

BİR METRO İSTASYON MODÜLÜNÜN HAVALANDIRMA SİSTEMİ TASARIMI

Y. Doç. Dr. Nurdil ESKİN

Nurdil Eskin Tekirdağ doğumlu olup, lise tahsilini Tekirdağ Namık Kemal Lisesinde tamamlamış, 1979 yılında Boğaziçi Üniversitesi Makina Fakültesi'ni bitirmiş, J 98 J yılında aynı fakülteden yüksek mühendis olarak mezun olmuştur. 1979-1982 yılları arasında Sınai Kalkınma Bankası'nda Makina Mühendisi olarak görev almış, 1982 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesine araştırma görevlisi olarak girmiştir.

1984 -1988 yılları arasında Parsons Brinkerhoff T.S.B firmasında çalışarak, İstanbul Metro ve Tüp Geçiş Projesi, Isıtma, Havalandırma, Yangın Güvenliği ve Drenaj Projelerinin hazırlanmasında görev almış, daha sonra da serbest mühendis olarak çalışmıştır. 1990 yılında İ.T.Ü.' de Akışkan Yataklı Kömür yakıcıları konusunda doktorasını tamamlamıştır.

Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesinde yardımcı doçent olarak görev yapmakta, akışkan yataklı kömür kazanları, yangın modellemesi, yangın algılama ve söndürme sistemlerinin dizaynı konularında çalışmaktadır. Dr. Nurdil ESKİN Makina Mühendisleri Odası ve Türk Isı Bilimi ve Tekniği Derneği (TIBTD) üyesidir.

Şehirlerin nüfuslarının hızla artması, beraberinde ulaşım problemlerini de getirmektedir. Şehirlerdeki ulaşım problemlerine etkin ve kalıcı çözüm getiren sistemlerin başında metro ulaşım ağı gelir. Bir metro sisteminin başarısı, farklı mühendislik sistemlerinin bir arada ve uyumlu çalışmasına bağlıdır. Bu sistemlerden biri de metroda çevre koşullarının kontrolünü sağlayan "Çevre Koşulları Kontrol Sistemi" dir. Bu sistemin kapsamına sistemin havalandırılması, iklimlendirilmesi, drenajı ve yangın güvenliğinin sağlanması girer. Bu çalışmada metro içindeki bir istasyon modülünün havalandırma sisteminin tasarımı ele alınmaktadır.

Metrolarda trenlerden, insanlardan ve ekipmanlardan açığa çıkan ısı, gerektiği gibi kontrol altına alınmadığı takdirde yolcuların konforsuz bir ortamda yolculuk etmelerine yol açacağı gibi, teçhizatın ömrünü de kısaltacak ve bakım işlerini arttıracaktır. Bunun yanı sıra yolcunun güvenliğinin ve rahatlığının sağlanabilmesi ve ulaşım sisteminin başarısının yükseltilmesi için de etkin ve güvenilir bir havalandırma sistemi gereklidir.

Sıcaklık, nem, trenlerin tünel içindeki hareketlerinin sonucu hava hızlarında ve basınçta meydana gelen farklılıklar sistemin performansını etkileyen değişkenlerdir. Sıcaklık yolcunun konforunu ters orantılı olarak etkiler. Çok sıcak veya çok soğuk sıcaklıktaki bir sistem, yolcuya cazip gelmeyebilir. Belli bir limitin üzerine çıkan hava hızları ise tozun kalkmasına, saçların ve giysilerin uçuşmasına ve gürültü oluşumuna neden olacağından hem yolcular hem de çalışanlar için rahatsızlık vericidir. Ayrıca yangın anında sistem, duman ve sıcak gazları içermeyen bir tahliye yolunu açarak yolcu güvenliğini sağlamalıdır.

SİSTEMİN YAPISI

Havalandırma sistemi incelenen istasyon modülü İstanbul' da yapılacak bir metro sisteminin parçası olarak düşünülmüştür. Isı yükü hesaplarında trenlerin istasyon hacmi ile trenin işletme hızına erişebileceği tünel bölümünü kapsayan uzaklaşma tüneli ve bu hızdan başlayarak durabileceği mesafeyi kapsayan yaklaşma tünelinden oluşan istasyon modülü ele alınmıştır.

Tablo 1: Banliyö Trenlerinin Karakteristikleri

Vagon Uzunluğu	22.7 m
Tren Uzunluğu	136.0 m
Trenin Eni	2.896 m
Trenin Yüksekliği	3.655 m
Vagon Yolcu Kapasitesi	
Oturun	74
Ayakta	116
Toplam	190
Maksimum Hız	115 km/h
Yavaşlama İvmesi	0.9 m/s ²
Hızlanma İvmesi	0.55 m/s ²
Tren Ağırlığı	0.9 m

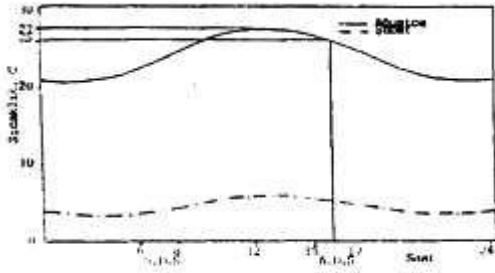
İstasyon modülünde tünellerin dairesel kesitli çift tünelden oluştuğu, orta platformla istasyonun ise platform ve mezanin olmak üzere iki kattan meydana geldiği kabul edilmiştir. Sistemde yolcu taşıyan 10 vagonluk banliyö trenlerinin 2 dakika ara ile geçmesi planlanmış, havalandırma sistemi bu trenler esas alınarak dizayn edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan tren verilen Tablo 1' de verilmiştir (1) .

TASARIM ŞARTLARI

Bir havalandırma sisteminin tasarımında ilk önemli adım, dış ortama ve tasarımı yapılacak sisteme ait şartların belirlenmesidir.

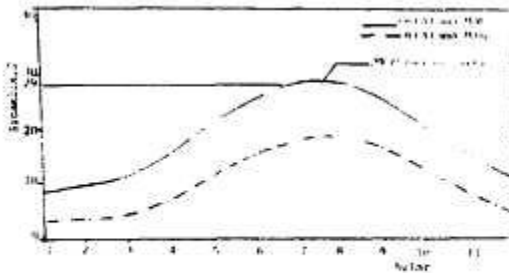
I. Dış Ortam Şartları

Dış ortam çevre şartları en soğuk ve en sıcak aylara ait ortalama sıcaklık dağılımından yararlanılarak tespit edilmektedir. 1937- 1985 yılları arasındaki döneme ait meteoroloji kayıtlarına dayanılarak İstanbul en sıcak ve en soğuk aylara ait günlük ortalama sıcaklık dağılımları elde edilmiş ve en yüksek sıcaklık öğle saatleri içinde 31°C olarak tesbit edilmiştir (Şekil 1) (2).



Şekil 1. İstanbul'da günlük ortalama sıcaklık dağılımı

ASHRAE' ye göre İstanbul' da 31°C kuru termometre sıcaklığı yılın sadece % 2,5 oranındaki bir sürede aşılmaktadır (3). 24 saatlik yaz ayı sıcaklık ortalamasının gösterdiğine göre azami sıcaklık ile akşam doruk saati sıcaklığı arasında ise 2°C bir sıcaklık farkı bulunmaktadır. Buna göre, doruk saat sıcaklığı 29°C olarak seçilmiştir. Şekil 2'de belirtilen ortalama aylık azami sıcaklık ise seçilen 29°C'in uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. İstanbul'da ortalama sıcaklığın aylara göre değişimi

Yine aynı yıllar arasında İstanbul'da gözlenen en soğuk aya ait ortalama sıcaklık 5.3 °C dır . Oysa ASH-RAE ' ye göre İstanbul'da -3 °C kuru termometre sıcaklığı yılın sadece %2.5 oranındaki bir sürede aşılmaktadır. Bu nedenle İstanbul dış ortam kıs şartı olarak da -3 "C seçilmiştir. Yine meteoroloji kayıtlarından yapılan analiz sonucu, 20 yıllık period içinde İstanbul ' da görülen en yüksek sıcaklık 40.5 "C olarak gözlenmiş ve ekipman odası tasarımı için yaz dış ortam sıcaklığı 41 °C olarak alınmıştır.

2. İstasyon Tasarım Şartları

İstasyon içinde yolcunun konforu çeşitli parametrelere bağlıdır. Yolcunun konforu ortam sıcaklığının, hava hızının, nemin, yolcunun hareketlerinin bir fonksiyonudur. Sıcaklığın, nemin, aktivitenin ve hava hızının yolcu konforu üzerindeki etkisi, ASH-RAE tarafından açıklanan bir modele göre Bağıl Sıcaklık İndeksi (BSİ) ile tespit edilebilir (3).

Bu modele göre bağıl sıcaklık indeksi bu değişkenlerin yolcunun konforu üzerindeki etkilerini kısa zaman süreleri içinde tespit ettiğinden dizayn mühendisi bu verilere dayanarak en uygun istasyon tasarım sıcaklığını seçebilir. Seçilen bu sıcaklık yolcunun rejim halinde hissedeceği konfordan çok, anlık sürelerde hissettiği konfora dayandığı için daha gerçekçi bir sistem dizayn yapmak da mümkündür.

BSİ insanların yaz şartları altında çevresindeki sıcaklığı algılaması bakında kalitatif bir fikir vermektedir. BSİ 0 ile 0.5 arasında değişim gösterir ve 0.4 BSİ 'de yolculardan % 99'u daha serin bir ortam arzu ederlerken 0.1 BSİ 'de yolculardan yaklaşık % 10'u serin bir ortam isteyecektir.

Bir metro istasyonu için tasarım kriterlerinin tespitinde yolcuların içinde buldukları ortama kısa bir süre için maruz kalacakları dikkate alınmalıdır. Yolcuların taşıt aracı içinde kalma süreleri yolcu bünyesinin bu ortamda bir denge oluşturmasına yetecek kadar uzundur. Ayrıca yolcu dışarıda açık hava ortamından istasyona girdiği sırada açık hava ile bünyesel bir denge oluşturacak kadar uzun süre bulunmuştur. Bu nedenle istasyon, yolcu için dış ortam ile taşıt aracı ortamı arasında bir geçiş yeri durumundadır. Yolcunun aktivitesine bağlı olarak, giysilerin, toplam hava hızının, sıcaklığın ve bağıl nemin etkisi ile oluşan metabolik değişmeye göre hesaplanan BSİ değerleri yaz aylarında böyle bir geçiş ortamına ilişkin doğru bir fikir verecektir.

Klima tesisatı olmayan ve kuru termometre sıcaklığı 32 °C olan bir istasyon modülünde bir yolcunun yaz günü BSİ değerleri

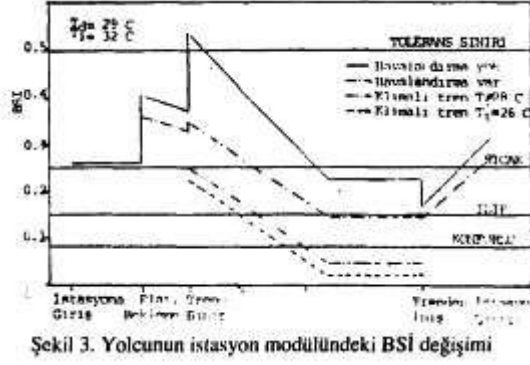
$$BSİ = \frac{M \times (I_c + I_a) + 3.58 \times [(T_a \times 1.8) - 61]}{234.3} \quad (1)$$

formülünden hesap edilerek Şekil 3 'de verilmiştir [3]. Burada I_c ve I_a sırasıyla yolcunun giyiniklik durumuna ve ortamdaki hava akımına bağlı olarak değişen parametrelerdir ve sırasıyla Tablo 2 ve 3 'de verilmiştir. [3].

Tablo 2. Yalıtım parametresi I_c , [3]

AKTİVİTE	I_c
1.2 m/s hızla yürürken	0.35
Durduktan 6 dak. sonra (Hava akımlı ortamda)	0.40
Durduktan 6 dak. sonra (Hava akımsız ortamda)	0.60

BSİ değerleri hesaplanır yolcunun istasyonda bilet almak üzere 2 dakika yürüyeceği ve bilet aldıktan sonra 2 dakika tren bekleyeceği (2 dakikalık tren zaman aralıklarına göre) kabul edilmiştir. İstasyonda hava akımı olmadığı takdirde yolcu tren beklerken oldukça rahatsız olacak ve trene binip oturduğu anda ortam şartları yolcunun tolerans sınırının üzerine çıkacaktır. Platforma dikey olarak 2.5 m/s hava akımı verildiği takdirde ise, BSİ değeri 0.35' e düşürülerek yolcunun kendini daha konforlu bir ortamda bulunduğunu hissetmesi sağlanabilir. Şekil 3' de görüldüğü gibi, yolcu istasyon modülü içindeki zamanının büyük bölümünü araç içinde geçirmektedir. Dolayısıyla aracın klimalı olması yolcunun konforu açısından çok önemlidir.



Ancak sadece tavan vantilatörleri ile dahi yolcu kendisini mutedil bir ortamda hissedebilir. Yolcu trenden inip istasyona (32°C) geçince yürümeye başlar, böylece metabolik ısı yükselmeye devam eder ve bağlı olarak ortamı daha sıcak olarak algılar.

Tablo 3. Havalandırma etki parametresi I_a [3]

AKTİVİTE	I_a
1.2 m/s hızla yürürken (Rüzgar yönünde)	0.18
1.2 m/s hızla yürürken (Rüzgara ters yönde)	0.24
Durduktan hemen sonra (Hava akımı varsa)	0.26
Durduktan hemen sonra (Hava akımı yoksa)	0.32
Durduktan 6 dak. sonra (Hava akımı varsa)	0.40
Durduktan 6 dak. sonra (Hava akımsız ortamda)	0.60
Otururken	0.54

Şekil 3'de gösterilen konfor seviyelerinin oluştuğu sıcaklık İstanbul'da sadece Temmuz ve Ağustos aylarını kapsamakta ve bu aylardaki en yüksek günlük sıcaklıklar öğleden sonra birkaç saat sürmektedir. Sabah ve akşam doruk saatlerindeki ortam sıcaklığı ise, 32°C istasyon sıcaklığında yolcuların sadece havalandırma ile rahat etmeleri sağlanabilecek ölçüde günlük en yüksek sıcaklıktan düşüktür.

3. Hava Hızları

İstasyonlarda ulaşılan hava hızları tren hareketlerinden kaynaklanır. Trenin tünel içindeki hareketi "sızdıran bir piston" a benzer. Trenin hareketi ile trenin önünde bulunan bir kısım hava ileri itilirken, havanın geri kalanı tren ile tünel duvarları arasında sızarak geride kalmaktadır. Trenin önünde ileri itilen havanın hızı tren blokaj oranı ve tren hızına bağlıdır. Bu parametreler trenlerin hareketine bağlı olduklarından istasyon ve tünellerdeki hava hızları sabit değildir ve istasyonların platformlarında geçici karakterli yüksek hava hızları meydana gelir. Genellikle normal işletme esnasında maksimum hava hızı 5 m/s olarak kabul edilmektedir. Tren zaman aralığı itibarıyla ortalama hava hızı istasyon peronunun rüzgar durumuna ilişkin diğer bir ölçüdür. Bu çalışmada ortalama hava hızı olarak 2.5-3.0 m/s değerleri kullanılmıştır.

Tehlike hallerinde vantilatörlerin çalışması nedeniyle daha yüksek hava hızlarına müsaade edilebilir. Böyle durumlarda insanların tahliye edileceği geçidin herhangi bir noktasında hava hızı 11 m/s den fazla olmamalıdır.

İSTASYON MODÜLÜ HAVALANDIRMA YÜKLERİNİN ANALİZİ

Bir istasyon modülündeki ısı kazançları, trenlerin işletme hızında çalışmaları esnasında açığa çıkardıkları ısı, yavaşlama ve hızlanma esnasında trenden çevreye verilen ısı ile 3. ray ve istasyon ile tren içindeki yolculardan kaynaklanan ısı kazançlarının bir toplamıdır. İstasyon modülündeki trenlerin frenleme ve ivmelenmeleri esnasında açığa çıkan ısı enerjisi havanın direncinden, sürtünmeden, motor kayıplarından ve rezistörlerden kaynaklanan ısı kazançlarının sırasıyla frenleme yolu S_f ve ivmelenme yolu S_i göre hesaplanması ile bulunur. Bu

hesaplarda kullanılan formüller tablo 4 'de verilmiştir (3). İstasyon modülü içindeki ısı kazanç ve kayıpları normal, sıkışık trafik ve tehlike hallerine ait üç işletme durumu göz önüne alınarak hesaplanmalıdır.

Tablo 4. Bu çalışmada kullanılan formüller (1)

Ugulandığı Yer	Isı Kazançları (Watt)
Frenleme esnasında açığa çıkan ısı	$Q_f = 0.5 + m_v + V_1^2 + n/3600$
Havanın direncinden kaynaklanan ısı yükü	$F_d = A_f \times \delta \times C_D \times V_{ort}^2$ $Q_d = F_d \times s \times n/3600$
Sürtünmeden kaynaklanan ısı yükü	$F_m = 0.0063 + 515.9/m_v + 0.0127 \times 10^6 V_{ort}$ $Q_m = F_m \times s \times m_v \times N \times n/3600$
Elektriksel ısı kazançları	$Q_e = m_f \times V_e^2 \times n/3600 \times \frac{(1-\epsilon_m)}{\epsilon_m}$
Motor kayıplarından açığa çıkan ısı	$Q_M = (Q_f + Q_d + Q_m + Q_e) \times \frac{(1-\epsilon_m)}{\epsilon_m}$
3. raydan açığa çıkan ısı	$Q_{3r} = 0.2 \times \frac{\sum Q^2 \times R \times 3600}{n \times l \times V_o^2}$
Tünel aydınlatmasından kaynaklanan ısı kazancı	$Q_{TA} = W_A + L$

Normal İşletme Durumu

Trenlerin tarifelere uygun şekilde çalışmaları halinde işletme "normal" olarak tanımlanmakta ve bu durumda yolcular araçlardan istasyonlara ve istasyonlardan araçlara rahatça geçmektedir. Normal işletme halinde istasyon modülünün ısı kazancı 2 dakika zaman aralığı ile işleyen trenlerin istasyonda 30 saniye bekledikleri ve buna bağlı olarak saatte istasyonda bulunan kişi sayısının 7736 olmasına göre hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 5' de verilmiştir. Banliyö trenlerinde klima bulunmamaktadır. Bu nedenle vagon klima cihazlarından sistem içine ısı kazancı olmayacaktır. Trendeki yolculardan kaynaklanan ısı ise gerçekte istasyon içine yayılırsa da, rejim halinde ısının istasyon modülüne verileceği kabul edilerek yolcuların metabolik ısısı istasyon hacmi ile yaklaşma ve uzaklaşma tünellerine giren ısı olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, istasyonun ısı kazancına ilave olarak istasyon aydınlatma lambaları, yürüyen merdivenler ve bilet makinaları gibi sabit ısı yükleri de istasyon ısı kazancına ilave edilmelidir.

Sıkışık Trafik Durumu

Sistem içinde trenlerin serbestçe hareketlerini engelleyen gecikmeler veya işletme sorunları aşırı sıkışık trafiğe yol açmaktadır. Böyle durumlarda trenler istasyonlarda veya önceden tespit edilmiş noktalarda birkaç saniyeden 20 dakikaya kadar sürelerde bekleyebilirler. Trafik sıkışmasında yolcular tehlikeye maruz kalmadıkları için tahliyesi gerekmez, ancak analizlerin yolcunun rahatının sağlanması üzerinde yoğunlaştırılması gerekmektedir. Trafik sıkışması dolayısıyla bir trenin istasyon modülündeki ani frenlemesi sonucu açığa çıkan ısı enerjisi, trenin durmasından itibaren geçen zamana, t, bağlı olarak,

$$Q = 850 e^{-0.0032 t} \quad [2]$$

ampirik formülünden hesaplanabilir.[3]

Trenin en fazla 20 dakika süresince istasyon modülünde bekleyeceği, bu süreden uzun bekleme sürelerinin acil durum kapsamına gireceği kabul edilerek yapılan hesaplar sonucunda, trenin durması ile istasyon modülüne yayılan ısı miktarları Tablo 5' de verilmiştir.

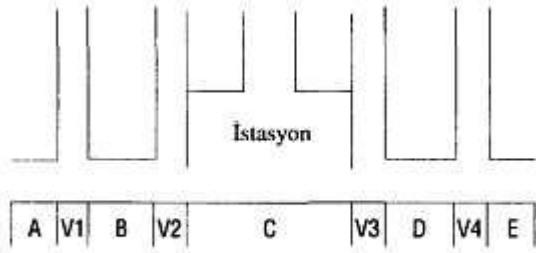
Tehlike Hali İşletme Durumu

Tehlike hali genellikle taşıt aracının bir kaza nedeniyle durmasından ileri gelir. En ciddi tehlike durumu tünel içinde durmuş ve yanar bir trenin bulunmasıdır. Bu durumdaki bir tren trafiğin akışını aksatacağı gibi içindeki yolcuların tahliyesini de şart kılar. Tehlike halinde havalandırmanın esas gayesi yolculara emniyetli bir tahliye yolu sağlamak olacaktır buradan ısı yüklerinin hesabı önemli rol oynamayacaktır. Bu haldeki ısı yükleri de sıkışık trafik hali ısı yükü ile aynı alınabilir.

İstasyon modülüne yayılan ısının bir kısmı tünel ve istasyon duvarları tarafından yutulacaktır. Bu miktar tünel duvarlarının yapısına ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Ancak tipik bir betonarme metro tüneli için ısının yutulması ile olan ısı kaybı yaz doruk saatleri için 28.4 W/m², kış doruk saatleri içinse 3 W/m², olarak alınabilir (3)

İSTASYON MODÜLÜ HAVALANDIRMA SİSTEMİ

İstasyon modülünde açığa çıkan ısı, trenin piston etkisi ile oluşan hava debisi ve havalandırma sistemi ile istasyon modülünden uzaklaştırılmalıdır. Havalandırma sistemindeki debiler istasyon modülündeki net ısı miktarına ve metro çalıştırma şekline bağlı olarak hesaplanır. İstasyon modülünden geçecek hava debisi dış ortam sıcaklığı ile 3 °C sıcaklık farkı olacağı göz önüne alınarak hesaplanmış ve Tablo 6 'da normal, sıkışık ve tehlike hali havalandırma debileri ile vantilatör kapasiteleri Şekil 4 'de şematik olarak verilen istasyon modülü için verilmiştir.



İstasyon hacminde tren rezistörlerinden yayılan ısının istasyona girmesini önlemek amacı ile tesis edilecek bir hat üstü egzoz sistemi (HÜES) düşünülmüştür. Bu sistem hem ısıyı kaynağında dışarı atarak ve hem de temiz hava havalandırma miktarını ayarlayarak istasyon ortamını iki yönde etkiler. Bu şekilde uzaklaştırılan ısı miktarları Tablo 5' de gösterilmiştir.

Tablo 5. İstasyon Modülü Isı Kazançları

Sistem Isı Kazancı	Normal İşletme	Sıkışık İşletme
Yaklaşma Tüneli	Q (Watt)	Q (Watt)
Frenleme	223587	81000
Tünel Aydınlatması	3264	3264
Trendeki yolcular	31290	31290
Vagon Motor Generatörü	10324	10324
Vagon Hava Kompresörü	3208	3208
Yutulan Isı	86887	86887
Havalandırma ile Uzaklaştırılacak Net Isı	184786	41599
İstasyon		
Frenleme	1774898	643000
Trendeki Yolcular	128266	128266
Vagon Motor Generatörü	42320	42320
Vagon Hava Kompresörü	13150	13150
İstasyon Aydınlatması, Ekipmanlar, Yolcular	1072700	1072700
Kaynağında Tutulan Isı	1606078	1606078
Havalandırma ile Uzaklaştırılacak Net Isı	1425256	293358
Uzaklaşma Tüneli		
İvmelenme	447854	447854
Frenleme	761854	276000
Tünel Aydınlatması	3265	3265
Trendeki Yolcular	62358	62358
Vagon Motor Generatörü	20358	20358
Vagon Hava Kompresörü	6393	6393
3. Ray Kayıpları	57355	57355
Yutulan Isı	164374	164374
Havalandırma ile Uzaklaştırılacak Net Isı	1195107	709253

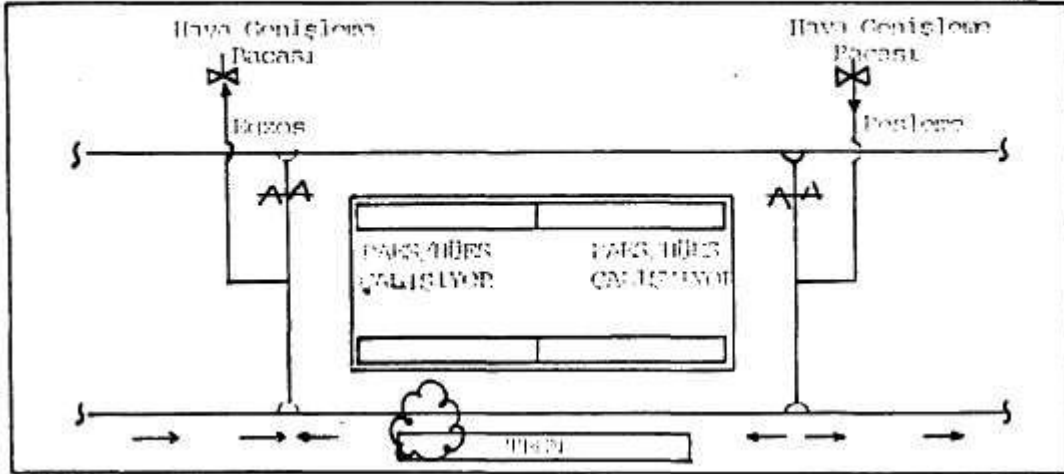
Tehlike hali havalandırma debileri, yolcu tahliyesi için gerekli en az 2.5 m/sn'lik ortalama hıza bağlı olarak hesaplanmıştır. Buna göre tehlike halinde tünele verilmesi gerekli hava debisi 80 m³/sn olarak bulunmuştur.

İstasyon içinde çıkan bir yangında platform altı ve hat üstü kirli hava vantilatörlerinden yangına yakın olanlar emme modunda çalışırken, istasyonun diğer ucundakiler durdurulur (Şekil 5) Yangına en yakın tünel havalandırma vantilatörü emme, aksi yöndeki basma modunda çalışır. Bu şekilde bütün ısı ve duman istasyonun bir tarafına çekilirken yolcular diğer taraftan boşaltılır.

Kış aylarında istasyon modülüne giren ısı doruk saatler dahil istasyon ve tünellerde sıcaklığın 20 °C 'a kadar yükselmesine sebep olmaktadır. Trenin piston etkisi, tünellerin de havalandırması için yeterli olacağından, normal işletme halinde kış aylarında istasyon temiz hava ve egzoz sistemleri dışında diğer vantilatörlerin çalışmasına gerek olmayacaktır. Ancak sıkışık trafik ve tehlike hali havalandırması yaz şartlarının aynı olmalıdır.

Tablo 6. Havalandırma Debileri ve Ventilator Kapasiteleri

Proje Bölümü	Havalandırma Debileri (m ³ /s)					Ventilator Kapasiteleri (m ³ /s)					
	Normal Duruk Saat İşletmesi			Sıkışık Trafik	Tehlike Hali	Tünel Havalandırması		Temiz Hava		Kirli Hava	
	Temiz	Kirli	Toplam			Kapasite Ad.	Kapasite Ad.	Kapasite Ad.	Kapasite Ad.		
A	-	-	190	-	80	-	-	-	-	-	-
V1	-	380	-	180	160	105	4	-	-	-	-
B	-	-	190	-	80	-	-	-	-	-	-
V2	-	-	-	180	160	90	2	-	-	-	-
C	30	388	-	-	-	-	-	10	4	50	8
V3	-	-	-	180	160	90	2	-	-	-	-
D	-	-	190	-	80	-	-	-	-	-	-
V4	-	420	-	180	160	105	4	-	-	-	-
E	-	-	230	-	80	-	-	-	-	-	-



Şekil 5. İstasyonda Tehlike Hali Havalandırma Sisteminin Çalışması

Hava Hızı Kontrolü

Hava hızlarının üst sınırlarına ilişkin kriterler platformlar, merdiven boşlukları ve tünellerin yanı sıra yol seviyesindeki ızgaralardaki hava hızları içinde geçerlidir.

Normal işletmede trenin tüneldeki piston etkisi ile önündeki hava bir jet gibi hızla istasyona itilir. Bu hava istasyonun iki başına açılacak hava genişleme bacaları ve iki hat arasında açılacak ara geçitler ile kontrol edilir. Sıcaklık kontrolü için orta tünel havalandırma bacaları tünellerde, hava genişleme bacaları ise istasyonlarda etkin olacaktır.

Bu nedenle istasyonların her iki ucuna ventilatörsüz bacalar yerine geri dönüşlü hava genişleme bacaları ve ventilatörler konulmuştur. Ancak piston havasından bir kısmının dışarı verilebilmesi için hava genişleme bacalarında ara geçit damper ağızları bulunmaktadır.

ANA SİSTEM ELEMANLARI

Hava Genişleme Bacaları ve Ventilatörleri:

Hava genişleme bacaları kapalı ve /veya açık durumda bulundurulabileceklerinden, hatları birbirinden veya bir hattı dış ortamdan ayırabilirler. Ayrıca bu bacalar tehlike ve sıkışık trafik durumunda kullanılacak vantilatörleri de barındırırlar. Hava genişleme bacaları her istasyonun uç kısmına yerleştirilmiş ve bacaların giriş ağızı 25 m² ve her tipik baca kesiti de 30 m² olarak hesaplanmıştır. İstasyonlardaki hava genişleme bacalarının her birinde 2 adet % 90 kapasite ile ters yönde çalışabilen 90 m³ /s hava debisi olan vantilatörler bulunmaktadır.

Hava genişleme bacaları piston etkisi ile istasyona giren hava miktarının kontrolünü ve tünelin havalandırmasını sağlayacaktır.

Orta Havalandırma Bacaları ve Vantilatörleri:

Orta havalandırma bacaları tünel havasını dışarıya ve yandaki tünele boşaltarak piston etkisi ile oluşan sıcak tünel havasının istasyona akışını azaltır. Yaz doruk saatlerinde ise orta tünel bacaları vasıtasıyla temiz havanın tünel içine girmesini sağlayarak tünelleri havalandırır. Orta havalandırma bacasının herbirinde dört adet %90 kapasite ile ters yönde çalışan 105 m³/s hava debisi olan vantilatörler bulunacaktır.

Platform altı ve Hat üstü Egzoz Sistemi:

Platform altı egzoz sistemi trenden yayılan ısının platform altından geçen kanal sistemi ile tutularak istasyona yayılmasını önleyecektir.

Benzer şekilde Hat Üstü Egzoz Sistemi de irenin üst kısmındaki fren rezistanslarından çıkan ısıyı çekerek istasyondaki sıcaklık kontrolüne yardımcı olur. İstasyonun toplam hava boşaltma kapasitesi 388 m³/s olup bunun için 8 adet herbiri 50 m³/s vantilatörler kullanılmıştır.

İstasyon Temiz Hava Sistemi:

Dış ortama açık istasyon alanlarına ve platform kenarı boyunca platformlara hava verilmek üzere istasyon temiz hava sistemi sağlanmıştır. İstasyonun her iki ucuna yerleştirilen temiz hava vantilatörleri ile tavandan yolculara doğru hava verilerek BSİ değerlerini konfor seviyesinde tutmak mümkün olacaktır.

SONUÇ

Bu çalışmada mevcut fiziksel ve işletme verileri ile çevresel kriterlere göre, bir metro istasyon modülünün ısı kazançları hesaplanmış ve ısı kazançlarını azaltacak havalandırma sistemi incelenmiştir.

Tünel ve istasyonların çevre kontrolü için "Açık Sistem Havalandırma Sistemi" kullanılmıştır. Bu sistemde orta havalandırma baca vantilatörleri ve istasyon egzoz vantilatörleri kirli havayı sistemden atarak, istasyon hava genişleme bacaları ve istasyon girişlerinden modüle temiz hava girişini sağlamaktadırlar. Bu nedenle istasyon için gerekli temiz havayı sağlayan temiz hava vantilatörlerinin debisi de azaltılabilmektedir. Sıcak gün dış ortam şartlarının geçerli olduğu bir günde istasyon ortam şartlarının kumasız olarak kontrol edilmesi mümkün değildir. Bununla birlikte klima tesisatının çalışması gereken süre yılın sadece %4 'lük süresini kapsamaktadır. Ancak istasyon şartlarında, daha yüksek bir standardın talep edilmesi halinde klima tesisatına gerek olacaktır. Bu düşünce ile her istasyonda tesisat için yeterli alan bırakılmalıdır.

Çalışan personelin en az 8 saat müddetle görev yaptığı odalar ile içindeki ekipmanın ortam kontrolü gerektirdiği odalarda ise tasarım kriterlerindeki sıcaklık ve nemin sağlanması amacıyla paket tipi klimalar kullanılmalıdır.

SEMBOLLER

At - Tren kesit alanı (m²)

CD - Direnç katsayısı (-)

Fd - Direnç kuvveti (N)

Fm - Tren kesit alanı (m²)

L - Tünel uzunluğu (m)

mt -Tren ağırlığı (kg)

mv - Vagon ağırlığı (kg)

N - Vagon sayısı

n - Bir saatte istasyon modülünden geçen tren sayısı

Q - Isı enerjisi (Watt)

R - 3. ray direnci

Sf - Frenleme mesafesi (m)

Si - İvmelenme mesafesi (m)

ti - İvmelenme zamanı (s)

Vort - Tren işletme hızı (m/s)

Vt - Tren işletme hızı (m/s)

Vo - 3. ray gerilimi (Volt)

WA - Aydınlatma enerjisi (W /m²)

o - Havanın yoğunluğu (kg/m³)

KAYNAKLAR

1. "Boğaz Demiryolu tüneli Geçişi ve İstanbul Metrosu Fizibilite Etütleri ve Avan Projeleri", İstanbul Rail-Tunnel Consultants Konsorsiyumu, (1987).
2. İstanbul Meteoroloji Kayıtları, Kandilli Rasathanesi, İstanbul, (1988)
3. "Subway Environmental Design Handbook, Principles and Applications", Vol. 1, (1985)