.04	0.01			0.63	0.15	0.05	0.01			
37	1.521				0.47	0.14	0.04	0.01	0.20	0.06	0.01		425	5.154			0.48	0.12	0.04	0.01			0.67	0.16	0.05	0.02			
38	1.541				0.48	0.14	0.04	0.01	0.20	0.06	0.01		450	5.303			0.51	0.12	0.04	0.01			0.71	0.17	0.06	0.02			
39	1.561				0.50	0.15	0.04	0.01	0.21	0.06	0.01		475	5.449			0.53	0.13	0.04	0.01			0.75	0.18	0.06	0.02			
40	1.581				0.51	0.15	0.05																						

Debi [lt/s]	Özgül basınç kaybı ve hız değerleri, R [mbar/m] V [m/s]																	
	16.2 mm		20.4 mm		26 mm		32.6 mm		40.8 mm		51.4 mm		61.2 mm		73.6 mm		90 mm	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
0.01	0.06	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.02	0.12	0.1	0.05	0.06	0.02	0.04	0.01	0.02	0	0.02	0	0.01	0	0.01	0	0	0	0
0.03	0.18	0.15	0.07	0.09	0.03	0.06	0.01	0.04	0	0.02	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0
0.04	0.5	0.19	0.17	0.12	0.04	0.08	0.01	0.05	0.01	0.03	0	0.02	0	0.01	0	0.01	0	0
0.05	0.74	0.24	0.25	0.15	0.08	0.09	0.02	0.06	0.01	0.04	0	0.02	0	0.02	0	0.01	0	0
0.06	1.01	0.29	0.34	0.18	0.11	0.11	0.02	0.07	0.01	0.05	0	0.03	0	0.02	0	0.01	0	0
0.07	1.32	0.34	0.44	0.21	0.14	0.13	0.05	0.08	0.01	0.05	0	0.03	0	0.02	0	0.02	0	0
0.08	1.66	0.39	0.56	0.24	0.18	0.15	0.06	0.1	0.02	0.06	0	0.04	0	0.03	0	0.02	0	0
0.09	2.03	0.44	0.68	0.28	0.22	0.17	0.07	0.11	0.03	0.07	0.01	0.04	0	0.03	0	0.02	0	0
0.1	2.44	0.49	0.82	0.31	0.26	0.19	0.09	0.12	0.03	0.08	0.01	0.05	0	0.03	0	0.02	0	0
0.12	3.35	0.58	1.12	0.37	0.35	0.23	0.12	0.14	0.04	0.09	0.01	0.06	0.01	0.04	0	0.03	0	0
0.14	4.39	0.68	1.46	0.43	0.46	0.26	0.16	0.17	0.06	0.11	0.02	0.07	0.01	0.05	0	0.03	0	0
0.16	5.55	0.78	1.85	0.49	0.58	0.3	0.2	0.19	0.07	0.12	0.02	0.08	0.01	0.05	0	0.04	0	0
0.18	6.84	0.87	2.27	0.55	0.72	0.34	0.24	0.22	0.8	0.14	0.03	0.09	0.01	0.06	0.01	0.04	0	0
0.2	8.23	0.97	2.73	0.61	0.86	0.38	0.29	0.24	0.1	0.15	0.03	0.1	0.01	0.07	0.01	0.05	0	0
0.3	16.9	1.46	5.59	0.92	1.75	0.57	0.59	0.36	0.2	0.23	0.07	0.14	0.03	0.1	0.01	0.07	0	0
0.4	28.4	1.94	9.32	1.22	2.91	0.75	0.99	0.48	0.34	0.31	0.11	0.19	0.05	0.14	0.02	0.09	0.01	0.06
0.5	42.5	2.43	13.89	1.53	4.32	0.94	1.46	0.6	0.5	0.38	0.17	0.24	0.07	0.17	0.03	0.12	0.01	0.08
0.6	59.1	2.91	19.28	1.84	5.98	1.13	2.02	0.72	0.69	0.46	0.23	0.29	0.1	0.2	0.04	0.14	0.02	0.09
0.7	78.3	3.4	25.46	2.14	7.87	1.32	2.65	0.84	0.9	0.54	0.3	0.34	0.13	0.24	0.05	0.16	0.02	0.11
0.8	100	3.88	32.43	2.45	10	1.51	3.36	0.96	1.15	0.61	0.38	0.39	0.17	0.27	0.07	0.19	0.03	0.13
0.9	124	4.37	40.18	2.75	12.3	1.7	4.15	1.08	1.41	0.69	0.47	0.43	0.2	0.31	0.08	0.21	0.03	0.14
1	151	4.85	48.69	3.06	15	1.88	5.01	1.2	1.7	0.76	0.56	0.48	0.24	0.34	0.1	0.24	0.04	0.16
1.2	211	5.82	67.99	3.67	20.8	2.26	6.95	1.44	2.36	.92	0.78	0.58	0.34	0.41	0.14	0.28	0.05	0.19
1.4	282	6.79	90.28	4.28	27.6	2.64	9.18	1.68	3.11	1.07	1.02	0.67	0.44	0.48	0.18	0.33	0.07	0.22
1.6	362	7.76	115.5	4.9	35.1	3.01	11.69	1.92	3.95	1.22	1.3	0.77	0.56	0.54	0.23	0.38	0.09	0.25
1.8	451	8.73	144	5.5	43.6	3.4	14.48	2.16	4.88	1.38	1.6	0.87	0.69	0.61	0.29	0.42	0.11	0.28
2	552	9.7	175	6.12	52.9	3.77	17.54	2.4	5.9	1.53	1.94	0.96	0.84	0.68	0.35	0.47	.013	0.31
2.2	661	10.67	209	6.73	63.1	4.14	20.87	2.64	7.02	1.68	2.3	1.06	0.99	0.75	0.41	0.52	0.16	0.35
2.4	779	11.64	246	7.34	74.1	4.52	24.47	2.88	8.21	1.84	2.69	1.16	1.16	0.82	0.48	0.56	0.18	0.38
2.6	907	12.61	285.5	7.95	85.9	4.9	28.33	3.11	9.5	1.99	3.1	1.25	1.34	0.88	0.55	0.61	0.21	0.41
2.8	1044	13.58	328.2	8.57	98.6	5.27	32.46	3.35	10.87	2.14	3.55	1.35	1.53	0.95	0.63	0.66	0.24	0.44
3	1190	14.55	373.8	9.18	112	5.65	36.85	3.59	12.32	2.29	4.02	1.45	1.73	1.02	0.71	0.71	0.27	0.47
3.2	1346	15.52	423.5	9.79	126	6.03	41.5	3.83	13.86	2.45	4.52	1.54	1.94	1.09	0.8	0.75	0.3	0.5
3.4	1512	16.5	474.9	10.4	141	6.4	46.41	4.07	15.49	2.6	5.04	1.64	2.17	1.16	0.89	0.8	0.34	0.53
3.6	1686	17.47	529	11	157	6.78	51.58	4.31	17.19	2.75	5.59	1.73	2.4	1.22	0.99	0.85	0.38	0.57
3.8	1871	18.44	586.1	11.63	174	7.16	57	4.55	18.98	2.91	6.17	1.83	2.65	1.29	1.09	0.89	0.41	0.6
4	2064	19.41	646	12.24	192	7.53	62.7	4.79	20.86	3.06	6.77	1.93	2.91	1.36	1.19	0.94	0.45	0.63
4.2	2267	20.38	708.7	12.85	210	7.91	68.63	5.03	22.81	3.21	7.4	2.02	3.18	1.43	1.3	0.99	0.49	0.66
4.4	2480	21.35	774.2	13.46	230	8.3	74.82	5.27	24.85	3.37	8.06	2.12	3.46	1.5	1.42	1.03	0.54	0.69
4.6	2701	22.32	842.6	14.07	249	8.66	81.27	5.51	26.97	3.52	8.74	2.22	3.75	1.56	1.54	1.08	0.58	0.72
4.8	2933	23.29	913.8	14.69	271	9.04	87.98	5.75	29.17	3.67	9.44	2.31	4.05	1.63	1.66	1.13	0.63	0.75
5	3173	24.26	988	15.3	293	9.42	94.93	5.99	31.45	3.82	10.2	2.41	4.36	1.7	1.78	1.18	0.68	0.79
5.2	3423	25.23	1065	15.91	315	9.8	102.1	6.23	33.81	3.98	10.9	2.51	4.68	1.77	1.92	1.22	0.73	0.82
5.4	3683	26.2	1145	16.52	339	10.2	109.6	6.47	36.26	4.13	11.7	2.6	5.01	1.84	2.05	1.27	0.78	0.85
5.6	3952	27.17	1227	17.13	363	10.6	117.3	6.71	38.78	4.28	12.5	2.7	5.36	1.9	2.19	1.32	0.83	0.88
5.8	4230	28.14	1312	17.75	388	10.9	125.3	6.95	41.39	4.44	13.4	2.8	5.71	1.97	2.33	1.36	0.88	0.91
6	4517	29.11	1400	18.36	413	11.3	133.5	7.19	44.07	4.59	14.2	2.89	6.07	2.04	2.48	1.41	0.94	0.94
6.2	4814	30.08	1492	18.97	440	11.7	142	7.43	46.83	4.74	15	2.99	6.45	2.11	2.63	1.46	1	0.97
6.4	5121	31.05	1585	19.58	467	12	150.7	7.67	49.68	4.9	16	3.08	6.83	2.18	2.79	1.5	1.06	1.01
6.6	5436	32.02	1682	20.19	495	12.4	159.7	7.91	52.6	5.05	17	3.18	7.23	2.24	2.95	1.55	1.12	1.04
6.8	5761	32.99	1782	20.8	524	12.8	169	8.15	55.6	5.2	17.9	3.28	7.63	2.31	3.12	1.6	1.18	1.07
7	6096	33.96	1884	21.42	554	13.2	178.4	8.39	58.69	5.35	18.9	3.37	8.05	2.38	3.28	1.65	1.24	1.1
7.5	6973	36.39	2152	22.95	632	14.1	204	8.99	66.74	5.74	21.4	3.61	9.13	2.55	3.72	1.76	1.41	1.18
8	7909	38.81	2438	24.48	715	15	230.3	9.58	75.28	6.12	24.1	3.86	10.3	2.72	4.19	1.88	1.58	1.26
9	9956	43.66	3062	27.54	895	17	287.7	10.8	93.85	6.88	30	4.34	12.8	3.06	5.19	2.12	1.96	1.41
10			3757	30.6	1096	18.8	351	12	115	7.65	36.5	4.82	15.5	3.4	6.3	2.35	2.37	1.57

Tablo-2.9: PVC (plastik) borular için özgül basınç kaybı değerleri [3]

Debi [lt/s]	Özgöl basınç kaybı ve hız değerleri, R [mbar/m] , V [m/s]															
	8 mm		12 mm		15 mm		20 mm		25 mm		32 mm		40 mm		50 mm	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
0.01	1.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0	0.04								
0.02	3.7	0.4	0.8	0.2	0.3	0.1	0.1	0.06								
0.03	7.4	0.5	1.6	0.3	0.6	0.2	0.2	0.12								
0.04	12.1	0.7	2.5	0.4	0.9	0.2	0.3	0.16								
0.05	17.8	0.9	3.9	0.5	1.4	0.3	0.5	0.2								
0.06	24.5	1.1	5.8	0.6	1.9	0.4	0.7	0.24								
0.07	32.1	1.3	6.9	0.7	2.5	0.4	0.9	0.28								
0.08	40.6	1.4	8.7	0.8	3.1	0.5	1.1	0.31								
0.09	49.9	1.6	10.7	0.9	3.8	0.6	1.3	0.36								
0.1	60.1	1.8	12.8	0.9	4.5	0.8	1.6	0.4								
0.2	207.9	3.6	43.5	1.9	10.4	1.2	5.3	0.8	1.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1
0.3	434.8	5.4	89.9	2.6	31.8	1.9	10.8	1.2								
0.4	738.2	7.2	151.3	3.8	52.9	2.5	18	1.6	5.3	0.9	1.8	0.6	0.6	0.4	0.2	0.2
0.5			227.2	4.7	79.1	3.1	26.8	2								
0.6			317.3	5.7	110.1	3.7	37.2	2.4	10.9	1.4	3.7	0.9	1.3	0.6	0.4	0.4
0.7					146	4.3	49.2	2.8								
0.8					186.1	4.9	62.6	3.1	18.3	1.9	6.2	1.2	2.2	0.8	0.7	0.5
0.9					231	5.5	77.5	3.5								
1					280.5	6.1	93	3.9	27.3	2.1	9.3	1.5	3.2	1	1.1	0.6
1.2							131.1	4.7	38	2.8	12.9	1.8	4.4	1.2	1.5	0.7
1.4									50.3	3.3	17	2.1	5.8	1.4	1.9	0.9
1.6									64.2	3.8	21.7	2.4	7.4	1.6	2.4	1
1.8									79.6	4.3	26.6	2.7	9.2	1.7	3	1.1
2									96.5	4.7	32.5	3	11.1	1.9	3.6	1.2
2.2									115	5.2	38.6	3.3	13.2	2.1	4.3	1.3
2.4											45.3	3.6	15.4	2.3	5	1.5
2.6											52.4	3.9	17.8	2.5	5.8	1.6
2.8											60.1	4.2	20.4	2.7	6.7	1.7
3											68.2	4.5	23.1	2.9	7.5	1.8
3.2											70.8	4.8	26	3.1	8.5	2
3.4											85.8	5.1	29	3.3	9.5	2.1
3.6													32.2	3.5	10.5	2.2
3.8													35.6	3.7	11.6	2.3
4													39.1	3.9	12.7	2.4
4.2													42.7	4.1	13.9	2.6
4.4													46.5	4.3	15.1	2.7
4.6													50.5	4.5	16.4	2.8
4.8													54.6	4.7	17.7	2.9
5													58.9	4.9	19.1	3.1
5.2													63.9	5.1	20.5	3.2
5.4															22	3.3
5.6															23.5	3.4
5.8															25.8	3.6
6															26.6	3.7

Tablo-2.10 : PE (polietilen) borular için özgöl basınç kaybı değerleri [3]

TEMİZ SU TESİSATI BORU ÇAPI HESAPLAMA ÇİZELGESİ

Boru No	Uzunluk [m]	Yük Birimi [YB]	Boru Çapı [mm]	Basınç Kaybı	
				Özgül [mSS / m]	Toplam [mSS]

HAT :	Etken Basınç =	mSS
	Ort. Özgül basınç kaybı =	mSS/m

--	--	--	--	--	--

HAT :	Etken Basınç =	mSS
	Ort. Özgül basınç kaybı =	mSS/m

--	--	--	--	--	--

HAT :	Etken Basınç =	mSS
	Ort. Özgül basınç kaybı =	mSS/m

--	--	--	--	--	--

HAT : Etken Basınç = mSS
Ort. Özgül basınç kaybı = mSS/m

--	--	--	--	--	--

Çizelge-2.1: Temiz su tesisatı boru çapı hesaplama çizelgesi

Kritik hat; tesisat başlangıç noktasına göre düşey doğrultuda en yüksekte, boru hattı üzerinden ölçülmek koşuluyla yatay doğrultuda en uzakta bulunan aynı zamanda bu özellikteki kullanma yerlerinden akma basıncı en büyük olan hat olarak tanımlanır.

Bir binanın şematik olarak çizilen temiz su tesisatı, boru planı olarak adlandırılır. Bu plan üzerinde, kullanma yerlerine ait yük değerleri, kritik durumdaki kullanma yerinin beslenme borusuna göre yüksekliği ile numaralandırılmış boruların uzunlukları verilir. Ayrıca tesisatta boru dizilerinin oluşturduğu boru hatları da numaralandırılır.

TS 1258 e göre boru çaplarının hesaplanmasında öncelikle, aşağıdaki özellikler belirlenir.

- Temiz su şehir şebeke basıncı veya basınçlama deposu işletme basıncı (P_s)
- Boru hatlarının kullanma yerlerinin şehir şebeke borusuna göre yükseklikleri (H_{krt})
- Boru hatlarının kritik kullanma yerindeki akma basınçları (P_{krt})
- Her bir boru hattının şehir şebeke borusundan itibaren uzunluğu (L)
- Su sayacı basınç kaybı ($P_{sayaç}$)

Boru hatlarında meydana gelecek sürekli ve yerel kayıpları karşılayacak olan toplam etken basınç kaybı,

$$\Delta P_{etken} = P_s - (H_{krt} + P_{krt} + P_{sayaç}) \quad [\text{mSS}] \quad (2.4)$$

bağıntısından bulunur. Boru hatlarında birim uzunluk için basınç kaybı, ortalama özgül basınç kaybı olarak adlandırılır ve

$$\Delta P_{öz} = \frac{\Delta P_{etken}}{L} \quad [\text{mSS/m}] \quad (2.5)$$

şeklinde hesaplanır.

Bir binanın temiz su tesisatında şehir şebekesinden başlamak üzere bütün hatlar için, yukarıdaki işlemler yapılarak özgül basınç kayıpları belirlenir. Hatlar içinde özgül basınç kaybı en küçük olan hat kritik hat olup hesaplamaya bu hattan başlanır. Hatlar için hesaplanan özgül basınç kaybı değerleri, hatları oluşturan her boru için geçerli olacaktır. Boru malzemesi ile ilgili özgül basınç kaybı tabloları kullanılarak, borunun yük değerine göre hesaplanmış özgül basınç kaybına en yakın değer seçilerek, karşılık gelen çap değeri okunur. Seçilen boru çapına ait özgül basınç kaybı ile boru uzunluğu çarpılarak borudaki toplam basınç kaybı hesaplanır. Kritik hatta yer alan bütün boru çapları için aynı işlem tekrarlanarak hattın toplam basınç kaybı belirlenir. Bu değer etken basınçtan küçük olmalıdır. Besleme borusu ve dağıtım borusu gibi, bütün hatlar için ortak olan borular kritik hat içinde hesaplandığından, bu ortak boruların basınç kayıpları diğer hatların etken basıncından çıkarılarak bu hatlar için yeni özgül basınç kayıpları bulunur. Benzer işlemler tekrarlanarak bu hatlarda yer alan boruların çapları belirlenir.

2.6. Temiz Suyun Depolanması ve Basınçlandırılması

Bir binayı besleyen şebeke suyunun kesilmesi durumunda, belirli bir süre ihtiyacı karşılayacak miktarda suyun depolanması gerekebilir. Ayrıca, şebeke suyunun kesintili, debisinin yetersiz ve binanın yüksek olduğu durumlarda hidrofor denilen bir basınçlandırma deposunun kullanılması zorunludur.

2.6.1. Temiz Suyun Depolanması

Su depolarında binanın en az 24 saatlik ihtiyacı kadar suyun depolanması gerekir. Depolanacak su miktarı, temiz su tüketim değerleri göz önüne alınarak yaklaşık olarak belirlenebilir. Tablo-2.11 de çeşitli tipte binalar için kişi başına günlük ortalama su tüketim değerleri verilmektedir. Binaya ait temiz su deposunun hacmi, bu çizelge yardımıyla 24 saatlik gereksinimi karşılayacak şekilde seçilebilir.

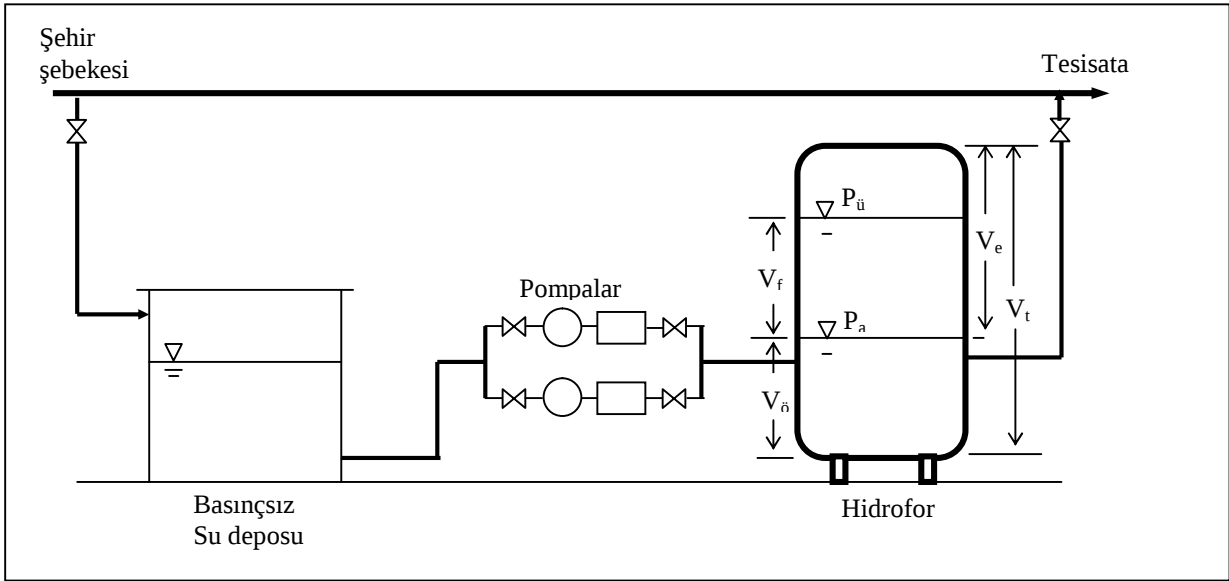
Bina tipi		Ortalama tüketim [lt/kişi]
Konutlar	Lavabolu	60 – 80
	Duşlu	80 – 115
	Küvetli	120 - 200
Oteller	Duşlu	100
	Küvetli	150 - 200
Hastaneler		200 – 500
Okullar		5
Çocuk yuvaları		80 – 100
Kreşler		100 – 150
Kışlalar		60 – 80
Lokantalar		20 - 100
Bahçe sulama (bir seferde)		1.5 lt/m ²
Otomobil temizliği		100 lt/gün

Tablo-2.11 : Günlük ortalama su tüketim değerleri [1]

TS 827 ye uygun olması gereken temiz su depoları, atmosfere açık veya kapalı tipte imal edilebilirler. Tesisat bağlantısı, bakım ve temizlik açısından uygun yerlere yerleştirilmesi gereken depolar, sürekli dolu durumda tutulmalıdırlar. Bina çatılarına yerleştirilen depolarda, sızıntı ve taşma olasılığına karşı önlemler alınmalıdır. Genellikle paslanmaz çelik, fiberglas malzemeden ve betonarme yapılan depolar, silindirik, kübik, küresel tipte olabilmektedirler. İç yüzeyleri fayans ve benzeri malzeme ile kaplanmış betonarme depolar temizlenebilme kolaylığı ve sağlık açısından tercih edilmektedir. Depolar bir kapakla kapatılmalı, havalık, taşma ve boşaltma boruları ile donatılmalıdır.

2.6.2. Temiz Suyun Basınçlandırılması

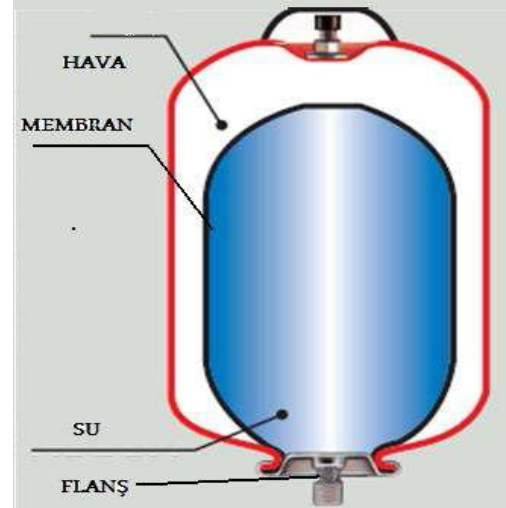
Şebeke basıncının yetersiz olduğu yerlerde ve yüksek binalarda kullanılan hidroforlar, suyun basıncını arttırarak tesisata gönderirler. Hidroforlarda depo kapalı olduğundan suyun kirlenme olasılığı azalmakta ve basıncı yükseltmek için kullanılan havanın su içinde kısmen erimesinden dolayı da suyun lezzeti artmaktadır. Şekil-2.4 de şematik olarak gösterilen bir hidrofor tesisatında; besleme su tankı, besleme pompası, kompresör ve basınç ayarlayıcısı bulunmaktadır.



Şekil-2.4: Hidrofor elemanları ve tesisat bağlantısı



Hidrofor içine pompa yardımıyla basılan su, içerdeki havanın sıkışarak basıncının artmasına neden olacak, dolayısıyla hidrofor içindeki su üzerinde yüksek basınç oluşacaktır. Hava ve suyun temas durumuna göre membranlı ve membransız tipte olabilen hidroforlar, işletme üst ve alt basınç değerleri arasında çalışacaktır. Hidroforlar tesisata paralel olarak bağlanırlar ve genellikle basınçsız bir su tankından beslenirler.



Bina tipi		Katsayı
Konutlar	1 – 10 daireli apartmanlar	0.4
	10 – 20 daireli apartmanlar	0.3 – 0.4
	20 den fazla daireli apartmanlar	0.25
	Köşk ve sayfiye evleri	0.6
Oteller	20 yataklı	0.4
	20 – 50 yataklı	0.3 – 0.4
	50 den fazla yataklı	0.2 – 0.3
Hastaneler	50 – 500 yataklı	0.2 – 0.3
	500 – 1000 yataklı	0.15 – 0.2
	1000 – 2000 yataklı	0.1 – 0.15
Okullar, İş hanları		0.3
Kışlalar		0.3 – 0.4

Tablo-2.12: Saatlik en fazla su gereksinimi için katsayılar [1]

Hidrofor hesabı, hidrofor depo hacminin belirlenmesi ve pompa seçimi ile ilgilidir. Hidroforun oluşturacağı basınç, kritik kullanma yerinde ortalama 10 mSS değerinde olmalıdır. Hesaplama işlemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- Günlük ortalama su tüketim değerleri, Tablo-2.11 den alınarak binada yaşayan kişi sayısı ile çarpılarak günlük ortalama tüketim değeri (V_g) bulunur.

- Günlük ortalama tüketim değeri, Tablo-2.12 deki katsayılarla çarpılarak saatlik maksimum su tüketimi değeri (V_m) bulunur.

- Saatlik maksimum su tüketim değeri, $1.4 \div 2.5$ arasında değişen emniyet katsayısı ile çarpılarak pompa debisi (V_p) bulunur.

- Pompanın devreye girme sayısı $i = 6 \div 10$ arasında olup en çok 15 olarak alınabilir.

Pompanın devrede kalma süresi,

$$t = \frac{V_m}{V_p \cdot i} \text{ [saat]} \quad (2.6)$$

şeklinde belirlenir.

- Hidrofor deposunun yararlı hacmi, depodaki alt ve üst su seviyeleri arasındaki hacim olup

$$V_f = (V_p - V_m) \cdot t \quad (2.7)$$

ifadesinden hesaplanabilir.

- Hidroforun işletme alt basıncı (P_a), tesisatta en elverişsiz kullanma yerinde gerekli olan basınçtır.

H_{krt} : kritik kullanma yeri yüksekliği

P_{krt} : kritik kullanma yerindeki akma basıncı

ΔP_{krt} : kritik hatta müsaade edilen toplam basınç kaybı

olmak üzere, işletme alt basıncı

$$P_a = H_{krt} + P_{krt} + \Delta P_{krt} \quad (2.8)$$

şeklinde hesaplanır.

- Hidroforun işletme üst basınç ($P_{\ddot{u}}$), işletme alt basıncından 10-15 mSS, en çok 20-30 mSS fazla seçilebilir.

$$P_{\ddot{u}} = P_a + (10 \text{ veya } 15) \text{ [mSS]} \quad (2.9)$$

- Hidrofor deposu için etkin hacim

$$V_e = V_f \frac{P_{\ddot{u}}}{P_{\ddot{u}} - P_a} \text{ [litre]} \quad (2.10)$$

şeklinde bulunur. Hidroforun toplam depo hacmi (V_t), %20 lik bir ölü hacim payı ile

$$V_t = 1.25V_e \text{ [litre]} \quad (2.11)$$

olarak belirlenir. Hidrofor depo hacimleri, boyut ve biçimleri TS 1911 tarafından belirlenmiştir.

Depo hacimleri 150, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 litre olarak standartlaştırılmıştır.

Örnek

Şehir şebeke basıncının 40 mSS olduğu bir bölgede bulunan 12 katlı, çift dairesli, küvetli bir binada akma basıncının 10 mSS olması istenmektedir. Binanın her dairesinde ortalama 4 kişi yaşamaktadır. Şehir şebeke basıncının yeterli olmadığı katlar için kullanılacak hidroforun işletme alt ve üst basınçlarını ve depo hacmini belirleyiniz. Binada bağlantı borusu 3 m, dağıtım borusu 4 m uzunluğunda olup, borulardaki ortalama özgül basınç kaybı 0.1 mSS/m dir.

Çözüm

Bina kat yüksekliği 3 m alınırsa, binanın toplam yüksekliği 36 m dir. Suyun şehir şebeke basıncı ile çıkabileceği yükseklik : $P_{\min} = P_{akma} + H + \Sigma H_{kayıp} \Rightarrow 40 = 10 + H + 0.1 (3 + 4 + H) + 5$
H = 22.09 m olup, bu değer 7. kata karşılık gelir. 8. ve yukarıdaki katlar şehir şebekesinden beslenemediğinden, sadece bu katlar için hidrofor tesisatı yapılmalıdır. Tablo-2.11 den küvetli bir daire için kişi başı günlük su tüketimi 150 litre, Tablo-2.12 den saatlik su gereksinimi için katsayı 0.25 ve pompanın 1 saatte devreye girme sayısı 8 alınarak,

$$\text{Günlük su ihtiyacı} : V_g = 10 \text{ daire} \cdot 4 \frac{\text{kişi}}{\text{daire}} 150 \frac{\text{litre}}{\text{kişi} \cdot \text{gün}} = 6000 \text{ litre/gün}$$

$$\text{Saatlik mak. su ihtiyacı} : V_m = k \cdot V_g = 0.25 \cdot 6000 = 1500 \text{ litre/gün}$$

$$\text{Pompa debisi} : V_p = 1.5 \cdot V_m = 1.5 \cdot 1500 = 2250 \text{ litre/gün}$$

$$\text{Pompanın devrede kalma süresi} : t = \frac{V_m}{i \cdot V_p} = \frac{1500}{8 \cdot 2250} = 0.083 \text{ saat} = 5 \text{ dakika}$$

$$\text{Depo yararlı hacmi} : V_f = (V_p - V_m) \cdot t = (2250 - 1500) \cdot 0.083 = 62.5 \text{ litre}$$

$$\begin{aligned} \text{İşletme alt basıncı} : P_a &= H_{krt} + P_{krt} + \Delta P_{krt} = 36 + 10 + 0.1 \cdot 36 \\ P_a &= 49.6 \text{ mSS/m} \approx 50 \text{ mSS} \end{aligned}$$

$$\text{İşletme üst basıncı} : P_{\bar{u}} = P_a + 15 = 65 \text{ mSS}$$

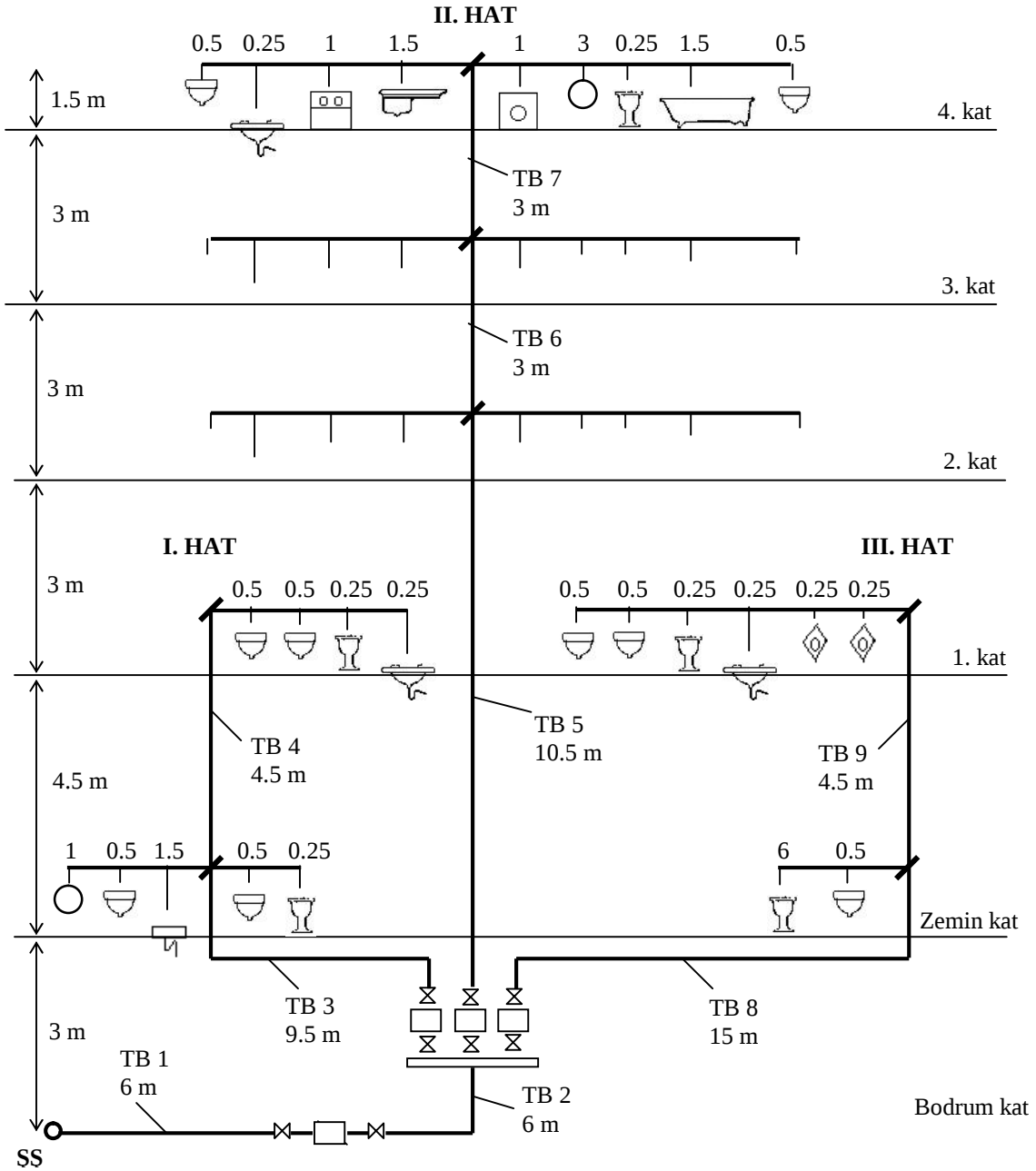
$$\text{Etkin hacim} : V_e = V_f \frac{P_{\bar{u}}}{P_{\bar{u}} - P_a} = 62.5 \frac{65}{65 - 50} = 271 \text{ litre}$$

$$\text{Hidrofor depo hacmi} : V_t = 1.25 \cdot V_e = 1.25 \cdot 271 = 339 \text{ litre}$$

Standarta göre 500 litrelik depoya sahip hidrofor seçilmelidir.

Örnek

Şehir şebeke basıncının 40 mSS olduğu bir bölgedeki bir binanın temiz su tesisatı boru planı, cihazların ve su akıtma yerlerinin yük değerleri ile birlikte aşağıda verilmiştir. Bina'nın 2.,3. ve 4.katlarında aynı cihazlar bulunmaktadır. Tesisatın, uzunlukları verilen ve TB şeklinde gösterilen galvanizli çelikten yapılmış borularının çaplarını, yükleme birimi yöntemine göre belirleyiniz.



Çözüm

Tesisatta üç hat bulunmaktadır. Her hat için Tablo-2.4 den kritik noktadaki akma basınçları ve kritik yükseklikler belirlenir, (2.4) ve (2.5) bağıntıları kullanılarak etken basınç ve özgül basınç kayıpları hesaplanır. Kritik hattı belirlemek için şehir şebekesinden itibaren bütün hatlarla ilgili bilgiler bir tablo şeklinde düzenlenir.

Hatlar	I	II	III
Kritik yükseklik H_{krt} [m]	9	18	9
Kritik Akma basıncı (P_{krt}) [mSS]	10	10	13
Sayaç basınç kaybı ($P_{sayaç}$) [mSS]	10	10	10
Etken basınç (ΔP_{etken}) [mSS]	11	2	8
Hat uzunluğu (L) [m]	26	28.5	31.5
Özgül basınç kaybı ($\Delta P_{özgül}$) [mSS/m]	0.423	0.07	0.254

Bu tabloya göre özgül basınç kaybı en küçük olan II nolu hat, kritik hattır. Hesaplamaya öncelikle bu hattan başlanır. Tablo-2.8 kullanılarak hatta yer alan boruların yük değerine göre, hattın özgül basınç kaybına en yakın özgül basınç kaybının bulunduğu çap değeri alınır. Özgül basınç kaybı ile boru uzunluğu çarpılarak borunun tümü için basınç kaybı bulunur. Hatta bulunan tüm borular için bu işlem tekrarlanarak toplanır ve hattın tümü için basınç kaybı belirlenir. Hatta oluşan basınç kaybının, hattın etken basıncından küçük olması gerekir. Aksi durumda hatta yer alan boruların çapları değiştirilerek bu şartın sağlanmasına çalışılır. Bütün hatlar için ortak olan TB1 ve TB2, kritik hat içinde hesaplandığından; diğer hatların hesabında bu borulara ait değerler çıkarılır.

Boru No	Uzunluk [m]	Yük Birimi [YB]	Boru Çapı [mm]	Basınç Kaybı	
				Özgül [mSS / m]	Toplam [mSS]

HAT : II

Etken Basınç = 2 mSS

Ort. Özgül basınç kaybı = 0.07 mSS/m

TB 1	6	42.25	50	0.05	0.3
TB 2	6	42.25	50	0.05	0.3
TB 5	10.5	28.5	50	0.03	0.315
TB 6	3	19	32	0.24	0.72
TB 7	3	9.5	32	0.12	0.36

1.995 < 2

HAT : I

Etken Basınç = 11-(0.3+0.3) = 10.4 mSS

Ort. Özgül basınç kaybı = 10.4/(26-12) = 0.743 mSS/m

TB 3	9.5	5.25	20	0.86	8.17
TB 4	4.5	1.5	20	0.25	1.125

9.295 < 10.4

HAT : III

Etken Basınç = 8-(0.3+0.3) = 7.4 mSS

Ort. Özgül basınç kaybı = 7.4/(31.5-12) = 0.4 mSS/m

TB 8	15	8.5	25	0.41	6.15
TB 9	4.5	2	25	0.1	0.45

6.6 < 7.4

3. SICAK SU TESİSATI

Binalarda yaşayanlar yıkanma, bulaşık, çamaşır gibi kullanma amaçlı sıcak suya gereksinim duyarlar. Sıcak su istenilen konfor koşullarına, mevcut ısıtma kaynaklarına, kullanma miktarına göre farklı şekillerde sağlanabilir. Kullanma amaçlı sıcak suyun hazırlanmasında, yerel ve merkezi olmak üzere iki sistem uygulanmaktadır.

3.1. Yerel Sıcak Su Sistemleri ve Elemanları

Bu sistemlerde sıcak su şofben, kombi, termosifon gibi aygıtlarla genellikle kullanılacağı yerde hazırlanmaktadır.

Şofbenler doğal gaz, hava gazı, LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) ve elektrikle çalışan anlık sıcak su ihtiyacı için kullanılan, deposuz su ısıtıcılarıdır. Gazlı bir şofbenin çalışma prensibi, Şekil-3.1 de şematik olarak görülmektedir. Şofbenin çalışabilmesi için, girişindeki su basıncının en az şofbenin önerilen çalışma basıncı değerinde olması gerekmektedir. Şofbenin çıkışındaki musluk açıldıktan kısa bir süre sonra sürekli olarak sıcak su elde etmek mümkün olmaktadır. Gazlı şofbenler 8 m³ ten küçük hacimli yerlerde kullanılmamalı, mutlaka baca bağlantılı, havalandırılabilen yerlere yerleştirilmelidir.

Kombi, hem bina ısıtılmasını hem de kullanma sıcak suyu elde edilmesini sağlayan şofbenlere verilen addır. Son yıllarda, özellikle doğal gazın kullanılmasıyla birlikte yaygınlaşmışlardır. Hazırlanan sıcak suyun bir kısmı, vanalarda kontrol edilerek, bina içindeki radyatörlere bir kısmı da kullanma yerlerine yöneltilmektedir.

Termosifonlar katı, sıvı yakıt kullanan veya elektrikle çalışan depolu su ısıtıcılarıdır. Katı ve sıvı yakıtlı termosifonlar borulu veya gömlekli tipte imal edilebilirler ve basınçlı ya da basınçsız olarak çalışabilirler. Basınçlı termosifonlar doğrudan tesisata bağlanabilirken, basınçsız termosifonlara genellikle bir depo ve hava alma borusu takılır.



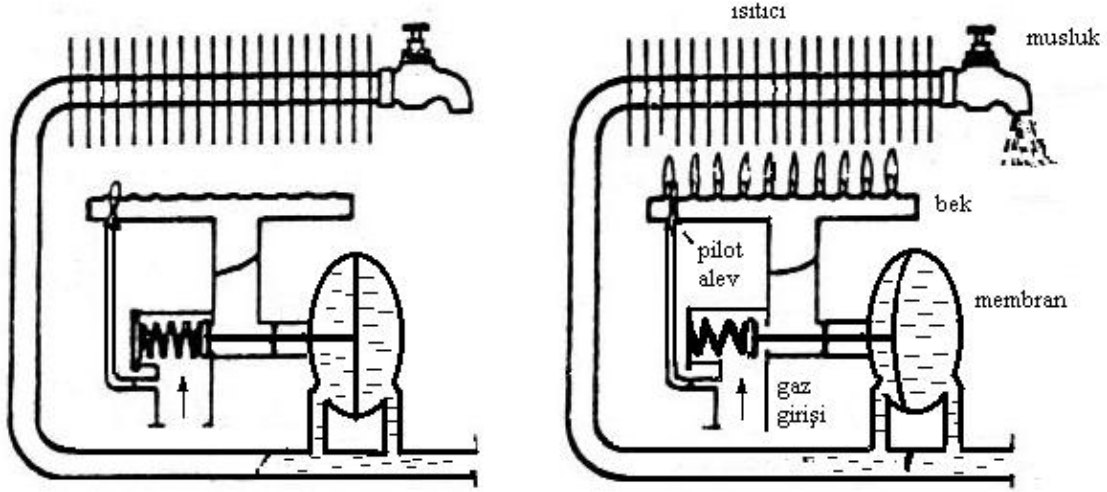
Gazlı şofben



Elektrikli şofben



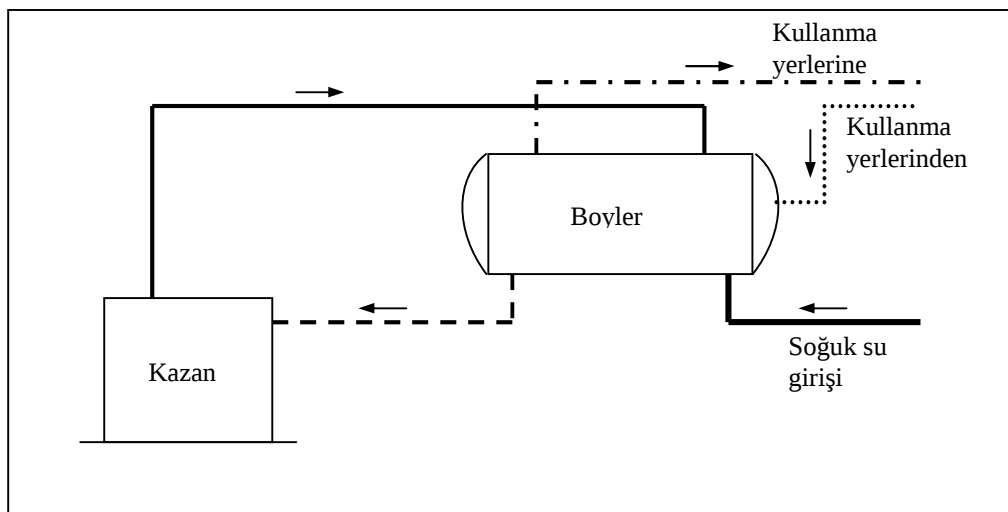
Termosifon



Şekil-3.1: Şofbenin çalışma ilkesi [2]

3.2. Merkezi Sıcak Su Sistemleri

Büyük ve dağınık yapılarda kullanılan sıcak su hazırlama ve dağıtma sistemidir. Merkezi kullanma sıcak suyu tesisatı doğrudan veya dolaylı ısıtmalı olarak yapılabilir. Doğrudan sıcak su hazırlamalı sistemde, kazan içinde bulunan büküm borudan (serpantin) geçerken ısınan su önce bir depoya sonra da kullanma yerlerine gönderilmektedir. Büküm borunun zamanla kireçlenmesi nedeniyle pek kullanılmayan bir sistemdir. Dolaylı sıcak su sisteminde kazan ve boyler adı verilen bir ısı eşanjörü bulunmaktadır. Kullanma yerlerine gönderilecek sıcak su boylerde hazırlanır. Şekil-3.2 de görüldüğü gibi, bu tür sistemlerde kazan ve boyler arasında birincil, boyler ve kullanma yerleri arasında ikincil olarak adlandırılan iki dolaşım devresi bulunmaktadır.



Şekil-3.2: Kazan ve Boylerli merkezi sıcak su tesisatı



Birincil devrede kazanla boyler arasında dolaşan ve miktarı sabit olan sıcak su, genellikle 90°C de kazandan çıkmakta ve boylerde kullanma yerlerine gidecek suya ısı vererek 70°C sıcaklıkta tekrar kazana dönmektedir. İkincil devrede boylerle kullanma yerleri arasında dolaşan suyun kullanılmayan kısmı tekrar boylere geri gelmektedir. Kullanma miktarına göre, şehir şebekesinden boylere sürekli besleme yapılabilir.

3.2.1. Sıcak Su Gereksinimi

Kullanma amaçlı sıcak suyun miktarı ve sıcaklığı, evsel ve endüstriyel amaçlara göre değişebilmektedir. Standartlara göre, kullanma amaçlı sıcak suyun sıcaklığının 60°C olması gerekmektedir. Sıcak su miktarı, bina tipine, kullanma yerinin tipine ve kullanma sıklığına bağlı olarak değişebilmektedir. Tablo-3.1 de, çeşitli kullanma yerleri için 60°C sıcaklıkta en düşük ve en yüksek anlık sıcak su miktarları, depolama ve kullanma eş zaman faktörleri ile birlikte verilmektedir. Depolama faktörü, sıcak su ihtiyacının az olduğu zamanlarda sıcak suyun depolanması ve ani gereksinimlerin karşılanması ile ilgilidir. Kullanma eş zaman faktörü, sıcak su kullanma yerlerinin hepsinin aynı anda çalışma olasılığının az olması ile ilişkilidir.

	Bağımsız ev	Apartman	Hastane	Otel	İşyeri	Okul	Endüstriyel tesisler
Özel lavabo	7.5 – 9	7.5 – 9	7.5 – 9	7.5 – 9	7.5 – 9	7.5 – 9	7.5 – 9
Genel lavabo	-	15 – 18	20 – 27	30 – 36	23 – 27	50 – 68	40 – 54
Banyo	90 – 250	76 – 250	76 – 250	76 – 250	-	-	-
Duş	136 – 250	114 – 250	250 – 340	250 – 340	114 – 136	250 – 1000	750 – 1000
Çamaşır mak.	70 – 90	70 – 90	75 – 126	75 – 126	-	-	-
Eviye	35 – 45	35 – 45	70 – 90	70 – 136	38 – 90	35 – 90	70 – 90
Bulaşık mak.	40 – 68	40 – 68	190 – 680	190 – 760	-	75 – 450	75 – 450
Kullanma eş zaman faktörü (Φ_1)	0.3	0.3	0.25	0.25	0.3	0.4	0.4
Depolama Faktörü (Φ_2)	0.7	1.25	0.6	0.8	2	1	1

Tablo-3.1: Kullanma amaçları değişik yapılar için 60°C sıcaklıkta sıcak su ihtiyacı (lt/saat) [1]

3.2.2. Boyler Hesabı

Merkezi sıcak su hazırlayıcısı boylerin hesabı, sıcak su ihtiyacı esas alınarak, hacminin belirlenmesidir. Sıcak su ihtiyacı, bir depolama faktörü ile çarpılarak boyler hacmi bulunur. V_a anlık sıcak su miktarı, Φ_1 kullanma eş zaman faktörü ve Φ_2 depolama faktörü olmak üzere boyler hacmi,

$$V_b = V_a \Phi_1 \Phi_2 \quad [\text{lt/saat}] \quad (3.1)$$

bağıntısı ile belirlenir. Boyler büyüklükleri standart olduğundan, bulunan hacme en yakın boyler seçilir.

Türk standartları, konutlar için boyler ısıtma devresinin ısıtıcı kapasitesinin belirlenmesinde, boyler depo hacmi kadar suyun 2 saatte 10°C dan 60°C sıcaklığa çıkarılmasını esas almaktadır. Diğer tesisler için ısıtma süresi, tesisin özelliğine göre belirlenmektedir. r suyun yoğunluğu, c özgül ısı, T_g suyun giriş sıcaklığı ve $T_ç$ suyun çıkış sıcaklığı olmak üzere, konutlar için kazan kapasitesi

$$Q = r V_b c (T_ç - T_g) / 2 \quad [\text{kcal/saat}] \quad (3.2)$$

bağıntısı ile bulunmaktadır. TS 736 ya göre boylerler, tek cidarlı (serpantinli) 150, 200, 300 ve 500 lt iç hacimlerinde; çift cidarlı (gömlekli) olarak 800, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000 ve 5000 lt iç hacimlerinde standart olarak üretilmektedirler.

3.3. Sıcak Su Tesisatında Boru Çaplarının Belirlenmesi

Yerel sıcak su tesisatında boru çapı şofben, termosifon gibi sıcak su hazırlayan cihazların çıkış bağlantısının çapına göre alınabilir. Cihaz tipinin belirli olmadığı durumlarda, sıcak su borusu çapı 20 mm (3/4 ") olarak seçilebilir.

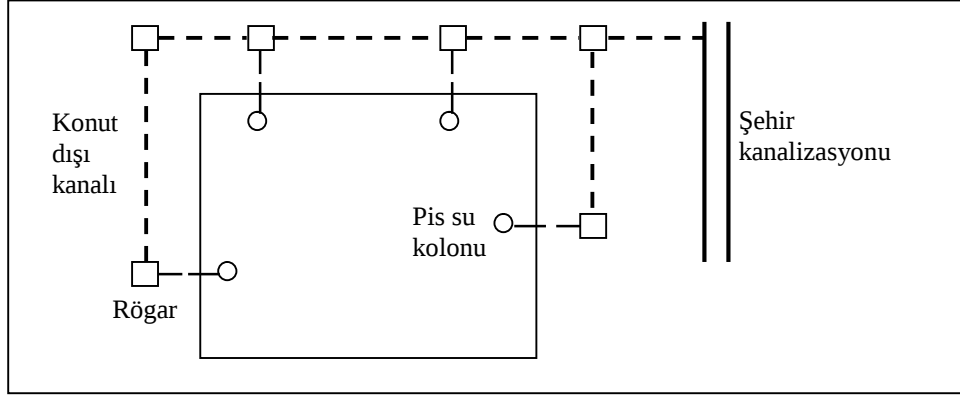
Merkezi sıcak su sistemlerinde sıcak su gidiş ve dolaşım borularının çaplarının hesaplanması gerekmektedir. Sıcak su gidiş borularının çapları, soğuk su boru çapı hesabında olduğu gibi aynı kriterlere ve yükleme birimi yöntemine göre belirlenmektedir. Dolaşım borularının çapları gidiş borularının çaplarına göre, doğal veya zorlanmış dolaşımli olarak, Tablo-3.2 den seçilebilir. Dolaşım boruları sıcak su gidiş borularına paralel olarak döşenir.

Sıcak su gidiş borusu çapı [mm]	Boyler soğuksu borusu çapı [mm]	Dolaşım borusu çapı	
		Doğal dolaşım [mm]	Pompalı [mm]
32	20	15	15
40	25	20	15
50	32	25	20
65	40	32	25
80	50	40	32
90	65	50	32

Tablo-3.2: Konut ve benzeri yapılar için Boylerli sıcak su tesisatı için boru çapları [1]

Sıcak su tesisatı, kalorifer tesisatlarında olduğu gibi, alttan ya da üstten dağıtılmalı olarak yapılabilir. Bodrum katı veya su gidiş ve dolaşım borularının döşenmesi için uygun yeri olmayan binalarda sıcak su tesisatı üstten dağıtılmalı olarak yapılır. Üstten dağıtılmalı durumda, sıcak su kolonları aynı zamanda dolaşım borusu görevi yapacağından, dolaşım borusu uzunluğu azalacaktır.

Konut dışı kanal boyunca belirli aralıklarla yerleştirilen rögarlar, genellikle beton malzemeden 50x50x80 cm boyutlarında yapılırlar. Konut dışı kanalın tıkanma olasılığını azaltma amacıyla kullanılan rögarların belirli aralıklarla temizlenmeleri gerekir.

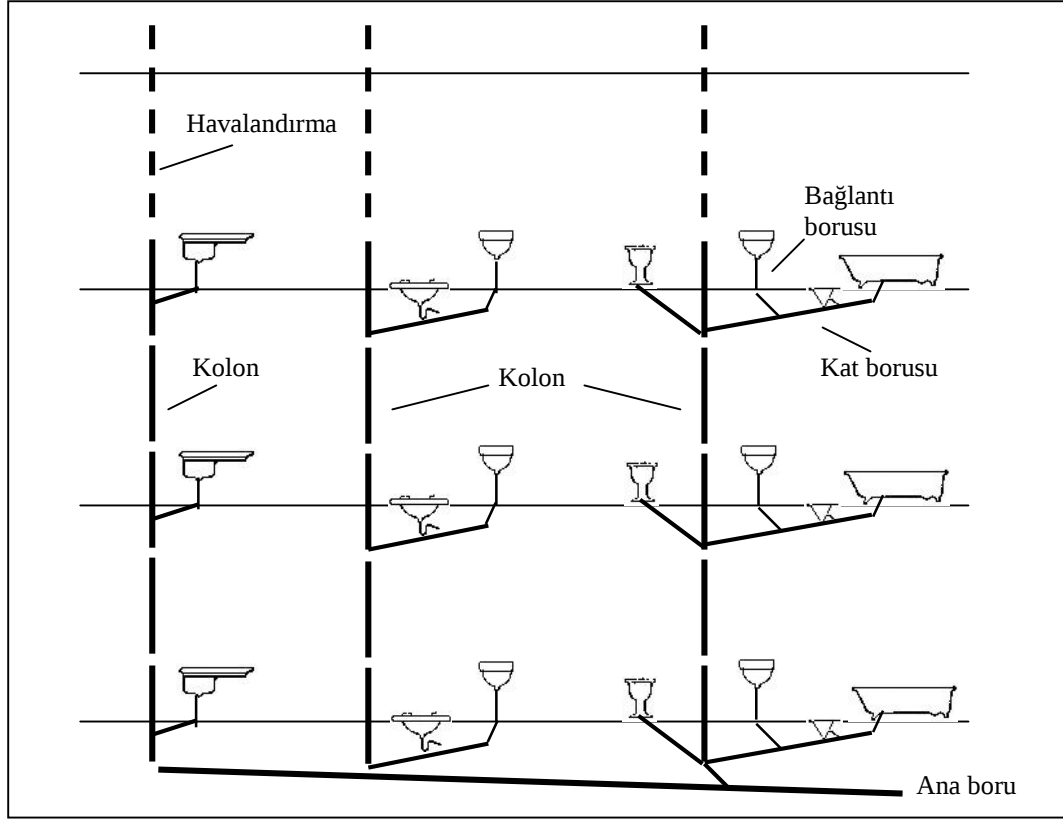


Şekil-4.1: Bina dış pis su tesisatı

Şekil-4.2 de şematik olarak görülen bina içi pis su tesisatı su akıtma yerlerinden gelen kirli suyu konut dışı kanala bağlayan boru ağıdır. Bu bölümde ana borular, kolonlar, kat boruları, bağlantı boruları, sifonlar ve havalandırma boruları yer almaktadır.

Cihazlar	Yatay plan	Kolon şeması
Pis su borusu	—	
Yağış suyu borusu	- - -	Y
Muflu boru	→	↓
Kolon	○	
Havalandırma borusu	↗	↗
Lavabo	□	□
Eviye	□	□
Psivuar	□	□
Hela taşı	□	□
Klozet	□	□
Küvet	□	□
Duş teknesi	□	□
Yer süzgeci	□	□
Rezervuar	□	□
Rögar	□	□

Tablo-4.1: Pis su tesisatında kullanılan işaret ve semboller



Şekil-4.2: Bina iç pis su tesisatının bölümleri

Ana borular, binanın zemininde bulunurlar ve kolonlardan gelen pis suları toplayarak rögarlar ve konut dışı kanalına iletirler. Genellikle 1/100 ve 1/50 eğimle yatay olarak döşenen ana borular, kırdöküm veya plastik malzemeden yapılırlar.

Kolonlar, üst katlardaki pis suları ana borulara ileten düşey olarak döşenen borulardır. Kırdöküm, galvanizli çelik veya plastik malzemeden yapılırlar.



Kat borusu, bağlantı borularından gelen pis suyu toplayarak kolonlara iletirler. Kırdöküm veya plastik malzemeden yapılırlar ve genellikle 1/50 eğimle döşenirler. Bu borular döşeme altına yerleştirilirler.



Bağlantı boruları, su akıtma yerlerini kat borusuna bağlarlar. Kurşun, kırdöküm veya plastik malzemedan yapırlar ve daima duvara veya döşemeye gömülü olarak döşenirler.

Sifonlar, lavabo, küvet, klozet gibi su akıtma yerleri ile bağlantı borusu arasındaki elemanlardır. Kurşun, pirinç, kırdöküm, seramik, plastik malzemedan yapılabilirler. Günümüzde çoğunlukla plastik malzemedan üretilmektedirler. Sifonların en önemli görevi, kötü kokuların binanın içine girmesini engelleyen bir su perdesi oluşturmaktır. Biçimlerine göre, borulu ve şişe tipli sifonlar Şekil-4.3 de şematik olarak verilmiştir. Pis su tesisatında meydana gelebilecek basınç dengesizliği, sifonlardaki su perdelerinin bozulmasına neden olabilmektedir.



Boru tipi sifon



Şişe tipi sifon



Klozet, hela taşı sifonu

Şekil-4.3: Borulu ve şişe tipli sifonlar



Uygun olmayan sifon bağlantısı

Havalandırma boruları, pis su tesisatında basınç dengesinin sağlanması ve dolayısıyla sifonlardaki su perdelerinin korunması amacıyla döşenir. Küçük binalarda en üst kattaki kolon borusu, binanın çatısına kadar çıkarılarak pis su tesisatının havalandırılması sağlanabilmektedir.

4.2. Pis Su Tesisatı ile İlgili Kriterler

Pis su tesisatının döşenmesinde aşağıda sıralanan ayrıntılar göz önünde bulundurulmalıdır.

- Pis su tesisatını oluşturan boruların tümü, bir ucu diğer borunun ucuna oturacak şekilde, muflu olmalıdır. Bu tipteki boruların kolay sökülebilme ve takılabılme üstünlüğü vardır.
- Pis su tesisatının döşenmesine kolonlardan başlanılmalı ve en alt kattan yukarı doğru devam edilmelidir. Her kolonun erişilebilecek en alt noktasına bir temizleme borusu konulmalıdır.
- Yatay borular düz olarak değişmeyen genellikle %2 lik eğimle döşenmeli ve akış hızı 0.6 m/s den küçük olmamalıdır.
- Boru birleşimleri, akış yönünde ve dar aç yapacak şekilde olmalıdır. Emme etkisinin arttırılması için, kat boruları kolonlara 45° lik dirseklerle bağlanmalıdır.
- Yatay olarak döşenen kat boruları ve zemin kattaki ana borularının uzunlukları mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
- Banyo ve tuvalet gibi yerlerde zorunlu olmadıkça düşük döşeme yapılmamalıdır.



4.3. Pis Su Tesisatı Boru Çaplarının Belirlenmesi

Pis su tesisatını oluşturan boruların çaplarının uygun bir şekilde belirlenmesi, ekonomikliğin yanısıra tesisatın düzgün çalışması açısından da önemlidir. Pis suyun yoğunluğu temiz suya göre fazla olduğundan, boru çaplarının gereğinden büyük ya da küçük seçilmesi sakıncalar oluşturabilir. Temiz su tesisatındakine benzer şekilde pis su tesisatının hesaplanmasında da su akıtma yerlerinden gelen pis ve atık su yükü, *sarfiyat birimi* olarak tanımlanmaktadır. Tablo-4.2 de çeşitli su akıtma yerlerinin sarfiyat birimleri ile birlikte bağlantı borularının çap değerleri verilmektedir. Tesisattaki her bir borunun yük değeri, bu boruya bağlanan boruların yük değerleri toplanarak belirlenmektedir.

Cihazlar	Pis su miktarı [lt/s]	Sarfiyat birimi [SB]	Bağlantı borusu çapı [mm]
Lavabo	0.5	2	50
Yer süzgeci	0.5	2	70
Pisuar, Bide	0.25	1	70
Eviye	1	4	70
Küvet, Duş teknesi	1.75	7	70
Çamaşır makinası	1.75	7	70
Bulaşık makinası	2	8	70
Hela taşı, klozet	2.5	10	100

Tablo-4.2: Pis su yük değerleri

Su akıtma yerlerini kat borusuna bağlayan bağlantı borularının çapları, su akıtma yerinin tipine göre, Tablo-4.2 den alınır. Kolon boruları ile kat ve ana borular gibi yatay boruların çapları Tablo-4.3 den bulunabilir.

BORU ÇAPI [mm]	YATAY BRANŞMAN VE ANA BORULAR								KOLON BORULARI
	Pürüz katsayısı=0.35				Pürüz katsayısı=0.25				
	Eğim : 1/100		Eğim : 1/50		Eğim : 1/100		Eğim : 1/50		
	Debi [lt/s]	Sarfiyat toplamı	Debi [lt/s]	Sarfiyat toplamı	Debi [lt/s]	Sarfiyat toplamı	Debi [lt/s]	Sarfiyat toplamı	
70	1.4	25	2	36	1.75	32	2.25	41	40
100	3.9	100	5.5	147	4.9	130	6.9	185	150
125	7	270	10	400	9	360	12.6	500	400
150	12.3	600	17.5	875	15	750	21	1050	900
200	28	1550	38	2170	33	1900	46	2630	2200

Tablo-4.3: Yatay ve düşey pis su boru çapları [1]

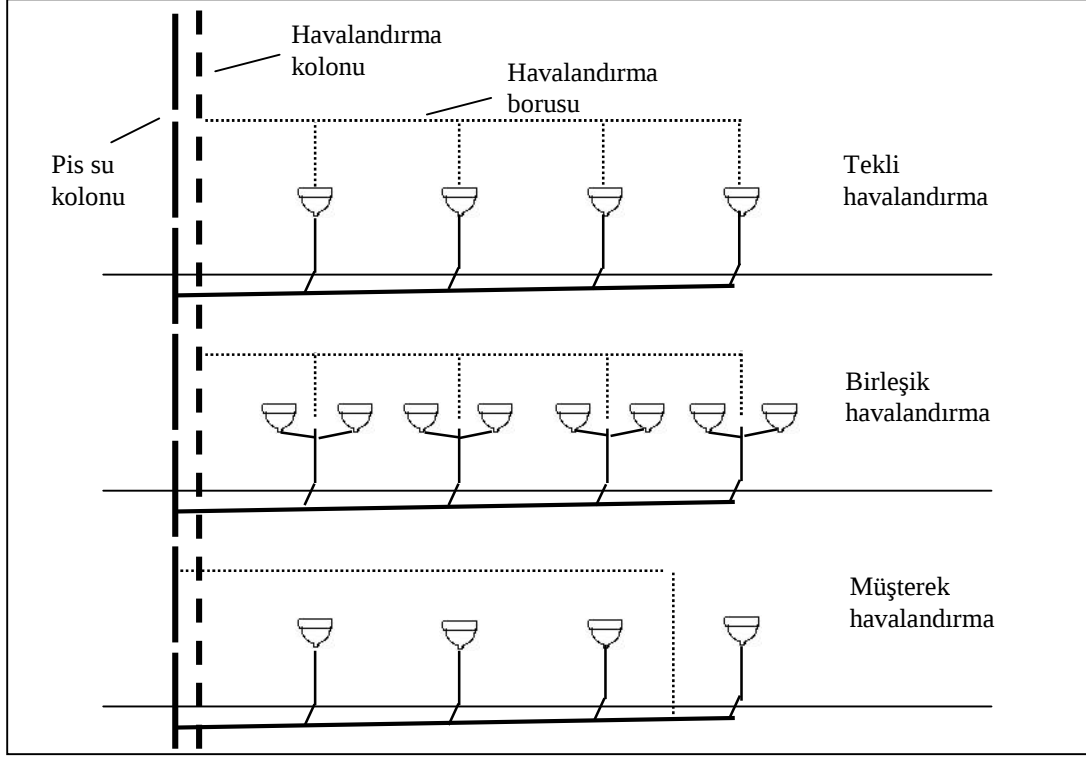
Düşey borular olan kolon boruları için taşıdıkları sarfiyat toplamına göre, Tablo-4.3 ün son sütunundaki en yakın büyük yük değeri alınır. İlk sütunda buna karşılık gelen nominal çap değeri seçilir.

Kat borusu ve ana borular gibi yatay boruların çaplarının belirlenmesinde, eğim ve pürüzlülük değerleri göz önüne alınmalıdır. Aynı çizelgeden verilen eğim ve pürüzlülük değerleri esas alınarak yatay borunun taşıyacağı yük değerine en yakın büyük yük değeri bulunarak ilk sütunda karşılık gelen nominal çap değeri belirlenir.

4.4. Pis Su Tesisatının Havalandırılması

Tesisattaki borulardan pis suyun düzenli akabilmesi ve sifonlardaki su perdelerinin korunabilmesi için havalandırma yapılması gereklidir. Ayrıca, havalandırma ile borular içinde oluşabilecek mantarların neden olabileceği tıkanma olasılığı da azaltılmış olmaktadır. Aynı bir havalandırma tesisatı olmayan binalarda, Şekil-4.2 de görüldüğü gibi kolon borularının en üst kattan itibaren çatı üzerine çıkarılması ile havalandırma yapılması yeterli olmaktadır. Dizi

halindeki su akıtma yerlerinin havalandırılması, Şekil-4.4 de görüldüğü gibi tekli, birleşik ve müşterek tipte yapılabilmektedir. Tekli havalandırmada her sifon bağımsız olarak havalandırılır. Birleşik havalandırma sırt sırta yerleştirilmiş sifonlar için tercih edilebilir. Müşterek havalandırmada, havalandırma borusu pis su kolonuna bağlanır.



Şekil-4.4: Sifonların havalandırma şekilleri

4.5. Yağış Suyu Tesisatı

Yağış suyu tesisatı çatı, teras gibi yüzeylere düşen yağış sularını toplayıp binadan uzaklaştırmak amacıyla döşenir. Çatı kenarına yatay olarak döşenen oluklarda toplanan yağış suyu, belirli aralıklarla binanın düşeyi boyunca döşenen kolon borularına aktarılır. Oluk ve borular çinko sac, galvanizli çelik sac ve PVC malzemeden muflu şekilde imal edilmektedir.



Yağış suyu tesisatının boyutlandırılmasında, yağış suyu debisi ve yağış düşen yerin alanı etken olmaktadır. r , yağış şiddeti, A [m^2] yağış düşen alan olmak üzere yağış suyu debisi,

$$\dot{V} = W \cdot r \cdot A / 10000 \quad [lt/s] \quad (4.1)$$

şeklinde bir bağıntıyla hesaplanabilmektedir. Akma dağılma katsayısı W nin, çeşitli yüzeyler için değerleri Tablo-4.4 de verilmektedir. Genellikle meteorolojik verilerle ortalama olarak belirlenmiş olan yağış şiddeti,

$$r = 166.7z / t \quad [lt/shektar] \quad (4.2)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada z [mm], yağış suyu yüksekliği ve t [dakika] yağış süresini göstermektedir. Yağış süresi t , genellikle 15 dakika olarak göz önüne alınmaktadır.

	W
Çatı yüzeyleri	1
Asfalt yol ve kaldırımlar	0.9
Menfezli yol ve kaldırımlar	0.85
Kaldırım taşı döşenmiş yollar, kaldırımlar	0.5
Oyun alanları	0.25
Avlu	0.15
Bahçeler, parklar	0.05

Tablo-4.4: Akma-dağılma katsayısı değerleri [1]

Yağış suyu tesisatını oluşturan yatay boruların veya olukların çapları, yağış şiddetine, yağış düşen yerin izdüşüm alanına ve boruların eğimine göre, Tablo-4.5 den seçilebilir. Düşey borular olan yağış suyu kolonlarının çapları da aynı çizelgeden 1/100 eğime karşılık gelen değer olarak alınabilir. Kolon sayısını olukların uzunluğu belirlemektedir. Genellikle her 15 m lik oluk için bir kolon konulmaktadır. Kolon borusu çapları da Tablo-4.6 dan alınabilir.

Yağış adedi [lt/s.hektar]	100	150	200	300	Boru çapı [mm]		Yağış suyu için yük değeri	Yaklaşık debi [lt/s]		
Yağış düşen yüzeyin izdüşüm alanı [m²]					1/50 eğim	1/100 eğim				
	140	90	70	45	100	100	45	1.4		
	210	135	105	70			75	2.1		
	280	185	140	90			100	2.8		
	350	230	175	115			130	3.5		
	415	275	210	140	125	125	150	4.15		
	480	320	240	160			175	4.8		
	550	365	275	180			200	5.5		
	625	415	310	200	125	125	235	6.25		
	700	465	350	230			270	7		
	775	515	390	260			150	150	300	7.75
	850	570	425	280					330	8.5
	925	620	465	310	360	9.25				
	1000	665	500	330	400	10				
		700	530	350	150	150			450	10.6
		740	560	370			500	11.22		
		790	590	400			550	11.85		
		830	620	420			600	12.5		
	1350	900	675	450			200	200	700	13.5
	1500	1000	750	500	800	15				
	1750	1150	875	575	900	17.5				

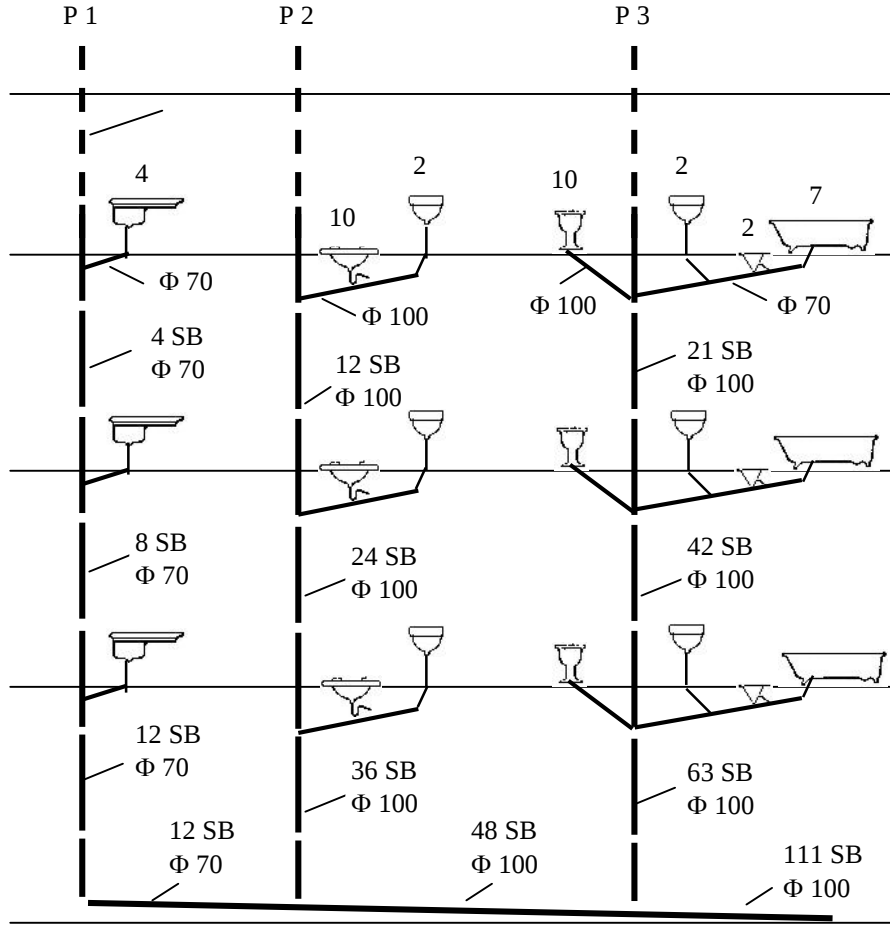
Tablo-4.5: Yağış suyu yatay boru (oluk) çapı belirlenmesi [1]

Yağış suyu düşen yüzeyin izdüşüm alanı [m ²]	Kolon çapı [mm]
Balkonlar	50
6	50
50	70
150	100
250	125
400	150

Tablo-4.6: Yağış suyu kolon borusu çapları [1]

Örnek

Üç katlı tek daireli bir binanın pis su tesisatının su akıtma yerlerine ait pis su sarfiyat birimleri de gösteren boru planı aşağıda verilmiştir. Binada üç adet pis su kolonu vardır ve yatay borular için eğim 1/50 ve pürüzlülük 0.25 dir. Tesisatın yatay ve düşey boruları için belirlenen çap değerleri boru planı üzerinde gösterilmiştir.



5. DOĞAL GAZ TESİSATI

Doğal gaz fosil yakıtlar grubundan hidrokarbon esaslı, kokusuz, renksiz, havadan daha hafif, kolay yanabilen bir gaz karışımıdır. Yanma ürünleri açısından çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkileri en az düzeyde olan, taşıma kolaylığı ve verimlilik sağlayan bir enerji kaynağı olup, elektrik santrallerinde, gübre sanayiinde ve konutlarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

5.1. Gazlarla İlgili Genel Kavramlar

5.1.1. Basınç

Gaz tesisatında basınç, efektif değer olarak ifade edilir. Atmosfer basıncı üzerindeki statik basıncı gösterir ve birim olarak $[mbar]$ kullanılır.

$$1 \text{ bar} = 10^3 \text{ mbar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 9810 \text{ mSS}$$

Basınç için kullanılan diğer birimler aşağıda verilmektedir:

$$\text{Standart atmosfer (1 atm)} = 1.01325 \text{ bar} = 760 \text{ Torr}$$

$$\text{Teknik atmosfer (1 at)} = 1 \text{ kg-kuvvet/cm}^2 = 735.5 \text{ Torr} = 0.981 \text{ bar}$$

Mutlak teknik atmosfer *ata* şeklinde, efektif (ölçüm) teknik atmosfer *atü* olarak gösterilir.

$$1 \text{ psi} = \text{lb-f/in}^2 = 0.06895 \text{ bar}$$

Gaz tesisatları değişik işletme basınçlarında çalışabilmektedirler. Basınç sınırları,

$$\text{alçak basınç} : p \leq 100 \text{ mbar}$$

$$\text{orta basınç} : 100 \text{ mbar} \leq p \leq 1 \text{ bar}$$

$$\text{yüksek basınç} : p \geq 1 \text{ bar}$$

olarak belirlenmiştir. Konutlar ve benzeri yapılar, alçak basınçlı tesisat sınıfında yer alırlar.

Aşağıdaki tanımlamalar, gaz tesisatı uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır:

Durgun basınç : Akış halinde olmayan gaz ortamının basıncıdır.

Şebeke basıncı : Bina bağlantı hattında bulunan gaz basıncı olup, tesisatın hesaplaması bu basınca göre yapılır.

İşletme basıncı : Gaz tesisatının herhangi bir yerinde işletme durumunda okunan basınçtır. Alçak basınç bölgesindeki en yüksek işletme basıncı, basınç regülatörünün çıkışında olması gereken basınca karşılık gelir. Orta basınç bölgesinde en yüksek işletme basıncı için ek olarak, emniyet donanımlarındaki basınç sapmaları da dikkate alınmalıdır. $P_{rç}$, regülatörde olması gereken çıkış basıncı; RS , regülatördeki sapma olmak üzere en yüksek basınç,

$$P_{\max} = P_{rç} \left(1 + \frac{RS}{100}\right) \leq 100 \text{ mbar} \quad (5.1)$$

şeklinde olmalıdır.

5.1.2. Hacim

Gazların hacmi bulunduğu basınç ve sıcaklığa göre değişmektedir. Normal şartlarda ($T=0^{\circ}\text{C}$, $P=1.01325$ bar) ideal gazların 1 kmol'ü 22.4135 m^3 hacme sahiptir. Bu değer, gerçek gazlar için de büyük bir yaklaşıklıkla geçerlidir. Gazın sayaçtaki veya brülördeki hali, işletme durumunu gösterir. Örneğin, 15°C sıcaklıkta 1030 mbar basınçtaki gaz işletme durumundadır. Belirli bir gaz hacminin işletme durumundan normal şartlara dönüştürülmesinde

$$V_n = V_{i\dot{s}} \cdot z \quad (5.2)$$

ifadesi kullanılır. V_n , gazın normal şartlardaki hacmini; $V_{i\dot{s}}$, işletme şartlarındaki hacmini ve z , gerçek gaz çarpanını göstermektedir. Gerçek gaz çarpanı,

$$z = \frac{T_n}{T_{i\dot{s}}} \cdot \frac{P_{atm} + P_{eff} - \varphi \cdot P_{bd}}{P_n} \cdot \frac{1}{K} \quad (5.3)$$

şeklindeki ifade ile hesaplanmaktadır. Burada,

T_n : Gazın normal şartlardaki sıcaklığı (273.15 K)

$T_{i\dot{s}}$: Gazın işletme şartlarındaki sıcaklığı

P_{atm} : Atmosfer basıncı [mbar]

P_{eff} : Gazın efektif basıncı [mbar]

P_b : Su buharının kısmi basıncı [mbar]

P_{bd} : Su buharı doyma basıncı [mbar]

φ : Gazın bağıl nemliliği ($\varphi = P_b / P_{pd}$) [%]

Doğal gaz için sıkıştırılabilirlik katsayısı,

$$K = 1 - \frac{P_{atm} + P_{eff}}{450\text{bar}} \quad (5.4)$$

olarak hesaplanabilir. $P_{eff} < 100$ mbar ise, $K=1$ alınabilmektedir.

5.1.3. Yoğunluk ve Bağıl Yoğunluk

Birim hacimdeki kütle miktarı olarak tanımlanan yoğunluk,

$$\rho = m/V \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad (5.5)$$

şeklinde yazılabilir. $\rho_{g,n}$ gazın normal şartlardaki yoğunluğu; $\rho_{h,n}$ kuru havanın normal şartlardaki yoğunluğunu göstermek üzere, bağıl yoğunluk,

$$d = \rho_{g,n} / \rho_{h,n} \quad (5.6)$$

şeklinde ifade edilir. Kuru havanın normal şartlardaki yoğunluğu $1.293\text{ kg}/\text{m}^3$ olarak alınabilir. Bir gaz karışımının bağıl yoğunluğu, karışımı meydana getiren gazların bağıl yoğunlukları ile hacimsel oranlarının çarpımlarının toplamına eşittir.

5.1.4. Isıl Değer

Yakıt olarak kullanılan gazların ana özelliklerinden biri, ısıl değeridir. Üst ve alt olmak üzere iki türlü ısıl değer tanımlanmaktadır. Isıl değer birimi olarak; [kcal/kg] , [kcal/Nm³] veya [kJ/kg], [kJ/Nm³] kullanılmaktadır. Nm³ (normal metre küp), normal şartlardaki hacmi göstermektedir.

Üst ısıl değer (H_{o,n}) : Gaz içinde bulunan su buharının buharlaşması için harcanan ısı dahil olmak üzere, gazın 1 m³ ünün tam yanması ve yanma ürünlerinin sıcaklığının 25°C değerine ininceye kadar elde edilen ısı miktarıdır.

Alt ısıl değer (H_{u,n}) : Gaz içinde bulunan su buharının buharlaşması için harcanan ısı hariç olmak üzere, gazın 1 m³ ünün tam yanması ve yanma ürünlerinin sıcaklığının 25°C değerine ininceye kadar elde edilen ısı miktarıdır. Hesaplamalarda her zaman alt ısıl değer kullanılır.

İşletme şartlarındaki ısıl değer, normal şartlardaki ısıl değer, işletme şartlarındaki basınç, sıcaklık ve nem oranına göre aşağıdaki bağıntı kullanılarak belirlenir.

$$H_{u,iş} = H_{u,n} \cdot \frac{273.15}{273.15 + T_{iş}} \cdot \frac{P_{atm} + P_{eff} - \varphi \cdot P_{bd}}{1013.25} \quad (5.7)$$

Doğal gaz için genellikle $\varphi=0$ alınır. 15°C sıcaklık ve 1013 mbar işletme şartlarındaki doğal gaz için ısıl değer,

$$H_{u,iş} \approx 0.968 \cdot H_{u,n} \quad (5.8)$$

bağıntısından bulunabilir.

5.1.5. Wobbe Endeksi

Gaz tüketim cihazlarının ısı yüklerine göre, gazların değiştirilebilirlik özelliğini gösteren bir tanımlama sayısıdır. Üst ve alt ısıl değerlere bağlı olarak, üst ve alt Wobbe sayıları,

$$W_{o,n} = \frac{H_{o,n}}{\sqrt{d}} \quad W_{u,n} = \frac{H_{u,n}}{\sqrt{d}} \quad [kWh/m^3 \text{ veya } MJ/m^3] \quad (5.9)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Wobbe sayıları aynı olan gazlar bir gaz ailesi oluştururlar ve brülörde aynı ısı yükünü verirler. Wobbe sayısına göre gazların sınıflandırılması Tablo-5.1 de verilmiştir.

Gaz ailesi	Örnek	Wobbe sayısı [kWh/m ³]
1. Gaz ailesi	Hava gazı	6.6 – 8.7
2. Gaz ailesi	Doğal gaz	11.46 – 16.1
3. Gaz ailesi	LPG, Bütan, Propan	21.5 – 25.7
4. Gaz ailesi	Biogaz	8.7 - 11

Tablo-5.1: Gazların Wobbe sayısına göre sınıflandırılması [12]

5.1.6. Isıl Yük ve Isıl Güç

Gaz tüketen bir cihazın ısı yükü (Q_B), yakıtın alt ısı değerine göre cihaza verilen [kW] veya [kJ/s] birimindeki ısı akısıdır. Anma ısı yükü (Q_{NB}), cihaz için en yüksek ve en düşük ısı yükleri arasında ayarlanmış ısı yük değeridir.

Isıl güç (Q_L), cihaz tarafından dışarı verilen ısı miktarıdır. Birimi [kW] veya [kJ/s] dir. Toplam anma ısı gücü (ΣQ_{NL}), bir odada bulunan ve aynı anda birlikte çalıştırılabilen gaz tüketim cihazlarının ısı güçlerinin toplamı olarak tanımlanır. Bu değer, gerekli yakma havası miktarının belirlenmesi ve tesisatın boyutlandırılması açısından önemlidir. Sistemde bulunan cihazların sürekli olarak bir kısmı çalışsa da, toplam anma ısı gücünün belirlenmesinde, birlikte çalışabilecek cihazların hepsi göz önüne alınır.

Bir gaz tüketim cihazının verimi,

$$\eta = Q_L / Q_B \quad [\%] \quad (5.10)$$

şeklinde tanımlanır.

5.1.7. Bağlantı değeri, Maksimum hacimsel debi, Ayar değeri

Gaz tüketim cihazının anma ısı yükünü sağlayan hacimsel debisi, bağlantı değeri olarak tanımlanır. Aynı zamanda cihazın bir saatte tüketebileceği gaz miktarı olarak,

$$V_A = Q_{NB} / H_{u,iş} \quad [m^3 / saat] \quad (5.11)$$

şeklinde ifade edilir.

Maksimum hacimsel debi (V_s), aynı anda kullanılabilen cihazları kapsayacak şekilde boru hattından geçen [m^3 /saat] biriminde en büyük gaz miktarıdır.

Ayar değeri (V_E), anma ısı yükünü elde edecek şekilde cihazların brülörlerinde ayarlanması gereken hacimsel debi olup,

$$V_E = 1.67 \cdot V_A \quad (5.12)$$

olarak hesaplanır.

5.2. Doğal Gazın Yapısı ve Özellikleri

Hidrokarbon esaslı bir gaz karışımı olan doğal gazın içeriği, çıkarıldığı kaynağa göre değişebilmektedir. Türkiye'nin Rusya'dan ithal ettiği doğal gazın 15°C sıcaklık ve 1.01325 bar basınçtaki içeriği, Tablo-5.2 de verilmiştir.

Doğal gazın yoğunluğu 0.74-0.98 kg/m³ arasında, üst ısı değeri 9200-12975 kcal/kg arasında, alt ısı değeri 6450-11700 kcal/kg arasında değişebilmektedir. İçeriğindeki metan oranı yüksek olan doğal gaz 'H' tipi, düşük olan 'L' tipi olarak adlandırılmaktadır.

İçerik		Garanti edilen	Fiili
Metan (CH ₄)		Min %85	% 98.68
Etan (C ₂ H ₆)		max % 7	% 0.211
Propan (C ₃ H ₈)		max % 3	% 0.043
Bütan (C ₄ H ₁₀)		max % 2	% 0.017
Diğer hidrokarbonlar (C _m H _n)		max % 1	% 0.033
Karbondiyoksit (CO ₂)		max % 3	% 0.035
Oksijen (O ₂)		max % 0.02	-
Azot (N ₂)		max % 5	% 0.829
Hidrojen sülfür (H ₂ S)		max 5.1 mg/m ³	
Toplam kükürt (S)		max 102 mg/m ³	
Üst ısı değeri	max MJ/m ³ (kcal/m ³)	39.02 (9335)	
	Ortalama MJ/m ³ (kcal/m ³)	37.62 (9000)	37.41 (8950)
	min MJ/m ³ (kcal/m ³)	36.57 (8750)	

Tablo-5.2: Rusya'dan ithal edilen doğal gazın içeriği [11]

Doğal gaz %5-15 oranında hava ile karıştığında, kapalı ortamlarda bir kıvılcımla patlayarak yanabilir. Doğal gazın tutuşma sıcaklığı 640°C civarındadır. Alev hızı 0.41 m/s dir. Tüketime sunulan doğal gaz içerisinde kükürt bulunmamaktadır. Yanma ürünleri içinde diğer yakıtlara göre yüksek düzeyde, yaklaşık %19 oranında su buharı bulunmaktadır. Tablo-5.3 de doğal gazın diğer gaz yakıtlarla; Tablo-5.4 de ise, sıvı ve katı yakıtlarla karşılaştırılması verilmektedir.

	Hava gazı	LPG	Doğal gaz
Yoğunluk kg/m ³	0.56	2.59	0.76
Alt Isıl değeri MJ/m ³ (kcal/m ³)	19.45 (4650)	114.72 (27445)	35.86 (8580)
Zehirlilik	Zehirli	Zehirsiz	Zehirsiz
Patlama aralığı	% 5-30	% 1.5-9	% 5-15
Yanma hızı m/s	1	0.48	0.43

Tablo-5.3: Doğal gazın diğer gaz yakıtlarla karşılaştırılması [11]

	Kömür	Fuel oil	Doğal gaz
Karbon oranı %	77.4	84.58	73.98
Hidrojen oranı %	1.4	10.9	24.57
Kükürt oranı %	1	4	-
Kül oranı %	8	-	-
Alt Isıl değeri kJ/kg (kcal/kg)	27215 (6500)	38500 (9200)	47880 (11440)
Baca gazı su buharı oranı %	1.8	8.1	16.9
Baca gazı SO ₂ oranı (ppm)	1.644	5.5	-
Baca gazı çiğlenme noktası °C	35	49	56
Ocak sıcaklığı °C	900	1200	1500
Teorik özgül hava miktarı	6.3 Nm ³ /kg	10.4 Nm ³ /kg	9.3 Nm ³ /m ³
Hava fazlalık katsayısı	1.4 - 2	1.2 - 1.3	1.05 - 1.1
Teorik özgül duman miktarı	6.7 Nm ³ /kg	10.8 Nm ³ /kg	10.7 Nm ³ /m ³
Gerçek özgül duman miktarı	10.5 Nm ³ /kg	13.4 Nm ³ /kg	11.6 Nm ³ /m ³
Alev ışınlama katsayısı	0.55 - 9.8	0.45 - 0.8	0.3 - 0.5

Tablo-5.4: Doğal gazın katı ve sıvı yakıtlarla karşılaştırılması [11]

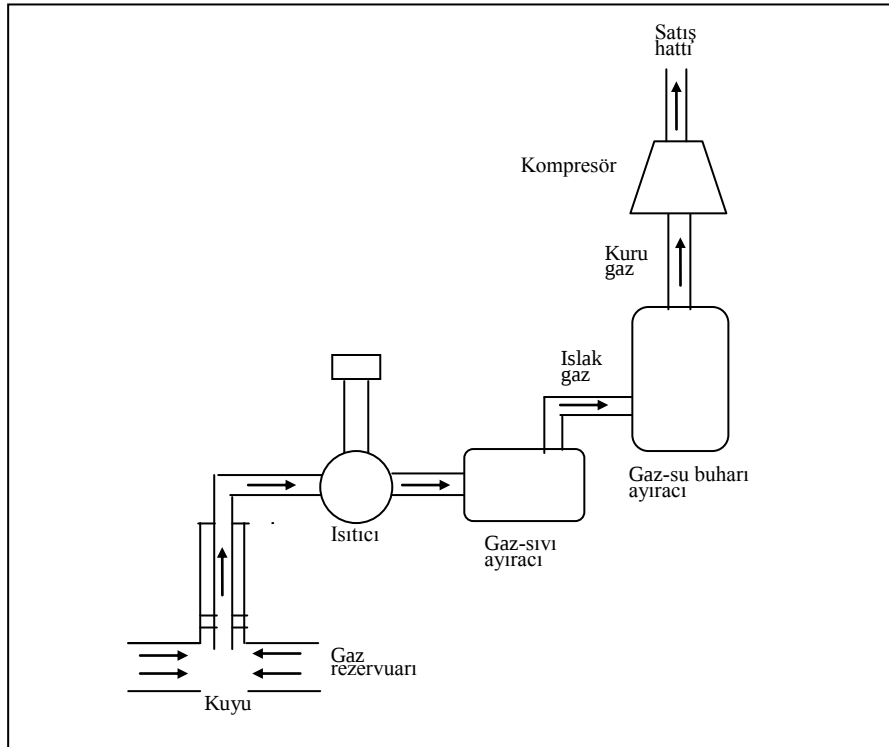
5.3. Doğal Gaz Üretim, Depolama ve Taşıma Sistemleri

Organik teoriye göre doğal gaz, milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan artıklarının yeryüzü tabakaları arasında sıkışarak basınç ve sıcaklık etkisi altında oksijensiz ortamda değişikliklere uğraması sonucu oluşan hidrokarbon ve hidrokarbon olmayan gazların oluşturduğu bir gaz karışımıdır. Doğal gaz yer altında, gözenek çapı 1 mm civarında olan gözenekli tortul kayalar içinde bulunmaktadır.

Dünyada en büyük doğal gaz yatakları Rusya'nın Sibirya bölgesindedir. İran, Türkmenistan, Cezayir, Hollanda, ABD zengin yataklara sahip ülkelerdir. Türkiye'de doğal gaz yatakları, Trakya'da Hamitabat ve Güneydoğu Anadolu bölgesindedir.

5.3.1. Doğal Gaz Üretim Sistemleri

Kuyudan çıkarılan doğal gaz içerisinde yüksek oranda metan, ağır hidrokarbonlar, azot, karbondioksit, hidrojen sülfür ve kükürt bileşikleri bulunmaktadır. Gaz kullanıma uygun duruma getirilmek üzere değişik işlemlerden geçirilir. Böyle bir işleme sistemi, Şekil-5.1 de şematik olarak verilmiştir.



Şekil-5.1: Doğal gaz üretim ve işleme sistemi

Sistemdeki gaz-sıvı ayırma bölümünde, ham doğal gaz içinde sıvı fazdaki hidrokarbonların ve serbest suyun ayrılması sağlanır. Gaz-su buharı arıtma bölümünde, gaz içindeki su buharının alınması için glikol kullanılmakta ve sonrasında kuru gaz şeklinde satışa sunulmaktadır.

5.3.2. Doğal Gaz Depolama Sistemleri

Doğal gazı olmayan veya yeterli miktarda doğal gaz üretemeyen ülkeler için, ileriye dönük veya mevsimsel ihtiyaçları karşılamak amacıyla depolama gerekli bir işlemdir. Doğal gaz aşağıdaki yöntemlerle depolanabilir.

- Boru hatları içinde
- Tükenmiş doğal gaz ve petrol yatakları, yer altı veya tuz mağaralarında
- Su tutucu özelliği olan yapılarda (akiferlerde)
- Çelik tanklarda yüksek basınç altında veya sıvılaştırılmış halde (LNG)

Boru hatlarında ve çelik tanklarda yapılan depolama yönteminde gaz yüksek basınç altındadır. Yer altı depolama tekniğinde, yer altı tabakasının gazı içine alması ve tutması için yeterli geçirgenlik ve gözeneklilik özelliğine ve gazın yeryüzüne sızmasını önleyecek bir üst kayaca sahip olması gerekir.

Doğal gaz atmosfer basıncında -161.5°C da sıvılaştırılmaktadır. 1 m^3 sıvılaştırılmış doğal gaz, işletme şartlarında yaklaşık 650 m^3 doğal gaza eşdeğerdir. Basınç arttırıldığında doğal gazı daha yüksek sıcaklıklarda (17 bar basınçta -92°C da) sıvılaştırmak mümkündür. Sıvılaştırma işlemi genellikle kademeli soğutma yöntemiyle gerçekleştirilmektedir.

Türkiye'de diğer bazı doğalgaz ithal eden ülkeler gibi doğalgaz arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi, arz güvenliğinin ve arz esnekliğinin arttırılması için hem baz yük tesisi olarak çalıştırmak hem de ihtiyaç duyulduğunda pik düşürücü olarak devreye sokulmak üzere Marmara Ereğlisi'nde LNG İthal Terminali yapılmıştır. 1994 yılında işletmeye alınan terminalin sürekli enjeksiyon kapasitesi $685.000\text{ m}^3/\text{saattir}$.



5.3.3. Doğal Gaz Taşıma Sistemleri

Doğal gaz yüksek basınç altında boru hatlarıyla, sıvılaştırılmış halde gemilerle taşınmaktadır. Gemi taşımacılığında gaz, -161.5°C da sıvılaştırılır ve özel olarak yapılmış tankerlerle taşınır. Büyük kapasiteli tankerlerle 70 milyon m³ doğal gaza eşdeğer miktarda sıvılaştırılmış gaz taşınabilmektedir. Gemilerle taşınan gaz, karada çelik tanklarda depolanmaktadır.

Boru taşımacılığında taşıma basıncı genellikle 70 bar dır. Bu basınç taşıma maliyetinin en düşük olduğu değerdir. Ana elemanlar, borular ve kompresör istasyonlarıdır. Boru hattının taşıyabileceği gaz miktarı, boru hattının malzeme özelliklerine bağlı olarak işletme basıncı ile ilişkilidir. Uzun mesafe gaz taşımacılığında gaz debisi için, *Penhandle* bağıntısı kullanılır.

$$\dot{V} = 435.87 \cdot E \cdot \frac{T_{atm}}{P_{atm}} \cdot \frac{(P_1^2 - P_2^2)^{0.5394}}{G^{0.8339} \cdot L \cdot T} \cdot D^{2.6182} \quad [feet^3 / gün] \quad (5.13)$$

E : Boru hattı verim faktörü (0.88-0.94)

G : Gazın bağıl yoğunluğu [-]

P_1, P_2 : Boru giriş ve çıkış basınçları [psi]

T_{atm}, T : Atmosferik ve ortalama akış sıcaklığı [°R'] , (mutlak sıcaklık Rankine 1°R'=459.7 °F)

D : Boru iç çapı [inç]

L : Boru hattı uzunluğu [mil], (1 mil=1652 m)



5.3.4. Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları giriş basınçlarına göre A, B, C tipi olmak üzere üçe ayrılır. Basınç düşümü ve ölçüm yapan istasyonlar “RMS” (Regulating Measuring Station), sadece basınç düşümü yapan istasyonlar “RS”, sadece ölçüm yapan istasyonlar “MS” olarak adlandırılır.

A Tipi İstasyon: 75-35 bar giriş basıncını 19-12 bar çıkış basıncına düşürür. Gazı istasyona giriş ve çıkış hızları en çok 20 m/s değerindedir. Şehirlerin girişlerinde, büyük organize sanayi

bölgeleri, doğal gazdan elektrik üreten otoprodüktör grupları için kurulurlar. Doğal gaz bu istasyonlarda kokulandırılır. Kokulandırıcı madde olarak çürük sarımsak kokusunu andıran tetra hidro teofen (THT) 7-25 mg/m³ oranında kullanılmaktadır.

B Tipi İstasyon: 19 - 12 bar giriş basıncını 4-1 bar basınca indirir. . Gazı istasyona giriş hızı en çok 20 m/s, istasyondan çıkış hızı en çok 25 m/s değerindedir. Şehir içinde belirli bölgelerde ve organize sanayi bölgelerinin girişinde bulunurlar.

C Tipi İstasyon: 4 bar giriş basıncını 1 bar, 300mbar veya 21 mbar'a düşürür. Bina, endüstriyel tesislerin girişinde bulunur.



RMS A tipi istasyon



RMS B tipi istasyon



RMS C tipi istasyon

5.3.5. Türkiye’de Doğal Gaz İletim Hatları

1987 yılında ilk bölümü işletmeye alınan Türkiye doğal gaz boru hattı, Bulgaristan sınırından Malkoçlar yöresinden girerek, İstanbul, Kocaeli, Bursa, Eskişehir hattı boyunca 1988 yılında Ankara’ya kadar 850 km lik bir mesafe katetmiştir. Bu hattın işletme basıncı 75 bar ve tasarım sıcaklığı 50°C dir. Ayrıca, *mavi akım* adı altında yapımına 2001 yılında başlanan Rusya’dan Karadeniz altından Samsun’a gelen ve Ankara’ya yönelen hat 2003 yılında, Orta Asya ve Kafkaslardan Türkiye’nin doğu bölgesine gaz getiren hat 2007 yılında hizmete girmiştir.

İLLER İTİBARI İLE DOĞAL GAZ ARZ DURUMU



2012 yılı itibarıyla doğal gazın Türkiye'deki durumu

DOĞAL GAZ ALIM ANLAŞMALARI

Mevcut Anlaşmalar	Miktar (Milyar m ³ /yıl)	İmzalanma Tarihi	Süre (Yıl)	Durumu	Gaz teslimat yılı
Rus.Fed. (Batı)	6	14 Şubat 1986	25	Devrede	1987
Cezayir (LNG)	4	14 Nisan 1988	20	Devrede	1994
Nijerya (LNG)	1.2	9 Kasım 1995	22	Devrede	1999
İran	10	8 Ağustos 1996	25	Devrede	2001
Rus. Fed. (Karadeniz)	16	15 Aralık 1997	25	Devrede	2003
Rus. Fed. (Batı)	8	18 Şubat 1998	23	Devrede	1998
Türkmenistan	16	21 Mayıs 1999	30	-	-
Azerbaycan	6.6	12 Mart 2001	15	Devrede	2007

(Kaynak: BOTAŞ)

5.4. Doğal Gaz Kullanım Alanları

Doğal gaz konutlarda; pişirme, ısıtma ve kullanma sıcak suyunun üretiminde

Sanayide; sıcak su, buhar üretimi, kojenerasyon ve trijenerasyon uygulamalarında sıcak su ve buhar üretiminde,

Yakıt olarak araçlarda ve soğutma amaçlı olarak iklimlendirme işlemlerinde kullanılır.

5.5. Doğal Gaz Tüketim Cihazları

5.5.1. Ocak ve Fırınlr

Evsel kullanımda havagazı veya LPG ile çalışan bu cihazlar, meme çapı değiştirilerek doğal gaz kullanımına uygun bir konuma getirilebilirler. Normal ocaklı fırınların güçleri 11 kW ın altındadır. Daha büyük güce sahip cihazlar 20 m³ den daha büyük hacimlerde kullanılmalıdırlar.



Ocak



Fırın



Pasta fırını



Radyant döner ocağı



Benmari



Bek



İkili bek



Boru bek

5.5.2. Sobalar

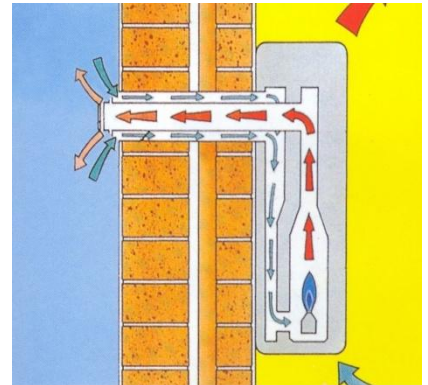
Kalorifer tesisatı bulunmayan binalarda ısıtma amaçlı olarak kullanılan cihazlardır. Yeni binalarda kullanılmamasına rağmen, az kullanılan ve arasıra ısıtılan mekanlar için tercih edilebilirler. Sobalardan ısı geçişi %80 oranında taşınım ile ve %20 oranında ışınlama ile gerçekleşir. İlk yatırım giderleri düşük olan ve güçleri 2 kW ile 8 kW arasında değişebilen bu aygıtlar hermetik, bacalı ve bacasız olmak üzere üç ayrı tipte üretilmektedir.



Bacalı soba



Hermetik soba



Hermetik sobalar, yanma hücresi kapalı olan yanma için gerekli havayı dış ortamdan sağlayan ve yanma ürünlerini dış ortama veren cihazlardır. Bu tip sobalar pencere altlarına ya da dış ortamla temasta olan duvarlara takılabilirler.

Bacalı sobalar, yanma havasını bulundukları ortamdan alıp yanma ürünlerini bacaları vasıtasıyla dış ortama bırakırlar. Bu tip sobaların kullanıldığı ortamlarda oksijen azalacağından, belirli aralıklarla havalandırma yapılmalıdır.

Bacasız sobalar, yanma için gerekli havayı bulundukları ortamdan alan ve yanma ürünlerini aynı ortama bırakan cihazlar olup, kapalı hacimlerde kullanılması sağlık açısından sakıncalıdır.

5.5.3. Su Isıtıcıları

Kullanma sıcak suyu hazırlanmasında kullanılan cihazlar, şofben ve termosifonlardır. Anlık sıcak su gereksinimi sağlayan şofbenlerin ısı güçleri standartlaştırılmıştır. Depolu su ısıtıcısı olarak da adlandırılan termosifonlar, belli bir hacimdeki suyun belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra kullanılmasını sağlayan cihazlardır. Kullanma ve ısıtma amaçlı sıcak suyu birarada sağlayan şofbenler, kombi olarak adlandırılmaktadır.



Şofben



Kombi şofben



Termosifon

5.5.4. Kazanlar

Isıtma amaçlı olarak sıcak su üreten gaz tüketim cihazıdır. TS EN 303-1, TS EN 303-3, TS 377 EN 12953, TS EN 12952, TS EN 12952 -1, TS 4040 ve TS 4041 standartlarına uygun olarak tesis edilmiş olan ve anma ısı güçleri 70 kW ve daha büyük olan ısı üretme cihazlarıdır. Döküm ve çelikten yapılabilen kazanlarda imalat kolaylığı açısından genellikle çelik malzeme tercih edilmektedir. Brülör tipine göre, atmosferik veya üflemlü brülörlü olarak sınıflandırılırlar. Atmosferik brülörlü kazanların yanma odası atmosfere açık olup, yanma için gerekli havayı bulundukları ortamdan doğal olarak çekerler. Üflemlü brülörlü kazanlarda yanma odası kapalı olup, yanma havası bir fan ile sağlanmaktadır.



Çelik kazan



Döküm Kazan



Atmosferik brülörlü kazan

Doğal gazlı sıcak su kazanları su sıcaklık derecelerine göre de standart, düşük sıcaklıklı ve yoğuşmalı olarak sınıflandırılabilir. Standart kazanlarda çalışma sıcaklıklarının yüksek olması, verimlerinin düşük olmasına neden olmaktadır. Düşük sıcaklıklı kazanlar 75/60°C sıcaklık derecelerinde çalışmaktadır. Yoğuşmalı kazanlarda baca gazı içindeki su buharının yoğuşturulması sonucu açığa çıkan ısıdan yararlanılabilmektedir. Bu tip kazanlarda su sıcaklıklarının çığ noktası sıcaklığının (doğal gaz için 56°C) altında olması gerekmektedir. Buna göre su gidiş ve dönüş sıcaklıkları 55/45°C olarak tasarlanmalıdır.

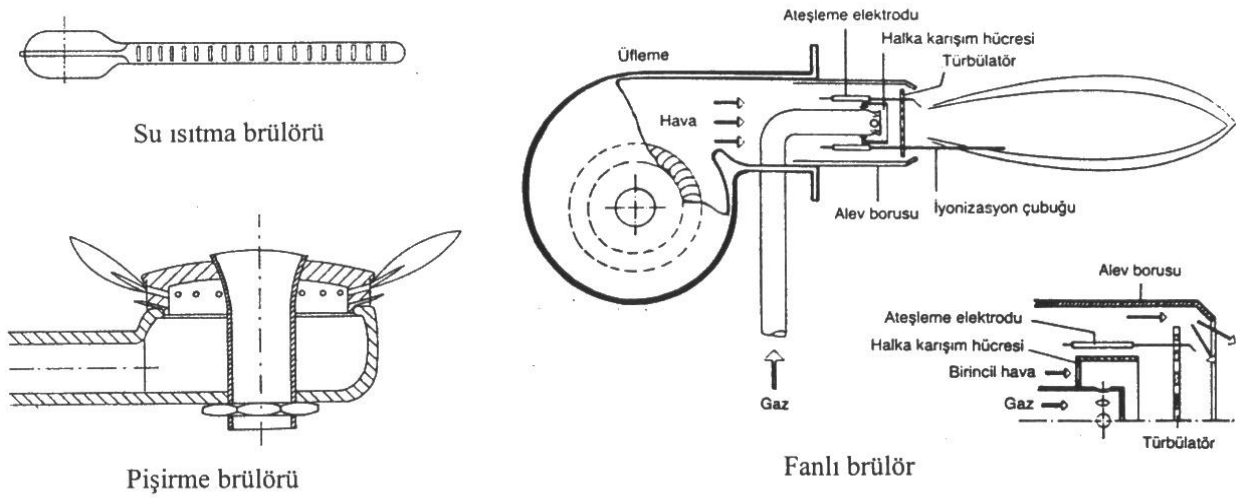
5.5.5. Radyant Isıtıcılar

İç ve dış mekanların ısıtma yöntemiyle ısıtılmasını sağlayan cihazlardır. Fabrikalar, spor salonları, açık alanlar gibi büyük hacimli yerlerin genellikle tavandan ısıtılması sağlanır.

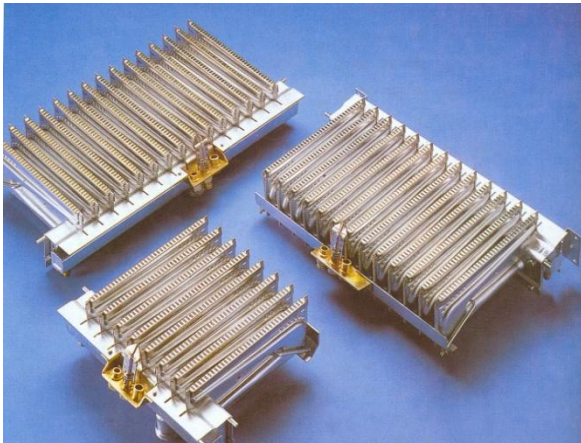


5.5.6. Brülörler

Gaz ve havanın karıştırılarak yakılmasını sağlayan ve oluşturdukları alevi kazanın yanma odasına yönlendiren cihazlardır. Şekil-5.2 de görüldüğü gibi, atmosferik ve üfleme olarak iki gruba ayrılırlar. Atmosferik brülörde yanma havası doğal olarak sağlanırken, üfleme brülörde fan kullanılmaktadır. Alçak basınçlı tesisatlar için, gazın püskürtüldüğü brülör meme basınçları, doğal gaz için 9-14 mbar ve LPG için 30-42 mbar arasındadır. Atmosferik brülörler soba, şöfben ve kazanlar için çubuk tipinde; ocaklar için pişirme tipinde üretilirler.



Şekil-5.2: Brülör tipleri



Su ısıtma brülörü



Pişirme brülörü



Fanlı brülör



Brülör ve kazan

Brülör Seçimi

Gaz brülörlerinin kazana uygun olarak seçilmesi ve TS 11392 EN 676 ve TS 11042 EN 298 standartlarına uygun olması gerekmektedir. Brülör gaz kontrol hattı başındaki küresel vanadan sonra sistemde oluşabilecek titreşimlerin hatta geçişini önlemek amacı ile TS 10880'e göre kompansatör yerleştirilmelidir.

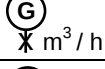
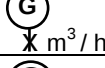
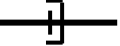
Kazan kapasitelerine uygun seçilen brülör için yakıt miktarı aşağıdaki denkleme göre hesaplanır.

$$Q = \frac{Q_{kazan}}{H_u \cdot \eta}$$

- Q : Yakıt miktarı (Nm³/h)
Q_{kazan} : Kazan kapasitesi (kcal/h)
H_u : Yakıtın alt ısı değeri (kcal/Nm³)
η : Verim (%)'dir.

Brülör tipi seçimi aşağıdaki sınırlara göre yapılmalıdır,

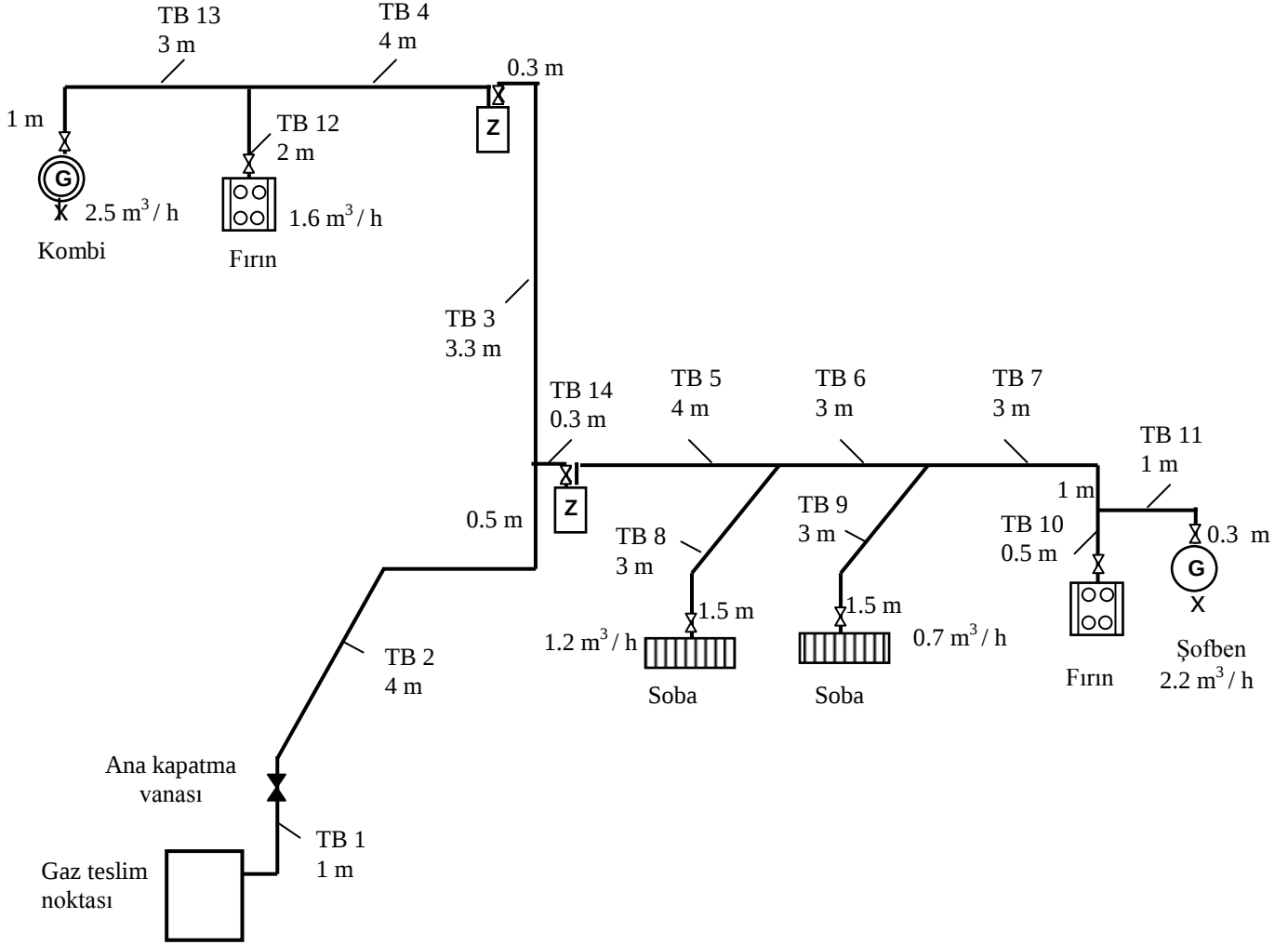
- 0 - 350 kW'a kadar kapasitelerde tek kademeli, iki kademeli veya oransal,
- 350 – 1200 kW arası iki kademeli veya oransal,
- 1200 kW üzeri kapasitelerde oransal tip brülör kullanılır.

Boru ve ekleme parçaları		Cihazlar	
Yerüstü şebeke hattı		Gaz sayacı	
Yeraltı şebeke hattı		Ocak	
Yükselen kolon hattı		Fırınlı ocak	
Alçalan kolon hattı		Soba	
Tesisat branşmanı		Gazlı buzdolabı	
Çapraz bağlantı		Termosifon	
Vida dişli bağlantı		Şofben	
Sökülebilir bağlantı		Kombi	
Basınç regülatörü		Kalorifer kazanı	
Kapama vanası		Yanmış gaz bacası	
Kapama ventili		İzolasyon elemanı	
Köşe vanası		Bina girişi	
Filtre			

Tablo-5.5: Gaz tesisatında kullanılan işaret ve semboller

5.6. Bina İç Tesisat Elemanları

Binalarda doğal gaz tesisatı, gaz işletmesine ait dağıtım şebekesi borusuna yapılan bağlantı yerinden, doğal gaz tüketim cihazlarına kadar olan kısımda bulunan borular, ekleme parçaları ve donatılar ile yanmış gaz çıkış borusu ve bacaların bütünüdür. Gaz tesisatında kullanılan işaret ve semboller Tablo-5.5 de görülmektedir. Şekil-5.3 de şematik olarak görülen iç tesisat elemanlarının tanımları aşağıda verilmiştir.

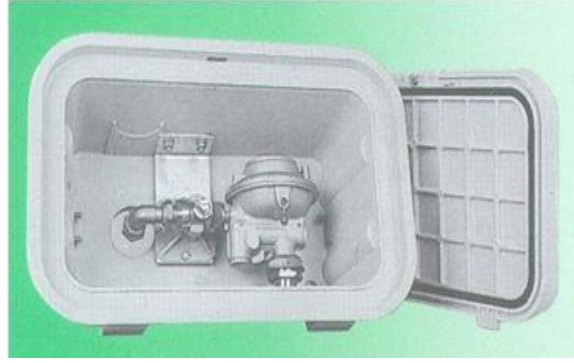


Şekil-5.3: Bina içi gaz tesisatı bölümleri [9]

Servis kutusu : Servis hattı veya bağlantı hattının sonuna konulan, içinde basınç regülatörü ve vana bulunan kutudur. Servis kutusunun giriş basıncı 1÷4 bar, çıkış basıncı 21 mbar veya 300 mbar olarak iki ayrı değerde olabilir. Çıkış basıncı, gerekli gaz debisi ve gaz basıncına göre belirlenir.



Duvar tipi servis kutusu



Yer tipi servis kutusu

Bina bağlantı hattı : Şebeke borusu bağlantı yeri ile ana kapatma vanası arasındaki hattır. Binaya giren gazın tümünün geçeceği bu borunun bağlantısı, gaz dağıtım şirketi tarafından yapılmaktadır. Bina bağlantı hatlarında PE boru kullanılması halinde gaz teslim noktasından sonra toprak altına çekilecek doğalgaz boru hattının TS EN 1555 standardına uygun olmalıdır.

Ana kapatma vanası : Binaya gelen gazın tamamen kesilebilmesini sağlayan ve bina bağlantı hattı sonuna yerleştirilen küresel vana'dır.

Basınç regülatörü : Şebeke gaz basıncının tüketim cihazları bağlantı basıncına düşürülmesini, ve montaj noktasından sonraki gaz hatlarının basıncını ayarlayan ve basınç çalkantılarının azaltılmasını sağlayan cihazdır. Regülatör çıkış basıncı 21mbar veya 300 mbar değerindedir. Büyük binalarda biri kazan dairesini diğeri iç tesisatı besleyecek şekilde iki regülatör bulunmalıdır. Regülatörler; TS 11390 EN 334, TS EN 88, TS 10624 standartlarına uygun olmalıdır.



Kolon Hattı :Ana kapatma vanasından sayaç giriş vanasına kadar olan tesisat bölümüdür.

Tüketim Hattı : Sayaçtan en son ayırım hattına kadar olan ana tesisat bölümüdür.

Ayırım Hattı : Tüketim hattı ile cihaz vanası arasındaki hattır.

Cihaz Bağlantı Hattı : Cihaz vanası ile cihaz arasındaki esnek bağlantı hattıdır.

Sayaçlar : Aboneler tarafından tüketilen gaz miktarının belirlenmesini sağlayan, bina girişine toplu olarak veya her katta her daire girişine yerleştirilebilen cihazdır. Her gaz sayacının önüne bir kapama vanası konulmalıdır. Sayaçlar; Körüklü (diyaframli), Rotary ve Türbinli sayaç olmak üzere üç ana gruba ayrılır.



Körüklü sayaç



Rotary sayaç



Türbinli sayaç

Doğal gaz tesisatında; TS 5910 EN 1359'a uygun körüklü tip, TS EN 12480, TS 5477 EN 12261 standardına uygun rotary veya türbin tip sayaçlar kullanılmalıdır.

Bir sayacın seçiminde yakıcı cihazların tüketeceği maksimum ve minimum gaz debisi belirleyici olur. Bir cihazın tüketeceği gaz debisi,

$$Q = Q_k / (H_u \cdot \eta)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Q, cihaz tüketim debisi (Nm³/h); Q_k, cihazın ısıl gücü (kcal/h veya kW); H_u, gazın alt ısıl değeri (8250 kcal/Nm³ veya 9.593 kWh/Nm³) ve η, yakıcı cihazın ısı verimidir. Yakıcı cihazların tükettiği gaz debisi biliniyor ise, sayaç numaratoründeki debi,

$$Q_{\text{sayaç}} = Q / P_m$$

ile hesaplanır. Q, yakıcı cihazların tüketim debisi (Nm³/h); P_m= P_{atmosfer}+P_{işletme}, mutlak gaz basıncı (bar). Sayaç sınıfları ve debileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo-5.6: Sayaç tipleri

SAYAÇ SINIFLARI ve DEBİLERİ						
Sayaç Büyüklüğü	Sayaç Sınıfı	Max.Debi m ³ /h (21 mbar)	Max.Debi m ³ /h (300 mbar)	Körüklü min. Debi	Rotary min. Debi	Türbin min. Debi
G4	Körüklü	6	7,8	0,05		
G6	Körüklü	10	13	0,08		
G10	Körüklü	16	20,8	0,13		
G16	Körüklü veya Rotary	25	32,5	0,21	1,2	
G25	Körüklü veya Rotary	40	52	0,33	2	
G40	Rotary veya Türbin	65	84,5		3	3
G65	Rotary veya Türbin	100	130		5	5
G100	Rotary veya Türbin	160	208		8	8
G160	Rotary veya Türbin	250	325		13	13
G250	Rotary veya Türbin	400	520		20	20
G400	Rotary veya Türbin	650	845		32	32
G650	Rotary veya Türbin	1000	1300			50
G1000	Rotary veya Türbin	1600	2080			80
G1600	Rotary veya Türbin	2500	3250			125
G2500	Rotary veya Türbin	4000	5200			

Örnek-1: 21 mbar işletme basıncında 200 kW kapasiteli ve % 90 ısı verimi olan bir kazan için gerekli olan gaz debisini ve sayaç tipini belirleyiniz.

$$Q = Q_k / (H_u \cdot \eta) = 200 \text{ kW} / (9.593 \text{ kWh/Nm}^3 \cdot 0.90) = 23.165 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$P_m = P_{\text{atmosfer}} + P_{\text{işletme}} = 1.01325 + 0.021 = 1.03425 \text{ bar}$$

$$Q_{\text{sayaç}} = Q / P_m = 23.165 / 1.03425 = 22.4 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Sayaç tipi: **G16** (max 25 Nm³/h) körüklü tip

Örnek-2 : 300 mbar işletme basıncında 500.000 kcal/h kapasiteli kazan için gerekli olan gaz debisi ve sayaç tipini belirleyiniz. Kazan verimi %90, doğalgazın alt ısı değeri 8250 kcal/m³ (9,593 Kwh /m³)

$$Q = Q_k / (H_u \cdot \eta) = 500.000 \text{ kcal/h} / (8250 \text{ kcal/m}^3 \cdot 0.90) = 67,34 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$P_m = P_{\text{atmosfer}} + P_{\text{işletme}} = 1.01325 + 0.300 = 1.31325 \text{ bar}$$

$$Q_{\text{sayaç}} = Q / P_m = 67,34 / 1,31325 = 51,28 \text{ m}^3 / \text{h} \text{ olur.}$$

Sayaç tipi: **G40** (Max 65 m³ / h) rotary- türbin

Borular : Tüketim cihazlarına gaz akışını sağlayan yatay ve düşey olarak döşenebilen elemanlardır. Çelik, bakır ve polietilen malzemeden yapılırlar. Bina içinde dağıtım, kolon, tüketim ve ayırım hattı şeklinde gruplandırılırlar. Bina iç tesisatında çelik borular TS 6047 EN 10208, dikişsiz bakır borular TS 9872 EN 1057 standardına uygun olmalıdır. Doğal gaz tüketim cihazlarıyla boruların birbiriyle bağlanmasında, TS 10670, TS 10878 standardına uygun esnek borular kullanılmalıdır. Bina iç tesisat hesabında çaplarının belirlenmesine çalışılan elemanlardır. Yeraltı (bina dışında) gaz boru tesisatında kullanılacak çelik borular, TS 6047 EN 10208, polietilen borular ise TS EN 1555 standardına uygun olmalıdır.



Çelik boru



Polietilen boru



Fleksi boru

Ekleme parçaları : Redüksiyon, dirsek, T-parçası, dörtlü akış ayırıcıları, kapatma vanaları, köşe emniyet vanası, musluklar iç tesisatta kullanılan ekleme parçalarıdır.

Yer altına döşenecek boru ekleme parçaları için, kaynak ağızlı çelik bağlantı elemanı TS 2649, PE bağlantı elemanı TS EN 1555-3, flanşlar (kaynak boyunlu) TS ISO 7005-1 ve contalık malzemeler TS EN 751-2 standardına uygun olmalıdır.

Yer üstüne döşenecek boru ekleme parçaları için, kaynak ağızlı çelik bağlantı elemanı TS 2649, dişli bağlantı elemanı TS 11 EN 10242, flanşlar (kaynak boyunlu) TS ISO 7005-1, esnek borular ve bağlantı elemanları TS 11394, TS 10670, TS 10880, TS 10878, contalık malzemeler TS EN 751-2 standardına uygun olmalıdır. Tesisatta kullanılan tüm esnek bağlantı elemanları makaron kaplı olmalıdır [TS 7363].



Kaynaklı boru ekleme par.



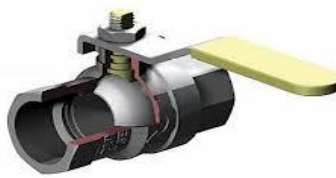
Vidalı boru ekleme par.



Polietilen boru ekleme par.



Doğal gaz küresel vana



Flanşlı küresel vana

Tüketim cihazları : Fırın, ocak, soba, şofben, kombi, termosifon, kat kaloriferi, kazanlar olarak sınıflandırılırlar. Konut içinde kullanılan bu cihazların kapasiteleri (ısı güçleri) ve doğal gaz debileri Tablo-5.7 da, ticari cihazların ilgili değerleri de Tablo-5.8 de verilmiştir.

Tablo-5.7: Gaz tüketim cihazlarının debileri [TS 7363, 2008]

Tüketim cihazı	Kapasite (kcal/h)	Debi (m ³ /h)
Ocak	Fırın ve 4 bekli	1.6
Kombi	20000	2.5
	24000	3.2
Şofben	16400	2.2
Soba	5300	0.7
	9000	1.2
Kalorifer kazanı, buhar kazanları, sıcak hava üreteçleri gibi büyük cihazların debileri, doğal gazın alt ısı değeri 8250 kcal/m ³ ve % 90 ısı verim alınarak ısı güçlerine (kapasitelerine) göre hesaplanır.		

Tablo-5.8: Ticari gaz tüketim cihazlarının debileri [TS 7363, 2008]

Cinsi	Boyut	Kapasite (kcal/h)	Debi (m ³ /h)
Bek	12 ^a	10500	1.27
Bek	16 ^a	13500	1.64
Bek	18 ^a	15000	1.82
Bek	23 ^a	16000	1.94
Bek	25 ^a	17500	2.12
İkili bek	25+16 ^a	31000	3.76
Kuzine altı fırın	-	8000	0.97
Pasta fırını	-	20000	2.4
Benmari	100 ^b	4000	0.5
Boru bek	100 ^b	7000	0.85
Radyant döner	1 ^c	4000	0.48
Boru bek üzerinde paralel olarak çift göz delinmiş ise, kapasite 1.5 ile çarpılır. a: dış çap; b: uzunluk; c: göz (adet)			

5.7. Doğal Gaz Bina İç Tesisatı Boru Çapı Hesaplama Yöntemi

Alçak basınç tesisatında doğal gaz sıkıştırılamayan, orta ve yüksek basınç tesisatında sıkıştırılabilir akışkan olarak göz önüne alınmalıdır. Alçak basınçlı tesisatlar TS 7363, orta ve yüksek basınçlı tesisatlar TS 6565 e uygun olarak düzenlenmelidir. **TS 7363**, DVGW-TRGI (Alman Gaz ve Su Bilimleri Birliği-Gaz Tesisleri için Teknik Kurallar) adlı yayının 1972 yılı baskısını esas alan Türk Standartlar Enstitüsü tarafından oluşturulmuş ve 2008 yılında revize edilmiştir.

Bu standarta göre boru çaplarının hesaplanmasında, her bir boru kısmında meydana gelebilecek en büyük basınç kaybı göz önüne alınmaktadır. Gaz akış hızlarının belirli değerleri aşmaması da önem taşımaktadır. Doğal gazın yoğunluğunun havadan az olması nedeniyle özellikle, alçak basınçlı tesisatlarda gazın düşey doğrultudaki hareketi basınç farkını etkiler. Gazın aşağı doğru yönelmiş hareketinde bir basınç kaybı olurken, yukarı yönelmesi durumunda bir basınç kazancı ortaya çıkmaktadır.

Pişirme, ısıtma ve sıcak su amaçlı iç tesisat için bina giriş basıncı 21 mbar'dır. Merkezi sistem kalorifer kazanı bulunan binalarda giriş basıncı 300 mbar değerinde olabilmektedir. Bir binada bulunan doğal gaz tüketim cihazlarının hepsinin aynı anda ve aynı sürelerde çalışma olasılığı düşüktür. Standartlarca istatistiksel olarak belirlenmiş bu durum için, cihazların debilerinin hesabında f ile gösterilen, “eş zaman faktörü” adı verilen cihaz kombinasyonu ve sayısına bağlı küçültücü bir çarpan kullanılmaktadır.

TS 7363 (2008)'e göre; doğal gaz tesisatı boru çapları, işletme basıncı ve gaz debisi değerine göre üç farklı şekilde hesaplanmaktadır. Bina içi tesisatta gaz debileri, cihaz kombinasyonuna göre, Tablo-5.9'dan alınabilir.

5.7.1. İşletme basıncı 50 mbar veya daha düşük ve gaz debisi 31 m³/h'den küçük tesisatlar

Bu özellikteki tesisatlarda, sürtünmeler nedeniyle boru boyunca meydana gelen sürekli kayıplar (ΔP_R), dirsek, vana gibi elemanlardan kaynaklanan yerel kayıplar (ΔP_Z) ve yükseklik farkından dolayı oluşan basınç kaybı veya kazancı (ΔP_H) göz önüne alınır.

- Sürtünmeler nedeniyle oluşan basınç kaybı (ΔP_R),

$$\Delta P_R = R \cdot L$$

ile hesaplanacaktır. R (veya $\Delta P_R/L$), borunun birim uzunluğunda oluşan basınç kaybı (özellik basınç kaybı) [mbar/m]; L, boru uzunluğudur. Özellik basınç kaybı ve akış hızı değerleri için Tablo-5.10 kullanılacaktır.

- Boru ekleme parçaları ve donatılardan ileri gelen basınç kaybı (ΔP_Z); ζ , direnç (yerel kayıp) katsayısı göstermek üzere,

$$\Delta P_Z = 3.97 \cdot 10^{-3} V^2 \cdot \sum \zeta \quad [mbar] \quad (5.16)$$

şeklindeki bağıntı kullanılabilir. Ekleme parçalarına ait direnç katsayısı değerleri Tablo-5.11'de verilmektedir.

- Yükseklik farkı (h) olan düşey borular için basınç kaybı veya kazancı (ΔP_H),

$$\Delta P_H = -0.049 \cdot h \quad [mbar] \quad (5.17)$$

bağıntısı ile bulunur. h ; yukarı yönlenmiş borular için (+) işaretli, aşağı yönlenmiş borular için (-) işaretli olarak alınır.

-Boru parçasında oluşan toplam basınç kaybı ΔP_T ,

$$\Delta P_T = \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \quad [mbar]$$

Servis kutusu çıkış basıncı **21 mbar** olan tesisatların projelendirilmelerinde:

- Servis kutusu cihaz bağlantıları arasında kabul edilebilen kritik devre toplam basınç kaybı (Sayaç basınç kaybı ihmal edilerek) $\Sigma \Delta P_T \leq 1,8$ mbar olmalıdır.
- Servis kutusu ile daire, kazan dairesi ve dükkan sayaç vanası arasındaki kritik devre toplam basınç kaybı $\Sigma \Delta P_T \leq 1,0$ mbar olmalıdır.
- Daire, kazan dairesi ve dükkân sayaç çıkışı ile cihaz arasındaki basınç kaybı $\Sigma \Delta P_T \leq 0,8$ mbar olmalıdır.
- Sistemde gürültü ve titreşimi önlemek amacı ile gaz hızı 6 m/s' yi geçmemelidir.

Servis kutusu çıkış basıncı **300 mbar** olan tesisatların projelendirilmelerinde:

- Reglaj grubu ile basınç 21 mbar'a düşürülüyorsa reglaj grubu ile yakıcı cihaz arasında basınç kaybı $\Sigma \Delta P_T \leq 1,8$ mbar olmalıdır.
- Reglaj grubu çıkış basıncı 50 mbar'a veya daha düşük bir basınca düşürülüyorsa, reglaj grubu ile cihaz arasındaki toplam basınç kaybı, cihazın asgari çalışma basıncının altına düşmemelidir.
- Merkezi sistem ısıtılmalı binalarda, 21 mbar evsel kullanım için vana + körtapa bırakılıyorsa, servis kutusundan (300/21 mbar reglaj grubundan) bu noktaya kadar olan basınç kaybı $\Sigma \Delta P_T \leq 0.7$ mbar olmalıdır.
- Sistemde gürültü ve titreşimi önlemek amacı ile gaz hızı konutlarda ve ticari mahallerde 15 m/s'yi, endüstriyel veya büyük tüketimli tesislerde 25 m/s'yi geçmemelidir.
- Sayaçtan geçen basıncın 300 mbar olması halinde servis kutusu ile sayaç arasındaki basınç kaybı 21 mbar'ı geçmemelidir.

İç tesisat boru çapı hesaplamasında aşağıdaki adımlar uygulanır.

- Tesisat kolon şeması çizilerek üzerinde borular numaralandırılır ve taşıyacakları gaz debileri, Tablo-5.9'daki cihaz kombinasyonu ve konut sayısına göre eş zaman faktörleri (f) göz önüne alınarak, $m^3/saat$ cinsinden yazılır.

- İlgili hatlarda yer alan boruların taşıyacakları gaz debileri, uzunlukları ve Tablo-5.11' den alınan ekleme parçalarına ait direnç değerleri ($\Sigma \zeta$), düşey borular için yükselti ve alçaltı uzunlukları hesap çizelgesine işlenir. Yükseklik farkı yukarı yönlenmiş borularda (+) işaretli, aşağı yönlenmiş borularda (-) işaretli olarak göz önüne alınır.
- Her bir boru için ΔP_R , ΔP_Z ve ΔP_H değerleri cebirsel olarak toplanarak toplam basınç kaybı (ΔP_T) hesaplanır. İlgili hatta yer alan borulara ait toplam basınç kaybı değerlerinin toplamının, standartça önerilen en büyük basınç kaybı değerinden küçük olması gerekir. Standart değer aşılmışsa, boru çap değerleri değiştirilerek aynı işlemler tekrarlanır.

Projelendirmede tesisat bölümleri için standart tarafından önerilen en büyük basınç kayıpları, TS 7363 (2008)'e göre aşağıdaki değerleri aşmamalıdır.

Bina bağlantı ve kolon hattı hattı :	1 mbar
Tüketim, ayırım ve cihaz bağlantı hattı :	0.8 mbar

Tablo-5.9: TS 7363 (2008) e göre konut sayısına ve cihaz kombinasyonuna göre gaz debileri [6]

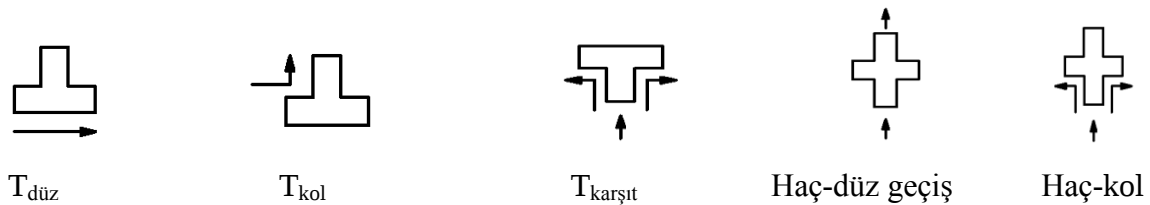
KONUT SAYISI	OCAK		OCAK + ŞOFBEN		OCAK + KOMBİ		OCAK + KAT KALORİFERİ		SOBA			OCAK + KAT KAL. + ŞOFBEN	
	<i>f</i>	1.6 m ³ /saat	<i>f</i>	1.6+2.2 m ³ /saat	<i>f</i>	1.6+2.5 m ³ /saat	<i>f</i>	1.6+3.2 m ³ /saat	<i>f</i>	3· 0.7=2.1 m ³ /saat	3· 1.2=3.6 m ³ /saat	<i>f</i>	1.6+3.2+2.2 m ³ /saat
1	0.563	0.9	0.701	3.4	0.819	3.5	0.876	4.2	0.738	1.6	2.7	0.852	5.2
2	0.469	1.5	0.438	4.2	0.831	7	0.773	7.4	0.559	2.4	4	0.590	7.2
3	0.375	1.8	0.347	5	0.772	9.5	0.763	11	0.515	3.3	5.6	0.492	9
4	0.328	2.1	0.281	5.4	0.719	11.8	0.729	14	0.452	3.8	6.5	0.439	10.7
5	0.300	2.4	0.250	6	0.682	14	0.700	16.8	0.419	4.4	7.5	0.410	12.5
6	0.270	2.6	0.218	6.3	0.670	16.5	0.677	19.5	0.400	5	8.6	0.377	13.8
7	0.250	2.8	0.190	6.4	0.644	18.5	0.669	22.5	0.381	5.6	9.6	0.363	15.5
8	0.234	3	0.182	7	0.625	20.5	0.651	25	0.363	6.1	10.5	0.348	17
9	0.222	3.2	0.171	7.4	0.609	22.5	0.648	28	0.349	6.6	11.3	0.337	18.5
10	0.212	3.4	0.162	7.8	0.597	24.5	0.625	30	0.338	7.1	12.2	0.328	20
11	0.204	3.6	0.157	8.3	0.587	26.5	0.620	32.7	0.329	7.6	13	0.316	21.2
12	0.197	3.8	0.147	8.5	0.579	28.5	0.616	35.5	0.325	8.2	14	0.309	22.6
13	0.187	3.9	0.141	8.8	0.566	30.2	0.611	38.1	0.318	8.7	14.9	0.303	24
14	0.183	4.1	0.133	8.9	0.557	32	0.607	40.8	0.309	9.1	15.6	0.294	25.1
15	0.179	4.3	0.131	9.4	0.552	33.9	0.602	43.3	0.303	9.5	16.4	0.290	26.5
16	0.171	4.4	0.127	9.8	0.548	35.9	0.598	45.9	0.297	10	17.1	0.287	28
17	0.169	4.6	0.122	10	0.545	38	0.593	48.4	0.294	10.5	18	0.285	29.6
18	0.163	4.7	0.121	10.5	0.542	40	0.588	50.8	0.285	10.8	18.5	0.283	31.1
19	0.161	4.9	0.118	10.8	0.539	42	0.583	53.2	0.280	11.2	19.2	0.278	32.2
20	0.156	5	0.114	10.9	0.524	43	0.578	55.5	0.278	11.7	20	0.275	33.6
22	0.150	5.3	0.108	11.4	0.521	47	0.574	60.6	0.272	12.6	21.5	0.270	36.2
24	0.145	5.6	0.104	12	0.508	50	0.569	65.5	0.262	13.2	22.6	0.262	38.4
26	0.141	5.9	0.100	12.5	0.499	53.2	0.564	70.4	0.254	13.9	23.8	0.259	41.1
28	0.138	6.2	0.095	12.8	0.490	56.3	0.559	75.1	0.248	14.6	25	0.257	43.9
30	0.133	6.4	0.093	13.4	0.477	58.7	0.555	79.9	0.246	15.4	26.6	0.251	45.9
35	0.125	7	0.086	14.4	0.461	66.2	0.549	92.2	0.234	17.2	29.5	0.244	52.1
40	0.121	7.7	0.082	15.7	0.451	74	0.543	104.3	0.226	19	32.5	0.233	56.9
45	0.115	8.3	0.077	16.6	0.441	81.4	0.537	116	0.220	20.8	35.6	0.230	63.1
50	0.110	8.8	0.074	17.8	0.433	88.8	0.531	127.4	0.211	22.2	38	0.226	68.9
55	0.105	9.2	0.072	19	0.427	96.3	0.525	138.6	0.206	23.8	40.8	0.221	74.1
60	0.102	9.8	0.069	19.9	0.421	103.6	0.520	149.8	0.202	25.5	43.6	0.219	80.2
65	0.100	10.4	0.067	20.9	0.417	111.1	0.517	161.3	0.196	26.8	45.9	0.214	84.9
70	0.098	11	0.065	21.8	0.413	1118.5	0.514	172.7	0.193	28.4	48.6	0.211	90.1
75	0.095	11.4	0.063	22.7	0.409	125.8	0.511	184	0.190	29.9	51.3	0.208	95.2
80	0.093	11.9	0.062	23.8	0.406	133.2	0.508	195.1	0.185	31.1	53.3	0.205	100
85	0.091	12.4	0.061	24.9	0.403	140.4	0.506	206.4	0.181	32.3	55.4	0.203	105.3
90	0.090	13	0.060	25.9	0.401	148	0.504	217.7	0.177	33.5	57.3	0.200	109.8
95	0.088	13.4	0.059	26.9	0.399	155.4	0.502	228.9	0.174	34.7	59.5	0.198	114.7
100	0.087	13.9	0.058	27.8	0.397	162.8	0.500	240	0.171	35.9	61.6	0.196	119.6

Tablo-5.10: Doğal gaz için çelik borularda sürtünme kayıpları (TS 416, DIN 2441/2442) [8]

Max. Debi ve Anma Çapına Bağlı Olarak Akış Hızı (V) ve Özgül Sürtünme Basınç Kaybı (R) (2. gaz ailesi ve DIN 2440'a uyan çelik boru için)

Q $\frac{m^3}{h}$	DN 15		DN 20		DN 25		DN 32		DN 40		DN 50		DN 65		DN 80	
	V	PR / L	V	PR / L	V	PR / L	V	PR / L	V	PR / L	V	PR / L	V	PR / L	V	PR / L
	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$
1.0	1.4	0.0192														
1.5	2.1	0.0732	1.1	0.0087												
2.0	2.8	0.1256	1.5	0.0269												
2.5	3.5	0.1916	1.9	0.0405	1.2	0.0126										
3.0	4.1	0.2716	2.3	0.0570	1.4	0.0176										
3.5	4.8	0.3651	2.7	0.0762	1.7	0.0234										
4.0	5.5	0.4723	3.0	0.0980	1.9	0.0299	1.1	0.0074								
4.5			3.4	0.1225	2.2	0.0373	1.2	0.0091								
5.0			3.8	0.1497	2.4	0.0454	1.4	0.0111	1.0	0.0052						
5.5			4.2	0.1800	2.6	0.0643	1.5	0.0132	1.1	0.0061						
6.0			4.5	0.2127	2.9	0.0640	1.6	0.0155	1.2	0.0072						
6.5			4.9	0.2481	3.1	0.0745	1.8	0.0180	1.3	0.0083						
7.0			5.3	0.2862	3.3	0.0857	1.9	0.0206	1.4	0.0095						
7.5			5.7	0.3270	3.6	0.0978	2.1	0.0235	1.5	0.0106						
8.0					3.8	0.1108	2.2	0.0265	1.6	0.0122	1.0	0.0037				
8.5					4.0	0.1244	2.3	0.0295	1.7	0.0137	1.1	0.0041				
9.0					4.3	0.1388	2.5	0.0330	1.8	0.0152	1.1	0.0046				
9.5					4.5	0.1540	2.6	0.0365	1.9	0.0168	1.2	0.0051				
10.0					4.8	0.1700	2.7	0.0402	2.0	0.0185	1.3	0.0056				
10.5					5.0	0.1867	2.9	0.0441	2.1	0.0202	1.3	0.0061				
11.0					5.3	0.2042	3.0	0.0482	2.2	0.0221	1.4	0.0066				
11.5					5.5	0.2225	3.2	0.0524	2.3	0.0240	1.4	0.0072				
12.0					5.7	0.2416	3.3	0.0668	2.4	0.0260	1.5	0.0078				
12.5					6.0	0.2614	3.4	0.0614	2.5	0.0281	1.6	0.0084				
13.0							3.6	0.0663	2.6	0.0302	1.6	0.0090				
13.5							3.7	0.0713	2.7	0.0325	1.7	0.0097	1.0	0.0026		
14.0							3.8	0.0764	2.8	0.0348	1.8	0.0104	1.0	0.0028		
14.5							4.0	0.0817	2.9	0.0372	1.8	0.0111	1.1	0.0030		
15.0							4.1	0.0872	3.0	0.0396	1.9	0.0118	1.1	0.0032		
15.5							4.3	0.0928	3.1	0.0422	2.0	0.0125	1.2	0.0034		
16.0							4.4	0.0987	3.2	0.0448	2.0	0.0133	1.2	0.0036		
16.5							4.5	0.1047	3.3	0.0475	2.1	0.0141	1.2	0.0038		
17.0							4.7	0.1109	3.4	0.0504	2.1	0.0149	1.3	0.0040		
17.5							4.8	0.1172	3.5	0.0532	2.2	0.0157	1.3	0.0042		
18.0							4.9	0.1238	3.6	0.0562	2.3	0.0166	1.3	0.0044		
18.5							5.1	0.1305	3.7	0.0592	2.3	0.0175	1.4	0.0047	1.0	0.0021
19.0							5.2	0.1374	3.8	0.0623	2.4	0.0184	1.4	0.0049	1.0	0.0022
19.5							5.4	0.1444	3.9	0.0655	2.5	0.0193	1.5	0.0051	1.1	0.0023
20.0							5.5	0.1517	4.0	0.0687	2.5	0.0202	1.5	0.0054	1.1	0.0024
21.0							5.8	0.1667	4.3	0.0754	2.6	0.0222	1.6	0.0059	1.1	0.0026
22.0									4.5	0.0825	2.8	0.0242	1.6	0.0064	1.2	0.0029
23.0									4.7	0.0898	2.9	0.0263	1.7	0.0070	1.2	0.0031
24.0									4.9	0.0975	3.0	0.0285	1.8	0.0076	1.3	0.0034
25.0									5.1	0.1055	3.1	0.0308	1.9	0.0082	1.4	0.0036
26.0									5.3	0.1138	3.3	0.0333	1.9	0.0088	1.4	0.0039
27.0									5.5	0.1224	3.4	0.0358	2.0	0.0094	1.5	0.0042
28.0									5.7	0.1313	3.6	0.0383	2.1	0.0101	1.5	0.0045
29.0									5.9	0.1405	3.7	0.0410	2.2	0.0108	1.6	0.0048
30.0											3.8	0.0437	2.2	0.0115	1.6	0.0051
31.0											3.9	0.0466	2.3	0.0112	1.7	0.0054

Tablo-5.11: TS 7363 (2008) e göre yerel kayıp katsayısı (ξ) değerleri

[illegible][illegible]

Çizelge-5.1 : TS 7363 (2008) e göre doğal gaz tesisatı boru çapı hesaplama çizelgesi

5.7.2. İşletme basıncı 50 mbar veya daha düşük ve gaz debisi 31 m³/h'den büyük tesisatlar

31 m³/h'i aşan debi (Q) değerlerinde akış hızı (V) ve boru sürtünme kaybı ($\Delta P_{R/L}$) değeri aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak bulunur.

$$P_1 - P_2 = 13.92 \cdot Q^{1.82} / D^{4.82}$$

$$\Delta P_{R/L} = P_1 - P_2$$

$$V = 353.677 \cdot Q / (D^2 \cdot P_2)$$

Burada;

P₁ : Giriş basıncı (mutlak) [bar]

P₂ : Çıkış basıncı (mutlak) [bar]

Q : Gaz debisi [m³/h]

D : Boru iç çapı [mm]

V : Hız [m/sn]

Borulardaki gaz akış hızı $V \leq 6$ m/sn olmalıdır.

5.7.3. İşletme basıncı 50 mbar'dan büyük tesisatlar

Servis kutularının giriş tarafındaki hat PE olup basıncı (1- 4) barg, çıkış tarafındaki basınç ise 21 mbar veya 300 mbar olmak üzere iki ayrı değerde olabilir. Servis kutusu çıkış basıncının değeri, ihtiyaç duyulan gaz debisi, gaz basıncı, vb. dikkate alınarak tespit edilir. Yüksek basınçlı gaz teslim noktalarından sonra tesisatın herhangi bir noktasında ihtiyaca göre iç regülatörle basıncı düşürülen tesisatlar da mevcut olabilir.

$$P_1^2 - P_2^2 = 29.16 \cdot L \cdot Q^{1.82} / D^{4.82}$$

$$V = 353.677 \cdot Q / (D^2 \cdot P_2)$$

Burada;

P₁ : Giriş basıncı (mutlak) [bar]

P₂ : Çıkış basıncı (mutlak) [bar]

L: Boru eşdeğer uzunluğu [m]

Q : Gaz debisi [m³/h]

D : Boru iç çapı [mm]

V : Hız [m/sn]

Borulardaki gaz akış hızı, konutlarda $V \leq 15$ m/s ve endüstride $V \leq 25$ m/s olmalıdır.

Bu tesisatlardaki borular için basınç kayıpları göz önüne alınmaksızın sadece seçilen çaplara göre hız kontrolü yapılır. Boru çapı seçimi ve ekleme parçalarının eşdeğer boru uzunlukları Tablo-5.12'den alınır.

Tablo-5.12 : Çelik borular için çap ve eşdeğer boru uzunlukları

ÇELİK BORU			ÇELİK EŞDEĞER BORU UZUNLUKLARI			
Nominal Çapı	İnç	Boru İç Çapı [mm]	Dirsek [m]	T-parçası [m]	Redüksiyon [m]	Küresel Vana [m]
DN15	½"	15.7	0.5	0.5	0.5	0.6
DN20	¾"	20.9	0.5	0.5	0.5	0.6
DN25	1"	26.9	0.5	0.5	0.5	0.6
DN32	1 ¼"	35.0	1	1	1	1
DN40	1 ½"	40.9	1.2	1.2	1.2	1.2
DN50	2	52.5	2	2	2	2
DN65	2 ½"	62.6	2	2	2	2
DN80	3"	77.9	2	2	2	2
DN100	4"	102.3	2.5	2.5	2.5	2.5
DN125	5"	127.8	3	3	3	5
DN150	6"	154.1	3	3	3	5
DN200	8"	202.7	3	3	3	5

BORU ÇAPI HESAPLAMA ÇİZELGESİ								
Hat No	Q	L _{eşdeğer}	D	D _{iç}	P ₁	P ₂	ΔP	V
	m ³ /h	m	mm	mm	bar	bar	mbar	m/s

Çizelge-5.2 :50 mbar üstü basınçlı sistemlerde boru çapı hesaplama çizelgesi

DOĞAL GAZ BORU ÇAPI HESAPLAMA ÇİZELGESİ (TS 7363)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TB	Q	L	DN	V	$\Delta P_{R/L}$	ΔP_R	$\Sigma \zeta$	ΔP_Z	h	ΔP_A	$\Sigma \Delta P$
	m ³ /saat	m	mm	m/s	mbar/m	mbar	-	mbar	m	mbar	mbar

BİNA BAĞLANTI ve KOLON HATTI BORUSU

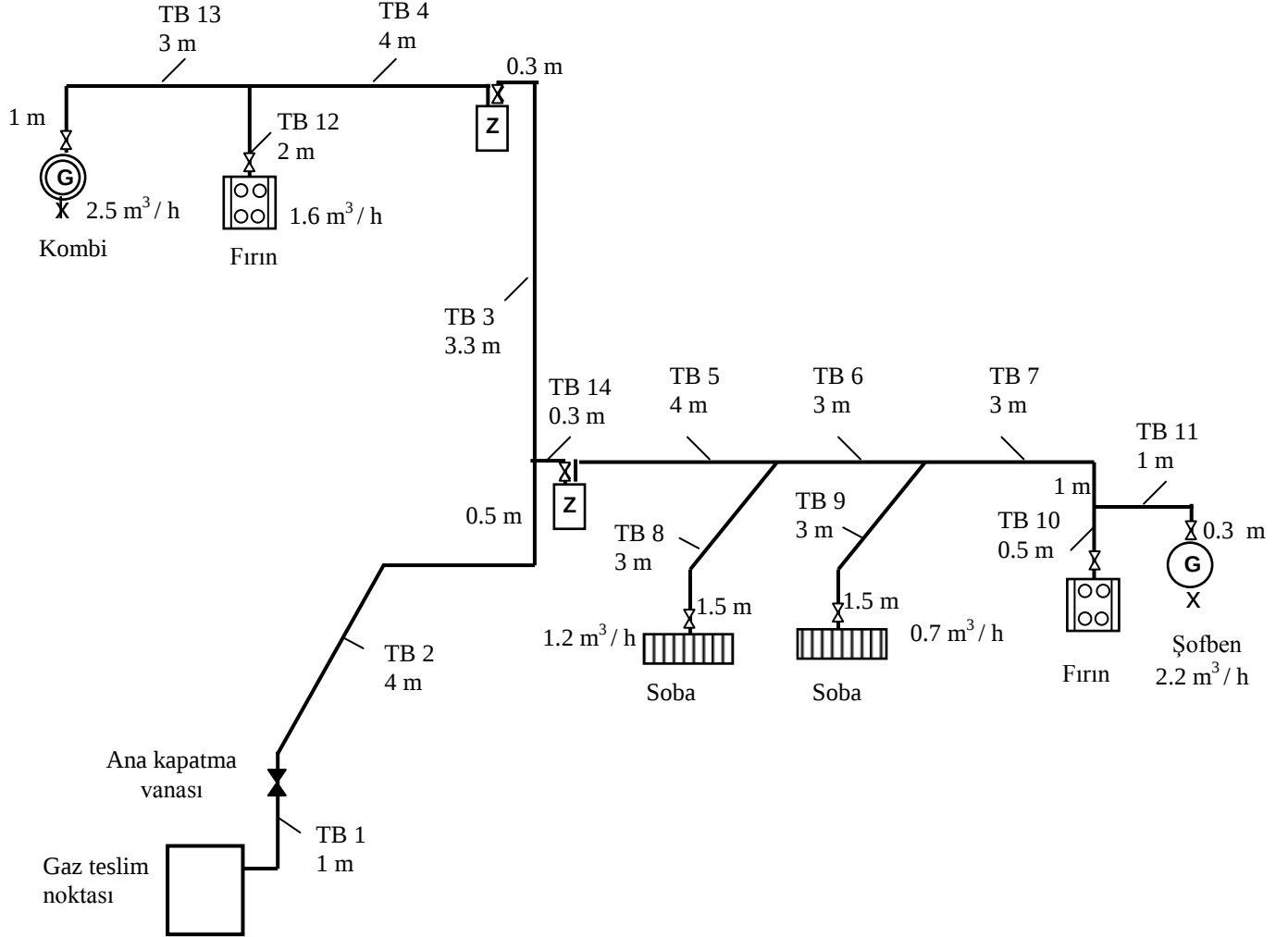
$$\Delta P_{\max} \leq 1 \text{ mbar}$$
[illegible]

TÜKETİM, AYIRIM ve CİHAZ BAĞLANTI HATTI

$$\Delta P_{\max} \leq 0.8 \text{ mbar}$$
[illegible]

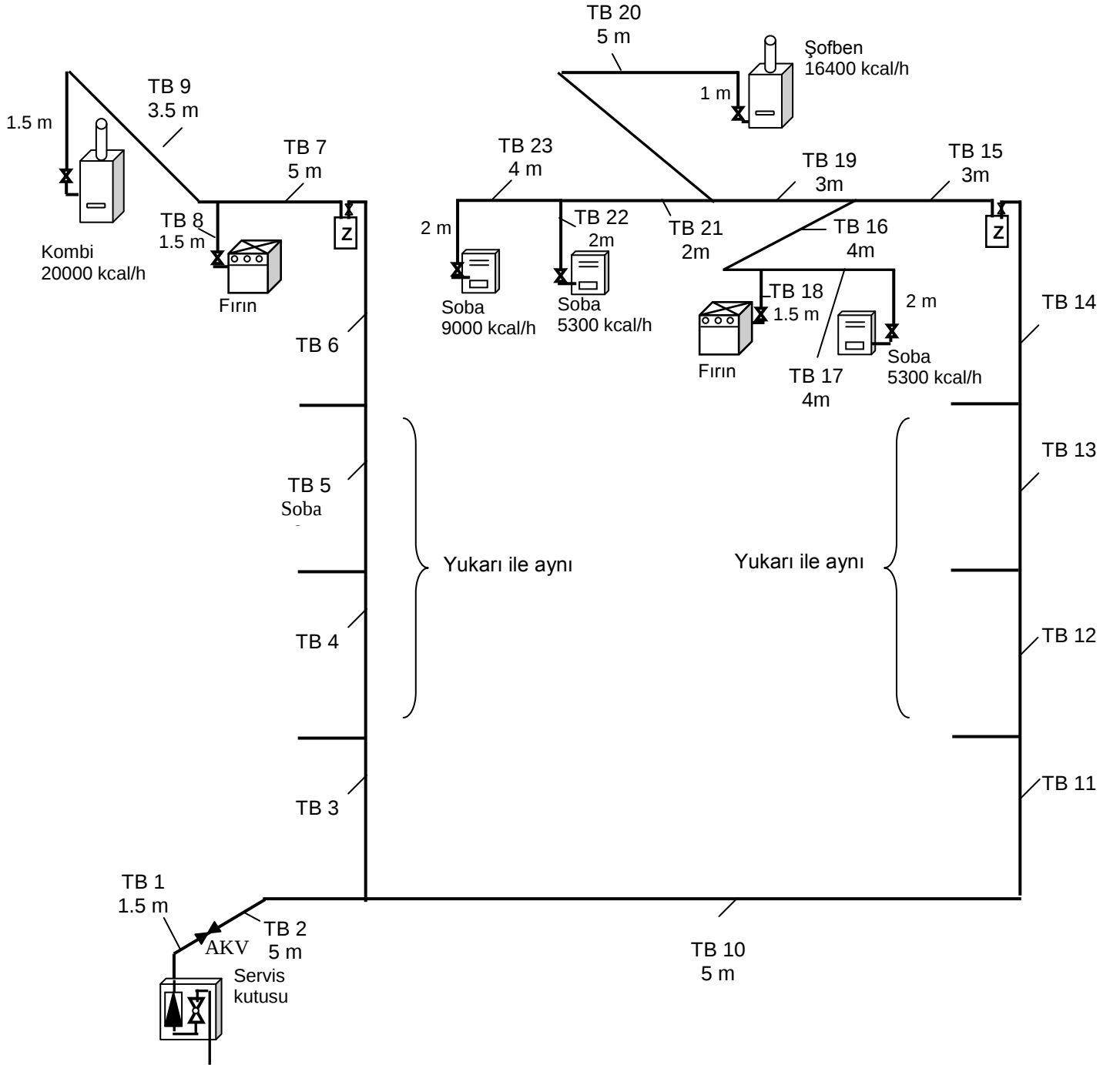
Örnek -1

Aşağıda boru planı verilen binaya ait doğal gaz tesisatında bulunan TB ile gösterilmiş çelik boruların çaplarını belirleyiniz. Boruların yanındaki uzunluklar toplam boru uzunluklarıdır.



Örnek-2

Aşağıda boru planı verilen binanın doğal gaz iç tesisatının **TB** şeklinde numaralandırılmış çelik borularının çaplarını belirleyiniz. Şekildeki dik çizgiler inen veya çıkan boru bölümlerini, boru numaralarının yanındaki uzunluklar toplam boru uzunluklarını göstermektedir. ($H_u=8250$ kcal/m³, $P_{işletme}=21$ mbar)



5.8. Havalandırma

Yakma cihazının bulunduğu kapalı yerlerde, yakma havasının temini ve olası bir gaz kaçağında gaz birikiminin önlenmesi için yapılır. Yakma sisteminin bulunduğu yerin doğal veya cebri olarak havalandırılması, TS EN 676'daki kurallara uygun olarak yapılmalıdır. Yakma düzeninin çalışmasını etkilemeden gerekli yanma havası temin edilip, kazan dairesinin doğrudan dış ortamla havalandırılması sağlanmalıdır.

5.8.1. Doğal havalandırma (Atmosferik ve fanlı brülörlü kazanlar)

Hava giriş ve çıkışının sağlanması için kazan dairesinin alt ve üst seviyelerinde doğrudan dış ortama açılan pencere ve menfezlerle havalandırma yapılır.

Alt havalandırma:

Toplam kurulu gücü 1000 kW'ın altında olan kazan daireleri için alt havalandırma net kesit alanı (S_A),

$$S_A = 2.25 \cdot F \cdot a (\Sigma Q_{br} + 70) \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}$$

bağıntısı ile belirlenir.

- F : Menfezin geometrisine bağlı katsayı
F=1 : Dikdörtgen menfez (Uzun kenarı, kısa kenarın 1,5 katından fazla olmayan)
F=1.1 : Dikdörtgen menfez (Uzun kenarı, kısa kenarın 5 katına kadar olan)
F=1.25 : Dikdörtgen menfez (Uzun kenarı, kısa kenarın 10 katına kadar olan)
F=1 : Dairesel
a : Menfezin ızgara katsayısı (ızgarasız a=1, ızgaralı a=1,2)
 ΣQ_{br} : Toplam anma ısı gücü (kW)
 η : Kazanın ısı verimi

$$Q_{br} = Q_{kazan} / \eta \text{ [kW]}$$

Toplam kurulu gücü 1000 kW'ın üzerinde olan kazan daireleri için alt havalandırma net kesit alanı (S_A),

$$S_A = \frac{\Sigma Q_{br}}{3600} \text{ [m}^2\text{]}$$

Üst havalandırma:

$$S_U = 0.6 \cdot S_A \text{ [m}^2\text{]}$$

5.8.2. Cebri havalandırma

Doğal olarak havalandırılmayan kazan daireleri cebri (mekanik) olarak havalandırılır. Cebri havalandırma için gerekli en az taze hava ve egzoz havası miktarları brülör tipine ve kapasitesine göre aşağıdaki eşitliklerden hesaplanır.

5.8.2.1. Üfleli Brülörler

Alt havalandırma:

$$S_A = V_{hava} / (3600 \cdot V) \quad [m^2]$$

$$V_{hava} = Q_{br} \cdot 1.184 \cdot 3.6 \quad [m^3/h]$$

V_{hava} : Hava debisi (m^3/h)

Q_{br} : Anma ısı gücü (kW)

V : Kanaldaki hava hızı (5-10 m/s arasında alınır.)

Üst havalandırma:

$$S_U = V_{egzos} / (3600 \cdot V) \quad [m^2]$$

$$V_{egzos} = Q_{br} \cdot 0.781 \cdot 3.6 \quad [m^3/h]$$

V_{egzos} : Hava debisi (m^3/h)

5.8.2.2. Atmosferik Brülörler

Alt havalandırma:

$$S_A = V_{hava} / (3600 \cdot V) \quad [m^2]$$

$$V_{hava} = Q_{br} \cdot 1.304 \cdot 3.6 \quad [m^3/h]$$

V_{hava} : Hava debisi (m^3/h)

Q_{br} : Anma ısı gücü (kW)

V : Kanaldaki hava hızı (3-6 m/s arasında alınır.)

Üst havalandırma:

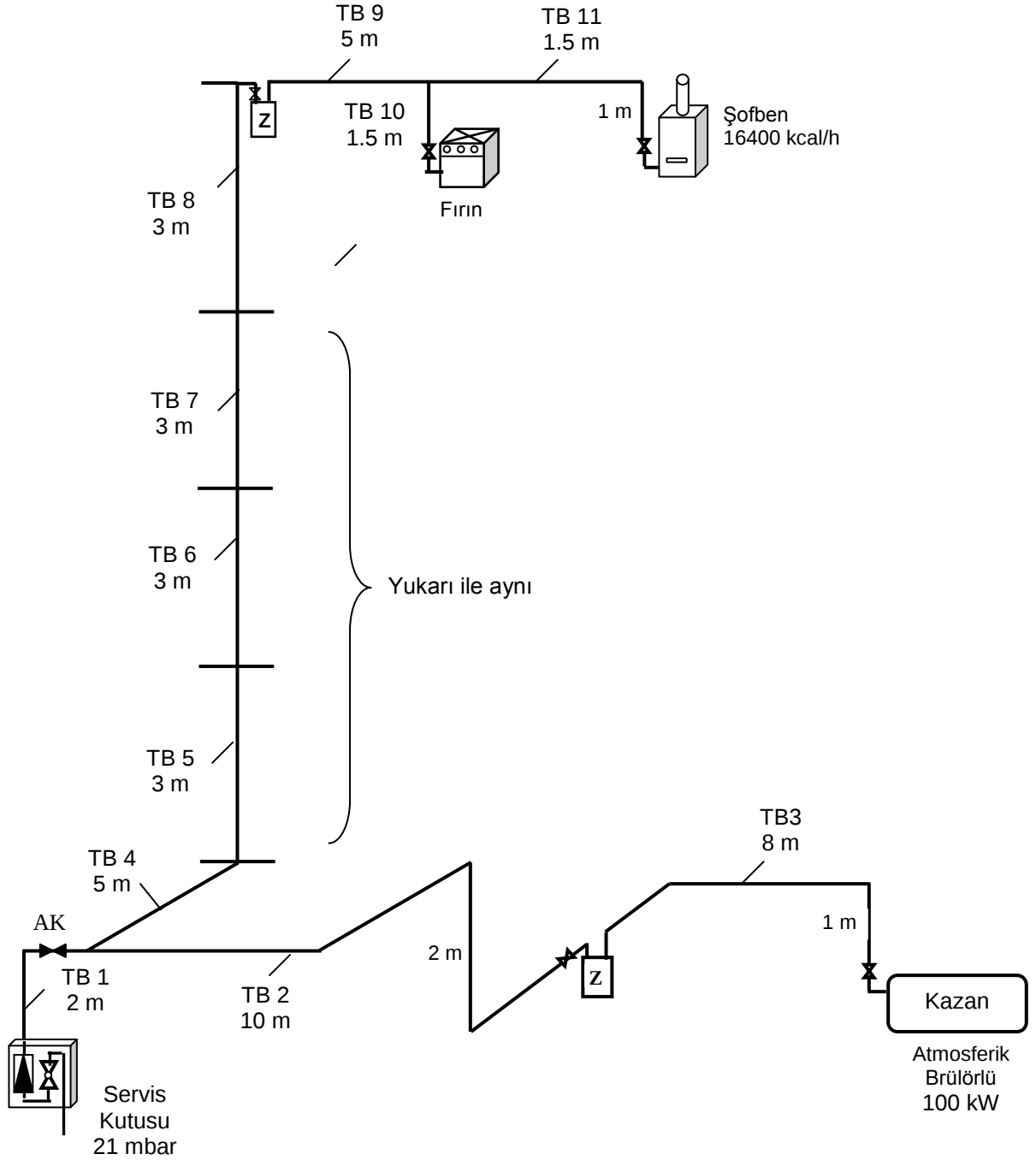
$$S_U = V_{egzos} / (3600 \cdot V) \quad [m^2]$$

$$V_{egzos} = Q_{br} \cdot 0.709 \cdot 3.6 \quad [m^3/h]$$

V_{egzos} : Hava debisi (m^3/h)

Örnek-3

Aşağıda boru planı verilen merkezi sistem ısıtmalı çift dairesli ve her dairesinde bir fırın bir şofben olan binanın TB şeklinde numaralandırılmış çelik borularının çaplarını belirleyiniz. Şekildeki dik çizgiler inen veya çıkan boru bölümlerini, boru numaralarının yanındaki uzunluklar toplam boru uzunluklarını göstermektedir. ($H_u=8250 \text{ kcal/m}^3$, $P_{i\text{ışletme}}=21 \text{ mbar}$)



EKLER**Ek 1. Debiye Göre Hız ve birim uzunlukta meydana gelen basınç kaybı değerleri**

DEBİYE GÖRE HIZ VE BİRİM BOY İÇİN DÜZ BORU BASINÇ KAYBI										
Çap	DN 15		DN 20		DN 25		DN 32		DN 40	
Debi m ³ /h	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)
0.7	0.98	0.0134	0.62	0.0046	0.41	0.0017				
1.0	1.40	0.0192	0.88	0.0060	0.58	0.0024				
1.1	1.54	0.0300	0.92	0.0065	0.63	0.0026				
1.2	1.68	0.0408	0.97	0.0071	0.68	0.0028				
1.3	1.82	0.0516	1.54	0.0076	0.73	0.0031				
1.4	1.96	0.0624	1.06	0.0082	0.78	0.0033				
1.5	2.10	0.0732	1.10	0.0087	0.83	0.0035				
1.6	2.24	0.0837	1.18	0.0123	0.86	0.0038				
1.7	2.38	0.0942	1.26	0.0160	0.89	0.0040				
1.8	2.52	0.1046	1.34	0.0196	0.92	0.0043				
1.9	2.66	0.1151	1.42	0.0233	0.95	0.0045				
2.0	2.80	0.1256	1.50	0.0269	0.98	0.0048				
2.1	2.94	0.1388	1.58	0.0296	1.02	0.0063				
2.2	3.08	0.1520	1.66	0.0323	1.07	0.0079				
2.3	3.22	0.1652	1.74	0.0351	1.11	0.0094				
2.4	3.36	0.1784	1.82	0.0378	1.16	0.0110				
2.5	3.50	0.1916	1.90	0.0405	1.20	0.0125				
2.6	3.68	0.2076	1.98	0.0438	1.24	0.0135				
2.7	3.86	0.2236	2.06	0.0471	1.28	0.0145				
2.8	4.04	0.2396	2.14	0.0504	1.32	0.0156				
2.9	4.22	0.2556	2.22	0.0537	1.36	0.0166				
3.0	4.40	0.2716	2.30	0.0570	1.40	0.0176				
3.1	4.50	0.2903	2.38	0.0608	1.46	0.0188				
3.2	4.60	0.3090	2.46	0.0647	1.52	0.0199				
3.3	4.70	0.3277	2.54	0.0685	1.58	0.0211				
3.4	4.80	0.3464	2.62	0.0724	1.64	0.0222				
3.5	4.90	0.3651	2.70	0.0762	1.70	0.0234				
3.6	5.02	0.3865	2.76	0.0806	1.74	0.0247				
3.7	5.14	0.4080	2.82	0.0849	1.78	0.0260				
3.8	5.26	0.4294	2.88	0.0893	1.82	0.0273				
3.9	5.38	0.4509	2.94	0.0936	1.86	0.0286				
4.0	5.50	0.4723	3.00	0.0980	1.90	0.0299	1.10	0.0074		
4.1	5.63	0.4951	3.08	0.1029	1.96	0.0314	1.12	0.0077		
4.2	5.76	0.5178	3.16	0.1078	2.02	0.0329	1.14	0.0081		
4.3	5.89	0.5406	3.24	0.1127	2.08	0.0343	1.16	0.0084		
4.4			3.32	0.1176	2.14	0.0358	1.18	0.0088		
4.5			3.40	0.1225	2.20	0.0373	1.20	0.0091		
4.6			3.48	0.1279	2.24	0.0389	1.24	0.0095		
4.7			3.56	0.1334	2.28	0.0405	1.28	0.0099		
4.8			3.64	0.1388	2.32	0.0422	1.32	0.0103		
4.9			3.72	0.1443	2.36	0.0438	1.36	0.0107		
5.0			3.80	0.1497	2.40	0.0454	1.40	0.0111	1.00	0.0052

Çap	DN 20		DN 25		DN 32		DN 40		DN 50	
Debi m ³ /h	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)
5.1	3.88	0.1558	2.44	0.0472	1.42	0.0115	1.02	0.0054		
5.2	3.96	0.1618	2.48	0.0490	1.44	0.0119	1.04	0.0056		
5.3	4.04	0.1679	2.52	0.0507	1.46	0.0124	1.06	0.0057		
5.4	4.12	0.1739	2.56	0.0525	1.48	0.0128	1.08	0.0059		
5.5	4.20	0.1800	2.60	0.0543	1.50	0.0132	1.10	0.0061		
5.6	4.26	0.1865	2.66	0.0562	1.52	0.0137	1.12	0.0063		
5.7	4.32	0.1931	2.72	0.0582	1.54	0.0141	1.14	0.0065		
5.8	4.38	0.1996	2.78	0.0601	1.56	0.0146	1.16	0.0068		
5.9	4.44	0.2062	2.84	0.0621	1.58	0.0150	1.18	0.0070		
6.0	4.50	0.2127	2.90	0.0640	1.60	0.0155	1.20	0.0072		
6.1	4.58	0.2198	2.94	0.0661	1.64	0.0160	1.22	0.0074		
6.2	4.66	0.2269	2.98	0.0682	1.68	0.0165	1.24	0.0076		
6.3	4.74	0.2339	3.02	0.0703	1.72	0.0170	1.26	0.0079		
6.4	4.82	0.2410	3.06	0.0724	1.76	0.0175	1.28	0.0081		
6.5	4.90	0.2481	3.10	0.0745	1.80	0.0180	1.30	0.0083		
6.6	4.98	0.2557	3.14	0.0767	1.82	0.0185	1.32	0.0085		
6.7	5.06	0.2633	3.18	0.0790	1.84	0.0190	1.34	0.0088		
6.8	5.14	0.2710	3.22	0.0812	1.86	0.0196	1.36	0.0090		
6.9	5.22	0.2786	3.26	0.0835	1.88	0.0201	1.38	0.0093		
7.0	5.30	0.2862	3.30	0.0857	1.90	0.0206	1.40	0.0095		
7.1	5.38	0.2944	3.36	0.0881	1.94	0.0212	1.42	0.0098		
7.2	5.46	0.3025	3.42	0.0905	1.98	0.0218	1.44	0.0100		
7.3	5.54	0.3107	3.48	0.0930	2.02	0.0223	1.46	0.0103		
7.4	5.62	0.3188	3.54	0.0954	2.06	0.0229	1.48	0.0105		
7.5	5.70	0.3270	3.60	0.0978	2.10	0.0235	1.50	0.0108		
7.6	5.77	0.3367	3.64	0.1004	2.12	0.0241	1.52	0.0111		
7.7	5.84	0.3464	3.68	0.1030	2.14	0.0247	1.54	0.0114		
7.8	5.92	0.3562	3.72	0.1056	2.16	0.0253	1.56	0.0116		
7.9	5.99	0.3659	3.76	0.1082	2.18	0.0259	1.58	0.0119		
8.0			3.80	0.1108	2.20	0.0265	1.60	0.0122	1.00	0.0037
8.1			3.86	0.1135	2.22	0.0271	1.62	0.0125	1.02	0.0038
8.2			3.92	0.1162	2.24	0.0277	1.64	0.0128	1.04	0.0039
8.3			3.98	0.1190	2.26	0.0284	1.66	0.0131	1.06	0.0039
8.4			4.04	0.1217	2.28	0.0290	1.68	0.0134	1.08	0.0040
8.5			4.10	0.1244	2.30	0.0296	1.70	0.0137	1.10	0.0041
8.6			4.14	0.1273	2.34	0.0303	1.72	0.0140	1.10	0.0042
8.7			4.18	0.1302	2.38	0.0310	1.74	0.0143	1.10	0.0043
8.8			4.22	0.1330	2.42	0.0316	1.76	0.0146	1.10	0.0044
8.9			4.26	0.1359	2.46	0.0323	1.78	0.0149	1.10	0.0045
9.0			4.30	0.1388	2.50	0.0330	1.80	0.0152	1.10	0.0046
9.1			4.34	0.1418	2.52	0.0337	1.82	0.0155	1.12	0.0047
9.2			4.38	0.1449	2.54	0.0344	1.84	0.0158	1.14	0.0048
9.3			4.42	0.1479	2.56	0.0351	1.86	0.0162	1.16	0.0049
9.4			4.46	0.1510	2.58	0.0358	1.88	0.0165	1.18	0.0050
9.5			4.50	0.1540	2.60	0.0365	1.90	0.0168	1.20	0.0051
9.6			4.56	0.1572	2.62	0.0372	1.92	0.0171	1.22	0.0052
9.7			4.62	0.1604	2.64	0.0380	1.94	0.0175	1.24	0.0053
9.8			4.68	0.1636	2.66	0.0387	1.96	0.0178	1.26	0.0054
9.9			4.74	0.1668	2.68	0.0395	1.98	0.0182	1.28	0.0055
10.0			4.80	0.1700	2.70	0.0402	2.00	0.0185	1.30	0.0056

Çap	DN 25		DN 32		DN 40		DN 50		DN 65	
Debi m³/h	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)
10.1	4.84	0.1733	2.74	0.0410	2.02	0.0188	1.30	0.0057		
10.2	4.88	0.1767	2.78	0.0418	2.04	0.0192	1.30	0.0058		
10.3	4.92	0.1800	2.82	0.0425	2.06	0.0195	1.30	0.0059		
10.4	4.96	0.1834	2.86	0.0433	2.08	0.0199	1.30	0.0060		
10.5	5.00	0.1867	2.90	0.0441	2.10	0.0202	1.30	0.0061		
10.6	5.06	0.1902	2.92	0.0449	2.12	0.0206	1.32	0.0062		
10.7	5.12	0.1937	2.94	0.0457	2.14	0.0210	1.34	0.0063		
10.8	5.18	0.1972	2.96	0.0466	2.16	0.0213	1.36	0.0064		
10.9	5.24	0.2007	2.98	0.0474	2.18	0.0217	1.38	0.0065		
11.0	5.30	0.2042	3.00	0.0482	2.20	0.0221	1.40	0.0066		
11.1	5.34	0.2079	3.04	0.0490	2.22	0.0225	1.40	0.0067		
11.2	5.38	0.2115	3.08	0.0499	2.24	0.0229	1.40	0.0068		
11.3	5.42	0.2152	3.12	0.0507	2.26	0.0232	1.40	0.0070		
11.4	5.46	0.2188	3.16	0.0516	2.28	0.0236	1.40	0.0071		
11.5	5.50	0.2225	3.20	0.0524	2.30	0.0240	1.40	0.0072		
11.6	5.54	0.2263	3.22	0.0533	2.32	0.0244	1.42	0.0073		
11.7	5.58	0.2301	3.24	0.0542	2.34	0.0248	1.44	0.0074		
11.8	5.62	0.2340	3.26	0.0550	2.36	0.0252	1.46	0.0076		
11.9	5.66	0.2378	3.28	0.0559	2.38	0.0256	1.48	0.0077		
12.0	5.70	0.2416	3.30	0.0568	2.40	0.0260	1.50	0.0078		
12.1	5.76	0.2456	3.32	0.0577	2.42	0.0264	1.52	0.0079		
12.2	5.82	0.2495	3.34	0.0586	2.44	0.0268	1.54	0.0080		
12.3	5.88	0.2535	3.36	0.0596	2.46	0.0273	1.56	0.0082		
12.4	5.94	0.2574	3.38	0.0605	2.48	0.0277	1.58	0.0083		
12.5	6.00	0.2614	3.40	0.0614	2.50	0.0281	1.60	0.0084		
12.6			3.44	0.0624	2.52	0.0285	1.60	0.0085		
12.7			3.48	0.0634	2.54	0.0289	1.60	0.0086		
12.8			3.52	0.0643	2.56	0.0294	1.60	0.0088		
12.9			3.56	0.0653	2.58	0.0298	1.60	0.0089		
13.0			3.60	0.0663	2.60	0.0302	1.60	0.0090		
13.1			3.62	0.0673	2.62	0.0307	1.62	0.0091		
13.2			3.64	0.0683	2.64	0.0311	1.64	0.0093		
13.3			3.66	0.0693	2.66	0.0316	1.66	0.0094		
13.4			3.68	0.0703	2.68	0.0320	1.68	0.0096		
13.5			3.70	0.0713	2.70	0.0325	1.70	0.0097	1.00	0.0026
13.6			3.72	0.0723	2.72	0.0330	1.72	0.0098	1.00	0.0026
13.7			3.74	0.0733	2.74	0.0334	1.74	0.0100	1.00	0.0027
13.8			3.76	0.0744	2.76	0.0339	1.76	0.0101	1.00	0.0027
13.9			3.78	0.0754	2.78	0.0343	1.78	0.0103	1.00	0.0028
14.0			3.80	0.0764	2.80	0.0348	1.80	0.0104	1.00	0.0028
14.1			3.84	0.0775	2.82	0.0353	1.80	0.0105	1.02	0.0028
14.2			3.88	0.0785	2.84	0.0358	1.80	0.0107	1.04	0.0029
14.3			3.92	0.0796	2.86	0.0362	1.80	0.0108	1.06	0.0029
14.4			3.96	0.0806	2.88	0.0367	1.80	0.0110	1.08	0.0030
14.5			4.00	0.0817	2.90	0.0372	1.80	0.0111	1.10	0.0030
14.6			4.02	0.0828	2.92	0.0377	1.82	0.0112	1.10	0.0030
14.7			4.04	0.0839	2.94	0.0382	1.84	0.0114	1.10	0.0031
14.8			4.06	0.0850	2.96	0.0386	1.86	0.0115	1.10	0.0031
14.9			4.08	0.0861	2.98	0.0391	1.88	0.0117	1.10	0.0032
15.0			4.10	0.0872	3.00	0.0396	1.90	0.0118	1.10	0.0032

Çap	DN 32		DN 40		DN 50		DN 65		DN 80	
Debi m³/h	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)
15.1	4.14	0.0883	3.02	0.0401	1.92	0.0119	1.12	0.0032		
15.2	4.18	0.0894	3.04	0.0406	1.94	0.0121	1.14	0.0033		
15.3	4.22	0.0906	3.06	0.0412	1.96	0.0122	1.16	0.0033		
15.4	4.26	0.0917	3.08	0.0417	1.98	0.0124	1.18	0.0034		
15.5	4.30	0.0928	3.10	0.0422	2.00	0.0125	1.20	0.0034		
15.6	4.32	0.0940	3.12	0.0427	2.00	0.0127	1.20	0.0034		
15.7	4.34	0.0952	3.14	0.0432	2.00	0.0128	1.20	0.0035		
15.8	4.36	0.0963	3.16	0.0438	2.00	0.0130	1.20	0.0035		
15.9	4.38	0.0975	3.18	0.0443	2.00	0.0131	1.20	0.0036		
16.0	4.40	0.0987	3.20	0.0448	2.00	0.0133	1.20	0.0036		
16.1	4.42	0.0999	3.22	0.0453	2.02	0.0135	1.20	0.0036		
16.2	4.44	0.1011	3.24	0.0459	2.04	0.0136	1.20	0.0037		
16.3	4.46	0.1023	3.26	0.0464	2.06	0.0138	1.20	0.0037		
16.4	4.48	0.1035	3.28	0.0470	2.08	0.0139	1.20	0.0038		
16.5	4.50	0.1047	3.30	0.0475	2.10	0.0141	1.20	0.0038		
16.6	4.54	0.1059	3.32	0.0481	2.10	0.0143	1.22	0.0038		
16.7	4.58	0.1072	3.34	0.0487	2.10	0.0144	1.24	0.0039		
16.8	4.62	0.1084	3.36	0.0492	2.10	0.0146	1.26	0.0039		
16.9	4.66	0.1097	3.38	0.0498	2.10	0.0147	1.28	0.0040		
17.0	4.70	0.1109	3.40	0.0504	2.10	0.0149	1.30	0.0040		
17.1	4.72	0.1231	3.42	0.0510	2.12	0.0151	1.30	0.0040		
17.2	4.74	0.1353	3.44	0.0515	2.14	0.0152	1.30	0.0041		
17.3	4.76	0.1476	3.46	0.0521	2.16	0.0154	1.30	0.0041		
17.4	4.78	0.1598	3.48	0.0526	2.18	0.0155	1.30	0.0042		
17.5	4.80	0.1720	3.50	0.0532	2.20	0.0157	1.30	0.0042		
17.6	4.82	0.1624	3.52	0.0538	2.22	0.0159	1.30	0.0042		
17.7	4.84	0.1527	3.54	0.0544	2.24	0.0161	1.30	0.0043		
17.8	4.86	0.1431	3.56	0.0550	2.26	0.0162	1.30	0.0043		
17.9	4.88	0.1334	3.58	0.0556	2.28	0.0164	1.30	0.0044		
18.0	4.90	0.1238	3.60	0.0562	2.30	0.0166	1.30	0.0044		
18.1	4.94	0.1251	3.62	0.0568	2.30	0.0168	1.32	0.0045		
18.2	4.98	0.1265	3.64	0.0574	2.30	0.0170	1.34	0.0045		
18.3	5.02	0.1278	3.66	0.0580	2.30	0.0171	1.36	0.0046		
18.4	5.06	0.1292	3.68	0.0586	2.30	0.0173	1.38	0.0046		
18.5	5.10	0.1305	3.70	0.0592	2.30	0.0175	1.40	0.0047	1.00	0.0210
18.6	5.12	0.1319	3.72	0.0598	2.32	0.0177	1.40	0.0047	1.00	0.0172
18.7	5.14	0.1333	3.74	0.0604	2.34	0.0179	1.40	0.0048	1.00	0.0135
18.8	5.16	0.1346	3.76	0.0611	2.36	0.0180	1.40	0.0048	1.00	0.0097
18.9	5.18	0.1360	3.78	0.0617	2.38	0.0182	1.40	0.0049	1.00	0.0060
19.0	5.20	0.1374	3.80	0.0623	2.40	0.0184	1.40	0.0049	1.00	0.0022
19.1	5.24	0.1388	3.82	0.0629	2.42	0.0186	1.42	0.0049	1.02	0.0022
19.2	5.28	0.1402	3.84	0.0636	2.44	0.0188	1.44	0.0050	1.04	0.0022
19.3	5.32	0.1416	3.86	0.0642	2.46	0.0189	1.46	0.0050	1.06	0.0023
19.4	5.36	0.1430	3.88	0.0649	2.48	0.0191	1.48	0.0051	1.08	0.0023
19.5	5.40	0.1444	3.90	0.0655	2.50	0.0193	1.50	0.0051	1.10	0.0023
19.6	5.42	0.1459	3.92	0.0660	2.50	0.0195	1.50	0.0052	1.10	0.0023
19.7	5.44	0.1473	3.94	0.0666	2.50	0.0197	1.50	0.0052	1.10	0.0023
19.8	5.46	0.1488	3.96	0.0671	2.50	0.0198	1.50	0.0053	1.10	0.0024
19.9	5.48	0.1502	3.98	0.0677	2.50	0.0200	1.50	0.0053	1.10	0.0024
20.0	5.50	0.1517	4.00	0.0682	2.50	0.0202	1.50	0.0054	1.10	0.0024

Çap	DN 32		DN 40		DN 50		DN 65		DN 80	
Debi m ³ /h	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)
20.1	5.53	0.1532	4.03	0.0689	2.51	0.0204	1.51	0.0055	1.10	0.0024
20.2	5.56	0.1547	4.06	0.0696	2.52	0.0206	1.52	0.0055	1.10	0.0024
20.3	5.59	0.1562	4.09	0.0704	2.53	0.0208	1.53	0.0056	1.10	0.0025
20.4	5.62	0.1577	4.12	0.0711	2.54	0.0210	1.54	0.0056	1.10	0.0025
20.5	5.65	0.1592	4.15	0.0718	2.55	0.0212	1.55	0.0057	1.10	0.0025
20.6	5.68	0.1607	4.18	0.0725	2.56	0.0214	1.56	0.0057	1.10	0.0025
20.7	5.71	0.1622	4.21	0.0732	2.57	0.0216	1.57	0.0058	1.10	0.0025
20.8	5.74	0.1637	4.24	0.0740	2.58	0.0218	1.58	0.0058	1.10	0.0026
20.9	5.77	0.1652	4.27	0.0747	2.59	0.0220	1.59	0.0059	1.10	0.0026
21.0	5.80	0.1667	4.30	0.0754	2.60	0.0222	1.60	0.0059	1.10	0.0026
21.1	5.82	0.1684	4.32	0.0761	2.62	0.0224	1.60	0.0060	1.11	0.0026
21.2	5.87	0.1718	4.34	0.0768	2.64	0.0226	1.60	0.0060	1.12	0.0027
21.3	5.94	0.1767	4.36	0.0776	2.66	0.0228	1.60	0.0061	1.13	0.0027
21.4			4.38	0.0782	2.68	0.0230	1.60	0.0061	1.14	0.0027
21.5			4.40	0.0790	2.70	0.0232	1.60	0.0062	1.15	0.0028
21.6			4.42	0.0796	2.72	0.0234	1.60	0.0062	1.16	0.0028
21.7			4.44	0.0805	2.74	0.0236	1.60	0.0063	1.17	0.0028
21.8			4.47	0.0813	2.77	0.0239	1.60	0.0063	1.18	0.0029
21.9			4.48	0.0819	2.78	0.0240	1.60	0.0064	1.19	0.0029
22.0			4.50	0.0825	2.80	0.0242	1.60	0.0064	1.20	0.0029
22.1			4.52	0.0832	2.81	0.0244	1.61	0.0065	1.20	0.0029
22.2			4.54	0.0840	2.82	0.0246	1.62	0.0065	1.20	0.0029
22.3			4.56	0.0847	2.83	0.0248	1.63	0.0066	1.20	0.0030
22.4			4.58	0.0854	2.84	0.0250	1.64	0.0066	1.20	0.0030
22.5			4.60	0.0862	2.85	0.0253	1.65	0.0067	1.20	0.0030
22.6			4.62	0.0868	2.86	0.0254	1.66	0.0068	1.20	0.0030
22.7			4.64	0.0877	2.87	0.0257	1.67	0.0068	1.20	0.0030
22.8			4.67	0.0886	2.88	0.0260	1.68	0.0069	1.20	0.0031
22.9			4.68	0.0891	2.89	0.0261	1.69	0.0069	1.20	0.0031
23.0			4.70	0.0898	2.90	0.0263	1.70	0.0070	1.20	0.0031
23.1			4.72	0.0906	2.91	0.0265	1.71	0.0071	1.21	0.0031
23.2			4.74	0.0913	2.92	0.0267	1.72	0.0071	1.22	0.0032
23.3			4.76	0.0921	2.93	0.0270	1.73	0.0072	1.23	0.0032
23.4			4.78	0.0929	2.94	0.0272	1.74	0.0072	1.24	0.0032
23.5			4.80	0.0937	2.95	0.0274	1.75	0.0073	1.25	0.0033
23.6			4.82	0.0943	2.96	0.0276	1.76	0.0074	1.26	0.0033
23.7			4.84	0.0953	2.97	0.0279	1.77	0.0074	1.27	0.0033
23.8			4.87	0.0962	2.98	0.0281	1.78	0.0075	1.28	0.0034
23.9			4.88	0.0968	2.99	0.0283	1.79	0.0075	1.29	0.0034
24.0			4.90	0.0975	3.00	0.0285	1.80	0.0076	1.30	0.0034
24.1			4.92	0.0983	3.01	0.0287	1.81	0.0077	1.31	0.0034
24.2			4.94	0.0991	3.02	0.0290	1.82	0.0077	1.32	0.0034
24.3			4.96	0.0999	3.03	0.0292	1.83	0.0078	1.33	0.0035
24.4			4.98	0.1007	3.04	0.0294	1.84	0.0078	1.34	0.0035
24.5			5.00	0.1015	3.05	0.0297	1.85	0.0079	1.35	0.0035
24.6			5.02	0.1022	3.06	0.0299	1.86	0.0080	1.36	0.0035
24.7			5.04	0.1032	3.07	0.0301	1.87	0.0080	1.37	0.0035
24.8			5.07	0.1042	3.08	0.0304	1.88	0.0081	1.38	0.0036
24.9			5.08	0.1048	3.09	0.0306	1.89	0.0081	1.39	0.0036
25.0			5.10	0.1055	3.10	0.0308	1.90	0.0082	1.40	0.0036

Çap	DN 40		DN 50		DN 65		DN 80	
Debi m³/h	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)	V (m/s)	R (mbar/m)
25.1	5.12	0.1063	3.12	0.0311	1.90	0.0082	1.40	0.0036
25.2	5.14	0.1072	3.14	0.0313	1.90	0.0082	1.40	0.0037
25.3	5.16	0.1080	3.16	0.0316	1.90	0.0082	1.40	0.0037
25.4	5.18	0.1088	3.18	0.0318	1.90	0.0082	1.40	0.0037
25.5	5.20	0.1097	3.20	0.0321	1.90	0.0082	1.40	0.0038
25.6	5.22	0.1104	3.22	0.0323	1.90	0.0082	1.40	0.0038
25.7	5.24	0.1114	3.24	0.0326	1.90	0.0082	1.40	0.0038
25.8	5.27	0.1124	3.27	0.0329	1.90	0.0082	1.40	0.0039
25.9	5.28	0.1130	3.28	0.0331	1.90	0.0082	1.40	0.0039
26.0	5.30	0.1138	3.30	0.0333	1.90	0.0082	1.40	0.0039
26.1	5.32	0.1147	3.31	0.0336	1.91	0.0083	1.41	0.0039
26.2	5.34	0.1155	3.32	0.0338	1.92	0.0084	1.42	0.0040
26.3	5.36	0.1164	3.33	0.0341	1.93	0.0086	1.43	0.0040
26.4	5.38	0.1172	3.34	0.0343	1.94	0.0087	1.44	0.0040
26.5	5.40	0.1181	3.35	0.0346	1.95	0.0088	1.45	0.0041
26.6	5.42	0.1189	3.36	0.0348	1.96	0.0089	1.46	0.0041
26.7	5.44	0.1199	3.37	0.0351	1.97	0.0091	1.47	0.0041
26.8	5.47	0.1210	3.38	0.0354	1.98	0.0092	1.48	0.0042
26.9	5.48	0.1216	3.39	0.0356	1.99	0.0093	1.49	0.0042
27.0	5.50	0.1224	3.40	0.0358	2.00	0.0094	1.50	0.0042
27.1	5.52	0.1233	3.41	0.0361	2.01	0.0095	1.50	0.0042
27.2	5.54	0.1242	3.42	0.0363	2.02	0.0095	1.50	0.0043
27.3	5.56	0.1251	3.43	0.0366	2.03	0.0096	1.50	0.0043
27.4	5.58	0.1260	3.44	0.0368	2.04	0.0097	1.50	0.0043
27.5	5.60	0.1269	3.45	0.0371	2.05	0.0098	1.50	0.0044
27.6	5.62	0.1276	3.46	0.0373	2.06	0.0098	1.50	0.0044
27.7	5.64	0.1288	3.47	0.0376	2.07	0.0099	1.50	0.0044
27.8	5.67	0.1298	3.48	0.0379	2.08	0.0100	1.50	0.0045
27.9	5.68	0.1305	3.49	0.0381	2.09	0.0100	1.50	0.0045
28.0	5.70	0.1313	3.50	0.0383	2.10	0.0101	1.50	0.0045
28.1	5.72	0.1322	3.52	0.0386	2.11	0.0102	1.51	0.0045
28.2	5.74	0.1331	3.54	0.0388	2.12	0.0102	1.52	0.0046
28.3	5.76	0.1341	3.56	0.0391	2.13	0.0103	1.53	0.0046
28.4	5.78	0.1350	3.58	0.0394	2.14	0.0104	1.54	0.0046
28.5	5.80	0.1359	3.60	0.0397	2.15	0.0105	1.55	0.0047
28.6	5.82	0.1367	3.62	0.0399	2.16	0.0105	1.56	0.0047
28.7	5.84	0.1379	3.64	0.0402	2.17	0.0106	1.57	0.0047
28.8	5.87	0.1390	3.67	0.0406	2.18	0.0107	1.58	0.0048
28.9	5.88	0.1397	3.68	0.0408	2.19	0.0107	1.59	0.0048
29.0	5.90	0.1405	3.70	0.0410	2.20	0.0108	1.60	0.0048
29.1	5.91	0.1415	3.71	0.0413	2.20	0.0109	1.60	0.0048
29.2	5.92	0.1424	3.72	0.0415	2.20	0.0109	1.60	0.0049
29.3	5.93	0.1434	3.73	0.0418	2.20	0.0110	1.60	0.0049
29.4	5.94	0.1443	3.74	0.0421	2.20	0.0111	1.60	0.0049
29.5	5.95	0.1453	3.75	0.0424	2.20	0.0112	1.60	0.0050
29.6	5.96	0.1461	3.76	0.0426	2.20	0.0112	1.60	0.0050
29.7	5.97	0.1473	3.77	0.0429	2.20	0.0113	1.60	0.0050
29.8	5.98	0.1484	3.78	0.0433	2.20	0.0114	1.60	0.0051
29.9	5.99	0.1491	3.79	0.0435	2.20	0.0114	1.60	0.0051
30.0	6.00	0.1500	3.80	0.0437	2.20	0.0115	1.60	0.0051

Ek- 2. Hız ve toplam yerel kayıp katsayısı ($\Sigma \xi$) değerlerine göre Yerel Basınç Kayıpları (P_z)

Hız (m/s)	$\Sigma \xi$																			
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
0,5	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0008	0,0009	0,0010	0,0011	0,0012	0,0013	0,0014	0,0015	0,0016	0,0017	0,0018	0,0019	0,0020
0,6	0,0001	0,0003	0,0004	0,0006	0,0007	0,0009	0,0010	0,0011	0,0013	0,0014	0,0016	0,0017	0,0019	0,0020	0,0021	0,0023	0,0024	0,0026	0,0027	0,0029
0,7	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0010	0,0012	0,0014	0,0016	0,0018	0,0019	0,0021	0,0023	0,0025	0,0027	0,0029	0,0031	0,0033	0,0035	0,0037	0,0039
0,8	0,0003	0,0005	0,0008	0,0010	0,0013	0,0015	0,0018	0,0020	0,0023	0,0025	0,0028	0,0030	0,0033	0,0036	0,0038	0,0041	0,0043	0,0046	0,0048	0,0051
0,9	0,0003	0,0006	0,0010	0,0013	0,0016	0,0019	0,0023	0,0026	0,0029	0,0032	0,0035	0,0039	0,0042	0,0045	0,0048	0,0051	0,0055	0,0058	0,0061	0,0064
1,0	0,0004	0,0008	0,0012	0,0016	0,0020	0,0024	0,0028	0,0032	0,0036	0,0040	0,0044	0,0048	0,0052	0,0056	0,0060	0,0064	0,0067	0,0071	0,0075	0,0079
1,1	0,0005	0,0010	0,0014	0,0019	0,0024	0,0029	0,0034	0,0038	0,0043	0,0048	0,0053	0,0058	0,0062	0,0067	0,0072	0,0077	0,0082	0,0086	0,0091	0,0096
1,2	0,0006	0,0011	0,0017	0,0023	0,0029	0,0034	0,0040	0,0046	0,0051	0,0057	0,0063	0,0069	0,0074	0,0080	0,0086	0,0091	0,0097	0,0103	0,0109	0,0114
1,3	0,0007	0,0013	0,0020	0,0027	0,0034	0,0040	0,0047	0,0054	0,0060	0,0067	0,0074	0,0081	0,0087	0,0094	0,0101	0,0107	0,0114	0,0121	0,0127	0,0134
1,4	0,0008	0,0016	0,0023	0,0031	0,0039	0,0047	0,0054	0,0062	0,0070	0,0078	0,0086	0,0093	0,0101	0,0109	0,0117	0,0124	0,0132	0,0140	0,0148	0,0156
1,5	0,0009	0,0018	0,0027	0,0036	0,0045	0,0054	0,0063	0,0071	0,0080	0,0089	0,0098	0,0107	0,0116	0,0125	0,0134	0,0143	0,0152	0,0161	0,0170	0,0179
1,6	0,0010	0,0020	0,0030	0,0041	0,0051	0,0061	0,0071	0,0081	0,0091	0,0102	0,0112	0,0122	0,0132	0,0142	0,0152	0,0163	0,0173	0,0183	0,0193	0,0203
1,7	0,0011	0,0023	0,0034	0,0046	0,0057	0,0069	0,0080	0,0092	0,0103	0,0115	0,0126	0,0138	0,0149	0,0161	0,0172	0,0184	0,0195	0,0207	0,0218	0,0229
1,8	0,0013	0,0026	0,0039	0,0051	0,0064	0,0077	0,0090	0,0103	0,0116	0,0129	0,0141	0,0154	0,0167	0,0180	0,0193	0,0206	0,0219	0,0232	0,0244	0,0257
1,9	0,0014	0,0029	0,0043	0,0057	0,0072	0,0086	0,0100	0,0115	0,0129	0,0143	0,0158	0,0172	0,0186	0,0201	0,0215	0,0229	0,0244	0,0258	0,0272	0,0287
2,0	0,0016	0,0032	0,0048	0,0064	0,0079	0,0095	0,0111	0,0127	0,0143	0,0159	0,0175	0,0191	0,0206	0,0222	0,0238	0,0254	0,0270	0,0286	0,0302	0,0318
2,1	0,0018	0,0035	0,0053	0,0070	0,0088	0,0105	0,0123	0,0140	0,0158	0,0175	0,0193	0,0210	0,0228	0,0245	0,0263	0,0280	0,0298	0,0315	0,0333	0,0350
2,2	0,0019	0,0038	0,0058	0,0077	0,0096	0,0115	0,0135	0,0154	0,0173	0,0192	0,0211	0,0231	0,0250	0,0269	0,0288	0,0307	0,0327	0,0346	0,0365	0,0384
2,3	0,0021	0,0042	0,0063	0,0084	0,0105	0,0126	0,0147	0,0168	0,0189	0,0210	0,0231	0,0252	0,0273	0,0294	0,0315	0,0336	0,0357	0,0378	0,0399	0,0420
2,4	0,0023	0,0046	0,0069	0,0091	0,0114	0,0137	0,0160	0,0183	0,0206	0,0229	0,0252	0,0274	0,0297	0,0320	0,0343	0,0366	0,0389	0,0412	0,0434	0,0457
2,5	0,0025	0,0050	0,0074	0,0099	0,0124	0,0149	0,0174	0,0199	0,0223	0,0248	0,0273	0,0298	0,0323	0,0347	0,0372	0,0397	0,0422	0,0447	0,0471	0,0496
2,6	0,0027	0,0054	0,0081	0,0107	0,0134	0,0161	0,0188	0,0215	0,0242	0,0268	0,0295	0,0322	0,0349	0,0376	0,0403	0,0429	0,0456	0,0483	0,0510	0,0537
2,7	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0174	0,0203	0,0232	0,0260	0,0289	0,0318	0,0347	0,0376	0,0405	0,0434	0,0463	0,0492	0,0521	0,0550	0,0579
2,8	0,0031	0,0062	0,0093	0,0124	0,0156	0,0187	0,0218	0,0249	0,0280	0,0311	0,0342	0,0373	0,0405	0,0436	0,0467	0,0498	0,0529	0,0560	0,0591	0,0622
2,9	0,0033	0,0067	0,0100	0,0134	0,0167	0,0200	0,0234	0,0267	0,0300	0,0334	0,0367	0,0401	0,0434	0,0467	0,0501	0,0534	0,0568	0,0601	0,0634	0,0668
3,0	0,0036	0,0071	0,0107	0,0143	0,0179	0,0214	0,0250	0,0286	0,0322	0,0357	0,0393	0,0429	0,0464	0,0500	0,0536	0,0572	0,0607	0,0643	0,0679	0,0715
3,1	0,0038	0,0076	0,0114	0,0153	0,0191	0,0229	0,0267	0,0305	0,0343	0,0382	0,0420	0,0458	0,0496	0,0534	0,0572	0,0610	0,0649	0,0687	0,0725	0,0763
3,2	0,0041	0,0081	0,0122	0,0163	0,0203	0,0244	0,0285	0,0325	0,0366	0,0407	0,0447	0,0488	0,0528	0,0569	0,0610	0,0650	0,0691	0,0732	0,0772	0,0813
3,3	0,0043	0,0086	0,0130	0,0173	0,0216	0,0259	0,0303	0,0346	0,0389	0,0432	0,0476	0,0519	0,0562	0,0605	0,0648	0,0692	0,0735	0,0778	0,0821	0,0865
3,4	0,0046	0,0092	0,0138	0,0184	0,0229	0,0275	0,0321	0,0367	0,0413	0,0459	0,0505	0,0551	0,0597	0,0643	0,0688	0,0734	0,0780	0,0826	0,0872	0,0918
3,5	0,0049	0,0097	0,0146	0,0195	0,0243	0,0292	0,0340	0,0389	0,0438	0,0486	0,0535	0,0584	0,0632	0,0681	0,0729	0,0778	0,0827	0,0875	0,0924	0,0973
3,6	0,0051	0,0103	0,0154	0,0206	0,0257	0,0309	0,0360	0,0412	0,0463	0,0515	0,0566	0,0617	0,0669	0,0720	0,0772	0,0823	0,0875	0,0926	0,0978	0,1029
3,7	0,0054	0,0109	0,0163	0,0217	0,0272	0,0326	0,0380	0,0435	0,0489	0,0543	0,0598	0,0652	0,0707	0,0761	0,0815	0,0870	0,0924	0,0978	0,1033	0,1087
3,8	0,0057	0,0115	0,0172	0,0229	0,0287	0,0344	0,0401	0,0459	0,0516	0,0573	0,0631	0,0688	0,0745	0,0803	0,0860	0,0917	0,0975	0,1032	0,1089	0,1147
3,9	0,0060	0,0121	0,0181	0,0242	0,0302	0,0362	0,0423	0,0483	0,0543	0,0604	0,0664	0,0725	0,0785	0,0845	0,0906	0,0966	0,1027	0,1087	0,1147	0,1208
4,0	0,0064	0,0127	0,0191	0,0254	0,0318	0,0381	0,0445	0,0508	0,0572	0,0635	0,0699	0,0762	0,0826	0,0889	0,0953	0,1016	0,1080	0,1143	0,1207	0,1270
4,1	0,0067	0,0133	0,0200	0,0267	0,0334	0,0400	0,0467	0,0534	0,0601	0,0667	0,0734	0,0801	0,0868	0,0934	0,1001	0,1068	0,1135	0,1201	0,1268	0,1335
4,2	0,0070	0,0140	0,0210	0,0280	0,0350	0,0420	0,0490	0,0560	0,0630	0,0700	0,0770	0,0840	0,0910	0,0980	0,1050	0,1120	0,1191	0,1261	0,1331	0,1401
4,3	0,0073	0,0147	0,0220	0,0294	0,0367	0,0440	0,0514	0,0587	0,0661	0,0734	0,0807	0,0881	0,0954	0,1028	0,1101	0,1174	0,1248	0,1321	0,1395	0,1468
4,4	0,0077	0,0154	0,0231	0,0307	0,0384	0,0461	0,0538	0,0615	0,0692	0,0769	0,0845	0,0922	0,0999	0,1076	0,1153	0,1230	0,1307	0,1383	0,1460	0,1537
4,5	0,0080	0,0161	0,0241	0,0322	0,0402	0,0482	0,0563	0,0643	0,0724	0,0804	0,0884	0,0965	0,1045	0,1125	0,1206	0,1286	0,1367	0,1447	0,1527	0,1608
4,6	0,0084	0,0168	0,0252	0,0336	0,0420	0,0504	0,0588	0,0672	0,0756	0,0840	0,0924	0,1008	0,1092	0,1176	0,1260	0,1344	0,1428	0,1512	0,1596	0,1680
4,7	0,0088	0,0175	0,0263	0,0351	0,0438	0,0526	0,0614	0,0702	0,0789	0,0877	0,0965	0,1052	0,1140	0,1228	0,1315	0,1403	0,1491	0,1579	0,1666	0,1754
4,8	0,0091	0,0183	0,0274	0,0366	0,0457	0,0549	0,0640	0,0732	0,0823	0,0915	0,1006	0,1098	0,1189	0,1281	0,1372	0,1464	0,1555	0,1646	0,1738	0,1829
4,9	0,0095	0,0191	0,0286	0,0381	0,0477	0,0572	0,0667	0,0763	0,0858	0,0953	0,1049	0,1144	0,1239	0,1334	0,1430	0,1525	0,1620	0,1716	0,1811	0,1906
5,0	0,0099	0,0199	0,0298	0,0397	0,0496	0,0596	0,0695	0,0794	0,0893	0,0993	0,1092	0,1191	0,1290	0,1390	0,1489	0,1588	0,1687	0,1787	0,1886	0,1985

Hız (m/s)	Σξ																			
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4
0,5	0,0021	0,0022	0,0023	0,0024	0,0025	0,0026	0,0027	0,0028	0,0029	0,0030	0,0031	0,0032	0,0033	0,0034	0,0035	0,0036	0,0037	0,0038	0,0039	0,0040
0,6	0,0030	0,0031	0,0033	0,0034	0,0036	0,0037	0,0039	0,0040	0,0041	0,0043	0,0044	0,0046	0,0047	0,0049	0,0050	0,0051	0,0053	0,0054	0,0056	0,0057
0,7	0,0041	0,0043	0,0045	0,0047	0,0049	0,0051	0,0053	0,0054	0,0056	0,0058	0,0060	0,0062	0,0064	0,0066	0,0068	0,0070	0,0072	0,0074	0,0076	0,0078
0,8	0,0053	0,0056	0,0058	0,0061	0,0064	0,0066	0,0069	0,0071	0,0074	0,0076	0,0079	0,0081	0,0084	0,0086	0,0089	0,0091	0,0094	0,0097	0,0099	0,0102
0,9	0,0068	0,0071	0,0074	0,0077	0,0080	0,0084	0,0087	0,0090	0,0093	0,0096	0,0100	0,0103	0,0106	0,0109	0,0113	0,0116	0,0119	0,0122	0,0125	0,0129
1,0	0,0083	0,0087	0,0091	0,0095	0,0099	0,0103	0,0107	0,0111	0,0115	0,0119	0,0123	0,0127	0,0131	0,0135	0,0139	0,0143	0,0147	0,0151	0,0155	0,0159
1,1	0,0101	0,0106	0,0110	0,0115	0,0120	0,0125	0,0130	0,0135	0,0139	0,0144	0,0149	0,0154	0,0159	0,0163	0,0168	0,0173	0,0178	0,0183	0,0187	0,0192
1,2	0,0120	0,0126	0,0131	0,0137	0,0143	0,0149	0,0154	0,0160	0,0166	0,0172	0,0177	0,0183	0,0189	0,0194	0,0200	0,0206	0,0212	0,0217	0,0223	0,0229
1,3	0,0141	0,0148	0,0154	0,0161	0,0168	0,0174	0,0181	0,0188	0,0195	0,0201	0,0208	0,0215	0,0221	0,0228	0,0235	0,0242	0,0248	0,0255	0,0262	0,0268
1,4	0,0163	0,0171	0,0179	0,0187	0,0195	0,0202	0,0210	0,0218	0,0226	0,0233	0,0241	0,0249	0,0257	0,0265	0,0272	0,0280	0,0288	0,0296	0,0303	0,0311
1,5	0,0188	0,0197	0,0205	0,0214	0,0223	0,0232	0,0241	0,0250	0,0259	0,0268	0,0277	0,0286	0,0295	0,0304	0,0313	0,0322	0,0331	0,0339	0,0348	0,0357
1,6	0,0213	0,0224	0,0234	0,0244	0,0254	0,0264	0,0274	0,0285	0,0295	0,0305	0,0315	0,0325	0,0335	0,0346	0,0356	0,0366	0,0376	0,0386	0,0396	0,0407
1,7	0,0241	0,0252	0,0264	0,0275	0,0287	0,0298	0,0310	0,0321	0,0333	0,0344	0,0356	0,0367	0,0379	0,0390	0,0402	0,0413	0,0425	0,0436	0,0447	0,0459
1,8	0,0270	0,0283	0,0296	0,0309	0,0322	0,0334	0,0347	0,0360	0,0373	0,0386	0,0399	0,0412	0,0424	0,0437	0,0450	0,0463	0,0476	0,0489	0,0502	0,0515
1,9	0,0301	0,0315	0,0330	0,0344	0,0358	0,0373	0,0387	0,0401	0,0416	0,0430	0,0444	0,0459	0,0473	0,0487	0,0502	0,0516	0,0530	0,0545	0,0559	0,0573
2,0	0,0333	0,0349	0,0365	0,0381	0,0397	0,0413	0,0429	0,0445	0,0461	0,0476	0,0492	0,0508	0,0524	0,0540	0,0556	0,0572	0,0588	0,0603	0,0619	0,0635
2,1	0,0368	0,0385	0,0403	0,0420	0,0438	0,0455	0,0473	0,0490	0,0508	0,0525	0,0543	0,0560	0,0578	0,0595	0,0613	0,0630	0,0648	0,0665	0,0683	0,0700
2,2	0,0404	0,0423	0,0442	0,0461	0,0480	0,0500	0,0519	0,0538	0,0557	0,0576	0,0596	0,0615	0,0634	0,0653	0,0673	0,0692	0,0711	0,0730	0,0749	0,0769
2,3	0,0441	0,0462	0,0483	0,0504	0,0525	0,0546	0,0567	0,0588	0,0609	0,0630	0,0651	0,0672	0,0693	0,0714	0,0735	0,0756	0,0777	0,0798	0,0819	0,0840
2,4	0,0480	0,0503	0,0526	0,0549	0,0572	0,0595	0,0617	0,0640	0,0663	0,0686	0,0709	0,0732	0,0755	0,0777	0,0800	0,0823	0,0846	0,0869	0,0892	0,0915
2,5	0,0521	0,0546	0,0571	0,0596	0,0620	0,0645	0,0670	0,0695	0,0720	0,0744	0,0769	0,0794	0,0819	0,0844	0,0868	0,0893	0,0918	0,0943	0,0968	0,0993
2,6	0,0564	0,0590	0,0617	0,0644	0,0671	0,0698	0,0725	0,0751	0,0778	0,0805	0,0832	0,0859	0,0886	0,0912	0,0939	0,0966	0,0993	0,1020	0,1047	0,1073
2,7	0,0608	0,0637	0,0666	0,0695	0,0724	0,0752	0,0781	0,0810	0,0839	0,0868	0,0897	0,0926	0,0955	0,0984	0,1013	0,1042	0,1071	0,1100	0,1129	0,1158
2,8	0,0654	0,0685	0,0716	0,0747	0,0778	0,0809	0,0840	0,0871	0,0903	0,0934	0,0965	0,0996	0,1027	0,1058	0,1089	0,1120	0,1152	0,1183	0,1214	0,1245
2,9	0,0701	0,0735	0,0768	0,0801	0,0835	0,0868	0,0901	0,0935	0,0968	0,1002	0,1035	0,1068	0,1102	0,1135	0,1169	0,1202	0,1235	0,1269	0,1302	0,1336
3,0	0,0750	0,0786	0,0822	0,0858	0,0893	0,0929	0,0965	0,1000	0,1036	0,1072	0,1108	0,1143	0,1179	0,1215	0,1251	0,1286	0,1322	0,1358	0,1393	0,1429
3,1	0,0801	0,0839	0,0877	0,0916	0,0954	0,0992	0,1030	0,1068	0,1106	0,1145	0,1183	0,1221	0,1259	0,1297	0,1335	0,1373	0,1412	0,1450	0,1488	0,1526
3,2	0,0854	0,0894	0,0935	0,0976	0,1016	0,1057	0,1098	0,1138	0,1179	0,1220	0,1260	0,1301	0,1342	0,1382	0,1423	0,1464	0,1504	0,1545	0,1585	0,1626
3,3	0,0908	0,0951	0,0994	0,1038	0,1081	0,1124	0,1167	0,1211	0,1254	0,1297	0,1340	0,1383	0,1427	0,1470	0,1513	0,1556	0,1600	0,1643	0,1686	0,1729
3,4	0,0964	0,1010	0,1056	0,1101	0,1147	0,1193	0,1239	0,1285	0,1331	0,1377	0,1423	0,1469	0,1514	0,1560	0,1606	0,1652	0,1698	0,1744	0,1790	0,1836
3,5	0,1021	0,1070	0,1119	0,1167	0,1216	0,1264	0,1313	0,1362	0,1410	0,1459	0,1508	0,1556	0,1605	0,1654	0,1702	0,1751	0,1799	0,1848	0,1897	0,1945
3,6	0,1080	0,1132	0,1183	0,1235	0,1286	0,1338	0,1389	0,1441	0,1492	0,1544	0,1595	0,1646	0,1698	0,1749	0,1801	0,1852	0,1904	0,1955	0,2007	0,2058
3,7	0,1141	0,1196	0,1250	0,1304	0,1359	0,1413	0,1467	0,1522	0,1576	0,1630	0,1685	0,1739	0,1794	0,1848	0,1902	0,1957	0,2011	0,2065	0,2120	0,2174
3,8	0,1204	0,1261	0,1319	0,1376	0,1433	0,1490	0,1548	0,1605	0,1662	0,1720	0,1777	0,1834	0,1892	0,1949	0,2006	0,2064	0,2121	0,2178	0,2236	0,2293
3,9	0,1268	0,1328	0,1389	0,1449	0,1510	0,1570	0,1630	0,1691	0,1751	0,1812	0,1872	0,1932	0,1993	0,2053	0,2113	0,2174	0,2234	0,2295	0,2355	0,2415
4,0	0,1334	0,1397	0,1461	0,1524	0,1588	0,1652	0,1715	0,1779	0,1842	0,1906	0,1969	0,2033	0,2096	0,2160	0,2223	0,2287	0,2350	0,2414	0,2477	0,2541
4,1	0,1401	0,1468	0,1535	0,1602	0,1668	0,1735	0,1802	0,1869	0,1935	0,2002	0,2069	0,2136	0,2202	0,2269	0,2336	0,2402	0,2469	0,2536	0,2603	0,2669
4,2	0,1471	0,1541	0,1611	0,1681	0,1751	0,1821	0,1891	0,1961	0,2031	0,2101	0,2171	0,2241	0,2311	0,2381	0,2451	0,2521	0,2591	0,2661	0,2731	0,2801
4,3	0,1542	0,1615	0,1688	0,1762	0,1835	0,1909	0,1982	0,2055	0,2129	0,2202	0,2276	0,2349	0,2422	0,2496	0,2569	0,2643	0,2716	0,2789	0,2863	0,2936
4,4	0,1614	0,1691	0,1768	0,1845	0,1921	0,1998	0,2075	0,2152	0,2229	0,2306	0,2383	0,2459	0,2536	0,2613	0,2690	0,2767	0,2844	0,2921	0,2998	0,3074
4,5	0,1688	0,1769	0,1849	0,1929	0,2010	0,2090	0,2171	0,2251	0,2331	0,2412	0,2492	0,2573	0,2653	0,2733	0,2814	0,2894	0,2975	0,3055	0,3135	0,3216
4,6	0,1764	0,1848	0,1932	0,2016	0,2100	0,2184	0,2268	0,2352	0,2436	0,2520	0,2604	0,2688	0,2772	0,2856	0,2940	0,3024	0,3108	0,3192	0,3276	0,3360
4,7	0,1842	0,1929	0,2017	0,2105	0,2192	0,2280	0,2368	0,2456	0,2543	0,2631	0,2719	0,2806	0,2894	0,2982	0,3069	0,3157	0,3245	0,3332	0,3420	0,3508
4,8	0,1921	0,2012	0,2104	0,2195	0,2287	0,2378	0,2470	0,2561	0,2653	0,2744	0,2836	0,2927	0,3018	0,3110	0,3201	0,3293	0,3384	0,3476	0,3567	0,3659
4,9	0,2002	0,2097	0,2192	0,2288	0,2383	0,2478	0,2574	0,2669	0,2764	0,2860	0,2955	0,3050	0,3146	0,3241	0,3336	0,3432	0,3527	0,3622	0,3717	0,3813
5,0	0,2084	0,2184	0,2283	0,2382	0,2481	0,2581	0,2680	0,2779	0,2878	0,2978	0,3077	0,3176	0,3275	0,3375	0,3474	0,3573	0,3672	0,3772	0,3871	0,3970

Hız (m/s)	Σξ																			
	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6
0,5	0,0041	0,0042	0,0043	0,0044	0,0045	0,0046	0,0047	0,0048	0,0049	0,0050	0,0051	0,0052	0,0053	0,0054	0,0055	0,0056	0,0057	0,0058	0,0059	0,0060
0,6	0,0059	0,0060	0,0061	0,0063	0,0064	0,0066	0,0067	0,0069	0,0070	0,0071	0,0073	0,0074	0,0076	0,0077	0,0079	0,0080	0,0081	0,0083	0,0084	0,0086
0,7	0,0080	0,0082	0,0084	0,0086	0,0088	0,0089	0,0091	0,0093	0,0095	0,0097	0,0099	0,0101	0,0103	0,0105	0,0107	0,0109	0,0111	0,0113	0,0115	0,0117
0,8	0,0104	0,0107	0,0109	0,0112	0,0114	0,0117	0,0119	0,0122	0,0124	0,0127	0,0130	0,0132	0,0135	0,0137	0,0140	0,0142	0,0145	0,0147	0,0150	0,0152
0,9	0,0132	0,0135	0,0138	0,0141	0,0145	0,0148	0,0151	0,0154	0,0158	0,0161	0,0164	0,0167	0,0170	0,0174	0,0177	0,0180	0,0183	0,0187	0,0190	0,0193
1,0	0,0163	0,0167	0,0171	0,0175	0,0179	0,0183	0,0187	0,0191	0,0195	0,0199	0,0202	0,0206	0,0210	0,0214	0,0218	0,0222	0,0226	0,0230	0,0234	0,0238
1,1	0,0197	0,0202	0,0207	0,0211	0,0216	0,0221	0,0226	0,0231	0,0235	0,0240	0,0245	0,0250	0,0255	0,0259	0,0264	0,0269	0,0274	0,0279	0,0283	0,0288
1,2	0,0234	0,0240	0,0246	0,0252	0,0257	0,0263	0,0269	0,0274	0,0280	0,0286	0,0292	0,0297	0,0303	0,0309	0,0314	0,0320	0,0326	0,0332	0,0337	0,0343
1,3	0,0275	0,0282	0,0288	0,0295	0,0302	0,0309	0,0315	0,0322	0,0329	0,0335	0,0342	0,0349	0,0356	0,0362	0,0369	0,0376	0,0382	0,0389	0,0396	0,0403
1,4	0,0319	0,0327	0,0335	0,0342	0,0350	0,0358	0,0366	0,0373	0,0381	0,0389	0,0397	0,0405	0,0412	0,0420	0,0428	0,0436	0,0444	0,0451	0,0459	0,0467
1,5	0,0366	0,0375	0,0384	0,0393	0,0402	0,0411	0,0420	0,0429	0,0438	0,0447	0,0456	0,0464	0,0473	0,0482	0,0491	0,0500	0,0509	0,0518	0,0527	0,0536
1,6	0,0417	0,0427	0,0437	0,0447	0,0457	0,0468	0,0478	0,0488	0,0498	0,0508	0,0518	0,0528	0,0539	0,0549	0,0559	0,0569	0,0579	0,0589	0,0600	0,0610
1,7	0,0470	0,0482	0,0493	0,0505	0,0516	0,0528	0,0539	0,0551	0,0562	0,0574	0,0585	0,0597	0,0608	0,0620	0,0631	0,0643	0,0654	0,0665	0,0677	0,0688
1,8	0,0527	0,0540	0,0553	0,0566	0,0579	0,0592	0,0605	0,0617	0,0630	0,0643	0,0656	0,0669	0,0682	0,0695	0,0707	0,0720	0,0733	0,0746	0,0759	0,0772
1,9	0,0588	0,0602	0,0616	0,0631	0,0645	0,0659	0,0674	0,0688	0,0702	0,0717	0,0731	0,0745	0,0760	0,0774	0,0788	0,0803	0,0817	0,0831	0,0846	0,0860
2,0	0,0651	0,0667	0,0683	0,0699	0,0715	0,0730	0,0746	0,0762	0,0778	0,0794	0,0810	0,0826	0,0842	0,0858	0,0873	0,0889	0,0905	0,0921	0,0937	0,0953
2,1	0,0718	0,0735	0,0753	0,0770	0,0788	0,0805	0,0823	0,0840	0,0858	0,0875	0,0893	0,0910	0,0928	0,0945	0,0963	0,0980	0,0998	0,1015	0,1033	0,1050
2,2	0,0788	0,0807	0,0826	0,0845	0,0865	0,0884	0,0903	0,0922	0,0942	0,0961	0,0980	0,0999	0,1018	0,1038	0,1057	0,1076	0,1095	0,1114	0,1134	0,1153
2,3	0,0861	0,0882	0,0903	0,0924	0,0945	0,0966	0,0987	0,1008	0,1029	0,1050	0,1071	0,1092	0,1113	0,1134	0,1155	0,1176	0,1197	0,1218	0,1239	0,1260
2,4	0,0938	0,0960	0,0983	0,1006	0,1029	0,1052	0,1075	0,1098	0,1120	0,1143	0,1166	0,1189	0,1212	0,1235	0,1258	0,1281	0,1303	0,1326	0,1349	0,1372
2,5	0,1017	0,1042	0,1067	0,1092	0,1117	0,1141	0,1166	0,1191	0,1216	0,1241	0,1265	0,1290	0,1315	0,1340	0,1365	0,1390	0,1414	0,1439	0,1464	0,1489
2,6	0,1100	0,1127	0,1154	0,1181	0,1208	0,1235	0,1261	0,1288	0,1315	0,1342	0,1369	0,1396	0,1422	0,1449	0,1476	0,1503	0,1530	0,1557	0,1583	0,1610
2,7	0,1187	0,1216	0,1244	0,1273	0,1302	0,1331	0,1360	0,1389	0,1418	0,1447	0,1476	0,1505	0,1534	0,1563	0,1592	0,1621	0,1650	0,1679	0,1708	0,1736
2,8	0,1276	0,1307	0,1338	0,1369	0,1401	0,1432	0,1463	0,1494	0,1525	0,1556	0,1587	0,1618	0,1650	0,1681	0,1712	0,1743	0,1774	0,1805	0,1836	0,1867
2,9	0,1369	0,1402	0,1436	0,1469	0,1502	0,1536	0,1569	0,1603	0,1636	0,1669	0,1703	0,1736	0,1770	0,1803	0,1836	0,1870	0,1903	0,1936	0,1970	0,2003
3,0	0,1465	0,1501	0,1536	0,1572	0,1608	0,1644	0,1679	0,1715	0,1751	0,1787	0,1822	0,1858	0,1894	0,1929	0,1965	0,2001	0,2037	0,2072	0,2108	0,2144
3,1	0,1564	0,1602	0,1641	0,1679	0,1717	0,1755	0,1793	0,1831	0,1869	0,1908	0,1946	0,1984	0,2022	0,2060	0,2098	0,2136	0,2175	0,2213	0,2251	0,2289
3,2	0,1667	0,1707	0,1748	0,1789	0,1829	0,1870	0,1911	0,1951	0,1992	0,2033	0,2073	0,2114	0,2155	0,2195	0,2236	0,2277	0,2317	0,2358	0,2399	0,2439
3,3	0,1773	0,1816	0,1859	0,1902	0,1945	0,1989	0,2032	0,2075	0,2118	0,2162	0,2205	0,2248	0,2291	0,2335	0,2378	0,2421	0,2464	0,2508	0,2551	0,2594
3,4	0,1882	0,1928	0,1973	0,2019	0,2065	0,2111	0,2157	0,2203	0,2249	0,2295	0,2341	0,2386	0,2432	0,2478	0,2524	0,2570	0,2616	0,2662	0,2708	0,2754
3,5	0,1994	0,2043	0,2091	0,2140	0,2188	0,2237	0,2286	0,2334	0,2383	0,2432	0,2480	0,2529	0,2578	0,2626	0,2675	0,2723	0,2772	0,2821	0,2869	0,2918
3,6	0,2109	0,2161	0,2212	0,2264	0,2315	0,2367	0,2418	0,2470	0,2521	0,2573	0,2624	0,2675	0,2727	0,2778	0,2830	0,2881	0,2933	0,2984	0,3036	0,3087
3,7	0,2228	0,2283	0,2337	0,2391	0,2446	0,2500	0,2554	0,2609	0,2663	0,2717	0,2772	0,2826	0,2881	0,2935	0,2989	0,3044	0,3098	0,3152	0,3207	0,3261
3,8	0,2350	0,2408	0,2465	0,2522	0,2580	0,2637	0,2694	0,2752	0,2809	0,2866	0,2924	0,2981	0,3038	0,3096	0,3153	0,3210	0,3268	0,3325	0,3382	0,3440
3,9	0,2476	0,2536	0,2596	0,2657	0,2717	0,2778	0,2838	0,2898	0,2959	0,3019	0,3080	0,3140	0,3200	0,3261	0,3321	0,3381	0,3442	0,3502	0,3563	0,3623
4,0	0,2604	0,2668	0,2731	0,2795	0,2858	0,2922	0,2985	0,3049	0,3112	0,3176	0,3240	0,3303	0,3367	0,3430	0,3494	0,3557	0,3621	0,3684	0,3748	0,3811
4,1	0,2736	0,2803	0,2870	0,2936	0,3003	0,3070	0,3137	0,3203	0,3270	0,3337	0,3404	0,3470	0,3537	0,3604	0,3670	0,3737	0,3804	0,3871	0,3937	0,4004
4,2	0,2871	0,2941	0,3011	0,3081	0,3151	0,3221	0,3291	0,3361	0,3432	0,3502	0,3572	0,3642	0,3712	0,3782	0,3852	0,3922	0,3992	0,4062	0,4132	0,4202
4,3	0,3010	0,3083	0,3156	0,3230	0,3303	0,3377	0,3450	0,3523	0,3597	0,3670	0,3744	0,3817	0,3890	0,3964	0,4037	0,4111	0,4184	0,4258	0,4331	0,4404
4,4	0,3151	0,3228	0,3305	0,3382	0,3459	0,3536	0,3612	0,3689	0,3766	0,3843	0,3920	0,3997	0,4074	0,4150	0,4227	0,4304	0,4381	0,4458	0,4535	0,4612
4,5	0,3296	0,3376	0,3457	0,3537	0,3618	0,3698	0,3778	0,3859	0,3939	0,4020	0,4100	0,4180	0,4261	0,4341	0,4422	0,4502	0,4582	0,4663	0,4743	0,4824
4,6	0,3444	0,3528	0,3612	0,3696	0,3780	0,3864	0,3948	0,4032	0,4116	0,4200	0,4284	0,4368	0,4452	0,4536	0,4620	0,4704	0,4788	0,4872	0,4956	0,5040
4,7	0,3596	0,3683	0,3771	0,3859	0,3946	0,4034	0,4122	0,4209	0,4297	0,4385	0,4473	0,4560	0,4648	0,4736	0,4823	0,4911	0,4999	0,5086	0,5174	0,5262
4,8	0,3750	0,3842	0,3933	0,4025	0,4116	0,4208	0,4299	0,4391	0,4482	0,4573	0,4665	0,4756	0,4848	0,4939	0,5031	0,5122	0,5214	0,5305	0,5397	0,5488
4,9	0,3908	0,4003	0,4099	0,4194	0,4289	0,4385	0,4480	0,4575	0,4671	0,4766	0,4861	0,4957	0,5052	0,5147	0,5243	0,5338	0,5433	0,5529	0,5624	0,5719
5,0	0,4069	0,4169	0,4268	0,4367	0,4466	0,4566	0,4665	0,4764	0,4863	0,4963	0,5062	0,5161	0,5260	0,5360	0,5459	0,5558	0,5657	0,5757	0,5856	0,5955

Hız (m/s)	$\Sigma\xi$																			
	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8
0,5	0,0061	0,0062	0,0063	0,0064	0,0065	0,0066	0,0066	0,0067	0,0068	0,0069	0,0070	0,0071	0,0072	0,0073	0,0074	0,0075	0,0076	0,0077	0,0078	0,0079
0,6	0,0087	0,0089	0,0090	0,0091	0,0093	0,0094	0,0096	0,0097	0,0099	0,0100	0,0101	0,0103	0,0104	0,0106	0,0107	0,0109	0,0110	0,0111	0,0113	0,0114
0,7	0,0119	0,0121	0,0123	0,0124	0,0126	0,0128	0,0130	0,0132	0,0134	0,0136	0,0138	0,0140	0,0142	0,0144	0,0146	0,0148	0,0150	0,0152	0,0154	0,0156
0,8	0,0155	0,0158	0,0160	0,0163	0,0165	0,0168	0,0170	0,0173	0,0175	0,0178	0,0180	0,0183	0,0185	0,0188	0,0191	0,0193	0,0196	0,0198	0,0201	0,0203
0,9	0,0196	0,0199	0,0203	0,0206	0,0209	0,0212	0,0215	0,0219	0,0222	0,0225	0,0228	0,0232	0,0235	0,0238	0,0241	0,0244	0,0248	0,0251	0,0254	0,0257
1,0	0,0242	0,0246	0,0250	0,0254	0,0258	0,0262	0,0266	0,0270	0,0274	0,0278	0,0282	0,0286	0,0290	0,0294	0,0298	0,0302	0,0306	0,0310	0,0314	0,0318
1,1	0,0293	0,0298	0,0303	0,0307	0,0312	0,0317	0,0322	0,0327	0,0331	0,0336	0,0341	0,0346	0,0351	0,0355	0,0360	0,0365	0,0370	0,0375	0,0379	0,0384
1,2	0,0349	0,0354	0,0360	0,0366	0,0372	0,0377	0,0383	0,0389	0,0394	0,0400	0,0406	0,0412	0,0417	0,0423	0,0429	0,0434	0,0440	0,0446	0,0452	0,0457
1,3	0,0409	0,0416	0,0423	0,0429	0,0436	0,0443	0,0450	0,0456	0,0463	0,0470	0,0476	0,0483	0,0490	0,0496	0,0503	0,0510	0,0517	0,0523	0,0530	0,0537
1,4	0,0475	0,0482	0,0490	0,0498	0,0506	0,0514	0,0521	0,0529	0,0537	0,0545	0,0552	0,0560	0,0568	0,0576	0,0584	0,0591	0,0599	0,0607	0,0615	0,0622
1,5	0,0545	0,0554	0,0563	0,0572	0,0581	0,0590	0,0598	0,0607	0,0616	0,0625	0,0634	0,0643	0,0652	0,0661	0,0670	0,0679	0,0688	0,0697	0,0706	0,0715
1,6	0,0620	0,0630	0,0640	0,0650	0,0661	0,0671	0,0681	0,0691	0,0701	0,0711	0,0722	0,0732	0,0742	0,0752	0,0762	0,0772	0,0783	0,0793	0,0803	0,0813
1,7	0,0700	0,0711	0,0723	0,0734	0,0746	0,0757	0,0769	0,0780	0,0792	0,0803	0,0815	0,0826	0,0838	0,0849	0,0860	0,0872	0,0883	0,0895	0,0906	0,0918
1,8	0,0785	0,0797	0,0810	0,0823	0,0836	0,0849	0,0862	0,0875	0,0888	0,0900	0,0913	0,0926	0,0939	0,0952	0,0965	0,0978	0,0990	0,1003	0,1016	0,1029
1,9	0,0874	0,0889	0,0903	0,0917	0,0932	0,0946	0,0960	0,0975	0,0989	0,1003	0,1018	0,1032	0,1046	0,1061	0,1075	0,1089	0,1104	0,1118	0,1132	0,1147
2,0	0,0969	0,0985	0,1000	0,1016	0,1032	0,1048	0,1064	0,1080	0,1096	0,1112	0,1127	0,1143	0,1159	0,1175	0,1191	0,1207	0,1223	0,1239	0,1255	0,1270
2,1	0,1068	0,1085	0,1103	0,1120	0,1138	0,1156	0,1173	0,1191	0,1208	0,1226	0,1243	0,1261	0,1278	0,1296	0,1313	0,1331	0,1348	0,1366	0,1383	0,1401
2,2	0,1172	0,1191	0,1211	0,1230	0,1249	0,1268	0,1287	0,1307	0,1326	0,1345	0,1364	0,1383	0,1403	0,1422	0,1441	0,1460	0,1480	0,1499	0,1518	0,1537
2,3	0,1281	0,1302	0,1323	0,1344	0,1365	0,1386	0,1407	0,1428	0,1449	0,1470	0,1491	0,1512	0,1533	0,1554	0,1575	0,1596	0,1617	0,1638	0,1659	0,1680
2,4	0,1395	0,1418	0,1441	0,1464	0,1486	0,1509	0,1532	0,1555	0,1578	0,1601	0,1624	0,1646	0,1669	0,1692	0,1715	0,1738	0,1761	0,1784	0,1807	0,1829
2,5	0,1514	0,1538	0,1563	0,1588	0,1613	0,1638	0,1662	0,1687	0,1712	0,1737	0,1762	0,1787	0,1811	0,1836	0,1861	0,1886	0,1911	0,1935	0,1960	0,1985
2,6	0,1637	0,1664	0,1691	0,1718	0,1744	0,1771	0,1798	0,1825	0,1852	0,1879	0,1905	0,1932	0,1959	0,1986	0,2013	0,2040	0,2066	0,2093	0,2120	0,2147
2,7	0,1765	0,1794	0,1823	0,1852	0,1881	0,1910	0,1939	0,1968	0,1997	0,2026	0,2055	0,2084	0,2113	0,2142	0,2171	0,2200	0,2228	0,2257	0,2286	0,2315
2,8	0,1899	0,1930	0,1961	0,1992	0,2023	0,2054	0,2085	0,2116	0,2148	0,2179	0,2210	0,2241	0,2272	0,2303	0,2334	0,2365	0,2397	0,2428	0,2459	0,2490
2,9	0,2037	0,2070	0,2103	0,2137	0,2170	0,2204	0,2237	0,2270	0,2304	0,2337	0,2371	0,2404	0,2437	0,2471	0,2504	0,2537	0,2571	0,2604	0,2638	0,2671
3,0	0,2180	0,2215	0,2251	0,2287	0,2322	0,2358	0,2394	0,2430	0,2465	0,2501	0,2537	0,2573	0,2608	0,2644	0,2680	0,2715	0,2751	0,2787	0,2823	0,2858
3,1	0,2327	0,2365	0,2404	0,2442	0,2480	0,2518	0,2556	0,2594	0,2632	0,2671	0,2709	0,2747	0,2785	0,2823	0,2861	0,2900	0,2938	0,2976	0,3014	0,3052
3,2	0,2480	0,2520	0,2561	0,2602	0,2642	0,2683	0,2724	0,2764	0,2805	0,2846	0,2886	0,2927	0,2968	0,3008	0,3049	0,3090	0,3130	0,3171	0,3212	0,3252
3,3	0,2637	0,2680	0,2724	0,2767	0,2810	0,2853	0,2897	0,2940	0,2983	0,3026	0,3070	0,3113	0,3156	0,3199	0,3242	0,3286	0,3329	0,3372	0,3415	0,3459
3,4	0,2799	0,2845	0,2891	0,2937	0,2983	0,3029	0,3075	0,3121	0,3167	0,3213	0,3258	0,3304	0,3350	0,3396	0,3442	0,3488	0,3534	0,3580	0,3626	0,3671
3,5	0,2967	0,3015	0,3064	0,3112	0,3161	0,3210	0,3258	0,3307	0,3356	0,3404	0,3453	0,3502	0,3550	0,3599	0,3647	0,3696	0,3745	0,3793	0,3842	0,3891
3,6	0,3139	0,3190	0,3241	0,3293	0,3344	0,3396	0,3447	0,3499	0,3550	0,3602	0,3653	0,3704	0,3756	0,3807	0,3859	0,3910	0,3962	0,4013	0,4065	0,4116
3,7	0,3315	0,3370	0,3424	0,3478	0,3533	0,3587	0,3641	0,3696	0,3750	0,3804	0,3859	0,3913	0,3967	0,4022	0,4076	0,4131	0,4185	0,4239	0,4294	0,4348
3,8	0,3497	0,3554	0,3612	0,3669	0,3726	0,3784	0,3841	0,3898	0,3956	0,4013	0,4070	0,4128	0,4185	0,4242	0,4300	0,4357	0,4414	0,4471	0,4529	0,4586
3,9	0,3683	0,3744	0,3804	0,3865	0,3925	0,3985	0,4046	0,4106	0,4166	0,4227	0,4287	0,4348	0,4408	0,4468	0,4529	0,4589	0,4650	0,4710	0,4770	0,4831
4,0	0,3875	0,3938	0,4002	0,4065	0,4129	0,4192	0,4256	0,4319	0,4383	0,4446	0,4510	0,4573	0,4637	0,4700	0,4764	0,4828	0,4891	0,4955	0,5018	0,5082
4,1	0,4071	0,4138	0,4204	0,4271	0,4338	0,4405	0,4471	0,4538	0,4605	0,4671	0,4738	0,4805	0,4872	0,4938	0,5005	0,5072	0,5139	0,5205	0,5272	0,5339
4,2	0,4272	0,4342	0,4412	0,4482	0,4552	0,4622	0,4692	0,4762	0,4832	0,4902	0,4972	0,5042	0,5112	0,5182	0,5252	0,5322	0,5392	0,5462	0,5532	0,5602
4,3	0,4478	0,4551	0,4625	0,4698	0,4771	0,4845	0,4918	0,4992	0,5065	0,5138	0,5212	0,5285	0,5359	0,5432	0,5505	0,5579	0,5652	0,5726	0,5799	0,5872
4,4	0,4688	0,4765	0,4842	0,4919	0,4996	0,5073	0,5150	0,5226	0,5303	0,5380	0,5457	0,5534	0,5611	0,5688	0,5764	0,5841	0,5918	0,5995	0,6072	0,6149
4,5	0,4904	0,4984	0,5065	0,5145	0,5226	0,5306	0,5386	0,5467	0,5547	0,5627	0,5708	0,5788	0,5869	0,5949	0,6029	0,6110	0,6190	0,6271	0,6351	0,6431
4,6	0,5124	0,5208	0,5292	0,5376	0,5460	0,5544	0,5628	0,5712	0,5796	0,5880	0,5964	0,6048	0,6132	0,6216	0,6300	0,6384	0,6468	0,6552	0,6636	0,6720
4,7	0,5350	0,5437	0,5525	0,5613	0,5700	0,5788	0,5876	0,5963	0,6051	0,6139	0,6227	0,6314	0,6402	0,6490	0,6577	0,6665	0,6753	0,6840	0,6928	0,7016
4,8	0,5580	0,5671	0,5763	0,5854	0,5945	0,6037	0,6128	0,6220	0,6311	0,6403	0,6494	0,6586	0,6677	0,6769	0,6860	0,6952	0,7043	0,7135	0,7226	0,7318
4,9	0,5815	0,5910	0,6005	0,6100	0,6196	0,6291	0,6386	0,6482	0,6577	0,6672	0,6768	0,6863	0,6958	0,7054	0,7149	0,7244	0,7340	0,7435	0,7530	0,7626
5,0	0,6054	0,6154	0,6253	0,6352	0,6451	0,6551	0,6650	0,6749	0,6848	0,6948	0,7047	0,7146	0,7245	0,7345	0,7444	0,7543	0,7642	0,7742	0,7841	0,7940

Hız (m/s)	Σξ																			
	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10
0,5	0,0080	0,0081	0,0082	0,0083	0,0084	0,0085	0,0086	0,0087	0,0088	0,0089	0,0090	0,0091	0,0092	0,0093	0,0094	0,0095	0,0096	0,0097	0,0098	0,0099
0,6	0,0116	0,0117	0,0119	0,0120	0,0121	0,0123	0,0124	0,0126	0,0127	0,0129	0,0130	0,0131	0,0133	0,0134	0,0136	0,0137	0,0139	0,0140	0,0141	0,0143
0,7	0,0158	0,0160	0,0161	0,0163	0,0165	0,0167	0,0169	0,0171	0,0173	0,0175	0,0177	0,0179	0,0181	0,0183	0,0185	0,0187	0,0189	0,0191	0,0193	0,0195
0,8	0,0206	0,0208	0,0211	0,0213	0,0216	0,0219	0,0221	0,0224	0,0226	0,0229	0,0231	0,0234	0,0236	0,0239	0,0241	0,0244	0,0246	0,0249	0,0252	0,0254
0,9	0,0260	0,0264	0,0267	0,0270	0,0273	0,0277	0,0280	0,0283	0,0286	0,0289	0,0293	0,0296	0,0299	0,0302	0,0305	0,0309	0,0312	0,0315	0,0318	0,0322
1,0	0,0322	0,0326	0,0330	0,0333	0,0337	0,0341	0,0345	0,0349	0,0353	0,0357	0,0361	0,0365	0,0369	0,0373	0,0377	0,0381	0,0385	0,0389	0,0393	0,0397
1,1	0,0389	0,0394	0,0399	0,0404	0,0408	0,0413	0,0418	0,0423	0,0428	0,0432	0,0437	0,0442	0,0447	0,0452	0,0456	0,0461	0,0466	0,0471	0,0476	0,0480
1,2	0,0463	0,0469	0,0474	0,0480	0,0486	0,0492	0,0497	0,0503	0,0509	0,0515	0,0520	0,0526	0,0532	0,0537	0,0543	0,0549	0,0555	0,0560	0,0566	0,0572
1,3	0,0543	0,0550	0,0557	0,0564	0,0570	0,0577	0,0584	0,0590	0,0597	0,0604	0,0611	0,0617	0,0624	0,0631	0,0637	0,0644	0,0651	0,0658	0,0664	0,0671
1,4	0,0630	0,0638	0,0646	0,0654	0,0661	0,0669	0,0677	0,0685	0,0693	0,0700	0,0708	0,0716	0,0724	0,0731	0,0739	0,0747	0,0755	0,0763	0,0770	0,0778
1,5	0,0724	0,0732	0,0741	0,0750	0,0759	0,0768	0,0777	0,0786	0,0795	0,0804	0,0813	0,0822	0,0831	0,0840	0,0849	0,0858	0,0866	0,0875	0,0884	0,0893
1,6	0,0823	0,0833	0,0844	0,0854	0,0864	0,0874	0,0884	0,0894	0,0905	0,0915	0,0925	0,0935	0,0945	0,0955	0,0966	0,0976	0,0986	0,0996	0,1006	0,1016
1,7	0,0929	0,0941	0,0952	0,0964	0,0975	0,0987	0,0998	0,1010	0,1021	0,1033	0,1044	0,1056	0,1067	0,1078	0,1090	0,1101	0,1113	0,1124	0,1136	0,1147
1,8	0,1042	0,1055	0,1068	0,1080	0,1093	0,1106	0,1119	0,1132	0,1145	0,1158	0,1171	0,1183	0,1196	0,1209	0,1222	0,1235	0,1248	0,1261	0,1273	0,1286
1,9	0,1161	0,1175	0,1190	0,1204	0,1218	0,1233	0,1247	0,1261	0,1276	0,1290	0,1304	0,1319	0,1333	0,1347	0,1362	0,1376	0,1390	0,1405	0,1419	0,1433
2,0	0,1286	0,1302	0,1318	0,1334	0,1350	0,1366	0,1382	0,1397	0,1413	0,1429	0,1445	0,1461	0,1477	0,1493	0,1509	0,1524	0,1540	0,1556	0,1572	0,1588
2,1	0,1418	0,1436	0,1453	0,1471	0,1488	0,1506	0,1523	0,1541	0,1558	0,1576	0,1593	0,1611	0,1628	0,1646	0,1663	0,1681	0,1698	0,1716	0,1733	0,1751
2,2	0,1556	0,1576	0,1595	0,1614	0,1633	0,1652	0,1672	0,1691	0,1710	0,1729	0,1749	0,1768	0,1787	0,1806	0,1825	0,1845	0,1864	0,1883	0,1902	0,1921
2,3	0,1701	0,1722	0,1743	0,1764	0,1785	0,1806	0,1827	0,1848	0,1869	0,1890	0,1911	0,1932	0,1953	0,1974	0,1995	0,2016	0,2037	0,2058	0,2079	0,2100
2,4	0,1852	0,1875	0,1898	0,1921	0,1944	0,1967	0,1989	0,2012	0,2035	0,2058	0,2081	0,2104	0,2127	0,2150	0,2172	0,2195	0,2218	0,2241	0,2264	0,2287
2,5	0,2010	0,2035	0,2059	0,2084	0,2109	0,2134	0,2159	0,2184	0,2208	0,2233	0,2258	0,2283	0,2308	0,2332	0,2357	0,2382	0,2407	0,2432	0,2456	0,2481
2,6	0,2174	0,2201	0,2227	0,2254	0,2281	0,2308	0,2335	0,2362	0,2389	0,2415	0,2442	0,2469	0,2496	0,2523	0,2550	0,2576	0,2603	0,2630	0,2657	0,2684
2,7	0,2344	0,2373	0,2402	0,2431	0,2460	0,2489	0,2518	0,2547	0,2576	0,2605	0,2634	0,2663	0,2692	0,2720	0,2749	0,2778	0,2807	0,2836	0,2865	0,2894
2,8	0,2521	0,2552	0,2583	0,2614	0,2646	0,2677	0,2708	0,2739	0,2770	0,2801	0,2832	0,2863	0,2895	0,2926	0,2957	0,2988	0,3019	0,3050	0,3081	0,3112
2,9	0,2704	0,2738	0,2771	0,2805	0,2838	0,2871	0,2905	0,2938	0,2972	0,3005	0,3038	0,3072	0,3105	0,3138	0,3172	0,3205	0,3239	0,3272	0,3305	0,3339
3,0	0,2894	0,2930	0,2966	0,3001	0,3037	0,3073	0,3109	0,3144	0,3180	0,3216	0,3251	0,3287	0,3323	0,3359	0,3394	0,3430	0,3466	0,3502	0,3537	0,3573
3,1	0,3090	0,3128	0,3167	0,3205	0,3243	0,3281	0,3319	0,3357	0,3396	0,3434	0,3472	0,3510	0,3548	0,3586	0,3624	0,3663	0,3701	0,3739	0,3777	0,3815
3,2	0,3293	0,3334	0,3374	0,3415	0,3455	0,3496	0,3537	0,3577	0,3618	0,3659	0,3699	0,3740	0,3781	0,3821	0,3862	0,3903	0,3943	0,3984	0,4025	0,4065
3,3	0,3502	0,3545	0,3588	0,3632	0,3675	0,3718	0,3761	0,3805	0,3848	0,3891	0,3934	0,3977	0,4021	0,4064	0,4107	0,4150	0,4194	0,4237	0,4280	0,4323
3,4	0,3717	0,3763	0,3809	0,3855	0,3901	0,3947	0,3993	0,4039	0,4084	0,4130	0,4176	0,4222	0,4268	0,4314	0,4360	0,4406	0,4452	0,4498	0,4543	0,4589
3,5	0,3939	0,3988	0,4036	0,4085	0,4134	0,4182	0,4231	0,4280	0,4328	0,4377	0,4426	0,4474	0,4523	0,4571	0,4620	0,4669	0,4717	0,4766	0,4815	0,4863
3,6	0,4168	0,4219	0,4270	0,4322	0,4373	0,4425	0,4476	0,4528	0,4579	0,4631	0,4682	0,4734	0,4785	0,4836	0,4888	0,4939	0,4991	0,5042	0,5094	0,5145
3,7	0,4402	0,4457	0,4511	0,4565	0,4620	0,4674	0,4728	0,4783	0,4837	0,4891	0,4946	0,5000	0,5054	0,5109	0,5163	0,5218	0,5272	0,5326	0,5381	0,5435
3,8	0,4643	0,4701	0,4758	0,4815	0,4873	0,4930	0,4987	0,5045	0,5102	0,5159	0,5217	0,5274	0,5331	0,5389	0,5446	0,5503	0,5561	0,5618	0,5675	0,5733
3,9	0,4891	0,4951	0,5012	0,5072	0,5133	0,5193	0,5253	0,5314	0,5374	0,5435	0,5495	0,5555	0,5616	0,5676	0,5736	0,5797	0,5857	0,5918	0,5978	0,6038
4,0	0,5145	0,5209	0,5272	0,5336	0,5399	0,5463	0,5526	0,5590	0,5653	0,5717	0,5780	0,5844	0,5907	0,5971	0,6034	0,6098	0,6161	0,6225	0,6288	0,6352
4,1	0,5406	0,5472	0,5539	0,5606	0,5673	0,5739	0,5806	0,5873	0,5939	0,6006	0,6073	0,6140	0,6206	0,6273	0,6340	0,6407	0,6473	0,6540	0,6607	0,6674
4,2	0,5672	0,5743	0,5813	0,5883	0,5953	0,6023	0,6093	0,6163	0,6233	0,6303	0,6373	0,6443	0,6513	0,6583	0,6653	0,6723	0,6793	0,6863	0,6933	0,7003
4,3	0,5946	0,6019	0,6093	0,6166	0,6239	0,6313	0,6386	0,6460	0,6533	0,6606	0,6680	0,6753	0,6827	0,6900	0,6974	0,7047	0,7120	0,7194	0,7267	0,7341
4,4	0,6226	0,6302	0,6379	0,6456	0,6533	0,6610	0,6687	0,6764	0,6840	0,6917	0,6994	0,7071	0,7148	0,7225	0,7302	0,7378	0,7455	0,7532	0,7609	0,7686
4,5	0,6512	0,6592	0,6673	0,6753	0,6833	0,6914	0,6994	0,7075	0,7155	0,7235	0,7316	0,7396	0,7477	0,7557	0,7637	0,7718	0,7798	0,7878	0,7959	0,8039
4,6	0,6804	0,6888	0,6972	0,7056	0,7140	0,7224	0,7308	0,7392	0,7476	0,7560	0,7644	0,7728	0,7812	0,7896	0,7980	0,8064	0,8149	0,8233	0,8317	0,8401
4,7	0,7103	0,7191	0,7279	0,7367	0,7454	0,7542	0,7630	0,7717	0,7805	0,7893	0,7980	0,8068	0,8156	0,8244	0,8331	0,8419	0,8507	0,8594	0,8682	0,8770
4,8	0,7409	0,7500	0,7592	0,7683	0,7775	0,7866	0,7958	0,8049	0,8141	0,8232	0,8324	0,8415	0,8507	0,8598	0,8690	0,8781	0,8872	0,8964	0,9055	0,9147
4,9	0,7721	0,7816	0,7912	0,8007	0,8102	0,8197	0,8293	0,8388	0,8483	0,8579	0,8674	0,8769	0,8865	0,8960	0,9055	0,9151	0,9246	0,9341	0,9437	0,9532
5,0	0,8039	0,8139	0,8238	0,8337	0,8436	0,8536	0,8635	0,8734	0,8833	0,8933	0,9032	0,9131	0,9230	0,9330	0,9429	0,9528	0,9627	0,9727	0,9826	0,9925

Hız (m/s)	Σξ																			
	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12
0,5	0,0100	0,0101	0,0102	0,0103	0,0104	0,0105	0,0106	0,0107	0,0108	0,0109	0,0110	0,0111	0,0112	0,0113	0,0114	0,0115	0,0116	0,0117	0,0118	0,0119
0,6	0,0144	0,0146	0,0147	0,0149	0,0150	0,0151	0,0153	0,0154	0,0156	0,0157	0,0159	0,0160	0,0161	0,0163	0,0164	0,0166	0,0167	0,0169	0,0170	0,0172
0,7	0,0196	0,0198	0,0200	0,0202	0,0204	0,0206	0,0208	0,0210	0,0212	0,0214	0,0216	0,0218	0,0220	0,0222	0,0224	0,0226	0,0228	0,0230	0,0231	0,0233
0,8	0,0257	0,0259	0,0262	0,0264	0,0267	0,0269	0,0272	0,0274	0,0277	0,0279	0,0282	0,0285	0,0287	0,0290	0,0292	0,0295	0,0297	0,0300	0,0302	0,0305
0,9	0,0325	0,0328	0,0331	0,0334	0,0338	0,0341	0,0344	0,0347	0,0351	0,0354	0,0357	0,0360	0,0363	0,0367	0,0370	0,0373	0,0376	0,0379	0,0383	0,0386
1,0	0,0401	0,0405	0,0409	0,0413	0,0417	0,0421	0,0425	0,0429	0,0433	0,0437	0,0441	0,0445	0,0449	0,0453	0,0457	0,0461	0,0464	0,0468	0,0472	0,0476
1,1	0,0485	0,0490	0,0495	0,0500	0,0504	0,0509	0,0514	0,0519	0,0524	0,0528	0,0533	0,0538	0,0543	0,0548	0,0552	0,0557	0,0562	0,0567	0,0572	0,0576
1,2	0,0577	0,0583	0,0589	0,0595	0,0600	0,0606	0,0612	0,0617	0,0623	0,0629	0,0635	0,0640	0,0646	0,0652	0,0657	0,0663	0,0669	0,0675	0,0680	0,0686
1,3	0,0678	0,0684	0,0691	0,0698	0,0704	0,0711	0,0718	0,0725	0,0731	0,0738	0,0745	0,0751	0,0758	0,0765	0,0772	0,0778	0,0785	0,0792	0,0798	0,0805
1,4	0,0786	0,0794	0,0801	0,0809	0,0817	0,0825	0,0833	0,0840	0,0848	0,0856	0,0864	0,0871	0,0879	0,0887	0,0895	0,0903	0,0910	0,0918	0,0926	0,0934
1,5	0,0902	0,0911	0,0920	0,0929	0,0938	0,0947	0,0956	0,0965	0,0974	0,0983	0,0992	0,1000	0,1009	0,1018	0,1027	0,1036	0,1045	0,1054	0,1063	0,1072
1,6	0,1026	0,1037	0,1047	0,1057	0,1067	0,1077	0,1087	0,1098	0,1108	0,1118	0,1128	0,1138	0,1148	0,1159	0,1169	0,1179	0,1189	0,1199	0,1209	0,1220
1,7	0,1159	0,1170	0,1182	0,1193	0,1205	0,1216	0,1228	0,1239	0,1251	0,1262	0,1274	0,1285	0,1296	0,1308	0,1319	0,1331	0,1342	0,1354	0,1365	0,1377
1,8	0,1299	0,1312	0,1325	0,1338	0,1351	0,1363	0,1376	0,1389	0,1402	0,1415	0,1428	0,1441	0,1453	0,1466	0,1479	0,1492	0,1505	0,1518	0,1531	0,1544
1,9	0,1448	0,1462	0,1476	0,1490	0,1505	0,1519	0,1533	0,1548	0,1562	0,1576	0,1591	0,1605	0,1619	0,1634	0,1648	0,1662	0,1677	0,1691	0,1705	0,1720
2,0	0,1604	0,1620	0,1636	0,1652	0,1667	0,1683	0,1699	0,1715	0,1731	0,1747	0,1763	0,1779	0,1794	0,1810	0,1826	0,1842	0,1858	0,1874	0,1890	0,1906
2,1	0,1768	0,1786	0,1803	0,1821	0,1838	0,1856	0,1873	0,1891	0,1908	0,1926	0,1943	0,1961	0,1978	0,1996	0,2013	0,2031	0,2048	0,2066	0,2083	0,2101
2,2	0,1941	0,1960	0,1979	0,1998	0,2018	0,2037	0,2056	0,2075	0,2094	0,2114	0,2133	0,2152	0,2171	0,2190	0,2210	0,2229	0,2248	0,2267	0,2287	0,2306
2,3	0,2121	0,2142	0,2163	0,2184	0,2205	0,2226	0,2247	0,2268	0,2289	0,2310	0,2331	0,2352	0,2373	0,2394	0,2415	0,2436	0,2457	0,2478	0,2499	0,2520
2,4	0,2310	0,2332	0,2355	0,2378	0,2401	0,2424	0,2447	0,2470	0,2493	0,2515	0,2538	0,2561	0,2584	0,2607	0,2630	0,2653	0,2675	0,2698	0,2721	0,2744
2,5	0,2506	0,2531	0,2556	0,2581	0,2605	0,2630	0,2655	0,2680	0,2705	0,2729	0,2754	0,2779	0,2804	0,2829	0,2853	0,2878	0,2903	0,2928	0,2953	0,2978
2,6	0,2711	0,2737	0,2764	0,2791	0,2818	0,2845	0,2872	0,2898	0,2925	0,2952	0,2979	0,3006	0,3033	0,3059	0,3086	0,3113	0,3140	0,3167	0,3194	0,3220
2,7	0,2923	0,2952	0,2981	0,3010	0,3039	0,3068	0,3097	0,3126	0,3155	0,3184	0,3212	0,3241	0,3270	0,3299	0,3328	0,3357	0,3386	0,3415	0,3444	0,3473
2,8	0,3144	0,3175	0,3206	0,3237	0,3268	0,3299	0,3330	0,3361	0,3393	0,3424	0,3455	0,3486	0,3517	0,3548	0,3579	0,3610	0,3642	0,3673	0,3704	0,3735
2,9	0,3372	0,3406	0,3439	0,3472	0,3506	0,3539	0,3572	0,3606	0,3639	0,3673	0,3706	0,3739	0,3773	0,3806	0,3840	0,3873	0,3906	0,3940	0,3973	0,4007
3,0	0,3609	0,3644	0,3680	0,3716	0,3752	0,3787	0,3823	0,3859	0,3895	0,3930	0,3966	0,4002	0,4037	0,4073	0,4109	0,4145	0,4180	0,4216	0,4252	0,4288
3,1	0,3853	0,3891	0,3930	0,3968	0,4006	0,4044	0,4082	0,4120	0,4159	0,4197	0,4235	0,4273	0,4311	0,4349	0,4387	0,4426	0,4464	0,4502	0,4540	0,4578
3,2	0,4106	0,4147	0,4187	0,4228	0,4269	0,4309	0,4350	0,4391	0,4431	0,4472	0,4512	0,4553	0,4594	0,4634	0,4675	0,4716	0,4756	0,4797	0,4838	0,4878
3,3	0,4367	0,4410	0,4453	0,4496	0,4539	0,4583	0,4626	0,4669	0,4712	0,4756	0,4799	0,4842	0,4885	0,4929	0,4972	0,5015	0,5058	0,5102	0,5145	0,5188
3,4	0,4635	0,4681	0,4727	0,4773	0,4819	0,4865	0,4911	0,4956	0,5002	0,5048	0,5094	0,5140	0,5186	0,5232	0,5278	0,5324	0,5370	0,5415	0,5461	0,5507
3,5	0,4912	0,4961	0,5009	0,5058	0,5106	0,5155	0,5204	0,5252	0,5301	0,5350	0,5398	0,5447	0,5495	0,5544	0,5593	0,5641	0,5690	0,5739	0,5787	0,5836
3,6	0,5197	0,5248	0,5299	0,5351	0,5402	0,5454	0,5505	0,5557	0,5608	0,5660	0,5711	0,5763	0,5814	0,5865	0,5917	0,5968	0,6020	0,6071	0,6123	0,6174
3,7	0,5489	0,5544	0,5598	0,5652	0,5707	0,5761	0,5815	0,5870	0,5924	0,5978	0,6033	0,6087	0,6141	0,6196	0,6250	0,6305	0,6359	0,6413	0,6468	0,6522
3,8	0,5790	0,5847	0,5905	0,5962	0,6019	0,6077	0,6134	0,6191	0,6249	0,6306	0,6363	0,6421	0,6478	0,6535	0,6593	0,6650	0,6707	0,6765	0,6822	0,6879
3,9	0,6099	0,6159	0,6220	0,6280	0,6340	0,6401	0,6461	0,6521	0,6582	0,6642	0,6703	0,6763	0,6823	0,6884	0,6944	0,7005	0,7065	0,7125	0,7186	0,7246
4,0	0,6416	0,6479	0,6543	0,6606	0,6670	0,6733	0,6797	0,6860	0,6924	0,6987	0,7051	0,7114	0,7178	0,7241	0,7305	0,7368	0,7432	0,7495	0,7559	0,7622
4,1	0,6740	0,6807	0,6874	0,6941	0,7007	0,7074	0,7141	0,7207	0,7274	0,7341	0,7408	0,7474	0,7541	0,7608	0,7675	0,7741	0,7808	0,7875	0,7942	0,8008
4,2	0,7073	0,7143	0,7213	0,7283	0,7353	0,7423	0,7493	0,7563	0,7633	0,7703	0,7773	0,7843	0,7913	0,7984	0,8054	0,8124	0,8194	0,8264	0,8334	0,8404
4,3	0,7414	0,7487	0,7561	0,7634	0,7708	0,7781	0,7854	0,7928	0,8001	0,8075	0,8148	0,8221	0,8295	0,8368	0,8442	0,8515	0,8588	0,8662	0,8735	0,8809
4,4	0,7763	0,7840	0,7916	0,7993	0,8070	0,8147	0,8224	0,8301	0,8378	0,8455	0,8531	0,8608	0,8685	0,8762	0,8839	0,8916	0,8993	0,9069	0,9146	0,9223
4,5	0,8120	0,8200	0,8280	0,8361	0,8441	0,8522	0,8602	0,8682	0,8763	0,8843	0,8924	0,9004	0,9084	0,9165	0,9245	0,9326	0,9406	0,9486	0,9567	0,9647
4,6	0,8485	0,8569	0,8653	0,8737	0,8821	0,8905	0,8989	0,9073	0,9157	0,9241	0,9325	0,9409	0,9493	0,9577	0,9661	0,9745	0,9829	0,9913	0,9997	1,0081
4,7	0,8857	0,8945	0,9033	0,9121	0,9208	0,9296	0,9384	0,9471	0,9559	0,9647	0,9734	0,9822	0,9910	0,9997	1,0085	1,0173	1,0261	1,0348	1,0436	1,0524
4,8	0,9238	0,9330	0,9421	0,9513	0,9604	0,9696	0,9787	0,9879	0,9970	1,0062	1,0153	1,0245	1,0336	1,0427	1,0519	1,0610	1,0702	1,0793	1,0885	1,0976
4,9	0,9627	0,9723	0,9818	0,9913	1,0009	1,0104	1,0199	1,0295	1,0390	1,0485	1,0580	1,0676	1,0771	1,0866	1,0962	1,1057	1,1152	1,1248	1,1343	1,1438
5,0	1,0024	1,0124	1,0223	1,0322	1,0421	1,0521	1,0620	1,0719	1,0818	1,0918	1,1017	1,1116	1,1215	1,1315	1,1414	1,1513	1,1612	1,1712	1,1811	1,1910