

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇOK KATMANLI OPAK YAPI ELEMANLARI İÇİN İLETİM ZAMAN
SERİLERİNİN (CTS) HESAPLANMASI**

Burak YENİGÜN

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2012**

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR danışmanlığında, Burak YENİGÜN'ün hazırladığı “Çok Katmanlı Opak Yapı Elemanları için İletim Zaman Serilerinin (CTS) Hesaplanması” konulu bu çalışma 27/12/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR

Üye : Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

Üye : Doç Dr. Paki TURGUT

Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. Seyit TEMİR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma TÜBİTAK ve HÜBAK tarafından desteklenmiştir.
TÜBİTAK Proje No: 109M427
HÜBAK Proje No: 12020

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Işınım Zaman Serisi (RTS) Yöntemi	1
1.1.1. Opak Yüzeylerden Kaynaklanan Soğutma Yüğü	3
1.1.2. Saydam Yüzeylerden Kaynaklanan Soğutma Yüğü	5
1.1.3. İnfiltrasyondan Kaynaklardan Soğutma Yüğü	6
1.1.4. İç yüklerden Kaynaklardan Soğutma Yüğü	6
1.2. Isıl Tepki Faktörü (TRF)	8
1.3. İletim Transfer Fonksiyonu (CTF)	10
1.4. Periyodik Tepki Faktörü (PRF)	11
1.5. Isıl Girişkenlik Yöntemi (AM)	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.2. Yöntem	18
3.2.1. FDR Yöntemi Hesaplama Adımları	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	24
4.1. CTSCALC Programı	24
4.2. Türkiye’de Kullanılan Yapı Elemanları	31
4.3. CTSCALC Programının Doğrulanması	34
4.4. Türkiye’de Sıklıkla Kullanılan Yapı Elemanlarına Ait CTS Serileri	38
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	53
EK 1	54
EK 2	59
EK 3 (CTSCALC PROGRAMI CD’Sİ)	91
ÖZET	92
SUMMARY	93

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

ÇOK KATMANLI OPAK YAPI ELEMANLARI İÇİN İLETİM ZAMAN SERİLERİNİN (CTS) HESAPLANMASI

Burak YENİGÜN

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Yıl: 2012, Sayfa: 93**

Bu çalışmada soğutma yükü hesap yöntemi olan Işınım Zaman Serisi (RTS) yöntemine ait; opak yapılardan iletim yoluyla meydana gelen ısı kazancı hesabında kullanılan İletim Zaman Serilerinin (CTS) bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla ısı iletim eşitlikleri yazılmış ve bu eşitliklere “Frequency Domanin Regression” yöntemi uygulanarak çözümleri yapılmıştır. Isı eşitlikleri çözüldükten sonra MATLAB programlama dili ile ısı eşitliklerinin kodları yazılmıştır. Yazılan kodlar; ASHRAE Fundamentals Handbook 2009’da verilen opak yapılara uygulayıp, çizelge değerleri ile karşılaştırılmıştır. CTS kodu doğrulandıktan sonra Türkiye’de ağırlıklı olarak kullanılan opak yapı elemanları tespit edilip, bunların termo-fiziksel özelliklerinden veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı oluşturulduktan sonra CTS kodu, C# programı ile ara yüz haline getirilmiştir. Bu sayede mühendisler istediği bina yapı formunun CTS serisini hesaplayabilecektir.

ANAHTAR KELİMELER: iletim zaman serisi, ışınlım zaman serisi, periyodik tepki faktörü

ABSTRACT

MSc Thesis

CALCULATION OF CONDUCTION TIME SERIES (CTS) FOR MULTILAYER CONSTRUCTION

Burak YENİGÜN

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Year: 2012, Page: 93**

The aim of this study is calculation of The Conduction Time Series that are used to calculate conduction heat gain through opaque structures in The Radiant Time Series. For this purpose the heat conduction equations is written. For solving these equations Frequency Domain Regression Method is applied to these equations. The heat equations codes are written by MATLAB. This solution of code is compared to example walls and roofs type in ASHRAE FUNDEMENTALS 2009. After verifying the CTS code; the opaque building components that are most common use in Turkiye are determined. Then database is created from the thermo-physical specification of opaque structures. Then CTS codes are interfaced by using C#. In this way, the engineers can calculate the CTS series for any form of building structure.

KEY WORDS: conduction time series, radiant time series, periodic response factor

TEŐEKKÖR

Bu tez alıŐmasının baŐından sonuna kadar her aŐamasında bana yardımcı olan ve deneyimlerini titizlikle aktaran danıŐmanım Yrd. Do. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR'e, Prof. Dr. BÖlent YEŐİLATA'ya, ArŐ. Gör. Mehmet Emin Tenekeci' ye, Makine MÖhendisliĐi bÖlümü çalıŐanlarına, ayrıca çalıŐmamı destekleyen TÜBİTAK ve üniversitemizin HÜBAK birimine de teŐekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. RTS yönteminin hesap prosedürü	2
Şekil 1.2. Bina ısı transfer mekanizması	7
Şekil 1.3. Üçgensel dalga ile lineer yaklaşım	8
Şekil 4.1. CTSCALC programının akış diyagramı	24
Şekil 4.2. CTSCALC giriş ekranı	29
Şekil 4.3. CTSCALC yapı elemanı seçim ekranı	30
Şekil 4.4. CTSCALC sonuç ekranı	30
Şekil 4.5 Türkiye'de sıklıkla kullanılan duvar formları	33
Şekil 4.6. Türkiye'de sıklıkla kullanılan çatı formları	34
Şekil 4.7. ASHRAE 2 no'lu duvarın CTS (%) serilerinin kıyaslanması	36
Şekil 4.8. ASHRAE 12 no'lu duvarın CTS (%) serilerinin kıyaslanması	37
Şekil 4.9. ASHRAE 21 no'lu duvarın CTS (%) serilerinin kıyaslanması	37
Şekil 4.10. ASHRAE 14 no'lu çatının CTS (%) serilerinin kıyaslanması	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Isı Kazançları için ışıınım ve taşınım oranları	4
Çizelge 4.1. CTSCALC programında kullanılan yapı malzemleri	25
Çizelge 4.1. (devamı) CTSCALC programında kullanılan yapı malzemleri	26
Çizelge 4.1. (devamı) CTSCALC programında kullanılan yapı malzemleri	27
Çizelge 4.1. (devamı) CTSCALC programında kullanılan yapı malzemleri	28
Çizelge 4.2. Doğrulama testlerinde kullanılan yapı kabuklarına ait detay ve termofiziksel özellikler	35
Çizelge 4.3. Opak yapı elemanlarının CTS (%) serilerinin kıyaslanması	36
Çizelge 4.4. Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	39
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	40
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	41
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	42
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	43
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	44
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	45
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	46
Çizelge 4.4. (devamı)Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri	47
Çizelge 4.5. Türkiye'de sıklıkla kullanılan Çatı formlarına ait CTS serileri	48

SİMGELER DİZİNİ

U [$\text{w}/\text{m}^2\text{K}$]	Isı geçirgenlik katsayısı
A [m^2]	Alan
T_{sol} [$^{\circ}\text{C}$]	Düzenlenmiş dış hava sıcaklığı
T_{R} [$^{\circ}\text{C}$]	Oda sıcaklığı
Q [W]	Isı kazancı
c [%]	İletim Zaman Serisi
r [%]	Işınım Zaman Serisi
SHGC	Doğrudan gelen ısı kazancı katsayısı
E_{D} [$\text{w}/\text{m}^2\text{K}$]	Doğrudan ışınım miktarı
IAC	İç ortam perdeleme katsayısı
C_{p} [j/kgK]	Havanın sabit basınçtaki özgül ısısı
Δt [$^{\circ}\text{C}$]	İç ve dış ortam sıcaklık farkı
N	Kişi sayısı
W_{a} [w]	Aydınlatma gücü
F_{ul}	Kullanım faktörü katsayısı
F_{sa}	Aydınlatma cihazı faktörü katsayısı
i, n	Dizi indeksi
α [m^2/s]	Isıl yayılım katsayısı
k [w/mK]	Isı iletim katsayısı
ρ [kg/m^3]	Yoğunluk
M	Transmisyon matrisi
S	Laplas değişkeni
R [$\text{m}^2\text{K}/\text{w}$]	Isıl direnç katsayısı
A,B,C,D	Transmisyon matris elemanları
L [mm]	Uzunluk
$G_{\text{x}}, G_{\text{y}}, G_{\text{z}}$	Transfer fonksiyonları
k	Frekans noktası
ω [rad/s]	Frekans
m	s transfer fonksiyonu payda düzeltme katsayısı
r	s transfer fonksiyonu pay düzeltme katsayısı
s_i	s transfer fonksiyonu kökü
α, β	s transfer fonksiyonu katsayıları

1. GİRİŞ

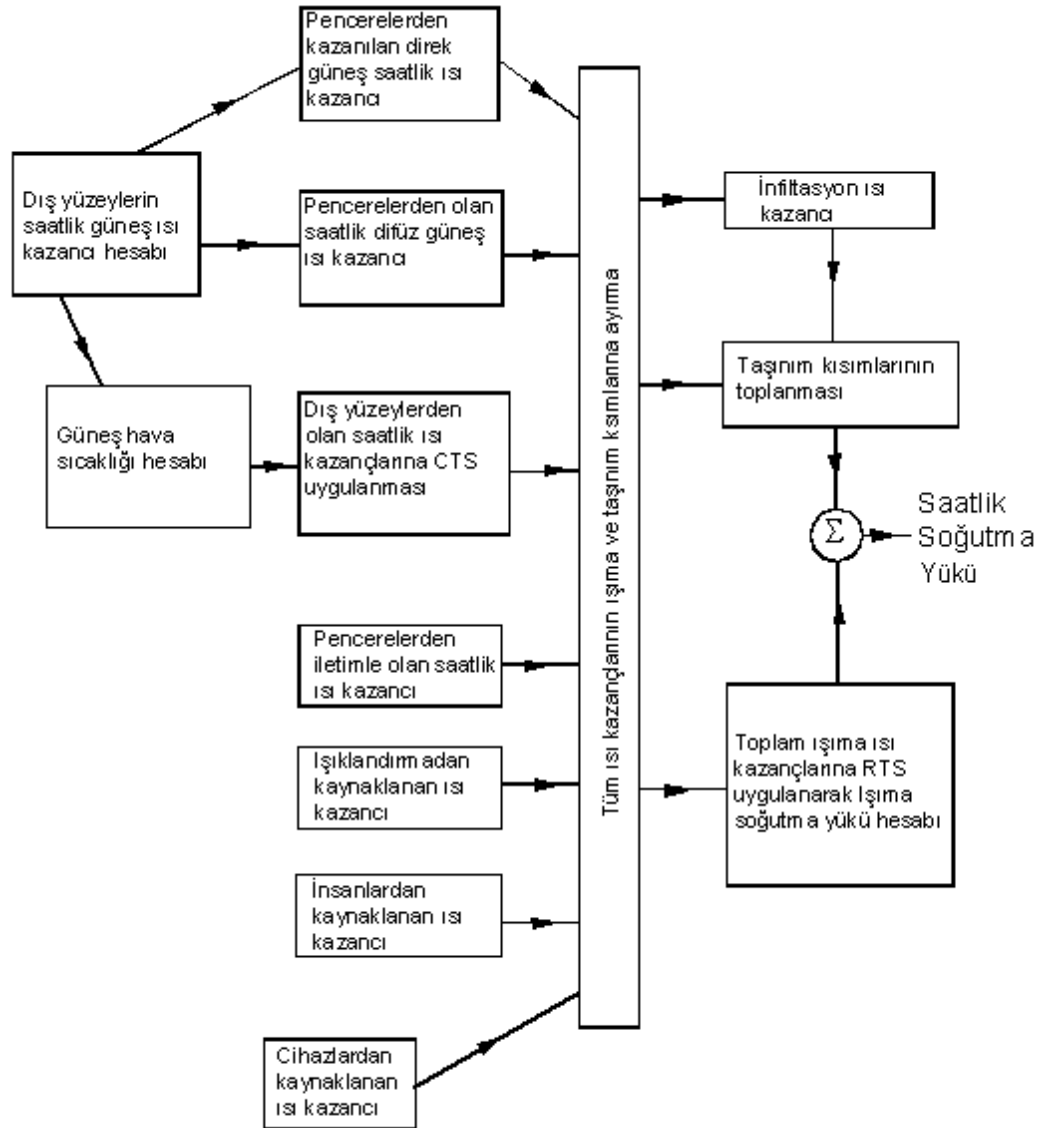
Bina ısıtma ve soğutma yükleri iklimlendirme sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle binaların ısıtma ve soğutma yük kapasitelerinin doğru belirlenmesi Bina Enerji Performansı (BEP) açısından oldukça önemlidir. Isıtma yükü hesabı için ülkemizde standart bir yöntem mevcut iken, soğutma yükü hesabı için değişik yöntem ve çizelgeler kullanılmaktadır. Soğutma yükü hesabı için birçok yöntem geliştirilmiştir (Aktacir vd, 2003). Bu yöntemlerin geliştirilmesinde ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) etkin bir rol oynamıştır. ASHRAE tarafından geliştirilen yöntemlerin başında; Tepki (Thermal Response) Yöntemi (Briskin ve Reque, 1956), Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama (TETD/TA) Yöntemi (ASHRAE, 1967) , Transfer Fonksiyon (TFM) Yöntemi (ASHRAE, 1972), Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/ Soğutma Yükü Çarpanı (CLTD/SCL/CLF) Yöntemi (ASHRAE, 1977), Isı Dengesi (HB) Yöntemi (Pedersen vd, 1997) ve en son olarak geliştirilen Işınım Zaman Serisi (RTS) Yöntemi (Spitler ve Pedersen, 1997) gelmektedir. Bu yöntemler dışında CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) tarafında Isıl Girişkenlik (AM) Yöntemi (Loudon,1968) ve VDI (Verein Deutscher Ingenieure) tarafından VDI 2078 (VDI, 1996) Yöntemi geliştirilmiştir.

1.1. Işınım Zaman Serisi (RTS) Yöntemi

ASHRAE tarafından önerilen en son yöntem olan RTS yöntemi Heat Balance esas alınarak türetilmiş ve basitleştirilmiş bir yöntemdir. RTS soğutma yükü hesap prosedüründe aşağıda verilen sıra takip edilir;

- Tüm elemandan olan ısı kazancı 24 saatlik olarak hesap edilir,
- Isı kazançları ışınım ve taşınım kısımlarına ayrılır,
- Işınım ısı kazancına, ışınım zaman serisi katsayısı olarak tanımlanan RTS uygulanarak ışınımdan kaynaklanan soğutma yükü belirlenir,
- Işınım ve taşınım soğutma yükleri toplanarak toplam soğutma yükü bulunur. Diğer taraftan sızıntı (infiltrasyon) ısı kazancı doğrudan soğutma yüküne dönüşürken,

iç ısı kaynaklarından olan ısı kazancı opak ve saydam yüzeyler gibi ışınım ve taşınım kısımlarına ayrılır. Aynı prosedür uygulanarak toplam soğutma yüküne ilave edilir. Genel olarak RTS yöntemi hesap prosedürü şekil 1.1.'de verilmiştir (Spitler ve Pedersen,1997).



Şekil 1.1. RTS yönteminin hesap prosedürü

Bu yöntemle soğutma yükü hesaplanırken aşağıdaki işlem sırası takip edilir;

1. Opak yüzeylerden iletilen ısı enerjisine, iletim zaman serisi olarak adlandırılan CTS katsayıları uygulanarak ısı kazançları hesap edilir.

2. Saydam yüzeylerden olan ısı kazançları yayılı ve doğrudan olarak ayrı ayrı hesaplanır.
3. Sızıntı (infiltrasyon) ısı kazancı doğrudan soğutma yüküne dönüşür.
4. İç ısı kaynaklarından olan ısı kazancı hesaplanır. Isı kazançları toplanır ve belirli oranlarda (Çizelge 1.1.) taşınım ve ışıınım ısı kazançlarına ayrılırlar. Taşınım ısı kazancı hemen soğutma yükü olarak ortamda hissedilirken, ışıınım ısı kazancı ortamda bulunan yüzeylerin ısı depolama özelliklerine göre belli bir gecikmeyle ortama iletilir.
5. Işıınım ısı kazancına, ışıınım zaman serisi katsayısı olarak tanımlanan RTS uygulanarak ışıınımdan kaynaklanan soğutma yükü belirlenir.
6. Sonuçta, tüm ısı kazançlarından hesaplanan ışıınım ve taşınım soğutma yükleri toplanarak toplam soğutma yükü bulunur.

1.1.1. Opak Yüzeylerden Kaynaklanan Soğutma Yükü

Bir ortama opak yüzeylerden (duvar, çatı) giren ısı; ortam içerisinde arzu edilen hava koşullarına ve dış ortam iklim şartlarına doğrudan bağlıdır. En önemli 2 iklim şartı ise; dış ortam sıcaklığı ve güneş ışıınımıdır. Isı kazancı hesabında doğrudan dış ortam sıcaklığı yerine, düzeltilmiş dış ortam sıcaklığı kullanılır. Güneş ışıınımının etkisini de dikkate alarak hesaplanan düzeltilmiş dış ortam sıcaklığına “sol-air sıcaklığı” adı verilir. Sol-air sıcaklığı; dış ortam havasının sıcaklığına, güneş ışıınımına, dış taraftaki ısı transferi katsayısına ve yüzey özelliklerine bağlıdır. Bir ortama opak yüzeylerden giren ısı eşitlik 1.1.1.1. ile hesaplanır.

$$Q_{i,t-n} = U.A.(T_{sol,t-n} - T_R) \quad (1.1.1.1.)$$

Eşitlikte n saat öncesi için iletimle olan ısı enerjisi [W], U opak yapı elemanın ısı transfer katsayısı [W/(m².K)], A opak yapı elemanın yüzey alanı [m²], T_{sol,t-n} n saat öncesi için sol-air sıcaklığı [°C] ve T_R oda sıcaklığını [°C] göstermektedir. Ortamı çevreleyen duvar ve çatıların dış yüzeyine gelen ısı, belirli bir faz farkı (gecikme) ile önce iç yüzeylere aktarılmakta, oradan da mahale geçmektedir. Hesaplamalarda, bu gecikmeyi dikkate almak amacıyla, RTS yönteminde iletim

zaman serisi olarak adlandırılan CTS (Conduction Time Series) değerleri kullanılır (Eşitlik 1.1.1.2.).

$$Q_t = c_0 \cdot Q_{i,t} + c_1 \cdot Q_{i,t-1} + c_2 \cdot Q_{i,t-2} + c_3 \cdot Q_{i,t-3} + \dots + c_{23} \cdot Q_{i,t-23} \quad (1.1.1.2.)$$

Eşitlikte saatlik iletimle olan ısı kazancı [W], hesaplanan saat için ısı enerjisi girişi [W], n saat öncesi için ısı girişi [W] ve c_0, c_1, \dots, c_{23} ise CTS katsayılarını göstermektedir. Eşitlik 1.1.1.2. ile hesaplanan ısı kazancı, taşınım (konveksiyon) ve ışıınım (radyasyon) olmak üzere iki yolla ortama geçmektedir. Çizelge 1.1.'de çeşitli ısı kazançları için ışıınım ve taşınım oranları verilmiştir.

Çizelge 1.1. Isı Kazançları için ışıınım ve taşınım oranları

Isı Kazancı Tipi	İşınım Oranı (%)	Taşınım Oranı (%)
Duvarlardan iletimle ısı kazancı	63	37
Çatıdan iletimle ısı kazancı	84	16
İnsan (<i>Aktiviteye göre farklı</i>)	19-60	81-40
Işııklandırma	67	33
Absorbe edilen güneş ışıınımı	63	37
Doğrudan geçen güneş ışıınımı	100	0
Infiltrasyon ve havalandırma	0	100
Bilgisayar (Fan var)	10-15	85-90
Monitor	35-40	60-65
Fotokopi (Fan var)	20-25	75-80
Fax	30-35	65-70

Taşınım ile ısı kazancı doğrudan soğutma yüküne dönüşür. İşınım ile ısı kazancı ise, önce mahalde bulunan cisimlere çarparak o cisimlerin yüzey sıcaklığını artmasına neden olur. Cisim yüzey sıcaklığı ortam havası sıcaklığını aşınca da iç ortam havasını ısıtır. Bu işlemlerin oluşabilmesi için belirli bir zaman gerektiğinden, ışıınım ile ısı kazancı belirli bir faz farkı ile soğutma yüküne dönüşür. Bu faz farkını dikkate almak amacıyla RTS (Radiant Time Series) değerleri kullanılmaktadır (Eşitlik 1.1.1.3.). Opak yapı elemanı olan duvar ve çatılar için güneş dışı RTS (Nonsolar RTS) değerleri kullanılır.

$$Q_{rc,t} = r_0 \cdot Q_{r,t} + r_1 \cdot Q_{r,t-1} + r_2 \cdot Q_{r,t-2} + r_3 \cdot Q_{r,t-3} + \dots + r_{23} \cdot Q_{r,t-23} \quad (1.1.1.3.)$$

Eşitlikte, $Q_{rc,t}$ hesaplanan saat için ışınlım soğutma yükünü [W], $Q_{r,t}$ hesaplanan saat için ışınlım ısı kazancını [W], $Q_{r,t-n}$ n saat öncesi için ışınlım ısı kazancını [W], ve r_0, r_1 , ise ışınlım zaman serisi (RTS) katsayısını göstermektedir. Sonuç olarak, opak yüzeylerden olan toplam soğutma yükü (Q_{tot_ES}) eşitlik 1.1.1.4. ile bulunur.

$$Q_{tot_ES}=Q_{rc,t}+Q_{c,t} \quad (1.1.1.4.)$$

1.1.2. Saydam Yüzeylerden Kaynaklanan Soğutma Yükü

Pencerelerden olan toplam ısı kazancı; direkt, difüz ve iletimle ısı kazançları olmak üzere üç kısımdan oluşur.

Direkt güneş ısı kazancı:

$$Q_b=A.E_D.SHGC(\theta) \quad (1.1.2.1.)$$

Difüz solar ısı kazancı:

$$Q_d=A.(E_d +E_r)<SHGC>_{DIAC} \quad (1.1.2.2.)$$

İletimle ısı kazancı:

$$Q_c=U.A.(T_O-T_R) \quad (1.1.2.3.)$$

Saydam yüzeylerden kaynaklanan toplam ısı kazancı:

$$Q_{tot_F}=Q_b+Q_d+Q_c \quad (1.1.2.4.)$$

Eşitliklerle bulunan ısı kazançlarından direkt güneş ısı kazancı çizelge 1.1.'de verilen oranlara göre bölünerek ışınlım ve taşınım ısı kazançları bulunur. Taşınım kısmı hemen soğutma yüküne dönüşürken ışınlım ısı kazancı belli bir gecikmeyle soğutma yüküne dönüşür. Işınım soğutma yükü Eşitlik 1.1.1.3. kullanılarak

belirlenir. RTS değerleri olarak *güneşRTS* (SolarRTS) değerleri kullanılır. Eşitlik 1.1.2.2. ve 1.1.2.3. ile bulunan iletim ve difüz ısı kazancıları toplanır. Daha sonra ışıınım ve taşınım kısımlarına bölünür. Işıınım kısmına güneşdışı RTS katsayıları uygulanarak (Eşitlik 1.1.1.3.) ışıınım soğutma yükü hesaplanır. Bu değere taşınım soğutma yükü ilave edilerek pencerelerden kaynaklanan toplam soğutma yükü bulunur.

1.1.3. İnfiltrasyondan Kaynaklardan Soğutma Yükü

Kapı ve pencerelerdeki infiltrasyondan kaynaklanan soğutma yükü

$$Q_I = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (1.1.3.1)$$

1.1.4. İç yüklerden Kaynaklardan Soğutma Yükü

İç yükler; insanlar, ekipmanlar ve aydınlatmadan meydana gelmektedir.

$$Q_w = Q_{\text{insan}} + Q_{\text{ekipman}} + Q_{\text{aydınlatma}} \quad (1.1.4.1.)$$

İnsanlardan kaynaklanan soğutma yükü

$$Q_{\text{insan}} = N (Q_{\text{duyulur}} + Q_{\text{gizli}}) \quad (1.1.4.2.)$$

Ekipmanlardan kaynaklanan soğutma yükü

$$Q_{\text{ekipman}} = Q_{\text{duyulur}} + Q_{\text{gizli}} \quad (1.1.4.3.)$$

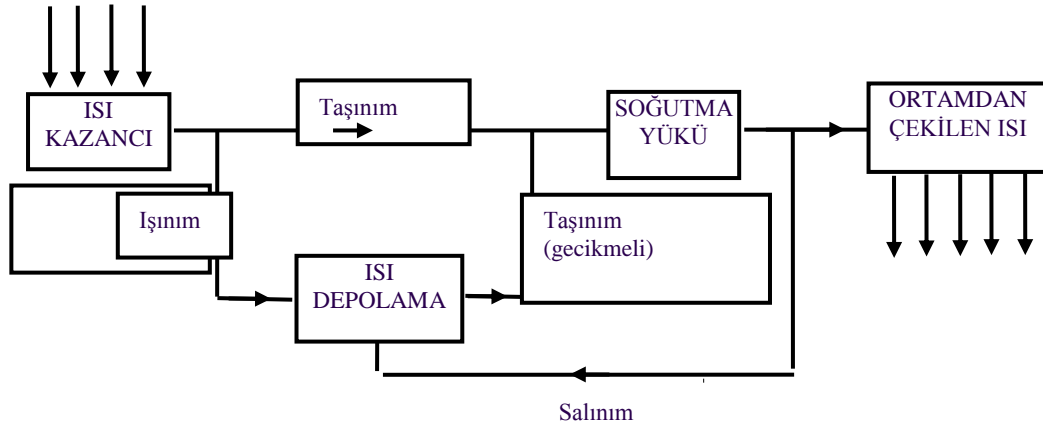
Aydınlatmadan kaynaklanan soğutma yükü

$$Q_{\text{aydınlatma}} = W_a \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \quad (1.1.4.4.)$$

En son olarak toplam soğutma yükü eşitlik 1.1.4.5. ile bulunur.

$$Q_{\text{total}} = Q_t + Q_{rc,t} + Q_{\text{tot}_F} + Q_I + Q_w \quad (1.1.4.5.)$$

Bir ortamda soğutma yükünün oluşmasını sağlayan ısı kazançları iletim (Konduksiyon), taşınım (Konveksiyon) ve ışınım (Radyasyon) yolu ile olmaktadır. Ortamın, taşınım yoluyla ısı kazançları anlık olarak, yani hemen soğutma yüküne dönüşürken, iletim ve ışınım ile ısı kazancı hemen soğutma yüküne dönüşmemektedir. Işınım enerjisi önce ortamı çevreleyen opak yüzeyler ile ortamda bulunan cisimler tarafından yutulmakta, daha sonra bu yüzey ve cisimlerin ısı kapasitelerine göre belli bir gecikmeyle soğutma yüküne etki etmektedir. Benzer şekilde ortama iletimle olan ısı kazancının büyük kısmı malzemenin ısı kapasitesine bağlı olarak depolanarak ortama belli bir gecikmeyle verilirken, geri kalan kısmı taşınım ile hemen ortama verilmektedir (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2. Bina ısı transfer mekanizması

İletimle ısı transferi; homojen ve sabit yapı özellikleri ile zamana bağlı, bir boyutlu olarak modellenmektedir. Modellemeler, Fourier ısı iletim eşitliği ile ısı yayılım eşitliklerinin çözümüne dayanmaktadır (McQuiston vd, 2000). Dış yüklerden kaynaklanan soğutma yükü opak yapı elemanlarının ısı özelliklerinden dolayı soğutma yükü hesaplamalarını karmaşık hale getirmektedir. Soğutma yükü hesap yöntemlerinde opak yüzeylerden kaynaklanan soğutma yükünü hesaplayabilmek için farklı katsayı ve yöntemler kullanılmıştır. Tepki yönteminde Isıl Tepki Faktörleri (Thermal Response Factor- TRF) (Mitalas ve Stephenson, 1967), Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama yönteminde Eşdeğer Sıcaklık Farkı katsayısı, Transfer Fonksiyon ve Isı Dengesi yönteminde İletim Transfer Fonksiyonları (Conductin Transfer Function-CTF), Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/ Soğutma Yükü Çarpanı yönteminde SCL/CLF

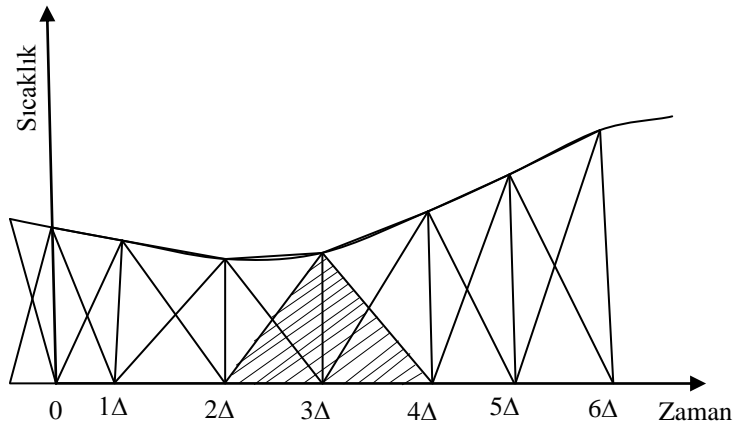
katsayıları, Işınım Zaman Serisi yönteminde ise Periyodik Tepki Faktörü (PRF) olarak adlandırılan İletim Zaman Serileri (CTS) kullanılmaktadır. Soğutma yükü katsayıları 9 farklı (4'ü temel ve diğerleri bunların türevi) metodoloji geliştirilmiştir (Duska vd., 2006). 4 Temel metodoloji aşağıda verilmektedir.

- Isıl Tepki Faktörü (Thermal Response Factor- TRF)
- İletim Transfer Fonksiyonu (Conduction Transfer Function- CTF)
- Periyodik Tepki Faktörü (Periodic Response Factor- PRF)
- Isıl Girişkenlik Yöntemi (Admittance Method- AM)

İlk iki yöntem; bilgisayar yardımıyla kullanılabilirken diğer iki yöntem elle hesaplamalarda kullanabilmektedir.

1.2. Isıl Tepki Faktörü (TRF)

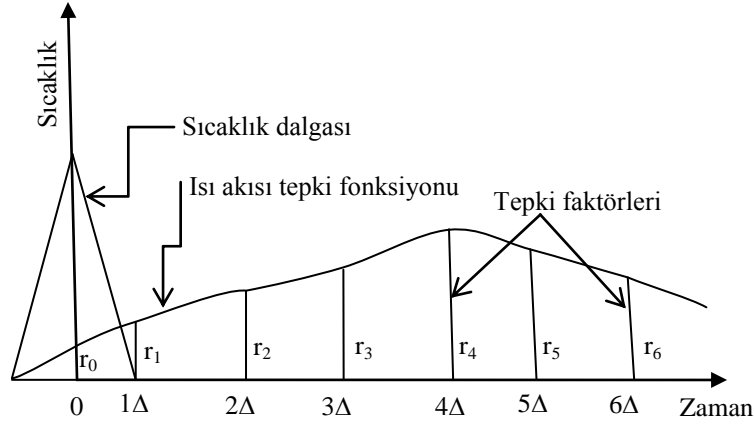
TRF, Fourier eşitliğinin analitik çözümü olan lineer fonksiyon serileri için duvar sınır şartlarının basitleştirilmiş bir modelidir. Çoğunlukla üçgensel dalga formunda kullanılan fonksiyonlar, Şekil 1.3.'de gösterilen şekilde olduğu gibi lineer yaklaşımla istenilen sıcaklık profili ile birleştirilebilmektedir.



Şekil 1.3. Üçgensel dalga ile lineer yaklaşım

Fourier eşitliğinin doğrusallığı duvar yüzeyine uygulanan sıcaklık dalgalanmalarının çakıştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bunun anlamı karmaşık girdiler için Fourier eşitliğinin direkt çözülmesi yerine sürekli değişen sınır şartları için duvar tepkisini değerlendiren basit girdilerin çakıştırılması ile çözüm elde

edilmektedir. Üçgensel sıcaklık dalgası ile oluşturulan ısı akısı tepkisi Şekil 1.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Üçgensel dalga tepkileri

Keyfi büyüklükteki t'nin ilk sıcaklık dalgası için j zaman adımındaki ısı akısı tepkisi q_j (j zaman adımı) Eş. 1.2.1.'de verilmektedir. Burada r_i Şekil 1.3.'de tepki fonksiyonundan elde edilen tepki faktörüdür.

$$q_j = r_i \cdot T \quad (1.2.1.)$$

A yüzeyinde ve “n” zaman adımında; bir duvarın her iki yüzeyi üzerinde uygulanan üçgensel sıcaklık dalgası serisinin tepkisi olarak elde edilen ısı akısı Eş. 1.2.2.'de verildiği gibidir.

$$q_n^A = \sum_{j=0}^{\infty} r_j^{A-A} \cdot T_{n-j}^A - \sum_{j=0}^{\infty} r_j^{B-A} \cdot T_{n-j}^B \quad (1.2.2.)$$

Burada A ve B yüzeyine üçgensel dalga uygulandığı zaman q^A A yüzeyindeki ısı akısı , n ve j zaman terimleri, T yüzey sıcaklık terimi ve r tepki faktörü terimidir. Benzer olarak B yüzeyindeki ısı akısı Eş. 1.2.3.'teki gibi olmaktadır.

$$q_n^B = \sum_{j=0}^{\infty} r_j^{A-B} \cdot T_{n-j}^A - \sum_{j=0}^{\infty} r_j^{B-B} \cdot T_{n-j}^B \quad (1.2.3.)$$

Buradaki j terimi, n adım öncesinde dikkate alınan tepki faktörü ve sıcaklık noktalarının sayısını belirlemektedir. Maksimum j değeri, duvarın termofiziksel özelliklerine ve istenilen doğruluk hassasiyetine bağlıdır. Bu benzerlik $r^{A-B}=r^{B-A}$ herhangi bir duvara uygulanabilir.

1.3. İletim Transfer Fonksiyonu (CTF)

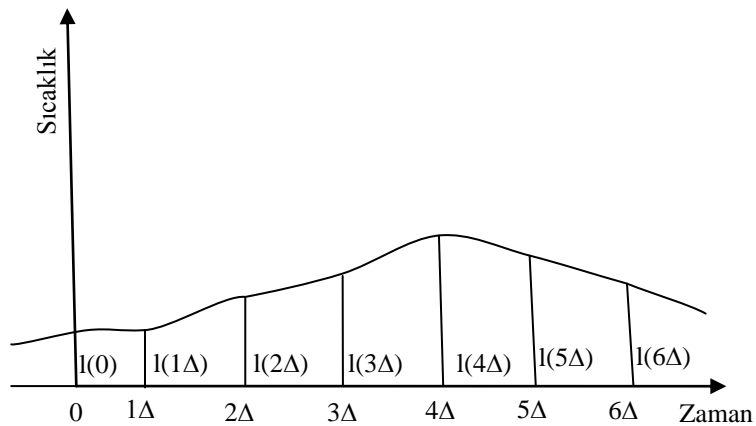
Bu yöntem çok katmanlı opak yapılar için giriş ve çıkış sinyalleri arasındaki ilişkiyi aşağıda verilen eşitlikteki (Eş. 1.3.1) gibi kabul etmektedir.

$$Q_n \cdot b_0 + Q_{n-1} \cdot b_1 + \dots + Q_{n-p} \cdot b_p = I_n \cdot a_0 + I_{n-1} \cdot a_1 + \dots + I_{n-j} \cdot a_j \quad (1.3.1)$$

Burada a ve b z -transfer fonksiyonu katsayılarıdır (Stephenson ve Mitalas, 1971).

$$K(z) = \frac{a_0 + a_1 \cdot z^{-1} + a_2 \cdot z^{-2} + \dots + a_j \cdot z^{-j}}{b_0 + b_1 \cdot z^{-1} + b_2 \cdot z^{-2} + \dots + b_p \cdot z^{-p}} \quad (1.3.2)$$

Burada; Q_{n-j} ve I_{n-j} ; $n-j$ zaman adımında sırasıyla çıkış (ısı akısı) ve giriş (sıcaklık) sinyalidir. Giriş sinyali, sürekli sıcaklık uyarımı yerine değiştirilen ayırık dalganın serisidir.



Şekil 1.5. Ayırık dalgalar ile girdi yaklaşımı

Eşitlik 1.2.1. bir duvarın A ve B yüzeyleri için yeniden düzenlenirse Eş. 1.3.3. ve Eş. 1.3.4. elde edilir.

$$q_n^A = \sum_{j=0}^j a_j^A \cdot T_{n-j}^A - \sum_{j=0}^j a_j^B \cdot T_{n-j}^B - \sum_{j=1}^P b_j^A \cdot q_{n-j}^A \quad (1.3.3.)$$

$$q_n^B = \sum_{j=0}^j a_j^B \cdot T_{n-j}^B - \sum_{j=0}^j a_j^A \cdot T_{n-j}^A - \sum_{j=1}^P b_j^B \cdot q_{n-j}^B \quad (1.3.4.)$$

Z transfer fonksiyonu katsayılarının bulunması tepki faktörleri çözümünden daha zordur. Z transfer fonksiyonu yaklaşımı ısı iletimi analizlerinde Stephenson ve Mitalas (1971) tarafından gösterilmiştir. Yazarların direkt kök bulma prosedürü Hittle ve Bishop (1983) tarafından geliştirilmiş ve ASHRAE Handbook Fundamentals (1989, 1993, 1997)'de verilen Z transfer fonksiyonu katsayılarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Spitler ve Fisher (1999) önceden yayımlanan tüm ağır yoğunluklu duvar katsayılarının yanlış olduğuna dikkat çekmiştir. Katsayıların hesaplanması için geliştirilen diğer yöntemler; State-Space Method (SSM) (Jiang, 1982), Time-Domain Method (TDM) (Davies, 1996) ve Frequency-Domain Regression (FDR) (Chen ve Wang, 2001) yöntemidir.

1.4. Periyodik Tepki Faktörü (PRF)

PRF yöntemi RTS yöntemine uygulanmak üzere Spitler (1997) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem n zaman adımında bir duvarın ısı akısını hesaplamak için düzenlenmiş dış hava sıcaklığının periyodik değişimini ve sabit hava sıcaklığını esas almaktadır (Eş. 1.4.1.)

$$q_n^B = \sum_{j=0}^{23} r_{pj}^{A-B} \cdot (T_{n-j}^A - t^B) \quad (1.4.1.)$$

Burada A ve B sırasıyla dış ve için yüzeyler, r_{pj}^{A-B} periyodik tepki faktörü, T_{n-j}^A düzenlenmiş dış hava sıcaklığı ve T^B sabit oda sıcaklığını ifade etmektedir. PRF değerlerinin tespiti için ilk çalışmayı Spitler vd. (1997) TRF katsayılarını, Spitler ve Fisher (1999) CTF katsayılarını kullanarak yapmıştır. Iu ve Fisher (2004)'de CTF katsayılarını kullanarak PRF değerlerini hesaplayan bir paket

program yazmıştır. Sonrasında Chen ve Wang (2005) FDR yöntemini kullanarak PRF değerlerini direkt olarak hesaplamıştır.

1.5. Isıl Girişkenlik Yöntemi (AM)

Bu yöntemde sıcaklığın zaman değişimi ve duvar yüzeyindeki ısı akısının sinüzoidal olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bir yüzey üzerindeki uyarılma tepkisi sinüzoidal olduğu gibi, duvar içinde veya diğer yüzeyde uyarılma tepkisi sinüzoidal şeklindedir. Bu uyarılma ve tepki sinyalleri genlik ve fazda farklıdır. A ve B yüzeylerindeki değişkenler arasındaki ilişki Eş. 1.5.1.'deki gibidir.

$$\begin{bmatrix} \hat{t}^B \\ \hat{q}^B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{t}^A \\ \hat{q}^A \end{bmatrix} \quad (1.5.1.)$$

Burada \hat{t} ve \hat{q} periyodik sıcaklık ve ısı akısını göstermektedir. Transmisyon matrisinin karmaşık elemanları Eş. 1.5.2.-1.5.4.'te verilmiştir.

$$a_{11} = a_{22} = \cosh(p + j.p) \quad (1.5.2.)$$

$$a_{12} = \frac{L \cdot \sinh(p + j.p)}{\lambda \cdot (p + j.p)} \quad (1.5.3.)$$

$$a_{21} = \frac{\lambda \cdot (p + j.p) \cdot \sinh(p + j.p)}{L} \quad (1.5.4.)$$

Burada L duvar kalınlığı, p parametresi 24 saatlik(86400 saniye), periyodu (Eş. 1.5.5.) göstermektedir.

$$p = \sqrt{\frac{\pi \cdot L^2 \cdot \rho \cdot c}{86400 \cdot \lambda}} \quad (1.5.5.)$$

Periyodik uyarma için duvar tepkisi, AM yöntemine dayandırılan soğutma yükü hesaplamalarında uygulanan 3 faktör (Girişkenlik, Azalma Faktörü ve Yüzey Faktörü) ile açıklanabilir (Milbank ve Lynn, 1974). Girişkenlik, aynı duvar yüzeyindeki periyodik ısı akısının periyodik sıcaklığa oranının büyüklüğüdür. Yüzey faktörü yüzeyden dış ortama verilen periyodik ısı akısının aynı yüzey tarafından absorbe edilen periyodik ısı akısına oranıdır. Azalma faktörü periyodik

transmisyon ısı geçirgenlik katsayısının kararlı haldeki ısı geçirgenlik katsayısına oranıdır (Eş.1.5.6.).

$$f^{A-B} = |\hat{f}^{A-B}| = \left| \frac{\hat{U}^{A-B}}{U} \right| \quad (1.5.6.)$$

Periyodik transmisyon Eş. 1.5.1. ve Eş. 1.5.3. kullanılarak belirlenir (Eş. 1.5.7.).

$$\hat{U}^{A-B} = \frac{\hat{q}^B}{\hat{t}^A} = \frac{1}{a_{12}} \quad (1.5.7.)$$

\hat{t}^A ile \hat{q}^B arasındaki faz gecikmesi (ω) Eşitlik 1.5.8.'de verilmiştir.

$$\omega = \frac{12}{\pi} \cdot \arctan \left[\frac{Im(\hat{f}^{A-B})}{Re(\hat{f}^{A-B})} \right] \quad (1.5.8.)$$

24 saatlik periyot boyunca ortalama sıcaklıklar A ve B yüzeyinden Eş. 1.5.9. ve Eş. 1.5.10. ile elde edilir.

$$\hat{t}^A = \frac{\sum_{n=0}^{23} \hat{t}_n^A}{24} \quad (1.5.9)$$

$$\hat{t}^A = \frac{\sum_{n=0}^{23} \hat{t}_n^A}{24} \quad (1.5.10)$$

“n” zaman adımında; A yüzeyindeki sıcaklık salınımı Eş. 1.5.11.'de, B yüzeyindeki ısı akısı Eş. 1.5.12.'de verilmiştir (Duska vd, 2006).

$$\hat{t}^A = t_n^A - t_n^{-A} \quad (1.5.11.)$$

$$q_n^B = \hat{q}_n^B + q^{-B} = U \cdot \hat{f}^{A-B} \cdot \hat{t}_{n-w}^A + U \cdot (t^{-A} - t^{-B}) \quad (1.5.12.)$$

RTS yönteminde, bina ısı transfer mekanizmasında belirtilen zaman gecikmelerinin soğutma yükü üzerindeki etkisinin bulunmasında CTS ve RTS değerleri kullanılmaktadır. CTS katsayıları ile duvar ve tavandan ısı iletimi, RTS katsayıları ile duvar, tavandan, kapı, pencere, iç yüklerden oluşan ışıyım soğutma yükleri bulunur. CTS ve RTS değerleri yapı elemanlarının (duvar, çatı, döşeme, pencere, kapı) özelliklerine göre değişir. ASHRAE 2009-fundamentals Handbook'ta 35 farklı duvar formu ve 19 farklı çatı formları için CTS katsayıları verilmektedir. RTS değerleri ise, opak yüzeyler için nonsolar RTS ve saydam yüzeyler için solar RTS olarak farklı kategorilerde verilmiştir. RTS çizelgeleri düşük, orta ve ağır yapı

olarak 3 farklı yapı sınıfı için hazırlanmıştır. Ancak tasarım yapan mühendisler istediği yapı formunu seçmek yerine yapı formuna en yakın olan yapı formunu tespit edip, o yapıya ait CTS katsayılarını soğutma yükü hesaplamalarına dahil etmektedir. Ayrıca bu yapı formlarına bakıldığı zaman, ülkemiz için bu yapı formlarının yetersiz olduğu görülmektedir. Bu amaçla bu çalışmada opak yapı elemanlarından kaynaklanan soğutma yükü hesabında kullanılan CTS serilerinin tespiti için ülkemizde yaygın olarak kullanılan yapı elemanları tespit edilerek bir paket program hazırlanmıştır. Bu paket program sayesinde tasarım yapan mühendisler istedikleri yapı formu için CTS katsayılarını kolayca temin edebilecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bilgisayar kullanılarak ilk soğutma yükü hesap prosedürü Brisken ve Reque (1956) tarafından açıklanmıştır. Bir mahalın hem duvar ve çatı elemanları hem de zone tepki faktörleri bulunması için basitleştirilmiş ısı devre modeli kullanılmıştır. Opak yapı elemanlarının tepki faktörleri; çift ısı devre, dikdörtgensel uyarı dalgası ve adi diferansiyel Laplas dönüşümü ile elde edilmiş çözümleri kullanılarak belirlenmiştir. Zone tepki faktörleri tüm ısı devrenin ağ özellikleri kullanılarak belirlenmiştir. Opak yapı elemanları için toplamda 7 tepki faktörü hesaplanmıştır. Metodoloji hem pik ısıtma ve soğutma yükleri hem de toplam ısıtma-soğutma yüklerine uygulanmıştır. Ancak bilgisayar kapasitesinden dolayı 6 tepki faktörü kullanılmıştır. Bu nedenle çatıdan kaynaklanan ısı kazancında %11,9'luk bir hata tespit edilmiştir Bununla birlikte tepki faktörlerinin, sonsuz serisinin ilk 7 teriminin alınmasından kaynaklanan hata tahmini yapılmamıştır.

Mitalas ve Stephenson (1967) hem duvar,çatı hem de odaların ısı tepki faktörlerini elde etmek için bir prosedür açıklamıştır. Brisken ve Reque'den farklı olarak; tepki faktörlerin hesaplamak için üçgensel dalga, zone tepki faktörleri hesaplamak için daha detaylı ısı devre ve opak yapı elemanlarının tepki faktörlerini hesaplamak için ısı iletimi probleminin analitik çözümü kullanılmıştır. Bir sonraki yayınlarında (Stephenson ve Mitalas, 1967) tepki faktörlerinin soğutma yükü hesabındaki kullanımı açıklanmıştır. Ancak bu yayında araştırmacılar hesaplamalarında kaç tane tepki faktörü kullandıklarını belirtmemiştir. Zone tepki faktörü birçok ısı kazancı kaynağı için verilmiştir. Her ısı kazancı bileşeni için 10 zone tepki faktörü verilmiştir. Ardışık tepki faktörü terimlerinin oranının verilmesi istenilen doğruluğu elde etmek için tepki faktörü serisinin uzunluğunun ayarlanabilmesine olanak sağlamıştır. (Spitler ve Fisher, 1999).

ASHRAE (1967) Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama (TETD/TA) Yöntemini tanıttı. Bu yöntem tüm yüzeylerden taşınım yoluyla meydana gelen soğutma yükü hesabının yanında, ışıınım yoluyla meydana gelen soğutma yükünü

hesaplamaya çalışmıştır (Joudi ve Al-Badree, 2005). Bu yöntemde bir dizi duvar ve çatı için güneş-hava sıcaklığı ve ortam sıcaklığının fonksiyonu olarak TETD değerleri türetilmiştir. Bu veriler, tek boyutlu zamana bağlı birden çok katmanlı levhada iletimle ısı geçiş denkleminin Fourier serisi çözümüne dayandırılmıştır. TETD değerleri ile anlık ısı kazancı bulunmuştur. Bu kazanç zamana göre ortalama (Time Averaging, TA) tekniği ile anlık soğutma yükü değerlerine dönüştürülmüştür. Bu yöntemde, hesap edilen zaman adımındaki ısı kazançlarının isinim değerleri, bir önceki zaman adımındaki tahmini değerler ile ortalaması alınarak hesaplanmıştır.(ASHRAE, 1993). TETD/TA yöntemi, ortamın ısı depolama etkisini belirli oranda hesaplara dahil etmesine rağmen karmaşıklığından dolayı en iyi sonuçlar bilgisayar çözümlenmesi ile alınır (Aktacir vd, 2003).

Loudon (1968) sınır koşullarının (Dış hava sıcaklığı, solar radyasyon gibi) 24 saatlik periyotta sinüzoidal dalgalanma varsayımına dayanan bir yöntem açıklamıştır. Isıl Girişkenlik yöntemi soğutma yükü ve sıcaklıkların değişken bileşenlerini hesaplayan 2 aşamalı bir yöntemdir. Üç düğümlü ısı ağ ile belirlenen CİBSE basitleştirilmiş modeli kullanılarak ortalama bileşenler hesaplanmıştır. Isıl Girişkenlik prosedürü sıcaklık farkının ve soğutma yükünün değişken bileşenlerinin nasıl hesaplandığını göstermiştir (Rees vd, 1998).

Stephenson ve Mitalas (1971) İletim Transfer Fonksiyonu (Conduction Transfer Function-CTF) yaklaşımıyla çok katmanlı opak yapılar için ısı iletimi modelini yayımlamıştır. CTF katsayılarının tespiti için Laplas ve Z dönüşüm yöntemlerini kullanmıştır. Çeşitli frekanslardaki s-transfer fonksiyonunun frekans tepkisini hesaplamak için frekans tepkisi eşlemesi yapılmıştır. Yazarlar RF formülasyonu yerine CTF formülasyonu kullandıklarında aritmetik işlemlerin 5 kat azalma olduğunu tahmin etmişlerdir.

Spitler vd. (1997) yaptıkları çalışmada; önceki soğutma yükü hesap yöntemleri yerine kullanılabilen ve HB yönteminden türetilen RTS yöntemini açıklamışlardır. Bu yöntemde; iletimle ısı kazancı hesabı için 24 terimden oluşan periyodik tepki faktörü (PRF) serisi ve ışıınım ısı kazancı hesabı için 24 terimden oluşan ışıınım

zaman serisi (RTS) katsayıları kullanılmıştır. Yaptıkları çalışmada Hittle ve Bishop (1983) tarafından tek dalgada 120 terimden oluşan RF serisini sabit periyodik girdileri dikkate alarak 24 terime indirgemişler ve bu seriyi “periyodik tepki faktörü” olarak adlandırmışlardır.

Spitler ve Fisher (1999) yaptıkları çalışmada PRF ve CTF serileri arasındaki bağlantıyı; CTF genel eşitliğine sabit periyodik sınır şartları uygulayarak formülize etmiştir. Bu yaklaşımla PRF serilerini birkaç eşitlik ile CTF serilerinden elde etmişlerdir.

Spitler ve Fisher (1999) bir sonraki çalışmalarında CTF serilerini kullanarak ASHRAE 1997’de verilen 41 duvar ve 42 çatı formu için PRF serilerini yayımlamışlardır.

Ipseng ve Fisher (2004) yaptıkları çalışmada CTF ve PRF serilerinin hesabı için değişik yöntemleri yayımlayıp, bu yöntemlerin kıyaslamasını yapmışlardır. Değişik formlardaki yapı elemanlarının CTF ve PRF hesabı için FORTRAN90 kullanılarak bir paket program yazmışlardır.

Chen ve Wang (2005) PRF serilerinin CTF serilerinden hesaplanması yerine, bu serileri direkt olarak hesaplamak için “Frequency Domain Regression” yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemine uygun olarak MATLAB programı ile kod yazmışlardır. Yaptıkları çalışmada değişik yapı formları için bu kodların doğruluğu gösterilmiştir

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada çok katmanlı opak yapı elamanları için CTS serilerinin tespiti için ilk olarak enerji dengesi yazılmıştır. Elde edilen eşitliğe, Wang ve Chen (2003) tarafından yayınlanan “Frequency Domain Regression” (FDR) yöntemini uygulanarak genel çözüm elde edilmiştir. Genel çözümler MATLAB programı ile kod haline getirilmiştir (Ek 1.). Hazırlanan kodlar C# programı ile arayüz haline getirilmiştir (Ek 2.).

3.2. Yöntem

FDR yöntemi, çok katmanlı opak yapıların ısı akısı hesabı için teorik frekans karakteristikleri bazında opak yapının polinomal s transfer fonksiyonlarını hesaplamak için geliştirilmiştir. Basit polinomal s transfer fonksiyonları, frekans karakteristiklerinin hiperbolik s transfer fonksiyonuna eşdeğerdir (Chen vd, 2001). Eşitlik (3.1.)’de opak yapı elamanının tek boyutlu zamana bağlı ısı transfer denklemleri verilmektedir.

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \frac{k}{\rho C_p} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3.1.)$$

Opak yapının iletimle ısı transferi; t anında ve x uzunluğunda;

$$q(x, t) = -k \cdot \frac{\partial T(x,t)}{\partial x} \quad (3.2.)$$

Burada ısı iletkenlik (k), özgül ısı (C_p) ve yoğunluk (ρ) değerleri her bir katman için sabit kabul edilmiş ve $T(x,0) = 0$ ’dır. Eş. (3.1.)’e Laplace dönüşümü uygulanarak Eş. (3.3.) elde edilir. Eşitlikteki “s” indisi Laplace değişkeni göstermektedir.

$$\begin{bmatrix} T_i(s) \\ q_i(s) \end{bmatrix} = M(s) \cdot \begin{bmatrix} T_o(s) \\ q_o(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} T_o(s) \\ q_o(s) \end{bmatrix} \quad (3.3.)$$

Burada $M(s)$ opak yapı elemanının toplam transmisyon matrisidir. Her bir opak yapı elemanı katmanı için ayrı ayrı hesaplanan M matrislerinin çarpımına eşittir.

$$M(s) = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1(s) & B_1(s) \\ C_1(s) & D_1(s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_2(s) & B_2(s) \\ C_2(s) & D_2(s) \end{bmatrix} \cdots \begin{bmatrix} A_n(s) & B_n(s) \\ C_n(s) & D_n(s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_o(s) & B_o(s) \\ C_o(s) & D_o(s) \end{bmatrix} \quad (3.4.)$$

$$M_i(s) = \begin{bmatrix} A_i(s) & B_i(s) \\ C_i(s) & D_i(s) \end{bmatrix} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (n, \text{ katman sayısıdır}) \quad (3.5.)$$

Toplam M transmisyon matrisinin hiperbolik fonksiyon tipleri Eş. (3.6.-3.8.)’de verilmektedir.

$$A_i = D_i = \cosh\left(L_i \cdot \sqrt{\frac{s}{a_i}}\right) \quad (3.6.)$$

$$B_i = -R_i \cdot \sinh\left(L_i \cdot \sqrt{\frac{s}{a_i}}\right) / \left(L_i \cdot \sqrt{\frac{s}{a_i}}\right) \quad (3.7.)$$

$$C_i = -\left(L_i \cdot \sqrt{\frac{s}{a_i}}\right) \sinh\left(L_i \cdot \sqrt{\frac{s}{a_i}}\right) / R_i \quad (3.8.)$$

Burada “ i ” opak yapının katman sayısıdır. “ L_i ”, “ R_i ” ve “ a_i ” sırasıyla her bir katmanın; uzunluk, direnç ve Eş. (3.9.) ile verilen ısı yayılım katsayılarıdır.

$$a_i = \frac{k}{\rho c_p} \quad (3.9.)$$

Eğer bir katmanın ihmal edilebilir düşük bir ısı kapasitesi var ise “ M ” matrisi direnç cinsinden tanımlanır. İç ve dış film yüzeyleri için ısı direnç cinsinden M_i ve M_o transmisyon matrisi düzenlenirse Eş. (3.10.) elde edilir.

$$M_i = \begin{bmatrix} 1 & -R_i \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ ve } M_o = \begin{bmatrix} 1 & -R_o \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.10.)$$

Eşitlik (3.11.)’de toplam transmision matrisi, ısı akısı ve sıcaklıklar aynı taraflara alınarak eşitlik yeniden düzenlenebilir.

$$\begin{bmatrix} q_o(s) \\ q_i(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -G_x(s) & G_y(s) \\ -G_y(s) & G_z(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_o(s) \\ T_i(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A(s)/B(s) & 1/B(s) \\ -1/B(s) & D(s)/B(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_o(s) \\ T_i(s) \end{bmatrix} \quad (3.11.)$$

Burada, “G_x”, “G_y” ve “G_z” sırasıyla opak yapının dış, geçiş ve iç ısı iletim transfer fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonlar opak yapının dinamik ısı davranışını karakterize eder.

$$G_x=A(s)/B(s) \quad (3.12.)$$

$$G_y=1/B(s) \quad (3.13.)$$

$$G_z=D(s)/B(s) \quad (3.14.)$$

Eş.(3.11., 3.12. ve 3.13.)’te verilen “G_x”, “G_y” ve “G_z eşitliklerinde “s” yerine “jw (j²=-1)” yazılarak teorik frekans karakteristikleri olan G_x(jw), G_y(jw) ve G_z(jw) fonksiyonları bulunur (Chen ve Chen, 2000). Isı iletim transfer fonksiyonları reel ve imajiner kısımlarına ayrılır. Eşitlik (3.15.)’te görülen P_k ve Q_k ısı iletim transfer fonksiyonlarının reel ve imajiner kısımlarını, k ise frekans noktasını belirtmektedir.

$$G(jw_k) = P_k + j \cdot Q_k \quad (3.15.)$$

Eş.(3.16.) ile polinomal s tranfer fonksiyon katsayıları (θ) hesaplanır.

$$\theta = \Gamma^{-1} \cdot \Theta \quad (3.16.)$$

Eşitlik (3.16.)’da verilen Lamda matrisinin (Γ) elemanları Eş.(3.17.)’de verilmektedir. Eş. (3.18.)’de Γ matrisi, Eş.(3.19.)’da ise Θ vektörü verilmektedir.

$$v_i = \sum_{k=1}^N \omega_k^i, \quad X_i \sum_{k=1}^N \omega_k^i \cdot P_k$$

$$w_i = \sum_{k=1}^N \omega_k^i \cdot Q_k, \quad u_i = \sum_{k=1}^N \omega_k^i \cdot (P_k^2 + Q_k^2) \quad (3.17.)$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} v_0 & 0 & -v_2 & 0 & v_4 & \dots & w_1 & X_2 & -w_3 & -X_4 & w_5 & \dots \\ 0 & v_2 & 0 & -v_4 & 0 & \dots & -X_2 & w_3 & X_4 & -w_5 & -X_6 & \dots \\ -v_2 & 0 & v_4 & 0 & -v_6 & \dots & -w_3 & -X_4 & w_5 & X_6 & -w_7 & \dots \\ 0 & -v_4 & 0 & v_6 & 0 & \dots & X_4 & -w_5 & -X_6 & w_7 & X_8 & \dots \\ v_4 & 0 & -v_6 & 0 & v_8 & \dots & w_5 & X_6 & -w_7 & -X_8 & w_9 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 & -X_2 & -w_3 & X_4 & w_5 & \dots & u_2 & 0 & -u_4 & 0 & u_6 & \dots \\ X_2 & w_3 & -X_4 & -w_5 & X_6 & \dots & 0 & u_4 & 0 & -u_6 & 0 & \dots \\ -w_3 & X_4 & w_5 & -X_6 & -w_7 & \dots & -u_4 & 0 & u_6 & 0 & -u_8 & \dots \\ -X_4 & -w_5 & X_6 & w_7 & -X_8 & \dots & 0 & -u_6 & 0 & u_8 & 0 & \dots \\ w_5 & -X_6 & -w_7 & X_8 & w_9 & \dots & u_6 & 0 & -u_8 & 0 & u_{10} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad (3.18.)$$

$$\Theta^T = [X_0 \quad w_1 \quad -X_2 \quad w_3 \quad X_4 \quad \dots \quad 0 \quad u_2 \quad 0 \quad u_4 \quad \dots] \quad (3.19.)$$

Eş.(3.18. ve 3.19.)'da verilen ifadeler Eş. 3.16.'da yerine yazarak polinomal s transfer fonksiyonu katsayıları (β ve α) bulunur (Eş. 3.20.).

$$\theta^T = [\beta_0 \quad \beta_1 \quad \beta_2 \quad \beta_3 \quad \beta_4 \quad \dots \quad \alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4 \quad \dots] \quad (3.20.)$$

Polinomal s transfer fonksiyonun katsayıları bulunduktan sonra, hiperbolik s transfer fonksiyonu $\tilde{G}(s)$ bulunur (Eş. 3.21.).

$$\tilde{G}(s) = \frac{\beta_0 + \beta_1(s) + \beta_2(s)^2 + \dots + \beta_r(s)^r}{1 + \alpha_1(s) + \alpha_2(s)^2 + \dots + \alpha_m(s)^m} = \frac{\tilde{B}(s)}{1 + \tilde{A}(s)} \quad (3.21.)$$

Eşitlik (3.21.)'de verilen $\tilde{A}(s)$ ve $\tilde{B}(s)$ Eş.(3.22. ve 3.23.) ile bulunur.

$$\tilde{A}(s) = \alpha_1(s) + \alpha_2(s)^2 + \dots + \alpha_m(s)^m \quad (3.22.)$$

$$\tilde{B}(s) = \beta_0 + \beta_1(s) + \beta_2(s)^2 + \dots + \beta_r(s)^r \quad (3.23.)$$

Burada α_i ve β_i reel katsayılar, r ile m ise pay ve paydanın düzen katsayılarıdır. Genellikle bu katsayılar yapı tiplerine göre; hafif yoğunluklu yapılar için 4, orta yoğunluklu yapılar için 5 ve ağır yapılar için ise 6 seçilir. Eşitliklerde “s” yerine “jw” yazılırsa Eş. (3.24.) bulunur.(Chen vd, 2001)

$$\tilde{G}(jw) = \frac{\beta_0 + \beta_1(jw) + \beta_2(jw)^2 + \dots + \beta_r(jw)^r}{1 + \alpha_1(jw) + \alpha_2(jw)^2 + \dots + \alpha_m(jw)^m} = \frac{\tilde{B}(jw)}{1 + \tilde{A}(jw)} \quad (3.24.)$$

Sonrasında $1 + \tilde{A}(s) = 0$ için “m” tane “ s_i ” kök değerleri bulunur. Kök değerleri bulunduktan sonra Eş. (3.25.)’te yerine yazılarak çözüm değerleri olan “ δ_i ” bulunur.

$$\delta_i = -\tilde{B}(s_i) / [s_i^2 \tilde{A}'(s_i)] \quad (3.25.)$$

Eş. (3.24. ve 3.25.) ile hesaplanan “ s_i ” ve “ δ_i ” değerleri, Eş. (3.26. ve 3.27.)’de yerlerine yazılarak CTS serileri bulunur. Eşitlikte; $M=24$ saat, $\Delta t=1$ saat ve $R_{e\dot{s}}$ =Toplam ısı direnç olup, $1 < j < M-1$ ’dir (Chen vd, 2003).

$$CTS_0 = 1 + R_{e\dot{s}} \cdot \left(\sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\Delta t} \cdot (1 - e^{s_i \cdot t}) \frac{(1 - e^{(M-1) \cdot s_i \cdot t})}{(1 - e^{M \cdot s_i \cdot t})} \right) \quad (3.26.)$$

$$CTS_j = -R_{e\dot{s}} \cdot \left(\sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\Delta t} (1 - e^{s_i \cdot t})^2 \frac{(1 - e^{(j-1) \cdot s_i \cdot t})}{(1 - e^{M \cdot s_i \cdot t})} \right) \quad (3.27.)$$

3.2.1. FDR Yöntemi Hesaplama Adımları

Yukarıda açıklamalara dayanarak opak yapı elemanlarına ait CTS serilerini hesaplamak için FDR yönteminde aşağıdaki çözüm adımları takip edilir;

- Çok katmanlı opak yapı elemanlarının kalınlığı (L), ısı iletkenlik katsayısı (k), özgül ısı değeri (C_p), yoğunluk (ρ) ile iç ve dış yüzey taşınım katsayılarından ısı direnç (R) ve ısı yayılımları katsayısı (a) hesaplanır.

- Frekans noktası belirlenmesi için $N = 10(n_1 - n_2) + 1$ formülü kullanılır. Burada n_1 ve n_2 frekans aralığı limitlerini ifade eder. Genellikle $n_1=8$ ve $n_2=3$ seçilir. N frekans noktası için logaritmik frekans aralığı (w_k) hesaplanır. Logaritmik frekans aralığı “j” ile çarpılarak kompleks hale getirilir ($w_k = 10^{-n_1+(k-1)(n_1-n_2)/(N-1)}$, $s_k = j.w_k$) ($k=1, 2, \dots, N$).

- Eşitlik (3.6.,3.7.,3.8.)’de “s” yerine “jw” yazılarak her katman için, katman transmisyon matrisi bulunur. Eş. (3.4.)’te katman transmisyon matrisleri (iç yüzeyden dış yüzeye doğru) çarpılarak toplam transmisyon matrisi (M) bulunur. Toplam transmisyon matrisi bulunduktan Eşitlik (3.12.,3.13. ve 3.14.)’te G_x , G_y ve G_z hiperbolik transfer fonksiyonlar bulunur.

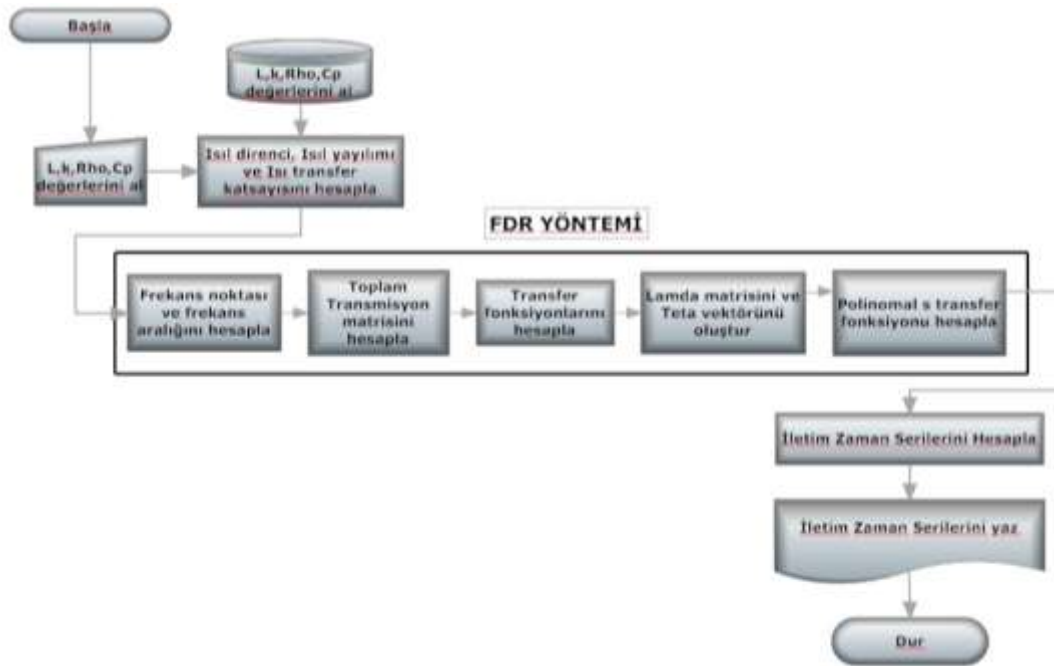
- Hiperbolik transfer fonksiyonu (G_y), gerçek (P) ve sanal (Q) kısımlarına ayrılır (Eş. (3.15.)). Polinomal s transfer fonksiyonu için düzeltme katsayıları olan “m” ve “r” belirlenir. Sonrasında lamda(Γ) ve teta (Θ) matrisleri oluşturulur (Eş. (3.18., 3.19.)). Eşitlik 3.16. kullanılarak Polinomal s transfer fonksiyonu katsayıları (β ve α) hesaplanır.

- Polinomal s transfer fonksiyonu elde edildikten sonra $1 + \tilde{A}(s)$ ’nin kök değerleri bulunup Eş. (3.24.)’te yerine yazılarak çözüm değerleri elde edilir. Çözüm değerleri Eş. (3.25. ve 3.26.)’ta yerlerine yazılarak CTS serileri hesaplanır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. CTSCALC Programı

CTSCALC programının algoritması, MATLAB programlama dili kullanılarak önceki bölümde detayları açıklanan FDR yöntemine göre hazırlanmıştır. Sonrasında C# programı kullanılarak arayüz haline getirilmiştir. CTSCALC programı çalıştırıldığında ilk olarak opak yapı elemanın katmanları seçilmektedir. Bu işlemden sonra, opak yapının ısı direnci (R), ısı yayılımı (α) ve ısı geçirgenlik katsayısı (U) hesaplanmaktadır. Bu değerler belirlendikten sonra, CTS değerleri hesaplanmaktadır. Şekil 4.1.'de CTSCALC programının akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.1. CTSCALC programının akış diyagramı

Bina opak yapı elemanlarına ait termofiziksel özelliklerden yoğunluk (ρ), ısı iletim katsayısı (k) ve özgül ısı (C_p) değerlerini içeren bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veriler, TS 825 Binalarda ısı yalıtım standardından, ASHRAE Handbook-Fundamentals'dan, ve ülkemizde sıkça kullanılan yapı elemanlarına ait ürün kataloglarından temin edilmiştir. Programın veri seti çizelge 4.1.'de verilmektedir.

İstenilen yapı elemanının rahatça bulunabilmesi için yapı elemanlarına kodlar verilmiştir. Hava için **A** kodu, tuğla için **B**, beton için **C**, sıva için **G**, yalıtım için **I** ve levhalar için **P** kodu kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. CTSCALC programında kullanılan yapı malzemeleri

Kod	Açıklama	L (mm)	k (w/mK)	ρ (m ³ /kg)	Cp (j/(kg.K))	R (m ² K/kg)
A01	İç hava direnci	0	0	0	0	0,12
A02	Dış hava direnci	0	0	0	0	0,04
B01	85 mm yatay delikli tuğla	85	0,311	431	841	0,27
B02	100 mm yatay delikli tuğla	100	0,330	595	841	0,30
B03	135 mm yatay delikli tuğla	135	0,304	641	841	0,44
B04	250 mm yatay delikli tuğla	250	0,330	610	841	0,75
B05	190 mm düşey delikli yığma tuğla	190	0,320	700	841	0,59
B06	190 mm düşey delikli dekoratif yığma tuğla	190	0,370	800	841	0,51
B07	190 mm düşey delikli taşıyıcı yığma tuğla	190	0,500	1100	841	0,38
B08	240 mm düşey delikli dekoratif yığma tuğla	240	0,320	700	841	0,75
B09	11.5 izo tuğla	115	0,210	750	841	0,54
B10	13.5 straforlu izo tuğla	135	0,240	600	841	0,56
B11	14.5 izo tuğla	145	0,240	600	841	0,60
B12	15 izo tuğla	150	0,170	796	841	0,88
B13	17.5 izo tuğla	175	0,240	753	841	0,72
B14	19 izo tuğla	190	0,230	733	841	0,82
B15	190 mm 6 Sıra Boşluklu Blok Bims tuğla	190	0,127	722	1400	1,49
B16	250 mm 25 Sıra Boşluklu Blok Bims tuğla	250	0,12	722	1400	2,08
B17	90 mm Geçmeli Blok Bims tuğla	90	0,219	788	1400	0,41
B18	100 mm Geçmeli Blok Bims tuğla	100	0,182	861	1400	0,54
B19	135 mm Geçmeli Blok Bims tuğla	135	0,182	861	1400	0,74
B20	150 mm Geçmeli Blok Bims tuğla	150	0,153	662	1400	0,98
B21	190 mm Geçmeli Blok Bims tuğla	190	0,198	733	1400	0,95
B22	250 mm Geçmeli Blok Bims tuğla	250	0,205	666	1400	1,21
B23	200 mm Asmolen blok bims tuğla	200	0,347	785	1400	0,57
B24	150 MM Gaz Beton Tuğla	150	0,09	400	841	1,81
B25	200 MM Gaz Beton Tuğla	200	0,11	600	841	1,56
B26	250 MM Gaz Beton Tuğla	250	0,16	600	841	1,87
B27	300 MM Gaz Beton Tuğla	300	0,16	600	841	1,87
C01	100mm LW beton	101,6	0,53	1280	841	0,19
C02	150mm LW beton	152,4	0,53	1280	841	0,28
C03	200mm LW beton	203,2	0,53	1280	841	0,38

Çizelge 4.1. (devamı) CTSCALC programında kullanılan yapı malzemeleri

Kod	Açıklama	L (mm)	k (w/mK)	ρ (m ³ /kg)	Cp (j/(kg.K))	R (m ² K/kg)
C04	150mm HW beton	152,4	1,95	2240	900	7,81
C05	200mm HW beton	203,2	1,95	2240	900	0,10
C06	300mm HW beton	304,8	1,9	2240	900	0,16
C07	150mm LW beton duvar	152,4	0,49	512	880	0,31
C08	200mm LW beton duvar	203,2	0,5	464	880	0,40
C09	300mm LW beton duvar	304,8	0,71	512	880	0,42
C10	150mm LW beton duvar(dolu)	152,4	0,29	512	880	0,52
C11	200mm LW beton duvar (dolu)	203,2	0,26	464	880	0,78
C12	300mm LW beton duvar(dolu)	304,8	0,29	512	880	1,05
C13	200mm beton duvar	203,2	1,11	800	920	0,18
C14	300mm beton duvar	304,8	1,4	800	920	0,21
C15	200mm Sadece genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksizin yapılmış beton	200	0,1	300	841	2,00
C16	200mm Gozeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış beton	200	0,81	1600	841	0,24
C17	200mm Moloz tas duvar	200	1,74	2000	841	0,11
C18	200mm Gozenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksizin yapılmış beton	200	0,28	800	841	0,71
C19	100 mm Gaz beton blok	100	0,09	350	841	1,11
C20	100 mm Geçmeli Gaz beton blok	100	0,09	350	841	1,11
C21	Hafif asmolen gaz beton blok	250	0,082	250	841	3,04
C22	Yatay gaz beton duvar paneli	200	0,16	720	841	1,25
C23	Düşey gaz beton duvar paneli	200	0,15	720	841	1,33
C24	200 mm Gaz beton Döşeme Paneli	200	0,19	700	841	1,05
G01	Çimento-kireç sıva	20	0,7	1600	841	2,85
G02	Çimento sıva	20	0,72	1762	840	2,77
G03	Alçı sıva	20	0,51	1120	960	3,92
G04	Kireç harcı	20	0,7	1600	840	2,85
G05	Perlit sıva	20	0,7	1600	840	2,85
G06	Çimento-kum harcı	20	1,2	2200	1000	1,66
G07	Çimento harcı	20	1,4	2000	1000	1,42
I01	Cam yunu cati siltesi	80	0,035	18	841	2,28
I02	Poliüretan köpük levha	20	0,03	30	837	0,66
I03	Cam yunu duvar levhası	30	0,035	22	841	0,85
I04	Cam yunu duvar arası levhası	30	0,033	28	841	0,90
I05	Cam yunu cephe levhası	30	0,033	40	841	0,90
I06	Tas yunu ara bolme levhası	30	0,035	40	841	0,85
I07	Tas yunu dis cephe levhası	30	0,037	50	841	0,81
I08	Tas yunu mantolama levhası	30	0,04	150	841	0,75
I09	Köpük	20	0,033	30	841	0,61
I10	Polistren	20	0,035	30	1340	1,25
I11	Polistren	30	0,035	30	1340	0,86
I12	Polistren	40	0,035	30	1340	1,14
I13	Polistren	50	0,035	30	1340	1,43
I14	Polistren	60	0,035	30	1340	1,71

Çizelge 4.1. (devamı) CTSCALC programında kullanılan yapı malzemeleri

Kod	Açıklama	L (mm)	k (w/mK)	ρ (m ³ /kg)	Cp (j/(kg.K))	R (m ² K/kg)
I15	Polistren	70	0,035	30	1340	2
I16	Polistren	80	0,035	30	1340	2,29
I17	Polistren	90	0,035	30	1340	2,57
I18	Polistren	100	0,035	30	1340	2,86
I19	Tasyunu cati siltesi	30	0,04	150	841	0,75
I20	Polistren sert köpük	50	0,03	25	1000	1,66
I21	Poliüretan	30	0,023	24	1591	1,3
I22	Poliüretan	40	0,023	24	1591	1,74
I23	Poliüretan	50	0,023	24	1591	2,17
I24	Poliüretan	60	0,023	24	1591	2,61
I25	Poliüretan	70	0,023	24	1591	3,04
I26	Poliüretan	80	0,023	24	1591	3,48
I27	Poliüretan	90	0,023	24	1591	3,91
I28	Poliüretan	100	0,023	24	1591	4,35
I29	Polywood	10	0,13	680	840	7,69
I30	Membran	10	0,16	1120	1465	0,06
I31	Shingle	3	0,11	512	1256	2,72
I32	Strafor	50	0,025	20	1000	2,00
I33	XPS levha	20	0,03	22	1000	0,66
I34	Asbestos çimento levha	30	0,36	700	1050	8,33
I35	Kartonpiyer	20	0,17	1600	840	0,11
I36	Asfalt	10	0,5	1000	1700	0,02
I37	Asfalt kaplama	10	0,43	1600	1700	2,32
I38	Mastik Asfalt	10	0,7	2000	1700	1,42
I39	Bitüm	10	0,17	1100	1000	5,88
I40	Armatürlü bitümlü pestiller (Membran)	10	0,19	1100	1000	5,26
I41	Kompzitet Bitüm	10	0,85	2400	1700	1,17
I42	Kum ve Arduvaz içeren bitüm	10	0,35	1450	1000	2,85
I43	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	10	0,19	1100	1700	5,26
I44	0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil	10	0,19	900	1000	5,26
I45	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü pestil	10	0,19	2000	1000	5,26
I46	Cam köpüğü	50	0,05	125	840	1,00
I47	Muşamba	10	0,17	1200	1470	5,88
I48	PVC müşamba	10	0,22	1600	1256	4,54
I49	Plastik müşamba	10	0,35	1750	1256	2,85
I50	Alüminyum	30	200	2700	880	0,01
I51	Polietilen folyo	30	0,19	1000	1000	0,15
I52	PIB polysibotilen örtü	10	0,26	1600	840	3,84
I53	ECB etilen kopolimer örtü	10	0,19	1000	840	5,26
I54	EPDM etilen probilen kauçuk örtü	10	0,3	1200	1000	3,33
I55	Sentetik halı	10	0,06	160	2500	0,16
I56	Ekstrüde polistren köpük	50	0,031	25	840	1,61
I57	Formo-fenol köpük	50	0,037	32	840	1,35
I58	PVC köpük	50	0,035	38	840	1,42

Çizelge 4.1. (devamı) CTSCALC programında kullanılan yapı malzemeleri

Kod	Açıklama	L (mm)	k (w/mK)	ρ (m ³ /kg)	Cp (j/(kg.K))	R (m ² K/kg)
I59	Fenolik köpük	50	0,04	30	1400	1,25
I60	Poliizosiyanat köpük	50	0,03	45	1470	1,66
I61	Polistren sert köpük	50	0,03	25	1000	1,66
I62	Poliüretan köpük	50	0,028	30	1470	1,78
I63	Eksruded Polistren köpük	50	0,03	20	1000	1,66
I64	Sentetik köpük	50	0,04	100	840	1,25
I65	Kauçuk	50	0,06	72	840	0,83
I66	Cam elyafı	50	0,04	12	840	1,25
I67	Cam yünü	50	0,04	250	840	1,25
I68	Ekspanded polistren	50	0,04	25	840	1,25
I69	Eksruded Polistren	50	0,035	24	1340	1,42
I70	Ekspanded poliüretan	50	0,023	24	1591	2,17
I71	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri	40	0,04	30	840	1,00
I72	Asbestos plastik yalıtım	50	0,105	275	1000	0,47
I73	Gaz beton yalıtım plakası	50	0,09	350	841	0,55
P01	Çimentolu yonga levha	12	0,212	1000	841	5,66
P02	Taş desenli levha	12	0,15	1300	841	0,08
P03	Ahşap dokulu levha	12	0,15	1600	841	0,08
P04	Kiremit	50	0,79	1892	880	0,01
P05	Seramik karo	15	1,200	2000	850	0,01
P06	İzolesiz Bitümlü levha	30	0,170	1200	1700	0,17
P07	Ekspanded polistren levha	40	0,035	25	1400	1,14
P08	Mantardan yalıtım levhaları	40	0,040	100	1000	1,00
P09	Kamıştan hafif levhalar	40	0,058	50	840	0,68
P10	Gaz beton levha	150	0,190	600	841	0,78
P11	Os b levha	10	0,120	575	840	8,33

CTSCALC programının giriş ekranı şekil 4.2.'de gösterilmektedir. Giriş ekranında istenilen yapı formu için, katman sayısı, yapı elemanlarının termo-fiziksel özellikleri girebilmektedir. Kullanıcı istediği takdirde daha önceden girmiş olduğu yapı elemanını değiştirebilmekte ve CTS serilerini görüntüleyebilmektedir.

CTSCALC

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
1992

Yeni Yapı
Yapıyı Sil
Görüntüle
Çıkış

Yapı Adı: deneme

Katman Ekle Katman sil Yapıyı Kaydet

KOD	L (mm)	K (W/mK)	r (Kg/m3)	Cp (J/KgK)	R (m2K/W)
I23	50	0,023	24	1591	2,17
A01	0	0	0	0	0,12

Yapılar
fxfs

* Yapı elemanlarını iç yüzeyden dış yüze doğru giriniz.
 ** İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci : 0,12
 *** Dış yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci : 0,04

Şekil 4.2. CTSCALC giriş ekranı

Kullanıcı yapı elemanlarını veri tabanından seçebildiği gibi kendi istediği bir yapı elemanını da veri tabanına ekleyebilmektedir. Türkiye’de binalarda en çok kullanılan yapı elemanlarından oluşturulan yapı elemanları seçim ekranı şekil 4.3.’te gösterilmektedir. Kullanıcı yapı elemanlarını seçtikten sonra sonuçlar şekil 4.4.’te gibi ekrana gelmektedir. Bu ekranda hem CTS hem de PRF serileri görüntülenmektedir. Kullanıcı bu değerleri istediği bir yere kopyalayabilmesi için kopyala butonu eklenmiştir

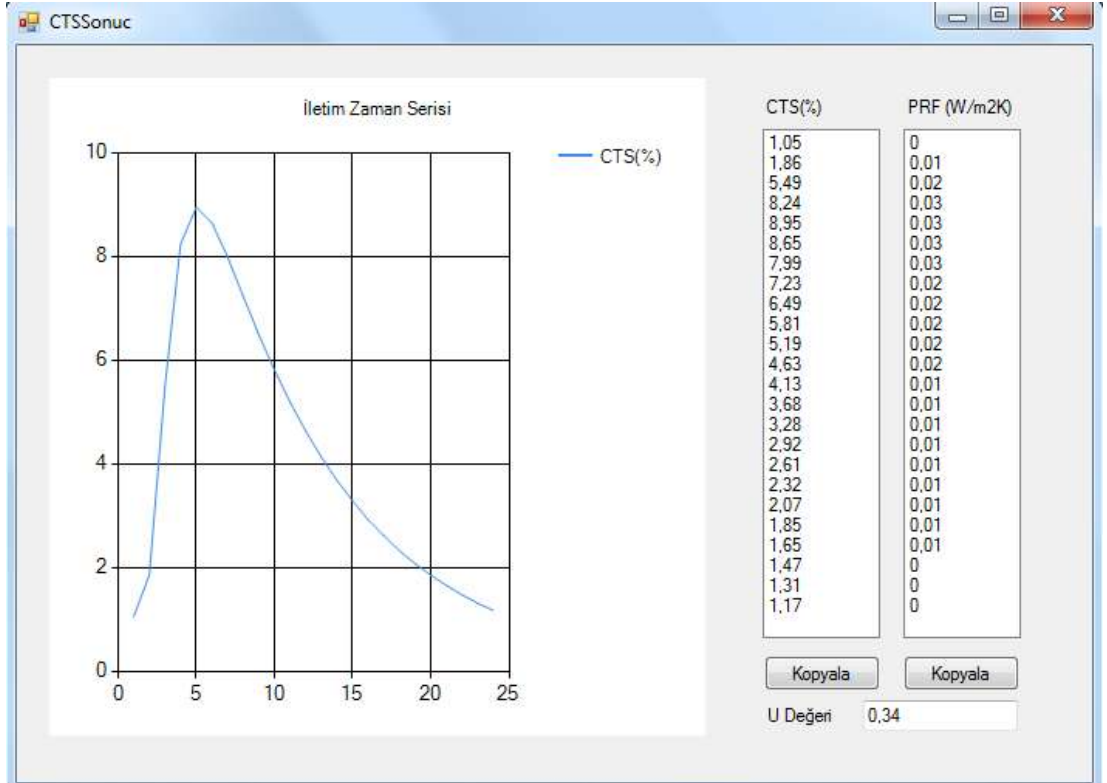
Yapı Elemanları

Seç Yeri Sil Düzenle İptal

Kod	Açıklama	Uzunluk(mm)	Isı İletim katsayısı(w/mK)	Yoğunluk(kg/m ³)	Özgül Isı (/KgK)	Termal Direnci(m ² K/W)
A01	İç hava direnci	0	0	0	0	0,12
A02	Dış hava direnci	0	0	0	0	0,04
B01	85 mm yatay delikli tuğla	85	0,311	431	841	0,27
B02	100 mm yatay delikli tuğla	100	0,330	595	841	0,30
B03	135 mm yatay delikli tuğla	135	0,304	641	841	0,44
B04	250 mm yatay delikli tuğla	250	0,330	610	841	0,75
B05	190 mm düşey delikli yığma tuğla	190	0,320	700	841	0,59
B06	190 mm düşey delikli dekoratif yığma ...	190	0,370	800	841	0,51
B07	190 mm düşey delikli taşıyıcı yığma t...	190	0,500	1100	841	0,38
B08	240 mm düşey delikli dekoratif yığma ...	240	0,320	700	841	0,75
B09	11,5 ızo tuğla	115	0,210	750	841	0,54
B10	13,5 ıstaforku ızo tuğla	135	0,240	600	841	0,56
B11	14,5 ızo tuğla	145	0,240	600	841	0,60
B12	15 ızo tuğla	150	0,170	796	841	0,88
B13	17,5 ızo tuğla	175	0,240	753	841	0,72
B14	19 ızo tuğla	190	0,230	733	841	0,82
B15	190 mm 5 Sıra Boşuklu Blok Birim tu...	190	0,127	722	1400	1,49
B16	250 mm 25 Sıra Boşuklu Blok Birim L...	250	0,120	722	1400	2,08

A: Hava Boşluğu B: Tuğla C: Beton G: Sıva Malzemesi I: Yalıtım Malzemeleri P: Levha Malzemeleri

Şekil 4.3. CTSCALC yapı elemanı seçim ekranı



Şekil 4.4. CTSCALC sonuç ekranı

4.2. Türkiye’de Kullanılan Yapı Elemanları

Türkiye’deki binaların nicelik ve niteliklerine yönelik temel verilerin derlenmesi amacıyla gerçekleştirilen ilk çalışma, 1965 yılında Türkiye İstatistik kurumu (TÜİK) tarafından gerçekleştirilmiştir. 1970 ve 1984 yıllarında tekrarlanan çalışmanın, en son olarak kapsamı önceki çalışmalara göre artırılarak 2000 yılında gerçekleştirilmiştir. “Bina Sayımı 2000” olarak adlandırılan istatistikî çalışma ile, Türkiye’nin yerleşme ve konut alanında yaşadığı değişimleri değerlendirebilmek, şehirleşme ile ilgili yapıyı ortaya koyabilmek ve bunlar için gerekli planların yapılmasında ihtiyaç duyulan temel veri setini oluşturabilmek hedeflenmiştir. Bu çalışmada Türkiye de belediye sınırları içinde 7.838.675 adet bina olduğu belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, binaların kullanım amaçlarına göre dağılımında toplam bina sayısı içinde en fazla payı %75 ile yalnızca konut amaçlı kullanılan binalar almaktadır. İçinde hem konut hem de konut dışı kullanım amacı bulunan binalar ise %12’lik bir pay almaktadırlar. Bunları %6 ile ticari yapılar, %2 ile sanayi yapılar takip etmektedir. Binaların %91.7’si özel sektör tarafından, %3.6’sı kamu sektörü tarafından, %4.5’i ise yapı kooperatifleri tarafından yaptırılmıştır. Binaların taşıyıcı sistemi göre, binaların %48’i iskelet, %51’i yığma olarak inşaa edilmiştir. Tünel kalıp sistemi ile inşaa edilen bina sayısının oranı %0.1’dir. Yığma ve iskelet olarak inşaa edilen binalarda kullanılan dolgu maddesi cinslerine göre en fazla payı %60 ile tuğla almaktadır. Bunu %18 ile briket, %10 ile taş, %8 ile kerpiç izlemektedir.

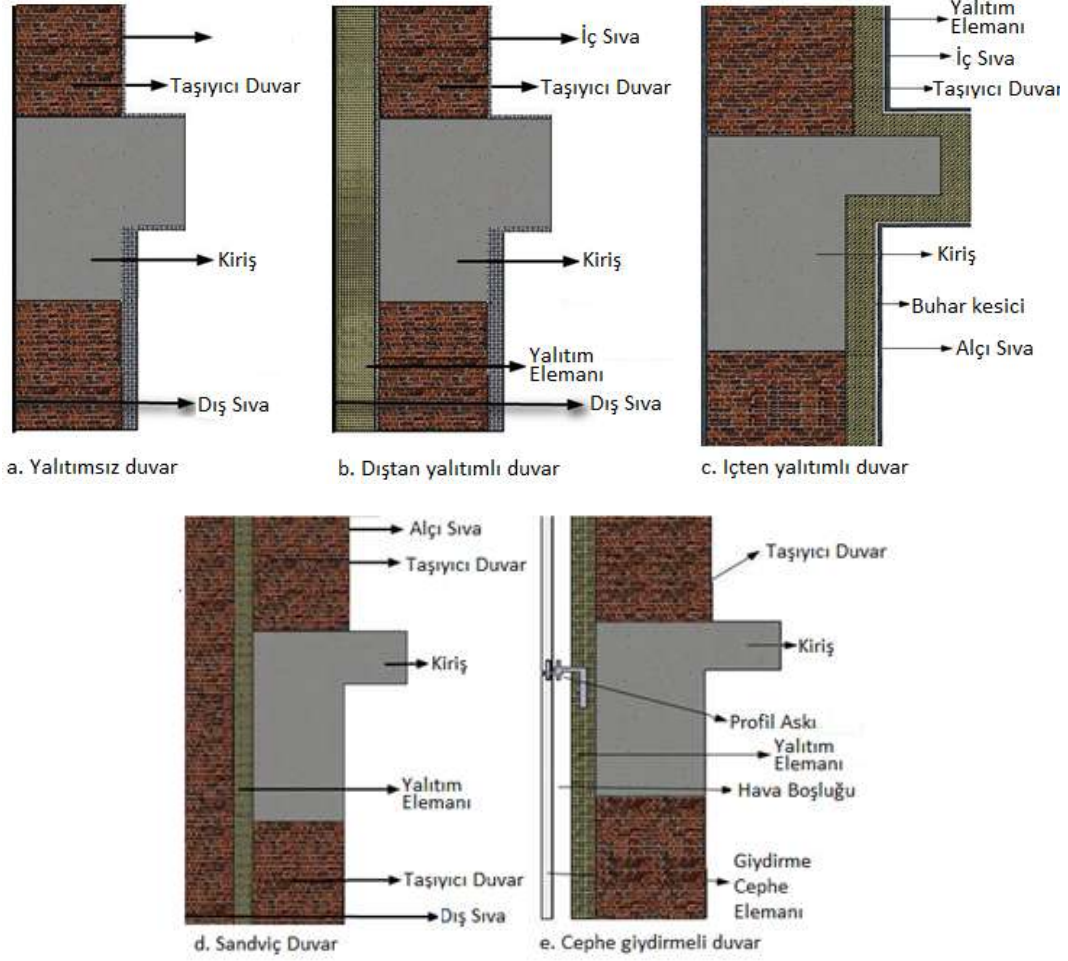
Bina Sayımı 2000 çalışmasının üzerinden 10 yıl geçtiği ve bu süre içerisinde kent nüfusunun giderek arttığı ve inşaat sektörünün Türk ekonomisinin lokomotif sektörlerden biri olduğu düşünülürse, bina sayısının dikkate değer bir oranda arttığı açıktır. Ülkemizde mevcut binalarda, yapı bileşenleri açısından genel olarak betonarme yapıların hâkim olduğu ve özellikle duvarlarda ağırlıklı olarak tuğla kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Ülkemizde, binalarda enerji verimliliğini artırmak amacıyla uygulanan ısı yalıtım kalınlıkları TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardı ile

belirlenmektedir. İlk olarak 29 Nisan 1998 tarihinde tavsiye niteliğinde yayımlanan TS 825 standardı, 14 Haziran 1999 tarih ve 23725 sayılı Resmi Gazete’de yeniden yayımlanmıştır. Buna paralel olarak hazırlanan “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nin 8 Mayıs 2000 tarih ve 24043 sayılı Resmi Gazete’de yer alması ile 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren uygulaması zorunlu standart olarak yürürlüğe girmiştir. Bu standart 22 Mayıs 2008 tarihinde Türk Standartları Enstitüsü’nün Mühendislik Hizmetleri İhtisas Grubu’nca günün şartlarına göre revize edilmiş ve yapılan değişiklikler 9 Ekim 2008 tarih ve 27019 nolu resmi gazetede yayınlanarak “binalarda ısı yalıtımı yönetmeliği” ile yürürlüğe girmiştir.

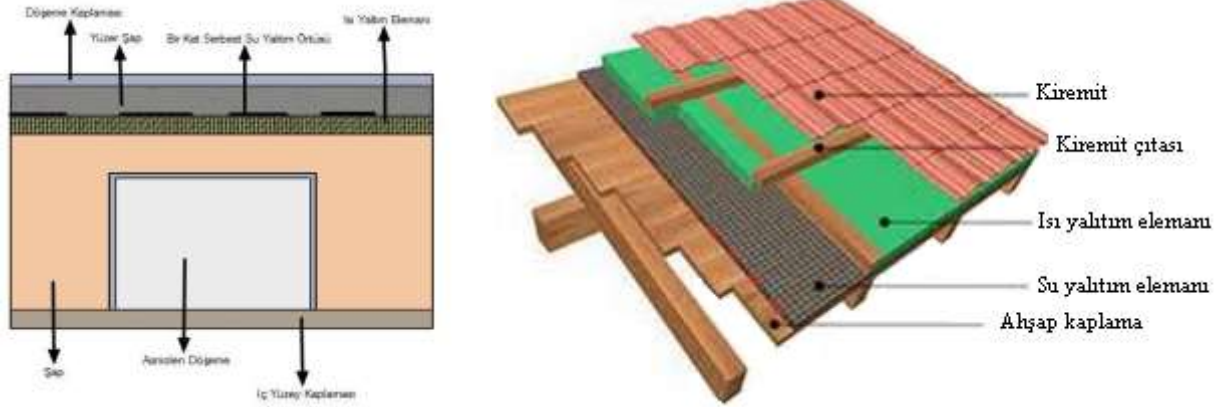
Türkiye’de ağırlıklı olarak kullanılan duvar ve çatı formları dikkate alındığında en sık kullanılan yapı formlarının; tuğla duvarlar, içten veya dıştan yalıtımlı tuğla duvarlar, sandviç tip tuğla duvarlar, kendiliğinden yalıtımı olan izo duvarlar, perde duvarlar, manto giydirmeli duvarlar, kerpiç duvarlar olduğu görülmektedir. Bu yapı formlarını genel olarak 5 grupta ele alabiliriz (Şekil 4.5).

- Yalıtımsız duvarlar; içerisinde yalıtım bulunmayan duvar formudur. Bu duvar formlarına tuğla duvarlar örnek verilebilir. Ülkemizde en sık kullanılan yapı formudur.
- Dış Yüzeyine Isı Yalıtım Uygulanmış Duvarlar; bina dış duvarına, ısı yalıtım sistemi dış taraftan uygulanmaktadır. Binayı dıştan saran bir özellik taşıdığı için ısı yalıtımı yönünden mantolama da denilmektedir.
- İç Yüzeyine Isı Yalıtım Uygulanmış Duvarlar; bina dış duvarına, ısı yalıtım sistemi iç taraftan uygulanmaktadır.
- Çift Duvar Arası Isı Yalıtımlı Duvarlar (Sandviç Duvar); çift duvar arasına ısı yalıtımı uygulaması ile elde edilen bir duvar yapısıdır. Sandviç duvar olarak da ifade edilmektedir.
- Dıştan Havalandırmalı Dış Duvarlar (Giydirme Cephe Sistemi); yapının mevcut duvarına uygulanan ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzeme arasında hava boşluğu bulunan sistemlerdir.



Şekil 4.5 Türkiye'de sıklıkla kullanılan duvar formları

Ülkemizde genel olarak çatılar, teras ve eğimli çatı olarak iki şekilde görülmektedir. Çatılar çoğunlukla betonarme özellik taşımaktadır. Isı kazancı hesaplarında toprak temaslı taban ve döşemelerden olan yükler dikkate alınmadığından, burada çatı kesitleri gösterilmiştir (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Türkiye'de sıklıkla kullanılan çatı formları

4.3. CTSCALC Programının Doğrulanması

CTSCALC programının doğruluk testi için ASHRAE Fundamental-Handbook 2009'da yayınlanan 3 adet duvar (2, 12 ve 21 nolu duvarlar) ile 1 adet çatı (14 nolu çatı) dikkate alınmıştır. İncelenen ilk duvar tipi olan **Duvar 1**, ASHRAE Fundamental-Handbook 2009'da 2 nolu duvar olarak verilen yapıdır. 5 katmanlı olup dış yüzeyi metal kaplamalı ve yalıtım uygulamalı bir panel duvardır. İncelenen diğer duvar tipi olan **Duvar 2**, ASHRAE Fundamental-Handbook 2009'da 12 nolu duvar olarak verilen 5 katmanlı ısı yalıtımını uygulanmış bir tuğla duvardır. İncelenen en son duvar yapısı olan **Duvar 3** ise ASHRAE Fundamental-Handbook 2009'da 21 nolu duvar olarak verilen 3 katmandan oluşturulmuş hafif yoğunluklu betonarme duvar özelliğine sahiptir. İncelenen **Çatı** tipi, ASHRAE Fundamental-Handbook 2009'da 14 nolu çatı olarak verilen çatı olup 5 katmanından meydana gelmiş hafif yoğunluklu betonarme çatıdır. Bu opak yapı elemanlarının yapı detayları ve termofiziksel özellikleri çizelge 4.2.'de verilmiştir.

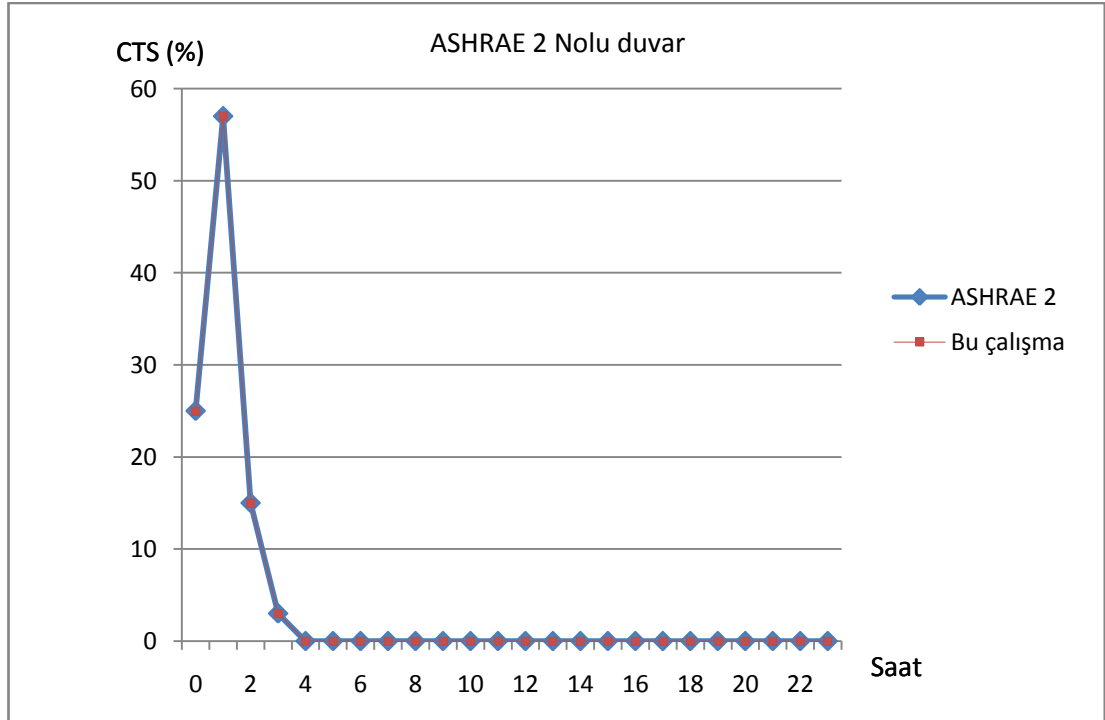
Çizelge 4.2. Doğrulama testlerinde kullanılan yapı kabuklarına ait detay ve termofiziksel özellikler

Duvar 1: ASHRAE 2 no'lu duvar							
		Yapı adı	L (mm)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)	C_p (j/kgK)	R (m ² K/W)
Metal Cephe Hava boşluğu Yalıtım Hava boşluğu Alçı		Dış hava direnci	-	-	-	-	0.14
		Metal dış cephe	1	45.28	7824	500	1e-7
		Hava boşluğu	20	-	-	-	0.15
		Yalıtım levhası	50	0.03	43	1210	1.76
		Hava boşluğu	20	-	-	-	0.15
		Alçı	15	0.16	800	1090	0.10
		İç hava direnci	-	-	-	-	0.12
Duvar 2: ASHRAE 12 no'lu duvar							
		Yapı adı	L (mm)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)	C_p (j/kgK)	R (m ² K/W)
Tuğla Hava boşluğu Kaplama Yalıtım Alçı		Dış hava direnci	-	-	-	-	0.14
		Tuğla	100	0.89	1920	790	0.11
		Hava boşluğu	20	-	-	-	0.15
		Fiber kaplama	13	0.07	400	1300	0.19
		Yalıtım	90	0.05	19	960	1.94
		Alçı	16	0.16	800	1090	0.10
		İç hava direnci	-	-	-	-	0.12
Duvar 3: ASHRAE 21 nolu duvar							
		Yapı adı	L (mm)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)	C_p (j/kgK)	R (m ² K/W)
Beton Yalıtım Alçı		Dış hava direnci	-	-	-	-	0.04
		Beton	200	0.50	464	880	0.41
		Yalıtım levhası	90	0.05	19	960	1.94
		Alçı	16	0.16	800	1090	0.10
		İç hava direnci	-	-	-	-	0.12
Çatı: ASHRAE 14 no'lu çatı							
		Yapı adı	L (mm)	k (W/mK)	ρ (kg/m ³)	C_p (j/kgK)	R (m ² K/W)
Membran Fiber Kaplama Yalıtım Beton		Dış hava direnci	-	-	-	-	0.04
		Membran	9	0.16	1120	1460	0.06
		Fiber kaplama	13	0.07	400	1300	0.19
		Yalıtım levhası	76	0.03	43	1210	2.64
		Beton	100	0.53	1280	840	0.19
		İç hava direnci	-	-	-	-	0.16

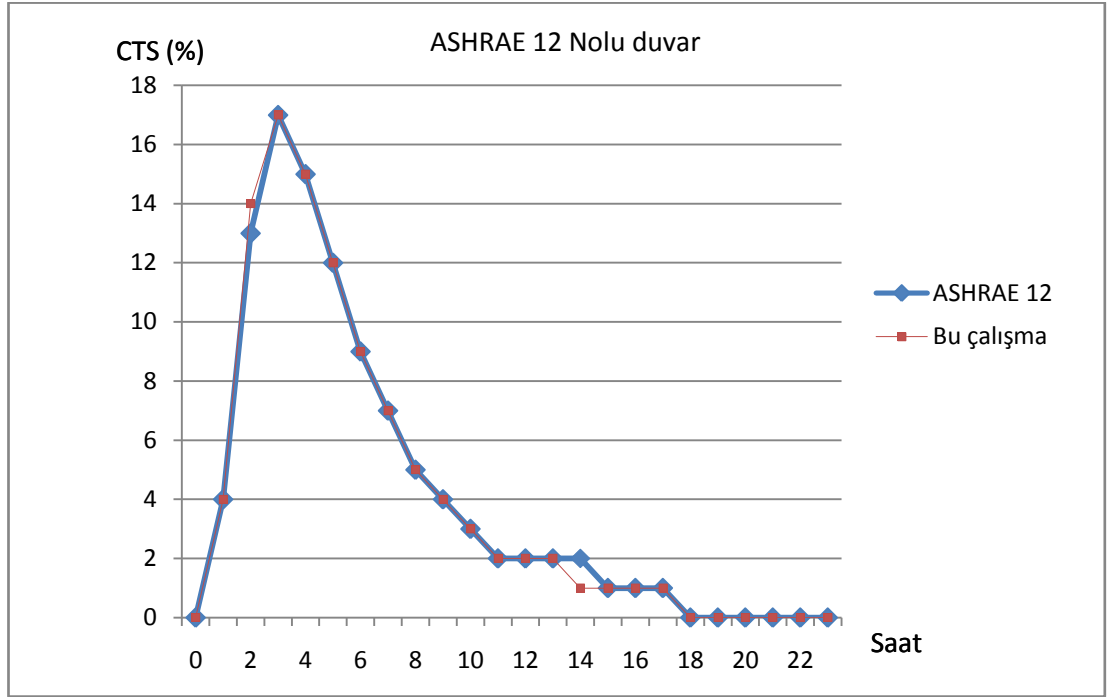
Çizelge 4.2.'te verilen opak yapıların ASHRAE'de verilen CTS serileri ile CTSCALC programı ile elde edilen CTS serileri karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.3. ve şekil 4.7. – 4.10.'ten görüleceği gibi, duvar ve çatı tipleri için CTS değerleri arasında çok az farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıklar CTS değerlerinin farklı yöntemler ile hesaplanmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla karşılaştırma sonuçları, CTSCALC programı programının doğruluğunu göstermektedir.

Çizelge 4.3. Opak yapı elemanlarının CTS (%) serilerinin kıyaslanması

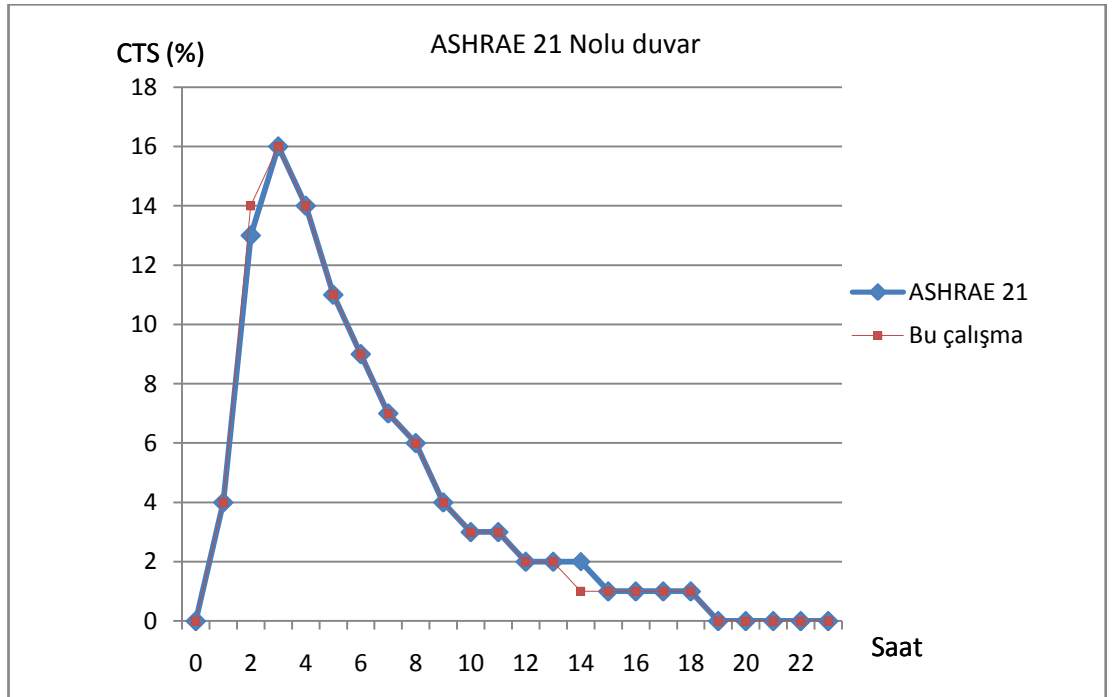
Saat	Duvar 1		Duvar 2		Duvar 3		Çatı	
	ASHRAE	Bu çalışma	ASHRAE	Bu çalışma	ASHRAE	Bu çalışma	ASHRAE	Bu çalışma
0	25	25	0	0	0	0	1	1
1	57	57	4	4	4	4	2	2
2	15	15	13	14	13	14	8	8
3	3	3	17	17	16	16	11	11
4	0	0	15	15	14	14	11	11
5	0	0	12	12	11	11	10	10
6	0	0	9	9	9	9	9	9
7	0	0	7	7	7	7	7	7
8	0	0	5	5	6	6	6	6
9	0	0	4	4	4	4	5	5
10	0	0	3	3	3	3	5	5
11	0	0	2	2	3	3	4	4
12	0	0	2	2	2	2	3	3
13	0	0	2	2	2	2	3	3
14	0	0	2	1	2	1	3	3
15	0	0	1	1	1	1	2	2
16	0	0	1	1	1	1	2	2
17	0	0	1	1	1	1	2	2
18	0	0	0	0	1	1	1	1
19	0	0	0	0	0	0	1	1
20	0	0	0	0	0	0	1	1
21	0	0	0	0	0	0	1	1
22	0	0	0	0	0	0	1	1
23	0	0	0	0	0	0	1	1
U (W/mK)	0.42	0.42	0.37	0.37	0.38	0.38	0.30	0.30



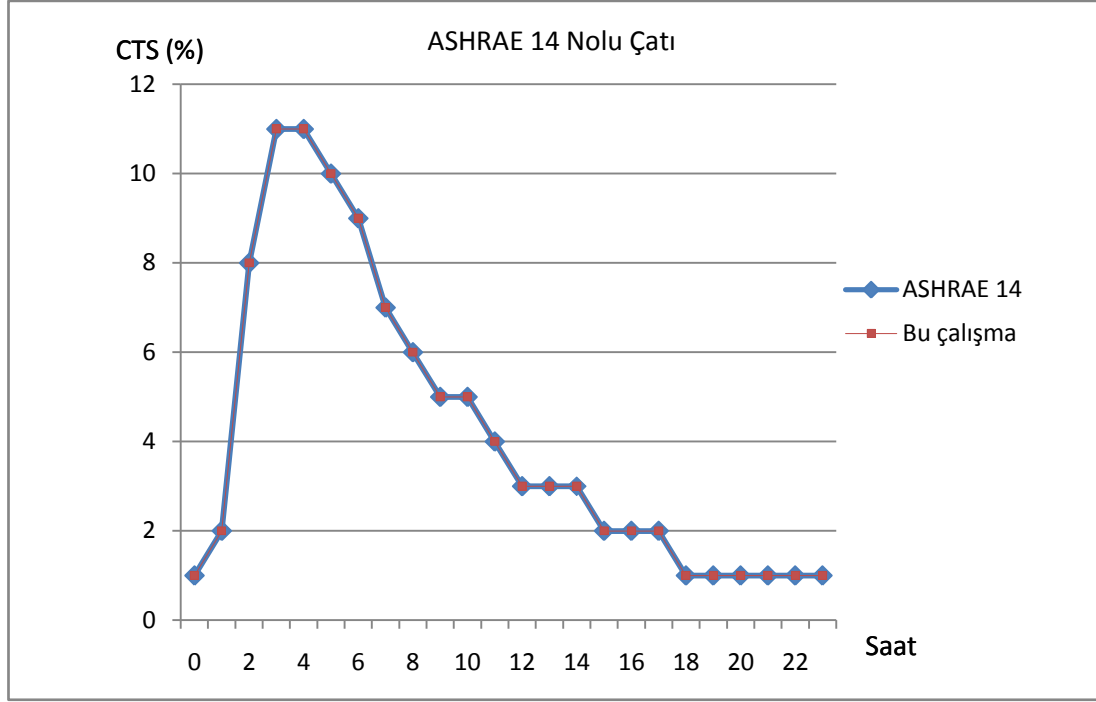
Şekil 4.7. ASHRAE 2 no'lu duvarın CTS (%) serilerinin kıyaslanması



Şekil 4.8. ASHRAE 12 no'lu duvarın CTS (%) serilerinin kıyaslanması



Şekil 4.9. ASHRAE 21 no'lu duvarın CTS (%) serilerinin kıyaslanması



Şekil 4.10. ASHRAE 14 no'lu çatının CTS (%) serilerinin kıyaslanması

4.4. Türkiye’de Sıklıkla Kullanılan Yapı Elemanlarına Ait CTS Serileri

Bölüm 4.2’de belirlenen yapı formlarına uygun olarak ülkemizde kullanılan yapı elemanları için; 7 yalıtımsız tuğla duvar, 16 yalıtımlı tuğla duvar, 21 sandviç tip tuğla duvar, 6 izo tuğla duvar, 10 beton-tuğla sandviç tip duvar, 19 yalıtımsız beton duvar, 25 yalıtımlı beton duvar, 5 gaz beton duvar, 10 sandviç beton duvar, 14 levha giydirmeli duvar ile 5 eğik metal çatı, 5 eğik ahşap çatı ve 6 düz betonarme çatı tipleri tanımlanmıştır. Tanımlanan bu yapı tiplerine ait CTS serileri CTSCALC programı ile elde edilerek çizelge 4.4. ve çizelge 4.5.’te verilmiştir. Ayrıca yapı elemanına ait ısı geçirgenlik katsayısı (U) ve hangi katmanlardan oluştuğu belirtilmiştir. Çizelgelerde yapı elemanları gruplar halinde verilmiştir. Her gruptaki yapı elemanının hangi katmanlardan meydana geldiği çizelge 4.1.’de verilen kodlara uygun olarak tanımlanmıştır. Örneğin çizelge 4.4.’te yalıtımsız tuğla duvar grubunda U katsayısı $3.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan 1 nolu duvar ele alındığı zaman iç yüzeyden dış yüzeye doğru G1, B1 ve G2 kodlu yapı elemanından meydana geldiği görülmektedir. G1 katmanı 30 mm çimento harcından meydana gelen sıvayı, B1 katmanı 85 mm’lik yatay delikli tuğlayı ve G2 katmanı 20 mm çimento harcından meydana gelen iç sıvayı göstermektedir. Elde edilen sonuçlar beklendiği gibi yapı elemanını oluşturan

katmanların özelliklerine göre farklı değerler almıştır. Kullanıcı çizelgelerden uygun yapı formunu belirleyerek CTS serilerini alabileceği gibi CTS CALC programını kullanarak istediği yapı formu için CTS serilerini elde ederek kullanabilecektir.

Çizelge 4.4. Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Yalıtımsız Tuğla Duvarlar							Yalıtımlı Tuğla Duvarlar							
Duvar No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
U (W/m ² K)	3,17	2,89	2,06	1,25	1,57	1,8	1,26	0,62	0,4	0,34	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Katman sayısı	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Saat	Conduciton Time Series %														
0	23	17	4	0	1	0	0	7	5	4	3	4	3	2	1
1	62	60	37	4	11	11	3	40	37	36	34	32	29	27	23
2	14	19	33	14	24	24	12	28	29	30	31	29	30	30	31
3	1	3	15	18	22	22	17	13	14	15	16	16	17	18	19
4	0	1	6	16	15	15	16	7	9	7	8	9	10	10	11
5	0	0	4	13	10	10	13	3	3	4	4	5	5	6	6
6	0	0	1	10	6	6	10	1	2	3	3	3	3	3	4
7	0	0	0	7	4	4	8	1	1	1	1	1	2	2	3
8	0	0	0	5	3	3	6	0	0	0	0	1	1	1	1
9	0	0	0	4	2	2	4	0	0	0	0	0	0	1	1
10	0	0	0	3	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Katmanlar(dıştan içe doğru)															
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B8	I21	I23	I24	I25	I22	I24	I25	I27
	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	B1	B1	B1	B1	B2	B2	B2	B2
	-	-	-	-	-	-	-	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2
1.30mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 2.30mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 3.30mm kireç-çimento harcı,135mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 4.30mm kireç-çimento harcı,250mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 5.30mm kireç-çimento harcı,190mm düşey delikli yığma tuğla,20mm çimento harcı 6.30mm kireç-çimento harcı,190mm düşey delikli dekoratif yığma tuğla,20mm çimento harcı 7.30mm kireç-çimento harcı,240 mm düşey delikli dekoratif yığma tuğla,20mm çimento harcı 8.30mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 9.30mm kireç-çimento harcı50mm poliüretan yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı 10.30mm kireç-çimento harcı,60mm poliüretan yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 11.30 mm kireç-çimento harcı,70mm poliüretan yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı 12.30mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,100mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 13.30mm kireç-çimento harcı,60mm poliüretan yalıtım levhası,100mm yatay delikli tuğla,20mm çimento harcı 14.30 mm kireç-çimento harcı,70mm poliüretan yalıtım levhası,100 mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı 15.30 mm kireç-çimento harcı,90mm poliüretan yalıtım levhası,100 mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı															

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Yalıtımlı Tuğla Duvarlar								Sandviç Tip Tuğla Duvarlar							
Duvar No	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
U (W/m ² K)	0,56	0,45	0,38	0,28	0,66	0,42	0,36	0,27	0,86	0,58	0,5	0,39	0,56	0,48	0,38	
Katman sayısı	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	
Saat	Conduciton Time Series %															
0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
1	12	11	13	9	3	3	2	2	9	7	6	4	4	3	2	
2	21	21	20	19	10	8	8	7	25	22	20	18	15	14	12	
3	18	18	17	18	13	11	11	10	24	23	23	23	20	20	18	
4	13	13	13	14	12	11	11	11	17	18	18	19	18	18	18	
5	10	10	10	10	11	10	10	10	10	12	13	14	14	14	15	
6	7	7	7	8	9	9	9	9	6	7	8	9	10	10	11	
7	5	5	5	6	8	8	8	8	3	4	5	6	7	7	8	
8	4	4	4	4	6	6	6	7	2	3	3	3	4	5	5	
9	3	3	3	3	5	5	6	6	1	2	2	2	3	3	4	
10	2	2	2	2	4	5	5	5	1	1	1	1	2	2	2	
11	1	2	2	2	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	2	
12	1	1	1	2	3	3	4	4	1	0	0	0	1	1	1	
13	1	1	1	1	2	3	3	3	0	0	0	0	1	1	1	
14	1	1	1	1	2	2	3	3	0	0	0	0	0	1	1	
15	0	0	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Katmanlar(dıştan içe doğru)																
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	
	I21	I22	I23	I25	I2	I22	I23	I25	B1	B1	B1	B1	B2	B2	B2	
	B3	B3	B3	B3	B5	B5	B5	B5	I10	I12	I13	I15	I12	I13	I15	
	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	B1	B1	B1	B1	B2	B2	B2	
						-	-	-	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	
<p>15.30 mm kireç-çimento harcı,90mm poliüretan yalıtım levhası,100 mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>16.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>17.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>18.30 mm kireç-çimento harcı,50mm poliüretan yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>19.30 mm kireç-çimento harcı,70mm poliüretan yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>20.30 mm kireç-çimento harcı,20mm poliüretan yalıtım levhası,190mm düşey delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>21.30mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,190mm düşey delikli tuğla, 20mm çimento harcı</p> <p>22.30mm kireç-çimento harcı,50mm poliüretan yalıtım levhası,190mm düşey delikli tuğla, 20mm çimento harcı</p> <p>23.30 mm kireç-çimento harcı,70mm poliüretan yalıtım levhası,190mm düşey delikli tuğla, 20mm çimento harcı</p> <p>24.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,20mmPolistiren yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>25.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,40mmPolistiren yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla20 mm çimento harcı</p> <p>26.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,50mmPolistiren yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>27.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,70mmPolistiren yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>28.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,40mmPolistiren yalıtım levhası,100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>29.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,50mmPolistiren yalıtım levhası,100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p> <p>30.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,70mmPolistiren yalıtım levhası,100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı</p>																

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Sandviç Tip Duvarlar													
Duvar No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
U (W/m ² K)	0,34	0,84	0,68	0,57	0,75	0,62	0,53	0,4	0,68	0,57	0,49	0,38	0,61	0,52
Katman	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Saat	Conduciton Time Series %													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	0	0
1	2	7	6	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	11	22	20	18	10	9	8	6	3	2	2	2	7	6
3	18	23	23	22	16	15	14	12	7	6	6	5	13	12
4	18	18	18	18	16	16	15	14	10	9	8	8	15	14
5	15	12	13	13	14	14	14	14	11	10	10	9	14	14
6	11	7	8	9	11	11	12	12	10	10	10	9	12	12
7	8	5	5	6	8	9	9	10	9	9	9	9	9	10
8	6	3	3	4	6	7	7	8	8	8	8	8	7	8
9	4	2	2	2	5	5	5	6	7	7	7	7	6	6
10	3	1	1	1	3	4	4	4	6	6	6	6	4	5
11	2	0	1	1	3	3	3	3	5	5	5	6	3	3
12	1	0	0	1	2	2	2	3	4	4	5	5	2	3
13	1	0	0	0	1	1	2	2	3	4	4	4	2	2
14	0	0	0	0	1	1	1	1	3	3	3	4	2	1
15	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3	3	3	1	1
16	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	3	1	1
17	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	1	1
18	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Katmanlar(dıştan içe doğru)														
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
	B2	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B2	B2
	I16	I10	I11	I12	I10	I11	I12	I14	I10	I11	I12	I14	I11	I12
	B2	B2	B2	B2	B3	B3	B3	B3	B3	B5	B5	B5	B3	B3
	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2
31.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,80mm Polistiren levhasii100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
32.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,20mmPolistiren levhası,100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
33.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,30mmPolistiren levhası,100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
34.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,40mmPolistiren levhası,100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
35.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,20mmPolistiren levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
36.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,30mmPolistiren levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
37.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,40mmPolistiren levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
38.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,60mmPolistiren levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
39.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,20mmPolistiren levhası,190mm düşey delikli yığma tuğla,20 mm çimento harcı														
40.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,30mmPolistiren yalıtım levhası,190mm düşey delikli yığma tuğla,20 mm çimento harcı														
41.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,40mmPolistiren yalıtım levhası,190mm düşey delikli yığma tuğla,20 mm çimento harcı														
42.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,60mmPolistiren yalıtım levhası,190mm düşey delikli yığma tuğla,20 mm çimento harcı														
43.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,30mmPolistiren yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														
44.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,40mmPolistiren yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı														

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	İzo Duvarlar						Beton ve Tuğla İhtiva Eden Sandviç Tip Duvarlar									
Duvar No	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
U (W/m ² K)	0,4	1,69	1,65	1,55	1,08	1,3	0,52	0,49	0,48	0,53	0,49	0,49	0,49	0,52	0,46	0,54
Katman sayısı	5	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Saat	Conduciton Time Series %															
0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
1	1	29	31	14	6	8	2	1	2	1	0	0	1	1	1	1
2	5	33	33	27	17	20	11	3	9	2	2	2	2	4	6	7
3	11	18	18	22	20	21	18	8	16	3	6	5	6	9	12	13
4	13	9	8	14	16	16	18	10	17	5	9	8	9	12	14	14
5	13	4	4	9	12	11	14	11	14	7	10	10	10	12	13	13
6	12	3	2	5	9	8	11	11	12	8	10	10	10	12	11	11
7	10	1	1	3	6	5	8	9	9	8	10	10	9	10	9	9
8	8	0	0	2	4	4	6	8	6	8	9	9	8	9	7	7
9	6	0	0	2	3	2	4	7	5	7	8	8	7	7	6	6
10	5	0	0	1	2	2	3	6	3	7	7	7	6	6	5	4
11	4	0	0	0	2	2	2	5	2	6	6	6	5	4	4	4
12	3	0	0	0	1	1	1	4	2	5	5	5	4	4	3	3
13	2	0	0	0	1	0	1	3	1	5	4	4	4	3	2	2
14	2	0	0	0	1	0	1	3	1	4	3	3	3	2	1	1
15	2	0	0	0	0	0	0	2	1	4	3	3	3	2	1	1
16	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3	2	2	2	1	1	1
17	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3	2	2	2	1	1	1
18	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	2	2	1	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	2	0	1	1
20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	0	1	0
21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
Katmanlar(dıştan içe doğru)																
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
	B2	B9	B10	B11	B12	B13	B1	B1	B2	B2	B3	B3	C2	C7	C8	C8
	I14	G2	G2	G2	G2	G2	I13	I13	I13	I12	I12	I13	I13	I12	I13	I12
	B3	-	-	-	-	-	C1	C2	C7	C3	C8	C8	B2	B3	T1	T1
	G2	-	-	-	-	-	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2
45.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,60mmPolistiren yalıtım levhası135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı																
46.30 mm kireç-çimento harcı,115 mm izo tuğla,20 mm çimento harcı																
47.30 mm kireç-çimento harcı,135 mm santraforlu izo tuğla20 mm çimento harcı																
48.30 mm kireç-çimento harcı,145 mm izo tuğla,20 mm çimento harcı																
49.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm santraforlu izo tuğla,20 mm çimento harcı																
50.30 mm kireç-çimento harcı,175 mm izo tuğla,20 mm çimento harcı																
51.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,50mm Polistiren yalıtım levhası,100mm LW beton,20 mm çimento harcı																
52.30 mm kireç-çimento harcı,85mm yatay delikli tuğla,50mm Polistiren yalıtım levhası,150mm LW beton,20 mm çimento harcı																
53.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,50mm Polistiren yalıtım levhası,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı																
54.30 mm kireç-çimento harcı,100mm yatay delikli tuğla,40mm Polistiren yalıtım levhası,200mm LW beton, 20 mm çimento harcı																
55.30 mm kireç-çimento harcı,135mm yatay delikli tuğla,40mm Polistiren yalıtım levhası,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı																
56.30 mm kireç-çimento harcı,135mm yatay delikli tuğla,50mm Polistiren yalıtım levhası,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı																
57.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton duvar,50mm Polistiren yalıtım levhası,100mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı																
58.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton duvar,40mm Polistiren yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı																
59.30 mm kireç-çimento harcı,200mm LW beton duvar,50mm Polistiren yalıtım levhası,85mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı																
60.30 mm kireç-çimento harcı,200mm LW beton duvar,40mm Polistiren yalıtım levhası,135mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı																

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Yalıtımsız Beton Duvarlar													
Duvar No	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
U (W/m ² K)	4,27	3,05	2,36	8,28	6,81	4,93	2,82	2,21	2,12	1,74	3,08	0,91	4,44	3,85
Katman sayısı	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Saat	Conduciton Time Series %													
0	8	1	0	4	1	0	9	4	1	3	2	0	5	1
1	48	19	5	31	14	2	51	35	13	33	23	2	37	16
2	29	30	16	30	25	8	28	33	26	34	32	7	32	27
3	11	21	19	17	20	13	8	16	22	17	20	11	15	21
4	3	13	16	9	14	13	2	7	14	7	11	13	6	14
5	1	7	12	5	9	12	1	3	9	3	6	12	3	8
6	0	4	9	2	6	10	1	1	7	2	3	11	1	5
7	0	2	7	1	4	10	0	1	3	1	2	9	1	3
8	0	2	5	1	3	7	0	0	3	0	1	6	0	2
9	0	1	3	0	2	5	0	0	1	0	0	6	0	1
10	0	0	3	0	1	4	0	0	1	0	0	5	0	1
11	0	0	2	0	1	4	0	0	0	0	0	4	0	1
12	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0
13	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0
14	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
19	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Katmanlar(dıştan içe doğru)														
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2
61.30 mm kireç-çimento harcı,100 mm LW beton,20 mm çimento harcı 62.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton,20 mm çimento harcı 63.30 mm kireç-çimento harcı,200 mm LW beton,20 mm çimento harcı 64.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm HW beton,20 mm çimento harcı 65.30 mm kireç-çimento harcı,200 mm HW beton,20 mm çimento harcı 66.30 mm kireç-çimento harcı,300 mm HW beton,20 mm çimento harcı 67.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 68.30 mm kireç-çimento harcı,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 69.30 mm kireç-çimento harcı,300 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 70.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton duvar(dolu),20 mm çimento harcı 71.30 mm kireç-çimento harcı,200 mm LW beton duvar(dolu),20 mm çimento harcı 72.30 mm kireç-çimento harcı,300 mm LW beton duvar(dolu),20 mm çimento harcı 73.30 mm kireç-çimento harcı,200mm normal beton,20 mm çimento harcı 74.30 mm kireç-çimento harcı,300 mm normal beton,20 mm çimento harcı														

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Yalıtımsız Beton Duvarlar						Yalıtımlı Beton Duvarlar									
Duvar No	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
U U (W/m ² K)	0,84	1,19	1	0,52	0,49	3,46	0,61	0,61	0,34	0,77	0,58	0,46	0,39	0,7	0,54	0,4
Katman sayısı	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Saat	Conduciton Time Series %															
0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	17	3	6	1	5	8	5	5	4	2	2	2	2	13	12	11
2	29	12	16	2	15	20	13	13	12	6	5	5	5	20	20	20
3	22	16	19	3	18	20	14	14	14	9	8	8	8	17	17	17
4	13	16	16	5	16	16	12	12	12	10	9	9	9	13	13	13
5	8	13	12	6	12	11	10	10	10	9	9	9	9	9	9	10
6	4	10	9	7	9	8	10	10	8	8	8	8	8	7	7	7
7	3	8	6	7	7	5	7	7	7	8	7	7	7	5	5	5
8	1	6	4	7	7	4	6	6	6	7	7	7	7	4	4	4
9	1	4	3	7	3	2	5	5	5	6	6	6	6	3	3	3
10	1	3	2	7	3	2	4	4	4	5	5	5	5	2	2	2
11	0	2	2	6	2	1	3	3	3	5	5	5	5	2	2	2
12	0	2	2	6	1	1	2	2	3	3	4	4	4	1	1	1
13	0	1	1	5	1	1	2	2	2	3	4	4	2	1	1	1
14	0	1	1	5	1	1	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1
15	0	1	1	4	0	0	1	1	2	3	3	3	3	1	1	1
16	0	1	0	4	0	0	1	1	1	2	3	3	3	0	1	0
17	0	1	0	3	0	0	1	1	1	2	2	2	3	0	0	1
18	0	0	0	3	0	0	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0
19	0	0	0	3	0	0	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0
20	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	0
21	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	1	2	0	0	0
22	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
23	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Katmanlar(dıştan içe doğru)																
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
	B24	B25	B26	B27	C15	C16	I21	I21	I24	I2	I21	I22	I23	I21	I22	I23
	G2	G2	G2	G2	G2	G2	C2	C2	C2	C3	C3	C3	C3	C4	C4	C4
							G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2
75.30 mm kireç-çimento harcı,150mm gaz beton,20 mm çimento harcı 76.30 mm kireç-çimento harcı,200mm gaz beton,20 mm çimento harcı 77.30 mm kireç-çimento harcı,250mm gaz beton,20 mm çimento harcı 78.30 mm kireç-çimento harcı,300mm gaz beton,20 mm çimento harcı 79.30 mm kireç-çimento harcı,200mm Sadece genişletilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış beton,20 mm çimento harcı 80.30 mm kireç-çimento harcı,200mm Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış beton,20 mm çimento harcı 81.30mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,150mm LW beton,20mm çimento harcı 82.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm LW beton,20 mm çimento harcı 83.30 mm kireç-çimento harcı,60mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm LW beton,20 mm çimento harcı 84.30 mm kireç-çimento harcı,20mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton,20 mm çimento harcı 85.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton,20 mm çimento harcı 86.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton,20 mm çimento harcı 87.30 mm kireç-çimento harcı,50mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton,20 mm çimento harcı 88.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm HW beton,20 mm çimento harcı 89.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm HW beton,20 mm çimento harcı 90.30 mm kireç-çimento harcı,50mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm HW beton,20 mm çimento harcı																

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Yalıtımlı beton duvarlar														
Duvar No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
U U (W/m ² K)	0,37	0,69	0,53	0,43	0,36	0,82	0,6	0,48	0,44	0,76	0,61	0,61	0,34	0,77	0,58
Katman sayısı	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Saat	Conduciton Time Series %														
0	1	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	2	2	3
1	11	4	4	4	4	24	22	21	11	13	2	1	2	1	2
2	20	11	11	11	11	27	27	26	20	22	7	5	2	1	2
3	17	13	13	13	13	18	18	18	17	18	10	10	2	2	2
4	13	12	12	12	12	11	11	12	13	13	10	13	4	4	3
5	10	10	10	10	10	7	7	8	10	9	10	13	5	5	4
6	7	8	8	8	8	4	5	5	7	7	8	12	6	6	4
7	6	7	7	7	7	3	3	3	5	5	7	10	7	7	5
8	4	6	6	6	6	2	2	2	4	3	6	9	7	7	5
9	3	5	5	5	5	1	1	1	3	3	6	7	7	7	6
10	2	4	4	4	4	1	1	1	2	2	5	5	7	7	6
11	2	4	4	4	4	0	1	1	2	2	4	4	6	6	6
12	1	3	3	3	3	0	0	0	1	1	4	3	6	6	6
13	1	3	2	3	3	0	0	0	1	1	3	2	5	6	6
14	1	2	2	2	2	0	0	0	1	0	3	2	5	5	5
15	1	2	2	2	2	0	0	0	1	0	3	1	4	5	5
16	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	2	1	4	4	5
17	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	4	4	5
18	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	3	3	4
19	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3	3	4
20	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3	3	4
21	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	3
22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	3
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	2
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Katmanlar(dıştan içe doğru)															
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
	I24	I21	I22	I23	I24	I2	I21	I22	I23	I2	I21	I22	I24	I2	I21
	C4	C5	C5	C5	C5	C7	C7	C7	C4	C8	C2	C2	C2	C3	C3
	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2
91.30mm kireç-çimento harcı,60mm poliüretan yalıtım levhası, 150 mm HW beton,20mm çimento harcı 92.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm HW beton,20 mm çimento harcı 93.30mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,200mm HW beton,20mm çimento harcı 94.30mm kireç-çimento harcı,50mm poliüretan yalıtım levhası,200mm HW beton,20 mm çimento harcı 95.30mm kireç-çimento harcı,60mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm HW beton,20mm çimento harcı 96.30 mm kireç-çimento harcı,20mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 97.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 98.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 99.30 mm kireç-çimento harcı,50mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 100.30 mm kireç-çimento harcı,20mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 101.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 102.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı 103.30mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,300 mm LW beton duvar,20mm çimento harcı 104.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,150 mm LW beton duvar(dolu),20 mm çimento harcı 105.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,200 mm LW beton duvar(dolu),20 mm çimento harcı															

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Yalıtımlı Gaz beton duvarlar					Sandviç tip beton duvarlar									
	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Duvar No	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
U (W/m ² K)	0,46	0,39	0,7	0,54	0,44	0,47	0,49	0,49	0,47	0,61	0,6	0,42	0,46	0,5	0,47
Katman sayısı	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Saat	Conduciton Time Series %														
0	1	0	2	2	3	1	1	0	0	1	0	2	2	2	1
1	2	1	2	1	2	1	1	1	0	1	1	2	1	2	1
2	7	5	2	1	2	2	2	5	3	1	5	2	1	2	2
3	10	10	2	2	2	5	3	11	8	3	10	2	2	2	5
4	10	13	4	4	3	7	5	14	11	6	13	4	4	3	7
5	10	13	5	5	4	8	6	14	12	7	13	5	5	4	8
6	8	12	6	6	4	9	7	12	11	8	12	6	6	4	9
7	7	10	7	7	5	9	7	10	10	8	10	7	7	5	9
8	6	9	7	7	5	8	7	8	9	8	9	7	7	6	8
9	6	7	7	7	6	8	7	6	7	8	7	7	7	6	8
10	5	5	7	7	6	7	7	5	6	7	5	7	7	6	7
11	4	4	6	6	6	6	6	4	5	7	4	6	6	6	6
12	4	3	6	6	6	5	6	3	4	6	3	6	6	6	5
13	3	2	5	6	6	5	5	2	3	5	2	5	6	6	5
14	3	2	5	5	5	4	5	2	3	4	2	5	5	5	4
15	3	1	4	5	5	3	4	1	2	4	1	4	5	5	3
16	2	1	4	4	5	2	4	1	2	3	1	4	4	5	2
17	2	1	4	4	5	2	3	1	1	3	1	4	4	5	2
18	2	1	3	3	4	2	3	0	1	2	1	3	3	4	2
19	1	0	3	3	4	2	3	0	1	2	0	3	3	4	2
20	1	0	3	3	4	1	2	0	1	2	0	3	3	4	1
21	1	0	2	2	3	1	2	0	0	2	0	2	2	3	1
22	1	0	2	2	3	1	2	0	0	1	0	2	2	3	1
23	1	0	2	2	2	1	2	0	0	1	0	2	2	2	1
Katmanlar(dıştan içe doğru)															
	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
	I21	I22	I24	I2	I21	I22	I23	I21	I22	I23	C1	C1	C2	C2	C4
	C2	C2	C2	C3	C3	C3	C3	C4	C4	C4	I14	I13	I13	I12	I14
	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	C1	C3	C2	C3	C4
											G2	G2	G2	G2	G2
<p>106.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,200mm gaz beton,20 mm çimento harcı</p> <p>107.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,150mm gaz beton,20 mm çimento harcı</p> <p>108.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,200mm gaz beton,20 mm çimento harcı</p> <p>109.30 mm kireç-çimento harcı,30mm poliüretan yalıtım levhası,250mm gaz beton,20 mm çimento harcı</p> <p>110.30 mm kireç-çimento harcı,40mm poliüretan yalıtım levhası,200mm Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış beton,20 mm çimento harcı</p> <p>111.30 mm kireç-çimento harcı,100 mm LW beton,60mmPolistiren levhası,100 mm LW beton,20 mm çimento harcı</p> <p>112.30 mm kireç-çimento harcı,100 mm LW beton,50mmPolistiren levhası,200 mm LW beton,20 mm çimento harcı</p> <p>113.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton,50mmPolistiren levhası,150 mm LW beton,20 mm çimento harcı</p> <p>114.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton,40mmPolistiren levhası,200 mm LW beton,20 mm çimento harcı</p> <p>115.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm HW beton,60mmPolistiren yalıtım levhası,150 mm HW beton,20 mm çimento harcı</p> <p>116.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm HW beton,50mmPolistiren levhası,200 mm HW beton,20 mm çimento harcı</p> <p>117.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton duvar,60mmPolistiren levhası,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı</p> <p>118.30 mm kireç-çimento harcı,150 mm LW beton duvar,50mmPolistiren levhası,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı</p> <p>119.30 mm kireç-çimento harcı,150mm LW beton duvar(dolu),40mmPolistiren yalıtım levhası,150 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı</p> <p>120.30 mm kireç-çimento harcı,150mm LW beton duvar(dolu),40mmPolistiren levhası,200 mm LW beton duvar,20 mm çimento harcı</p>															

Çizelge 4.4. (devamı) Türkiye’de sıklıkla kullanılan yapı formlarına ait CTS serileri

Duvar tipi	Levha giydirmeli duvarlar					Yalıtımlı Levha giydirmeli duvarlar								
Duvar No	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
U (W/m ² K)	1,82	1,43	1,01	0,57	0,52	1,43	1,18	0,88	0,52	0,49	1,22	1,02	0,54	0,57
Katman sayısı	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6
Saat	Conduciton Time Series %													
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	18	5	2	6	1	10	2	1	2	1	8	2	1	1
2	29	15	10	18	5	20	9	5	8	3	18	7	7	5
3	21	19	15	21	11	19	13	10	13	7	18	11	14	10
4	13	17	16	17	13	14	13	12	14	10	15	12	16	13
5	7	13	14	12	13	10	12	11	13	11	11	12	14	13
6	7	9	11	8	11	7	10	10	11	10	8	10	12	12
7	2	7	8	8	10	7	8	9	9	10	6	9	9	10
8	1	5	6	4	8	4	7	8	7	8	6	7	7	8
9	1	3	5	2	6	3	7	6	7	7	3	6	5	7
10	0	2	4	2	5	2	4	5	4	6	2	5	4	5
11	0	2	3	1	4	1	3	4	3	5	2	4	3	4
12	0	1	2	1	3	1	3	4	2	4	1	3	2	3
13	0	1	1	0	2	1	2	3	2	3	1	3	2	2
14	0	1	1	0	2	0	2	2	2	3	1	2	1	2
15	0	0	1	0	2	0	1	2	1	2	0	2	2	2
16	0	0	1	0	1	0	1	2	1	2	0	1	1	1
17	0	0	0	0	1	0	1	2	1	2	0	1	0	1
18	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	1	0	1
19	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Katmanlar(dıştan içe doğru)														
	P4	P3	P4	P1	P3	P2	P4	P3	P3	P1	P3	P4	P3	P4
	G2	G2	G2	G2	G2	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	G2	G2
	B3	B5	B12	B24	B24	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	B2	B2
	G2	G2	G2	G2	G2	B3	B5	B12	C15	C16	B10	B13	I12	I12
	-	-	-	-	-	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	B2	C1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G2	G2
121. Taş desenli levha,20 mm çimento harcı,135 mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı 122. Ahşap dokulu levha,20 mm çimento harcı,190 mm düşey delikli yığma tuğla,20 mm çimento harcı 123. Taş desenli levha,20 mm çimento harcı,150 mm straforlu izo tuğla,20 mm çimento harcı 124. Çimentolu yonga levha,20 mm çimento harcı,150 mm Gaz beton,20 mm çimento harcı 125. Ahşap dokulu levha,20 mm çimento harcı,200mm Gaz beton,20 mm çimento harcı 126. Betopan,40 mm Hava boşluğu,20 mm çimento harcı,135 mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı 127. Taş desenli levha,40 mm Hava boşluğu,20 mm çimento harcı,190 mm düşey delikli yığma tuğla,20 mm çimento harcı 128. Ahşap dokulu levha,40 mm Hava boşluğu,20 mm çimento harcı,150 straforlu izo tuğla,20 mm çimento harcı 129. Çimentolu yonga levha,40 mm Hava boşluğu,20 mm çimento harcı,150 mm Gaz beton,20 mm çimento harcı 130. Ahşap dokulu levha,40 mm Hava boşluğu,20 mm çimento harcı,200mm Gaz beton,20 mm çimento harcı 131. Ahşap dokulu levha,40 mm Hava boşluğu,20 mm çimento harcı,150mm LW beton,20 mm çimento harcı 132. Taş desenli levha,40 mm Hava boşluğu,20 mm çimento harcı,200mm HW beton,20 mm çimento harcı 133. Ahşap dokulu levha,20 mm çimento harcı,100 mm yatay delikli tuğla,40mm Polistiren yalıtım levhası,100 mm yatay delikli tuğla,20 mm çimento harcı 134. Taş desenli levha,20 mm çimento harcı,100 mm yatay delikli tuğla,40mm Polistiren yalıtım levhası,100mm LW beton,20 mm çimento harcı														

Çizelge 4.5. Türkiye'de sıklıkla kullanılan Çatı formlarına ait CTS serileri

Tip	Eğik Metal yüzeyli çatılar					Eğik Ahşap çatılar					Düz Beton çatılar					
Çatı no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
U (W/m ² K)	0,85	4,29	2,55	0,47	0,66	0,97	0,40	0,57	0,44	1,16	0,50	0,46	0,53	0,51	2,23	0,66
Katman sayısı	5	4	4	4	5	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4
Saat	Conduciton Time Series %															
0	19	55	29	2	1	0	0	0	1	0	2	1	1	1	2	0
1	58	44	54	22	13	3	2	1	13	4	21	2	16	2	19	8
2	19	1	13	26	22	9	7	6	26	13	27	5	24	4	24	18
3	3	0	3	18	18	13	11	10	23	17	18	7	18	6	18	19
4	1	0	1	12	13	13	11	11	15	15	12	9	13	7	12	16
5	0	0	0	8	10	12	10	11	9	13	7	9	9	8	8	12
6	0	0	0	5	7	10	9	10	6	10	5	8	6	8	5	9
7	0	0	0	3	5	8	8	9	3	7	3	8	4	7	4	6
8	0	0	0	2	3	7	7	7	2	6	2	7	3	7	3	4
9	0	0	0	1	2	5	6	6	1	4	1	6	2	6	2	3
10	0	0	0	1	2	4	5	5	1	3	1	5	1	6	1	2
11	0	0	0	0	1	3	4	4	0	2	1	5	1	5	1	1
12	0	0	0	0	1	3	3	4	0	2	0	4	1	4	1	1
13	0	0	0	0	1	2	3	3	0	1	0	4	1	4	0	1
14	0	0	0	0	1	2	2	2	0	1	0	3	0	4	0	0
15	0	0	0	0	0	1	2	2	0	1	0	3	0	3	0	0
16	0	0	0	0	0	1	2	2	0	1	0	3	0	3	0	0
17	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2	0	3	0	0
18	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0
19	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0
20	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0
21	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0
22	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0
23	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0
Katmanlar(dıştan içe doğru)																
	F12	F14	F15	F13	F12	F16	F14	F15	F11	F11	F13	F13	F13	F13	F16	F19
	F13	F13	F13	G06	F13	F13	F13	F13	F13	F13	I02	I02	I02	I02	F13	F13
	I01	G05	G05	I02	I01	G07	I02	I01	I02	G07	M11	M13	M14	M16	M14	I01
	G05	F08	F08	F08	G06		G07	G07	G06							M11
	F08				F03											
1. Bitümlü kiremit, membran, yalıtım örtüsü, tahta, metal yüzey 2. Kiremit, membran, tahta, metal yüzey 3. Ahşap kiremit, membran, tahta, metal yüzey 4. Membran, tahta, yalıtım örtüsü, metal yüzey 5. Bitümlü kiremit, membran, yalıtım örtüsü, tahta, 6. Akustik kaplama, membran, tahta 7. Kiremit, membran, tahta 8. Ahşap kiremit, membran, yalıtım örtüsü, tahta 9. Ahşap kaplama, membran, yalıtım, tahta 10. Ahşap kaplama, membran, tahta 11. Membran, yalıtım örtüsü, 100 lw beton 12. Membran, yalıtım örtüsü, 200 lw beton 13. Membran, yalıtım örtüsü, 150 hw beton 14. Membran, yalıtım örtüsü, 300 hw beton 15. Karo, membran, 150 hw beton 16. Laminant parke, membran, yalıtım örtüsü, 100 Lw beton																

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada ASHRAE tarafından bina soğutma yükü hesabı için en son önerilen Işınım Zaman Serileri (RTS) yönteminde, opak yapı elemanlarının iletimle olan ısı transferinin hesaplanmasında kullanılan ve yapı tipine göre değişiklik gösteren CTS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar için MATLAB programı ile bir CTS CALC olarak adlandırılan bir program yazılmıştır. Aynı yapı kabukları için CTS CALC programından elde edilen CTS değerleri, ASHRAE’de verilen CTS değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda CTS CALC programından elde edilen değerlerin, ASHRAE’de verilen değerler ile büyük bir uyum içinde olduğu görülmüştür. Programda, ülkemizde sıklıkla kullanılan yapı elemanları için geniş bir veri seti oluşturulmuştur. Veri setinde bulunmayan yapı elemanları için dışarıdan veri girişi sağlanmıştır. Programın kullanılması oldukça basit olup kullanıcı programda veri setinden yapı katmanlarını seçerek, kolayca CTS değerlerini bulmaktadır.

Geliştirilen program ile Türkiye’deki binalarda yaygın olarak kullanılan yapı tipleri için CTS değerlerinin doğru ve güvenilir olarak tespit edilmesi sağlanmıştır. Bu sayede; CTS değerlerinin ülkemizde kullanılan yapı kabukları için ASHRAE’de verilen çizelgelerden en yakın yapı tipinin seçilmesi yerine; istenilen tüm yapı kabukları için doğru olarak hesaplanmıştır. Bunun dışında, geliştirilen program ile tasarımcının yapı kabuğu için düşündüğü tüm formların yük analizini yaparak en uygun formu belirlemesi sağlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar; soğutma yükü ve enerji analizlerinde RTS yönteminin bu yaklaşımla daha güvenilir olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bina yük hesaplarının doğru ve güvenilir olması, özellikle günümüzde tüm binalar için hedeflenen “yüksek enerji performanslı bina” elde edilmesine olanak sağlayarak binalardaki enerji tüketiminin sınırlandırılması sağlanacaktır. Buda oldukça önemli bir kazanımdır.

Bina soğutma yükü analizinde RTS yöntemini kullanan tüm tasarımcılar için, opak yapı elemanlarına ait CTS değerlerinin belirlenmesinde bu çalışmada geliştirilen CTS CALC programının kullanılması önerilir.

KAYNAKLAR

- AKTACİR, M.A., BÜYÜKALACA, ve O., YILMAZ, T., 2003. Soğutma Yüğü Hesabında Kullanılan Yöntemler. ULIBTK'03 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniğı kongresi, s.64-69.
- ASHRAE Handbook 1967. Fundamentals, American Society for Heating, Refrigeration and Air Condition Engineers, Inc., New York
- ASHRAE Handbook 1972. Fundamentals, American Society for Heating, Refrigeration and Air Condition Engineers, Inc., New York
- ASHRAE Handbook 1977. Fundamentals, American Society for Heating, Refrigeration and Air Condition Engineers, Inc., New York
- ASHRAE Handbook 1989. Fundamentals, American Society for Heating, Refrigeration and Air Condition Engineers, Inc., New York
- ASHRAE Handbook 1993. Fundamentals, American Society for Heating, Refrigeration and Air Condition Engineers, Inc., New York
- ASHRAE Handbook 1997. Fundamentals, American Society for Heating, Refrigeration and Air Condition Engineers, Inc., New York
- BRISKIN, W.R., and REQUE, S.G, 1956. Heat Load Calculations By Thermal Response. ASHRAE Transactions, pp: 391-424.
- CHEN, Y.M., and CHEN, Z.K., 2000. A Neural-Network-Based Experimental Technique for Determining Z-Transfer Function Coefficients of a Building. Envelope. Building and Environment, 35(2): 181-189
- CHEN, Y.M., and WANG, S.W., 2001. Frequency Domain Regression Method for Estimating CTF Model of Building Multi-layer Walls. Applied Mathematical Modelling, 25 (7): 579-592.
- CHEN, Y.M., and WANG, S.W., 2005. A New Procedure for Calculating Periodic Response Factors Based on Frequency Domain Regression Method. International Journal of Thermal Sciences, 44 (4): 382-392.
- DAVIES, M.G. 1997. Wall Transient Heat Flow Using Time-Domain Analysis. Building and Environment, 32(5): 427-446.
- DUSKA, M., BARTAK, M., DRKAL, F., and HENSEN, J., 2006. Analytical Approach to Transient Heat Conduction in Cooling Load Calculations. Proceedings of the 17th Int. Air-conditioning and Ventilation Conference.
- HITTLE, D.C., and BISHOP, R., 1983. An Improved Root-Finding Procedure for Use in Calculating Transient Heat Flow Throught Multilayered Slabs. International Journal of Heat and Mass Transfer, 26(1): 1685-1694.
- IU, I.S., and FISHER, D.E., 2004. Application of Conduction Transfer Functions and Periodic Response Factors in Cooling Load Calculation Procedures. ASHRAE Transactions, 109(2): 829-841.
- JIANG, Y. 1982. State-Space Method for Calculation of Air-Conditioning Loads and Simulation of Thermal Behavior of the Room. ASHRAE Transactions, 88 (2): 122-138.
- JOUDI, K.A., AL-BADREE, A.S., 2005. Comprasion of Cooling Load Calculation Methods by TFM, CLTD&TETD With Experimental Measurements. AL-fateh, Journal, No 24.

- LOUDON, A.G. 1968. Summer Time Temperatures in Buildings Without Air Conditioning, Building Research Station, pp: 47-68.
- MCQUISTON, F.C., PARKER, J.D., and SPITLER, J.D., 2000. Heating, Ventilating and Air-Conditioning Analysis and Design, 4th Ed.
- MILBANK, N.O., and LYNN, J.H., 1974. Thermal Response the Admittance Procedure. Building Services Engineer, pp: 38-50.
- MITALAS, G.P., and STEPHENSON, D.G., 1967. Room Thermal Response Factors. ASHRAE Transactions, 73(1):1-18.
- PEDERSEN, C.O FISHER, D.E., and LIESEN, R.J., 1997. Development of a Heat Balance Procedure for Calculating Cooling Loads. ASHRAE Transactions, 103(2): 459-468.
- REES, S.J., SPITLER, J.D., and HAVES, P., 1998. Quantitative Comparison of North American and U.K. Cooling Load Calculation Procedures-Results. ASHRAE Transactions, 104(2): 47-61.
- SPITLER, J.D., and FISHER, D.E., 1999. On Relationship between the Radiant Time Series and Transfer Function Methods for Design Cooling Load Calculations. HVAC&R Research, 5(2): 123-136
- SPITLER, J.D., and FISHER, D.E., 1999. Development of Periodic Response Factor for Use with The Radian Time Series Method. ASHRAE Transactions, 105 (2): 491-502.
- SPITLER, J.D., and FISHER, D.E., 1999. On The Relationship Between The Radiant Time Series and Transfer Function Methods for Design Cooling Load Calculations. HVAC&RESEARCH, 5: 123-136.
- SPITLER, J.D., FISHER, D.E., and PEDERSEN, C.O., 1997. The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure., ASHRAE Transactions, 103 (2): 503-515.
- STEPHENSON, D.G., and MITALAS, G.P., 1971. Calculation of Heat Transfer Functions for Multi-Layer Slabs.. ASHRAE Transactions, 73(1):1-13
- T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET İSTATİSTİK ENSTİTÜSÜ, 2000, Bina Sayımı 2000, Yayın Numarası 2471, Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası.
- VDI 2078, 1996. Cooling Loads Calculations of Air-conditioned Room, VDI Cooling Load Regulations.
- WANG, S.W., CHEN, Y.M., 2003. Transient Heat Flow Calculation For Multilayer Constructions Using Frequency Domain Regression Method. Building and Environment, 38 (1):45-61.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Mardin'in Midyat ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'un Zeytinburnu ilçesinde tamamladı. 2006 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünü kazandı. 2010 yılında Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirdi. Aynı yıl Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2012 yılı itibariyle Batman Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Şu an hala Batman Üniversitesinde akademik görevine devam etmektedir.

EK 1

CTS CALC PROGRAMININ MATLAB KODLARI

```
function[PRF,CTS,Ues]=Conduction_Time_Series(Lenght, lamda, cap,ro,ri)
nlayer = max(size(Lenght)) ;
format long
den=5;
num=5;
vt = 3600;
n1 = 8;
n2 = 3;
Res=ri+ro+sum(R);
Ues = 1.0/Res ;

for ni = 1:nlayer
    Lenght(ni)=Lenght(ni)/1000;
    am(ni) = lamda(ni)/rho(ni)/cap(ni);
end

N = 10*(n1-n2)+1;
w = logspace(-n1,-n2,N);
Mi = [1 -ri;0 1];
Mo = [1 -ro;0 1];

for i = 1:N
    s = w(i)*sqrt(-1);
    MT=Mi;
    for ni = 1:nlayer
        if Lenght(ni)==0
            M(1,1,ni) = 1;
            M(1,2,ni) =-R(ni);
```

```

        M(2,1,ni) =0;
        M(2,2,ni) =1;
    else
        M(1,1,ni) =cosh(Lenght(ni)*sqrt(s/am(ni)));
        M(1,2,ni) =
R(ni)*sinh(Lenght(ni)*sqrt(s/am(ni)))/(Lenght(ni)*sqrt(s/am(ni)));
        M(2,1,ni) =
(Lenght(ni)*sqrt(s/am(ni)))*sinh(Lenght(ni)*sqrt(s/am(ni)))/R(ni);
        M(2,2,ni) =M(1,1,ni);

    end

    MT=MT*M(:,:,ni);
end
MT = MT*Mo;
A = MT(1,1);
B = -MT(1,2);
C = -MT(2,1);
D = MT(2,2);
Gx(i) = A/B;
Gy(i)= 1/B;
Gz(i)= -1/B;
end

nB=den;
nA=num;
P=real(Gy);
Q=imag(Gy);
M=length(w);
nmax=max(nA,nB+1);
NN=nmax*nmax;

for i=1:2:2*NN+1

```



```

L(i)=sum(w.^(i-1));
S(i)=sum(w.^(i-1).*P);
S(i+1)=sum(w.^i.*Q);
U(i+1)=sum(w.^(i+1).*(P.^2+Q.^2));
end

ii=[1,1];

for i=1:NN+1,
ii=[ii -ii(2*i-1:2*i)];
end

Gxx=zeros(2,2*NN-1);
Gxy=zeros(2,2*NN-3);
Gyx=zeros(2,2*NN-2);
Gyy=zeros(2,2*NN-2);
Gxx(1,:)=L(1:2*NN-1).*ii(1:2*NN-1);
Gxx(2,:)=L(2:2*NN).*ii(1:2*NN-1);
Gxy(1,:)=S(2:2*NN-2).*ii(1:2*NN-3);
Gxy(2,:)=S(3:2*NN-1).*ii(4:2*NN);
Gyx(1,:)=S(2:2*NN-1).*ii(2:2*NN-1);
Gyx(2,:)=S(3:2*NN).*ii(1:2*NN-2);
Gyy(1,:)=U(2:2*NN-1).*ii(1:2*NN-2);
Gyy(2,:)=U(3:2*NN).*ii(1:2*NN-2);
Gxx1=Gxx(:,1:nB+1);
Gxy1=Gxy(:,1:nA);
Gyx1=Gyx(:,1:nB+1);
Gyy1=Gyy(:,1:nA);

for i=1:nmax
    Gxx1=[Gxx1;Gxx(:,2*i+1:2*i+nB+1)];
    Gxy1=[Gxy1;Gxy(:,2*i+1:2*i+nA)];

```

```

    Gyx1=[Gyx1;Gyx(:,2*i+1:2*i+nB+1)];
    Gyy1=[Gyy1;Gyy(:,2*i+1:2*i+nA)];
end

G=[Gxx1(1:nB+1,1:nB+1)          Gxy1(1:nB+1,1:nA);Gyx1(1:nA,1:nB+1)
Gyy1(1:nA,1:nA)];
V=[S(1:nB+1).*ii(1:nB+1), U(1:nA).*ii(1:nA)]';
[U1,S1,V1]=svd(G);
V1=X*V;
numm=V1(nB+1:-1:1)';
denn=[V1(nA+nB+1:-1:nB+2)',1];
FDRnum=numm/denn(1);
FDRden=denn/denn(1);
Residue= roots(FDRden);
si= max(size(Residue));
FDRdend = polyder(FDRden);

for i = 1:si
for i=1:23
    for j=1:si
        Yppa(i,j)=-((residue(j)/vt*(1-exp(Residue(j)*vt))^2*exp((i-
1)*Residue(j)*vt)/(1-exp(24*Residue(j)*vt)));
    end
    Ypp(i)=sum(Yppa(i,:));
end

for j=1:si
    Y0(j)=(residue(j)/vt*(1-exp(Residue(j)*vt))*(1-exp(23*Residue(j)*vt))/(1-
exp(24*Residue(j)*vt)));
end
Yp(1)=Ues+sum(Y0);
for i=2:24

```

```
Yp(i)=Ypp(i-1);
if Yp(i)<0
    Yp(i)=0;
end
if i>5
    if Yp(i)>Yp(i-1)
        Yp(i)=0;

    end
end
end
format short
input('The Conduciton Time Series:')
FDRpff=real(Yp);
PRF=FDRpff';
CTS=100*PRF./Ues
```

EK 2

CTS CALC PROGRAMININ C# KODLARI

```
partial class Giris
{
    /// <summary>
    /// Required designer variable.
    /// </summary>
    private System.ComponentModel.IContainer components = null;

    /// <summary>
    /// Clean up any resources being used.
    /// </summary>
    /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
    otherwise, false.</param>
    protected override void Dispose(bool disposing)
    {
        if (disposing && (components != null))
        {
            components.Dispose();
        }
        base.Dispose(disposing);
    }

    #region Windows Form Designer generated code

    /// <summary>
    /// Required method for Designer support - do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.
    /// </summary>
    private void InitializeComponent()
    {
        System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(Giris));
        this.btnYeni = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btnSil = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btnGoruntule = new System.Windows.Forms.Button();
        this.listYapi = new System.Windows.Forms.ListBox();
        this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.btnCikis = new System.Windows.Forms.Button();
        this.txtYapiAdi = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.btn_hesapla = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btn_katmansil = new System.Windows.Forms.Button();
    }
}

```

```

this.btn_katmanekle = new System.Windows.Forms.Button();
this.panel1 = new System.Windows.Forms.Panel();
this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
this.pictureBox1 = new System.Windows.Forms.PictureBox();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.pictureBox1)).BeginInit();
this.SuspendLayout();
//
// btnYeni
//
this.btnYeni.Location = new System.Drawing.Point(35, 136);
this.btnYeni.Name = "btnYeni";
this.btnYeni.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btnYeni.TabIndex = 1;
this.btnYeni.Text = "Yeni Yapı";
this.btnYeni.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btnYeni.Click += new System.EventHandler(this.btnYeni_Click);
//
// btnSil
//
this.btnSil.Location = new System.Drawing.Point(35, 174);
this.btnSil.Name = "btnSil";
this.btnSil.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btnSil.TabIndex = 2;
this.btnSil.Text = "Yapıyı Sil";
this.btnSil.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btnSil.Click += new System.EventHandler(this.button2_Click);
//
// btnGoruntule
//
this.btnGoruntule.Location = new System.Drawing.Point(35, 211);
this.btnGoruntule.Name = "btnGoruntule";
this.btnGoruntule.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btnGoruntule.TabIndex = 4;
this.btnGoruntule.Text = "Görüntüle";
this.btnGoruntule.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btnGoruntule.Click += new
System.EventHandler(this.btnGoruntule_Click);
//
// listYapi
//
this.listYapi.FormattingEnabled = true;
this.listYapi.Location = new System.Drawing.Point(12, 313);
this.listYapi.Name = "listYapi";
this.listYapi.Size = new System.Drawing.Size(120, 251);
this.listYapi.TabIndex = 5;
//
// label1

```

```

//
this.label1.AutoSize = true;
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(14, 297);
this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(39, 13);
this.label1.TabIndex = 6;
this.label1.Text = "Yapılar";
//
// btnCikis
//
this.btnCikis.Location = new System.Drawing.Point(35, 248);
this.btnCikis.Name = "btnCikis";
this.btnCikis.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btnCikis.TabIndex = 7;
this.btnCikis.Text = "Çıkış";
this.btnCikis.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btnCikis.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);
//
// txtYapiAdi
//
this.txtYapiAdi.Location = new System.Drawing.Point(239, 37);
this.txtYapiAdi.Name = "txtYapiAdi";
this.txtYapiAdi.Size = new System.Drawing.Size(100, 20);
this.txtYapiAdi.TabIndex = 12;
//
// label2
//
this.label2.AutoSize = true;
this.label2.Font = new System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25F,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
((byte)162));
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(165, 37);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(54, 13);
this.label2.TabIndex = 11;
this.label2.Text = "Yapı Adı";
//
// btn_hesapla
//
this.btn_hesapla.Location = new System.Drawing.Point(532, 37);
this.btn_hesapla.Name = "btn_hesapla";
this.btn_hesapla.Size = new System.Drawing.Size(82, 23);
this.btn_hesapla.TabIndex = 10;
this.btn_hesapla.Text = "Yapıyı Kaydet";
this.btn_hesapla.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_hesapla.Click += new
System.EventHandler(this.btn_hesapla_Click);
//

```

```

// btn_katmansil
//
this.btn_katmansil.Location = new System.Drawing.Point(451, 37);
this.btn_katmansil.Name = "btn_katmansil";
this.btn_katmansil.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_katmansil.TabIndex = 9;
this.btn_katmansil.Text = "Katman sil";
this.btn_katmansil.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_katmansil.Click += new
System.EventHandler(this.btn_katmansil_Click);
//
// btn_katmanekle
//
this.btn_katmanekle.Location = new System.Drawing.Point(370, 37);
this.btn_katmanekle.Name = "btn_katmanekle";
this.btn_katmanekle.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_katmanekle.TabIndex = 8;
this.btn_katmanekle.Text = "Katman Ekle";
this.btn_katmanekle.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_katmanekle.Click += new
System.EventHandler(this.btn_katmanekle_Click);
//
// panel1
//
this.panel1.AutoSizeMode =
System.Windows.Forms.AutoSizeMode.GrowAndShrink;
this.panel1.Location = new System.Drawing.Point(168, 85);
this.panel1.Name = "panel1";
this.panel1.Size = new System.Drawing.Size(457, 443);
this.panel1.TabIndex = 13;
//
// label3
//
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Font = new System.Drawing.Font("Arial", 6.75F,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
((byte)(162)));
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(163, 531);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(434, 33);
this.label3.TabIndex = 14;
this.label3.Text = "\r\n* Yapı elemanlarını iç yüzeyden dış yüzeye doğru
giriniz. \r\n** İç yüzeyin yüzey" +
"sel ısı taşınım direnci 0,12 (m2K/W), Dış yüzeyin ise 0,04 (m2K/W)
alınmıştır.";
//
// pictureBox1
//

```

```

        this.pictureBox1.Image =
((System.Drawing.Image)(resources.GetObject("pictureBox1.Image")));
        this.pictureBox1.InitialImage =
((System.Drawing.Image)(resources.GetObject("pictureBox1.InitialImage")));
        this.pictureBox1.Location = new System.Drawing.Point(12, 10);
        this.pictureBox1.Name = "pictureBox1";
        this.pictureBox1.Size = new System.Drawing.Size(120, 119);
        this.pictureBox1.SizeMode =
System.Windows.Forms.PictureBoxSizeMode.StretchImage;
        this.pictureBox1.TabIndex = 15;
        this.pictureBox1.TabStop = false;
        //
        // Giris
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
        this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(648, 594);
        this.Controls.Add(this.pictureBox1);
        this.Controls.Add(this.label3);
        this.Controls.Add(this.panel1);
        this.Controls.Add(this.txtYapiAdi);
        this.Controls.Add(this.label2);
        this.Controls.Add(this.btn_hesapla);
        this.Controls.Add(this.btn_katmansil);
        this.Controls.Add(this.btn_katmanekle);
        this.Controls.Add(this.btnCikis);
        this.Controls.Add(this.label1);
        this.Controls.Add(this.listYapi);
        this.Controls.Add(this.btnGoruntule);
        this.Controls.Add(this.btnSil);
        this.Controls.Add(this.btnYeni);
        this.Name = "Giris";
        this.Text = "CTSCALC";
        this.Load += new System.EventHandler(this.Giris_Load);
        ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.pictureBox1)).EndInit();
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();

    }

```

#endregion

```

private System.Windows.Forms.Button btnYeni;
private System.Windows.Forms.Button btnSil;
private System.Windows.Forms.Button btnGoruntule;
private System.Windows.Forms.ListBox listYapi;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Button btnCikis;

```



```

private System.Windows.Forms.TextBox txtYapiAdi;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Button btn_hesapla;
private System.Windows.Forms.Button btn_katmansil;
private System.Windows.Forms.Button btn_katmanekle;
private System.Windows.Forms.Panel panel1;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.PictureBox pictureBox1;
}
}
{
partial class frmHesap
{
    /// <summary>
    /// Required designer variable.
    /// </summary>
    private System.ComponentModel.IContainer components = null;

    /// <summary>
    /// Clean up any resources being used.
    /// </summary>
    /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
    otherwise, false.</param>
    protected override void Dispose(bool disposing)
    {
        if (disposing && (components != null))
        {
            components.Dispose();
        }
        base.Dispose(disposing);
    }

    #region Windows Form Designer generated code

    /// <summary>
    /// Required method for Designer support - do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.
    /// </summary>
    private void InitializeComponent()
    {
        this.panel1 = new System.Windows.Forms.Panel();
        this.btn_katmanekle = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btn_katmansil = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btn_hesapla = new System.Windows.Forms.Button();
        this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.txtYapiAdi = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.SuspendLayout();
        //

```

```

// panel1
//
this.panel1.AutoSizeMode =
System.Windows.Forms.AutoSizeMode.GrowAndShrink;
this.panel1.Location = new System.Drawing.Point(25, 62);
this.panel1.Name = "panel1";
this.panel1.Size = new System.Drawing.Size(480, 179);
this.panel1.TabIndex = 0;
//
// btn_katmanekle
//
this.btn_katmanekle.Location = new System.Drawing.Point(25, 33);
this.btn_katmanekle.Name = "btn_katmanekle";
this.btn_katmanekle.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_katmanekle.TabIndex = 1;
this.btn_katmanekle.Text = "Katman Ekle";
this.btn_katmanekle.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_katmanekle.Click += new
System.EventHandler(this.btn_katmanekle_Click);
//
// btn_katmansil
//
this.btn_katmansil.Location = new System.Drawing.Point(126, 33);
this.btn_katmansil.Name = "btn_katmansil";
this.btn_katmansil.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_katmansil.TabIndex = 2;
this.btn_katmansil.Text = "Katman sil";
this.btn_katmansil.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_katmansil.Click += new
System.EventHandler(this.btn_katmansil_Click);
//
// btn_hesapla
//
this.btn_hesapla.Location = new System.Drawing.Point(236, 33);
this.btn_hesapla.Name = "btn_hesapla";
this.btn_hesapla.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_hesapla.TabIndex = 3;
this.btn_hesapla.Text = "Kaydet";
this.btn_hesapla.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_hesapla.Click += new
System.EventHandler(this.btn_hesapla_Click);
//
// label1
//
this.label1.AutoSize = true;
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(25, 14);
this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(46, 13);

```

```

        this.label1.TabIndex = 4;
        this.label1.Text = "Yapı Adı";
        //
        // txtYapiAdi
        //
        this.txtYapiAdi.Location = new System.Drawing.Point(126, 6);
        this.txtYapiAdi.Name = "txtYapiAdi";
        this.txtYapiAdi.Size = new System.Drawing.Size(100, 20);
        this.txtYapiAdi.TabIndex = 5;
        //
        // frmHesap
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
        this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(837, 261);
        this.Controls.Add(this.txtYapiAdi);
        this.Controls.Add(this.label1);
        this.Controls.Add(this.btn_hesapla);
        this.Controls.Add(this.btn_katmansil);
        this.Controls.Add(this.btn_katmanekle);
        this.Controls.Add(this.panel1);
        this.Name = "frmHesap";
        this.Text = "Duvar Katmanları";
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();

    }

#endregion

private System.Windows.Forms.Panel panel1;
private System.Windows.Forms.Button btn_katmanekle;
private System.Windows.Forms.Button btn_katmansil;
private System.Windows.Forms.Button btn_hesapla;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.TextBox txtYapiAdi;
}
}

namespace ctsgen
{
    partial class CTSSonuc
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

```

```

/// <summary>
/// Clean up any resources being used.
/// </summary>
/// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
otherwise, false.</param>
protected override void Dispose(bool disposing)
{
    if (disposing && (components != null))
    {
        components.Dispose();
    }
    base.Dispose(disposing);
}

#region Windows Form Designer generated code

/// <summary>
/// Required method for Designer support - do not modify
/// the contents of this method with the code editor.
/// </summary>
private void InitializeComponent()
{
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.ChartArea chartArea2 =
new System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.ChartArea();
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Legend legend2 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Legend();
    this.chart1 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Chart();
    this.panel1 = new System.Windows.Forms.Panel();
    this.lstcts = new System.Windows.Forms.ListBox();
    this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.lstprf = new System.Windows.Forms.ListBox();
    this.lblU = new System.Windows.Forms.Label();
    this.txtU = new System.Windows.Forms.TextBox();
    ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.chart1)).BeginInit();
    this.panel1.SuspendLayout();
    this.SuspendLayout();
    //
    // chart1
    //
    chartArea2.Name = "ChartArea1";
    this.chart1.ChartAreas.Add(chartArea2);
    legend2.Name = "Legend1";
    this.chart1.Legends.Add(legend2);
    this.chart1.Location = new System.Drawing.Point(21, 21);
    this.chart1.Name = "chart1";
    this.chart1.Size = new System.Drawing.Size(424, 307);
}

```

```

this.chart1.TabIndex = 2;
this.chart1.Text = "chart1";
//
// panel1
//
this.panel1.Controls.Add(this.txtU);
this.panel1.Controls.Add(this.lblU);
this.panel1.Controls.Add(this.label2);
this.panel1.Controls.Add(this.lstprf);
this.panel1.Controls.Add(this.label1);
this.panel1.Controls.Add(this.lstcts);
this.panel1.Location = new System.Drawing.Point(470, 23);
this.panel1.Name = "panel1";
this.panel1.Size = new System.Drawing.Size(200, 305);
this.panel1.TabIndex = 3;
//
// lstcts
//
this.lstcts.FormattingEnabled = true;
this.lstcts.Location = new System.Drawing.Point(12, 31);
this.lstcts.Name = "lstcts";
this.lstcts.SelectionMode =
System.Windows.Forms.SelectionMode.MultiExtended;
this.lstcts.Size = new System.Drawing.Size(76, 225);
this.lstcts.TabIndex = 0;
//
// label1
//
this.label1.AutoSize = true;
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(12, 10);
this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(28, 13);
this.label1.TabIndex = 1;
this.label1.Text = "CTS";
//
// label2
//
this.label2.AutoSize = true;
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(103, 10);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(28, 13);
this.label2.TabIndex = 3;
this.label2.Text = "PRF";
//
// lstprf
//
this.lstprf.FormattingEnabled = true;
this.lstprf.Location = new System.Drawing.Point(103, 31);

```

```

        this.lstprf.Name = "lstprf";
        this.lstprf.SelectionMode =
System.Windows.Forms.SelectionMode.MultiExtended;
        this.lstprf.Size = new System.Drawing.Size(76, 225);
        this.lstprf.TabIndex = 2;
        //
        // lblU
        //
        this.lblU.AutoSize = true;
        this.lblU.Location = new System.Drawing.Point(14, 280);
        this.lblU.Name = "lblU";
        this.lblU.Size = new System.Drawing.Size(49, 13);
        this.lblU.TabIndex = 4;
        this.lblU.Text = "U Değeri";
        //
        // txtU
        //
        this.txtU.Location = new System.Drawing.Point(79, 277);
        this.txtU.Name = "txtU";
        this.txtU.Size = new System.Drawing.Size(100, 20);
        this.txtU.TabIndex = 5;
        //
        // CTSSonuc
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
        this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(718, 340);
        this.Controls.Add(this.panel1);
        this.Controls.Add(this.chart1);
        this.Name = "CTSSonuc";
        this.Text = "CTSSonuc";
        this.Load += new System.EventHandler(this.CTSSonuc_Load);
        ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.chart1)).EndInit();
        this.panel1.ResumeLayout(false);
        this.panel1.PerformLayout();
        this.ResumeLayout(false);
    }

```

#endregion

```

private System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Chart chart1;
private System.Windows.Forms.Panel panel1;
private System.Windows.Forms.TextBox txtU;
private System.Windows.Forms.Label lblU;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.ListBox lstprf;
private System.Windows.Forms.Label label1;

```

```

    private System.Windows.Forms.ListBox lstcts;
}
partial class katman
{
    /// <summary>
    /// Required designer variable.
    /// </summary>
    private System.ComponentModel.IContainer components = null;

    /// <summary>
    /// Clean up any resources being used.
    /// </summary>
    /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
otherwise, false.</param>
    protected override void Dispose(bool disposing)
    {
        if (disposing && (components != null))
        {
            components.Dispose();
        }
        base.Dispose(disposing);
    }
}

```

#region Component Designer generated code

```

    /// <summary>
    /// Required method for Designer support - do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.
    /// </summary>
    private void InitializeComponent()
    {
        this.txt_kod = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_k = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_rho = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_cap = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_zuo = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_l = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.btn_sec = new System.Windows.Forms.Button();
        this.SuspendLayout();
        //
        // txt_kod
        //
        this.txt_kod.Location = new System.Drawing.Point(13, 11);
        this.txt_kod.Name = "txt_kod";
        this.txt_kod.Size = new System.Drawing.Size(53, 20);
        this.txt_kod.TabIndex = 0;
        //
        // txt_k

```

```

//
this.txt_k.Location = new System.Drawing.Point(131, 11);
this.txt_k.Name = "txt_k";
this.txt_k.Size = new System.Drawing.Size(53, 20);
this.txt_k.TabIndex = 1;
//
// txt_rho
//
this.txt_rho.Location = new System.Drawing.Point(190, 11);
this.txt_rho.Name = "txt_rho";
this.txt_rho.Size = new System.Drawing.Size(53, 20);
this.txt_rho.TabIndex = 2;
//
// txt_cap
//
this.txt_cap.Location = new System.Drawing.Point(249, 11);
this.txt_cap.Name = "txt_cap";
this.txt_cap.Size = new System.Drawing.Size(53, 20);
this.txt_cap.TabIndex = 3;
//
// txt_zuo
//
this.txt_zuo.Location = new System.Drawing.Point(308, 11);
this.txt_zuo.Name = "txt_zuo";
this.txt_zuo.Size = new System.Drawing.Size(53, 20);
this.txt_zuo.TabIndex = 4;
//
// txt_l
//
this.txt_l.Location = new System.Drawing.Point(72, 11);
this.txt_l.Name = "txt_l";
this.txt_l.Size = new System.Drawing.Size(53, 20);
this.txt_l.TabIndex = 5;
//
// btn_sec
//
this.btn_sec.Location = new System.Drawing.Point(367, 11);
this.btn_sec.Name = "btn_sec";
this.btn_sec.Size = new System.Drawing.Size(88, 23);
this.btn_sec.TabIndex = 6;
this.btn_sec.Text = "Seç";
this.btn_sec.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_sec.Click += new System.EventHandler(this.btn_sec_Click);
//
// katman
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;

```



```

        this.Controls.Add(this.btn_sec);
        this.Controls.Add(this.txt_l);
        this.Controls.Add(this.txt_zuo);
        this.Controls.Add(this.txt_cap);
        this.Controls.Add(this.txt_rho);
        this.Controls.Add(this.txt_k);
        this.Controls.Add(this.txt_kod);
        this.Name = "katman";
        this.Size = new System.Drawing.Size(465, 42);
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();

    }

#endregion

private System.Windows.Forms.TextBox txt_kod;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_k;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_rho;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_cap;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_zuo;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_l;
private System.Windows.Forms.Button btn_sec;
}

partial class material
{
    /// <summary>
    /// Required designer variable.
    /// </summary>
    private System.ComponentModel.IContainer components = null;

    /// <summary>
    /// Clean up any resources being used.
    /// </summary>
    /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
    otherwise, false.</param>
    protected override void Dispose(bool disposing)
    {
        if (disposing && (components != null))
        {
            components.Dispose();
        }
        base.Dispose(disposing);
    }

#region Windows Form Designer generated code

```

```

/// <summary>
/// Required method for Designer support - do not modify
/// the contents of this method with the code editor.
/// </summary>
private void InitializeComponent()
{
    this.grd_material = new System.Windows.Forms.DataGridView();
    this.btn_sec = new System.Windows.Forms.Button();
    this.btn_yeni = new System.Windows.Forms.Button();
    this.btn_sil = new System.Windows.Forms.Button();
    this.btn_duzenle = new System.Windows.Forms.Button();
    this.btn iptal = new System.Windows.Forms.Button();
    this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();

    ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.grd_material)).BeginInit();
    this.SuspendLayout();
    //
    // grd_material
    //
    this.grd_material.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize;
    this.grd_material.Location = new System.Drawing.Point(3, 55);
    this.grd_material.MultiSelect = false;
    this.grd_material.Name = "grd_material";
    this.grd_material.SelectionMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewSelectionMode.FullRowSelect;
    this.grd_material.Size = new System.Drawing.Size(850, 451);
    this.grd_material.TabIndex = 0;
    //
    // btn_sec
    //
    this.btn_sec.Location = new System.Drawing.Point(11, 12);
    this.btn_sec.Name = "btn_sec";
    this.btn_sec.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
    this.btn_sec.TabIndex = 1;
    this.btn_sec.Text = "Seç";
    this.btn_sec.UseVisualStyleBackColor = true;
    this.btn_sec.Click += new System.EventHandler(this.btn_sec_Click);
    //
    // btn_yeni
    //
    this.btn_yeni.Location = new System.Drawing.Point(118, 12);
    this.btn_yeni.Name = "btn_yeni";

```

```

this.btn_yeni.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_yeni.TabIndex = 2;
this.btn_yeni.Text = "Yeni";
this.btn_yeni.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_yeni.Click += new System.EventHandler(this.btn_yeni_Click);
//
// btn_sil
//
this.btn_sil.Location = new System.Drawing.Point(225, 12);
this.btn_sil.Name = "btn_sil";
this.btn_sil.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_sil.TabIndex = 3;
this.btn_sil.Text = "Sil";
this.btn_sil.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_sil.Click += new System.EventHandler(this.btn_sil_Click);
//
// btn_duzenle
//
this.btn_duzenle.Location = new System.Drawing.Point(332, 12);
this.btn_duzenle.Name = "btn_duzenle";
this.btn_duzenle.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn_duzenle.TabIndex = 4;
this.btn_duzenle.Text = "Düzenle";
this.btn_duzenle.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_duzenle.Click += new
System.EventHandler(this.btn_duzenle_Click);
//
// btn iptal
//
this.btn iptal.Location = new System.Drawing.Point(439, 12);
this.btn iptal.Name = "btn iptal";
this.btn iptal.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.btn iptal.TabIndex = 5;
this.btn iptal.Text = "İptal";
this.btn iptal.UseVisualStyleBackColor = true;
//
// label1
//
this.label1.AutoSize = true;
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(15, 520);
this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(87, 13);
this.label1.TabIndex = 6;
this.label1.Text = "A: Hava Boşluğu";
//
// label2
//
this.label2.AutoSize = true;

```

```

this.label2.Location = new System.Drawing.Point(310, 520);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(107, 13);
this.label2.TabIndex = 7;
this.label2.Text = "L: Levha Malzemeleri";
//
// label3
//
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(606, 520);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(47, 13);
this.label3.TabIndex = 8;
this.label3.Text = "T: Tuğla";
//
// label4
//
this.label4.AutoSize = true;
this.label4.Location = new System.Drawing.Point(150, 520);
this.label4.Name = "label4";
this.label4.Size = new System.Drawing.Size(112, 13);
this.label4.TabIndex = 9;
this.label4.Text = "B: Beton Yapı Elemanı";
//
// label5
//
this.label5.AutoSize = true;
this.label5.Location = new System.Drawing.Point(465, 520);
this.label5.Name = "label5";
this.label5.Size = new System.Drawing.Size(93, 13);
this.label5.TabIndex = 10;
this.label5.Text = "S: Sıva Malzemesi";
//
// label6
//
this.label6.AutoSize = true;
this.label6.Location = new System.Drawing.Point(701, 520);
this.label6.Name = "label6";
this.label6.Size = new System.Drawing.Size(108, 13);
this.label6.TabIndex = 11;
this.label6.Text = "Y: Yalıtım Malzemeleri";
//
// material
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(865, 546);
this.Controls.Add(this.label6);

```

```

this.Controls.Add(this.label5);
this.Controls.Add(this.label4);
this.Controls.Add(this.label3);
this.Controls.Add(this.label2);
this.Controls.Add(this.label1);
this.Controls.Add(this.btn iptal);
this.Controls.Add(this.btn duzenle);
this.Controls.Add(this.btn sil);
this.Controls.Add(this.btn yeni);
this.Controls.Add(this.btn sec);
this.Controls.Add(this.grd_material);
this.Name = "material";
this.Text = "Yapı Elemanları";
this.Load += new System.EventHandler(this.material_Load);
((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.grd_material)).EndInit();
this.ResumeLayout(false);
this.PerformLayout();

}

```

#endregion

```

private System.Windows.Forms.DataGridView grd_material;
private System.Windows.Forms.Button btn_sec;
private System.Windows.Forms.Button btn_yeni;
private System.Windows.Forms.Button btn_sil;
private System.Windows.Forms.Button btn_duzenle;
private System.Windows.Forms.Button btn iptal;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.Label label4;
private System.Windows.Forms.Label label5;
private System.Windows.Forms.Label label6;
}

```

partial class material_edit

```

{
    /// <summary>
    /// Required designer variable.
    /// </summary>
    private System.ComponentModel.IContainer components = null;

    /// <summary>
    /// Clean up any resources being used.
    /// </summary>

```

```

    /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed;
    otherwise, false.</param>
    protected override void Dispose(bool disposing)
    {
        if (disposing && (components != null))
        {
            components.Dispose();
        }
        base.Dispose(disposing);
    }

```

#region Windows Form Designer generated code

```

    /// <summary>
    /// Required method for Designer support - do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.
    /// </summary>
    private void InitializeComponent()
    {
        this.btn_kaydet = new System.Windows.Forms.Button();
        this.txt_1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_zuo = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_cap = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_rho = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_k = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.txt_kod = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label7 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.txt_aciklama = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.btn_guncelle = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btn_sil = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btn_temizle = new System.Windows.Forms.Button();
        this.btn iptal = new System.Windows.Forms.Button();
        this.SuspendLayout();
        //
        // btn_kaydet
        //
        this.btn_kaydet.Location = new System.Drawing.Point(364, 15);
        this.btn_kaydet.Name = "btn_kaydet";
        this.btn_kaydet.Size = new System.Drawing.Size(88, 23);
        this.btn_kaydet.TabIndex = 13;
        this.btn_kaydet.Text = "Kaydet";
        this.btn_kaydet.UseVisualStyleBackColor = true;
    }

```

```

this.btn_kaydet.Click += new System.EventHandler(this.btn_kaydet_Click);
//
// txt_1
//
this.txt_1.Location = new System.Drawing.Point(148, 93);
this.txt_1.Name = "txt_1";
this.txt_1.Size = new System.Drawing.Size(184, 20);
this.txt_1.TabIndex = 12;
//
// txt_zuo
//
this.txt_zuo.Location = new System.Drawing.Point(148, 243);
this.txt_zuo.Name = "txt_zuo";
this.txt_zuo.Size = new System.Drawing.Size(184, 20);
this.txt_zuo.TabIndex = 11;
//
// txt_cap
//
this.txt_cap.Location = new System.Drawing.Point(148, 206);
this.txt_cap.Name = "txt_cap";
this.txt_cap.Size = new System.Drawing.Size(184, 20);
this.txt_cap.TabIndex = 10;
//
// txt_rho
//
this.txt_rho.Location = new System.Drawing.Point(148, 173);
this.txt_rho.Name = "txt_rho";
this.txt_rho.Size = new System.Drawing.Size(184, 20);
this.txt_rho.TabIndex = 9;
//
// txt_k
//
this.txt_k.Location = new System.Drawing.Point(148, 136);
this.txt_k.Name = "txt_k";
this.txt_k.Size = new System.Drawing.Size(184, 20);
this.txt_k.TabIndex = 8;
//
// txt_kod
//
this.txt_kod.Location = new System.Drawing.Point(148, 21);
this.txt_kod.Name = "txt_kod";
this.txt_kod.Size = new System.Drawing.Size(184, 20);
this.txt_kod.TabIndex = 7;
//
// label1
//
this.label1.AutoSize = true;
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(12, 25);

```

```

this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(26, 13);
this.label1.TabIndex = 14;
this.label1.Text = "Kod";
//
// label2
//
this.label2.AutoSize = true;
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(12, 62);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(50, 13);
this.label2.TabIndex = 15;
this.label2.Text = "Açıklama";
//
// label3
//
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(12, 136);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(120, 13);
this.label3.TabIndex = 17;
this.label3.Text = "Isı iletim katsayısı(w/mK)";
//
// label4
//
this.label4.AutoSize = true;
this.label4.Location = new System.Drawing.Point(12, 99);
this.label4.Name = "label4";
this.label4.Size = new System.Drawing.Size(68, 13);
this.label4.TabIndex = 16;
this.label4.Text = "Uzunluk(mm)";
//
// label5
//
this.label5.AutoSize = true;
this.label5.Location = new System.Drawing.Point(12, 247);
this.label5.Name = "label5";
this.label5.Size = new System.Drawing.Size(116, 13);
this.label5.TabIndex = 20;
this.label5.Text = "Termal Direnc(m2K/W)";
//
// label6
//
this.label6.AutoSize = true;
this.label6.Location = new System.Drawing.Point(12, 210);
this.label6.Name = "label6";
this.label6.Size = new System.Drawing.Size(83, 13);
this.label6.TabIndex = 19;

```



```

this.label6.Text = "Özgül Isı (j/KgK)";
//
// label7
//
this.label7.AutoSize = true;
this.label7.Location = new System.Drawing.Point(12, 173);
this.label7.Name = "label7";
this.label7.Size = new System.Drawing.Size(89, 13);
this.label7.TabIndex = 18;
this.label7.Text = "Yoğunluk(kg/m3)";
//
// txt_aciklama
//
this.txt_aciklama.Location = new System.Drawing.Point(148, 58);
this.txt_aciklama.Name = "txt_aciklama";
this.txt_aciklama.Size = new System.Drawing.Size(184, 20);
this.txt_aciklama.TabIndex = 21;
//
// btn_guncelle
//
this.btn_guncelle.Location = new System.Drawing.Point(364, 52);
this.btn_guncelle.Name = "btn_guncelle";
this.btn_guncelle.Size = new System.Drawing.Size(88, 23);
this.btn_guncelle.TabIndex = 22;
this.btn_guncelle.Text = "Güncelle";
this.btn_guncelle.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_guncelle.Click += new
System.EventHandler(this.btn_guncelle_Click);
//
// btn_sil
//
this.btn_sil.Location = new System.Drawing.Point(364, 89);
this.btn_sil.Name = "btn_sil";
this.btn_sil.Size = new System.Drawing.Size(88, 23);
this.btn_sil.TabIndex = 23;
this.btn_sil.Text = "Sil";
this.btn_sil.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_sil.Click += new System.EventHandler(this.btn_sil_Click);
//
// btn_temizle
//
this.btn_temizle.Location = new System.Drawing.Point(364, 126);
this.btn_temizle.Name = "btn_temizle";
this.btn_temizle.Size = new System.Drawing.Size(88, 23);
this.btn_temizle.TabIndex = 24;
this.btn_temizle.Text = "Temizle";
this.btn_temizle.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_temizle.Click += new System.EventHandler(this.btn_temizle_Click);

```

```

//
// btn_iptal
//
this.btn_iptal.Location = new System.Drawing.Point(364, 168);
this.btn_iptal.Name = "btn_iptal";
this.btn_iptal.Size = new System.Drawing.Size(88, 23);
this.btn_iptal.TabIndex = 25;
this.btn_iptal.Text = "İptal";
this.btn_iptal.UseVisualStyleBackColor = true;
this.btn_iptal.Click += new System.EventHandler(this.btn_iptal_Click);
//
// material_edit
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(464, 287);
this.Controls.Add(this.btn_iptal);
this.Controls.Add(this.btn_temizle);
this.Controls.Add(this.btn_sil);
this.Controls.Add(this.btn_guncelle);
this.Controls.Add(this.txt_aciklama);
this.Controls.Add(this.label5);
this.Controls.Add(this.label6);
this.Controls.Add(this.label7);
this.Controls.Add(this.label3);
this.Controls.Add(this.label4);
this.Controls.Add(this.label2);
this.Controls.Add(this.label1);
this.Controls.Add(this.btn_kaydet);
this.Controls.Add(this.txt_l);
this.Controls.Add(this.txt_zuo);
this.Controls.Add(this.txt_cap);
this.Controls.Add(this.txt_rho);
this.Controls.Add(this.txt_k);
this.Controls.Add(this.txt_kod);
this.Name = "material_edit";
this.Text = "material_edit";
this.ResumeLayout(false);
this.PerformLayout();

}

#endregion

private System.Windows.Forms.Button btn_kaydet;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_l;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_zuo;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_cap;

```

```

private System.Windows.Forms.TextBox txt_rho;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_k;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_kod;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.Label label4;
private System.Windows.Forms.Label label5;
private System.Windows.Forms.Label label6;
private System.Windows.Forms.Label label7;
private System.Windows.Forms.TextBox txt_aciklama;
private System.Windows.Forms.Button btn_guncelle;
private System.Windows.Forms.Button btn_sil;
private System.Windows.Forms.Button btn_temizle;
private System.Windows.Forms.Button btn iptal;
}

static class Program
{
    /// <summary>
    /// The main entry point for the application.
    /// </summary>
    [STAThread]
    static void Main()
    {
        Application.EnableVisualStyles();
        Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
        Application.Run(new Giris());
    }
}

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Data;
using System.Data.OleDb;
using MathWorks.MATLAB.NET.Arrays;
using MathWorks.MATLAB.NET.Utility;
using MathWorks.MATLAB.NET.ComponentData;
using matlab_ctsgen;
using System.Windows.Forms;

namespace ctsgen
{
    public class yapi
    {

```

```

public string adi;
public int ksayi;
public double u;
public double [] cts;
public double[] prf;

public List<layer> kt;
public yapi()
{
    kt = new List<layer>();
    cts = new double[24];
    prf = new double[24];
}
public void layerekle(int x)
{
    for (int i = 0; i < x; i++)
    {
        layer _kt = (new layer());
        kt.Add(_kt);
    }
}

public void clear()
{
    kt.Clear();
    adi = "";
    ksayi = 0;
    u = 0;
    for (int i = 0; i < 24;i++)
    {
        cts[i] = 0;
        prf[i] = 0;
    }
}

public int vtsil()
{
    OleDbConnection baglanti = new
OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" +
Application.StartupPath + "/katman.mdb");
    OleDbCommand komut = new OleDbCommand();
    OleDbDataAdapter adaptor = new OleDbDataAdapter();
    DataSet ds = new DataSet();

    try
    {
        if (baglanti.State == ConnectionState.Closed)

```

```

        baglanti.Open();

        string did = "";
        adaptor = new System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("select id from
duvar where ad='" + adi + "'", baglanti);
        ds.Tables.Clear();
        adaptor.Fill(ds);
        did = ds.Tables[0].Rows[0][0].ToString();

        adaptor.Dispose();

        komut = new OleDbCommand("DELETE FROM duvar WHERE id=" +
did, baglanti);

        komut.ExecuteNonQuery();

        string cmd = "DELETE FROM cts WHERE duvar_id=" + did;
        komut = new OleDbCommand(cmd, baglanti);

        komut.ExecuteNonQuery();

        cmd = "DELETE FROM prf WHERE duvar_id=" + did;
        komut = new OleDbCommand(cmd, baglanti);

        komut.ExecuteNonQuery();

        cmd = "DELETE FROM duvarkatman WHERE duvar_id=" + did;
        komut = new OleDbCommand(cmd, baglanti);

        komut.ExecuteNonQuery();

        baglanti.Close();
        return 0;
    }
    catch
    {
        MessageBox.Show("Hata Oluştı");
        return 1;
    }
}

public int vtkaydet()
{

```

```

        OleDbConnection baglanti = new
OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" +
Application.StartupPath + "/katman.mdb");
        OleDbCommand komut = new OleDbCommand();
        OleDbDataAdapter adaptor = new OleDbDataAdapter();
        DataSet ds = new DataSet();

        try
        {
            if (baglanti.State == ConnectionState.Closed)
                baglanti.Open();

            adaptor = new System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("select * from
duvar where ad='"+adi+"' ", baglanti);
            ds.Tables.Clear();
            adaptor.Fill(ds);
            if (ds.Tables[0].Rows.Count > 0)
            {
                MessageBox.Show("Aynı isimli kayıt olduğundan kaydedilemedi.");
                return 1;
            }
            adaptor.Dispose();

            komut = new OleDbCommand("INSERT INTO duvar (ad,U,katman_s)
values ('"+adi+"','"+u.ToString()+"','"+ksayi.ToString()+"'", baglanti);

            komut.ExecuteNonQuery();

            adaptor = new System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("select max(id) as
lastid from duvar", baglanti);
            ds.Tables.Clear();
            adaptor.Fill(ds);
            int did = Int32.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["lastid"].ToString());

            string cmd = "INSERT INTO cts
(duvar_id,cts0,cts1,cts2,cts3,cts4,cts5,cts6,cts7,cts8,cts9,cts10,cts11,cts12,cts13,cts1
4,cts15,cts16,cts17,cts18,cts19,cts20,cts21,cts22,cts23) values (" + did;
            for (int i = 0; i < 24; i++)
            {
                cmd += "," + cts[i].ToString().Replace(',', '.');
            }
            cmd += ")";
            komut = new OleDbCommand(cmd, baglanti);

            komut.ExecuteNonQuery();

```

```

        cmd = "INSERT INTO prf
(duvar_id,prf0,prf1,prf2,prf3,prf4,prf5,prf6,prf7,prf8,prf9,prf10,prf11,prf12,prf13,prf
14,prf15,prf16,prf17,prf18,prf19,prf20,prf21,prf22,prf23) values (" + did;
        for (int i = 0; i < 24; i++)
        {
            cmd += "," + prf[i].ToString().Replace(',', '.');
        }
        cmd += ")";
        komut = new OleDbCommand(cmd, baglanti);

        komut.ExecuteNonQuery();

        for (int i = 0; i < ksayi; i++)
        {
            cmd = "INSERT INTO duvarkatman
(duvar_id, katman_sira, malzeme_kod) values (" + did +
            "," + kt[i].sira.ToString() + "," + kt[i].adi + ")";
            komut = new OleDbCommand(cmd, baglanti);

            komut.ExecuteNonQuery();
        }

        baglanti.Close();
        MessageBox.Show("Kayıt Eklendi");
    }
    catch
    {
        MessageBox.Show("Hata Oluştı");
        return 1;
    }

    return 0;
}

public int getdatafromvt(string duvar_ad)
{
    OleDbConnection baglanti = new
OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" +
Application.StartupPath + "/katman.mdb");
    OleDbCommand komut = new OleDbCommand();
    OleDbDataAdapter adaptor = new OleDbDataAdapter();
    DataSet ds = new DataSet();

    try
    {
        if (baglanti.State == ConnectionState.Closed)
            baglanti.Open();
    }
}

```

```

    adaptor = new System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("select * from
duvar where ad=" + duvar_ad + """, baglanti);

    adaptor.Fill(ds);

    adi = ds.Tables[0].Rows[0]["ad"].ToString();
    int id = Int32.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["id"].ToString());
    u = Double.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["U"].ToString());
    ksayi = Int32.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["katman_s"].ToString());

    layerekle(ksayi);

    ds.Tables.Clear();
    adaptor.Dispose();
    adaptor = new System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("select * from cts
where duvar_id=" + id.ToString() , baglanti);
    adaptor.Fill(ds);
    DataRow dr = ds.Tables[0].Rows[0];
    for (int x = 0; x < 24; x++)
    {
        string str = "cts" + x.ToString();
        cts[x] = Double.Parse(dr[str].ToString());
    }

    ds.Tables.Clear();
    adaptor.Dispose();
    adaptor = new System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("select * from prf
where duvar_id=" + id.ToString() , baglanti);
    adaptor.Fill(ds);
    for (int x = 0; x < 24; x++)
    {
        string str = "prf" + x.ToString();
        prf[x] = Double.Parse(ds.Tables[0].Rows[0][str].ToString());
    }

    ds.Tables.Clear();
    adaptor.Dispose();
    adaptor = new System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("SELECT * from
duvarkatman, Material where duvarkatman.malzeme_kod=Material.kod and
duvarkatman.duvar_id = " + id.ToString(), baglanti);

    adaptor.Fill(ds);

    for (int i = 0; i < ds.Tables[0].Rows.Count; i++)
    {

```



```

        kt[i].adi = ds.Tables[0].Rows[i]["kod"].ToString();
        kt[i].l = Double.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["uzunluk"].ToString());
        kt[i].k = Double.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["isi_iletim"].ToString());
        kt[i].rho = Double.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["yogunluk"].ToString());
        kt[i].cap = Double.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["ozgul_isi"].ToString());
        kt[i].zuo =
Double.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["termal_direnc"].ToString());
        kt[i].sira =
Int32.Parse(ds.Tables[0].Rows[0]["katman_sira"].ToString());
    }

    adaptor.Dispose();
    baglanti.Close();

}
catch
{
    MessageBox.Show("Hata Oluşturdu");
    return 1;
}

return 0;
}

#region matlab hesap
public double ctshesap(double[] cts, double[] l, double[] k, double[] rho,
double[] cap, double[] zuo, double ri, double ro, int nlayer)
{
    System.Array prfr = new double[24];
    System.Array prfi = new double[24];
    System.Array ctsr = new double[24];
    System.Array ctsi = new double[24];
    System.Array utotalr = new double[1];
    System.Array utotali = new double[1];

    matlab_ctsgen.Matlab_ctsgen mctsgen = new
matlab_ctsgen.Matlab_ctsgen();

    System.Array lr = new double[nlayer];
    System.Array li = new double[nlayer];

    System.Array kr = new double[nlayer];
    System.Array ki = new double[nlayer];

    System.Array rhor = new double[nlayer];
    System.Array rhoi = new double[nlayer];

```

```
System.Array capr = new double[nlayer];
System.Array capi = new double[nlayer];
```

```
System.Array zuor = new double[nlayer];
System.Array zuoi = new double[nlayer];
```

```
for (int i = 0; i < nlayer; i++)
{
    lr.SetValue(l[i], i);
    li.SetValue(0, i);

    kr.SetValue(k[i], i);
    ki.SetValue(0, i);

    rhor.SetValue(rho[i], i);
    rhoi.SetValue(0, i);

    capr.SetValue(cap[i], i);
    capi.SetValue(0, i);

    zuor.SetValue(zuo[i], i);
    zuoi.SetValue(0, i);

}
```

```
System.Array ror = new double[1];
ror.SetValue(ro, 0);
System.Array roi = new double[1];
roi.SetValue(0, 0);
System.Array rir = new double[1];
rir.SetValue(ri, 0);
System.Array rii = new double[1];
rii.SetValue(0, 0);
```

```
MWNumericArray _l = new MWNumericArray(1, nlayer, (double[])lr,
(double[])li);
MWNumericArray _k = new MWNumericArray(1, nlayer, (double[])kr,
(double[])ki);
MWNumericArray _rho = new MWNumericArray(1, nlayer, (double[])rhor,
(double[])rhoi);
MWNumericArray _cap = new MWNumericArray(1, nlayer, (double[])capr,
(double[])capi);
```

```

    MWNumericArray _zuo = new MWNumericArray(1, nlayer, (double[])zuor,
(double[])zuoi);

    MWNumericArray _ro = new MWNumericArray(1, 1, (double[])ror,
(double[])roi);
    MWNumericArray _ri = new MWNumericArray(1, 1, (double[])rir,
(double[])rii);

    MWArray[] RetVal = mctsgen.CTS(2, _l, _k, _cap, _rho, _zuo, _ro, _ri);
    //MWArray[] RetVal = mctsgen.Conduction_Time_Series(3, _l, _k, _cap,
_rho, _zuo, _ro, _ri);

    ctsr =
((MWNumericArray)RetVal[0]).ToVector(MWArrayComponent.Real);
    //ctsi =
((MWNumericArray)RetVal[0]).ToVector(MWArrayComponent.Imaginary);

    utotalr =
((MWNumericArray)RetVal[1]).ToVector(MWArrayComponent.Real);
    //prfi =
((MWNumericArray)RetVal[1]).ToVector(MWArrayComponent.Imaginary);

    //utotalr =
((MWNumericArray)RetVal[2]).ToVector(MWArrayComponent.Real);
    //utotali =
((MWNumericArray)RetVal[2]).ToVector(MWArrayComponent.Imaginary);

    Array.Copy(((MWNumericArray)RetVal[0]).ToVector(MWArrayComponent.Real),
cts, 24);
    return ((double)utotalr.GetValue(0));

}

#endregion
}

```

EK 3 (CTSCALC PROGRAMI CD'Si)

ÖZET

Bu çalışmada soğutma yükü hesap yöntemi olan Işınım Zaman Serisi (RTS) yöntemine ait; opak yapılardan iletim yoluyla meydana gelen ısı kazancı hesabında kullanılan İletim Zaman Serilerinin (CTS) bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla ısı iletim eşitlikleri yazılmış ve bu eşitliklere “Frequency Domain Regression” yöntemi uygulanarak çözümleri yapılmıştır. Eşitlikler çözüldükten MATLAB programlama dili ile eşitliklerin kodları yazılmıştır. Yazılan kodlar; ASHRAE Fundamentals Handbook 2009’da verilen opak yapılara uygulanıp, çizelge değerleri ile karşılaştırılmıştır. CTS kodu doğrulandıktan sonra Türkiye’de ağırlıklı olarak kullanılan opak yapı elemanları tespit edilip, bunların termo-fiziksel özelliklerinden veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı oluşturulduktan sonra CTS kodu, C# programı ile ara yüz haline getirilmiştir.

SUMMARY

The aim of this study is calculation of The Conduction Time Series that are used to calculate conduction heat gain through opaque structures in The Radiant Time Series. For this purpose the heat conduction equations is written. For solving these equations Frequency Domain Regression Method is applied to these equations. The heat equations codes are written by MATLAB. This solution of code is compared to example walls and roofs type in ASHRAE FUNDEMENTALS 2009. After verifying the CTS code; the opaque building components that are most common use in Turkiye are determineted. Then database is created from the thermo-phiscal specification of opaque structures. Then CTS codes are interfaced by using C#. In this way, the engineers can calculate the CTS series for any form of building structure.