

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BİNA KABUĞUNUN DOLAYLI
KAZANIMLI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE
İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM ÖNERİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Başak KUNDAKÇI**

Anabilim Dalı : MİMARLIK

**Programı : ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI
TEKNOLOJİSİ**

OCAK 2004

ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca her koşulda desteğini esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Zerrin Yılmaz'a, sorularıyla bunalttığım Dr. Gülten Manioğlu'na ve Doç. Dr. Gül Koçlar Oral'a, yardımları için Prof. Dr. Vildan Ok'a, hayatım boyunca iyi-kötü her gün yanımda olup bana olan inançlarını kaybetmeyen canım annem Hatice Kundakçı ve babam Prof. Dr. Akif Kundakçı'ya teşekkürü bir borç bilirim. Sevgiler,

Başak KUNDAKÇI
2004

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xvii
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
3. EKOLOJİNİN TANIMI, ENERJİ VE ÇEVRE SORUNLARI	9
3.1 Ekoloji	9
3.2 Enerji ve Çevre Sorunları	9
3.3 Enerji ve Çevre Sorunlarının Çözümünde Sürdürülebilir Mimari Tasarımın Önemi	12
4. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ TASARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI	14
4.1 İklimsel Konforu ve Enerji Harcamalarını Etkileyen İklimsel Çevre Etkenleri	14
4.2 İklimsel Konfor ve Enerji Harcamalarını Etkileyen Yapma Çevre Değişkenleri	15
4.2.1 Hacmin Bina İçerisindeki Konumu	16
4.2.2 Hacmin Boyutları ve Biçim Faktörü	16
4.2.3 Hacmin Yönlendiriliş Durumu	16
4.2.4 Hacmin Kabuk Elemanının Termofiziksel ve Optik Özellikleri	17
4.2.4.1 Hacmin Kabuk Elemanının Termofiziksel Özellikleri	17
4.2.4.2 Hacmin Kabuk Elemanının Optik Özellikleri	20
4.2.5 Hacmin Isıtılması İçin Kullanılan Sistemin İşletme Şekli	20
4.3 Binalarda Güneş Enerjisinden Isıtma Amaçlı Yararlanma Sistemleri	21
4.3.1 Aktif Güneş Enerjisi Sistemleri	22
4.3.2 Pasif Güneş Enerjisi Sistemleri	22
4.3.2.1 Doğrudan Kazanım	23
4.3.2.2 Dolaylı Kazanım	24
4.3.2.3 Yalıtılmış Kazanım	27
4.3.2.4 Pasif Güneş Enerjisi Sistemlerinin Karşılaştırılması	28
5. BİNALARDA ISITMA ENERJİSİ KORUNUMUNUN SAĞLANMASI İÇİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	31
5.1 Binaların Enerji Etkin İyileştirmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Konular	31
5.2 Bina İyileştirme Çeşitleri	32
5.2.1 Aktif Sistemlerle İyileştirme	33

5.2.2	Pasif Sistemlerle İyileştirme	33
5.2.3	Uygulanacak Sistemin Boyutu ve Türünü Belirlemede Etkili Olan Çevre ve Tasarım Parametreleri	35
5.3	Bina İyileştirmesinde Uygulanan Örnekler	36
5.4	Pasif Sistemli İyileştirme Uygulamalarının Verimlerinin Karşılaştırılması	36
6.	MEVCUT BİNA KABUĞUNUN DOLAYLI KAZANIMLI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM ÖNERİSİ	39
6.1	Yaklaşımın Amacı	39
6.2	Yaklaşımın Aşamaları	39
6.2.1	Değerlendirmenin Yapılacağı Tasarım Günlerinin Belirlenmesi	39
6.2.2	Dış İklim Koşullarının Belirlenmesi	39
6.2.3	İç İklim Koşullarının Belirlenmesi	40
6.2.4	Binaya İlişkin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi	40
6.3	Binanın Isıtma Sisteminin İşletme Şeklinin Belirlenmesi	42
6.4	Ele Alınan Binanın Mevcut Kabuk Detayı İçin Isıtma Enerjisi Gereksinimi ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması	43
6.5	Ele Alınan Binanın Enerji Etkin İyileştirilmesi İçin Kabuk Detayı Önerilerinin Yapılması	44
6.6	Ele Alınan Binada İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detaylarının Isıtma Enerjisi Gereksinimleri ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması	45
6.7	Mevcut Kabuk ve İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detayları İçin Hacmin Isısal Performansının Değerlendirilmesi	46
7.	MEVCUT BİNA KABUĞUNUN DOLAYLI KAZANIMLI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ UYGULAMASI	48
7.1	Uygulamanın Amacı	48
7.2	Uygulamanın Aşamaları	48
7.2.1	Değerlendirmenin Yapılacağı Dizayn Günlerinin Belirlenmesi	48
7.2.2	Dış İklim Koşullarının Belirlenmesi	48
7.2.3	İç İklim Koşullarının Belirlenmesi	49
7.2.4	Binaya İlişkin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi	49
7.3	Binanın Isıtma Sisteminin İşletme Şeklinin Belirlenmesi	51
7.4	Ele Alınan Binanın Mevcut Kabuk Detayı İçin Isıtma Enerjisi Gereksinimi ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması	51
7.5	Ele Alınan Binanın Enerji Etkin İyileştirilmesi İçin Kabuk Detayı Önerilerinin Yapılması	52
7.6	Ele Alınan Binada İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detaylarının Isıtma Enerjisi Gereksinimleri ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması	53
7.7	Mevcut Kabuk ve İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detayları İçin Hacmin Isısal Performansının Değerlendirilmesi	54
8.	BULGULAR VE TARTIŞMA	56
8.1	Mevcut Duvarın ve İyileştirme İçin Önerilen Duvar Detaylarının Camsız Durumlarının Isısal Performanslarının İrdelenmesi	56
8.2	Aynı Ara Boşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Saatlik Sıcaklık Değişimlerinin İrdelenmesi	58

8.3	Aynı Araboşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Saatlik Sıcaklık Değişimlerinin İrdelenmesi	59
8.3.1	Araboşluk Mesafesinin 5cm Olması Durumu	59
8.3.2	Araboşluk Mesafesinin 10cm Olması Durumu	60
8.3.3	Araboşluk Mesafesinin 15cm Olması Durumu	61
8.4	Aynı Ara Boşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Isısal Performanslarının İrdelenmesi	63
8.5	Aynı Ara Boşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Isısal Performanslarının İrdelenmesi	64
9.	SONUÇ VE ÖNERİLER	66
	KAYNAKLAR	68
	EKLER	71
	ÖZGEÇMİŞ	90

KISALTMALAR

CFD	: Computational Fluid Dynamics
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
AB	: Avrupa Birliği
A.S.	: Alçı sıva
K.H.S.	: Kireç harçlı sıva
D.D.T.	: Düşey delikli tuğla
P.S.K.	: Polistiren sert köpük
D.T.	: Dolu tuğla
B.B.B.	: Boşluklu beton briket
G.	: Gazbeton
G2.	: Gazbeton2
a.b.	: Ara boşluk
c.	: Cam

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1	Konutlarda Enerjinin Harcandığı Yerler 19
Tablo 7.1	Mevcut Dış Duvarın Katmanlaşma Detayı 50
Tablo 7.2	İç Duvarın Katmanlaşma Detayı 51
Tablo 7.3	Döşemenin Katmanlaşma Detayı 51
Tablo E.1	Mevcut Duvar Detayı ve Önerilen Duvar Seçenekleri 85
Tablo E.2	Mevcut Duvar Detayı ve Önerilen Duvar Seçenekleri 86
Tablo E.3	Mevcut Duvar Detayı ve Önerilen Duvar Seçenekleri 87

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Türkiye'deki 1980-1997 yılları arasındaki sektörel enerji kullanımı	12
Şekil 4.1	Opak kabuk bileşeninin dış yüzeyinin sıcaklığının değişimine bağlı olarak iç yüzey sıcaklığının değişimi.	19
Şekil 4.2	Sera etkisi ile gündüz güneş ışınımının toplanması ve gece kullanımı için termal kütle tarafından depolanması.	24
Şekil 4.3	Termal depolama duvarlı sistemin sera etkisiyle ısıyı depolaması ve depolanan ısının gece iç ortama salınması.	25
Şekil 4.4	Trombe/Michel evi, Odeillo, Fransa, 1967.	25
Şekil 4.5	Su duvarının çalışma ilkesi.	26
Şekil 4.6	Çatı havuzunun çalışma ilkesi.	26
Şekil 4.7	Termosifon duvar-Kollektör sisteminin çalışma ilkesi.	27
Şekil 4.8	Yalıtılmış kazanımın çalışma ilkesi.	28
Şekil 7.1	Mevcut Dış Duvarın Katmanlaşma Detayı	50
Şekil 7.2	İç Duvarın Katmanlaşma Detayı	51
Şekil 7.3	Döşemenin Katmanlaşma Detayı	51
Şekil A.1	Pfister Güneş Evi, Minneapolis, Minnesota.	71
Şekil A.2	Sundance I Evi, Reston, Virginia.	72
Şekil A.3	Boston sıraevler.	73
Şekil A.4	Warehouse iyileştirme, Manchester, Vermont.	74
Şekil A.5	Konut binası, Berlin.	74
Şekil A.6	Konut, Bath, Enerji Dizayn Grubu.	75
Şekil A.7	Konut, Bath, Enerji Dizayn Grubu.	76
Şekil B.1	K_T ve R_d arasındaki korelasyon eğrisi.	77
Şekil B.2	Klein tarafından önerilen ayların ortalama günleri.	78
Şekil E.1	Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	88
Şekil E.2	Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	89
Şekil E.3	Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	90
Şekil E.4	Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	91
Şekil E.5	Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	92
Şekil E.6	Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	93
Şekil E.7	Mevcut duvar detayı ile duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	94

Şekil E.8	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 5cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	95
Şekil E.9	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 10cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	96
Şekil E.10	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 15cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	97
Şekil E.11	Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	98
Şekil E.12	Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	99
Şekil E.13	Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	100
Şekil E.14	Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	101
Şekil E.15	Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	102
Şekil E.16	Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	103
Şekil E.17	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 5cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	104
Şekil E.18	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 10cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	105
Şekil E.19	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 15cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	106
Şekil E.20	Mevcut duvar detayı ile duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	107
Şekil E.21	Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	108

Şekil E.22	Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	109
Şekil E.23	Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	110
Şekil E.24	Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	111
Şekil E.25	Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	112
Şekil E.26	Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	113
Şekil E.27	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 5cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	114
Şekil E.28	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 10cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	115
Şekil E.29	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 15cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	116
Şekil E.30	Mevcut duvar detayı ile duvar alternatiflerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	117
Şekil E.31	Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	118
Şekil E.32	Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	119
Şekil E.33	Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	120
Şekil E.34	Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	121
Şekil E.35	Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	122
Şekil E.36	Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	123
Şekil E.37	Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	124

Şekil E.38	Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	125
Şekil E.39	Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	126
Şekil E.40	Mevcut duvar detayı ile duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)	127
Şekil E.41	Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	128
Şekil E.42	Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	129
Şekil E.43	Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	130
Şekil E.44	Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	131
Şekil E.45	Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	132
Şekil E.46	Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	133
Şekil E.47	Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	134
Şekil E.48	Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	135
Şekil E.49	Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	136
Şekil E.50	Mevcut duvar detayı ile duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)	137
Şekil E.51	Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	138
Şekil E.52	Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	139
Şekil E.53	Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	140
Şekil E.54	Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	141

Şekil E.55	Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	142
Şekil E.56	Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	143
Şekil E.57	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	144
Şekil E.58	Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	145
Şekil E.59	Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	146
Şekil E.60	Mevcut duvar detayı ile duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)	147

SEMBOL LİSTESİ

t_{ci} : Saydam bileşenin herhangi bir andaki iç yüzey sıcaklığı, °C.

k_c : Saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, kcal/m²h°C, W/m²°K.

t_{ec} : Saydam bileşeni ele alındığı anda etkileyen sol-air sıcaklık, °C.

t_i : İç hava sıcaklığı konfor değeri, °C.

F_s : Camın engeller tarafından gölgelenmiş alanının tüm cam alanına oranı

I_D, I_y : Saydam bileşeni ele alındığı anda etkileyen direkt ve yaygın güneş ışınımı yeğirlikleri, kcal/m²h, W/m².

τ_D, τ_y : Camın direkt ve yaygın güneş ışınımına karşı geçirgenliği, boyutsuz.

α_i : İç yüzeysel ısı iletim katsayısı, kcal/m²h°C, W/m²°K.

t_{oi} : Opak bileşenin iç yüzey sıcaklığının herhangi bir T anındaki değeri, °C.

a_1 : Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı yayılım katsayısı, m²/s.

λ_1 : Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı iletkenliği, W/m °C.

b : Bileşenin iç yüzeyindeki hacmin saydam bileşenlerinden geçen güneş ışınımı yutuculuk katsayısı.

S_i : Hacimdeki tüm saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımının, ele alınan kabuk elemanının iç yüzeyini etkileyen yeğirliği, W/m².

t_2 : Bileşen içerisinde, bileşenin iç yüzeyinden (Δx) m kadar içerideki noktanın (T- ΔT) anındaki sıcaklığı, °C.

t_{oi} : Bileşenin iç yüzey sıcaklığının (T- ΔT) anındaki değeri, °C.

a_p : Camın yutuculuk katsayısı, 0,4.

a_w : Duvarın yutuculuk katsayısı, 0,7.

I : Dış cephedeki güneş radyasyonu yoğunluğu, W/m².

d_s : Cam geçirgenliği

D_p : Camın kalınlığı, m.

D : Ara boşluk kalınlığı, m.

c_p : Havanın özgül ısısı: 1005 J/kg°K.

k_p : Ortalama ısı transfer katsayısı, W/m²°K.

t_p : Pencerenin ara boşluğa bakan yüzünün sıcaklığı, °C, °K.

t_p' : Pencerenin ara boşluğa bakan yüzünün sıcaklığının söz konusu saatten bir saat önceki değeri, °C, °K.

t_m : Ara boşluk sıcaklığı, °C, °K.

t_m' : Ara boşluk sıcaklığının söz konusu saatten bir saat önceki değeri, °C, °K.

t_w : Duvarın ara boşluğa bakan yüzünün sıcaklığı, °C, °K.

t_i : İç mekan sıcaklığı, °C, °K.

t_s : Dış kabuk cam cephenin ara boşluğa bakan yüzünün sıcaklığı, °C, °K.

α_{p1} : Pencerenin ara boşluğa bakan yüzünün yüzeysel ısı iletim katsayısı, kcal/m²h°C, W/m²°K.

α_{p2} : Pencerenin iç mekana bakan yüzünün yüzeysel ısı iletim katsayısı, kcal/m²h°C, W/m²°K.

α_{w1} : Duvarın ara boşluğa bakan yüzünün yüzeysel ısı iletim katsayısı, kcal/m²h°C, W/m²°K.

α_{w2} : Duvarın iç mekana bakan yüzünün yüzeysel ısı iletim katsayısı, kcal/m²h°C, W/m²°K.

α_{s2} : Dış kabuk cam cephenin ara boşluğa bakan yüzünün yüzeysel ısı iletim katsayısı, kcal/m²h°C, W/m²°K.

F_s : Dış kabuk cam cephenin yüzey alanı, m².

F_p : Pencerenin yüzey alanı, m².

F_w : Duvarın yüzey alanı, m².

ρ : Havanın yoğunluğu, 1,25kg/m³.

λ : Isı iletkenlik katsayısı, W/m²°K.

I_T : Cam yüzeyini etkileyen saatlik toplam güneş ışınımı yağınliği, W/m².

I_D : Cam yüzeyini etkileyen saatlik doğrudan güneş ışınımı yağınliği, W/m².

τ_d : Camın yaygın ışınımına karşı geçirgenliği.

τ_D : Camın doğrudan güneş ışınımına karşı geçirgenliği.

q_s : Kabuğun saydam bileşeninin birim alanından geçen ısı miktarı, kcal/m², W/m².

q_o : Kabuğun opak bileşeninin birim alanından geçen ısı miktarı, kcal/m², W/m².

t_{siy} : Kabuğun saydam bileşeninin iç yüzey sıcaklığı, °C.

t_{oiy} : Kabuğun opak bileşeninin iç yüzey sıcaklığı, °C.

A_s : Kabuğun saydam bileşeninin toplam alanı, m².

A_o : Kabuğun opak bileşeninin toplam alanı, m².

q : Kabuğun birim alanından geçen ısı miktarı, kcal/m², W/m².

Q_T : Duvardan geçen toplam ısı miktarı, kcal, W.

A_T : Kabuğun toplam yüzey alanı, m².

U_p : Pencerenin toplam ısı geçirme katsayısı (kcal/m²h°C, W/m²°K)

U_c : Camın ısı geçirme katsayısı (kcal/m²h°C, W/m²°K)
 U_d : Doğramanın ısı geçirme katsayısı (kcal/m²h°C, W/m²°K)
 A_c : Camın yüzey alanı (m²)
 A_d : Doğramanın yüzey alanı (m²)
 A_t : Cam ve doğramanın toplam yüzey alanı (m²)
 U : Bileşenin ısı geçirme katsayısı (kcal/m²h°C, W/m²°K)
 $1/\Lambda$: Bileşenin ısı geçirgenlik direnci (m²h°C/kcal, m²K/W)
 $1/\alpha_i$: İç yüzeyel ısı geçirgenlik direnci (m²h°C/kcal, m²°K/W)
 $1/\alpha_d$: Dış yüzeyel ısı geçirgenlik direnci (m²h°C/kcal, m²°K/W)
 n : bileşendeki katman sayısı
 $1/\Lambda$: ısı geçirgenlik direnci m²°K/W veya m²h°C/kcal
 t_{oio}, t_{odo} : Bileşenin iç ve dış yüzey sıcaklıklarının günlük ortalama değerleri, °C.
 t_{oim}, t_{odm} : Bileşenin iç ve dış yüzeylerindeki maksimum sıcaklık değerleri, °C.
 a_o : Bileşenin yutuculuk katsayısı
 r_o : Bileşenin yansıtıcılık katsayısı
 a_c : Bileşenin yutuculuk katsayısı
 r_c : Bileşenin yansıtıcılık katsayısı
 τ_c : Bileşenin geçirgenlik katsayısı
 H : Yeryüzündeki yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam ışıınım
 H_o : Atmosfer dışındaki yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük ışıınım
 H_d : Aylık ortalama günlük yaygın ışıınım
 K_T : Bulutluluk indeksi
 H_o : Atmosfer dışında yatay düzlem üzerindeki günlük ışıınım miktarı, kj/m² gün.
 I_{sc} : Güneş değışmezi, 4870.8 kj/m²h.
 ϕ : Enlem açısı, derece.
 d : Güneşin sapma açısı, derece.
 w_s : Güneşin doğuş-batış saati açısı, derece.
 r_o : Ele alınan gün için güneş değışmezi düzeltme katsayısı.
 n_d : Ele alınan günün yıl içindeki sayısal değeri.
 r_d : Yaygın ışıınımın gün boyunca dağılımını belirlemek için kullanılan bir katsayı
 d : Güneşin sapma açısı, derece.
 ϕ : Enlem açısı, derece.
 w : Saat açısı, derece.

w_s : Güneşin doğuş-batış saati açısı, derece.

I_{HD} , I_{Hd} , I_{HT} : Yatay düzlem üzerindeki aylık ortalama saatlik doğrudan, yaygın ve toplam güneş ışınımı yeğlilikleri, W/m^2 .

S: Ele alınan yapı yüzeyinin eğim açısı, derece.

r: Yer örtüsünün yansıtıcılığını ifade eden bir katsayı olup, yer örtüsünün özelliklerine bağlı olarak değişik değerler alabilmektedir. Çoğu hesaplamada kar örtüsü için 0.7, toprak ve benzeri için ise 0.2 olarak kabul edilmektedir.

d: Güneşin sapma açısı, derece.

Φ : Enlem açısı, derece.

S: Ele alınan yapı yüzeyinin eğim açısı, derece.

γ : Ele alınan yapı yüzeyinin yönünü belirleyen azimut açısı, derece.

w: Saat açısı, derece.

I_r : Aylık ortalama saatlik yerden yansımış ışınım yeğliliği, W/m^2 .

t_1^* : Bileşenin iç yüzeyinde ($T + \Delta T$) anındaki sıcaklık, $^{\circ}C$.

a: Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı yayılım katsayısı, m^2/s .

λ : Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı iletkenliği, $W/m^{\circ}C$.

t_1 , t_2 : Sırasıyla bileşenin iç yüzeyinin ve yüzeyden x m kadar içerideki tabakanın T anındaki sıcaklıkları, $^{\circ}C$.

q_p : Saydam bileşenin birim alanından herhangi bir anda geçen ısı miktarı, W/m^2 .

I_D : Cam yüzeyini etkileyen doğrudan güneş ışınımı yeğliliği, W/m^2 .

F_s : Camın engeller tarafından gölgelenmemiş alanının tüm cam alanına oranı.

I_y : Cam yüzeyini etkileyen yaygın gök ve yerden yansımış ışınım yeğlilikleri toplamı, ($I_d + I_r$), W/m^2 .

τ_D , τ_Y : Camın doğrudan ve yaygın güneş ışınımına karşı geçirgenlikleri, boyutsuz.

t_{ci} : Saydam bileşenin iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}C$.

t_i : İç hava sıcaklığı, $^{\circ}C$.

ÖZET

Bilindiği gibi, güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında birincil öneme sahiptir ve Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça zengindir. Binalarda harcanan toplam enerjinin %36'sının ısıtma için kullanıldığı ülkemizde bu temiz enerji kaynağından yeterince yararlanılmamaktadır. Binalardaki enerji korunumu standartları güneş enerjisi potansiyelinin gerçek miktarını gözardı etmekte olup bu enerji kaynağının binalarda kullanımını destekleyen kanunlar bulunmamaktadır. Isıtma için harcanan enerji giderleri düşünüldüğünde, mevcut binalarda enerji etkin iyileştirme yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, güneş enerjisi uygulaması, yeni binaların tasarımı ve inşası kadar mevcut binaların iyileştirilme uygulamalarında da göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada, dolaylı kazanım sistemlerinden olan Trombe duvar prensibinin binanın opak kabuk bileşenine uygulanması irdelenmiş ve mevcut binanın iyileştirilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Mevcut duvar ve Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvarın ısı performansları zamana bağlı rejimde karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntem, teorik olarak İstanbul'da bir konuta uygulanmış ve iyileştirilmiş duvar,ısıtma enerjisi korunumu bakımından irdelenmiştir.

SUMMARY

As is well known, solar energy is the primary source of the renewable energy sources and Turkey has a great potential of solar energy. Unfortunately it can not be get enough benefit from this clean energy source in buildings, however it is known that %36 of the total energy is consumed for heating the buildings in Turkey. Energy conservation standard in buildings neglect the real amount of solar energy potential and there is no any regulation to encourage the solar energy utilization in buildings. When we consider the amount of heating energy consumption, it can be easily seen that energy conscious renovation of the existing buildings became an important problem. Therefore, solar energy utilization should be considered for the renovation of existing buildings as well as for the design and construction of new buildings.

In this study, an approach was proposed for the renovation of existing building by the application of Trombe wall principle (indirect solar gain system) to the opaque component of building envelope. The comparison of thermal performances of existing wall and the proposed Trombe wall application has been made under unsteady state heat transfer conditions. The proposed approach has been theoretically carried out for the selected residential building in Istanbul and the heating energy conservation has been determined for the renovated wall.

The study consist of 9 chapters:

Chapter 1:

In the first chapter, the damage given to the environment by fossil fuels and the importance of energy conservation in buildings is mentioned.

Chapter 2:

In this chapter, the studies done for the energy conservation in buildings all over the world is mentioned and the results concluded are given.

Chapter 3:

In this chapter, the definition of the ecology and the need for the ecological design is mentioned. The importance of sustainable design is given as a result of the environmental problems.

Chapter 4:

In this chapter, the use of solar energy in sustainable design is mentioned with respect to room location in building, dimensions of the room, orientation of the room, heat transfer properties of the room envelope and the mechanical heating system.

Chapter 5:

In this chapter, the renovation methods in buildings for energy conservation are described with examples around the world.

Chapter 6:

In this chapter, an approach for building renovation for heat conservation with Trombe wall system which is one of the indirect solar gain systems is recommended.

Chapter 7:

In this chapter, an application of the approach recommended to an existing building in Istanbul is given.

Chapter 8:

In this chapter, the results of the present study are given.

Chapter 9:

In this chapter, the conclusions driven via the results found in the previous chapter are given.

1. GİRİŞ

1948 yılında Arap-İsrail Savaşları'yla başlayıp son yıllarda da devam eden petrol odaklı savaşlardan sonra, petrol üreticisi Ortadoğu ülkelerinin yaptıkları silah ambargosu, dünyada petrolün çok önemli bir ekonomik silah olarak kullanılabilceğini ortaya koymuştur. Buna bağlı olarak dünyadaki fosil yakıtlarının fiyatlarındaki artışlar, yakıtların kullanılması sonucu ortaya çıkan yanma ürünlerinin hava kirliliği olarak ortaya koyduğu sorunlar, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarından yararlanmayı gündeme getirmiştir. Enerji tüketiminin fazlalığı çevre sorunlarına sebep olmakta, bu da ekolojik döngülerde aksamaları beraberinde getirmektedir. Enerjinin önemli bir bölümünün binaların ısıtılması, soğutulması ve iklimlendirilmesi için harcandığı bilinmektedir. Bu nedenle, binalarda iklimsel konfor koşullarının sağlanması için ısıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme yüklerinin en aza indirilmesi gerekliliği ekolojik tasarımı beraberinde getirmekte olup, bu da bina tasarımında rol alan mimar, ısıtma-havalandırma mühendisi gibi elemanların en önemli görevleri arasına girmiştir.

Binalarda, iklimsel konfor koşullarının en az fosil enerji harcaması ile gerçekleştirilebilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının ısıtma ve soğutmada kullanılması zorunlu hale gelmiştir ve son yıllarda tüm dünyada enerji konusundaki araştırmalar bu yönde yoğunlaşmıştır. Bilindiği gibi güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında birincil enerji kaynağıdır ve Türkiye'nin enerji potansiyeli düşünüldüğünde en önemli yenilenebilir enerji kaynağı kabul edilebilir.

Bu nedenle, fosil yakıtların birgün tükeneyeceği düşüncesi ve çevre bilincinin gelişmesi sonucu güneş enerjisinden yararlanma ve yapılarda enerji giderlerini en aza indirme uygulamaları dünyadaki ilk enerji krizinden sonra yoğun olarak araştırılmaya başlanmıştır. Bu araştırmalar, yeni binaların tasarlanması için olduğu kadar mevcut binaların iyileştirilmesine de yöneliktir.

Binaların ve yerleşme birimlerinin enerji etkin olarak tasarlanmaları, ısıtma ve iklimlendirme enerjisi korunumunda etkili olan tasarım parametrelerinin uygun

değerlerinin belirlenmesiyle mümkündür. Bu parametreler, binanın yeri, bina aralıkları, yönlendiriliş durumu, bina formu ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleridir. Dış çevredeki iklimsel koşulların etkilerini kontrol altına alarak yapma çevreye aktarılmasında etken olan en önemli yapma çevre değişkeninin bina kabuğu olduğu söylenebilir. Yapma ısıtma sisteminin işletme şeklinin etkisini de çeşitli termofiziksel özelliklere bağlı olarak yapma çevreye aktaran yine bina kabuğu elemanıdır. Dolayısıyla, iklimsel konforu etkileyen yapma çevre değişkenlerinin ve yapma ısıtma sistemlerinin enerji ekonomisi sağlayacak şekilde denetim altına alınması gerekmektedir [1].

Araştırmacılar, alternatif kaynak olarak çalışmalarını güneşin ısı enerjisi üzerine yoğunlaştırmışlar ve günümüze değin bina kabuğuna da ilişkin pek çok deneysel ve teorik çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalar kapsamında Trombe'un 1960 yılında C.N.R.S. laboratuvarında oluşturduğu pasif güneş ısıtmalı duvar sistemi yapı bilimi alanında Trombe duvarı olarak bilinmektedir [2].

1967'de Fransa Odeillo'da prototipini yapan Felix Trombe ve Jacques Michpan Felix Trombe ve Jacques Michombe duvarlı pasif sistem olarak adlandırılan bu sistemin temel özelliği, binanın güneyindeki siyah boyalı termal kütlesi ağır duvarının, aralarında 10-30cm boşluk kalacak şekilde saydam bir bileşenle örtülmesi ilkesine dayanmaktadır. Saydam malzeme genellikle camdır. Duvar yüzeyine düşen güneş ışınımı, duvar bünyesinde ısı enerjisi olarak depolanmakta ve güneş ışınlarına geçirgen fakat uzun dalga ısı ışınımına karşı hemen hemen kör olan cam sayesinde toplanan enerjinin dışarıya ışınım yoluyla kaybı büyük ölçüde önlenmektedir. Bu enerjinin büyük bir bölümü iletim yoluyla duvarın iç ortama bakan yüzeyine oradan da taşınım ile iç ortama ulaşmakta, bir kısmı ise camdan dış ortama akmaktadır. Bu sistemde Trombe duvarı, ısı kütlesi ağır masif olarak inşa edildiğinden gün boyunca bünyesinde depolanan enerji sayesinde gün içerisindeki iç ortam sıcaklığının dengeli dağılması sağlanmakta ve geceleri de ısıtma yapılabilmektedir [3].

Yukarıda açıklanan Trombe duvar sistemi sağladığı tüm avantajlara karşın yerleştirme, yapım, bakım ve diğer giderleri önemli ölçüde masraf gerektirmektedir.

Bu çalışmada, yenilenebilir kaynaklardan güneş enerjisinin binalarda ısıtma amaçlı kullanılması için havalandırmasız Trombe duvarların doğrudan kazanımlı pencerelerle birleştirilmek sureti ile mevcut bir binanın cephe iyileştirmesinin iklimsel konfor ve enerji kazanımı açısından irdelenmesi amaçlanmıştır ve bu konuda

önerilen yöntem, Ataşehir toplu konutlarında bir örnek yapıda İstanbul yöresine uyarlanmıştır.

Çalışmada, bilgisayar programları kullanılarak termal kütle üzerine düşen yaygın ve doğrudan güneş ışınımları hesaplanmıştır. 24 saat için hesaplanan bu ışınım değerleri, B. Todorovic'in [4] çift cidarlı cephe sistemlerinde ara boşluk, duvar ve pencere sıcaklıklarının hesaplanması için geliştirdiği eşitliklerden de yararlanılarak geliştirilmiş yeni yöntemle belirlenmiştir. Güney yönelimli bina cephesi için iç kabuktaki duvarın cinsi ve kalınlığı ve ara boşluk kalınlığı değiştirilerek 21 Ocak günü için ara boşluk sıcaklıkları bulunmuştur. Ara boşluk sıcaklıkları bulunduğundan sonra bu sıcaklıklar esas alınıp termal kütlesi ağır duvardan ısı geçişi de zamana bağlı rejimde ısı geçişi hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan sonlu farklar nümerik çözümüyle gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamaların tümünde bu amaçla geliştirilmiş ve revize edilmiş bilgisayar programları kullanılmıştır. Belirlenen dış ve iç mekan koşullarında duvarın iç yüzey sıcaklıklarının 24 saat için zamana bağlı grafikleri çizilmiş ve buna bağlı olarak ısı kayıpları hesaplanmış ve iklimsel konfor analizleri yapılmıştır.

Binalarda estetik kaygıları ön plana çıkarmanın yanında, enerji giderlerini en aza indirmek çabaları da giderek daha çok dikkate alınan etmen olmaktadır. Binalardaki ısıtma enerjisi tasarrufu ekolojik tasarımın da en önemli noktalarından biridir. Bu gibi birçok amacı bir ortalamada birleştiren çalışmaların yapılmasının yararlı olacağı kesindir. Dolayısıyla bu çalışmanın, enerjinin giderek az bulunur ve daha pahalı olması nedeniyle ve çevre korunumu bakımından yanma ürünlerinin neden olduğu sorunların çözülmesinde yararlı olacağı düşünülmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenmesi endişesi ve sanayileşen toplumlarda kullanılan fosil yakıtların neden olduğu çevre sorunları, yaşanabilir çevreyi ve konforu sürekli kılma zorunluluğunu giderek artan önemde dayatmaktadır. 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nda Sürdürülebilir Kalkınma "Bugünün gereksinimlerini, gelecek nesillerin gereksinimlerini karşılama kabiliyetinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmıştır. Söz konusu ülkeler, başta biyolojik çeşitliliğin korunması, iklim değişikliği ve çölleşme gibi konular olmak üzere, uluslararası çevre anlaşmaları ile ilgili çalışmalar yapmaktadırlar [28].

Ayaz E., yapılarda sürdürülebilirlik kriterlerinin uygulanabilirliği üzerine yapmış olduğu araştırma raporunda, artan nüfus ve tüketimle dünya kaynaklarındaki hızlı azalmaya dikkat çekmiş; çevre, sağlık ve enerji ile ilgili sorunların global ölçekte büyük bir tehlike haline geldiğini ve gelişen teknolojinin bu sorunları daha da arttırdığını belirtmektedir [6]. Bu sorunların aşılması için baş sorumluluğun mimarlara düştüğü, sürdürülebilirlik kriterine özen gösterilmesi halinde sağlıklı bir çevre yaratmanın mümkün olduğu vurgulanmaktadır.

Acar E., sürdürülebilir gelişmenin inşaat sektöründe uygulanması üzerine yaptığı araştırmada, konut sektöründeki verilerden yola çıkarak Türkiye'de konutlarda harcanan enerjinin enerji tüketimi içerisinde %35 civarında paya sahip olduğu, coğrafi konumu nedeniyle rüzgar ve güneş enerjisi kaynakları bakımından önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen bu kaynakların kullanımlarının teşvik edilmediği eleştirisini yapmaktadır [7]. Yarattığı çevre kirliliği ile birlikte topluma yüklediği maliyetlerin yüksekliği, sürdürülebilirlik kaygısındaki önemli tehditlerden biri olan fosil yakıt tüketiminin konutlarda enerji korunumuna verilen önemin artmasına yol açtığı vurgulanmaktadır.

Konutlarda pasif sistemle enerji korunumuna yönelik yapılan çalışmalar genellikle binanın yönlenmesi, konumu, pencere büyüklükleri, duvar eğimleri gibi mimari tasarıma yönelik olmakla birlikte saydam yüzeylerden kazanılan enerjinin depolanıp

zaman geciktirmesiyle iç mekana verilmesi üzerinedir [8]. Opak yüzeylerde depolanan enerjinin iç mekana verilmesi üzerine deneysel ve teorik çalışmalar yapılmıştır.

Yapılarda estetik ve kullanılabilirlik irdelenirken ısı kazançları ve kayıplarını en aza indiren aktif ve pasif sistemler üzerinde de araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu konuda yapılan çalışmaları başlatan 1967 yılında Fransa Odeillo'da Felix Trombe ve Jacques Michel'dir. Bu sistemde, binanın güney cephesindeki masif duvar önüne 10-30cm boşluk kalacak şekilde cam konulmuştur. Duvarın masif yapıda olması, ısıyı depolayabilmesi, siyaha boyanması ise güneş ışınımını toplayabilmesi açısından önemlidir. Menfezli yapılarda duvar ve cam yüzey arasındaki boşlukta ısınan hava yükselerek duvarda açılan üst havalandırma deliğinden oda içine alınır. Odada kuzey duvarına çarparak soğuyan ve yoğunluğu artan hava düşerek güney duvarındaki alt havalandırma deliğinden tekrar ara boşluğa aktarılır. Termosirkülasyon olarak adlandırılan bu olay döngü olarak devam eder.

Onbaşıoğlu H., İTÜ Makine Fakültesi Gümüşsuyu Kampüsü'nde inşa edilmiş olan Trombe Duvarlı Pasif Güneş Sistemindeki türbülanslı doğal taşınımı deneysel ve sayısal olarak incelemiştir [3]. Trombe duvarın havalandırma delikleri üzerinde bulunan yatay çıkıntı nedeniyle gölgelenen yüzeyi ile gölgelenmeyen yüzeyi arasında 10-15 °C'lik sıcaklık farkı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda düşey duvara gelen günlük toplam güneş ışınımı ve odanın toplam ısı kazancı bazında % 10-15 civarında bir verime sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen ölçüm sonuçları ve yapılan sayısal analizlerin değerlendirilmesi ile yalnız Trombe duvarlı sistemlerin değil kapalı hacimlerin klima sistemleriyle ısıtma ve havalandırma konularında önemli bilgiler elde edilmiştir.

Bu çalışmada, Ataşehir Emlakbank Toplu konutlarındaki bir konutta enerji kazanımı iyileştirmesi yapılacağından menfez delikli Trombe duvar değil, menfezsiz Trombe duvar modeli esas alınarak çalışmalar yürütülecek ve irdelenecektir. Çift cidarlı cephe uygulaması yapıldığından cidarlar arası boşluk kalınlığının ısı kazanım açısından önemli olup olmadığı irdelenecektir. Bu amaçla Sparrow ve Azevedor, kanal genişliğinin paralel doğal levhalar arasındaki doğal konveksiyon etkisini incelemişler ve kanal kalınlığının çevreleyici katman kalınlığı ile aynı büyüklüğe sahip olmasının ısı transferini önemli ölçüde azalttığını, bu nedenle bir binada kanal genişliğinin 4,7cm'den büyük olması gerektiğini vurgulamışlardır [8]. Sandberg ve

Mashfegh, kanal havası akış hareketini paralel iki levhadan bir tanesinin ısıtılması durumunda incelemiştir [9]. Ölçülen hava akış oranı (hızı) ile ısı akısı (flux) oranı arasındaki ilişki bir güç konumunu desteklemektedir. Kanal içindeki hava akış oranı, kanal kalınlığı arttıkça artmaktadır çünkü hareket eden hava ile duvar yüzeyi arasındaki sürtünme direnci kanal kalınlığının artışına paralel olarak artar. Kanal genişliği, yalıtımlı duvarın yüzey sıcaklığını etkilerken, ısınan duvarın sıcaklığını etkilememektedir.

Akbari H. ve Borgers T.R. [10], ısı transferi ve akışını, kanal bölgesini paralel iki levha arasındaki alan şeklinde modelleyerek incelemişler ve sonlu farklar metoduyla yapılan çözümler sonucunda levhalar arası akış ve sıcaklık profillerini elde etmişlerdir. Sonuç olarak, levhalar arası sıcaklık farkı ile toplam debideki değişimlerin akış üzerindeki etkileri elde edilmiş, bazı performans karakteristikleri belirlenmiştir.

Akbarzadeh A. vd. [11], 1:1 ölçekli deneysel bir çalışma yapmışlardır. Elde edilen ısı transferi verileri, kanal bölgesindeki ısı transferinin havalandırma delikleri nedeniyle düştüğünü göstermiştir. Kanal genişliği 0,1-0,35 m arasında olduğunda performansta kayda değer bir değişiklik olmadığı; havalandırma deliği yüksekliğinin 0,17-0,095 m olduğunda herhangi bir etkisinin olmadığı, ancak delik yüksekliğinin 0,045 m olduğunda kayda değer bir düşüş olduğu saptanmıştır.

Trombe duvarın kışın ısı kazanımı amacıyla kullanılması yanında, yazın binanın serinletmesi için kullanılmasına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Doğal serinletmeden doğan havalandırma oranları akışkan dinamiği hesaplama tekniği (CFD, computational fluid dynamics) ile bulunmuştur [12]. CFD programı, literatürdeki deneysel verilerle onaylanmış ve tahmin ile ölçümler arasında çok iyi bir paralellik sağlanmıştır. Tahmin edilen havalandırma oranı, duvar sıcaklığı ve ısı kazançlarıyla artmaktadır. Duvar ve cam arasındaki mesafenin, duvar yüksekliğinin, cam tipi ve duvar yalıtımı irdelenmiş, sonuç olarak, havalandırma oranını arttırmak için, Trombe duvarının iç yüzeyinin yaz serinletmesi için yalıtılması gerektiği kanıtlanmıştır. Bu, aynı zamanda duvardan, konveksiyon ve radyasyonla olan ısı transferinin sebep olacağı fazla ısınmayı da engelleyecektir.

Trombe duvarlarda çift cam kullanımı, tek cama nazaran kış mevsiminde ısı kayıplarını azaltmakta, yazın ise pasif serinletmeyi arttırmaktadır. Yaz serinletmesinin havalandırma oranını arttırmak için ısı depolama duvarının (termal

kütle) iç kısmı izole edilmelidir. Bu, aynı zamanda duvarın konveksiyon ve radyasyon ile aşırı ısınmasını engeller. Kış ısıtması ve yaz serinletmesi için duvarın içten yalıtılması gerekirken, sistemin etkinliğini arttırmak için çift cam kullanılması önerilmektedir [12].

Pasif sistemlerde, bina kabuğunu oluşturan opak yüzeyler güneş ışınlarını aldıkları sürece ısı enerjisini yutarak ısınırlar. Bu nedenle opak yüzeylerin iç mekan konforu için güneşin ışınımsal enerjisinden yararlanmakta etkin rol oynadıkları söylenebilir. Opak yüzeyler, güneş enerjisini alabildikleri sürece tıpkı bir toplayıcı gibi işlev görerek güneşten gelen enerjiyi soğururlar [13]. Güneş ışınları ile gelen enerjinin opak yüzeylerce emilen bölümü termal kütle içinde depolanır ve iç ortama aktarılır [14].

Dış ortam sıcaklığı değişim genliğinin, iç ortamdaki sıcaklık değişim genliğine oranı olarak nitelendirilen genlik küçültme faktörü ile iç ve dış ortamların sıcaklıklarının maksimum oldukları zamanlardaki aralığı olarak adlandırılan zaman geciktirmesi değişkenlerinin de belirlenmesi kabuk elemanının detaylandırılması açısından önem kazanmaktadır.

Ülgen tarafından yapılan araştırma kapsamında, bu değişkenlerin farklı detaylara sahip duvarlar üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bir deney düzeneği geliştirilmiştir. Geliştirilen deney düzeneğinde, dış ortam sıcaklığının periyodik olarak değiştiği kabul edilerek 32 saatlik zaman dilimi içerisinde benzeşimler gerçekleştirilmiştir [13]. İzmir ili için verilen iklim koşullarına göre ortalama ısıl duyum aralığı ± 3 arasında değişmektedir. Ortalama ısıl duyum değeri $\pm 0,5$ aralığında konforlu olarak kabul edilebilir. Bu aralıkta, mekanda bulunan insanların yaklaşık %90'ı kendilerini rahat hissetmektedirler. Ortalama ısıl duyum değerlerinin kış ayları içerisinde olumlu sonuçlar verdiği saptanmış, buna karşın aşırı sıcak yaz koşullarında olumsuz sonuçlar verdiği için bu denklemin kullanılması önerilmemektedir. Ayrıca, ortam sıcaklığını düşürmek için soğutma enerjisine gereksinim vardır. Soğutma enerjisi gereksinimini düşük düzeyde tutabilmek için duvarın kuruluşundaki tabakalaşmanın doğru oluşturulmasının gerektiği vurgulanmaktadır.

Binalarda, pasif sistemlere ilişkin olarak Duffie ve Beckman tarafından yapılan araştırmalar, yapının şekli ve yönüne, pencere yönü ve büyüklüğüne, duvarın eğimi gibi mimari tasarımla ilgili konulara, saydam kısımdan kazanılan enerjinin iç ortamlarda depolanabilme özellikleri üzerine yoğunlaşmıştır [15].

Dilmaç (1989), çalışmasında binanın kullanım amaçları ve yörenin meteorolojik özelliklerini dikkate alarak kış koşulları geçerli olan bölgelerde eğer duvar çok tabakalı opak duvar niteliğinde ise hafif malzemeli tabakanın dış tarafta, ağır malzemeli tabakanın iç tarafta yerleştirilmiş olmasının daha iyi sonuç vereceğini, buna karşın, yaz koşullarının geçerli olduğu bölgelerde yarı ağır malzemenin dış tarafta, hafif malzemenin ortada ve ağır malzemenin de iç tarafta yerleştirilmesinin enerjinin korunumu açısından daha iyi sonuç vereceğini ortaya koymuştur [14,16].

Dağsöz (1983) ve Oğulata (1996) ise enerji tasarrufu sağlayıcı önlemlerin başında bina kabuğunu oluşturan opak kısımların yalıtım malzemesi ile ayrıca desteklenmesinin gerektiğini, bu arada yalıtkan kabuğunun bölgesel iklim koşulları dikkate alınarak belirlenmesinin uygun olacağını belirtmişlerdir [17].

Binalarda, ısı yalıtım malzemesinin kullanılmasının yaklaşık %38-44 düzeyinde enerji tasarrufu sağlayacağı, bunun yanısıra fosil yakıt kullanılması sonucu açığa çıkan zararlı gazların da %80 azalacağı ifade edilmektedir [18].

3. EKOLOJİNİN TANIMI, ENERJİ VE ÇEVRE SORUNLARI

Endüstri Devrimi, sanayileşme olgusunu beraberinde getirmiş, bu da nüfus artışıyla birleştiğinde artan konut ihtiyacını karşılamak için hızlı konutlaşma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Teknolojide kaydedilen ilerlemeler, konutlaşma alanında da kendisini göstermiş ve konut ihtiyacı geleneksel mimarinin terkedilip endüstriyel yapı teknolojilerinin benimsenmesiyle sonuçlanmıştır. Bu teknolojilerin uygulanması sırasında tüketilen enerji kaynakları sınırlı olup aynı zamanda yenilenemez niteliktedir. Konutlarda gerek yapım öncesinde, gerek yapım esnasında, gerekse yapım sonrasında tüketilen enerji miktarı yadsınamayacak kadar çok olmakla kalmayıp kirlilik ve iklim değişikliklerine de sebep olmaktadır. Bu da ekolojik dengelerin bozulmasıyla sonuçlanmaktadır.

3.1 Ekoloji

Ekoloji, bir ürünün üretiminden yok oluşuna kadar geçen süreçte (üretim, kullanım, atıklar) çevre sistemlerinin olumsuz etkilenmesini en aza indirgeyecek sistemlerin araştırılıp uygulanmasının yollarını arayan bilim dalıdır [19].

Ekoloji, bir başka tanıma göre canlı organizmalarla çevreleri arasındaki ilişkilerin tanımlanmasıdır. Ekolojik döngüler sonucu canlılar çevreleri ile ilişkide bulunurlar, dolayısıyla bu döngülerdeki aksamalar çevre sorunlarının kaynağını oluşturmaktadır.

3.2 Enerji ve Çevre Sorunları

Çevre sorunları, artan konut ihtiyacına paralel olarak artmış; yapılaşmada gelenekselden endüstriyele geçişle birlikte yapı malzemelerinin üretimi için harcanan elektrik ve ısı enerjisi ihtiyaçlarının fosil yakıtlardan sağlanması çevre kirliliğini dünyada çözülmeyi bekleyen sorunların başına taşımıştır.

Çevre kirliliği :

- a) Çevre özelliklerine göre çevre kirliliği: Fiziksel kirlenme, kimyasal kirlenme ve biyolojik kirlenme,
- b) Çevre unsurlarına göre çevre kirliliği: Hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği ve gıda kirliliği,
- c) Kaynaklarına göre çevre kirliliği: Endüstriyel kaynaklı çevre kirliliği, kentsel kaynaklı çevre kirliliği ve tarımsal kaynaklı çevre kirliliği şeklinde üç ana başlıkta sınıflandırılabilir [20].

Petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlarının sebep olduğu kirlenme, asit yağmurları ve global ısınma gibi çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu yakıtlar, yenilenemeyen kaynaklardan olup tüketimi devam ettiği takdirde bitmesi söz konusudur. Dünyadaki enerji tüketimi sonucu fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, insanlığın alternatif enerji kaynakları arayışına yönelmesine sebep olmuştur. Enerjide sürdürülebilirliğin sağlanması, daha verimli kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının desteklenmesi, enerji üretim merkezlerinin çevreye olumsuz etkilerde bulunmalarının önlenmesi gerekmektedir. Bu kaynaklar yerine temiz enerji kaynakları olarak nitelenen hidrolik, güneş, rüzgar, biyokütle gibi enerjilerden yararlanılması teorik olarak günümüzdeki enerji tüketimini karşılayabilecek boyuttadır.

Enerji kaynakları:

- 1) Yenilenemeyen enerji kaynakları
- 2) Yenilenebilir enerji kaynakları: Güneş enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, biomas enerjisi, rüzgar enerjisi, nükleer enerji ve hidrojen enerjisi şeklinde iki ana başlık altında sınıflandırılabilir.

Güneş, yenilenebilir enerji kaynakları arasında birincil olup biyokütle ve rüzgarın da kaynağıdır. Enerji tüketimi, çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. 20.y.y.'ın sonuna kadar ekonomik ve teknolojik gelişme ve çevre sorunları, birbirine zıt iki olgu olarak ortaya çıkmıştır. Sorunların temelinde yatan 'Ekonomik gelişme sağlandıktan sonra gelişmiş teknolojik imkanlardan yararlanılarak çevreye verilen tahribatın düzeltilebileceği' düşüncesidir.

Endüstri Devrimi sonrası, Batı dünyasının sanayileşmek adına yerküre kaynaklarını bilinçsizce tüketmesi ile birlikte çevrenin gözardı edildiği ekonomi politikalarının uygulanması sonucunda çevre sorunları doğal hayatı tehdit eder noktaya gelmiştir.

Çevre konusu, 1970'lerdeki global enerji krizi sonrasında tüm dünyada dikkatleri üzerinde toplamıştır. Bu tarihe kadar teknoloji, insanın doğa ile savaşının sonucu olarak algılanırken, bu tarihten sonra doğa ile savaşmak yerine onu korumak için kullanılmaya başlanmıştır.

1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Geliştirme Komisyonu'nun yayımladığı Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) başlıklı raporda sürdürülebilir gelişme kavramı ilk defa ortaya atılmış ve bu kavram, 'Bugünün gereksinmelerini, gelecek kuşakların da kendi gereksinmelerini karşılama olanaklarını ellerinden almadan karşılamak' olarak tanımlanmıştır.

Birleşmiş Milletler tarafından iklimsel ısınmaya ve çevre konularındaki mücadeleye hükümetler üstü uzman grubu olan IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından bilimsel destek verilmektedir. IPCC, hükümetler tarafından atanan 2000 bilimadamını biraraya getirmekte olup, iklimsel verileri değerlendirerek bunlara karşı stratejiler geliştirmektedir.

Aralık 1997'de Japonya'nın Kyoto şehrinde toplanan 100'ü aşkın temsilci konferansta fosil yakıt tüketiminin bir yan ürünü olan CO₂'in atmosferde belirli bir yoğunluğa ulaşması durumunda dünya üzerinde iklimleri değiştireceği ve atmosfer sıcaklıklarını etkileyebileceği hakkında ortaya çıkan önemli kanıtlar sunulmuştur.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan kömür ve bunun gibi yakıtlar atmosferdeki CO₂ emisyonunu arttırarak 'sera etkisi'ne sebep olmaktadır. Bu da, dünya sıcaklığını son 100 yıl içerisinde yaklaşık 0,6 °C düzeyinde arttırmıştır. Bölgesel düzeyde gerçekleşen iklimsel değişimlerin pek çok fiziki ve biyolojik sistemi bozduğu görülmektedir (Güçlü çökmeler, sel, fırtına, deniz seviyesinin yükselmesi, kuraklık, salgınlar v.s.) [21].

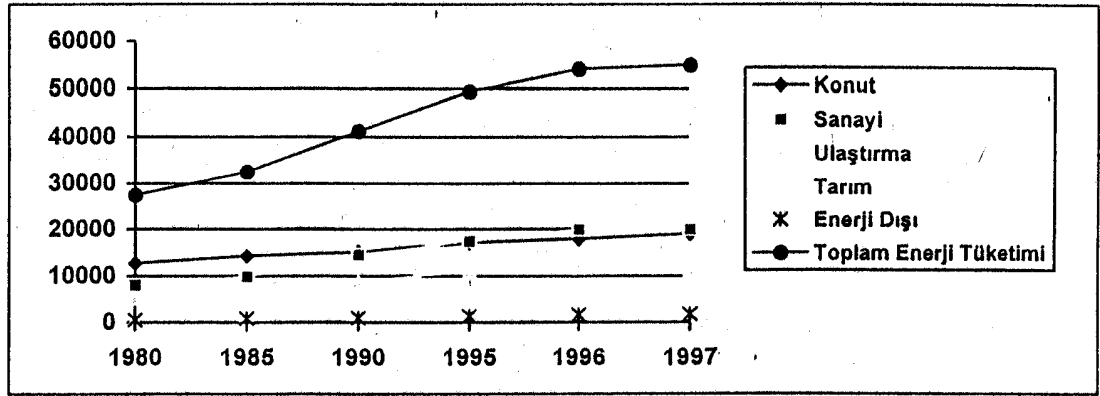
Çevre sorunlarının ana nedenlerinden birisi enerji tüketimidir. Ekonominin iyi bir şekilde işlemesi ve toplum ihtiyaçlarının temini için gerekli olan enerji, çevre üzerindeki rolüyle kendini göstermiştir. Bunların en önemlisi, dünyada yılda yakılan 6 milyon ton kömürden dolayı meydana gelen CO₂ ile kirletici asit (SO₂ ve NO_x) emisyonlarının yayılmasıdır [22].

Güneş enerjisi, ısıtmada yararlanmada en uygun temiz enerji kaynağı olup binalarda güneş enerjisinin kullanımı bir zorunluluk haline gelmiştir. Binalar, enerjinin en çok tüketildiği yerler olduğu için fosil kaynakların çevre kirliliğine olumsuz etkisi

düşünüldüğünde ekolojinin mimari tasarım sürecindeki önemi ortaya çıkmaktadır. Temiz enerji kaynağı olması güneş enerjisi kullanımını ekolojik kılmakta olup gelecek nesillere sürdürülebilir çevre bırakabilmek adına kullanımı teşvik edilmelidir. Sürdürülebilir çevre, sürdürülebilir mimari anlayışla desteklenmelidir.

3.3 Enerji ve Çevre Sorunlarının Çözümünde Sürdürülebilir Mimari Tasarımın Önemi

Yapılan araştırma sonucu, AB üyesi ülkelerin sınırları içerisinde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık olarak yarısının binaların üretimi ve kullanımı sırasında kullanıldığını ortaya koymaktadır [23]. Bu da, inşaat sektörünün önemli miktarda enerji tüketimine sebep olduğunu göstermektedir. Bu durum, Türkiye için de geçerli olup Şekil 3.1de Türkiye'deki 1980-1997 yılları arasındaki sektörel enerji kullanımı görülmektedir [24].



Şekil 3.1 Türkiye'deki 1980-1997 yılları arasındaki sektörel enerji kullanımı

Binalardaki enerji giderlerinin boyutlarına bakıldığında enerji etkin tasarımın önemi ortaya çıkmaktadır. Enerji etkin tasarım, sürdürülebilir mimarinin en önemli ögesidir ve ancak binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile gerçekleştirilebilmektedir. Daha önce de söz edildiği gibi yenilenebilir kaynaklar içerisinde birincil olan güneş, rüzgar ve biyokütlenin de kaynağıdır.

Türkiye, coğrafi konumundan ötürü güneş ve rüzgar enerjisi kaynakları bakımından önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen kullanımı teşvik edilmemekte ve bu kaynaklar değerlendirilememektedir. Yapılacak düzenlemeler ile Türkiye'nin dışa bağımlı olduğu fosil kaynakların kullanımının azaltılması ve potansiyel açıdan

zengin olduğu güneş enerjisinin kullanımının arttırılması sürdürülebilir çevre ve mimari tasarım adına atılacak önemli bir adımdır.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ TASARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI

Güneş, jeotermal enerjinin dışında tüm yenilenebilir enerjilerin kaynağı olup birincil öneme sahiptir. Atmosferde sera etkisine sebep olacak gazlar yaymaması, katı atık bırakmaması, asit yağmurları ve global ısınma gibi çevre sorunlarına yol açmamasından ötürü özellikle enerjinin en çok tüketildiği binalarda kullanılması sürdürülebilir çevre için büyük önem taşımaktadır.

Binalarda, güneş enerjisinden maksimum yarar sağlamak üzere enerji etkin tasarım için iklimsel konfor ve enerji harcamalarını etkileyen parametreleri belirlemek gerekir.

4.1 İklimsel Konforu ve Enerji Harcamalarını Etkileyen İklimsel Çevre Etkenleri

Bina içi iklimsel konforu etkileyen iklimsel çevre etkenleri aşağıda sıralanmıştır:

Güneş Işınımı

Güneş ışınımı, dalga boyu 0,3µm ve 3µm arasında olup yeryüzüne gelirken karşılaştığı etkenlere bağlı olarak doğrudan güneş ışınımı ve yaygın gök ışınımı olmak üzere iki bileşenden oluşmuş olarak ulaşan kısa dalga ışınımıdır. Bu bileşenler:

- Doğrudan güneş ışınımı, doğrultusunda ve dalga boyunda bir değişiklik olmadan atmosferden geçerek yer yüzeyine ulaşan kısa dalga ışınımıdır.
- Yaygın gök ışınımı, atmosferdeki toz, hava molekülleri ve su buharı zerreciklerine çarparak saçılan ve atmosferde yaygın duruma geçtikten sonra yer yüzeyine ulaşan güneş ışınımı bileşenidir.

Yeryüzünde belirli bir yöne bakan ve belirli bir eğimi olan herhangi bir yüzeyi etkileyen toplam kısa dalga güneş ışınımı ise, doğrudan ışınım, yaygın gök ışınımı ve çevre yüzeylerden (çoğunlukla yer yüzeyinden) yansımış ışınım olmak üzere üç ayrı bileşenden oluşmaktadır [25].

Dış Hava Sıcaklığı

Hava sıcaklığı, güneşin yükseliş açısının periyodik değişimine bağlı olarak 24 saatlik periyotlarla tekrarlanmakta olup grafiği sinüzoidal bir değişim göstermektedir. Hava sıcaklığı, insan ve çevresi arasındaki ısı taşınımını etkilediğinden insanın iklimsel konforunu da etkileyen değişkenlerdendir.

Dış Hava Nemliliği

Havanın, sıcaklığının da etkisiyle içerisinde barındırabildiği su buharı miktarı olup konfor koşullarını etkileyen değişkenlerdendir.

Rüzgar

Rüzgar, atmosferdeki basınç farklılaşması sonucu oluşan yatay düzlemdeki hava akımıdır. Bina ve yerleşme ölçeğinde hakim rüzgar, ısı kazanç ve kayıplarını etkilediğinden konfor koşullarını etkileyen önemli bir değişkendir.

4.2 İklimsel Konfor ve Enerji Harcamalarını Etkileyen Yapma Çevre Değişkenleri

Binalarda güneş enerjisinden ısıtma amaçlı yararlanmayı, aynı zamanda iklimsel konforu da etkileyen tasarım parametreleri olan yapma çevre değişkenleri belirler.

Yapma çevre, kullanıcıların hacim içerisinde gerçekleştirdikleri eylem ve eylemler sırasında ihtiyaç duydukları iklimsel konfor koşullarını etkileyen ve enerji korunumu açısından ek yapma enerji sistemlerinin yüklerinin en aza indirgenmesi için göz önünde bulundurulması gereken yapısal değişkenlerdir.

İklimsel konfor koşulları, genellikle hacim içi için tanımlanmıştır. Hacim içi konfor koşullarını etkileyen yapma çevre değişkenlerinin optimum değerlere sahip olmaları hacim tarafından pasif olarak karşılanabileceği gibi kimi durumlarda ek yapma enerji sistemlerinin varlığını gerektirmektedir.

Binaya ait yapma çevre değişkenleri: Binanın yeri, bina aralıkları, binanın yönlendirilişi ve binanın formudur.

Hacmin kazandığı veya kaybettiği ısı miktarını etkileyen yapma çevre değişkenleri: Hacmin bina içerisindeki konumu, hacmin boyutları ve biçim faktörü, hacmin yönlendiriliş durumu, hacmin kabuk elemanının ısı geçişine ilişkin özellikleri ve hacmin ısıtılması için kullanılan sistemin işletme şekli gibi tasarım parametreleridir. İç iklim koşullarının oluşmasında, pasif ısıtma ve iklimlendirmenin sağlanmasında

önemli etkiye sahip bu parametreler için belirlenebilecek değerler binaların enerji etkin olmasını sağlamaktadır.

Yukarıdaki hacme ve binaya ait yapma çevre değişkenleri içerisinde en önemlisi hacmin kabuk elemanıdır çünkü kabuk, hem bina içi çevre ile bina dışı çevre arasındaki ısı alışverişinin ana yolu, hem de her zaman mimarın kontrolünde olan bir değişkendir. Bir iyileştirme çalışması söz konusu olduğunda, bu değişkenlerden kabuk elemanının iyileştirilmesi, istenen iç mekan iklimsel konforunun sağlanması için mevcut bir binada yapılabilecek en uygun çözümdür.

4.2.1 Hacmin Bina İçerisindeki Konumu

Hacim içerisindeki iklimsel konfor, hacmi dış çevreden sınırlayan kabuk elemanlarının yüzey sıcaklıklarıyla doğrudan ilişkilidir. Hacim içi sıcaklık, kabuk elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarıyla değişeceğinden hacmin dış cephe sayısı, binanın ara katta, zemin veya çatı katında oluşu sonucu çatı ve döşemeden geçen ısı miktarına bağlı olarak değişecektir. Kabuk elemanının yüzey alanı da hacmin bina içerisindeki konumuyla belirleneceğinden hacim içi iklimsel konforun sağlanmasında ve enerji harcamalarında hacmin bina içerisindeki yeri önem kazanmaktadır.

4.2.2 Hacmin Boyutları ve Biçim Faktörü

Biçim faktörü, planda hacmin genişliğinin hacmin derinliğine oranı olarak tanımlanmaktadır. Hacmin boyutları ve biçim faktörü, hacmi çevreleyen kabuk elemanlarının alanlarını, dolayısıyla kabuktan kazanılan veya yitirilen ısı miktarını ve hacimde gerçekleşen iç hava ve iç yüzey sıcaklıklarının değişimlerini etkilemektedir [26].

Hacmin taban alanı sabit kalsa bile biçim faktörü genişliğin derinliğe oranı olduğundan kabuk elemanı yüzey alanı dolayısıyla ortalama ışımsal sıcaklık, kabuktan geçen ısı miktarı, iç yüzey sıcaklığı ve tüm bunların sonucunda iç ortam sıcaklığı değişir. Bu nedenle, hacmin boyutları ve biçim faktörü hacim içi iklimsel konforu etkileyen yapma çevre değişkenleridir.

4.2.3 Hacmin Yönlendiriliş Durumu

Güneş ışınımı yöne göre değişim gösterdiğinden, hacmi çevreleyen kabuk elemanlarının baktıkları yönler kabağa gelen güneş ışınımı miktarını, dolayısıyla ortalama ışımsal sıcaklığı etkiler. Bu da, kabuktan geçen ısı miktarını

etkileyeceğinden kabuk iç yüzey sıcaklığı ve buna bağlı olarak hacim içi sıcaklığı değişim gösterir. Hacim içi sıcaklık, kabuğun dış yüzeyindeki güneş ışınımı yeglinliği ve kabuktan geçen ısı miktarının bir fonksiyonu olduğundan iklimsel konforu belirleyen önemli yapma çevre değişkenlerindendir.

4.2.4 Hacmin Kabuk Elemanının Termofiziksel ve Optik Özellikleri

Hacmi çevreleyen kabuk elemanının termofiziksel ve optik özellikleri ve dış ortam şartları, kabuk elemanından geçen ısı miktarını ve bunun sonucunda iç yüzey sıcaklığı ve iç hava sıcaklığını belirler.

4.2.4.1 Hacmin Kabuk Elemanının Termofiziksel Özellikleri

Hacmin kabuk elemanının termofiziksel özellikleri toplam ısı geçirme katsayısı (U), zaman geciktirmesi (n), saydamlık oranı (x) ve genlik küçültme faktörü (f) gibi ısı geçişine ilişkin özellikleridir.

- *Saydam Bileşenin Isı Geçişine İlişkin Özellikleri*

Saydam bileşenin ısı geçişine ilişkin özellikleri, bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı ve doğrama türüdür. Saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, bileşendeki cam ve doğrama türüne ve yüzey alanlarına bağlı olup formülü aşağıdaki gibidir.

$$U_p = \frac{U_c \cdot A_c + U_d \cdot A_d}{A_t} \quad (4.1)$$

- *Opak Bileşenin Isı Geçişine İlişkin Özellikleri*

Opak bileşenin ısı geçişine ilişkin özellikleri, toplam ısı geçirme katsayısı (U), zaman geciktirmesi (n) ve genlik küçültme faktörü (f) ve saydamlık oranıdır. (x)

Opak ve saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, herhangi bir d (m) kalınlığındaki yapı bileşenin (duvar, döşeme v.b. gibi) her iki tarafında bulunan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1°C (1°K) olduğunda, bileşenin birim alanından

(1m²) birim zamanda (1 saat) geçen ısı miktarıdır. Birimi kcal/m²h°C veya W/m²K 'dir [27].

Yapı bileşeninin toplam ısı geçirme katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$U = \frac{1}{1/\alpha_i + 1/\Lambda + 1/\alpha_d} \quad (4.2)$$

Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (α)

Yüzeysel ısı iletim katsayısı, aralarındaki sıcaklık farkı 1°C (1°K) olduğu zaman, yapı bileşeninin birim alanından (1m²) havaya veya havadan yapı bileşenine birim zamanda (1 saat) geçen ısı miktarıdır. Birimi kcal/m²h°C veya W/m²K'dir.

Yüzeysel Isı İletim Direnci (1/ α)

Yüzeysel ısı iletim katsayısının aritmetik tersidir. Birimi m²h°C/kcal veya m²°K/W'tır.

Isı Geçirgenliği (Λ)

Isı geçirgenliği, kalınlığı d (m) olan bir yapı bileşeninin birbirine paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C (1°K) olduğunda, birim zamanda (1saat) birim alanından (1m²) yüzeylere dik yönde geçen ısı miktarıdır. Birimi kcal/m²h°C veya W/m²°K'dir.

Isı Geçirgenlik Direnci (1/ Λ)

Isı geçirgenliğinin aritmetik tersidir. Birimi m²h°C/kcal veya m²°K/W'tır ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır [28].

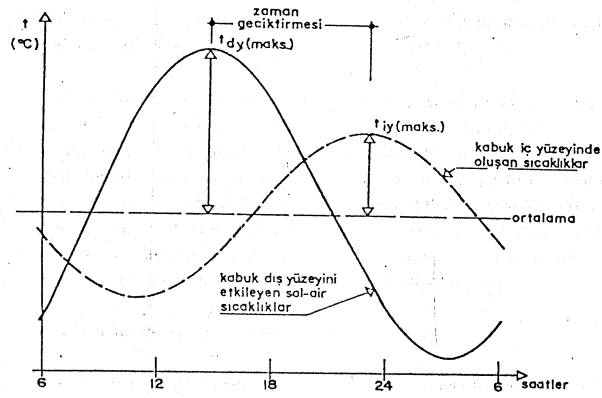
$$1/\Lambda = d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots + d_n/\lambda_n \quad (4.3)$$

Opak kabuk bileşenleri, ısı depolama kapasiteleri ihmal edilemeyecek maddelerden oluştuğundan zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi bileşenlerin ısı

iletkenlik katsayılarına (λ), özgül ağırlıkları (ρ), özgül ısıları (c) ve kalınlıklarına bağlı kavramlardan söz edilmektedir.

Hacim içerisinde ek bir ısıtma sistemi olmadığı koşullarda, güneş ışınımı ve dış hava sıcaklığının zamana bağlı değişimi (periyodik değişimi) iç hava sıcaklığının da periyodik olarak değişimine sebep olmaktadır.

Şekil 4.1’de opak kabuk bileşeninin dış yüzeyinin sıcaklığının değişimine bağlı olarak iç yüzey sıcaklığının değişimi görülmektedir. Bu değişim, dış sıcaklığın genliğinin küçülerek ve belirli bir zaman gecikmesi ile içeri alındığını göstermektedir. Bu özelliği ile opak kabuk bileşenini oluşturan malzemelerin ısı depolama kapasiteleri tanımlanmaktadır.



Şekil 4.1 Opak kabuk bileşeninin dış yüzeyinin sıcaklığının değişimine bağlı olarak iç yüzey sıcaklığının değişimi.

Genlik küçültme faktörü (f), bileşenin iç yüzeyindeki sıcaklık değişiminin genliğinin, dış yüzeyine oranıdır [25].

Genlik küçültme faktörü:

$$f = \frac{t_{oim} - t_{oio}}{t_{odm} - t_{odo}} \quad (4.4)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

Zaman geciktirmesi, kabuğun dış yüzeyindeki maksimum sol-air sıcaklığın kabuğun iç yüzeyine iletiildiğinde maksimum iç yüzey sıcaklığının oluşumuna kadar geçen süredir.

Saydamlık oranı ise, saydam ve opak bina bileşenlerinden oluşmuş bina kabuğundaki saydam bileşen alanının tüm kabuk alanına oranı olup kabuktan geçen toplam ısı miktarını etkileyen bir değişkendir.

Güneş ışınımı yeğnilikleri yönlere göre değişim gösterdiğinden, yukarıda bahsedilen termofiziksel özellikler de güneş ışınımı yeğniliklerine bağlı olarak yönlere göre değişim gösterirler.

4.2.4.2 Hacmin Kabuk Elemanının Optik Özellikleri

Hacmin kabuk elemanının optik özellikleri, güneş ışınımına karşı yutuculuk (a), geçirgenlik (τ) ve yansıtıcılık (r) katsayılarıyla tanımlanır. Bu katsayılar boyutsuz olup opak bileşenler için

$$a_o + r_o = 1 \quad (4.5)$$

Saydam bileşenler için ise,

$$a_c + \tau_c + r_c = 1 \quad (4.6)$$

denklemleriyle ifade edilir.

Yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları sırasıyla, bileşen tarafından yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışınımı miktarlarının bileşen dış yüzeyine gelen güneş ışınımına oranlarıdır. Dış kabuğun dış yüzeyindeki güneş ışınımı, kabuğun optik özelliklerine bağlı olarak güneş ısı kazancına dönüşür [26]. Bu değişkenler, bileşenin birim alanından geçen ısı miktarını etkilemektedir.

4.2.5 Hacmin Isıtılması İçin Kullanılan Sistemin İşletme Şekli

Hacim içerisinde iklimsel konfor koşulları pasif olarak yalnızca yılın belirli bir döneminde sağlanabilmekte olup diğer zamanlarda hacimde oluşan koşulların konfor koşullarını sağlayamamasından ötürü yapma iklimlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Pasif ve yapma iklimlendirme sistemleri birbirlerini destekleyecek şekilde kullanılmalıdır. Isıtma dönemi, pasif sistemin hacmin iklimsel konforunu

sağlayamadığı durumlarda ek yapma ısıtma sistemlerine gereksinim duyulduğu dönemdir.

Yapma ısıtma sistemleri, hizmet ettikleri binanın fonksiyonuna ve gün içindeki kullanım süresine bağlı olarak zaman zaman durdurulabilir veya sürekli çalıştırılıp belirli saatlerde yavaşlatılabilirler. Bu durumda, bina kabuğunun ısı geçişi ve ısı depolama özelliklerine bağlı olarak iç yüzey sıcaklıklarının bir fonksiyonu olan iç hava sıcaklıklarının istenen konfor değerini sağlayabilmesi için sistemin sürekli çalışmasına göre daha fazla ısıtma enerjisi üretilmesi gerekebilecektir [29].

Isıtma sisteminin işletme şekli, bina kabuğunun termofiziksel özellikleri ve yapma çevre değişkenlerine bağlı olup ısıtma süresi iç hava sıcaklığının iklimsel konfor alt sınır değeri ile dış hava sıcaklıkları değerleri olmak üzere iki çeşit değer temel alınarak hesaplanabilmektedir.

4.3 Binalarda Güneş Enerjisinden Isıtma Amaçlı Yararlanma Sistemleri

Binalar, enerjinin en yoğun tüketildiği mekanlar olduğundan, enerji tasarrufunun sağlanabileceği sektörlerin başında yapı sektörü gelmektedir.

Bina, dış mekanın olumsuz koşullarını ortadan kaldırarak insanların ihtiyaç duyduğu konfor koşullarını sağlamak üzere tasarlanan yapma çevredir. Bu yapma çevre, çeşitli enerji girdileri sayesinde oluşturulur. Enerji etkin bina, en az düzeyde enerji girdisi ve harcamasına sahip olmalı, uzun vadede küresel enerji korunumuna katkıda bulunmalıdır.

Binalar, dünyadaki enerji kaynaklarının %41'ini tüketmekte olup, bu oran, ilgili tüm aktivitelerle %75'e varmaktadır [6].

Tablo 4.1'de görüldüğü gibi konutlarda en çok enerji ısıtmada harcanmaktadır. Isıtmada harcanan enerji kaynaklarının fosil yakıtlardan temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yöneltmesi dünya genelindeki enerji tüketiminin ciddi boyutta azalmasını sağlayacaktır.

Tablo 4.1 Konutlarda Enerjinin Harcandığı Yerler.

Konutlarda Enerji Kullanımı	Miktar (%)
Mekanların Isıtılması	36

Su Isıtılması	14
Aydınlatma	6
Mekanların Soğutulması	8
Piştirme	3
Buzdolabı (Soğutucu)	9
Yıkama ve Kurutma	3
Diğer (Ütü, Bilgisayar vb.)	21

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ısıtma amaçlı kullanılması en uygun enerji kaynağı olup kullanımı, sürdürülebilir bir çevre oluşturabilmek adına bir zorunluluk halini almıştır. Binalarda güneş enerjisinden ısıtma amaçlı yararlanma sistemleri pasif sistemler ve aktif sistemler olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir.

4.3.1 Aktif Güneş Enerjisi Sistemleri

Aktif sistemlerde güneş enerjisi, su ve mekan ısıtılması veya endüstriyel kullanım için güneş kolektörleri tarafından toplanır. Güneş kolektörü, üzeri camla kaplı, ışınımı emen, koyu renkli metal veya plastikten yapılmış olup ısıyı üstünde veya altında dolaştıran akışkana- genellikle havaya veya suya- aktarır ve ısı, ya anında ısıtma için kullanılır veya sonradan kullanılmak üzere depolanır [30].

Aktif sistemlerde, pasif sistemlerden farklı olarak toplanan enerjiyi mekana transfer eden bir çalışma akışkanı ve enerji transfer mekanizmasına ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, konu dışı olduğu için aktif sistemlerin detayına girilmemiş olup pasif sistemler detaylı olarak ele alınmıştır.

4.3.2 Pasif Güneş Enerjisi Sistemleri

Pasif sistemlerde, binanın yönlendiriliş durumu, binada uygulanan tasarım kriterleri, yalıtım, pencerelerin büyüklükleri ve yönleri gözönüne alınmaktadır. Isıyı taşıyıcı akışkan bulunmamakta olup enerjinin kazanımı, depolanması ve dağıtımını tamamen binaya ait parametrelerle olmaktadır.

Pasif sistem, binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyacının bir kısmını veya tamamını güneş enerjisinden karşılamak suretiyle enerji giderlerini azaltmaktadır [30].

Binalarda güneş enerjisinden faydalanmayı arttırmanın en yaygın yolu, güney cephesinin güneş ışınımını rahatça alabileceği saydam yüzey alanlarının arttırılmasıdır. Cam, güneş ışınımının önemli bir bölümünün doğrudan geçirilmesine izin verdiği için güneş enerjisinin toplanmasında kullanılmaktadır. Buna karşın, uzun dalga boyu, infrared ışınlarını yansıtır veya ısı şeklinde depolar. Örneğin, güneş evinde güneş ışığı cam , çatı ve duvarlardan geçer ve içerideki objeler tarafından emilir. Daha sonra, objelerden ışıma (radyasyon) yoluyla ısı enerjisine çevrilir ve bina içindeki havayı ısıtır. Ortaya çıkan ısı enerjisi, beton, tuğla, taş, su veya sıcaklığa bağlı olarak katıdan sıvıya veya sıvıdan katıya faz değiştiren materyaller tarafından termal kütlelerde depo edilir. Gelen güneş ışığı, kepenkler veya gölgelikler tarafından yönlendirilirken gece ve soğuk mevsimlerdeki ısı kayıpları izolasyon malzemeleriyle azaltılır. Ilık veya soğuk hava menfezler yardımıyla sisteme iletilir [30].

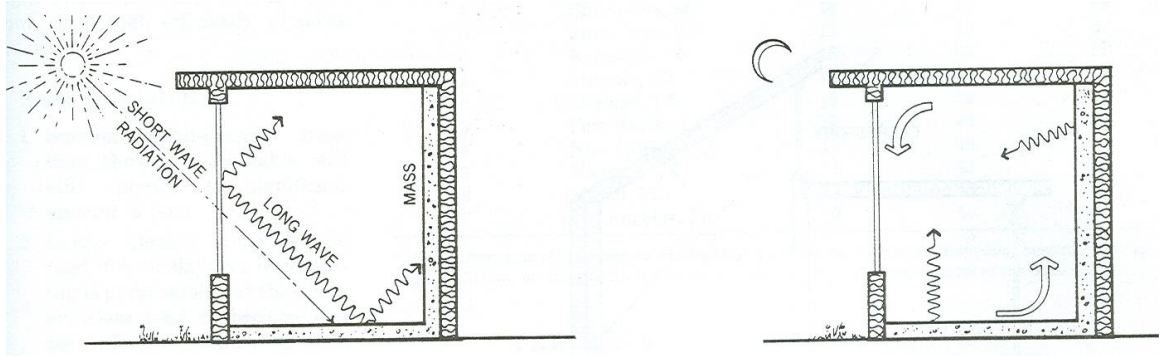
Pasif sistemler, güneş enerjisinden yararlanma ilkelerine bağlı olarak dört ana grupta incelenebilir:

- Doğrudan kazanım sistemleri
- Dolaylı kazanım sistemleri
 - Trombe duvar
 - Su duvarı
 - Çatı havuzu
- Termosifon-duvar kollektör sistemleri
- Yalıtılmış kazanım sistemleri
 - Sera ısıtmalı sistem

4.3.2.1 Doğrudan Kazanım

Doğrudan kazanımlı sistemlerde, güneşe dönük pencereler vasıtasıyla mekana en fazla güneş radyasyonunun girmesi sağlanır ve bu radyasyon, döşeme ve duvarlar tarafından emilir. Diğer bir deyişle, yaşama alanı, hem masif yüzeylere hem de cam yüzeylere yakındır ve bunun neticesinde sıcaklık değişimleri gece ve gündüz tüm

yüzeylerde hissedilir. Yeterli ısı depolaması olmadığı takdirde gündüz aşırı ısınma olarak gece ile gündüz arasında yüksek sıcaklık farkından ötürü problemler yaşanır.



Şekil 4.2 Sera etkisi ile gündüz güneş ışınımının toplanması ve gece kullanımı için termal kütle tarafından depolanması.

4.3.2.2 Dolaylı Kazanım

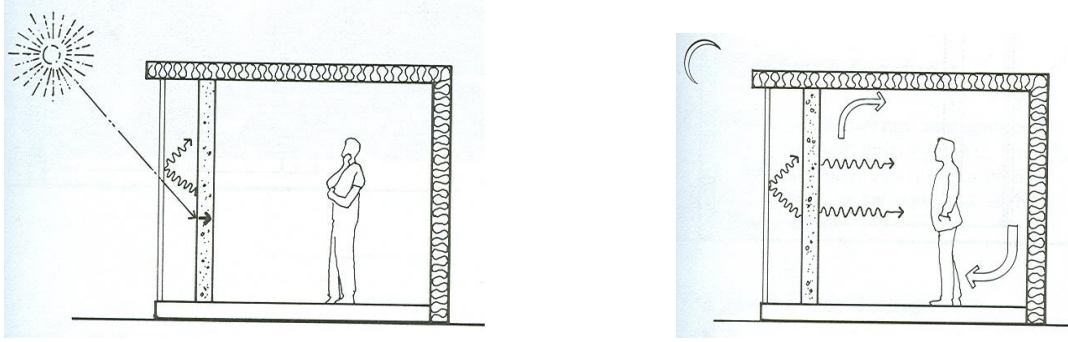
Doğrudan kazanımdan farklı olarak ısı, doğrudan güneş kazancı ile yaşama alanı arasındaki termal kütle tarafından depolanır. Depolanan bu ısı, daha sonra iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışınım (radyasyon) ile mekana verilir.

Dolaylı kazanım sistemlerinde termal kütle, cam ile yaşama alanı arasına yerleştirildiğinden gündüz termal kütle tarafından emilen ısı, gece yaşama alanını serin camın doğrudan etkisinden ayırarak mekan içerisinde gece ve gündüz aşırı sıcaklık dalgalanmalarını önler.

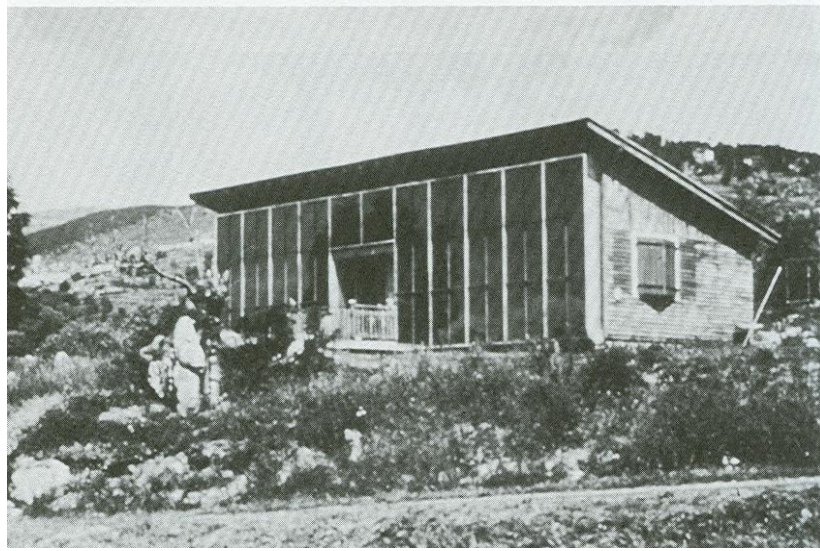
Trombe Duvar

Dolaylı kazanım sistemlerinde yaygın yöntem olarak bilinen Trombe duvar sisteminde güney yönelimli masif duvarın önüne 10-30cm boşluk kalacak şekilde cam koyulmuştur. Termal kütle cam tarafı, güneş ışınımını daha iyi emebilmek için siyaha boyanmıştır. Bu kütle kalın olması yaşama alanındaki sıcaklık değişimlerinin daha az olmasını ve duvar içinde ısının iletiminin gecikmesini sağlamaktadır. Duvarın kalınlığı maksimum ısınma etkisini en fazla ısıya ihtiyaç duyulan akşam saatlerine geciktirecek şekilde ayarlanabilir.

Trombe duvarlı ilk uygulama örneği Şekil 4.4'te görülmekte olup sistemin çalışma ilkesi Şekil 4.3'teki gibidir.



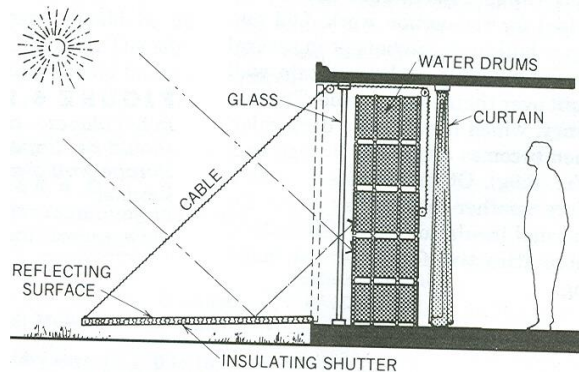
Şekil 4.3 Termal depolama duvarlı sistemin sera etkisiyle ısıyı depolaması ve depolanan ısının gece iç ortama salınması.



Şekil 4.4 Trombe/Michel evi, Odeillo, Fransa, 1967.

Su Duvarı

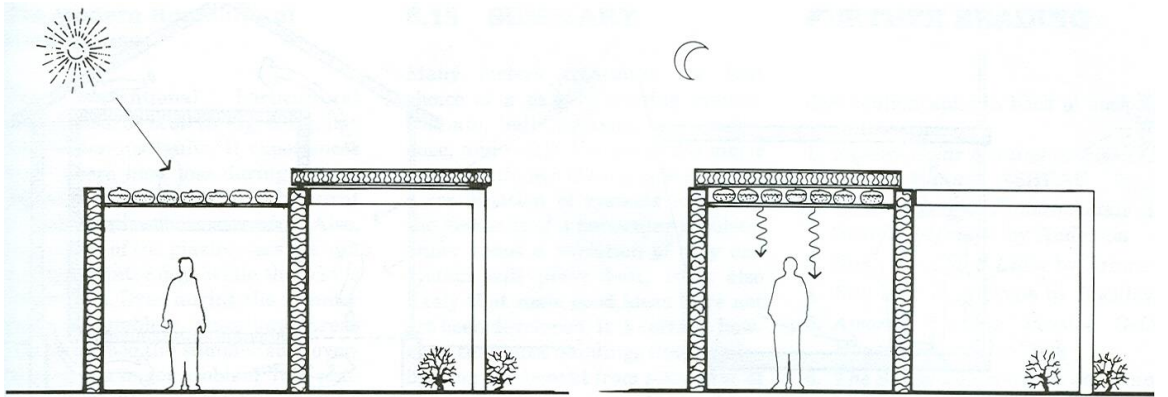
Isı depolayıcı duvar, Şekil 4.5'te görüldüğü gibi içi su dolu elemanlardan örneğin bidonlardan yapılmışsa su duvarı denilmektedir. Trombe duvarı ile eşit termal kapasiteye sahip su duvarı için yapılan kıyaslamada su duvarından yalnızca %5-10 oranında daha fazla verim alındığı tespit edilmiştir [31].



Şekil 4.5 Su duvarının çalışma ilkesi.

Çatı Havuzu

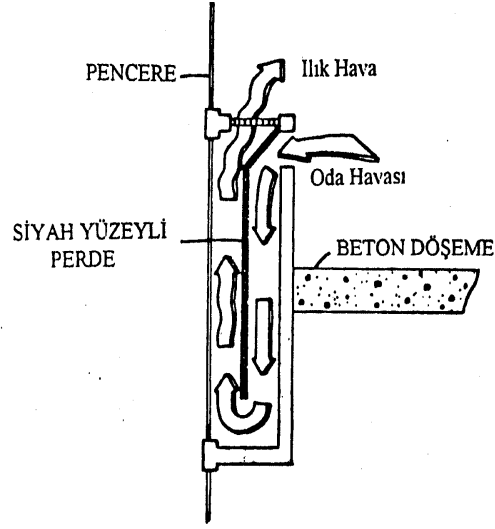
Çatı havuzu sistemi kara ikliminin yaşandığı bölgelerde daha verimli olmaktadır. Binanın çatısı, Şekil 4.6'da görüldüğü gibi havuz şeklinde inşa edilir ve su dolu siyah plastik torbalar bu havuza yerleştirilir. Hareketli yalıtım panosu kışın geceleri, yazınsa gündüzleri kapatılarak fazla ısı kazanç ve kayıpları önlenir.



Şekil 4.6 Çatı havuzunun çalışma ilkesi.

Termosifon Duvar -Kollektör Sistemleri

Termosifon kollektör sistemlerde, siyah yüzeyli oluklu alüminyum ısı depolayıcı olarak kullanılmakta olup, sıcak ve soğuk hava yüzeyin etrafında akmaktadır. Bu sistem, güney duvarında döşeme seviyesinin biraz altına yerleştirilir. Isınarak yükselen hava tavan hizasındaki delikten odaya girer ve soğuyan hava ise taban seviyesindeki delikten kollektör içine alınır. Sistemin ısı depolayıcı elemanı olmadığı için yalnızca gündüz ısıtılan binalar için kullanılması daha uygundur.



Şekil 4.7 Termosifon duvar-Kollektör sisteminin çalışma ilkesi.

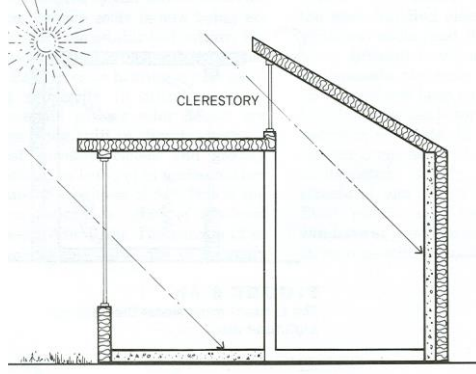
4.3.2.3 Yalıtılmış Kazanım

Bu, doğrudan ve dolaylı sistemin karışımıdır, ısı depolayıcısı ve ısınan oda arasında ya yalıtım ya da fiziksel ayırım yoluyla gözle görülür, açık bir ısı ayırımı olup sürekli bir dolaşım halkası yoktur [31].

1978 yılında Balcomb, Trombe duvarı ve doğrudan kazanç yöntemini birlikte uygulayarak 'sera ısıtmalı sistem'i oluşturmuştur. Seradaki hava, Trombe duvarı sayesinde daha fazla enerji alarak ısınır. Isınan hava, duvarın üst kısmındaki menfezlerden mekana geçer. Bu geçiş doğal yolla olabileceği gibi bir fan yardımıyla da yapılabilir. Trombe duvarı yerine su duvarı da kullanılabilir.

Sera, iç mekan ile dış ortam arasında bir 'tampon bölge' oluşturarak ısı kayıplarını ve ana mekandaki aşırı ısınmayı azaltır. Seranın yazın aşırı ısınmasının önlenmesi için hareketli yalıtım kullanılmalıdır [31].

'Isı depolayıcı duvar, ısı depolayıcı çatı ve ek olarak yapılmış güneş odası', ısı depolayıcısı ve sıcak oda arasındaki bir yalıtım sayesinde yalıtımlı sisteme çevrilebilir.



Şekil 4.8 Yalıtılmış kazanımın çalışma ilkesi.

4.3.2.4 Pasif Güneş Enerjisi Sistemlerinin Karşılaştırılması

Güneş enerjisinden yararlanmak için yukarıda sözü edilen pasif sistemler avantajları ve dezavantajları açısından karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir.

Doğrudan Kazanım Sistemleri

Avantajları

- Geniş 'manzara' pencereleri sağlar.
- Dolaylı kazanım ve yalıtılmış kazanım sistemlerine kıyasla en ekonomik ve en verimli olanıdır.
- Çatı pencereleri ve çatı ışıklıklarını verimli bir şekilde kullanır.
- Aydınlatma ve ısıtmayı birleştirdiği için özellikle okul ve küçük ofisler için uygundur.
- Sistemin toplam giderleri geleneksel uygulamalar kadardır.

Dezavantajları

- Parlamaya sebep olacak miktarda ışık oluşmaktadır.
- Termal depolama döşemeleri halı ile kaplanmamalıdır.
- Sadece küçük ve az sayıda resim termal depolama duvarına asılmalıdır.
- Önlemler alınmadığı takdirde fazla ısınma olabilir.
- Yüksek sıcaklık dalgalanmalarına katlanma zorunluluğu getirir. (yaklaşık 10°F)
- Gece oluşan ısı kayıplarını azaltmak için hareketli yalıtım sistemleri kullanılmalıdır.

Dolaylı Kazanım Sistemleri

Avantajları

- Yüksek termal konfor sağlamaktadır.
- Aydınlanma miktarını sınırlayarak kamaşmayı önlemektedir.

- Bu yöntemle mevcut duvarların iyileştirilmesi kolaydır.
- Maliyeti orta seviyededir.
- Büyük ısınma yükleri için iyidir.

Dezavantajları

- Yapımı, doğrudan kazanımlı sistemlerden daha pahalıdır.
- Manzara ve gün ışığı için daha az saydam yüzey mevcuttur.
- Çok yağışlı iklimler için iyi değildir.

Yalıtılmış Kazanım Sistemleri

Avantajları

- Sıcaklık dalgalanmaları azdır.
- Mimari olarak çekici bir görünümü vardır.
- Sera olarak kullanılabilir.
- Genellikle konutlara veya lobi, restoran gibi halka açık yerlere uygundur.
- İç ve dış ortam arasında tampon bölge görevi görür.

Dezavantajları

- Doğrudan ve dolaylı kazanımlı sistemlerle kıyaslandığında en pahalı sistemdir.
- En az verim alınan sistemdir.
- Yazın aşırı ısınmayı azaltmak için termal kontrol gerekmektedir [33].

Enerjinin, uzun vadede tükenme tehlikesi taşıyor olması günümüzde insanlığın başlıca sorunlarından biridir. Dünyadaki enerji tüketimi her on yılda iki kat artmakta olup bu artışın devam etmesi durumunda fosil enerjisi rezervlerinin 20-30 yılda tükeneceği hesaplanmıştır. Kullanılan enerjinin önemli bir bölümü binalarda harcanmakta olduğundan yeni binaların tasarlanmasında olduğu kadar, mevcut binaların ısıtma enerjisi harcama miktarlarının bina iyileştirme yoluyla pasif sistem ilkelerine bağlı olarak azaltılması, üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

5. BİNALARDA ISITMA ENERJİSİ KORUNUMUNUN SAĞLANMASI İÇİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Endüstriyel yapılaşmaya geçilmesi sonucu duvarların incelendiği, dolayısıyla enerji kaybının arttığı, ısı yalıtımına ihtiyaç duyulan iskelet sistemli yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. Isı yalıtım malzemeleri ve nem bariyerleri gibi endüstrileşmiş malzemeler, binaların doğal malzemelerdeki gibi nefes alabilmesini önlemekte, bu da iç hava konforsuzluğu yaratmaktadır. Sonuç olarak klima gibi ısı ve nem düzenleyici aletlere duyulan ihtiyaç artmış, bu da enerji giderlerinde ve çevreye yayılan zararlı gazlarda artışa sebep olarak çevreye ek yük getirmiştir.

Çevreye getirilen bu yükün azaltılması ve sürdürülebilir bir çevre oluşturulması, binaların pasif sistemlerle iyileştirilerek ısı kayıplarının azaltılması ile mümkündür.

Sürdürülebilir çevre için güneş enerjisinin kullanımı yeni binaların tasarımında önemli olduğu kadar eski binaların iyileştirmesinde de önemlidir. Güneş enerjisinden yararlanma, birçok ülkede devlet politikası olarak yürütülmekte olup gerek yeni binaların yapılmasında gerekse mevcut binaların ısıtma enerjisi bakımından iyileştirilmesinde yasal zorunluluklar getirilmekte ve kredi sistemleriyle desteklenmektedir.

Güneş enerjisinin Avrupa ülkelerine kıyasla daha etkin olduğu Türkiye ve benzeri ülkelerdeki uygulama azlığı gelişmişlik düzeyi ve yasal düzenlemelerle ilişkilidir. İyileştirme sırasında alınan verimin artırılması için bazı konulara da dikkat edilmesi gerekmektedir.

5.1 Binaların Enerji Etkin İyileştirmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Konular

Yeni tasarlanacak yapılar, pasif sistem tasarımı için en geniş uygulama çeşitliliğine sahip olmasına karşın, herhangi bir iyileştirme veya bina kabuğuna yapılacak ekleme daha sınırlı sayıda pasif yöntem içermektedir. Bu nedenle, en ideal olanı, uygulanacak pasif sistemin çevre planlaması ve binanın tasarımı aşamasında kararlaştırılmasıdır.

Güneş enerjisinden yararlanma sistemlerinin verimi, sistemin doğrudan güneş ışınımı almasıyla doğru orantılı olduğundan güneşten yararlanacak alanın ısınma mevsiminde 9⁰⁰ ile 15⁰⁰ saatleri arasında gölgelenmesi sistemin performansını ve ekonomik etkisini azaltır. Alınacak verimin en fazla olması, sistemin yönlendiriliş durumunun güney doğrultusunda olmasıyla mümkündür; ancak, yüksek binaların çok olduğu ve binanın yöneliminin her zaman optimum koşulları sağlayacak şekilde ayarlanamadığı şehir dokusunda sistemin yönünün güney ile güneyin 30° doğusu ve batısı arasında olması kabul edilebilir. Dolayısıyla mevcut binalarda iyileştirme çalışmasına başlamadan önce binanın yönlendiriliş ve diğer binalara göre konumlandırılış durumunun irdelenmesi gerekir.

5.2 Bina İyileştirme Çeşitleri

Binalarda gereken mimari onarımların yapıldığı iyileştirme projelerinde güneş enerjisinden yararlanma adına uygulamalar da yapılmaktadır. Enerji etkin yapı tasarımında mimara binanın projelendirilmesi aşamasında önemli görevler düşmektedir. Binanın baktığı yön, çevre binalara göre konumu, gölgelenme oranları, cephedeki yönlere göre saydam yüzey alanının dağılımı v.b. gibi tasarım kriterleri, binanın projelendirme aşamasında mimarı yönlendiren özelliklerdir. Oysa iyileştirme çalışmalarında, mevcut bir bina üzerinde çalışıldığından mimari açıdan binanın biçimi, cephelerin baktığı yönler, çevre binalara göre konumu, gölgelenme durumu birer sınırlayıcı dış etken haline gelmektedir. Binanın yönlendiriliş durumu ve biçiminin güneş enerjisinden yararlanmada etkisinin çok büyük olmasına karşın iyileştirme projelerinde bu iki sınırlayıcı faktörün değiştirilmesi çoğunlukla olanaksızdır.

İyileştirme projelerinde üç ana yöntem uygulanmaktadır:

- Güneş odası ekleme yöntemi veya balkonların güneş odası haline getirilmesi.
- Isı depolayıcı duvar yöntemi.
- Birden fazla yöntem birarada.

Diğer bir gruplamaya göre, bina iyileştirmede iki ana yöntem uygulanmaktadır:

- Aktif sistemlerle iyileştirme
- Pasif sistemlerle iyileştirme

Yapılacak güneş ısıtma sisteminin mekanın tüm ısıtma ihtiyaçlarını karşılaması çok pahalıya mal olur ve çoğu durumda pratik değildir; bu nedenle, sistem binanın konumu, uygulanan sistemin çeşidi ve boyutuna bağlı olarak binanın ısıtma ihtiyacının yaklaşık %30'u ile %80'ini karşılamak üzere tasarlanır. Güneş ile mekanın ısıtılmasında, ısıtıcıların bir odanın veya evin küçük bir alanının ısıtılması için kullanılması en hesaplı ve uygulanması en kolay olanıdır [32].

Güneş enerjisinin gece kullanımı için gün içinde depo edilmesi sistemin etkisini artırır. Sistemin çeşidi ne olursa olsun, yeterli alana ve depolama materyalinin ağırlığını taşıyacak yeterli desteğe sahip olmalıdır. Depolama ünitesinin boyutu birçok sebebe bağlı olmakla birlikte, gelende ısıtma ihtiyacının fazla olması, depolama için gereken alanı artırır.

Bina iyileştirmesi, aktif ve pasif sistemlerin uygulanması ile iki şekilde yapılmaktadır.

5.2.1 Aktif Sistemlerle İyileştirme

Aktif sistemler, güneşli gün sayısı çok olan ve ısınma mevsimi uzun olan iklimlerde kullanılmaktadır. Aktif sistemlerde, fan veya pompa gibi mekanik enerjiye ihtiyaç duyulmakta olup güneş enerjisinden elde edilen ısı, bir akışkan içerisinde dolaştırılarak kullanım alanına aktarılmaktadır [32].

İklim, sistemin tasarımı ve maliyeti üzerindeki en önemli etkidir. Aktif sistemlerden, güneşli gün sayısı çok olan ve ısınma mevsimi uzun süren iklimlerde en çok verim alınır.

Bu çalışmada, aktif sistemlerle iyileştirmeye, konu dışı olduğu için kısaca değinilmiş, asıl pasif sistemlerle olan iyileştirme ele alınmıştır.

5.2.2 Pasif Sistemlerle İyileştirme

Pasif sistemler, mekanik enerjiye ihtiyaç duymaksızın tamamen ısınan havanın doğal hareketi –taşınım (konveksiyon), iletim (kondüksiyon) ve ışınım (radyasyon)- ile mekan ısıtmasını sağlamaktadır. Pasif sistemle bina iyileştirmesi, doğrudan doğruya bina elemanlarına uygulanacak değişikliklerle yapılır.

Pasif sistemle iyileştirme çeşitleri:

Güney Duvarındaki Pencere Alanını Arttırmak:

En basit iyileştirme yöntemi, güney duvarındaki mevcut pencereleri büyütme veya pencere eklemek suretiyle saydam yüzey alanını arttırmaktır. Bu uygulamalarda, güneş ışınımını geçiren ama enerji kayıplarını azaltan özel camların kullanılması önerilmektedir. Pencere alanının büyütülmesi, daha fazla güneş ışığının gün içinde bina içine alınıp döşeme ve duvarlarda depolanmasını sağlayacak ve depolanan bu ısı, gece mekana geri verilecektir. Döşeme kaplamalarının koyu renk seçilmesi güneş ışınımından depolanan ısı miktarını artırır. Perde ve kepenk gibi hareketli yalıtım malzemelerinin kullanılması gece ısı kayıplarını azaltır.

Yazın ise fazla ısınmanın önlenmesi için gölgeleme elemanları veya yapraklarını döken ağaçlardan faydalanılmalıdır.

Seralar (Güneş Odaları):

Sera veya limonluk, bir kısmı veya tamamı cam ile çevrili alan olup binanın güney cephesindeki mekanlara eklenmektedir. Daha önce yalıtılmış kazanım sistemi olarak tanımlana bu uygulama iç ortam ile dış ortam arasında tampon bölge oluşturarak mekanın ısı kayıplarını azaltmaktadır.

Doğrudan güneş ışınımından maksimum yararlanabilmesi için güneş odasının yönlendiriliş durumu güney veya güneyin 30° doğusu ve batısı arasında ve engeller tarafından gölgelenmemiş olmalıdır. Güneş odası, iç mekan ile dış ortam arasında tampon bölge oluşturduğu için bu geçiş alanı sıcaklık dalgalanmalarını azaltır, gece donmalarının oluşmasını önler ve gece, mekanın ısısının yükselmesini sağlar. Güneş odalarındaki duvar, aynı zamanda ısı depolaması amacıyla kullanılabilir.

Gece ısı kayıplarının engellenmesi, iç mekanlarda konfor ve ısıtma giderlerinden tasarruf sağlanması için hareketli yalıtım veya uzun dalga ışınım ısısının geçişini engelleyen low-e kaplamalı camlar uygulanmalıdır.

Isı Depolayıcı Duvar (Termal Depolama Duvarı) Yöntemi:

Isı depolayıcı duvar yöntemi ile yüksek termal konfor sağlanmasının yanında maliyeti de diğer iki sisteme kıyasla orta seviyededir. Manzara ve günışığı için daha

az saydam yüzey bırakmasına rağmen bu yöntemle mevcut duvarın iyileştirilmesi kolaydır.

Bu yöntemle Trombe duvar veya su duvarı ile güneş ısı gün boyu depo edilmekte olup, zaman geciktirmesi ile gece iç mekana verilmektedir.

Trombe duvar, güney cephesinde taş, beton, tuğla gibi masif duvar elemanlarının önüne 10 ila 30cm. ara boşluk bırakılıp cam koyulması ile oluşturulan sistemdir. Termal duvarın ara boşluğa bakan yüzü koyu renge boyanmıştır. Duvarın önüne yerleştirilen camın low-e olması sistemden alınacak verimi artırır. Gece izolasyonu için duvar ile cam arasına perde çekilmelidir.

Güneş ışınımı, duvarın koyu renge boyanmış yüzeyi tarafından emilir ve duvarın içinde depolanır. Depolanan bu ısı, gece iç ortamın ısısının azalması sonucu iç mekan sıcaklığı duvarın sıcaklığından düşük olduğu zaman iç ortama radyasyon yoluyla verilir. Bu geçiş, duvarın iç yüzeyinin sıcaklığı ile iç ortama sıcaklığı eşitlenene kadar devam eder.

Ahşap iskelet sistemine sahip evler, eklenen Trombe duvarın yükünü taşıyamayabilir. Bu sistemin ekleneceği durumlarda binanın iskelet yapısına göre taşıyabileceği ek yük miktarı hesaplanmalıdır.

Su duvarı ise yaşama mekanı içerisinde içi su dolu bidonların camın arkasına bir strüktürün içerisine yerleştirilmesi ile oluşturulur. Su, taş veya tuğla duvara kıyasla iki misli ısı depolama kapasitesine sahip olup bakımı suyun içerisinde mikrobik oluşumların engellenmesi için yılda bir yapılmaktadır.

5.2.3 Uygulanacak Sistemin Boyutu ve Türünü Belirlemede Etkili Olan Çevre ve Tasarım Parametreleri

Uygulanacak sistemin boyutu ve türünü belirlemede etkili olan iklim (güneş, rüzgar, hava sıcaklığı ve nem), gün ışığı gibi çevre parametreleri, binanın yeri, bina aralıkları, binanın formu, binanın yönlendiriliş durumu (saydam yüzey ve oda), bina kabuğu (geometri, izolasyon, hava sızıntıları, havalandırma, gölgelenme, termal kütle, renk), binanın kullanım şekli (kullanıcı profili ve kullanım saatleri), iç ısı kaynakları (aydınlatma, ofis aletleri, makineler ve insanlar), HVAC (sistemleri ve kontrolleri) gibi tasarım parametrelerinden oluşmaktadır.

Binalarda enerji etkin iyileştirme çalışmaları bu parametreler gözönüne alınarak yapılmalı ve sonuçta binanın yıllık enerji harcaması ve maliyeti hesaplanmalıdır.

5.3 Bina İyileştirmesinde Uygulanan Örnekler

Güneş Odası Ekleme Yöntemiyle İyileştirme Örnekleri:

- Pfister Güneş Evi, Minneapolis, Minnesota.
- Sundance I Evi, Reston, Virginia, Pasif Dizayn Yarışması Ödüllü.

Trombe Duvar Yöntemiyle İyileştirme Örnekleri:

- Sıraevler, Boston.
- Cepheye eklenen cam, mevcut duvarı güneş kolektörüne çevirmiş [33].

Birden Fazla Yöntem Birarada:

- Konut binası, Berlin, Pasif ve hibrit sistem uygulanmış.
- Bath'ta eski bir evin cephe yenilenmesi, Energy Design Group.

Yukarıda sıralanan pasif sistemli uygulama örnekleri Ek A'da verilmiştir.

5.4 Pasif Sistemli İyileştirme Uygulamalarının Verimlerinin Karşılaştırılması

Brookhaven Evi:

Brookhaven Ulusal Laboratuvarı sınırlarında Long Island, New York'ta inşa edilen bina iki katlı olup 186m² alana sahiptir. Binada, iki tip pasif sistem birlikte kullanılmıştır. Biri 18,2m² sistem alanına sahip menfezsiz Trombe duvar, diğeri ise 22,8m²lik güneş odasıdır. Güneş odasını yaşama alanından ayıran masif duvar ile Trombe duvarın boyutları ve konstrüksiyon tipi aynıdır. Binanın duvarlarının termal direnci 4,8m²C/W olup oldukça iyi izole edilmiştir. Isı, merdiven kovanından ikinci kata yükselerek tavandaki ızgaralardan odalara dağılmaktadır.

Trombe duvar ve güneş odasının konstrüksiyon tipi ve yüzey alanı aynı olduğundan araştırmacılar iki sistemin performansını kıyaslama olanağı bulmuşlardır. Isı kazanç ve kayıpları, saatlik sıcaklık profilleri incelendiğinde Trombe duvarın ve güneş odasının maksimum performansları sırasıyla 47W/m² ile 22W/m² olarak hesaplanmıştır. Bu da gösteriyor ki, Trombe duvarın performansı güneş odasının gösterebildiği performansın iki katından fazladır.

Balcomb, Hedstrom ve McFarland,1977 yılında Los Alamos, New Mexico'da üç farklı termal depolama sisteminin -direk kazanım, su duvarı ve Trombe duvar- performansını karşılaştırdılar. Elde edilen değerlerden şu anda da geçerli olan sonuçlar çıkarıldı.

Güneş ısısı performansının kolektör alanı ile ilişkisini göstermekte olup eklenen kolektör alanı bir değerden sonra performans üzerinde azaltıcı etkide bulunmaktadır.

Grafikler, aynı zamanda çift cam ve gece izolasyonu uygulamaları sonrası sistem performansındaki artışı göstermektedir. Şekil 5.1, termal depolama duvarı çeşidinin sistemin performansı üzerindeki etkilerini göstermektedir. Şekil 5.2’de, su duvarının performansı, eklenen termal depolamadan bağımsız olarak artmakta olup 30Btu/Fft^2 ($170\text{Wh}/^\circ\text{Cm}^2$) den sonra aniden azalmaya başlamaktadır. Şekil 5.3 ise menfezsiz Trombe duvarın performansının yüksek yoğunluklu betonarme duvarın belirli bir kalınlığa gelmesiyle (25-30cm.) maksimum değerine ulaşip daha sonra azaldığını göstermektedir. Menfezsiz Trombe duvar, Los Alamos haricinde 6 farklı şehir için de denenmiş ve her iklimde de tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Balcomb ve McFarland (1977) çeşitli iklimlerde menfezli ve menfezsiz Trombe duvarın performanslarını da kıyaslamışlardır. Gece ters akışa engel olmak için kullanılan menfezler kontrol edilmediği takdirde, menfezli Trombe duvar menfezsiz duvardan daha kötü performans göstermiştir. Damperler ters akışa engel olduğu takdirde menfezler, Boston, Massachusetts, Madison, Wisconsin gibi çeşitli iklimlerde performansı %10-20 oranında arttırmaktadır, fakat Santa Maria, California, Fresno, Albuquerque, New Mexico gibi güneşli ve ılıman iklimi olan bölgelerde önemli bir avantaj sağlamamaktadır [31].

Trombe duvarın performansı, eşit termal kapasiteli ($255\text{Wh}/^\circ\text{Cm}^2$) su duvarının performansı ile da kıyaslanmış olup su duvarından her iklimde ters akış olmayan Trombe duvara kıyasla sadece %5-10 oranında daha fazla performans alınmıştır.

Görüldüğü gibi ısıtma enerjisi tasarrufunu etkileyen diğer parametreler belirli olduğu için iyileştirme genellikle kabuk üzerinde yapılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada da bir sonraki bölümde açıklanacağı gibi kabukta iyileştirme önerilmiştir.

6. MEVCUT BİNA KABUĞUNUN DOLAYLI KAZANIMLI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM ÖNERİSİ

Mevcut binalarda, ısıtma enerji harcamalarını azaltmak için yapılan iyileştirmelerde diğer parametrelerin kolaylıkla değiştirilememesi ve başka etkenlere bağlı olması iyileştirmenin kabuk elemanına yapılmasını gerektirmiştir. Bu çalışmada, bina kabuğunun güneş enerjisinden dolayı kazanımlı güneş enerjisi sistemi ile iyileştirilmesi ve iyileştirme sonucunda ısıtma enerjisi kazançlarının belirlenmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir.

6.1 Yaklaşımın Amacı

Bu çalışmada geliştirilen yaklaşımın amacı, bina kabuğunu oluşturan ve uygulamada yaygın olarak kullanılan duvar katmanlaşma detaylarının dış tarafına cam tabakası konularak dolaylı kazanımlı güneş enerjisi sistemine dönüştürülmesinin ısıtma enerjisi tasarrufuna katkısını incelemektir.

6.2 Yaklaşımın Aşamaları

Çalışmanın amacına ulaşmak üzere ele alınan çalışma yönteminin aşamaları aşağıda özetlenmektedir.

6.2.1 Değerlendirmenin Yapılacağı Tasarım Günlerinin Belirlenmesi

Isıtmanın gerektirdiği döneme ilişkin ortalama verilerin dayandırıldığı karakteristik günler belirlenerek, hesaplamalar o günlere ilişkin meteorolojik ortalama verilere dayandırılmalıdır.

6.2.2 Dış İklim Koşullarının Belirlenmesi

Çalışmanın dayandırıldığı günler, güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, havanın bağıl nem düzeyi, rüzgar vb. gibi iklim öğelerine ilişkin ortalama değerler ve belirlenen günler için atmosfer verilerinin ortalamalarına göre belirlenmelidir. Gerçek atmosfer koşulları, Berköz ve diğerlerine (1995) göre, atmosferin yöresel bileşimini ve yöresel bulutluluk koşullarını dikkate alarak tanımlanan dış atmosfer koşullarıdır [34].

Günlük değişim gösteren dış ortam koşullarına ilişkin değerlere göre, ele alınan yörede hakim dönem belirlenerek karar verilmeli ve ısı geçişi hesapları bu dönemin özün günlerine ilişkin meteorolojik veriler kullanılarak yapılmalıdır [1].

6.2.3 İç İklim Koşullarının Belirlenmesi

Yapma çevreyi sınırlayan yüzeyler ile iç ortam arasında ısı alışverişi olduğundan dış duvar ve saydam yüzeylerin iç yüzey sıcaklıklarının iklimsel konfor açısından önemi büyüktür ve bunların belirli bir değere sahip olması gerekmektedir. İç ortam sıcaklığı, iç hacmi çevreleyen kabukların yüzey sıcaklıklarının bir fonksiyonu olarak ortaya çıktığından belirli sıcaklık değerine sahip olmak üzere belirlenmelidir.

Isıtmanın istendiği dönemde, kabuk elemanının iç yüzey sıcaklığının iklimsel konfor açısından izin verilir sınır değeri, iç hava sıcaklığı (t_i) ile ortalama ışınsal sıcaklık arasındaki sınır fark değeri (ϵ) dikkate alınarak aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$t_{iyo} = t_i - \epsilon \quad (6.1)$$

6.2.4 Binaya İlişkin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Binaya ilişkin tasarım parametreleri, 4.1.'de açıklandığı gibi binanın yeri, diğer binalara göre konumu, binanın yönlendiriliş durumu, bina kabuğunun fiziksel özellikleri, hacmin kullanım süresi ve konumu, saydamlık oranı gibi değişkenlerdir. Bu değişkenler, dış iklim koşullarına bağlı olarak iç iklim koşullarının oluşturulmasında etkili olduklarından ısı geçişi hesaplarında kullanılmak üzere değerleri belirlenmelidir.

Binanın Yerinin Tespit Edilmesi

İyileştirme yapmak üzere ele alınan binanın yeri, yapma ısıtma ihtiyacının azaltılmasını ve bunun sonucunda enerji harcamalarının en aza indirilerek hava kirliliğinin önlenmesini sağlayan iç iklim kontrolünde önemli bir tasarım parametresi olduğuna göre iyileştirme yapılacak binanın yeri tespit edilmelidir.

Binanın Diğer Binalara Göre Konumunun Tespit Edilmesi

Binanın diğer binalar tarafından gölgelenip gölgelenmemesi dış cephe üzerine düşecek doğrudan ışınsal miktarını değiştireceğinden binanın diğer binalara göre

konumu, diğer binalar tarafından gölgeleniyorsa cephe üzerindeki gölgeli alanlar tespit edilmelidir.

Binanın Yönlendiriliş Durumunun Tespit Edilmesi

Binanın güneşten kazandığı ısı miktarı yönlerle bağlı olarak değiştiğinden binanın yönlendiriliş durumu, iç iklim koşullarının ve enerji harcamalarının belirlenmesi için tespit edilmelidir.

Hacmin Kullanım Süresinin Tespit Edilmesi

Hacmin kullanım fonksiyonuna bağlı olarak istenen iklimsel konforu sağlayabilmek amacıyla kullanım süresi tespit edilmelidir.

Hacmin Konumunun Tespit Edilmesi

Isı kaybı ve kazanımı hesaplarında kullanılmak üzere hacmin dış çevresinin özelliklerine ve güneş ışınımına bağlı olarak aldığı ve verdiği ısı enerjisi niceliğini belirlemek amacıyla, bina içerisindeki konumu tespit edilmelidir.

Bina Kabuğuna İlişkin Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Bina kabuğunun fiziksel özellikleri, kabuk elemanından kazanılan ve kaybedilen ısı miktarını belirlemektedir. Bu ısı miktarın belirlenmesi için aşağıdaki özellikler tespit edilmelidir.

Kabuk bileşenini oluşturan malzemelerin termofiziksel özellikleri:

- Saydamlık oranı (x)
- Yüzeysel ısı iletim katsayısı (α)
- Yüzeysel ısı iletim direnci ($1/\alpha$)
- Isı iletkenliği (λ)
- Isı geçirgenliği (Λ)
- Isı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$)
- Toplam ısı geçirme katsayısı (U)
- Genlik küçültme faktörü (f) ve zaman geciktirmesidir. (n)

olup bu özellikler, bölüm 4.1.'de detaylı olarak anlatılmıştır.

Kabuk elemanının güneş ışınımına karşı optik özellikleri opak ve saydam bileşenler için ayrı ayrı ele alınmalıdır.

Opak kabuk bileşenini oluşturan malzemelerin optik özellikleri bölüm 4.1.'de detaylı olarak anlatılmış olup aşağıda sıralanmıştır.

- Yutuculuk (a)
- Yansıtıcılıktır. (r)

Opak bileşenin dış yüzeyinin optik özelliği olan güneş ışınımına karşı yutuculuk katsayısı, dış cephenin renginin açık veya koyu olmasına göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle, cephenin rengi ve güneş ışınım durumuna bağlı olarak yutuculuk katsayısı belirlenmelidir.

Saydam bileşeni oluşturan pencere doğraması ve cam türü belirlenmeli ve belirlenen cam ve doğrama türüne göre ısı geçirgenlik katsayısı hesaplanmalıdır.

Saydam kabuk bileşenini oluşturan malzemelerin optik özellikleri bölüm 4.1.'de detaylı olarak anlatılmış olup aşağıda sıralanmıştır.

- Yutuculuk (a)
- Yansıtıcılık (r)
- Geçirgenlik (τ)

Saydam bileşen için bu katsayılar, doğrudan güneş ışınımı için ışınımın geliş açısına bağlı olduğundan ele alınan karakteristik günün her saatindeki geliş açısına bağlı olarak belirlenmelidir.

Mevcut Kabuk, İç Duvar ve Döşeme Detayının Tespit Edilmesi

Binanın iç konfor koşullarını etkileyen döşeme ve duvarları oluşturan malzemeler ve bu malzemelerin termal depolama özellikleri tespit edilmeli ve ısı geçirgenlikleri hesaplanmalıdır.

6.3 Binanın Isıtma Sisteminin İşletme Şeklinin Belirlenmesi

Bina içerisinde yaşayan kullanıcılar için iklimsel konfor koşulları sağlanamıyorsa, ek yapma ısıtma sistemlerine ihtiyaç duyulur. Binanın kullanım süresi, ek yapma ısıtma sistemi ve bu sistemin işletme şeklinin belirlenmesinde en önemli etkidir. İç hava sıcaklığı, kabuğu oluşturan malzemelerin fiziksel özelliklerine bağlı olmakla birlikte ısıtma sisteminin işletme şekline de bağlı olduğundan hacmin kullanım şekli ve süresi belirlenmelidir.

6.4 Ele Alınan Binanın Mevcut Kabuk Detayı İçin Isıtma Enerjisi Gereksinimi ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması

Hacim içi ortalama ışımsal sıcaklığın belirlenmesinde hacmi çevreleyen diğer elemanların iç yüzey sıcaklıklarının ek yapma ısıtma sistemi olması durumunda iç hava sıcaklığına eşit kabul edilmesi, opak ve saydam kabuk elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının kabuğun ısıl performansının değerlendirilmesindeki önemini arttırmaktadır.

Yatay düzlemdeki aylık ortalama günlük doğrudan ve yaygın güneş ışınımı yeğniliklerinin hesap yöntemi Ek B’de açıklanmıştır. Isı geçişi ve söz konusu sıcaklıklara ilişkin hesaplamalar, ısı geçişini etkileyen tüm yapma çevre değişkenlerine bağlı olarak, Ek C’de kısaca açıklanan sonlu farklar yaklaşımıyla tek bir adımda yapılabilmektedir [28].

Hacim İçerisindeki Isı Kaynaklarından Kazanılan Isı Miktarlarının Hesaplanması

Bu çalışmada amaç, yapma çevre değişkenlerinin iklimsel konfor üzerindeki etkisine bağlı olarak bu değişkenlerin alacağı değerlerin optimum bileşimini belirlemek olduğuna göre, insan ve elektrikli araçlar gibi ısı kaynaklarının etkisi, ele alınan konunun gereği olarak, ihmal edilebilir veya sabit varsayılabilir.

Hacimdeki Açıklıkların Neden Olduğu Hava Sızıntısı ve Hava Değişimi İle Kazanılan veya Yitirilen Isı Miktarlarının Hesaplanması

Bu çalışmada ele alınan konunun gereği olarak, bu tür ısı geçişinin etkisi ihmal edilebilir veya sabit varsayılabilir. Geliştirilen yeni yaklaşım, bu etkinin gerektiğinde hesaba katılabilmesi için yeterli esnekliğe sahiptir. Hava sızıntısı veya hava değişimine bağlı olarak geçen ısı miktarının hesaplanmasında izlenebilecek yöntem burada verilmemiştir. Isı transferi ile ilgili yayınlardan, bu konuda yeterli bilgi edilebileceği bilinmektedir.

Saydam Bileşenin İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması

Kabuğun saydam bileşenin iç yüzey sıcaklığı, cam ve doğrama türüne bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir [28].

$$t_{ci} = \frac{(k_c (t_{ec} - t_i) - (F_s \cdot I_D \cdot \tau_D + I_y \cdot \tau_y) + \alpha_i \cdot t_i)}{\alpha_i} \quad (6.2)$$

Opak Bileşenlerin İç Yüzey Sıcaklıklarının ve Bileşen İçerisindeki Sıcaklık Dağılımının Günlük Değişimlerinin Hesaplanması

Opak bileşenlerin iç yüzey sıcaklıklarının günlük değişimi, bileşenin yalıtım kapasitesini tanımlayan özellikleri ihmal edilemeyeceğine göre, zamana bağlı rejimde ısı geçişi kurallarına uygun olarak hesaplanmalıdır. Opak bileşenin iç yüzey sıcaklığının herhangi bir andaki değeri bağıntısından yararlanılarak ve saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımının iç yüzeyler tarafından yutulan oranı da hesaba katılarak yazılabilecek aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir [28].

$$t_{oi}^* = \frac{a_1 \cdot \Delta T}{(\Delta x)^2} \left(\frac{2 \cdot \Delta x}{\lambda_1} \cdot b \cdot S_i + 2 \cdot \frac{\alpha_i \cdot \Delta x}{\lambda_1} \cdot t_i + 2 \cdot t_2 + \right. \\ \left. t_{oi} \cdot \left(\frac{(\Delta x)^2}{a_1 \cdot \Delta T} - \frac{2 \cdot \Delta x \cdot \alpha_i}{\lambda_1} - 2 \right) \right) \quad (6.3)$$

(Δx) ve (ΔT) boyut ve zaman aralıklarının seçiminde Ek 2’de açıklanan kararlılık koşulları yerine getirilirse, bileşenin iç yüzeyindeki sıcaklıkların günlük değişimi, gerçeğe yakın duyarlılıkta elde edilebilir. Yukarıdaki bağıntıdan da anlaşılacağı gibi , yüzeydeki sıcaklıkların günlük değişiminin hesaplanmasında, bileşen içerisindeki sıcaklık dağılımının bilinmesi gereklidir. Bileşen içerisinde (Δx) boyut aralıklarıyla sıcaklık dağılımını ise, aynı yöntemle hesaplamak olanaklıdır.

Bu şekilde bileşen içerisinde başlangıç koşullarındaki sıcaklık dağılımına bağlı olarak, bileşenin yüzeyindeki ve içerisindeki sıcaklıkların, seçilen (ΔT) zaman aralıklarıyla değişimi hesaplanabilmektedir.

6.5 Ele Alınan Binanın Enerji Etkin İyileştirilmesi İçin Kabuk Detayı Önerilerinin Yapılması

Bu çalışmada önerilen iyileştirme, opak kabuk bileşeninin dolaylı kazanım sistemine uygun olarak iyileştirilmesi olduğuna göre mevcut kabuk detayının dış tarafına çeşitli ara boşluk mesafeleri ile cam yerleştirilmesi önerilmektedir. Bu cam yerleştirme uygulamasının farklı opak bileşen detaylarının ısısal performanslarının

değerlendirilmesi için ısı depolayıcı opak kısmına da farklı detaylar uygulanabileceği düşünülmelidir.

6.6 Ele Alınan Binada İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detaylarının Isıtma Enerjisi Gereksinimleri ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması

Bu çalışmada, mevcut bina kabuğunun önüne cam yerleştirmek suretiyle dolaylı kazanımlı güneş enerjisi sistemi uygulaması yapılarak enerji etkin iyileştirme önerilmektedir. Dolayısıyla öneri, kabuk detayları için bu tür kabuk sistemlerinde uygulanabilecek ısı geçişi hesap yöntemleri kullanılmalıdır. Bu tür kabuk detayından ısı geçişi hesaplamaları için Todorovic ve Z. Yılmaz yöntemlerinden yararlanılarak yeni bir yaklaşımın kullanılması önerilebilir.

B. Todorovic'in yapmış olduğu çalışma, çift kabuklu sistemin, binanın ısı kayıplarına ve soğutma yüklerine etkisini analiz etmek üzere cephelerin farklı yönlendiriliş durumlarına bağlı olarak iki kabuk arasındaki boşluk sıcaklıklarını saptamaya yöneliktir [35]. Ara boşluk sıcaklığı, cephenin geometrisine, güneşe göre yönlendiriliş durumuna, konstrüksiyon tipine ve cidarlar arasındaki hava dolaşımına bağlıdır [5]. Binanın dış cidarının camdan, iç cidarının ise duvar ve değişen boyutlarda pencerelerden oluştuğu düşünülmektedir. Todorovic'in böyle bir kabuk detayında cam ile duvar arasındaki boşluk sıcaklığını hesaplamak için önerdiği yöntem doğrudan ve yaygın ışınımı ayrı ayrı hesaba katmak üzere değiştirilip aşağıda verilen yeni bağıntılar yardımıyla ara boşluk sıcaklığı hesaplanabilir

Pencere ve duvarın ara boşluğa bakan yüzey sıcaklıkları hesaplanırken Todorovic tarafından geliştirilen formüllere yaygın ışınımın etkisi de eklenmiştir. Sonuç olarak, Todorovic tarafından önerilen t_p ve t_w formülleri aşağıdaki şekilde kullanılmıştır.

$$t_p = \frac{a_p \cdot I \cdot d_s + \rho_p \cdot D_p \cdot c_p \cdot t_p' + \alpha_{p1} \cdot t_m' + \alpha_{p2} \cdot t_i + a_p \cdot (I_T - I_D) \cdot \tau_d}{\rho_p \cdot D_p \cdot c_p + \alpha_{p1} + \alpha_{p2}} \quad (6.4)$$

$$t_w = \frac{a_w \cdot I \cdot d_s + \frac{1}{\rho/\lambda + 1/\alpha_{w2}} \cdot t_i + \alpha_{w1} \cdot t_m' + a_w \cdot (I_T - I_D) \cdot \tau_d}{\frac{1}{\rho/\lambda + 1/\alpha_{w2}} + \alpha_{w1}} \quad (6.5)$$

Ara boşluk sıcaklığı:

$$t_m = \frac{F_s \cdot D \cdot c_p \cdot \rho \cdot t_m' + F_s \cdot \alpha_{s2} \cdot t_s + F_p \cdot \alpha_{p1} \cdot t_p + F_w \cdot \alpha_{w1} \cdot t_w}{F_s \cdot D \cdot c_p \cdot \rho + F_s \cdot \alpha_{s2} + F_p \cdot k_p + F_w \cdot \alpha_{w1}} \quad (6.6)$$

bağıntılarıyla bulunmaktadır [5].

Eşitliklerde T anındaki ara boşluk sıcaklığı olarak T-1 anındaki değer kullanılmaktadır. Hesaplar, başlangıç olarak belirlenen bir saatten itibaren sıcaklık salınımlarının ortalama bir değere ulaştığı güne kadar sürdürülmeli ve bu günün 24 saatlik ara boşluk sıcaklık değerleri dış sıcaklık olarak dikkate alınmalıdır [25]. Başlangıç sıcaklığı olarak hesaplamanın yapılacağı günün ilk saati için son 10 yılın ortalama dış ortam sıcaklığı dikkate alınmalıdır.

6.7 Mevcut Kabuk ve İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detayları İçin Hacmin Isısal Performansının Değerlendirilmesi

Kabuk elemanı, iç ve dış çevre arasında sınırlayıcı olup iç çevre iklim özelliklerini belirleyen en önemli değişkenlerdendir. Pasif ısıtım sistemlerinde, ek yapma ısıtma sistemine ihtiyaç duyulması durumunda sistemin işletme şekli iç hava sıcaklığını, dolayısıyla da iklimsel konfor ve enerji korunumunu belirler. Isıtmanın istendiği dönemde, dış çevreye kaybedilen ısının azaltılması bina kabuğunun fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesiyle mümkündür.

Kabuk elemanının birim alanından kaybedilen günlük ortalama saatlik ısı miktarları, zamana bağlı rejimde gerçek atmosfer koşulları için aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$q_s = \alpha_i \cdot (t_{siy} - t_i) \quad (6.7)$$

$$q_o = \alpha_i \cdot (t_{oiy} - t_i) \quad (6.8)$$

$$Q_T = q_s \cdot A_s + q_o \cdot A_o \quad (6.9)$$

$$q = q_s + q_o \quad (6.10)$$

Günlük ortalama saatlik ısı kaybı ise aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$q_{\text{ort}} = \sum_{i=1}^{24} (q/24) \quad (6.11)$$

Belirlenen kabuk seçenekleri için ısıtmanın istendiği dönemde kazanılan ve kaybedilen ısı miktarları hesaplanmalı ve bulunan sonuçlar grafik şeklinde derlenmelidir. Isıtmanın istendiği dönemde en az ısı kaybını sağlayan seçenek, enerji korunumu açısından en verimli seçenek olarak belirlenmelidir.

7. MEVCUT BİNA KABUĞUNUN DOLAYLI KAZANIMLI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ UYGULAMASI

Mevcut binalarda ısıtma enerjisi harcamalarını azaltmak için yapılan iyileştirme çalışmalarında diğer tasarım parametrelerinin kolaylıkla değiştirilememesi nedeniyle bina kabuğunun iyileştirilmesi ilk akla gelen ve en kolay uygulanabilen model olarak dikkati çekmektedir. Bu nedenle, bu çalışmadaki iyileştirme kabuk bileşeninin Trombe duvarlı sistem ile iyileştirilmesi uygulamasını içermektedir.

7.1 Uygulamanın Amacı

Bu uygulama, Bölüm 6'da dış duvarlarda cephe iyileştirmesi için önerilen yaklaşımın İstanbul Ataşehir Pınarlitepe konutlarında C13 Bloklarının ara katındaki bir dairenin güneşe bakan salon cephesinde kabuk elemanının Trombe duvar sistemi ile teorik olarak iyileştirilmesi ve bu iyileştirme sonucunda salonun ısı performansının değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

7.2 Uygulamanın Aşamaları

Uygulamanın adımları önerilen iyileştirme modelinin adımlarına paralel olarak aşağıdaki gibidir.

7.2.1 Değerlendirmenin Yapılacağı Dizayn Günlerinin Belirlenmesi

Bu çalışma, ısıtma enerjisi korunumuna yönelik iyileştirmeyi amaçladığından dış iklim verileri ısıtmanın istendiği dönem için derlenmiş ve bu dönemi karakterize eden 21 Ocak günü baz alınarak hesaplamalar bu güne ait meteorolojik ortalama verilere dayanılarak yapılmıştır.

7.2.2 Dış İklim Koşullarının Belirlenmesi

Çalışmada, ısıtmanın istendiği dönemi temsil eden 21 Ocak gününün meteorolojik verileri 1970-80 yılları arasındaki ortalama değerler olarak elde edilmiştir. İstanbul'un güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, bağıl nem düzeyi, rüzgar v.b. gibi iklimsel verilere ilişkin saatlik ortalama değerleri 21 Ocak günü için bu 10 yıllık dönemin verilerinden ortalamalar alınarak hesaplanmıştır.

7.2.3 İç İklim Koşullarının Belirlenmesi

İç hava sıcaklığı konfor değeri, mekanın hangi amaçla kullanıldığına ve mekanda yapılan işe göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle, mekanın fonksiyonu iç ortam sıcaklığını belirleyici nitelik taşımaktadır. Bu çalışmada ele alınan hacim bir yaşama mekanı olduğu için iç hava sıcaklığı dizayn değeri 19 ve 22 °C olmak üzere iki değer olarak alınmıştır. Bu durumda, iç yüzey sıcaklığının konfor değeri 16°C (19-3=16) ve 19°C (22-3=19) olarak kabul edilmiştir.

7.2.4 Binaya İlişkin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Binaya ilişkin tasarım parametreleri, dış iklim koşullarına bağlı olarak iç iklim koşullarının oluşturulmasında etkili olduklarından ısı geçişi hesaplarında kullanılmak üzere değerleri belirlenmelidir.

Binanın Yerinin Tespit Edilmesi

Bina, ısıtma enerjisi tasarrufu sağlayacak kabuk alternatifleri ve işletme şekilleri uygulanmak suretiyle ılımlı-nemli iklim bölgesi olan İstanbul'da normal bir bölgede ve eğimsiz bir arazide yer almaktadır.

Binanın Diğer Binalara Göre Konumunun Tespit Edilmesi

Binanın cephesi diğer binalar tarafından gölgelenmemektedir.

Binanın Yönlendiriliş Durumunun Tespit Edilmesi

Binanın cephesi güney yönelimlidir.

Hacmin Kullanım Süresinin Tespit Edilmesi

Ele alınan hacim bir konuta ait olduğu için 24 saat kullanılmaktadır. En yoğun kullanıldığı saatler ise sabah 8⁰⁰ ile akşam 24⁰⁰ saatleri arasında olup bu süre zarfında hacimde istenen konfor koşulları oluşturulmalıdır.

Hacmin Konumunun Tespit Edilmesi

Hacmin bulunduğu binada ısı kayıp ve kazanımı açısından alınan güneş ışınımı niceliği değişmeden alınmakta ve bina, diğer binalar tarafından gölgelenmemektedir. Hacim, binanın güney cephesinde olup ara katta bulunmaktadır.

Bina Kabuğuna İlişkin Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Bina kabuğunun fiziksel özellikleri, kabuk elemanından kazanılan ve kaybedilen ısı miktarının hesaplanabilmesi için belirlenmiştir.

Kabuk bileşenini oluşturan malzemelerin termofiziksel özellikleri:

- Saydamlık Oranının Belirlenmesi (x):

Hacmin dış kabuk elemanının saydamlık oranı, diğer bir deyişle saydam alanın toplam alana oranı %23 olarak hesaplanmıştır.

Saydam bileşeni oluşturan pencere, ahşap doğramalı ısıcam (6-9-6) olup camın ısı geçirme katsayısı $U_c = 1,7 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 'dir.

Opak bileşeni oluşturan duvarın ısı geçirgenlik katsayısı $U_o = 0,63 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 'dir.

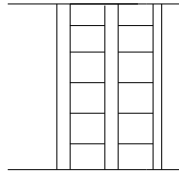
- Genlik küçültme faktörü (f) ve zaman geciktirmesi (n) ise zamana bağlı ısı geçişi hesaplamaları sonucunda belirlenmektedir.

Mevcut Dış Duvar, İç Duvar ve Döşeme Detayının Tespit Edilmesi

Tablo 7.1 Mevcut Dış Duvarın Katmanlaşma Detayı

No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
1	Kireç harçlı sıva	0,030	0,870
2	Düşey delikli tuğla	0,085	0,520
3	Polistiren sert köp.	0,030	0,040
4	Düşey delikli tuğla	0,085	0,520
5	Alçı sıva	0,020	0,350

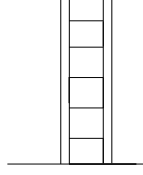
Şekil 7.1 Mevcut Dış Duvarın Katmanlaşma Detayı



Tablo 7.2 İç Duvarın Katmanlaşma Detayı

No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
1	Alçı sıva	0,02	0,35
2	Düşey delikli tuğla	0,085	0,52
3	Alçı sıva	0,02	0,35

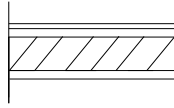
Şekil 7.2 İç Duvarın Katmanlaşma Detayı



Tablo 7.3 Döşemenin Katmanlaşma Detayı

No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
1	Halı kaplama	0,015	0,24
2	Şap	0,02	0,35
3	Betonarme döşeme	0,1	2,088
4	Alçı sıva	0,02	0,35

Şekil 7.3 Döşemenin Katmanlaşma Detayı



7.3 Binanın Isıtma Sisteminin İşletme Şeklinin Belirlenmesi

Binanın konut amaçlı kullanılıyor olması mekanların 24 saat ısıtılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle ısıtma sisteminin işletme şekli bakımından aşağıdaki 3 alternatif belirlenmiştir.

1.İşletme şekli: 08⁰⁰-24⁰⁰ saatleri arasında ti:19°C, 24⁰⁰-08⁰⁰ saatleri arasında ti:15°C.

2.İşletme şekli: Sürekli olarak ti:19°C.

3.İşletme şekli: 08⁰⁰-24⁰⁰ saatleri arasında ti:22°C, 24⁰⁰-08⁰⁰ saatleri arasında ti:19°C olacak şekilde ısıtma sistemi çalışmaktadır.

Bu işletme şekillerine göre oluşturulan kabuk alternatiflerinin iç yüzey sıcaklıkları hesaplanmış ve ısıtma dönemi için ısı kazanç-kayıpları karşılaştırılmıştır.

7.4 Ele Alınan Binanın Mevcut Kabuk Detayı İçin Isıtma Enerjisi Gereksinimi ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması

Hacim içi ortalama ışımsal sıcaklık belirlenirken hacmi çevreleyen diğer elemanların sıcaklıkları iç hava sıcaklığına eşit kabul edilmiştir.

Isı geçişi ve duvar iç yüzey sıcaklıklarına ilişkin hesaplamalar, ısı geçişini etkileyen tüm yapma evre değişkenlerine bağlı olarak, Ek C’de kısaca açıklanan sonlu farklar yaklaşımıyla tek bir adımda yapılmıştır [25].

Hacim İçerisindeki Isı Kaynaklarından Kazanılan Isı Miktarlarının Hesaplanması

Bu çalışmada, insan ve elektrikli araçlar gibi ısı kaynaklarının etkisi, ele alınan konunun gereği olarak, ihmal edilmiştir.

Hacimdeki Açıklıkların Neden Olduğu Hava Sızıntısı ve Hava Değişimi İle Kazanılan veya Yitirilen Isı Miktarlarının Hesaplanması

Bu çalışmada ele alınan konunun gereği olarak, bu tür ısı geçişi Isıtma Havalandırma Esasları Yöntemi’yle hesaplanmıştır.

Saydam Bileşenin İ Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması

Kabuğun saydam bileşeninin i yüzey sıcaklığı, cam ve doğrama türüne bağlı olarak Bölüm 6.4.’te anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır.

Opak Bileşenlerin İ Yüzey Sıcaklıklarının ve Bileşen İçerisindeki Sıcaklık Dağılımının Günlük Değişimlerinin Hesaplanması

Opak bileşenlerin i yüzey sıcaklıklarının günlük değişimi, bileşenin yalıtım kapasitesini tanımlayan özellikleri ihmal edilemediği için, zamana bağlı rejimde ısı geçişi kurallarına uygun olarak hesaplanmıştır. Opak bileşenin i yüzey sıcaklığının herhangi bir andaki değeri Bölüm 6.4.’te anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır.

7.5 Ele Alınan Binanın Enerji Etkin İyileştirilmesi İçin Kabuk Detayı nerilerinin Yapılması

Farklı duvar ana malzemeleri kullanılıp, farklı ara boşluk kalınlıkları bırakılarak aynı cins cam uygulanması ve aynı duvar kalınlığı elde edilmesi ile oluşturulan dış duvar alternatifleri ve ısı geçirgenlik katsayıları Ek E’de verilmiştir.

Opak bileşen alternatiflerinin ısı iletkenlik katsayılarına, kalınlıklarına ve i ve dış yüzeysel ısı iletim katsayılarına bağlı olarak belirlenen toplam ısı geçirgenlik katsayısı 6.2.4’teki formül aracılığıyla hesaplanmıştır.

Kabuk seçenekleri oluşturulurken, pratikte uygulama kolaylığı ve maliyetin düşürülmesi amacıyla kabuğun toplam kalınlığı 25 cm. olacak şekilde oluşturulmuştur.

Opak Kabuk Bileşeninin Güneş Işınımına Karşı Yutuculuk Katsayısının Belirlenmesi
Mevcut duvarda dış cephe açık renkli iken iyileştirmeden sonra uygulanan Trombe duvarın özelliğinden ötürü dış cephe koyu renkli hale getirilmiş ve opak bileşenin dış yüzeyinin optik özelliği olan güneş ışınımına karşı yutuculuk katsayısı 0,7 olarak alınmıştır. ($a=0,7$)

Saydam Kabuk Bileşeninin Isı Geçirgenlik Katsayısının Belirlenmesi

Trombe duvarlı sistemin dış yüzündeki pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı hesaplandığında $U_p= 1,63 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$; iç yüzündeki pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı $U_p= 1,43 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ olarak bulunmuştur.

7.6 Ele Alınan Binada İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detaylarının Isıtma Enerjisi Gereksinimleri ve Kabuk İç Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması

B. Todorovic'in geliştirmiş olduğu yöntem, çift kabuklu sistemlerde farklı bina yönlenmelerine bağlı olarak ara boşluk sıcaklıklarının belirlenmesine yöneliktir. Belirlenen ara boşluk sıcaklığı dış ortam sıcaklığı kabul edilerek kabuk iç yüzey sıcaklığı, ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmaktadır. Ara boşluk sıcaklıklarının hesaplanmasında Todorovic'in yöntemi doğrudan ve yaygın ışınımlar ayrı ayrı hesaba katılacak şekilde değiştirilerek kullanılmıştır.

Bu araştırmada, Ataşehir toplu konutlarında bulunan bir binanın ara katının güney yönelimli salon cephesine Trombe duvar uygulanarak iyileştirmesi yapılmıştır. Kullanılan cam cinsi ve sıva kalınlıkları sabit tutulmuş, duvar ana malzemesi ve ara boşluk kalınlıkları değiştirilerek bunların farklı işletme şekilleri için ısı kayıp ve kazançlarına etkileri hesaplanmış ve kıyaslamalar yapılarak en uygun kabuk alternatifleri belirlenmiştir.

Duvar Üzerine Düşen Yaygın ve Doğrudan Işınımların Hesaplanması

Problemin çözümünde öncelikle dış camdan geçerek duvarın ara boşluğa bakan yüzüne gelen yaygın ve doğrudan ışınımların saatlik değerleri daha önce geliştirilmiş bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır [25]. Bulunan bu ışınımlar, Todorovic'in geliştirmiş olduğu formüllerde kullanılarak saatlik ara boşluk sıcaklıkları hesaplanmıştır. Todorovic'in geliştirmiş olduğu formüllerde yaygın ışınımın etkisi gözardı edildiğinden formüllere yaygın ışınımlar da eklenerek tekrar yorumlanmıştır. Hesaplanan 24 saatlik ara boşluk sıcaklıkları dış ortam sıcaklığı olarak kabul edilip Yılmaz'ın 1984 yılında geliştirmiş olduğu ISI-NEM Programı'na

veri olarak girilmiş ve duvar iç yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır. Bulunan iç yüzey sıcaklıkları sistemin ısı kazanç ve kayıplarının hesaplanmasında kullanılmış ve elde edilen bulgular tartışılıp sonuç olarak en uygun duvar alternatifleri ve işletme şekilleri belirlenmiştir.

Trombe duvar ile bina iyileştirmesi sonucu mevcut bir yerleşkede binanın ısı verimi arttırılmıştır. Yöntem, pasif sistem uygulaması olduğu için daha az fosil yakıt tüketimi sağlamakta ve çevre kirliliğinin azaltılması için de önemli bir adım olmaktadır.

Todorovic'in geliştirmiş olduğu formüllerde hesaplamalar 8. saatten başlatılmış olup 8. saatteki ara boşluk sıcaklığı olarak 1970-80 yılları arasındaki 10 yılın ortalaması olan 3,7°C dış ortam sıcaklık değeri girilmiştir. Eşitliklerde T anındaki sıcaklık değerleri için T-1 anındaki değer kullanılmaktadır. Formüller ilk beş gün için kullanılmış olup 5. günün 24 saatlik ara boşluk değerleri alınarak Yılmaz'ın 1984 yılında geliştirmiş olduğu Ek D'de açıklanan ISI-NEM Programı'na dış sıcaklık olarak girilerek duvar iç yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır.

7.7 Mevcut Kabuk ve İyileştirme İçin Önerilen Kabuk Detayları İçin Hacmin Isısal Performansının Değerlendirilmesi

Daha önce geliştirilmiş bilgisayar programından elde edilen cam ve duvar ısı kazanç ve kayıp değerleri kabuk alternatiflerinin toplam ısı kayıp ve kazançlarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Hesaplamalar, periyodik rejimdeki ısı geçişi bağıntıları esas alınarak yapılmıştır. Bulunan bu değerlerin zamana bağlı değişimleri grafiğe taşınmış ve kabuk alternatiflerinin verimleri karşılaştırılmıştır [25].

8. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bulgular ve bu bulguların yorumlanması aşağıda verilmiştir.

8.1 Mevcut Duvarın ve İyileştirme İçin Önerilen Duvar Detaylarının Camsız Durumlarının Isısal Performanslarının İrdelenmesi

Mevcut duvarın ve iyileştirme için önerilen duvar detaylarının camsız durumlarının ısısal performanslarının irdelenmesi seçeneklerin iç yüzey sıcaklıkları ve ısı kazanç ve kayıpları açısından karşılaştırılması olmak üzere iki şekilde yapılmıştır:

Seçeneklerin İç Yüzey Sıcaklıkları Açısından Karşılaştırılması

Mevcut ve iyileştirme için önerilen camsız duvar detaylarının Bölüm 7.4.'te belirtilen işletme şekillerine göre ısısal performansları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

İşletme Şekli 1'de Şekil E.7'de de görüleceği üzere, ortam sıcaklığının ek ısıtma sistemi ile 15°C'de tutulduğu dönemde (saat 24⁰⁰- 8⁰⁰ arası), duvar iç yüzey sıcaklıkları bakımından en fazla düşüş ytong duvarda, en az gazbeton duvarda olduğu, diğer üç seçenekte ise ikisinin arasında ve birbirine çok yakın değerlerde oldukları görülmektedir. Isı geçirgenlik katsayısı, özgül ağırlık ve özgül ısıya bağlı olarak hesaplanan ısı yayılım katsayısı ytong duvarda en yüksek bulunmuştur. Gece 24⁰⁰ ile sabah 7⁰⁰ arasındaki dönemde, en az sıcaklık değişimi gösteren gazbeton duvar olmaktadır ve burada ısı yayılım katsayısı 0,33.10⁻⁶ m²/s ile en düşük değeri vermektedir. Sabah saat 7⁰⁰'den itibaren 24⁰⁰'e kadar taşınım ile ısı kazanımının olduğu dönemde ise, en yüksek duvar iç yüzey sıcaklık değeri ytong duvarda olmaktadır. Isıtma sisteminin kısılarak ortam sıcaklığının 15°C'de tutulduğu dönemde dezavantajlı görünen ytong duvar seçeneği, güneş ışınımı ile ısınma dönemi ve ardından saat 24⁰⁰'e kadar geçen ortam sıcaklığının 19°C'de tutulduğu dönemde duvar iç yüzey sıcaklığı bakımından en iyi seçeneği vermektedir. Bunun sebebi, yüksek ısı yayılım katsayısına sahip olmasındandır (Şekil E.7). Bu dönemde en düşük ısı yayılım katsayısı değerine sahip gazbeton, en düşük duvar iç yüzey

sıcaklık değerini vermiştir. Bu olgu, iç ortam sıcaklığını 19°C’de sabit tutmak için camsız gazbeton duvarda daha fazla yakıt tüketilmesini gerektirmektedir.

Benzer bulgular Şekil E.30’te görüldüğü gibi İşletme Şekli 3 için de elde edilmiştir. Buna, bütün gün boyunca iç ortam sıcaklığının 19°C’de sabit tutulduğu 2. İşletme Şekli’nde bazı farklılıkların olduğu dikkati çekmektedir. Gece 1⁰⁰,den 8⁰⁰,e kadar olan dönemde mevcut duvar seçeneği gazbeton2’den de düşük sıcaklık profili gösterirken, gazbeton2 duvar gazbeton duvarın üstünde bir sıcaklık profili göstermektedir. (Şekil E.20) Dolu tuğla, düşey delikli tuğla ve boşluklu beton briket duvar seçenekleri birbirine yakın ve diğer ikisine göre yüksek duvar iç yüzey sıcaklığı göstermişlerdir. Camsız gazbeton duvar ise en yüksek sıcaklık değerlerini vermiştir.

Saat 8⁰⁰-24⁰⁰ arası dönemde, Şekil E.20’de görüldüğü gibi duvar iç yüzey sıcaklıklarında belirgin dalgalanmalar olmaktadır. Güneş ışımalarının fazla olduğu saat 13⁰⁰-18⁰⁰ arasında gazbeton2 seçeneğinin en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığı verdiği, buna karşın gazbeton duvar iç yüzey sıcaklığının saat 13⁰⁰,ten sonra düşmeye başladığı, saat 16⁰⁰-19⁰⁰ arasında mevcut duvar iç yüzey sıcaklığının bile altına düştüğü gözlenmektedir. Diğer seçenekler aynı şekilde arada sıcaklık dalgalanmaları göstermişlerdir. İlerleyen saatlerde duvar iç yüzey sıcaklıkları bakımından gazbeton dışındaki seçenekler için soğuma dönemine uygun şekil alırken, ytong duvar iç yüzey sıcaklığının düşüşü daha yüksek olmuştur. (Şekil E.20) Seçeneklerin ısı yayılım katsayılarının sıralanışları da bu olguyu doğrulamaktadır.

Seçeneklerin Isı Kazanç ve Kayıpları Açısından Karşılaştırılması

Mevcut duvarın ve önerilen yeni duvar katmanlarının camsız halde ve her bir işletme şekline göre zamana bağlı W/m² cinsinden ısı kazanç ve kayıpları Şekil E.40, Şekil E.29 ve Şekil E.60’ta verilmektedir.

1. İşletme Şekli’ne göre Şekil E.40’ta de görüleceği üzere ortam sıcaklığının 15°C’de ek yapma ısıtma sistemiyle sabit tutulduğu, 1⁰⁰-7⁰⁰ saatleri döneminde saat 4⁰⁰ ve 5⁰⁰,te sadece gazbeton duvar detayında iç ortama ısı kazancı olmakta, diğer duvar detayları dış ortama ısı kaybetmektedirler. Bu zaman diliminde duvar seçeneklerinin ve mevcudun ısı kazancı bakımından kıyaslanmasında en yüksek ısı kazancının gazbeton duvardan olduğu görülmektedir. En az ısı kazancı ise gazbeton2 duvarda olup, mevcut dahil diğer 4 seçeneğin saatlik ısı kazançları birbirine yakın değerlerde

seyretmektedir. Buna karşın, iç sıcaklığın ek yapma ısıtma sistemi kullanılarak 19°C’de sabit tutulduğu 8⁰⁰-23⁰⁰ saatleri arasında tüm duvar seçeneklerinde ısı kaybı görülmektedir. Isı kaybının en fazla görüldüğü zaman sabahın erken saatleri olmaktadır. En fazla ısı kaybı sabah saat tam 8⁰⁰,de olup, takip eden saatlerde dış ortam sıcaklığının artmasından ötürü dış ve iç ortam sıcaklıkları farkı azalmış, bu da içten dışa kaybedilen ısı niceliğini düşürmüştür. 8. ve 9. saatlerde ytong duvar seçeneğinde en fazla ısı kaybı olurken, sonraki saatlerde gazbeton duvarın ısı kaybı bakımından öne geçtiği görülmektedir. 10. saatten itibaren en az ısı kaybı ytong duvarda gerçekleşirken, gazbeton duvarın ısı kaybı bakımından öne geçtiği görülmektedir. Bu, gazbeton duvarın ısıl yayılım katsayısının daha düşük olması ile açıklanabilir. Benzer bulgu camsız duvarda zamana bağlı sıcaklık değişimlerinde de gözlenmiştir.

Şekil 6’da görüldüğü üzere benzer gelişimin İşletme Şekli E.30’da da olduğu dikkati çekmektedir. İç ortam sıcaklığının ek yapma ısıtma sistemi ile gün boyunca 19°C’de sabit tutulduğu 2. İşletme Şekli’nde, diğer işletme şekillerinin aksine tüm duvar seçeneklerinde bütün gün boyunca içeriden dışarıya bir ısı kaybının olduğu görülmektedir. 1⁰⁰-7⁰⁰ saatleri arasında mevcut duvardan en yüksek ısı kaybının olduğu, en az ısı kaybının ise gazbeton duvardan olduğu görülmektedir. 8. saatten itibaren 9. ve 10. saatlerde ytong duvarda ısı kaybı artmaktadır. 11. saatten itibaren ise tekrar azalmaktadır. Güneş ışınımının fazla olduğu öğle saatleri ve sonrasında gazbeton2 duvardan kaybedilen ısı niceliği en az düzeye inmektedir. Buna karşın, ilerleyen gece saatlerine doğru mevcut duvar detayından dış ortama kaybedilen ısı niceliği artmaktadır.

Duvar seçeneklerinin güneş ışınımının durumuna göre ısıl performansları gün içinde farklı olabilmektedir. Bu olgu her bir duvar seçeneğinin özgül ısısının, özgül ağırlığının ve ısı iletim katsayısının farklı olmasına, yani güneş ışınımına karşı farklı davranış göstermelerine bağlıdır.

8.2 Aynı Ara Boşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Saatlik Sıcaklık Değişimlerinin İrdelenmesi

Camsız halde ısı her işletme şekline göre duvar seçeneklerinin ve mevcudun gün boyunca tüm kabuk yüzeyindeki toplam ısıl performansı verilmektedir. Elde edilen bulgulara göre, 1. İşletme Şekli’nde en yüksek ısı kaybı mevcut duvarın camsız

halinde olup $-12482,62$ W/gün'dür. Buna, sırasıyla gazbeton2, boşluklu beton briket duvar, dolu tuğla duvar, düşey delikli normal tuğla duvar ve gazbeton duvar azalarak takip etmektedir. Görüldüğü gibi, en az ek yapma ısıtma sistemine gereksinim duyulan seçenek gazbeton duvar sistemidir.

3. İşletme Şekli'nde de en yüksek ısı kaybının mevcut duvarın camsız halinde olduğu dikkati çekmektedir. Aynı şekilde, en az ısı kaybı ise günlük toplam ısı performans bakımından gazbeton duvarda görülmüştür. (Tablo 2)

Buna karşın, 2. İşletme Şekli'nde toplam ısı performans değerleri bakımından en fazla ısı kaybı mevcut camsız duvarda görülmüş, diğer ikisinden farklı olarak en az ısı kaybı dolu tuğla duvarda olmuştur. Ancak aralarındaki farkın az olmasından ötürü ihmal edilebilir düzeydedir denilebilir.

8.3 Aynı Araboşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Saatlik Sıcaklık Değişimlerinin İrdelenmesi

8.3.1 Araboşluk Mesafesinin 5cm Olması Durumu

Aynı araboşluk kalınlığı 5cm ile Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ve mevcut duvarın 3 farklı işletme şekline göre saatlik duvar iç yüzey sıcaklık değişimleri Şekil E.8, Şekil E.17 ve Şekil E.27'de görülmektedir.

5cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış alternatiflerin ve mevcut duvarın iç yüzey sıcaklıklarının değişimi gün içinde 2 farklı iç mekan sıcaklığının uygulandığı 1. ve 3. İşletme Şekilleri'nde, ek yapma ısıtma sistemi kullanılması durumunda benzer sonuçları vermiştir. (Şekil E.8 ve Şekil E.27) Buna göre, her iki işletme şeklinin saat⁰⁰ ve 7⁰⁰ arasındaki duvar iç yüzey sıcaklık değişimleri irdelendiğinde en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığını gazbeton duvar seçeneği verirken, en düşük duvar iç yüzey sıcaklığını gazbeton2 duvar seçeneği vermektedir. Diğer seçeneklerde de sıcaklık değişimi zaman ilerledikçe azalarak en alt seviyeye saat 7⁰⁰'de ulaşmaktadır.

Tüm duvar seçeneklerinde ve mevcut duvarda saat 7⁰⁰ ile 10⁰⁰ arasında, iç yüzey sıcaklıklarında belirgin ve hızlı bir artış olup, artış saat 16⁰⁰'da en üst düzeye ulaşmaktadır. Bu noktada, en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığı ytongta bulunurken, sırasıyla mevcut duvar seçeneği, boşluklu beton briket, düşey delikli tuğla, dolu tuğla ve gazbeton duvar şeklinde olmaktadır.

Akşam 20⁰⁰'den sonra en yüksekten aşağıya doğru sıralama değişmekte, gece saat 24⁰⁰'te en yüksek iç yüzey sıcaklığı mevcut duvar sisteminde olurken, birbirine yakın olmakla beraber en düşük duvar iç yüzey sıcaklığını dolu tuğla vermektedir. Bu davranış biçimi, ısı geçirgenlik katsayısı, özgül ağırlık ve özgül ısıya bağlı olarak şekillenen ısı yayılım katsayısının bir sonucudur denilebilir.

İç ortam sıcaklığının, ek yapma ısıtma sistemiyle 19°C'de sabit tutulduğu 2. İşletme Şekli'nde, Şekil 8'de görüldüğü gibi saat 1⁰⁰ ile 7⁰⁰ arası gazbeton duvar en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığını, gazbeton2 duvar ise en düşük duvar iç yüzey sıcaklığını vermektedir. Diğer duvar seçenekleri, bu ikisi arasında değişim göstermektedir.

Daha sonraki süreçte saat 16⁰⁰'ya değin tüm duvar seçeneklerinin iç yüzey sıcaklıkları artış göstermekte ve en üst düzeye ulaşmaktadır. Bu noktada, en yüksek iç yüzey sıcaklığı gazbeton2 duvar seçeneğinde, en düşük duvar iç yüzey sıcaklığı gazbeton duvarda saptanmıştır. Burada dikkati çeken mevcut duvar detayının, arada polistiren sert köpük yalıtıcı olması nedeniyle zaman geciktirmesinin fazlalığı yüzünden maksimum iç yüzey sıcaklığına saat 19⁰⁰'da ulaşmaktadır. Gece saat 24⁰⁰'te ise en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığı mevcut duvar detayında, en düşük iç yüzey sıcaklığı ise y tong seçeneğinde görülmektedir.

8.3.2 Araboşluk Mesafesinin 10cm Olması Durumu

Araboşluk kalınlığı 10 cm alınarak Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ve mevcudun 3 farklı işletme şekline göre saatlik duvar iç yüzey sıcaklıklarının değişimleri Şekil E.9, Şekil E.18 ve Şekil E.28'de verilmektedir.

10 cm araboşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış seçeneklerin ve mevcudun gün boyunca 2 farklı iç mekan sıcaklığının uygulandığı 1. ve 3. İşletme Şekilleri'nde, ek yapma ısıtma sistemi uygulandığında birbirine yakın sonuçları vermiştir. Her 2 işletme şeklinin saat 1⁰⁰ ile 7⁰⁰ arasındaki duvar iç yüzey sıcaklık değişimleri hepsinde de azalarak sürmüş ve 7. saatte en düşük duvar iç yüzey sıcaklığına ulaşmıştır. Saat 14⁰⁰'te, en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığı 18,3°C ile mevcut duvar detayında bulunurken, en düşük sıcaklık dolu tuğla duvar ile boşluklu beton brikette saptanmıştır. Saat 7⁰⁰'den 10⁰⁰'a kadar duvar iç yüzey sıcaklıklarında hızlı bir artış olmakta ve artış saat 16⁰⁰'ya değin sürerek en üst düzeye ulaşmaktadır. Bu noktada en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığı 20,2°C ile gazbeton2 duvarda, en düşük sıcaklık ise 19,8°C ile gazbeton duvarda görülmektedir.

Daha sonra azalma sürecine giren duvar iç yüzey sıcaklıkları saat 24⁰⁰'te mevcut duvar detayında 19,7°C ile en yüksek, boşluklu beton briket duvarda 19,5°C ile en düşük düzeyde bulunmuştur.

Sabit iç mekan sıcaklığının sağlandığı 2. İşletme Şekli'ndeki sıcaklık profili diğer iki işletme şeklinden farklılık göstermektedir. Bu işletme seçeneğinde 1⁰⁰ ile 7⁰⁰ arasında duvar iç yüzey sıcaklıklarının düşüşü daha yavaş seyretmekte, saat 7⁰⁰'de en düşük düzeye ulaşmaktadır. Bu saatte en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığı 19,8°C ile gazbeton duvara ait iken en düşük sıcaklık 19,6°C ile gazbeton2 duvarda görülmektedir.

Daha sonraki saatlerde artış sürecine giren duvar iç yüzey sıcaklıkları saat 16⁰⁰'da en yüksek düzeye çıkmıştır. Burada, ytong 20,2°C ile en yüksek değeri verirken gazbeton duvar 19,9°C ile en düşük duvar iç yüzey sıcaklık değerini vermektedir. Mevcut duvar sistemi yalıtım maddesine bağlı daha yüksek zaman geciktirmesine sahip olduğundan maksimum duvar iç yüzey sıcaklık derecesine saat 18⁰⁰'de ulaşmaktadır.

Gece saat 24⁰⁰'te en yüksek duvar iç yüzey sıcaklık değeri 19,9°C ile mevcut duvara ait olurken en düşük sıcaklık değeri gazbeton2 duvarda görülmektedir. Diğer seçenekler bu iki değer arasında bir düzeyde bulunmaktadır. (Şekil E.18)

8.3.3 Araboşluk Mesafesinin 15cm Olması Durumu

Araboşluk kalınlığı 15 cm alınarak Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ve mevcudun 3 farklı işletme şekline göre saatlik duvar iç yüzey sıcaklıklarının değişimleri Şekil E.10, Şekil E.19 ve Şekil E.29'da görülmektedir.

Bu ölçüde araboşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinin ve mevcudun gün boyunca iki değişik iç mekan sıcaklığının uygulandığı 1. İşletme Şekli'nde, ek yapma ısıtma uygulandığında, 1. ve 7. saatler arasında duvar iç yüzey sıcaklıkları sürekli azalma göstermiştir. Saat 7⁰⁰'de dolu tuğla duvar ve boşluklu beton briket duvar 18,25°C ile en düşük iç yüzey sıcaklığı verirken, mevcut duvar detayı 18,45°C ile en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığını vermiştir. Diğer araboşluk şekillerinde olduğu gibi saat 10⁰⁰'a kadar hızlı bir artış gösteren duvar iç yüzey sıcaklıkları maksimum değere saat 16⁰⁰'da ulaşmıştır. Bu saatte gazbeton2 duvar seçeneği 20,1°C ile en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığına ulaşırken, bunu 20°C ile mevcut duvar detayı takip etmektedir. En düşük sıcaklık

değerini 19,8°C ile gazbeton seçeneği göstermekte olup, diğer duvar seçenekleri bu değerler arasında seyretmektedir. (Şekil E.10) Gece saat 24⁰⁰,te ise azalan duvar iç yüzey sıcaklıkları, mevcut duvarda 19,6°C ile en yüksek, dolu tuğla ile boşluklu beton briket duvar 19,5°C ile en düşük iç yüzey sıcaklığını vermektedir.

Benzer şekilde 3. İşletme Şekli'ne saat 1⁰⁰,den 7⁰⁰,ye kadar duvar iç yüzey sıcaklıkları azalarak saat 7⁰⁰,de en alt düzeye inmektedir. Bu saatte gazbeton duvar 19,5°C ile en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığını verirken gazbeton2 duvar 19,1°C ile en düşük iç yüzey sıcaklığını vermektedir.

Daha sonra tüm seçeneklerde saat 10⁰⁰,a kadar hızlı bir artış olmakta ve artış saat 16⁰⁰,da en üst düzeye ulaşmaktadır. Bu saatte gazbeton2 22,8°C ile en yüksek duvar iç yüzey sıcaklığına ulaşırken gazbeton duvar 22,3°C ile en düşük sıcaklık değerini vermektedir. Diğer seçenekler ve mevcut duvar arada değerler göstermektedir. Bu farklılaşma daha önce de açıklandığı gibi malzemenin ısı yayılım katsayısının bir sonucudur.

Gece saat 24⁰⁰,te tüm seçeneklerde birbirine yakın duvar iç yüzey sıcaklıklarının bulunduğu görülürken en yüksek değer mevcut duvar detayında, en düşük iç yüzey sıcaklığı gazbeton2 duvardadır. (Şekil E.29)

2. İşletme Şekli'ne ilişkin bulgular Şekil E.19'da görülmektedir. Sabit sıcaklık uygulaması olan bu işletme seçeneğinde duvar iç yüzey sıcaklıklarının dalgalanması daha dar sınırlar içinde olmaktadır.

Bu seçenekte de saat 1⁰⁰,den 7⁰⁰,ye kadar duvar iç yüzey sıcaklıkları düşmektedir. Saat 7⁰⁰,de tüm seçeneklerde ve mevcutta en düşük düzeye inen duvar iç yüzey sıcaklıkları gazbeton2 duvarda 19,7°C, gazbeton ve dolu tuğla duvarlarda 19,8°C olarak bulunmuştur. Daha sonra saat 15⁰⁰-16⁰⁰,lara kadar artan ve maksimum düzeye çıkan duvar iç yüzey sıcaklıkları, gazbeton2'de 20,2°C, gazbetonda 19,9°C olmaktadır. Gece saat 24⁰⁰,e kadar azalma sürecine giren tüm seçeneklerin duvar iç yüzey sıcaklıkları mevcutta 19,9°C ile en yüksek değerde, gazbeton2 19,8°C ile en düşük düzeyde bulunmaktadır. Diğerleri bu iki sınır değer arasında seyretmektedir. (ŞekilE.19)

8.4 Aynı Ara Boşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Isısal Performanslarının İrdelenmesi

Ek yapma ısıtma sistemi ile gün içinde iki farklı iç ortam sıcaklığının oluşturulduğu 1. İşletme Şekli'nde, 1. ve 8. saatler arasında 15°C'de sabit tutulan iç sıcaklık bu zaman diliminde duvar iç yüzey sıcaklığının 18°C'nin üzerinde olmasından ötürü araboşluk ve duvardan iç ortama ısı geçişi olmaktadır. Bu nedenle, Şekil E.37- Şekil E.38- Şekil E.39'de görüldüğü üzere ısı kazanç değerleri pozitif olmaktadır. İç sıcaklığın 19°C'ye çıkarıldığı 8⁰⁰-24⁰⁰ arasındaki dönemde 8. ve 9. saatler arasında iç yüzey sıcaklığı 19°C'ye yakın olduğu için duvardan kazanılan ısı nicelikleri de düşmüş görünmektedir.

Aynı süreçte, duvar iç yüzey sıcaklığının da artması nedeniyle (Şekil E.8- Şekil E.9- Şekil E.10) duvardan iç yüzeye kazanılan ısı niceliğinin de artma sürecine girdiği dikkati çekmektedir. Bu dönemde, iç ortama en çok ısı kazandıran seçenek mevcudun iyileştirilmiş hali olurken bunları sıra ile günlük toplam ısı kazancı bakımından iyileştirilmiş gazbeton2 , gazbeton, düşey delikli tuğla, boşluklu beton briket ve dolu tuğla duvar takip etmektedir.

Gün içinde 19 ve 22°C iç ortam sıcaklığını esas alan 3. İşletme Şekli'nde saat 1⁰⁰ ile 7⁰⁰ arasında araboşluk ve duvardan iç ortama ısı kazancı olmaktadır. Ancak saat 8⁰⁰'de iç sıcaklığın 22°C'ye çıkarıldığında duvar iç yüzey sıcaklığı 22°C'den düşük olduğu için duvardan ısı kazancı değil ısı kaybı olmaktadır. Bu nedenle, 8. ve 9. saatlerde iç ortamdan duvar ve ara boşluğa ısı kaybı olmaktadır. Bu olgu, Şekil E.57- Şekil E.58- Şekil E.59'da görülmektedir. Daha sonraki saatlerde güneş ışınımının etkisiyle yükselen araboşluk ve duvar sıcaklığı ısının tekrar iç ortama geçmesini sağlamaktadır. Isı kazançlarının nicelikleri bakımından duvar seçeneklerini ve mevcudu 3. İşletme Şekli açısından sıralayacak olursak 1. İşletme Şekli'nin sonucunu vermektedir (Şekil E.39).

Tüm gün ek yapma ısıtma sistemi ile iç ortam sıcaklığının 19°C'de sabit tutulduğu 2. İşletme Şekli'nde bütün gün boyunca iç ortam sıcaklığı 19°C'nin üstünde olduğu için duvardan iç ortama sürekli bir ısı kazancı olmaktadır. İyileştirilmiş seçeneklerin ve mevcudun günlük ısı kazancı bakımından sıralaması yapılacak olursa diğer iki işletme şeklinde olduğu gibi mevcut, gazbeton2, gazbeton, düşey delikli tuğla,

boşluklu beton briket ve dolu tuğla duvar şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil E.47-Şekil E.48- Şekil E.49).

8.5 Aynı Ara Boşluk Kalınlığına Sahip Trombe Duvar İyileştirilmesi Yapılmış Duvar Seçeneklerinin ve Mevcut Duvarın Farklı İşletme Şekillerine Göre Isısal Performanslarının İrdelenmesi

İyileştirilmiş duvar seçeneklerinin ve mevcudun tüm yüzeyinden günlük toplam ısı kazancı değerlerine ilişkin bulgular Tablo 8.1’de görülmektedir. Tablo 8.1 irdelendiğinde, tüm seçeneklerde iyileştirmede esas alınan araboşluk kalınlığının artırılmasının aynı işletme şeklinde aynı duvar seçeneği için iç ortama kazanılan ısı niceliğini azalttığı gözlenmektedir. Bu nedenle, denenen araboşluk kalınlığı seçeneklerinden 5cm olanından en yüksek verim alınmasından ötürü tercih edilmesi önerilebilir.

Seçenekler, işletme şekilleri açısından irdelenecek olursa 1. İşletme Şekli’nden alınan verimin en yüksek olduğu, bunu 2. ve 3. İşletme Şekillerinin takip ettiği gözlenmektedir. Bu durumda, alınan verim açısından 1. İşletme Şekli önerilirse de iç konfor koşulu bakımından tercih kullanıcıya kalmalıdır denilebilir.

Tablo 8.1 Mevcut ve Önerilen Kabuk Seçeneklerinin Isı Kazanç-Kayıplarının Karşılaştırılması

	İŞ. ŞEK. 1	İŞ. ŞEK. 2	İŞ. ŞEK. 3
A.0.	-12482,62	-15027,37	-15253,57
A.0.1.	8411,70	8046,84	5938,20
A.0.2.	8281,86	7950,48	5856,09
A.0.3.	8151,12	7840,77	5767,87
A.1.	-12307,54	-14814,29	-15042,30
A.1.1.	7769,97	7426,60	5519,51
A.1.2.	7539,70	7326,62	5620,39
A.1.3.	7439,94	7152,44	5279,06
A.2.	-12306,86	-14814,52	-15042,75
A.2.1.	7927,18	7580,64	5636,00
A.2.2.	7661,85	7445,83	5704,76
A.2.3.	7565,26	7273,91	5359,81
A.3.	-12307,77	-14815,20	-15042,75
A.3.1.	7867,91	7524,54	5599,13
A.3.2.	7598,28	7384,30	5561,56
A.3.3.	7501,02	7209,45	5317,96
A.4.	-12296,23	-14815,20	-15039,36
A.4.1.	8057,24	7707,31	5714,94

A.4.2.	7803,90	7583,36	5796,83
A.4.3.	7712,97	7414,38	5448,03
A.5.	-12308,22	-14816,55	-15040,94
A.5.1.	8299,28	7744,41	5880,97
A.5.2.	8121,26	7792,14	5747,74
A.5.3.	7988,25	7679,04	5641,20

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerjinin giderek az bulunur ve daha pahalı olması nedeniyle ve çevre sağlığı bakımından ısıtmada kullanılan yakıtların yanma ürünlerinin neden olduğu sorunların azaltılması amacıyla mevcut binalarda enerji kazanımı ve tasarrufu sağlayan iyileştirme yöntemleri giderek önem kazanmaktadır.

Bu düşünceden hareketle, bu çalışmada mevcut binaların opak kabuk bileşeninin dış yüzeyine belirli ara boşluk mesafeleri bırakılarak cam yerleştirilmesi yoluyla duvarın Trombe duvara dönüştürülmesi için iyileştirme yapılması önerilmiş ve önerilen iyileştirme yaklaşımının Ataşehir konutlarında bir salonun güney yönelimli cephe duvarına uygulaması yapılarak önerilen duvar seçeneklerinin Trombe duvarlı sistemle iyileştirilmesi yapılması durumunda duvarın ısı performansları değişik işletme şekillerine göre hesaplanmış ve sonuçlar grafiklerle ifade edilmiştir.

İşletme şekillerine göre ve değişik araboşluk kalınlıklarına bağlı olarak ele alınan duvar seçeneklerinin karşılaştırılması sonucu, enerji tasarrufu ve iklimsel konfor açısından aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Trombe duvarlı sistemle iyileştirilmesi yapılmış duvar seçeneklerinden alınan ısı verim iyileştirilme yapılmamış duvar seçeneklerine kıyasla çok daha fazla olmaktadır. Bu da, ısıtmanın istendiği dönemde harcanacak yakıt niceliğinde önemli bir azalma sağlayarak çevre duyarlı mimari anlayışını destekleyecektir.

Trombe duvarlı iyileştirme yapılmış seçeneklerde ara boşluk kalınlığının az olması (5cm) denenen üç ayrı işletme şeklinin tümünde en fazla ısı kazanç sağlayan seçenek olmuştur. Buna göre, ara boşluk kalınlığını arttırmanın dezavantaj olduğu söylenebilir.

İşletme şekilleri bakımından önerilen duvar seçenekleri, mevcudun ve bunların iyileştirilmiş hallerinin karşılaştırılması durumunda en fazla verimin 1. İşletme Şekli'nden (8⁰⁰-24⁰⁰ saatleri arası tiç:19°C; 24⁰⁰-8⁰⁰ saatleri arası tiç: 15°C) alındığı gözlenmektedir.

Trombe duvarla iyileştirme yapılmış duvar seçeneklerinden 5cm araboşluk kullanılarak iyileştirilmiş mevcut duvar seçeneğinin alınan ısı kazanım bakımından ve buna bağlı olarak çevre korunumu açısından her üç işletme şekline göre de en iyi ısı kazanımı verdiği görülmüştür.

Diğer seçeneklerin iyileştirilmiş halleri ile kıyaslandığında mevcudun iyileştirilmesinin gösterdiği bu avantajlı durum, aynı zamanda Ataşehir konutları için duvarın yıkılıp tekrar yapılmasına kıyasla daha ekonomik olacaktır.

Sonuç olarak, mevcut duvarın 5cm araboşluk bırakılmak suretiyle Trombe duvarlı sistemle iyileştirilmesinin yapılması, istenen en iyi sonucu almayı sağlayacaktır denilebilir.

Bu çalışma sonucunda görülmüştür ki; bir konutun sadece yaşama mekanında duvarda Trombe duvar ilkesiyle yapılan iyileştirmenin neden olduğu ısıtma enerjisi tasarrufunun tüm bina ve bu binalardan oluşmuş bir yerleşme düşünüldüğünde ülkenin enerji ekonomisini ve sürdürülebilir kalkınmayı önemli ölçüde etkileyecek katkısının olacağı açıktır. Ancak, bu çalışmada yapılan iyileştirme çalışmasının ilk yatırım maliyeti ve yaşam dönemi maliyetleri açısından analizi yapılmamıştır. Daha sonraki çalışmalarda en uygun çözümü bulmak açısından bu maliyet analizlerinin de yapılması gerekir. Ancak, dünyadaki enerji problemleri ve sürdürülebilir çevre için yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum oranda yararlanma zorunluluğu düşünüldüğünde bu tür iyileştirmelerin mevcut binalara uygulanmasının her durumda gerekli olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, kış durumunda ısıtılması incelenmiştir. Detayında yaz durumunda soğutulmasının da incelenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, elde edilen bulgular doğrultusunda varılan sonuçlar her iklim bölgesine uygulanamayacağından her iklim bölgesi için ayrı çalışma yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

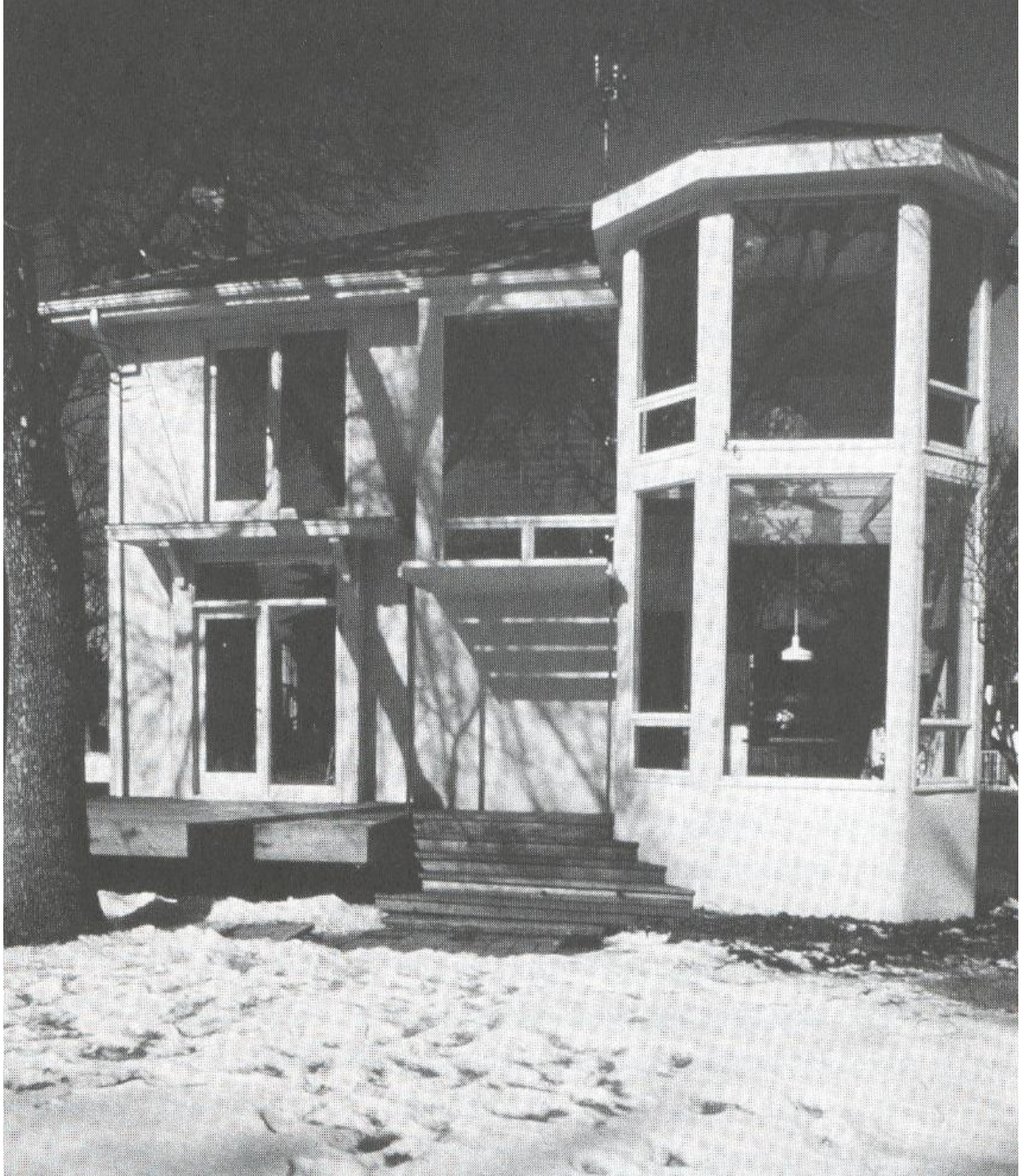
- [1] **Manioğlu, Gülten**, 1995, İklimsel Konfor ve Enerji Ekonomisi Açısından Isıtma Sisteminin İşletme Şekline Bağlı Olarak Bina Kabuğunun Isıl Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakóltesi, İstanbul.
- [2] **Lebens, R., M.**,1980, Passive Solar Heating Design, Applied Sci. Publ, LTD.
- [3] **Onbaşıoğlu, H.**,1998, Trombe Duvarlı bir Pasif Güneş Sisteminde Türbülanslı Doğal Taşınımın Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Makine Fakóltesi, İstanbul.
- [4] **Todorovic, B.,B.**, 2002, Double Facades Buildings- Heat Losses and Cooling Loads Calculation Based on Inter- Space Temperatures, Belgrade University, Yugoslavia.
- [5] <http://www.youthforhab.org.tr/tr/kaynaklar/docs/wssd-tanit.htm>.
- [6] **Ayaz, E.**, 2002, Yapılarda Sürdürülebilirlik Kriterlerinin Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakóltesi, İstanbul.
- [7] **Acar, E.**, 1999, Sürdürülebilir Gelişme ve İnşaat Sektörü, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakóltesi, İstanbul.
- [8] **Sparrow, E., M.,Azevedo, L., F., A.**, 1985, Vertical Channel Natural Convection Spanning between the Fully Developed and the Single- Plate Boundary-Layer Limit. Int. J. Heta Mass Transfer, 28, 1847.
- [9] **Sandberg, M., Moshfegh, B.**,1996, Investigation of Fluid Flow and Heat transfer in a Vertical Channel Heated from One Side by PV Elements, Part2- Experimental Study, Renewable Energy, 8, 254.
- [10] **Borgers, T., R., Akbari, H.**, 1984, Free Convective Turbulent Flow with thw Trombe Wall Channel, Solar Energy,33,253.
- [11] **Akbarzadeh, A., Charters, W.W.S., Lesslie, D.A.**, 1982, Thermocirculation Characteristics of a Trombe Wall Passive Test Cell, Solar Energy, Vol. 28, No.6,461-468.
- [12] **Gan, G.**, 1997, A Parametric Study of Trombe Walls for Passive Cooling of Buildings, Energy and Bldgs., 27, 37-43.
- [13] **Ülgen, K.**, 1999, Güneş Enerjisi Etkisi Altındaki Opak Duvar Malzemelerinin Termofiziksel Davranışları, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, roto.

- [14] **Dilmaç, Ş.**, 1989a, Güneş Enerjisinin Opak Bina Kabuğu Üzerindeki Etkisi, Yapı Endüstri Merkezi, Ankara, 58.
- [15] **Duffie, J.,A.,Beckman, W., A.**, 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons, New York, 919.
- [16] **Dilmaç, Ş.**, 1989b, Yapı Malzemelerinin Güneş Enerjisi Karşısındaki Termodinamik Davranışları, Doktora Tezi, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul,148, roto.
- [17] TÜSİAD, 21. yy'a Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, (1998), Lebib Yalkın Yayınları, İstanbul.
- [18] **Özkan, E., Tavit, A., Şahal, N.**, 1996, Mevcut Konularda Isı Korunumu Önlemlerinin Enerji ve Ekonomik Etkinliği, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Ankara, 93-108.
- [19] **Tönük, S.**, 2001, Bina Tasarımında Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Basın Yayın Merkezi, İstanbul, (s.5)
- [20] **Topbaş, T., T. ve Brohi, A., R. ve Karaman, M., R.**, 1998, Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara, (s.5-13)
- [21] **Zeihner, L., C.**, 2000, The Ecology of Architecture, Watson-Guptill Publications, New York (s.81)
- [22] Elektrik; Enerji, Elektrik, Aydınlatma, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi, 7/2002,Kaynak Yayın Tanıtım Reklam San. ve Tic. Ltd. Şti., (159/ s.59)
- [23] **Edwards, B.**, 1996, Towards Sustainable Architecture, Butterworth-Heinemann Ltd., (s.47)
- [24] TÜSİAD, 21. yy'a Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, 1998, Lebib Yalkın Yayınları, İstanbul.
- [25] **Yılmaz, Z.**, 1983, İklimsel Konforun Sağlanması ve Yoğuşma Kontrolünde Optimum Performans Gösteren Yapı Kabuğunun Hacim Konumuna ve Boyutlarına Bağlı Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [26] **Kocaaslan, G.**, 1991, Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri Olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Bilgisi, Doktora tezi, (s.6)
- [27] ANONİM, 1989, Türk Standartları 825, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [28] **Yılmaz, Z.**, Isıtma- Havalandırma: Ders Notları, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

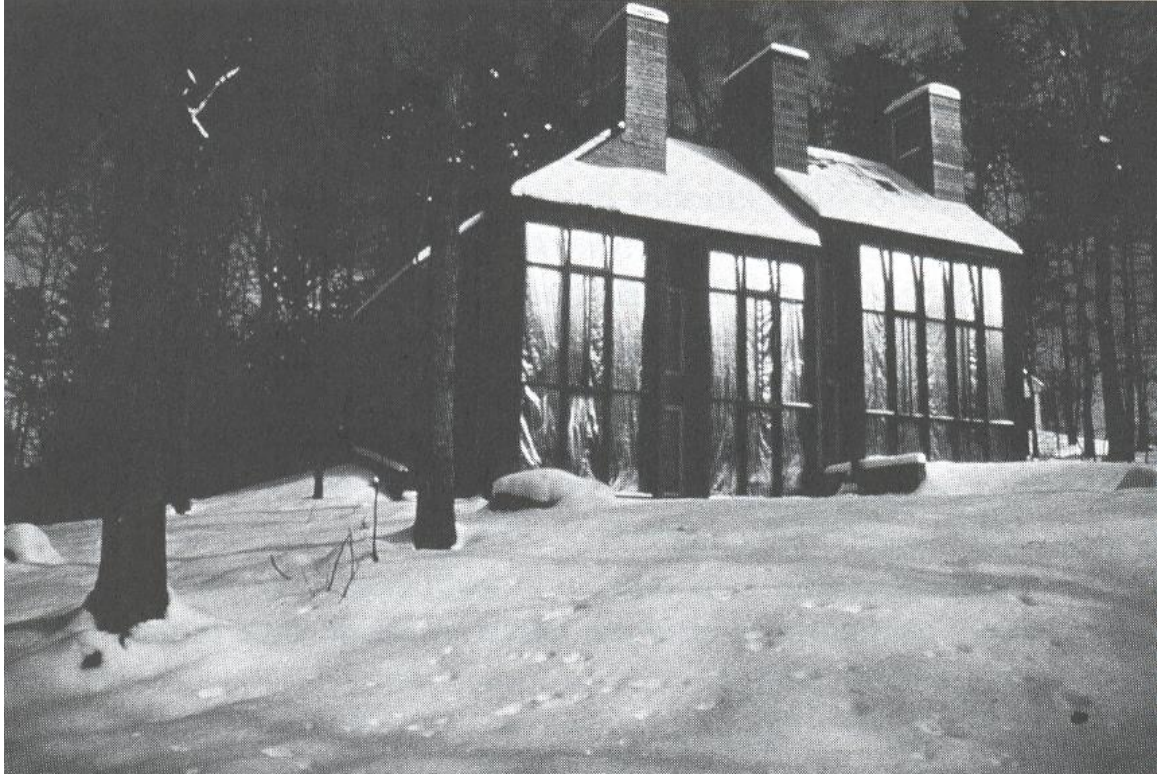
- [29] **Manioğlu, G.**, 2002, Isıtma Enerjisi Ekonomisi ve Yaşam Dđnemi Maliyeti Açıısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, İTÜ Mimarlık Fakóltesi, Yapı Bilgisi, Doktora tezi, (s.12)
- [30] **Zeihner, L., C.**, 2000, The Ecology of Architecture, Watson-Guptill Publications, New York (s.81).
- [31] **Balcomb, J., D.**, 1992, Passive Solar Buildings, The MIT Press, Massachusetts, (s.248)
- [32] <http://www.eere.energy.gov/consumerinfo/refbriefs/ac6.html>
- [33] **Lechner, N.**, 1991, Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects, New York, Wiley.
- [34] **Berköz, E. Ve Diğerleri**, 1995, Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, TÜBİTAK, Proje No: İntag. 201, İstanbul.
- [35] **Todorovic, B.,B., Cvjetkovi, T.**, 2000, Binalarda Çift Kabuk: Isıtma ve Soğutma için Enerji Gereksinimi, 4. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu, İstanbul.

EKLER

EK-A



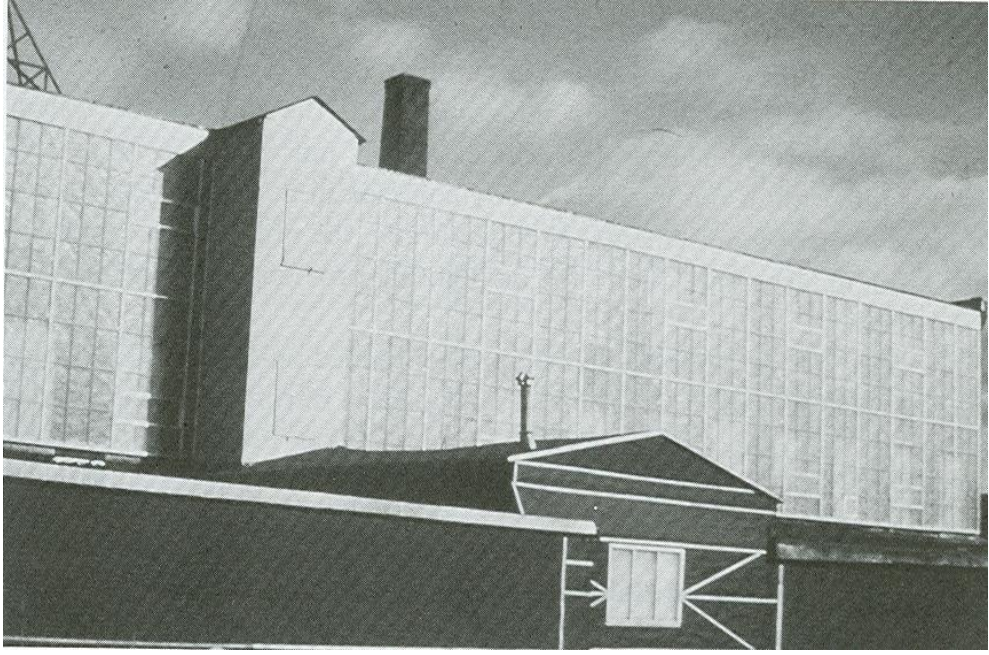
Şekil A.1 Pfister Güneş Evi, Minneapolis, Minnesota.



Şekil A.2 Sundance I Evi, Reston, Virginia



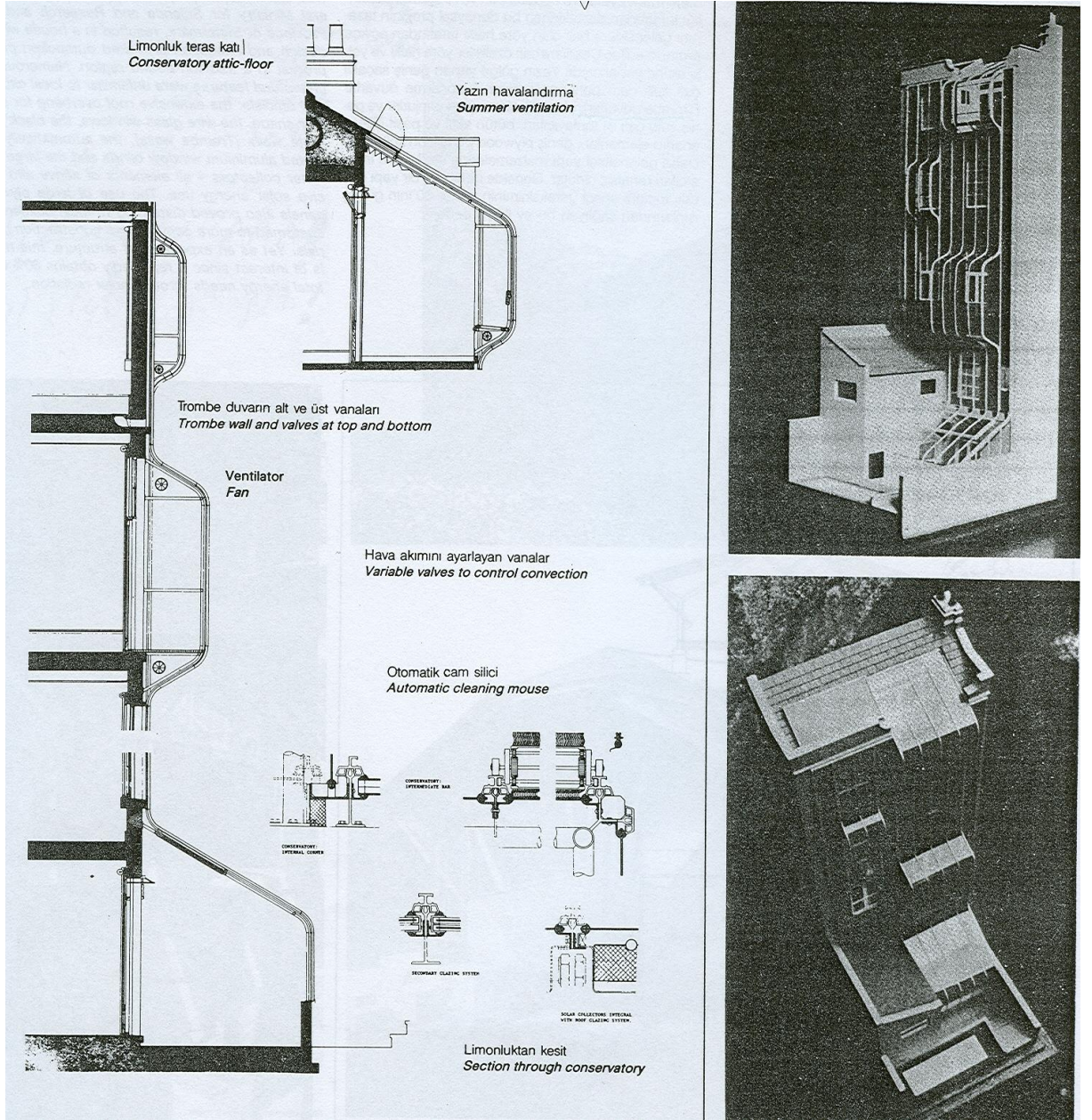
Şekil A.3 Boston sıraevler



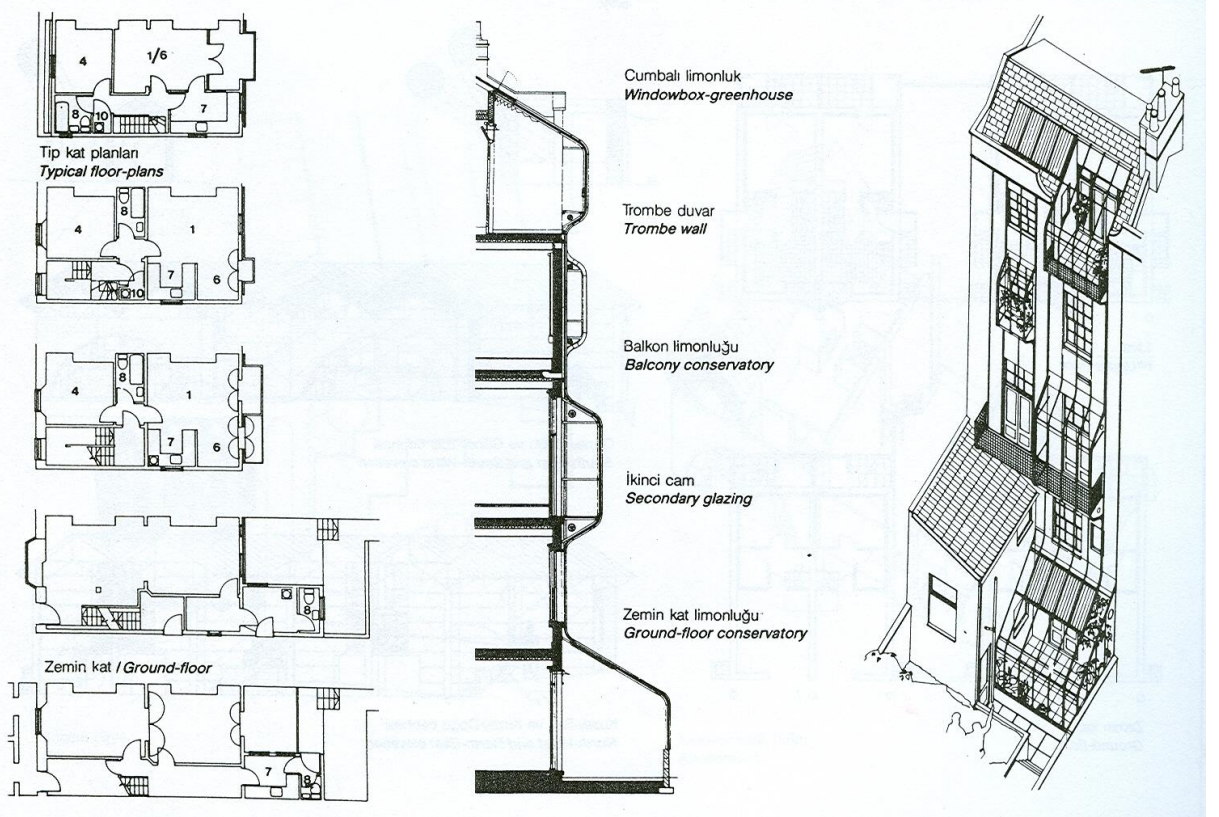
Şekil A.4 Warehouse iyileştirme, Manchester, Vermont.



Şekil A.5 Konut binası, Berlin.



Şekil A.6 Konut, Bath, Enerji Dizayn Grubu.



Şekil A.7 Enerji Dizayn Grubu.

EK-B

Yatay Düzlemdeki Aylık Ortalama Günlük Doğrudan ve Yaygın Güneş Işınımı Yeğniliklerinin Hesap Yöntemi

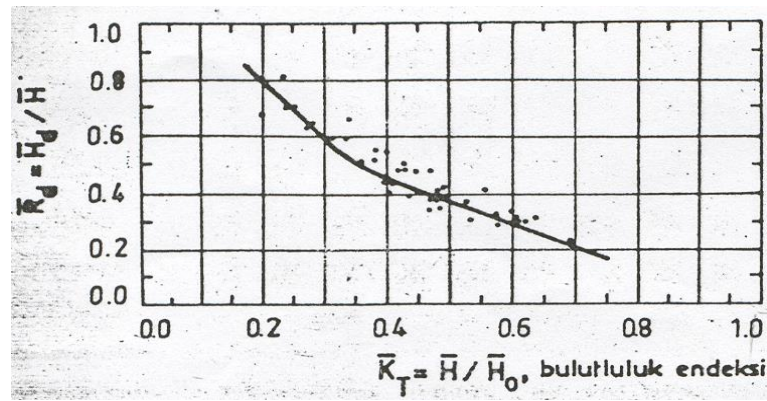
Herhangi bir eğim ve yönlendirilişe sahip yapı yüzeyini etkileyen güneş ışınımının hesaplanabilmesi için, yatay düzlem üzerindeki günlük doğrudan ve yaygın ışınımları bilinmesi gerekmektedir. Yatay düzlemdeki toplam güneş ışınımı miktarı meteoroloji istasyonlarında ölçülmektedir.

Şekil B.1 Liu- Jordan tarafından önerilmiş olup absisinde yeryüzündeki yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam ışınımın (H), atmosfer dışındaki yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük ışınımına (H_o) oranı olan bulutluluk indeksi (K_T); ordinatında ise aylık ortalama günlük yaygın ışınımın (H_d), aylık ortalama günlük toplam ışınımına (H) oranı olan (R_d) vardır.

$$K_T = \frac{H}{H_o} \quad (B.1)$$

$$R_d = \frac{H_d}{H} \quad (B.2)$$

$$R_d = 1,0 - 1,13 K_T \quad (B.3)$$



Şekil B.1 K_T ve R_d arasındaki korelasyon eğrisi.

Aylık ortalama günlük atmosfer dışı ışınım değeri için ayın her gününün atmosfer dışı ışınım değerlerini bulup ortalamasının alınmasının yerine Klein, her ayın ortalama günü için Şekil B.2'de görülen çizelgeyi önermektedir.

Ay no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ayın ortalama günü	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
Yılın günü	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344

Şekil B.2 Klein tarafından önerilen ayların ortalama günleri.

Bu tezde kullanılan ışınım değerleri için Ocak ayının 21. günü kullanılmıştır.

Aşağıdaki bağıntılar aracılığıyla atmosfer dışı aylık ortalama günlük ışınım (H_o) hesaplanmaktadır.

$$H_o = (24/\pi) \cdot r_o \cdot I_{sc} \cdot (\cos\phi \cdot \cos d \cdot \sin w_s + \frac{2\pi \cdot w_s}{360} \cdot \sin\phi \cdot \sin d) \quad (B.4)$$

Güneşin sapma açısı (d) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$d = 23,45 \cdot \sin\left(360 + \frac{284 + n_d}{365}\right) \quad (B.5)$$

Güneşin doğuş-batış açısı ve r_o katsayıları aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmaktadır:

$$\cos w_s = -\operatorname{tg}\phi \cdot \operatorname{tg} d \quad (B.6)$$

$$r_o = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{360 \cdot n_d}{365}\right) \quad (B.7)$$

Yeryüzündeki yatay düzlemdeki aylık ortalama günlük toplam ışınım miktarları (H) meteoroloji bültenlerinden elde edilebilmektedir. (H_o) ve (H) değerleri yukarıdaki yöntemlerle bulunduğundan bulutluluk indeksi (K_T) hesaplanabilir. (R_d) değeri için

$$R_d = 1,00 - 1,13 K_T \quad (B.8)$$

formülünden yararlanılmaktadır.

Yatay düzlemdeki aylık ortalama günlük yaygın ışınım (H_d),

$$H_d = H \cdot R_d \quad (\text{B.9})$$

bağıntısıyla hesaplandıktan sonra, yatay düzlemdeki aylık ortalama saatlik yaygın ışınım yeğlinliği,

$$I_{Hd} = H_d \cdot r_d \quad (\text{B.10})$$

$$r_d = \frac{\pi}{24} \cdot \frac{\text{Cos}\phi \cdot \text{Cos}\delta \cdot \text{Cos}\omega + \text{Sin}\phi \cdot \text{Sin}\delta}{\text{Cos}\phi \cdot \text{Cos}\delta \cdot \text{Sin}\omega_s + (2\pi/360) \cdot \omega_s \cdot \text{Sin}\phi \cdot \text{Sin}\delta} \quad (\text{B.11})$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

Aylık ortalama saatlik toplam ışınım yeğlinliği (I_{HT}),

$$I_{HT} = H_T \cdot r_T \quad (\text{B.12})$$

bağıntısıyla,

Aylık ortalama saatlik doğrudan ışınım yeğlinliği (I_{HD}) ise,

$$I_{HD} = I_{HT} - I_{Hd} \quad (\text{B.13})$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

Aylık ortalama toplam güneş ışınımı yeğlinliği (I_T),

$$I_T = \underbrace{(I_{HD} \cdot R_b)}_{I_D} + \underbrace{\left(I_{Hd} \cdot \frac{1 + \text{Cos}S}{2} \right)}_{I_d} + \underbrace{\left(I_{HT} \cdot \frac{1 - \text{Cos}S}{2} \cdot r \right)}_{I_r} \quad (\text{B.14})$$

bağıntısıyla hesaplanır.

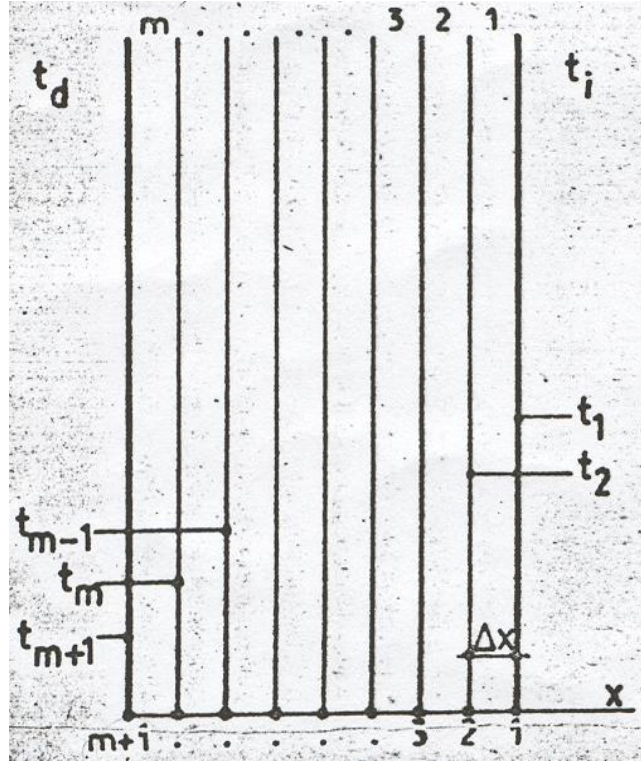
R_b : Yatay düzlem üzerindeki doğrudan ışınımın, eğimli yüzey üzerindeki doğrudan ışınımına dönüşüm katsayısıdır ve aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$R_b = \frac{\text{Sin}\delta \text{Sin}\Phi \text{Cos}S - \text{Sin}\delta \text{Cos}\Phi + \text{Sin}S \text{Cos}\gamma + \text{Cos}\delta \text{Cos}\Phi \text{Cos}S \text{Cos}\omega + \text{Cos}\delta \text{Sin}\Phi \text{Sin}S \text{Cos}\gamma \text{Cos}\omega + \text{Cos}\delta \text{Sin}S \text{Sin}\gamma \text{Sin}\omega}{\text{Sin}\delta \text{Sin}\Phi + \text{Cos}\delta \text{Cos}\Phi \text{Cos}\omega} \quad (\text{B.15})$$

EK-C

Tek Boyutlu Zamana Bağlı Isı Geçişi Denklemine Sonlu Farklar Yaklaşımıyla Çözümü

Katı cisimlerden ısı ve nem geçişini ifade eden diferansiyel denklemlerin sayısal çözümleri için sonlu farklar yaklaşımıyla geliştirilmiş yöntemler, genellikle difüzyon katsayısının sabit olduğu durumlar için uygulanmaktadır. Zamana bağlı ısı geçişinde bu katsayı, diğer bir deyişle ısı yayılım katsayısı, sabit olarak kabul edilmektedir. Sonlu farklar yaklaşımıyla geliştirilmiş Schmidt yöntemini kullanarak zamana bağlı ve tek boyutlu ısı geçişi denkleminin çözümü için t_d ve t_i sıcaklıklarındaki iki ortamı birbirinden ayıran opak kabuk bileşeninin, Şekil C.1'de görüldüğü gibi x kalınlığında m adet katmandan oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil C.1 Tek boyutlu zamana bağlı ısı geçişi denkleminin sonlu farklar yaklaşımıyla çözümü.

x doğrultusundaki sıcaklık değişimini ifade eden,

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a \cdot \frac{\partial^2 t}{(\partial x)^2} \quad (C.1)$$

diferansiyel denklemi, m noktasındaki (T + ΔT) anındaki sıcaklığı hesaplamak için, sonlu farklar yaklaşımıyla yazılırsa, aşağıdaki bağıntı elde edilir:

$$\frac{t_{m+1} + t_{m-1} - 2 t_m}{(\Delta x)^2} = \frac{1}{a} \cdot \frac{t_m^* - t_m}{\Delta T} \quad (C.2)$$

t_m, t_{m+1}, t_{m-1} : Herhangi bir T anında, sırasıyla m., (m+1). ve (m-1). katman sınırlarındaki sıcaklıklar, °C.

t_m^* : m noktasında, (T+ΔT) anındaki sıcaklık, °C.

a: Bileşenin m. katmanını oluşturan malzemenin ısıl yayılım katsayısı, m²/s.

Yukarıdaki bağıntıdan t_m^* sıcaklığı çözümlenip eşitlik yeniden düzenlenirse,

$$t_m^* = \frac{a \cdot \Delta T}{(\Delta x)^2} \cdot (t_{m+1} + t_{m-1}) + \left(1 - \frac{2a \cdot \Delta T}{(\Delta x)^2}\right) \cdot t_m \quad (C.3)$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntının çözümünde, ΔT ve Δx zaman ve boyut aralıklarının,

$$\frac{(\Delta x)^2}{a \cdot \Delta T} \geq 2 \quad (C.4)$$

koşulunu gerçekleştirecek şekilde seçilmiş olmaları gerekmektedir.

Benzer şekilde, bileşenin yüzeyindeki ısı dengesi sonlu farklar cinsinden aşağıdaki bağıntıyla ifade edilebilir:

$$-\lambda \cdot \frac{t_1 - t_2}{\Delta x} = \frac{\Delta x}{2a} \cdot \lambda \cdot \frac{t_1^* - t_1}{\Delta T} - \alpha_i \cdot (t_i - t_1) \quad (C.5)$$

Buradan t_1^* yüzey sıcaklığı çözümlenip eşitlik yeniden düzenlenirse,

$$t_1^* = \frac{a \cdot \Delta T}{(\Delta x)^2} \cdot \left(2 \cdot \frac{\alpha_i \cdot \Delta x}{\lambda} \cdot t_i + 2 t_2 + t_1 \cdot \left(\frac{(\Delta x)^2}{a \cdot \Delta T}\right) - \frac{2 \Delta x \cdot \alpha_i}{\lambda} - 2\right) \quad (C.6)$$

bağıntısı elde edilir.

Benzer şekilde, bileşenin (m+1). sınırında (dış yüzeyinde) (T+ΔT) anındaki sıcaklık hesaplanabilir. Yüzey sıcaklıklarının hesaplanmasında Δx ve ΔT aralıklarının,

$$\frac{(\Delta x)^2}{a \cdot \Delta T} \geq 2 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \Delta x}{\lambda} + 1 \right) \quad (C.7)$$

koşulunu sağlayacak şekilde seçilmiş olmaları gereklidir. Bu şekilde, sonlu farklar yaklaşımıyla geliştirilmiş bu yöntem kullanılarak, opak kabuk bileşeni içerisinde x doğrultusunda, istenen zaman ve boyut aralıklarıyla, sıcaklığın periyodik değişimini belirlemek olanaklıdır. [25]

EK-D

Yaklaşımın İçerdiği Hesap Yöntemlerinin Uygulanması İçin Kullanılan Bilgisayar Programları

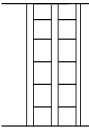
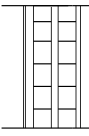
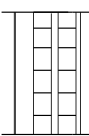
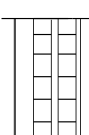
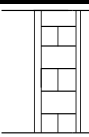
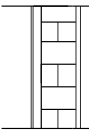
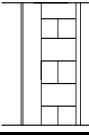
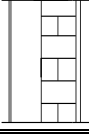
KABUK PROGRAMI; aylık ortalama günlük toplam ışı nım miktarlarına ba ğlı olarak yılın her ayı için, çeşitli yönlendiriliş durumlarında farklı eğimlere sahip yapı yüzeylerini etkileyen saatlik doğrudan, yaygın ve yansımış ışı nım ye ğinliklerini, bu ışı nım ye ğinliklerine, aylık ortalama saatlik dış hava sıcaklıklarına ve saydam bileşen türlerine ba ğlı olarak saydam bileşenleri etkileyen saatlik sol-air sıcaklıkları ve saydam bileşenlerin iç yüzey sıcaklıklarını, opak bileşenin güneş ışı nımını yutuculuk katsayısına ba ğlı olarak opak bileşenleri etkileyen sol-air sıcaklıkları, saydam bileşen türlerine, yüzeysel yo ğuşma kontrolü ve iklimsel konfor açısından istenen kabuk iç yüzey sıcaklıklarına ba ğlı olarak opak bileşenin istenen toplam ısı geçirme katsayılarını hesaplamaktadır. Aylık ortalama saatlik dış hava sıcaklıklarına ba ğlı olarak opak bileşenin istenen günlük ortalama iç yüzey sıcaklıklarını ve istenen toplam ısı geçirme katsayılarını hesaplamaktadır. Aylık ortalama saatlik dış hava sıcaklıklarına ba ğlı olarak dış hava sıcaklığının günlük de ğişim eğrisinin elde edilmesinde, harmonik analiz hesaplamaları için, HARMO isimli alt program kullanılmıştır.

ISINEM PROGRAMI: aylık ortalama günlük meteorolojik verilere ve ele alınan hacmi tanımlayan yapma çevre de ğişkenlerinin de ğerlerine ba ğlı olarak, istenen toplam ısı geçirme katsayısını gerçekleştiren opak kabuk bileşenlerinin iç yüzey sıcaklığının, ortalama ışı nımsal sıcaklığın ve hacimde ek yapma enerji sistemine gereksinme duyulmadığı dönemlerde iç hava sıcaklığının periyodik de ğişimini ve opak bileşenin ısı geçişini doğrudan etkileyen özelliklerine ba ğlı olarak bileşen içerisindeki sıcaklığın ve doymuş buhar basıncının periyodik de ğişimini hesaplamaktadır. Dış hava sıcaklığının günlük de ğişim eğrisi denkleminin elde edilmesinde HARMO alt programı kullanılmıştır. AÇILAR isimli alt program, temel güneş açılarına ba ğlı olarak atmosfer dış ışı nımı, güneş doğuş-batış saati açısı ve gün uzunlu ğu gibi ışı nım hesaplamaları için gerekli olan temel büyüklükleri hesaplamaktadır. SICAKL alt programı, sonlu farklar yaklaşımıyla, opak bileşen içerisinde x boyut aralıklarıyla sıcaklıkların ve doymuş buhar basınçlarının günlük de ğişimini, bileşenin ısı geçişini doğrudan etkileyen özelliklerine ba ğlı olarak hesaplamaktadır. SOLAR isimli alt program, aylık ortalama günlük toplam ışı nım

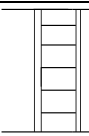
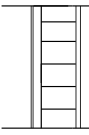
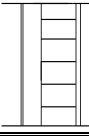
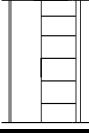
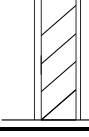
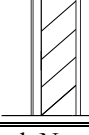
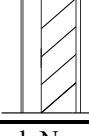
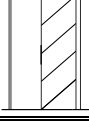
miktarlarına bağlı olarak, istenilen yn ve eğimlerdeki yapı yüzeylerini etkileyen doğrudan, yaygın ve yansımış ışınım yeğinliklerinin günlük değişimini, cam türlerine ve geliş açılarına bağlı olarak camın yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayılarını ve saydam bileşen türlerine bağlı olarak sol-air sıcaklıkları hesaplamaktadır. SABİT alt programı ise, verilen malzeme özellikleri listelerinden opak kabuk bileşeninin katmanlaşma detayında kullanılan malzemelere göre, ısı iletkenlikleri ve ısı yayınım katsayılarını seçip derlemekte ve hava sızıntısıyla oluşacak ısı kayıp ve kazanç miktarlarının hesaplanmasında kullanılacak sabitleri hesaplamaktadır. [25]

EK-E**Mevcut Duvar Detayı ve Önerilen Duvar Seçenekleri**

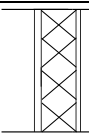
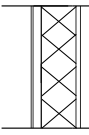
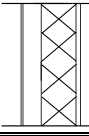
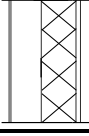
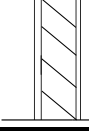
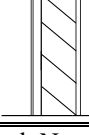
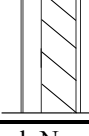
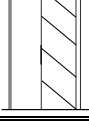
Tablo E.1 Mevcut Duvar Detayı ve Önerilen Duvar Seçenekleri

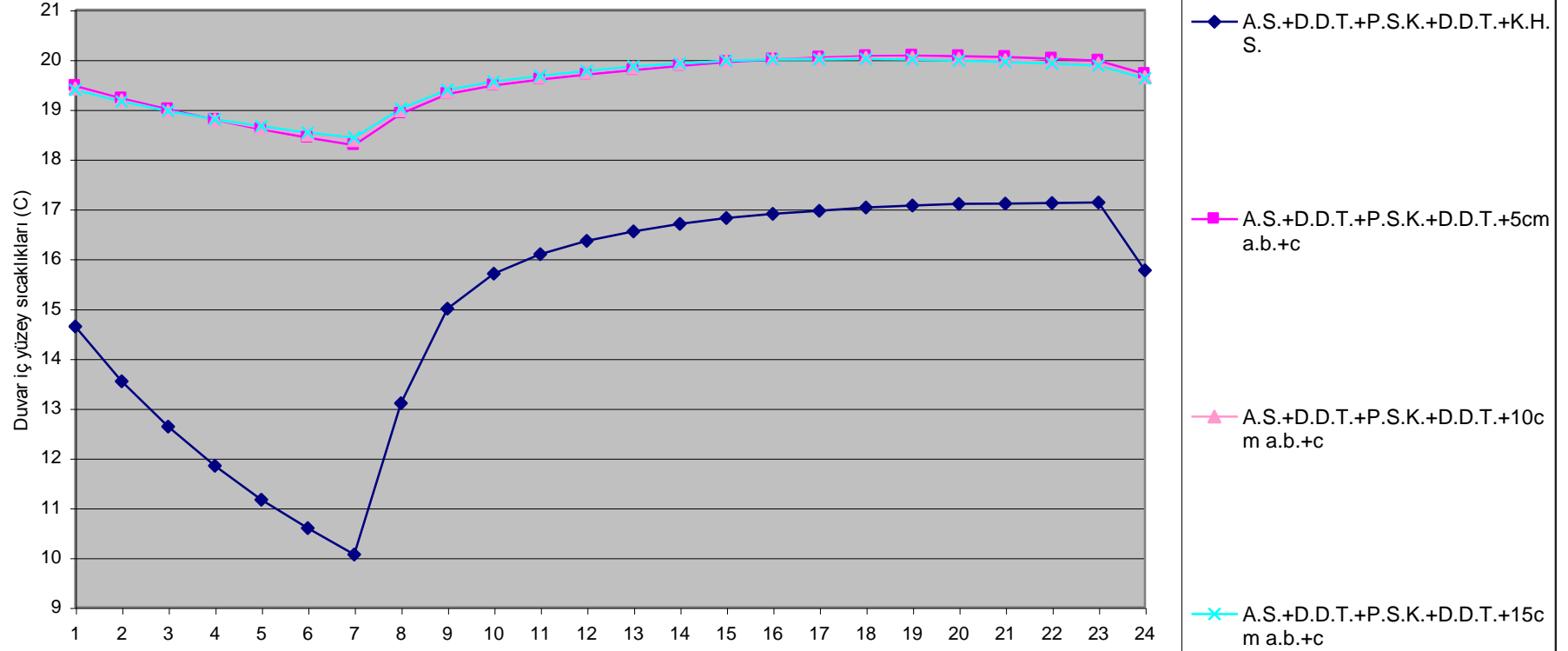
Seçenek No: A.0.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Kireç harçlı sıva	0,030	0,870
	2	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	3	Polistiren sert köp.	0,030	0,040
	4	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	5	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.0.1.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,050	0,024
	3	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	4	Polistiren sert köp.	0,030	0,040
	5	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	6	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.0.2.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,100	0,024
	3	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	4	Polistiren sert köp.	0,030	0,040
	5	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	6	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.0.3.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,150	0,024
	3	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	4	Polistiren sert köp.	0,030	0,040
	5	Düsey delikli tuğla	0,085	0,520
	6	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.1.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Kireç harçlı sıva	0,030	0,870
	2	Dolu Tuğla	0,200	0,790
	3	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.1.1.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,050	0,024
	3	Dolu Tuğla	0,200	0,790
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.1.2.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Dolu Tuğla	0,200	0,790
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.1.3.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Dolu Tuğla	0,200	0,790
	4	Alçı sıva	0,020	0,350

Tablo E.2 Mevcut Duvar Detayı ve Önerilen Duvar Seçenekleri

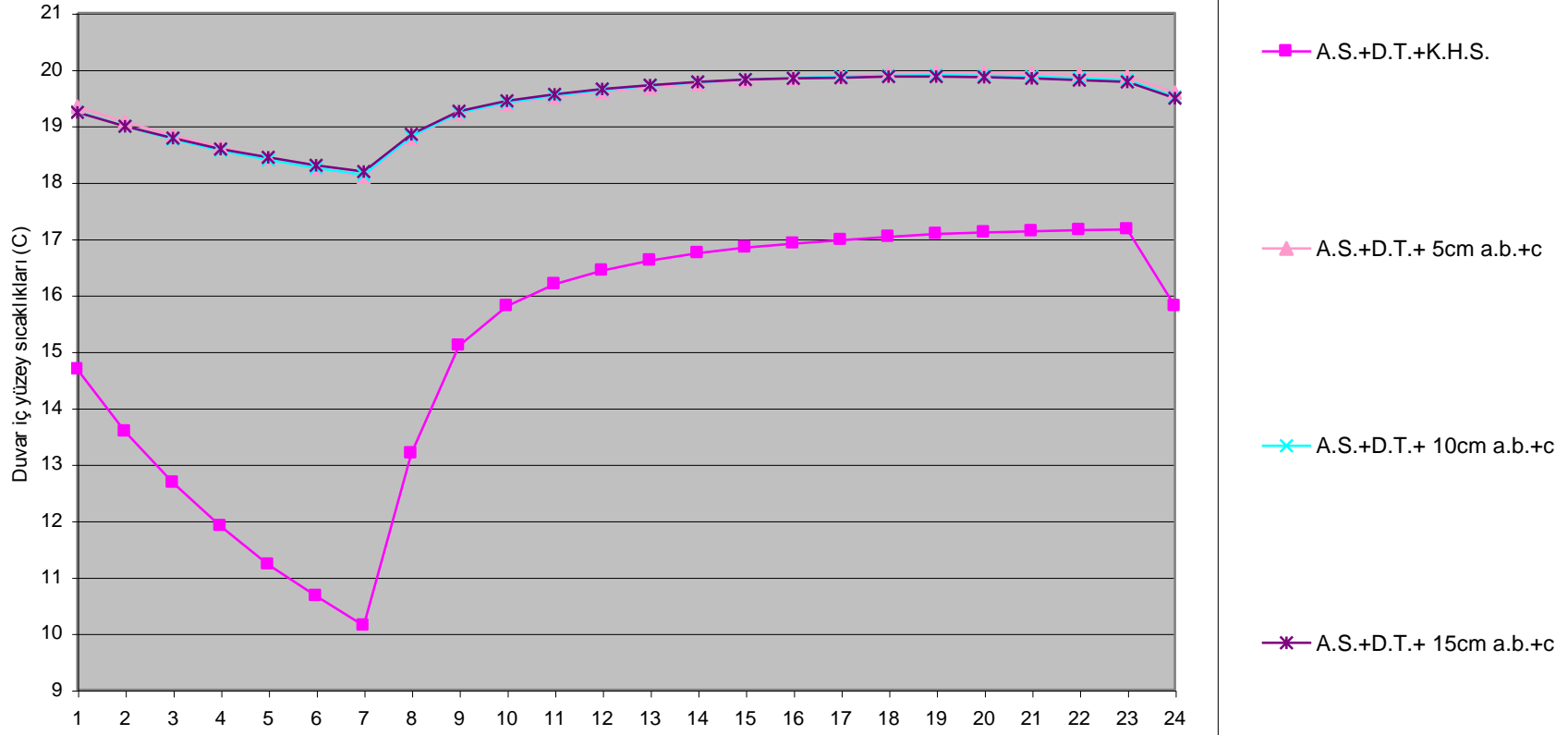
Seçenek No: A.2.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Kireç harçlı sıva	0,030	0,870
	2	Düş. Del. Tuğla	0,200	0,520
	3	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.2.1.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,050	0,024
	3	Düş. Del. Tuğla	0,200	0,520
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.2.2.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Düş. Del. Tuğla	0,200	0,520
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.2.3.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Düş. Del. Tuğla	0,200	0,520
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.3.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Kireç harçlı sıva	0,030	0,870
	2	Boş.lu Bet. Bri.	0,200	0,640
	3	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.3.1.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,050	0,024
	3	Boş.lu Bet. Bri.	0,200	0,640
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.3.2.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Boş.lu Bet. Bri.	0,200	0,640
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.3.3.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Boş.lu Bet. Bri.	0,200	0,640
	4	Alçı sıva	0,020	0,350

Tablo E.3 Mevcut Duvar Detayı ve Önerilen Duvar Seçenekleri

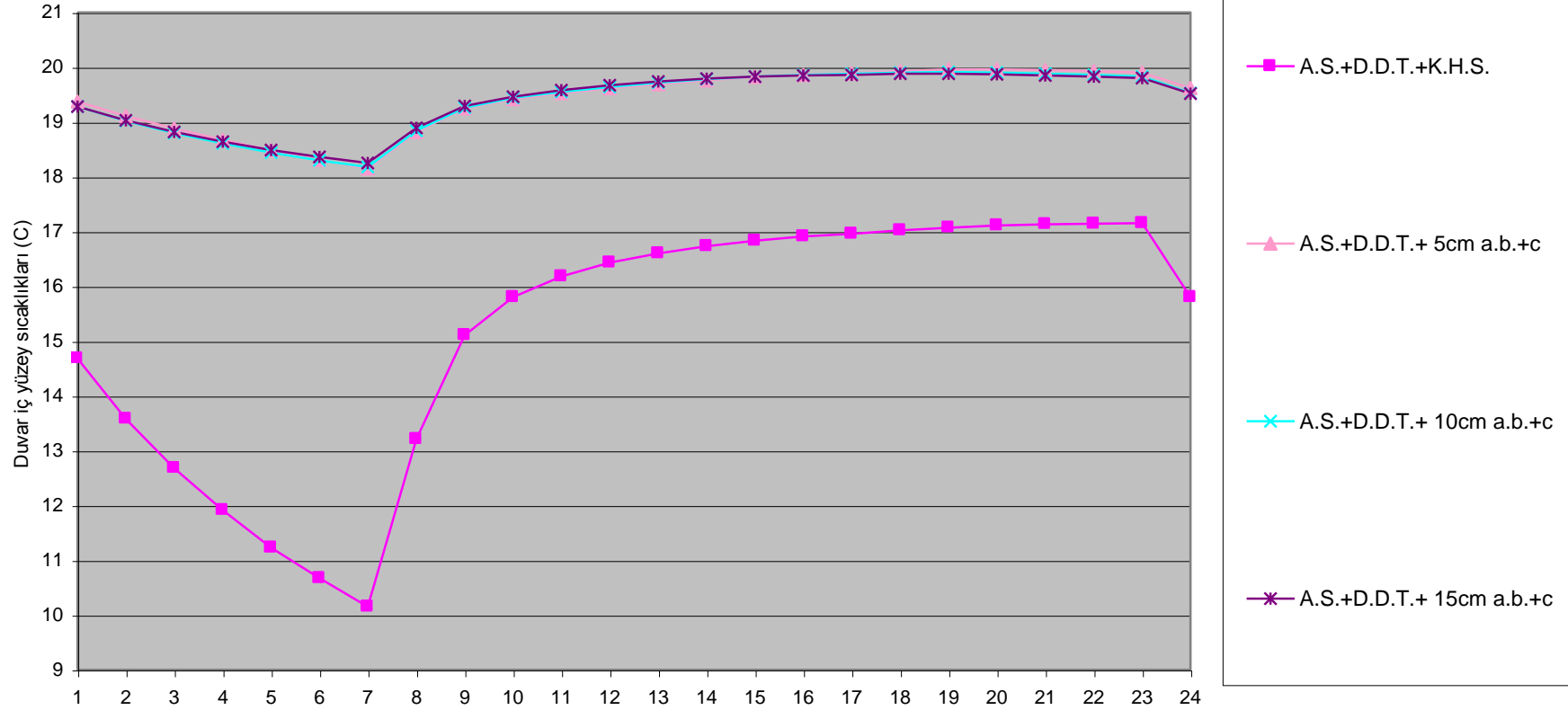
Seçenek No: A.4.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Kireç harçlı sıva	0,030	0,870
	2	Gazbeton	0,200	0,350
	3	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.4.1.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,050	0,024
	3	Gazbeton	0,200	0,350
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.4.2.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Gazbeton	0,200	0,350
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.4.3.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Gazbeton	0,200	0,350
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.5.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Kireç harçlı sıva	0,030	0,870
	2	Gazbeton2	0,200	0,190
	3	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.5.1.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,050	0,024
	3	Gazbeton2	0,200	0,190
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.5.2.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Gazbeton2	0,200	0,190
	4	Alçı sıva	0,020	0,350
Seçenek No: A.5.3.	No	Malzeme ismi	d (m)	λ (W/m ² K)
	1	Cam (6-9-6)	0,006	0,800
	2	Hava Boşluğu	0,010	0,024
	3	Gazbeton2	0,200	0,190
	4	Alçı sıva	0,020	0,350



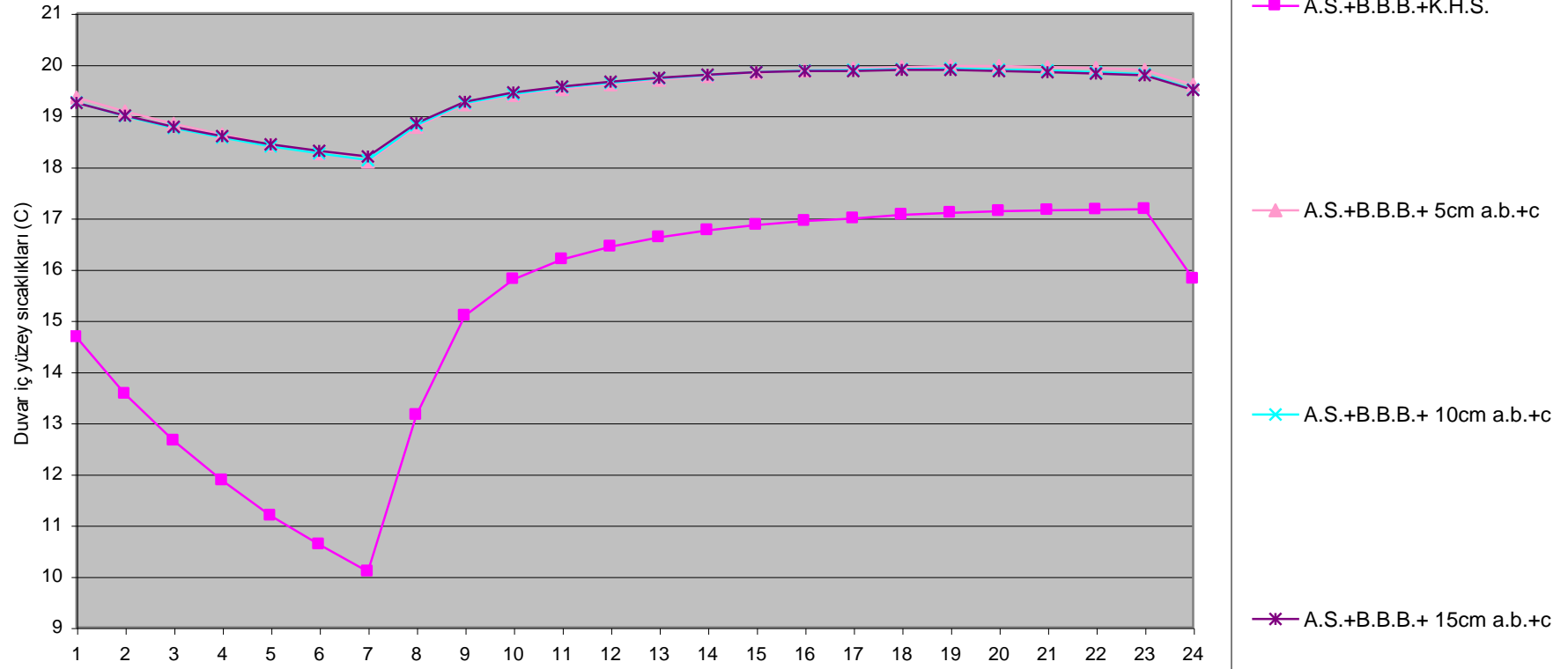
Şekil E.1 Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)



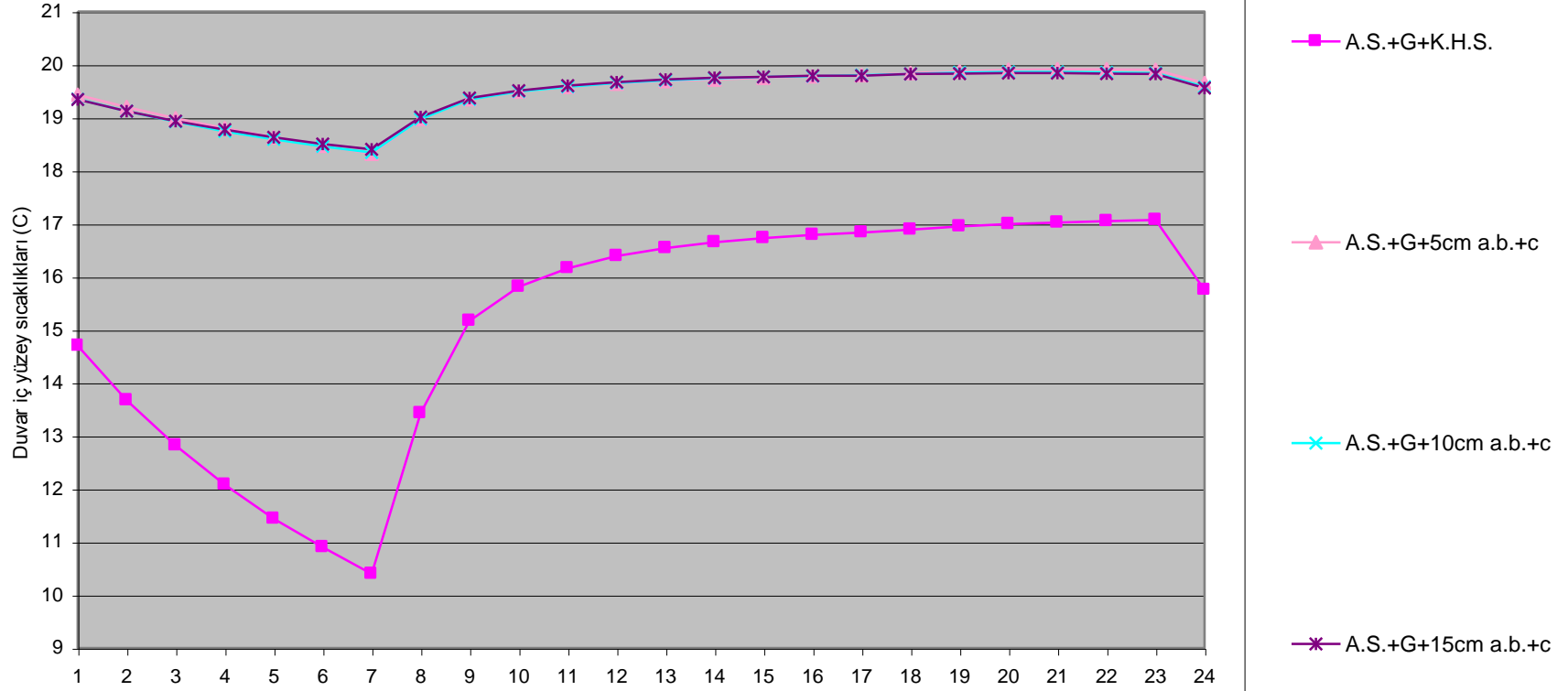
Şekil E.2 Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)



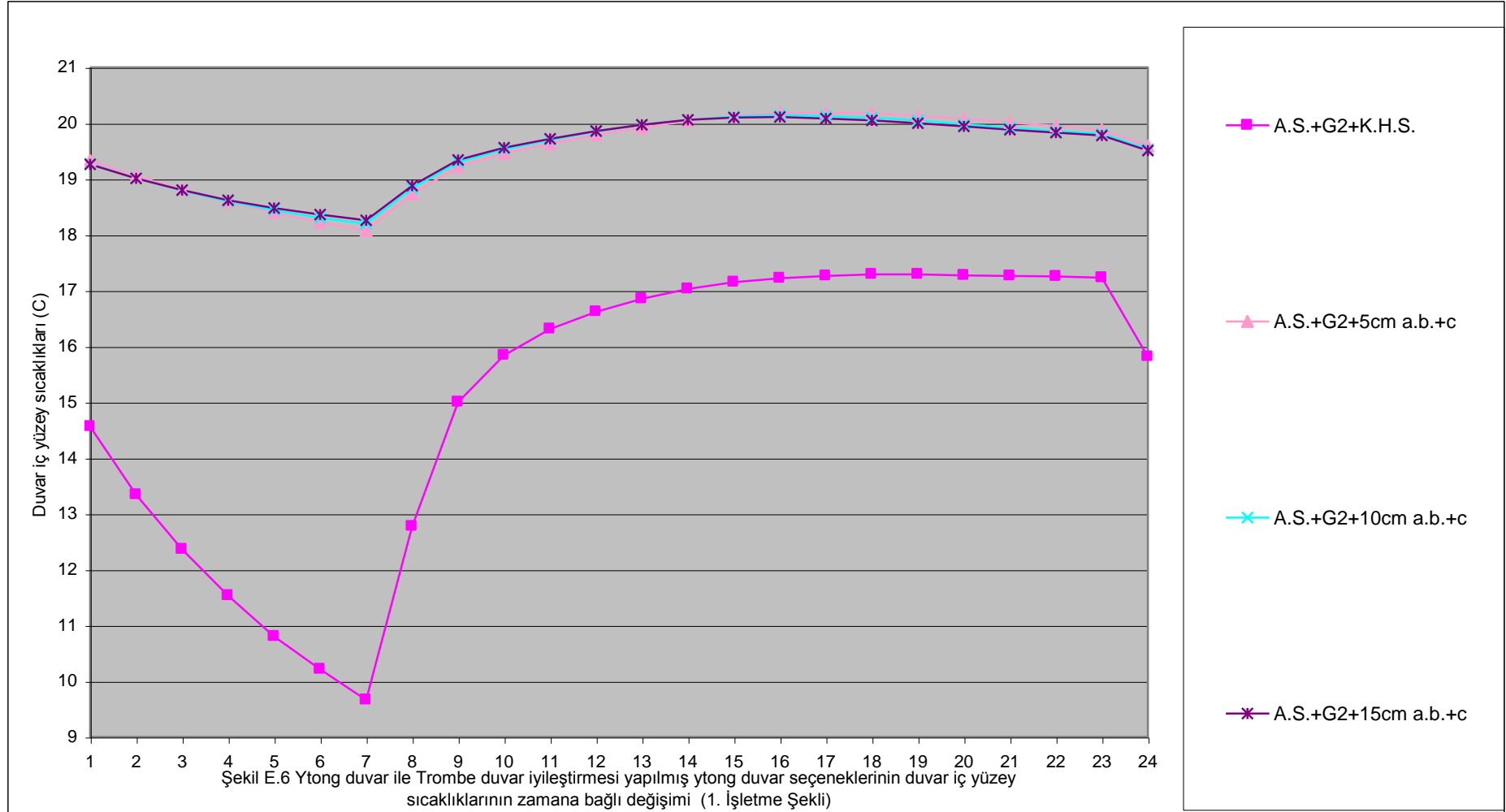
Şekil E.3 Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

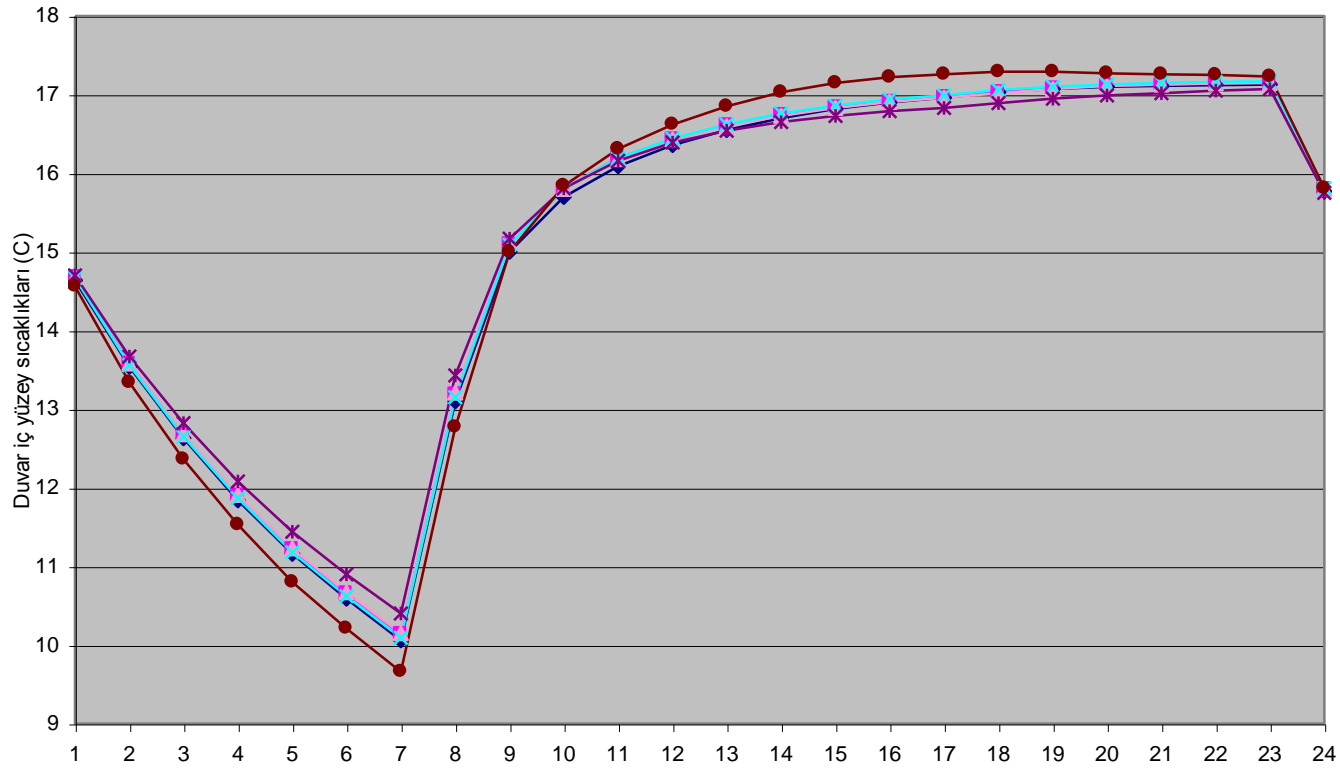


Şekil E.4 Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

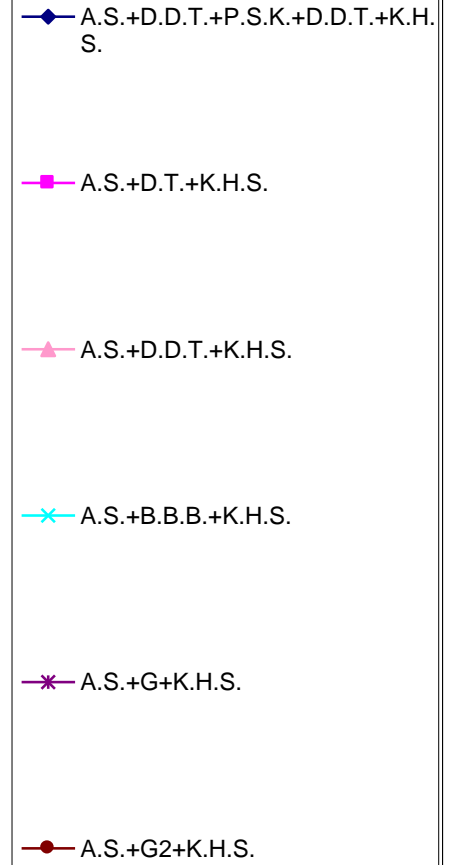


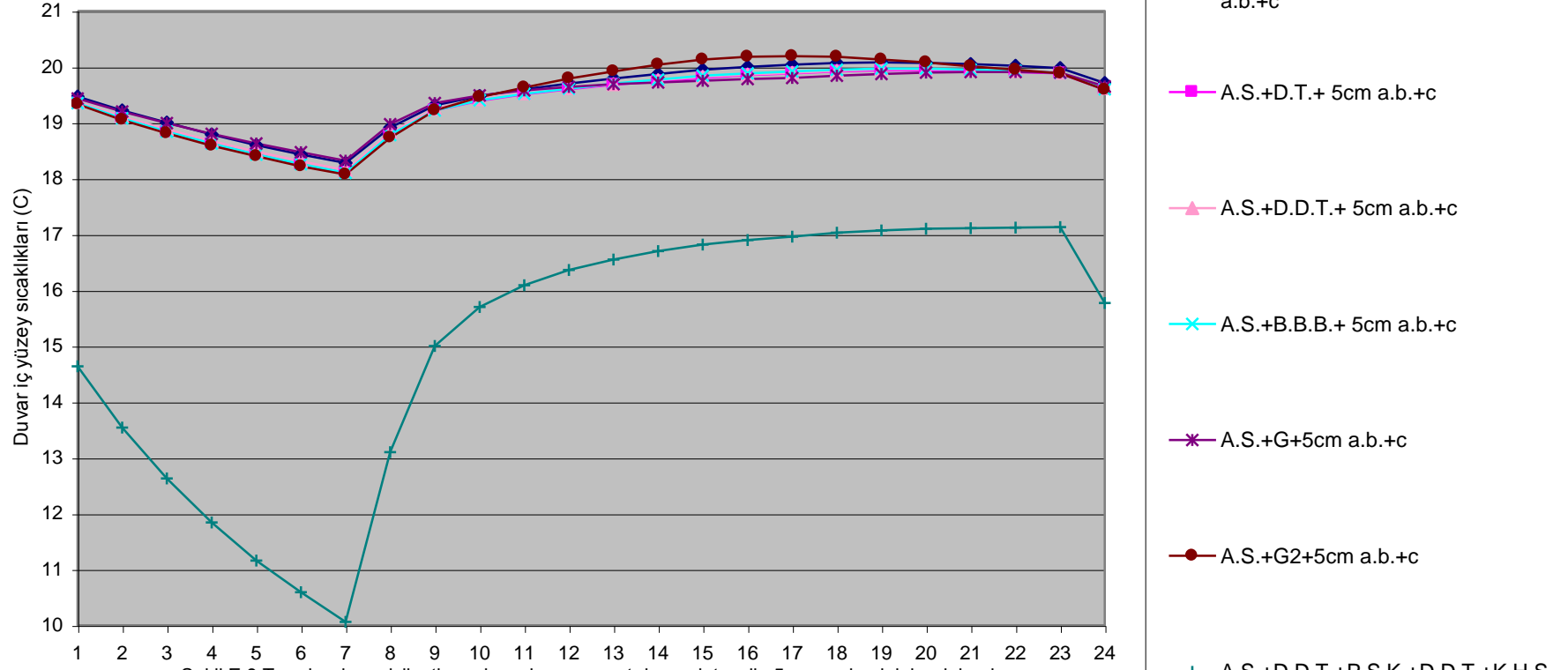
Şekil E.5 Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)



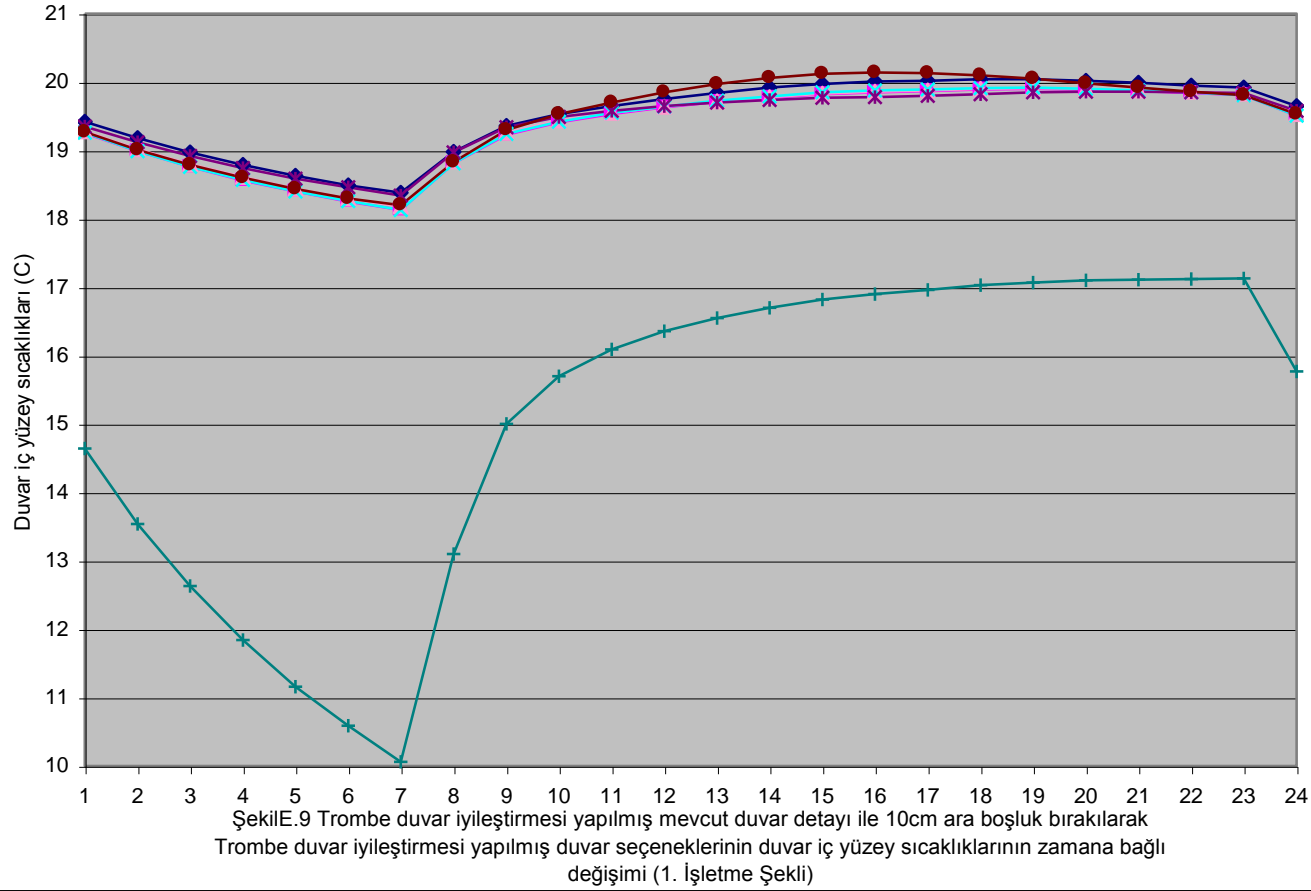


Şekil E.7 Mevcut duvar detayı ile duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

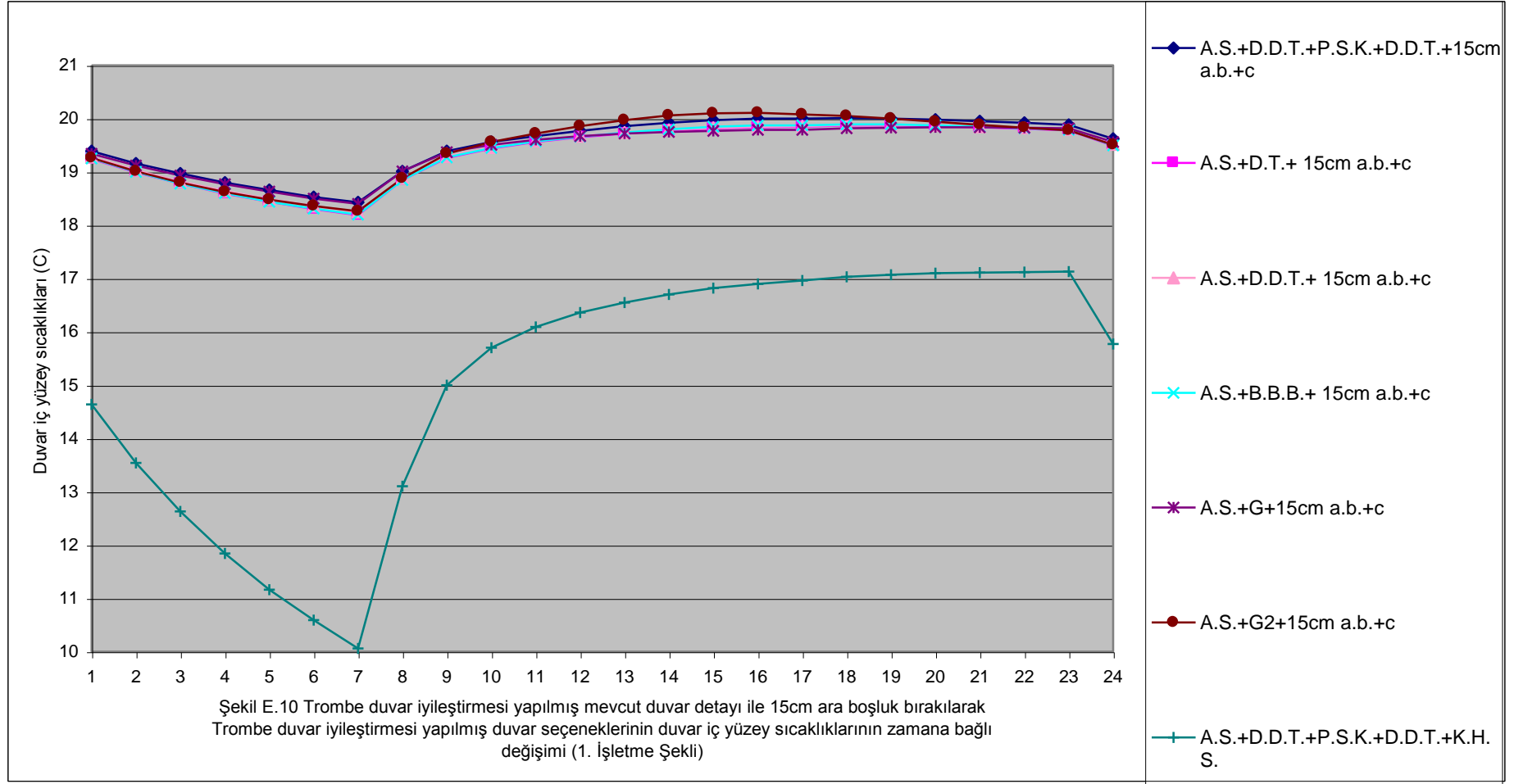


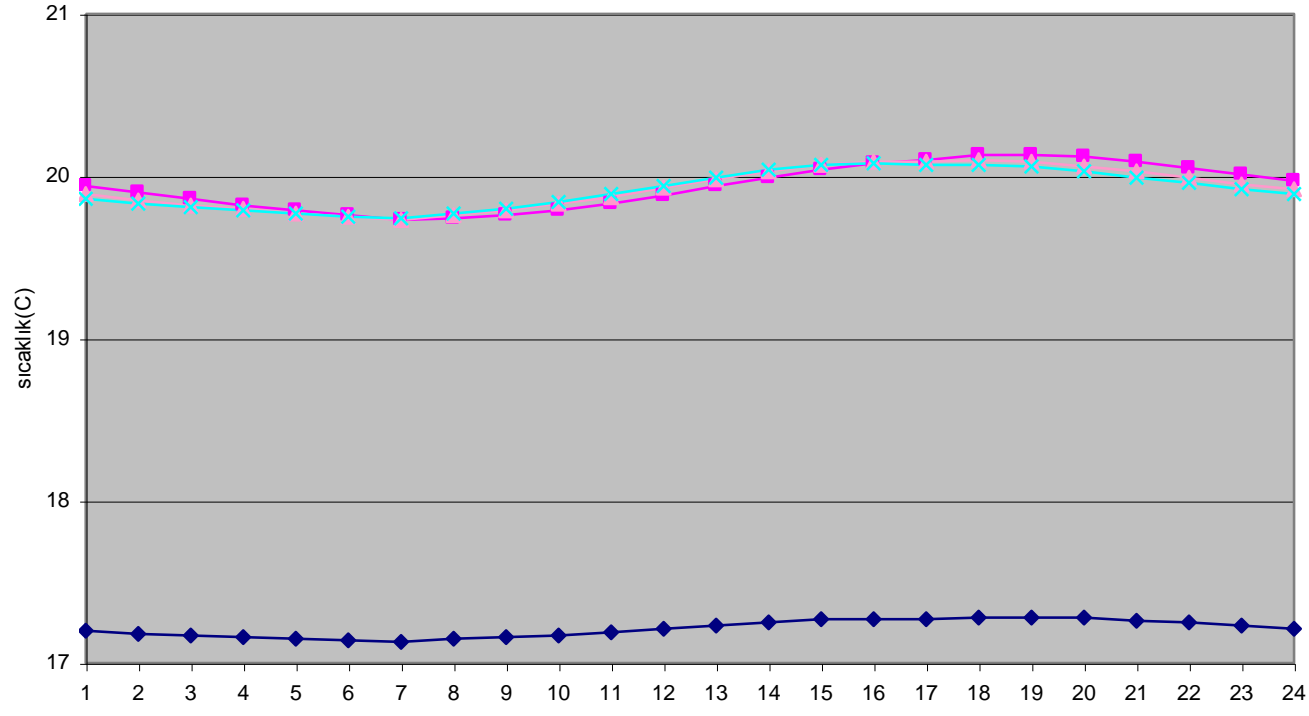


Şekil E.8 Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 5cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

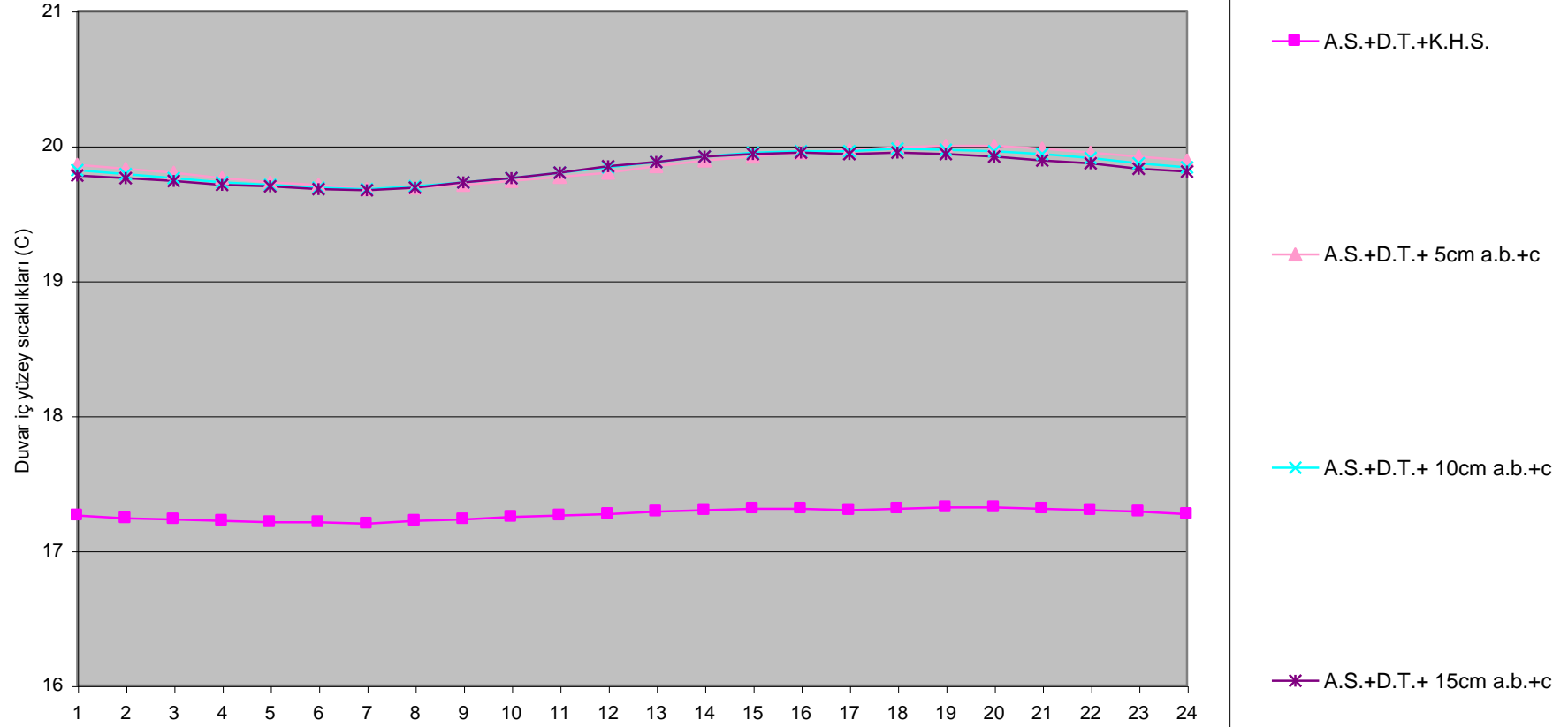


- ◆ A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+10cm a.b.+c
- A.S.+D.T.+ 10cm a.b.+c
- ▲ A.S.+D.D.T.+ 10cm a.b.+c
- ✕ A.S.+B.B.B.+ 10cm a.b.+c
- ✱ A.S.+G+10cm a.b.+c
- A.S.+G2+10cm a.b.+c
- + A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+K.H.S.

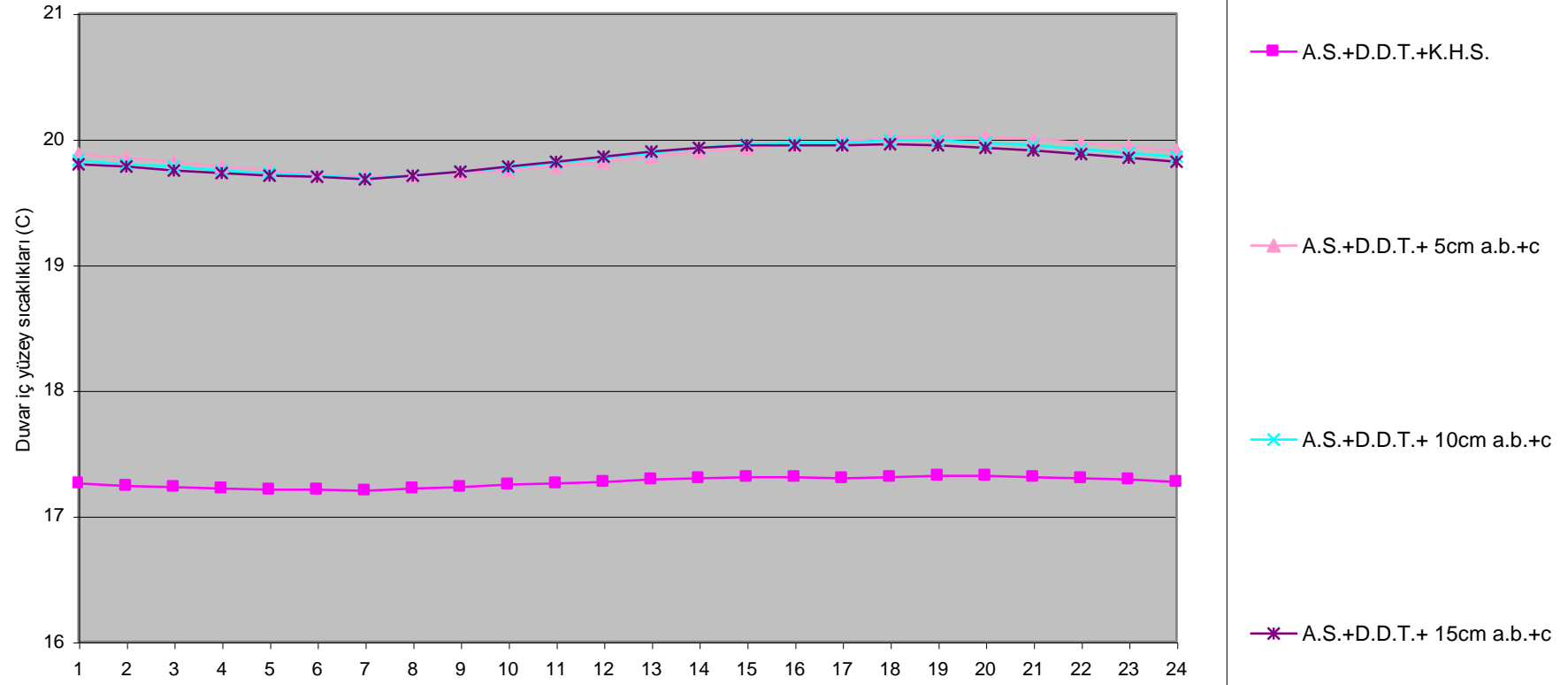




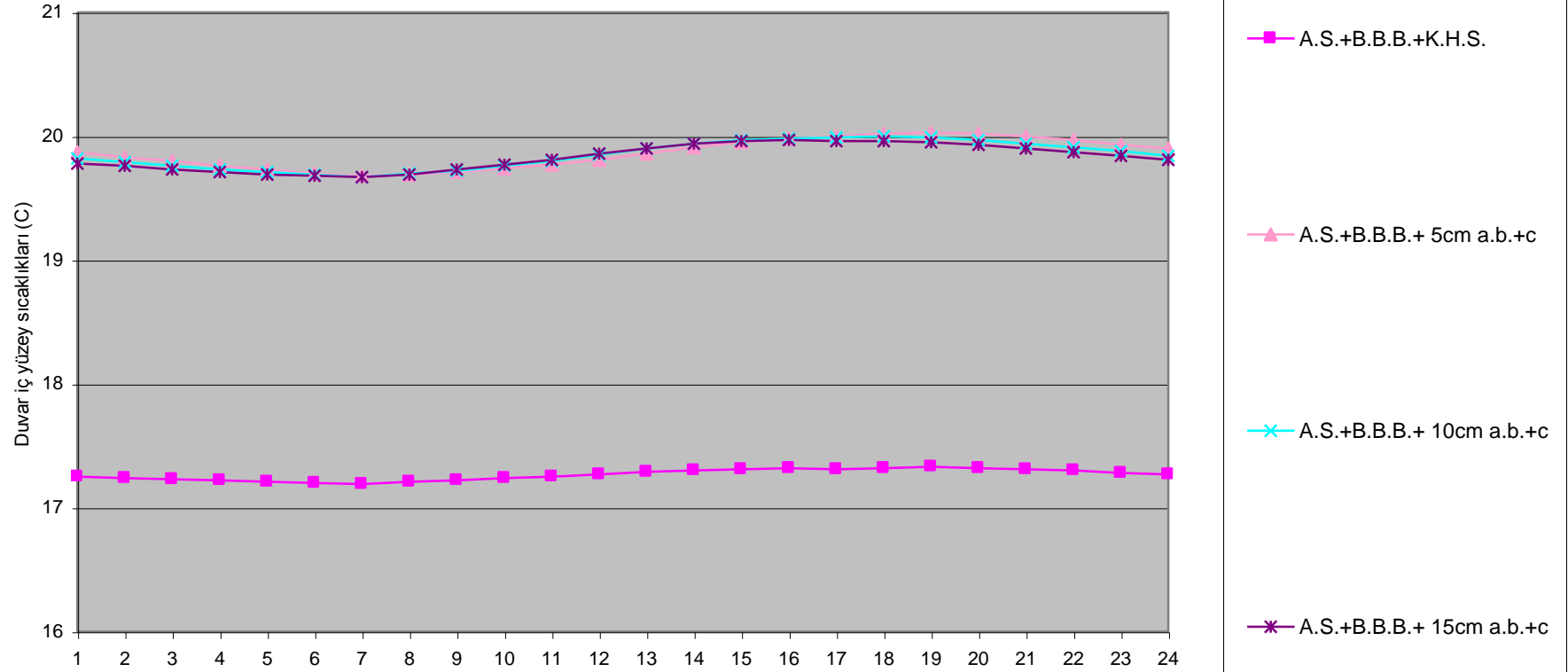
Şekil E.11Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)



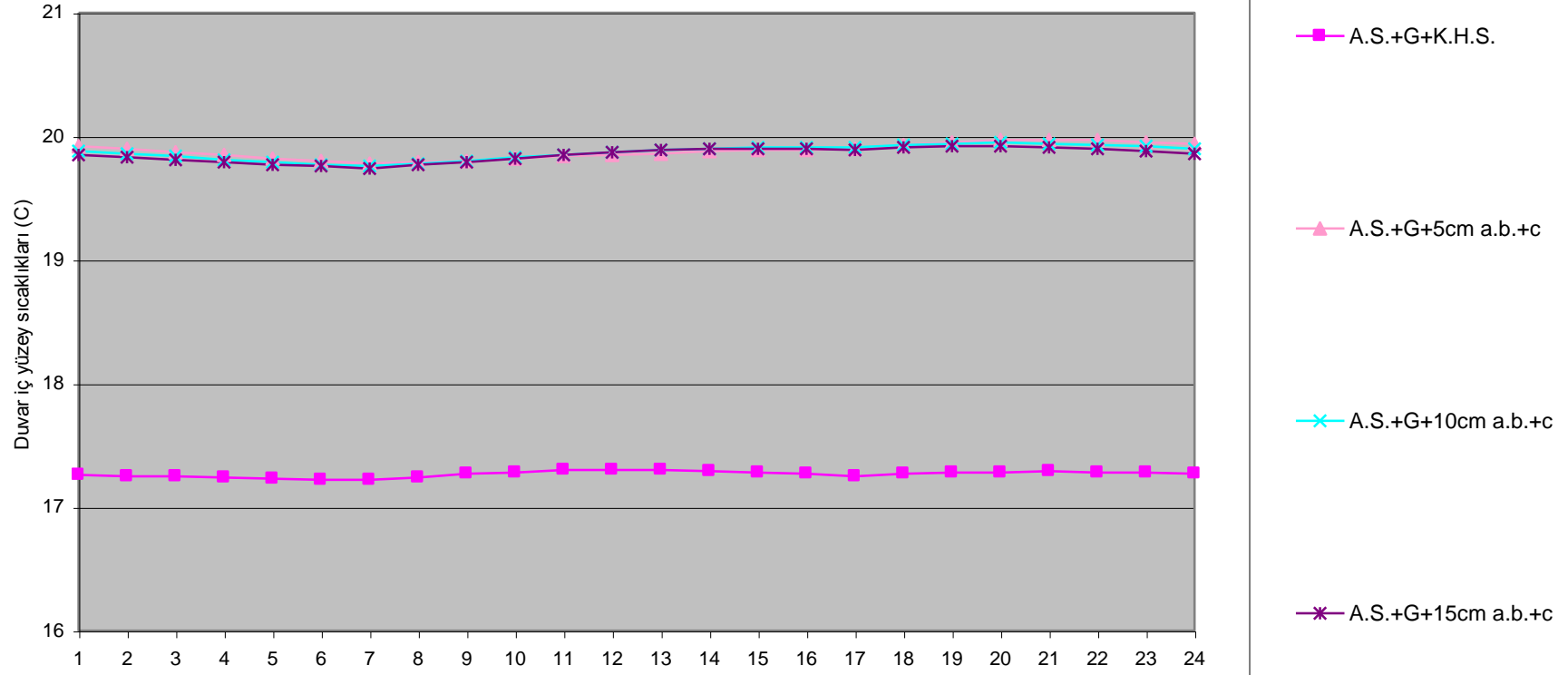
Şekil E.12 Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)



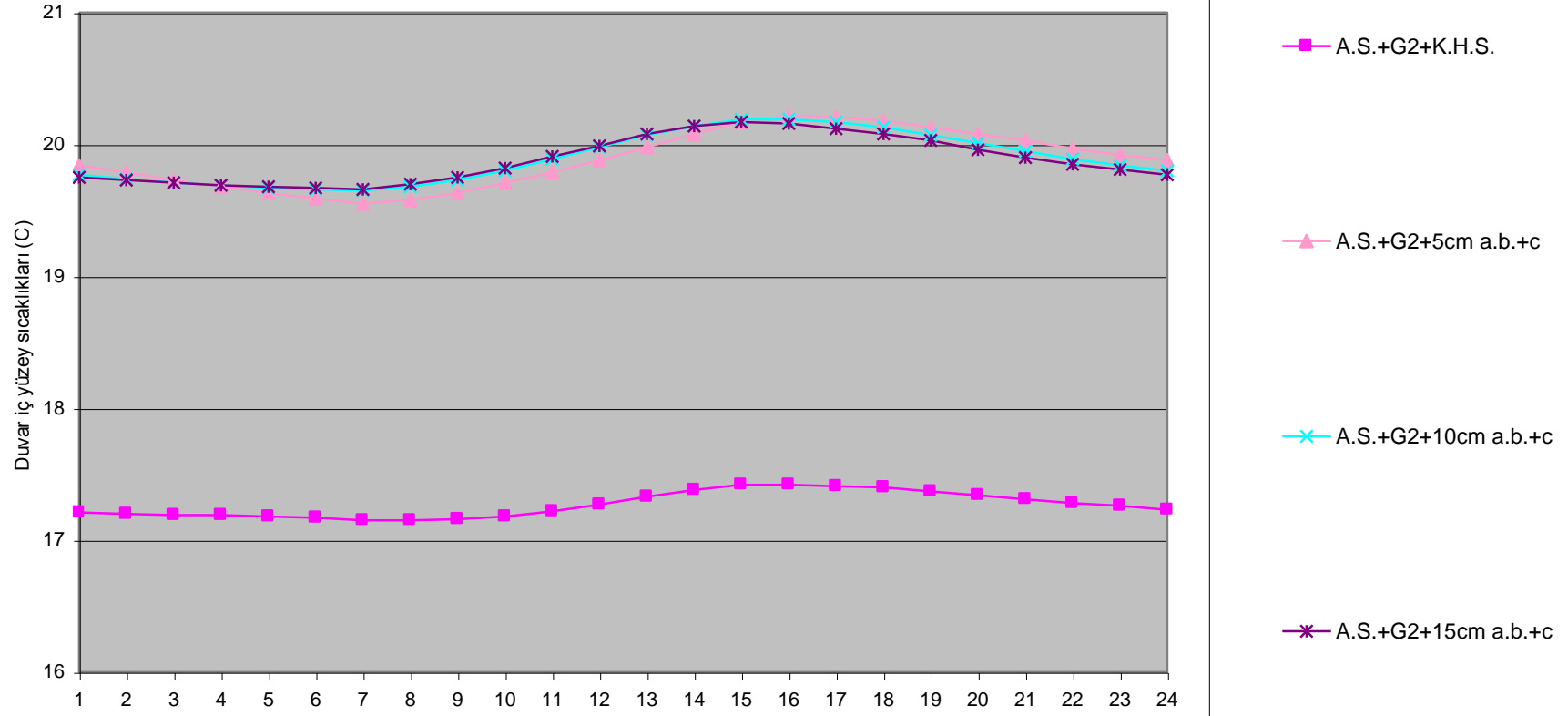
Şekil E.13 Düşey delikli tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış düşey delikli tuğla duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)



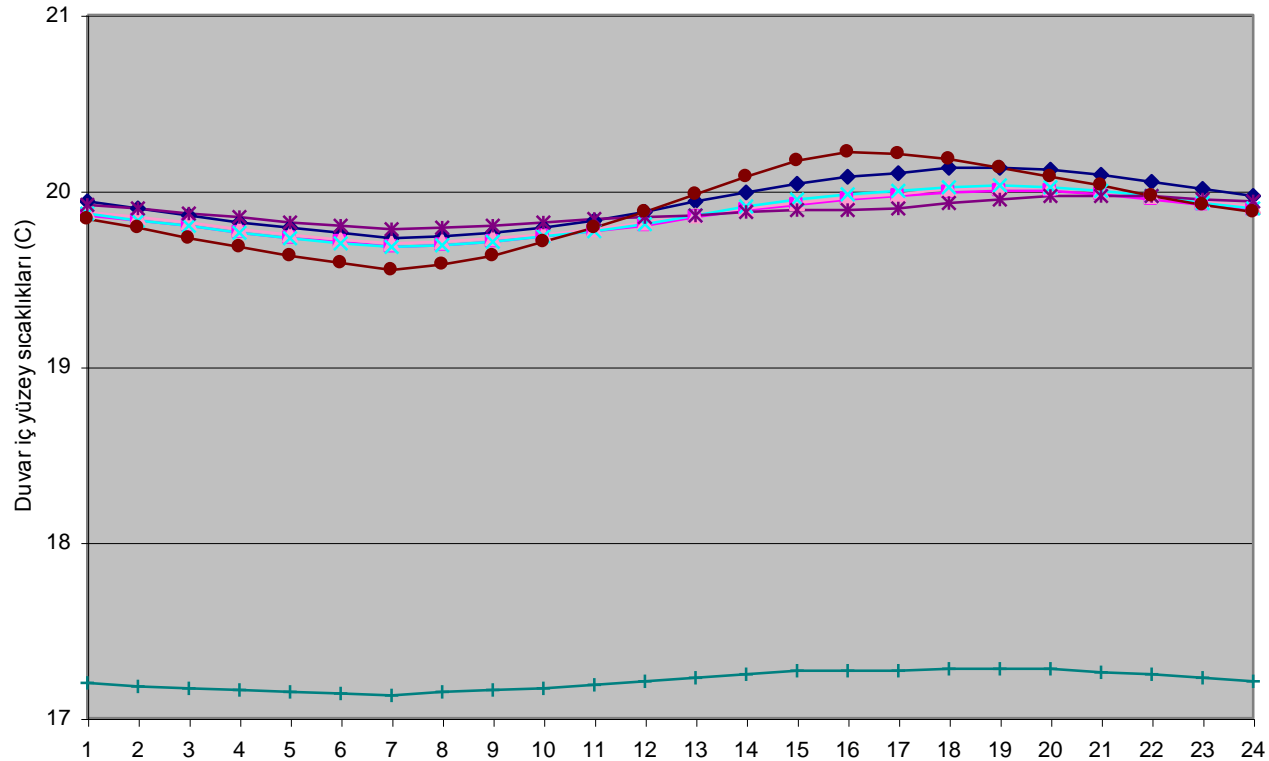
Şekil E.14 Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)



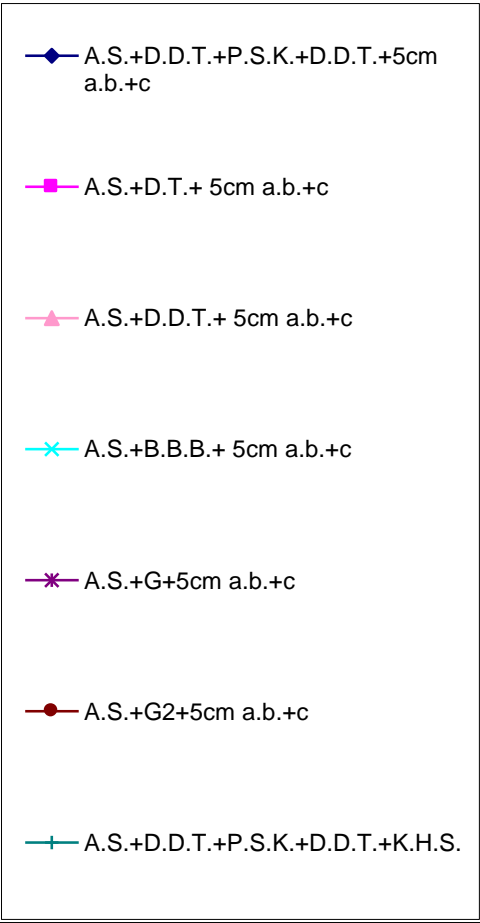
Şekil E.15 Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)

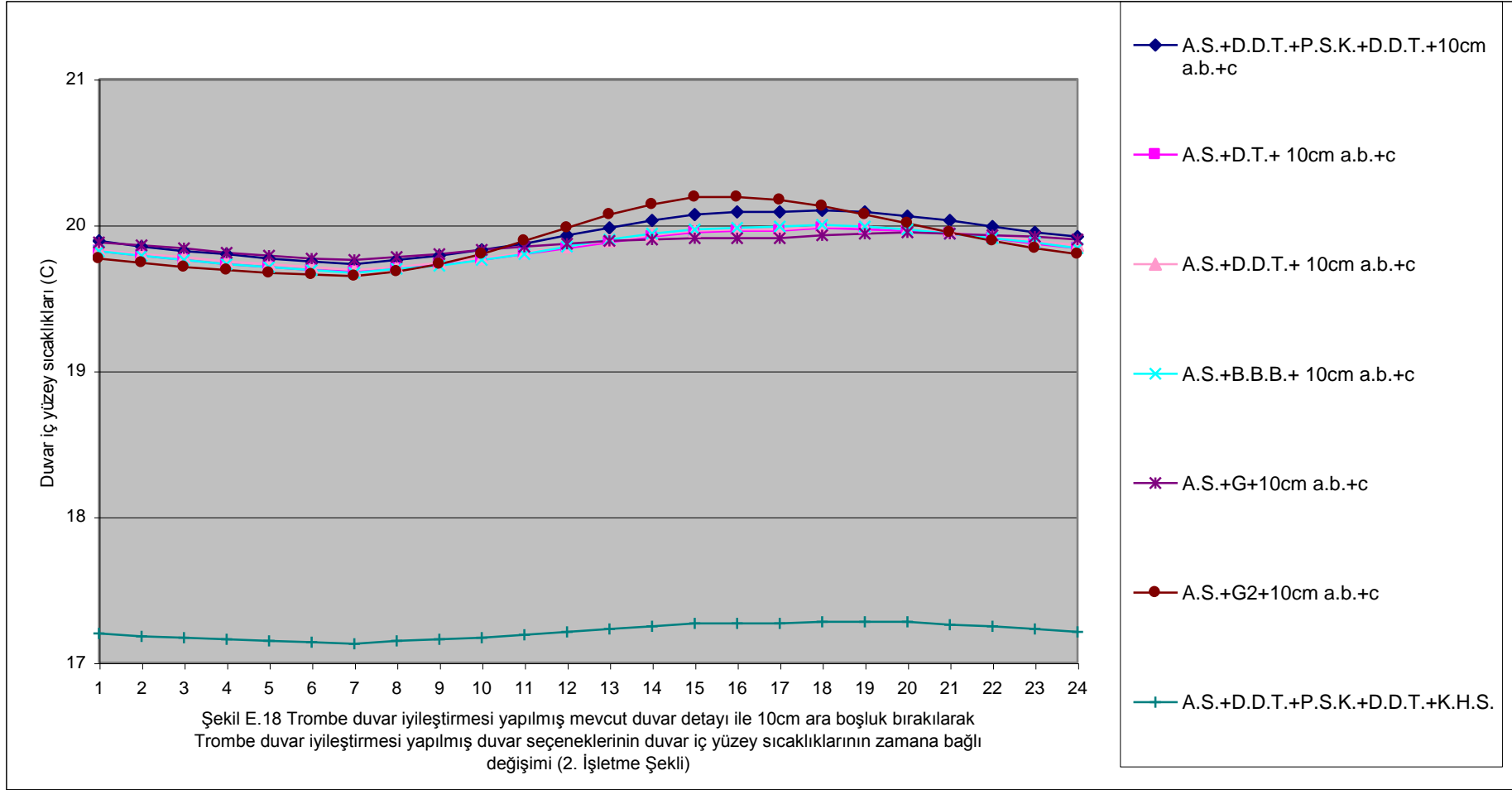


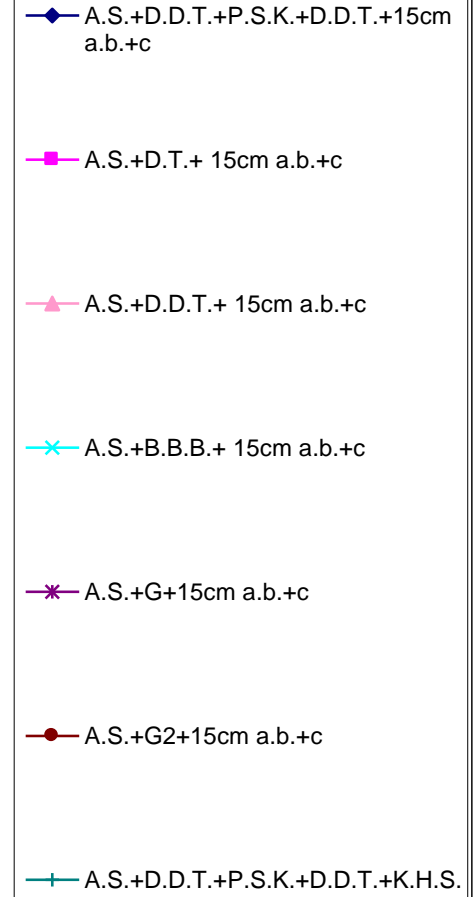
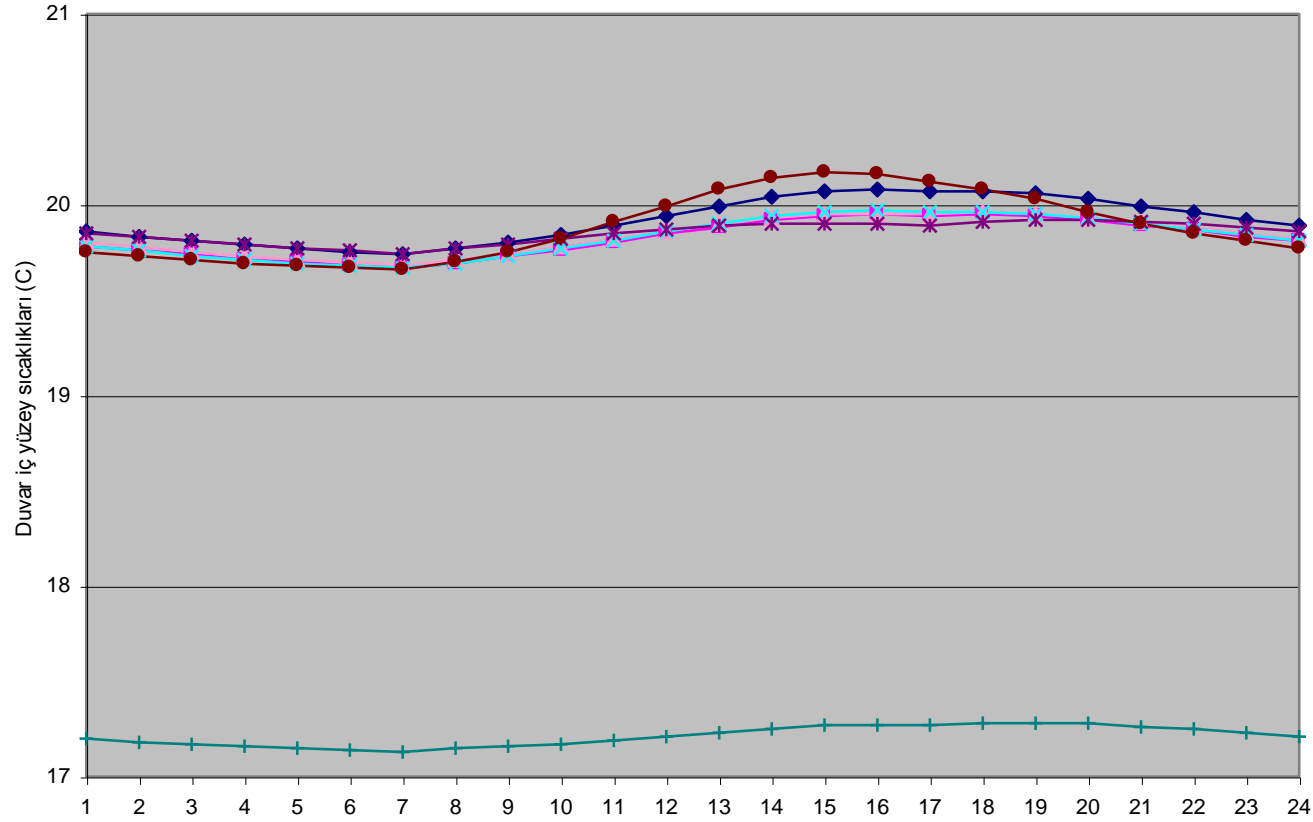
Şekil E.16 Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)



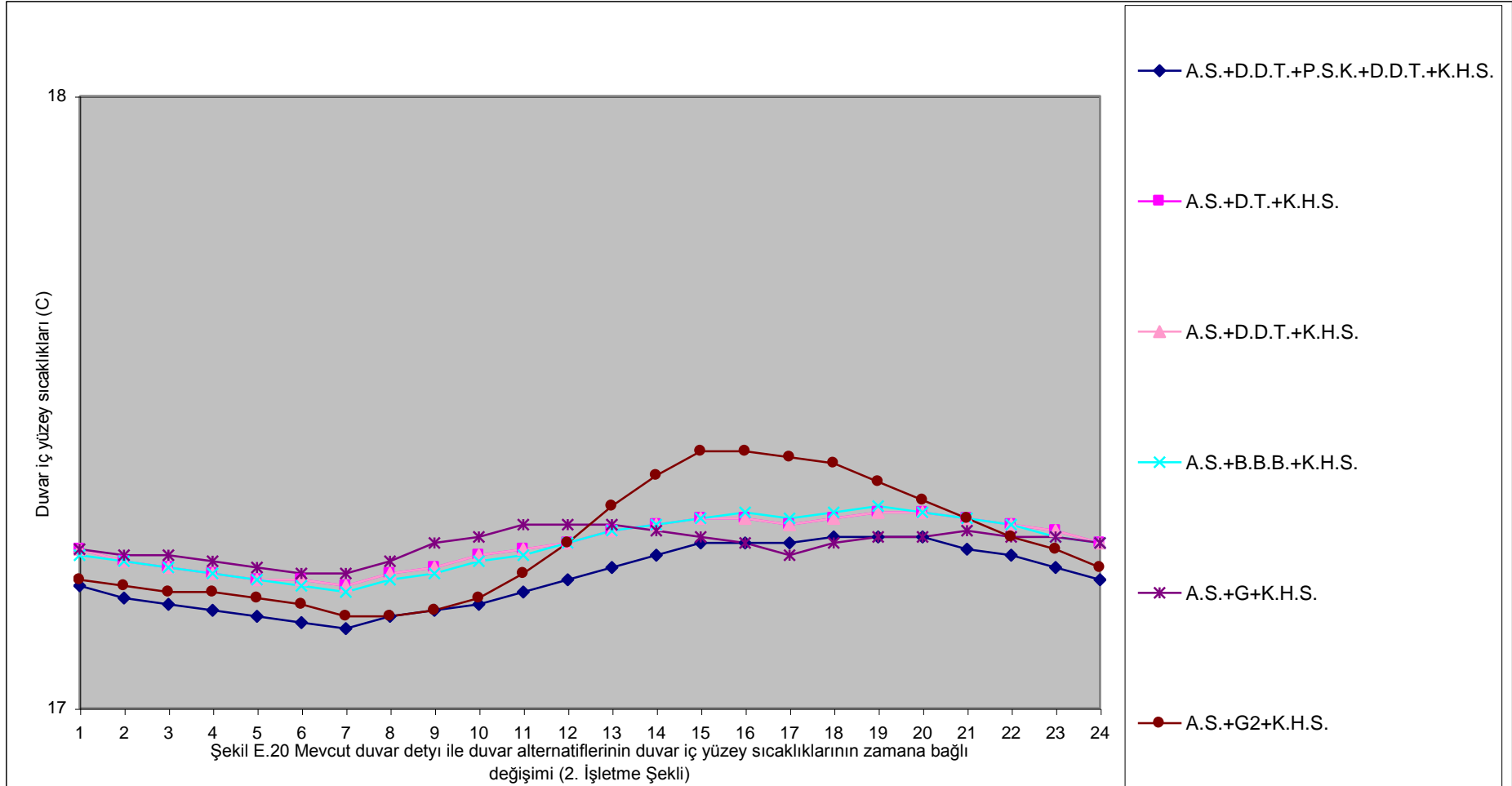
Şekil E.17 Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 5cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)

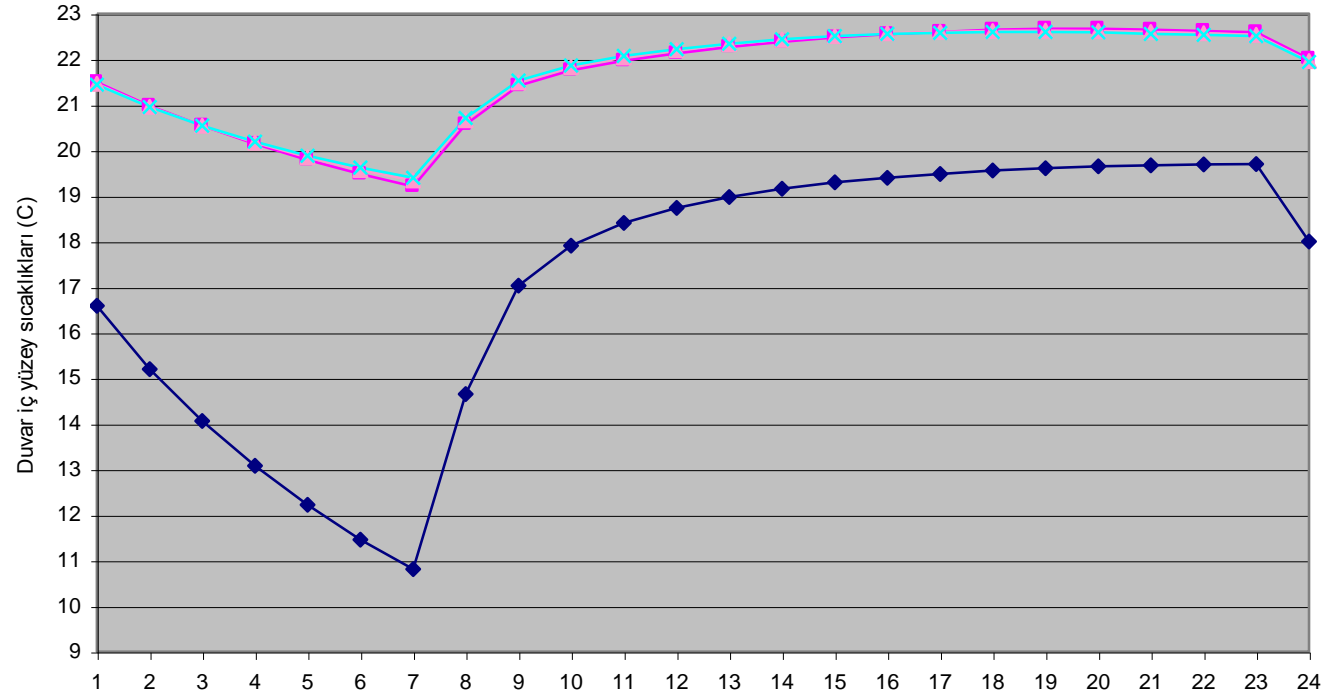






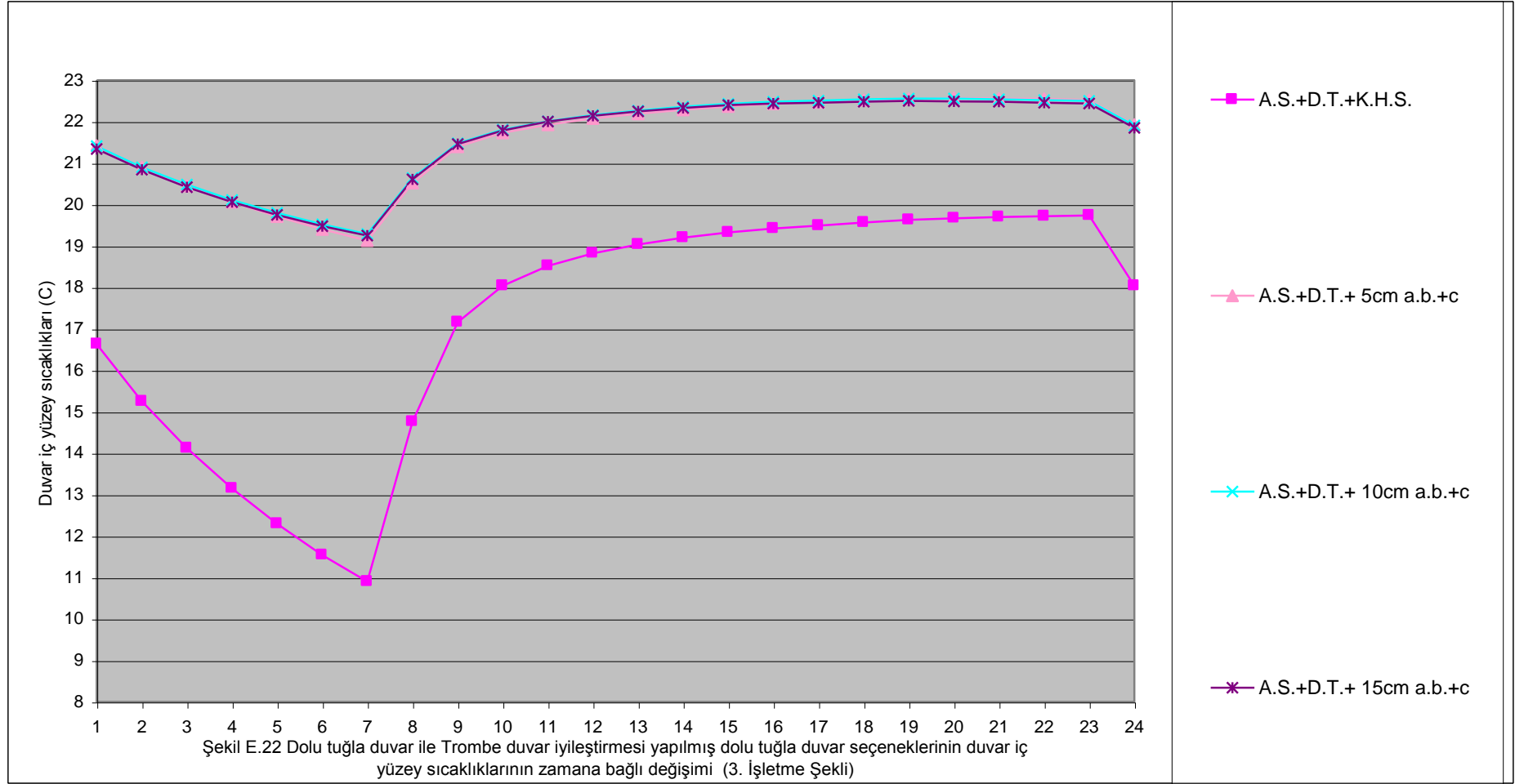
Şekil E.19 Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 15cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)

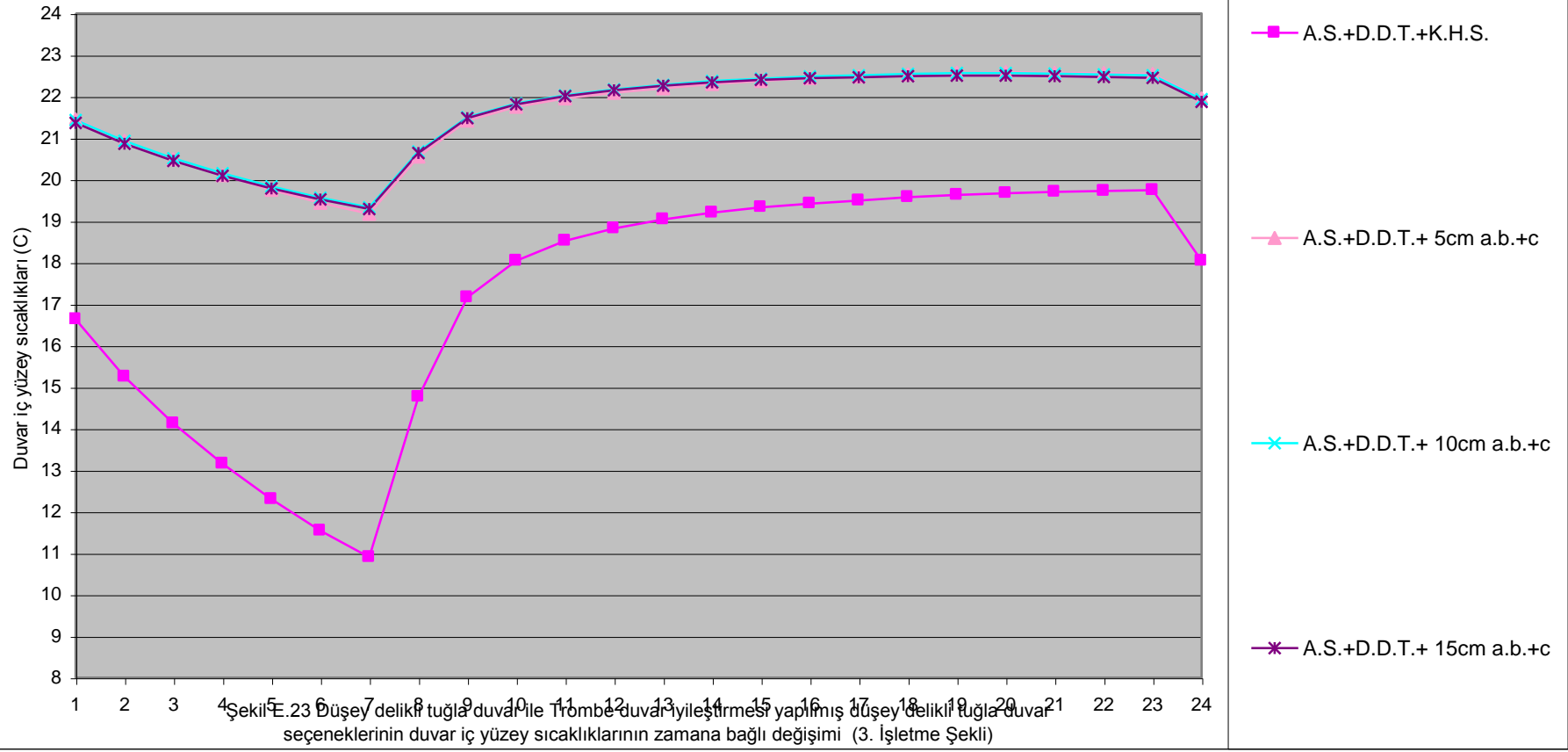


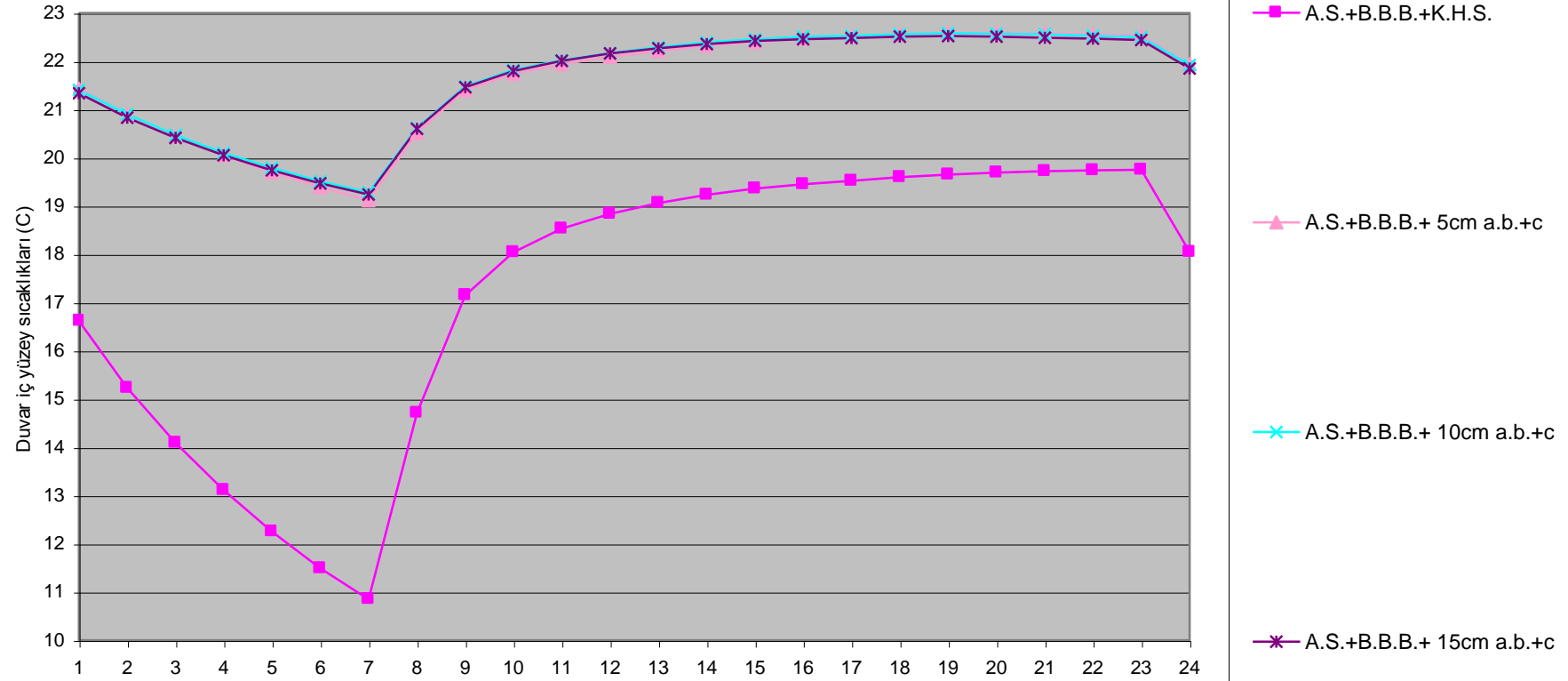


Şekil E.21 Mevcut duvar detayı ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)

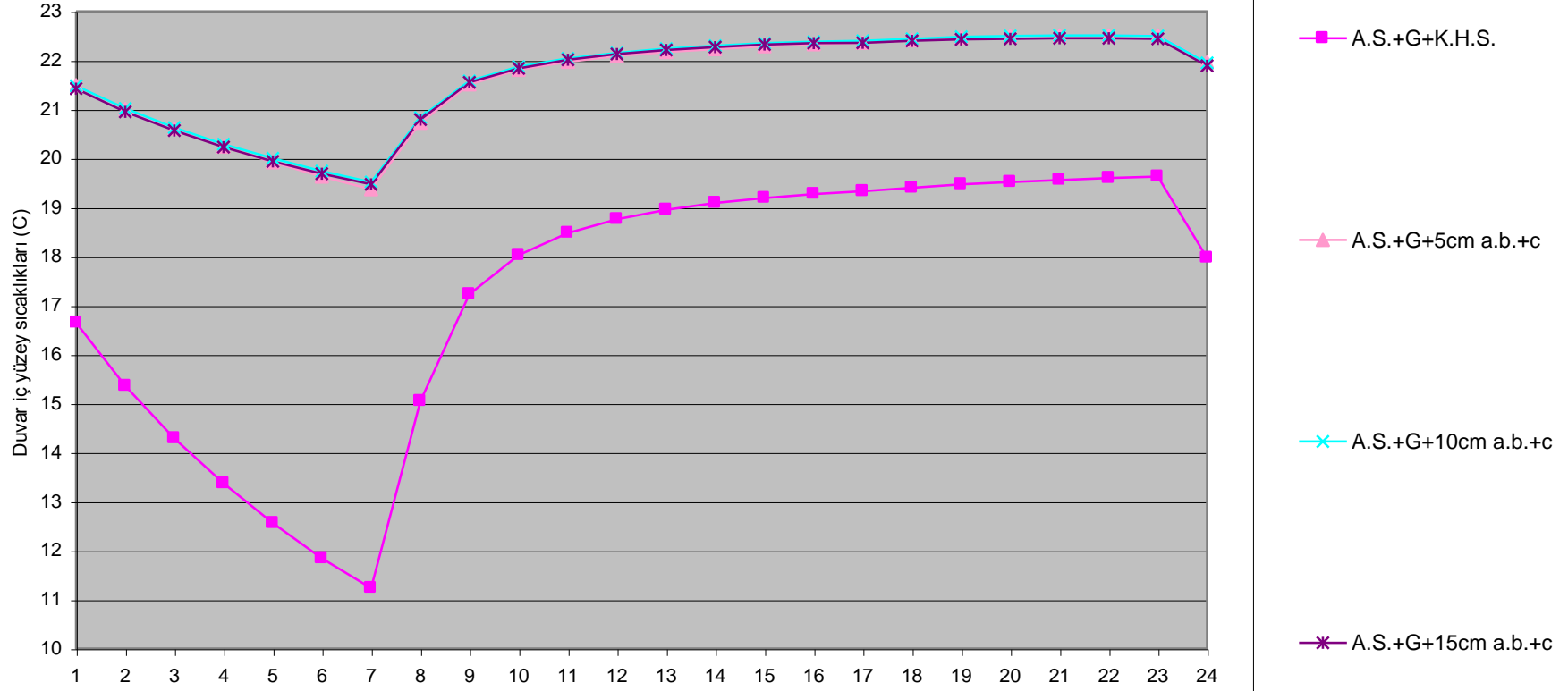
- ◆ A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+K.H.S.
- A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+5cm a.b.+c
- ▲ A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+10cm a.b.+c
- ✕ A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+15cm a.b.+c



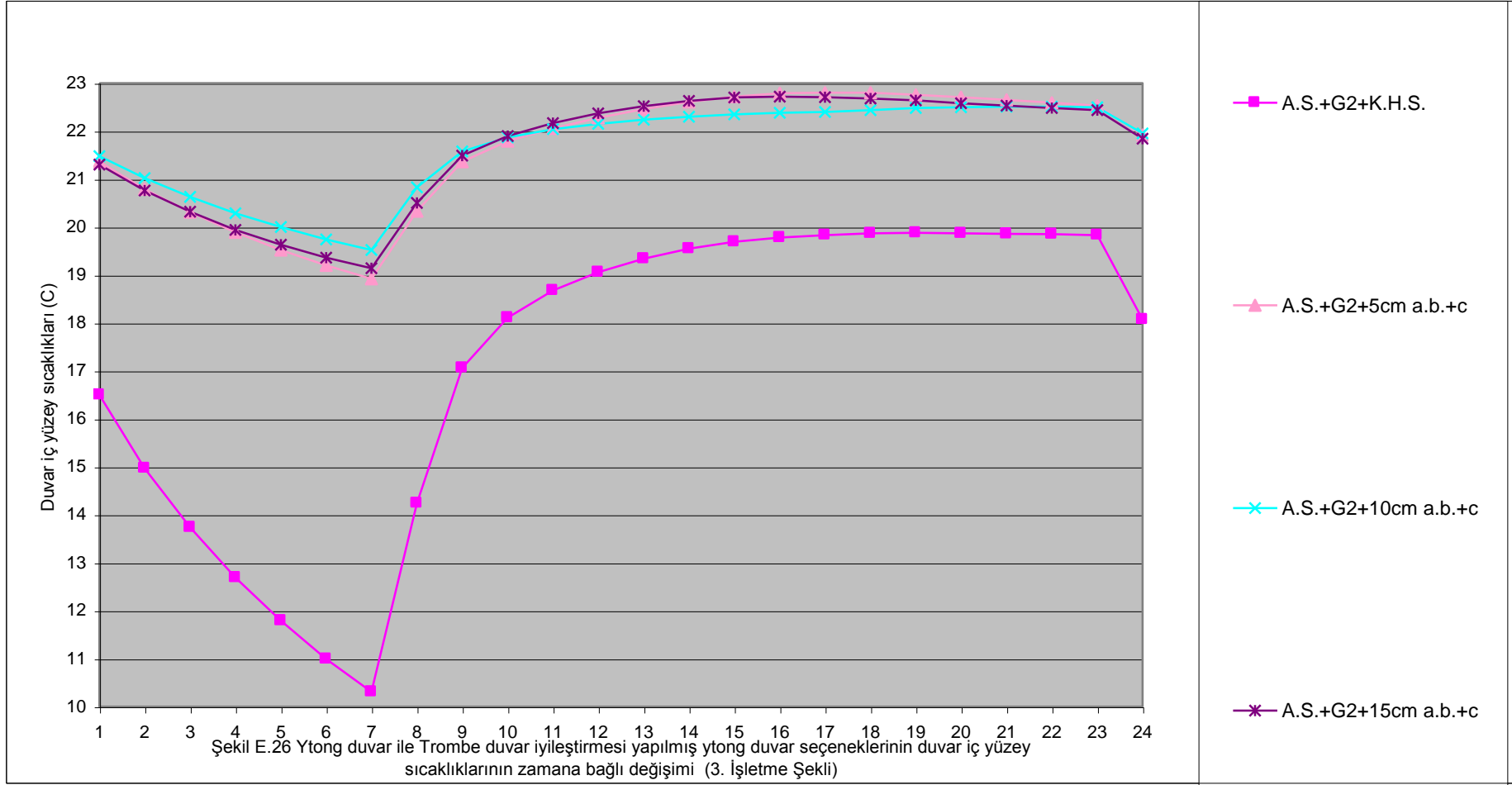


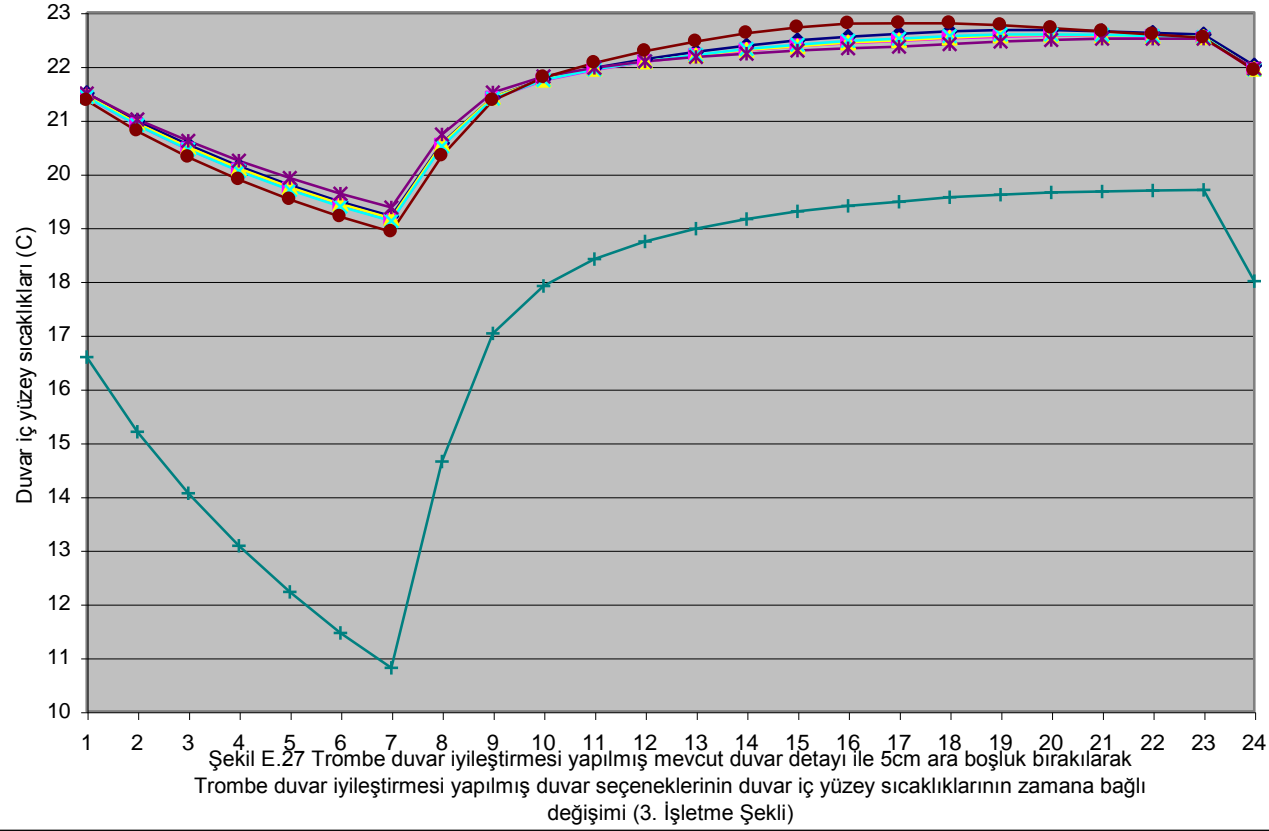


Şekil E.24 Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)

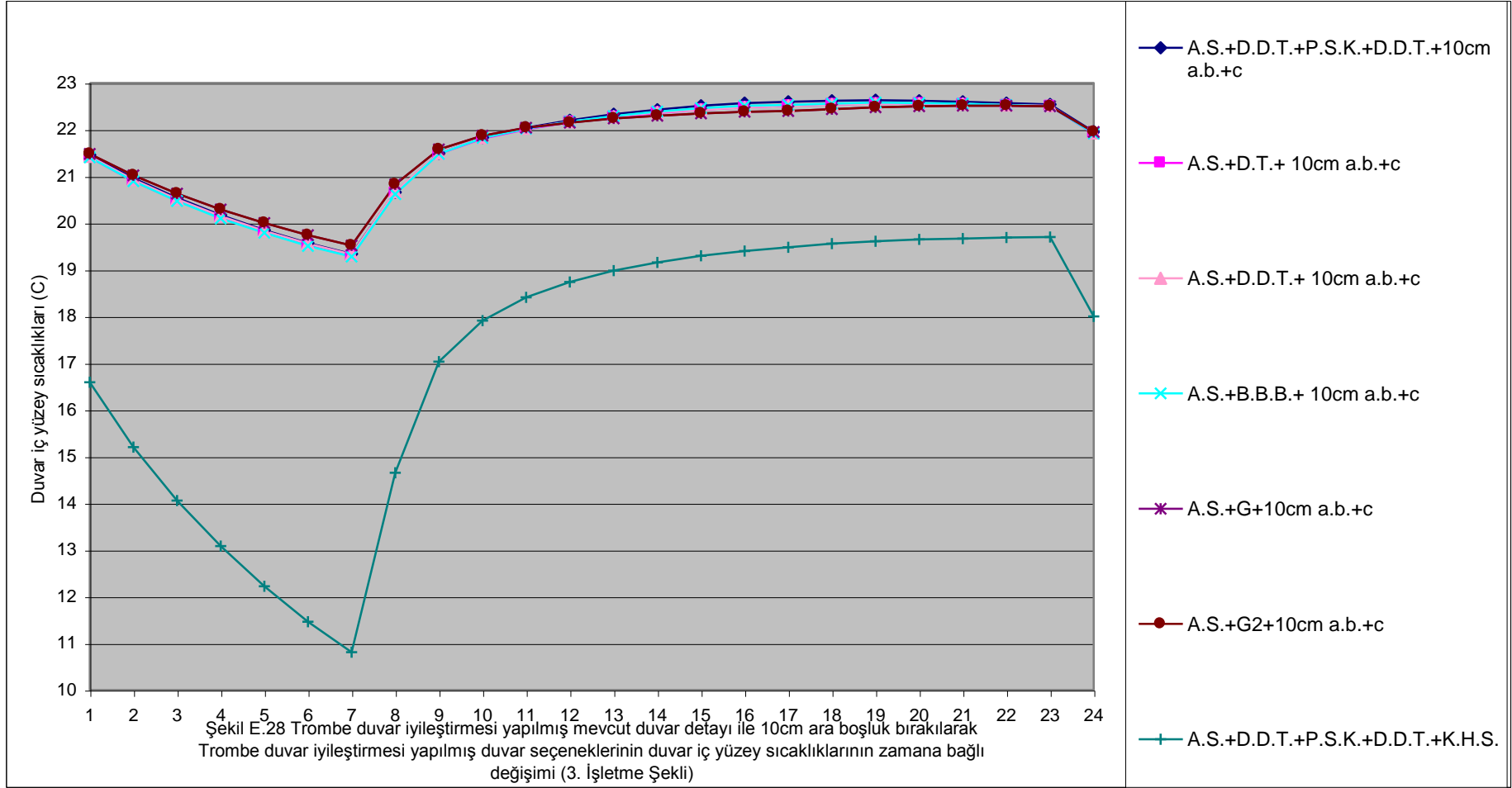


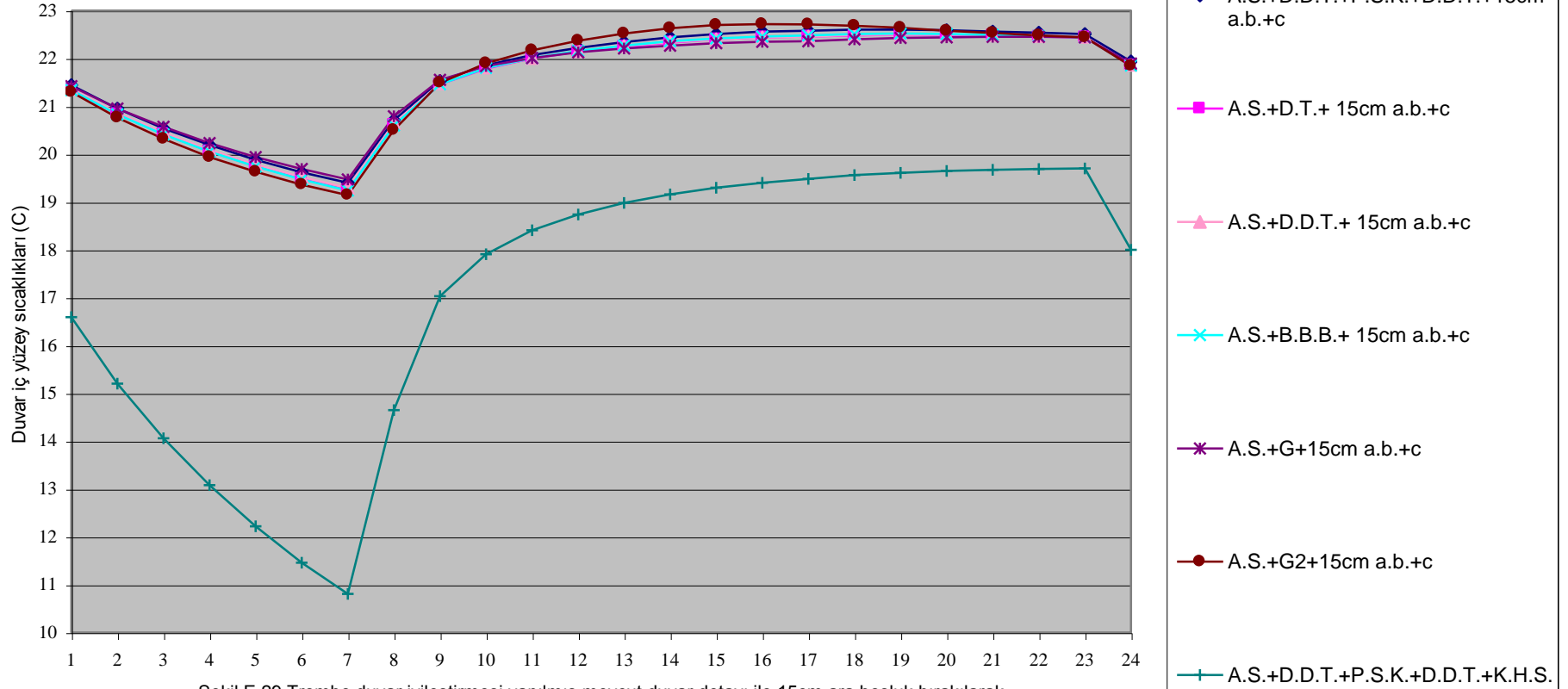
Şekil E.25 Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)



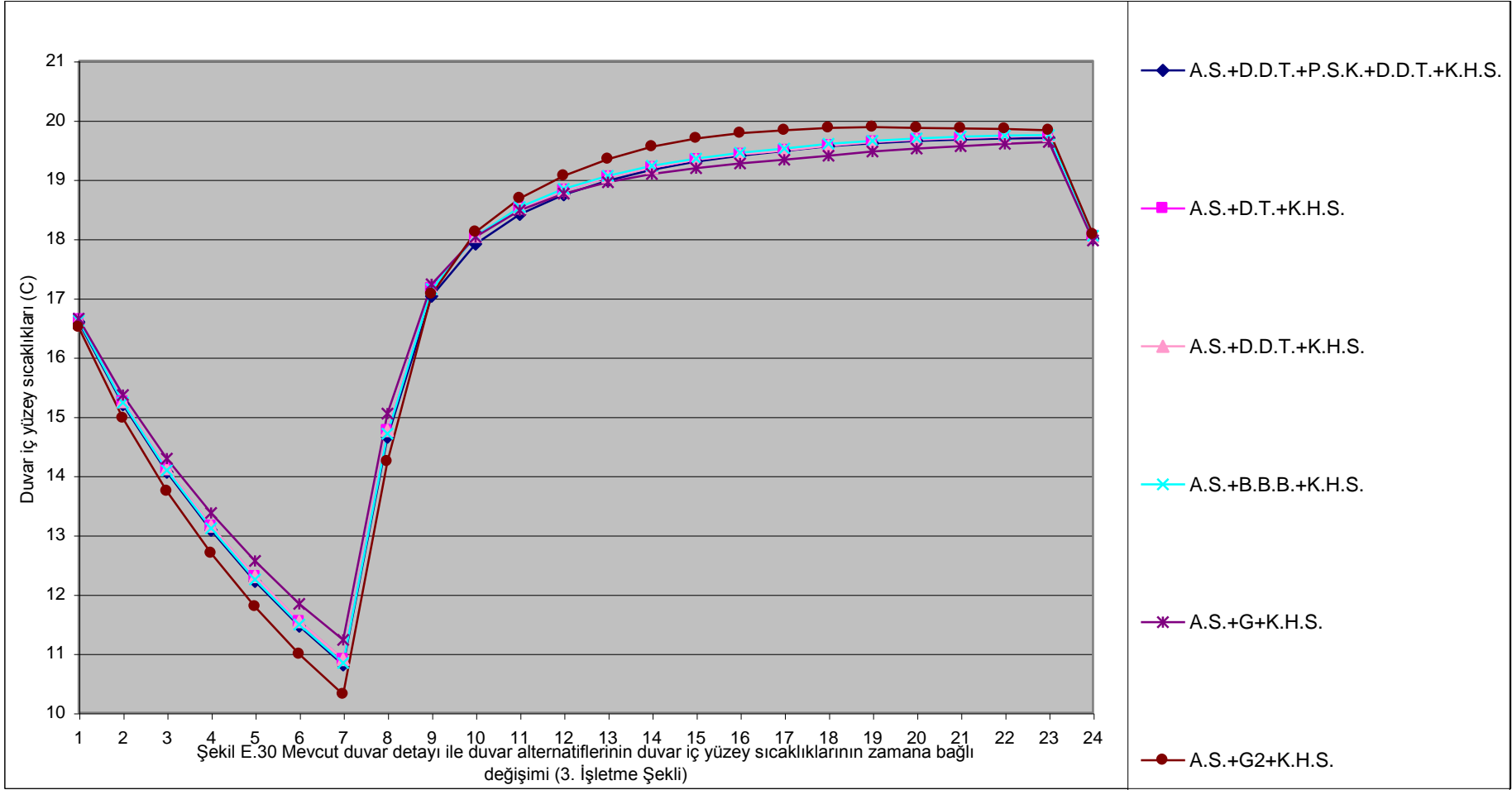


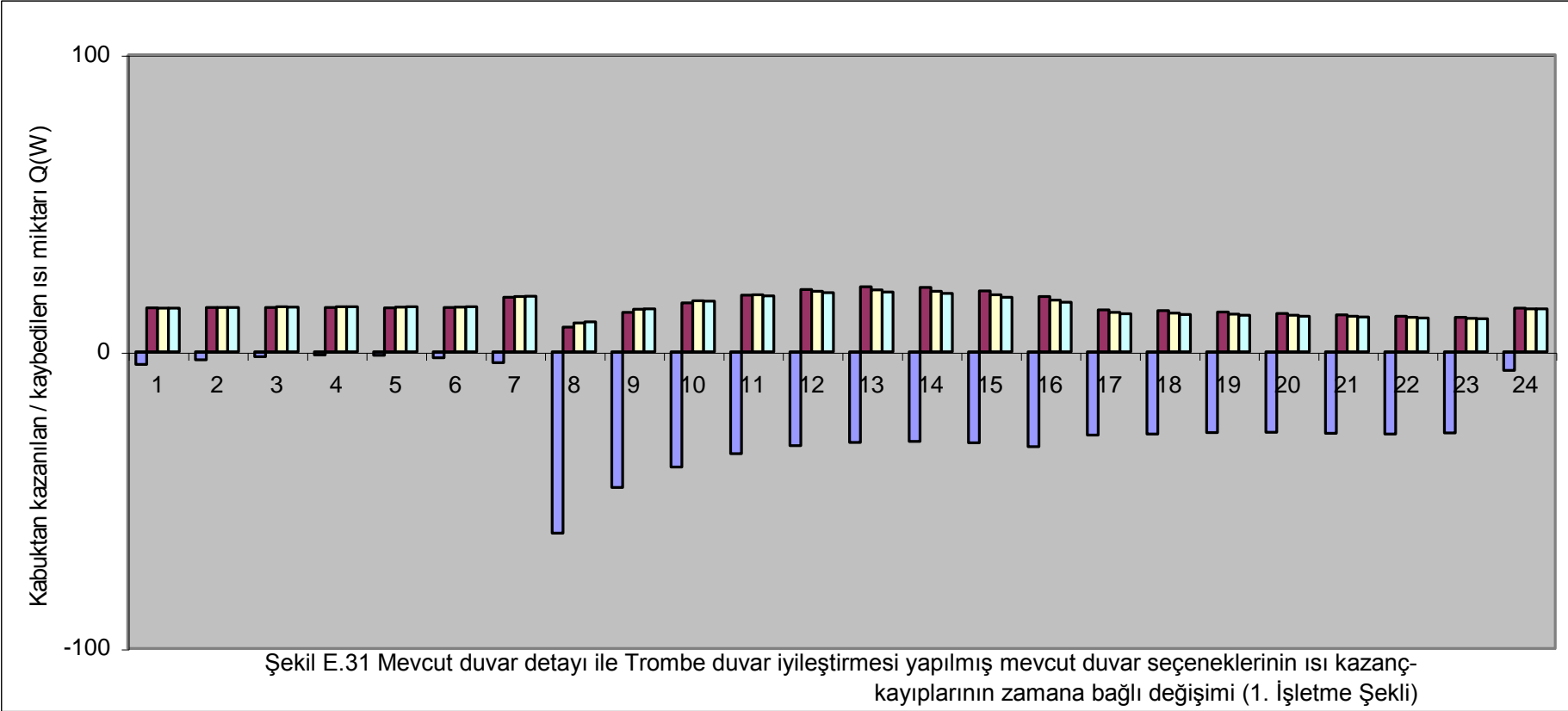
- ◆ A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+5cm a.b.+c
- A.S.+D.T.+ 5cm a.b.+c
- ▲ A.S.+D.D.T.+ 5cm a.b.+c
- × A.S.+B.B.B.+ 5cm a.b.+c
- * A.S.+G+5cm a.b.+c
- A.S.+G2+5cm a.b.+c
- + A.S.+D.D.T.+P.S.K.+D.D.T.+K.H.S.

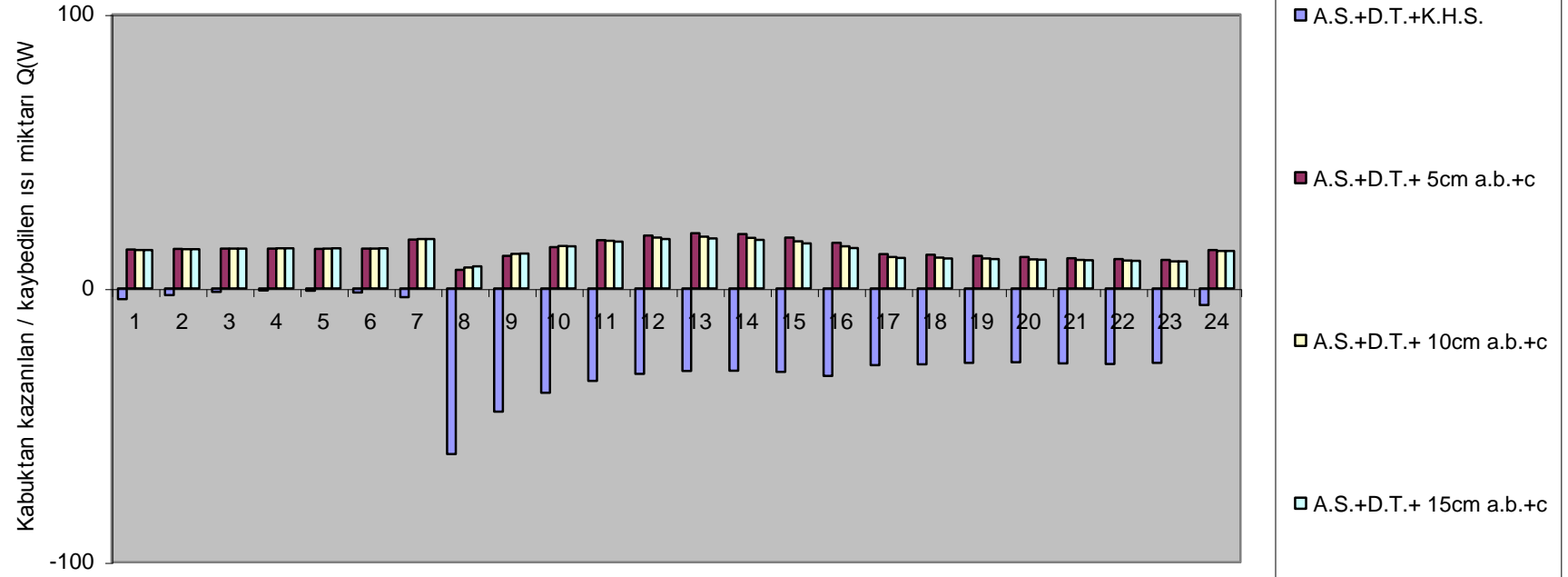




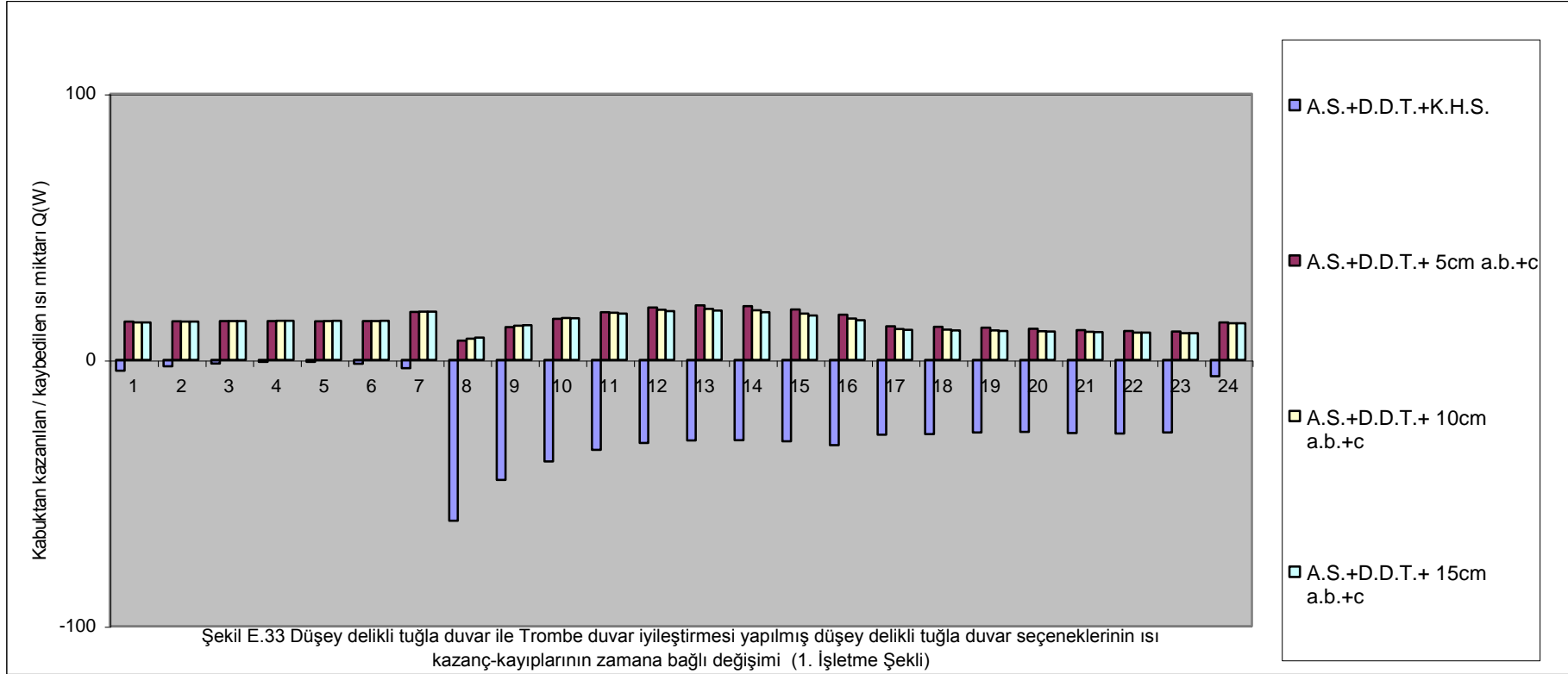
Şekil E.29 Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış mevcut duvar detayı ile 15cm ara boşluk bırakılarak Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış duvar seçeneklerinin duvar iç yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi (3. İşletme Şekli)

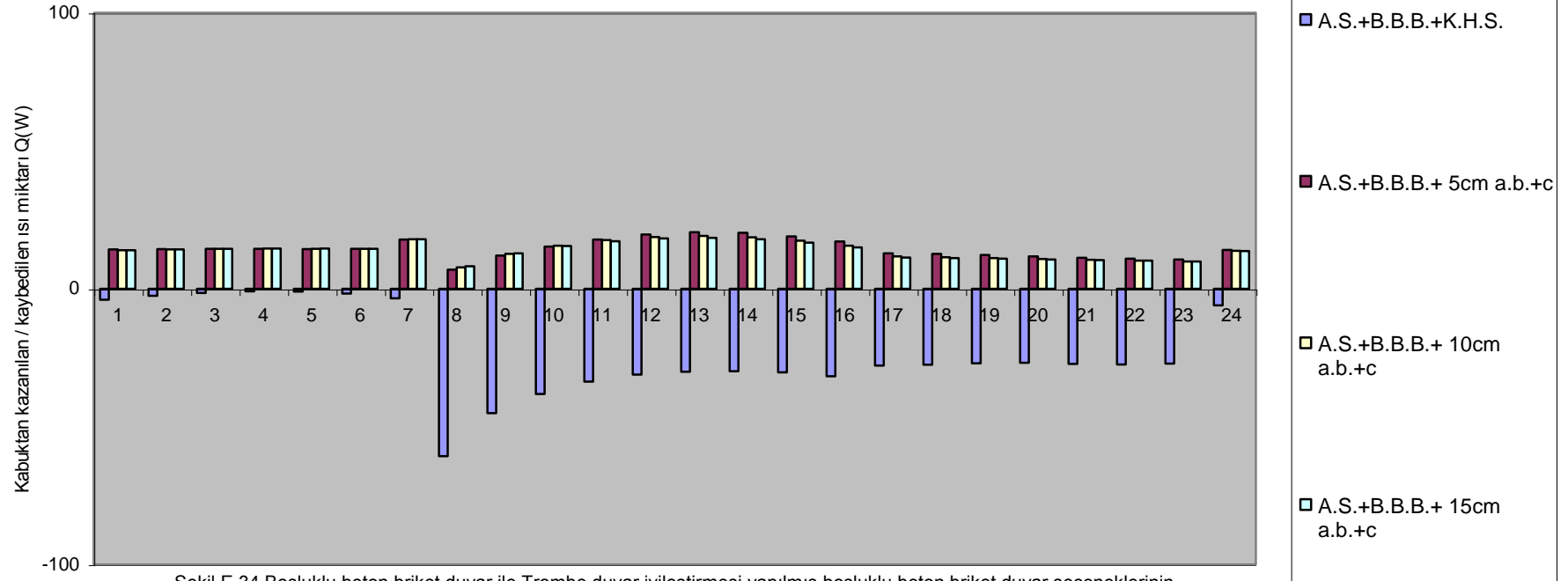




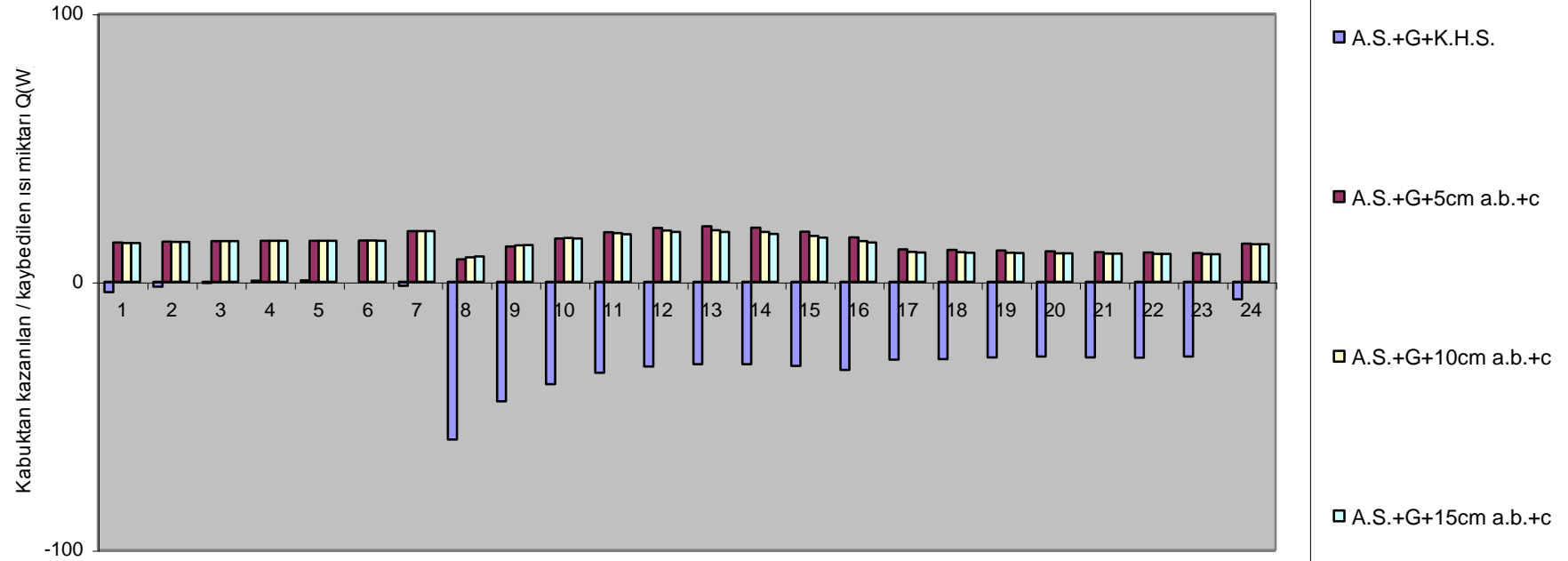


Şekil E.32 Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

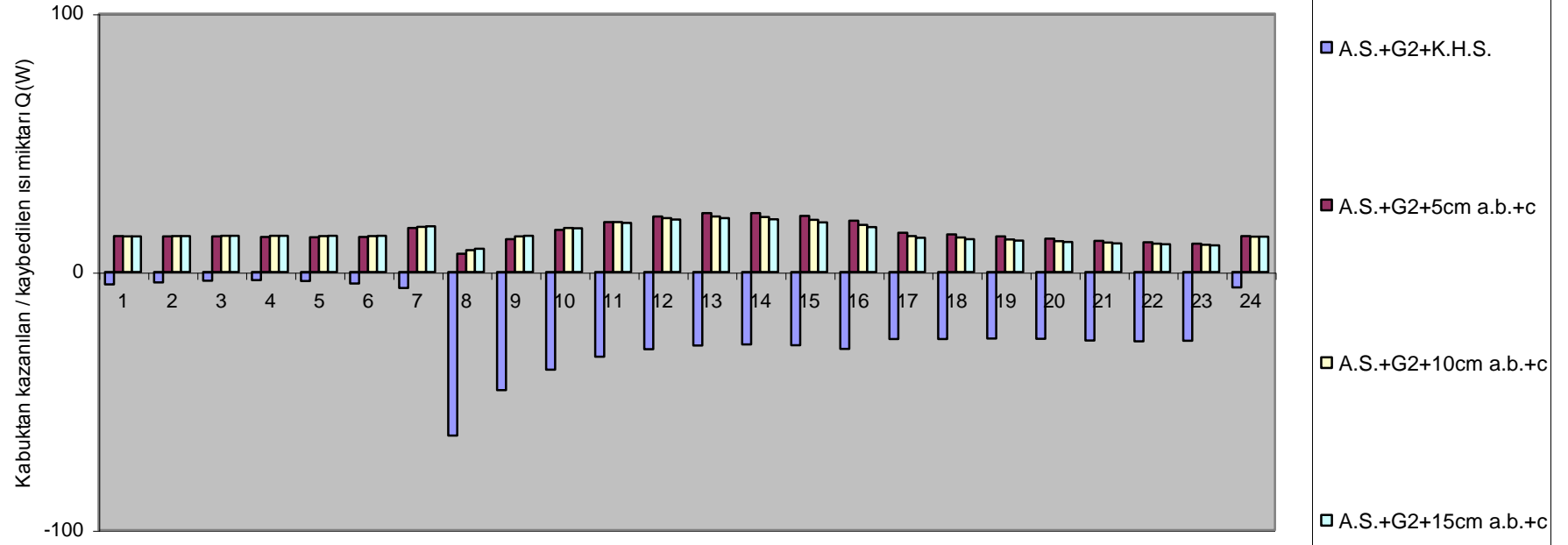




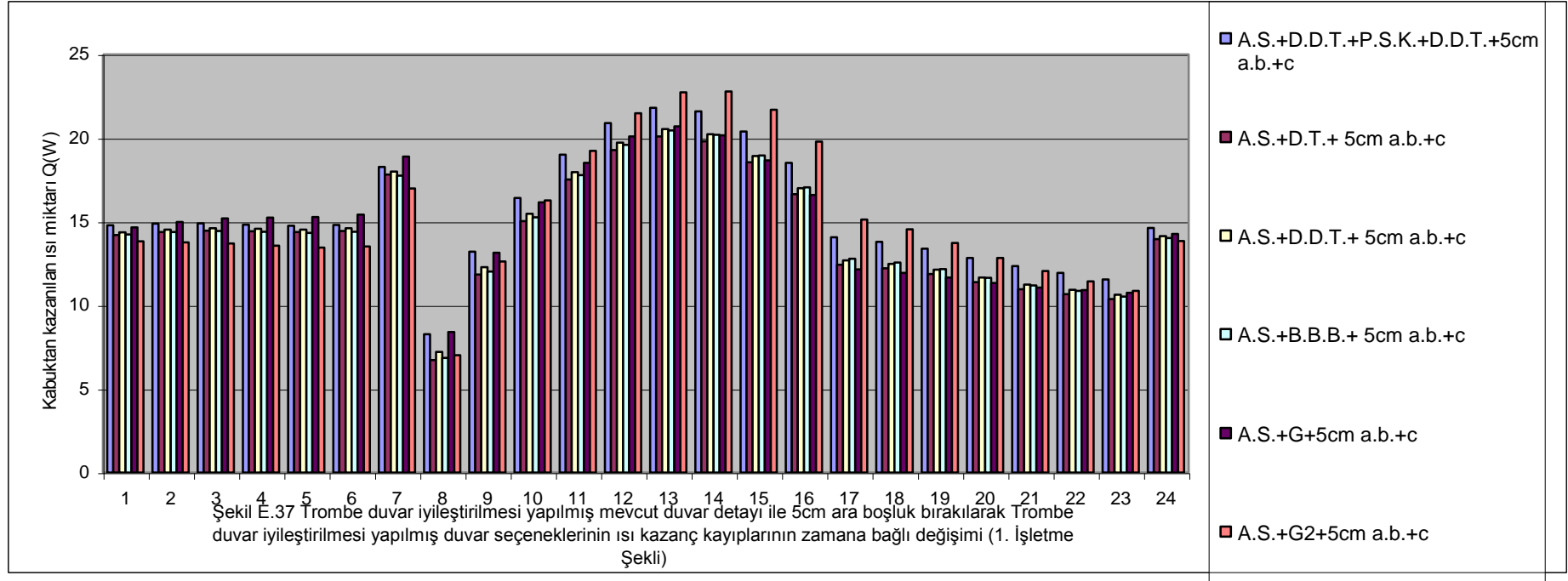
Şekil E.34 Boşluklu beton briket duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış boşluklu beton briket duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

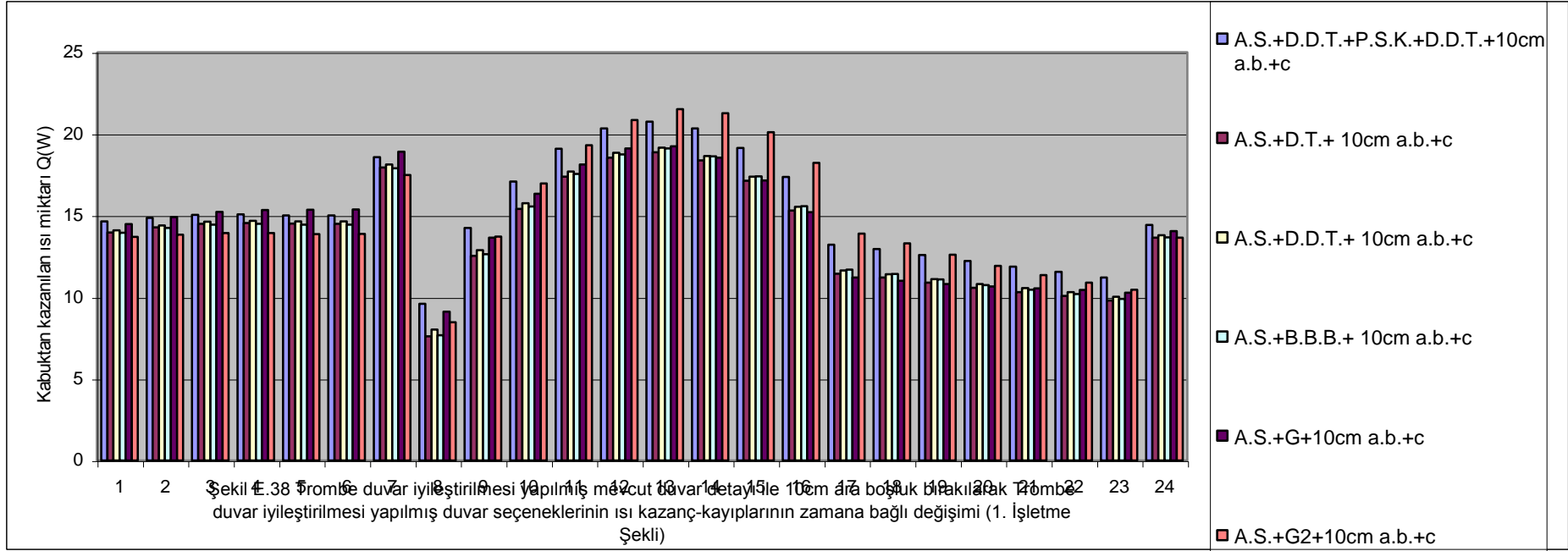


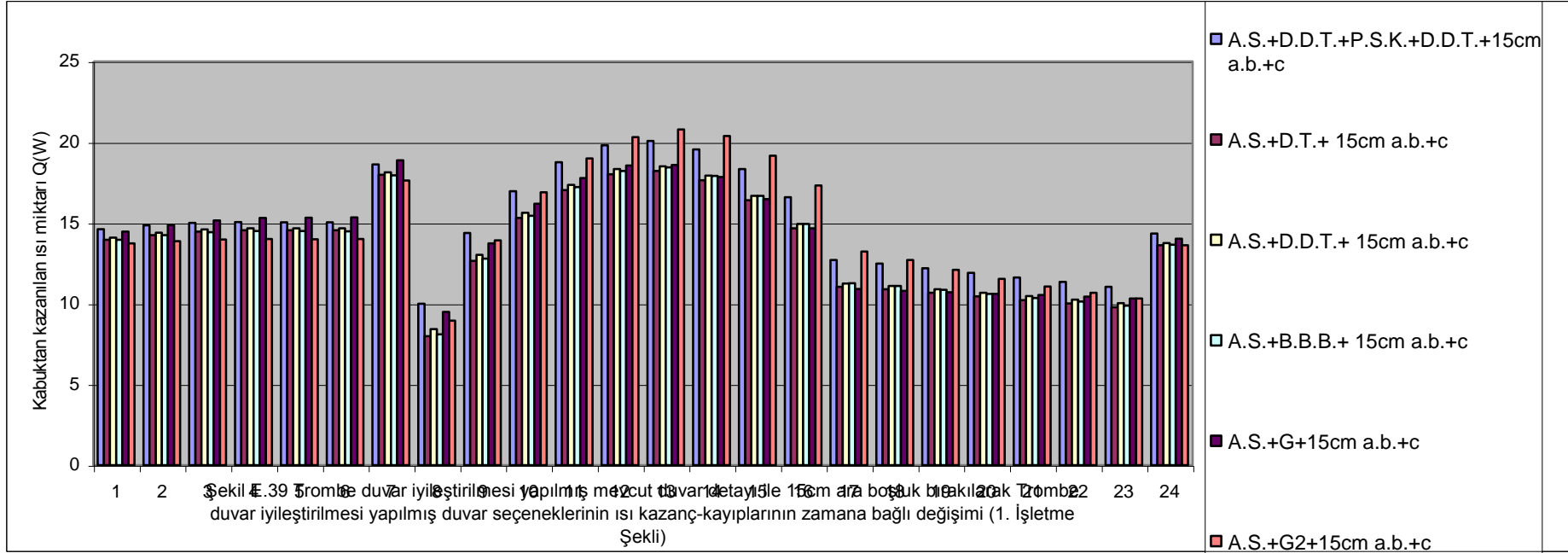
Şekil E.35 Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

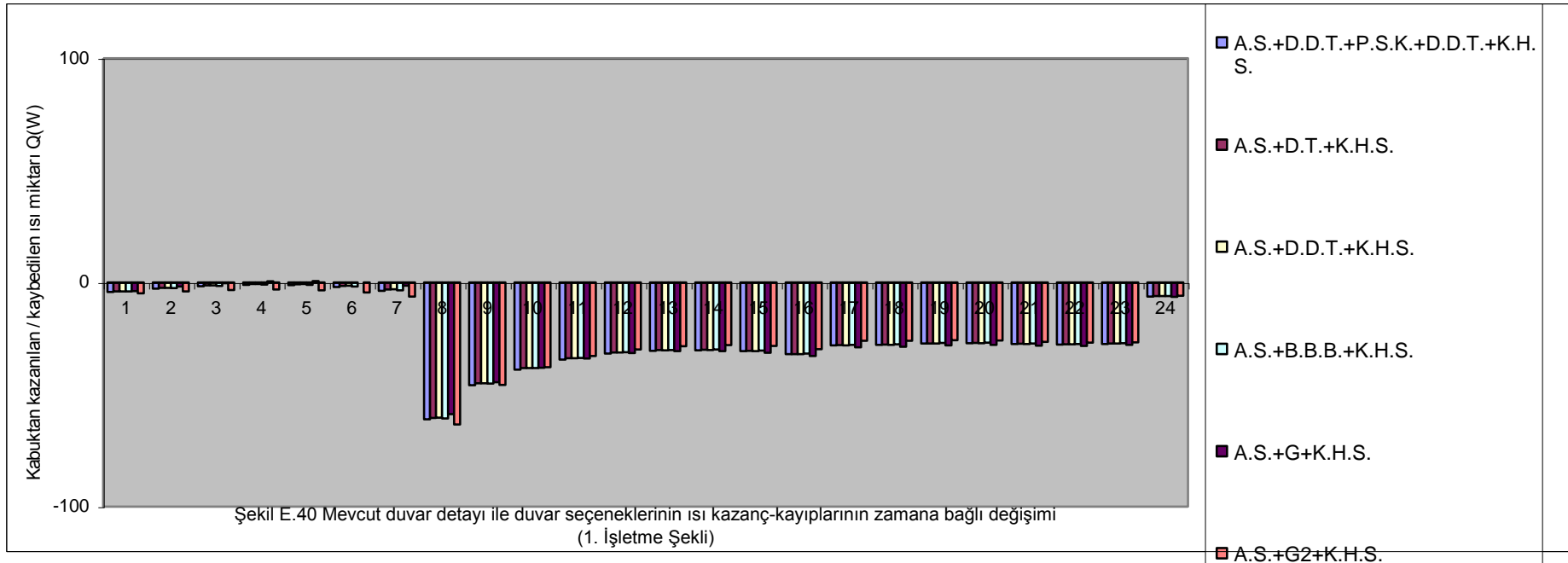


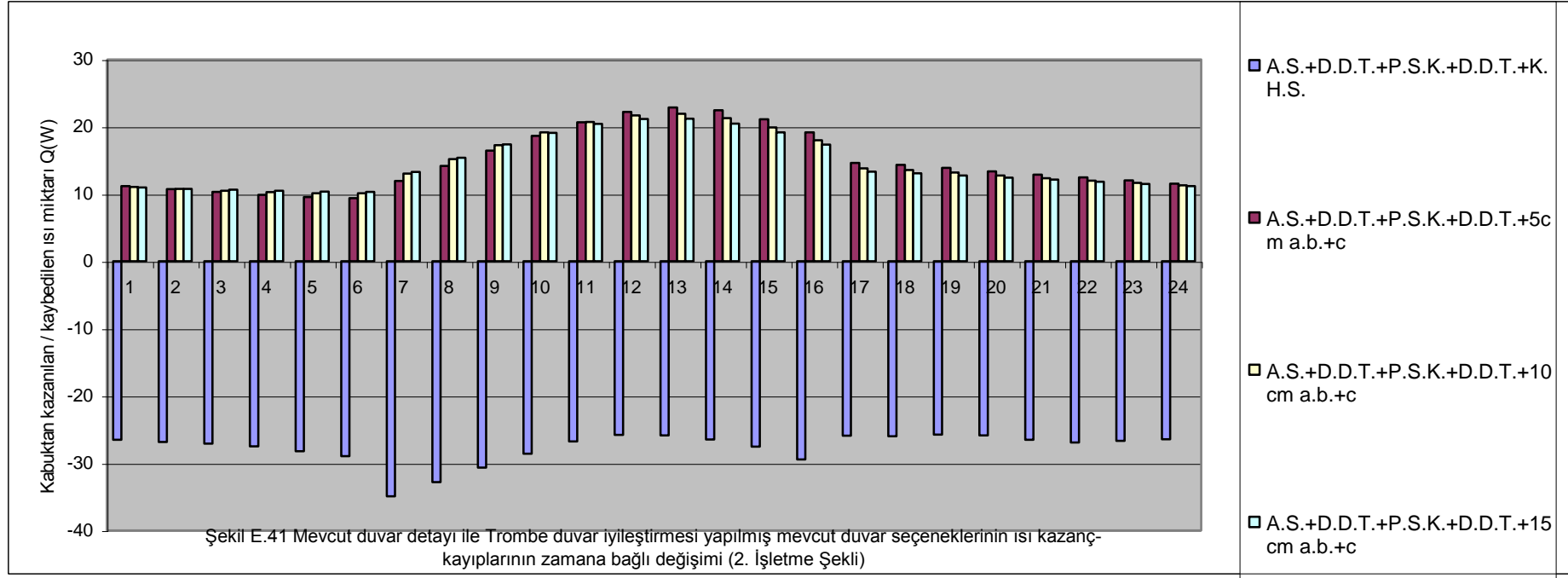
Şekil E.36 Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (1. İşletme Şekli)

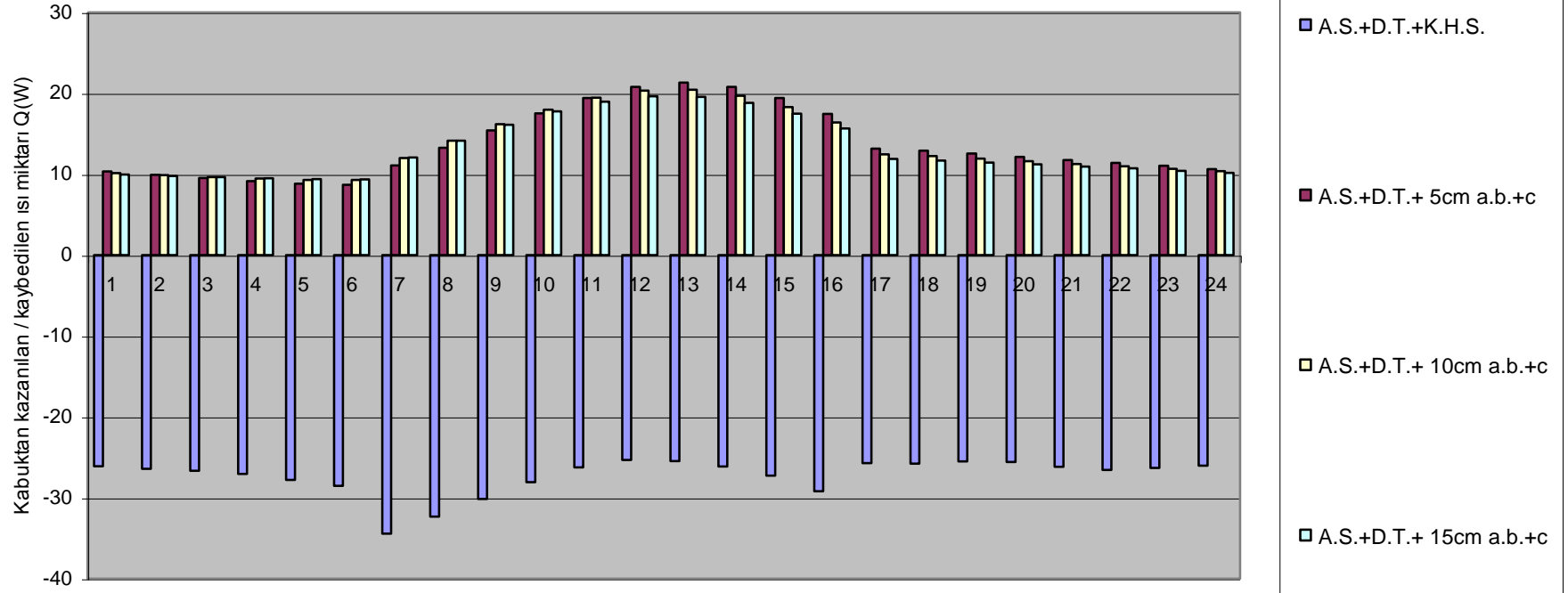




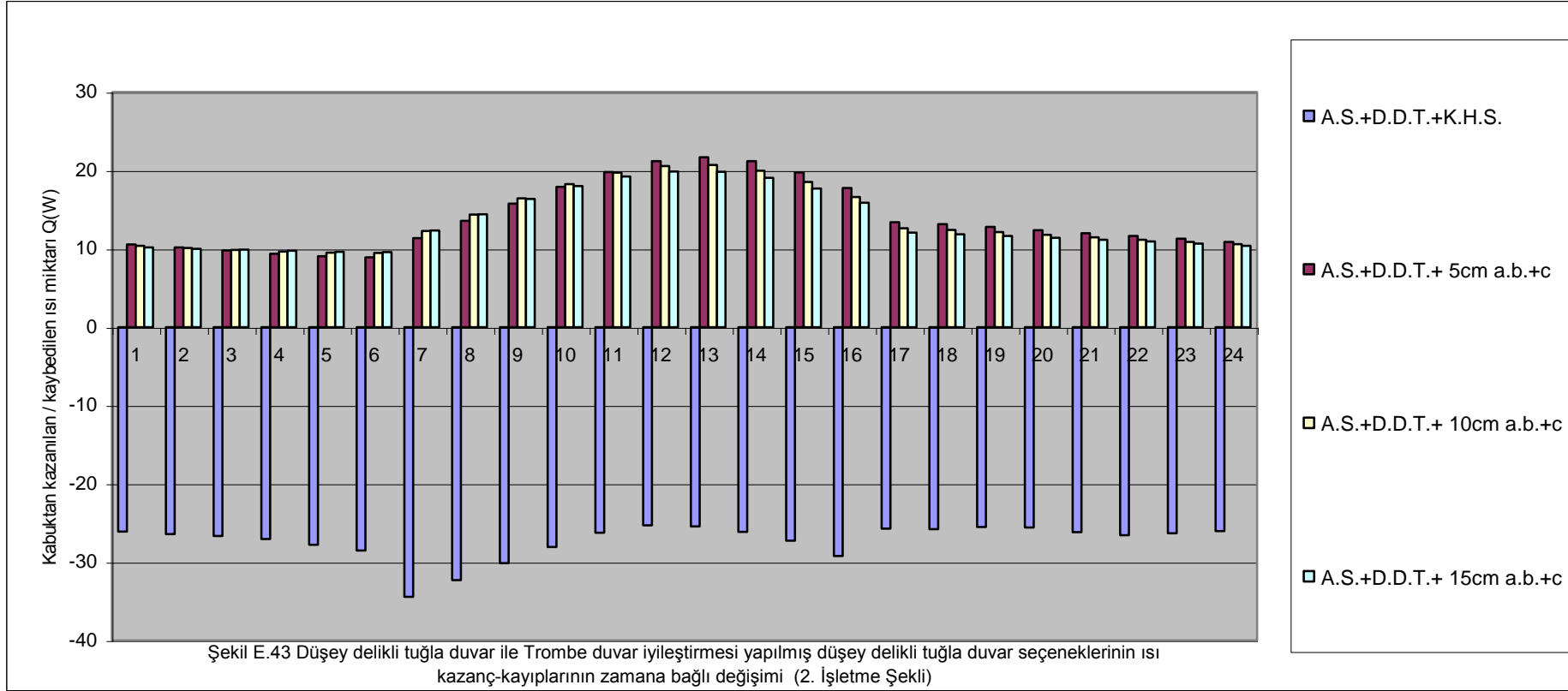


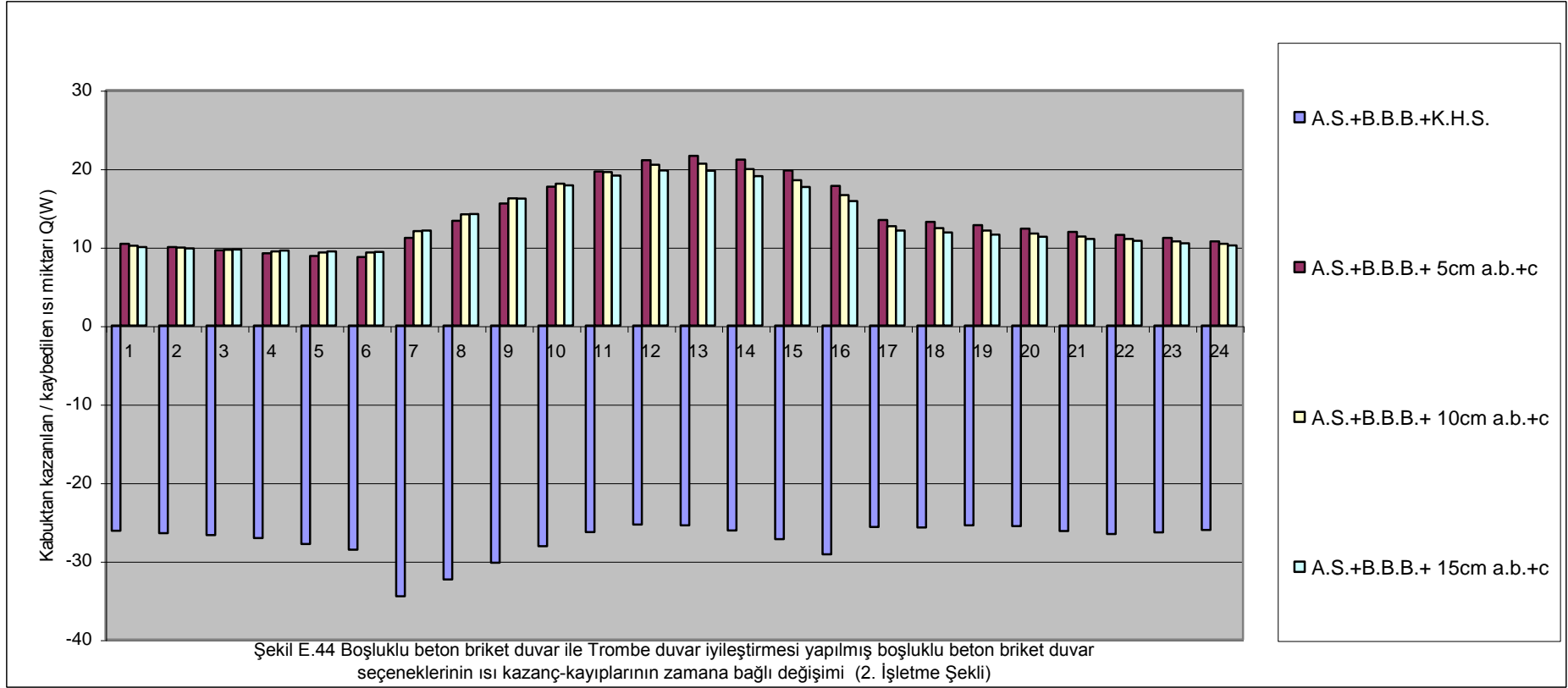


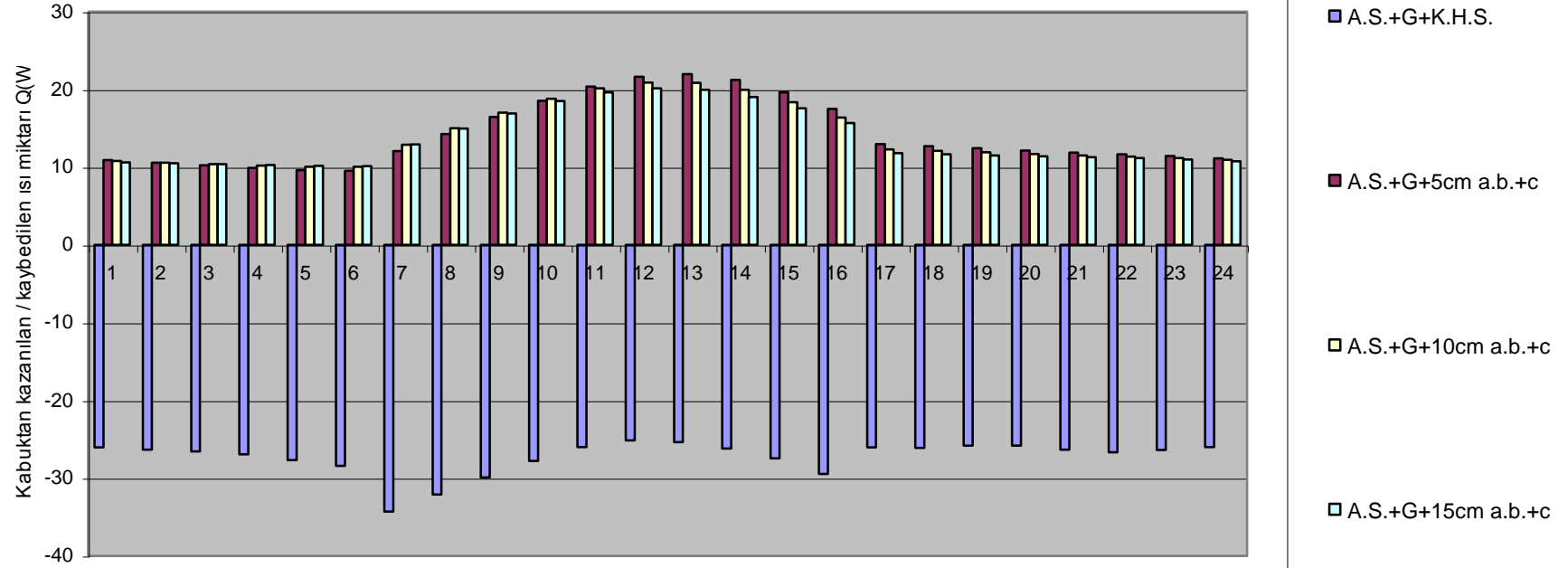




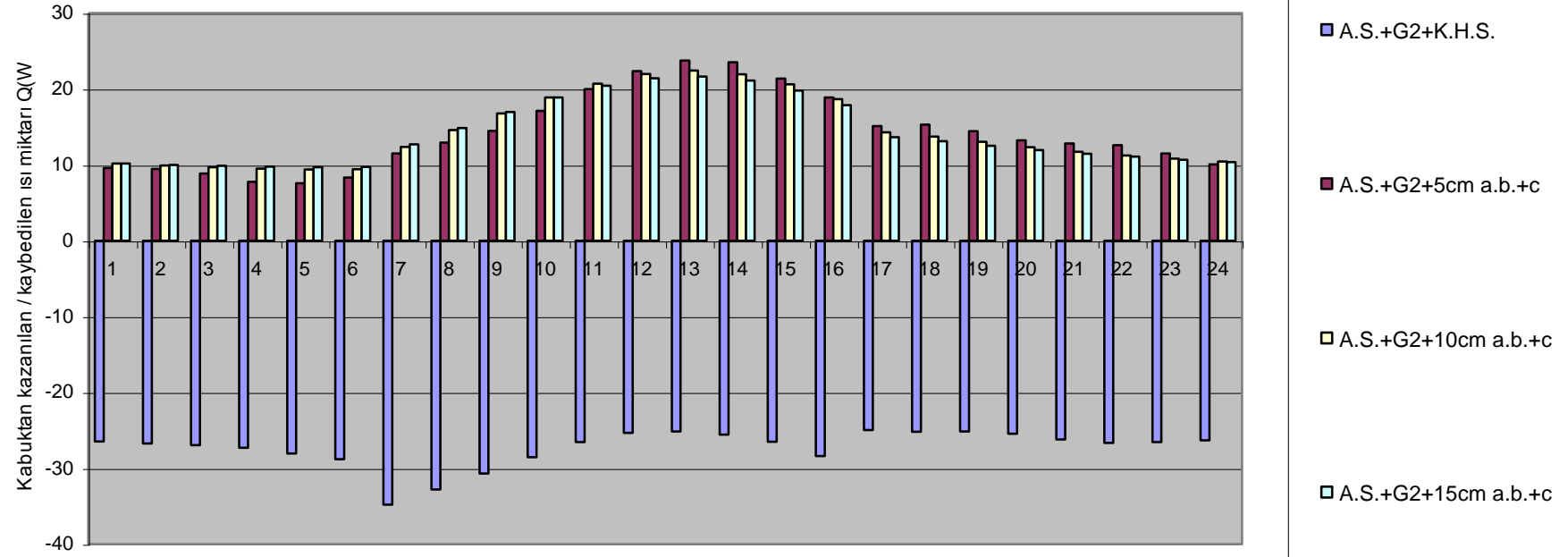
Şekil E.42 Dolu tuğla duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış dolu tuğla duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)



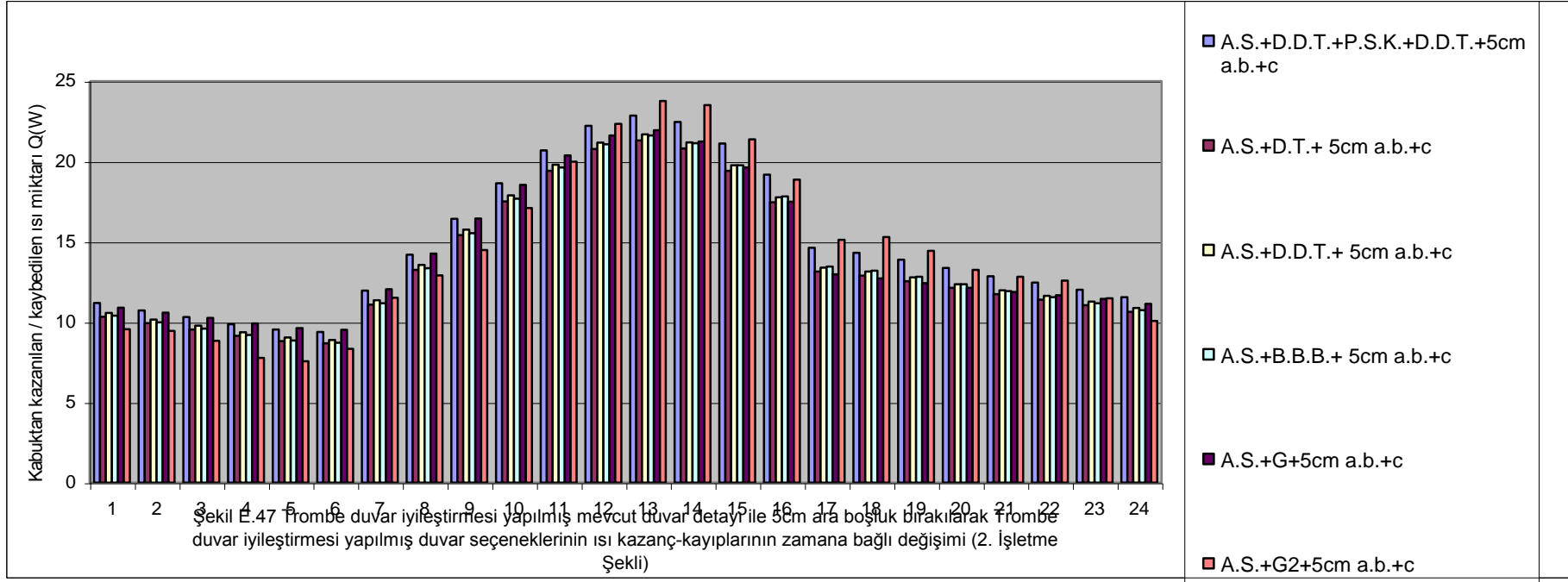


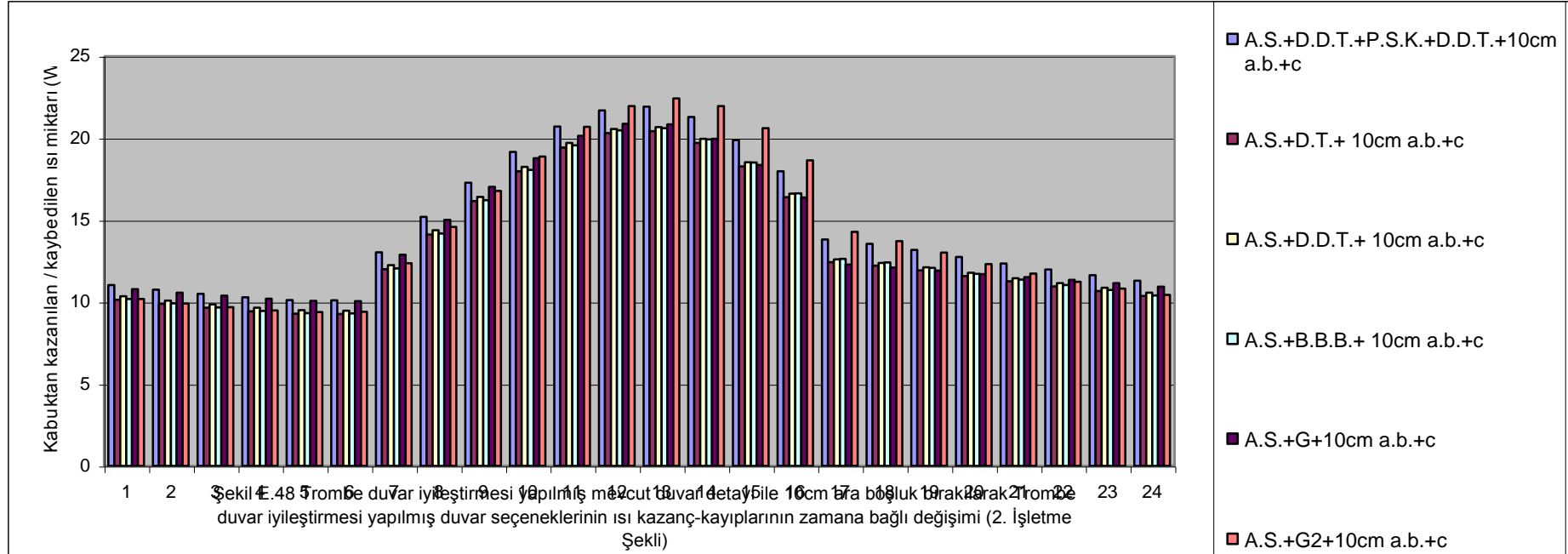


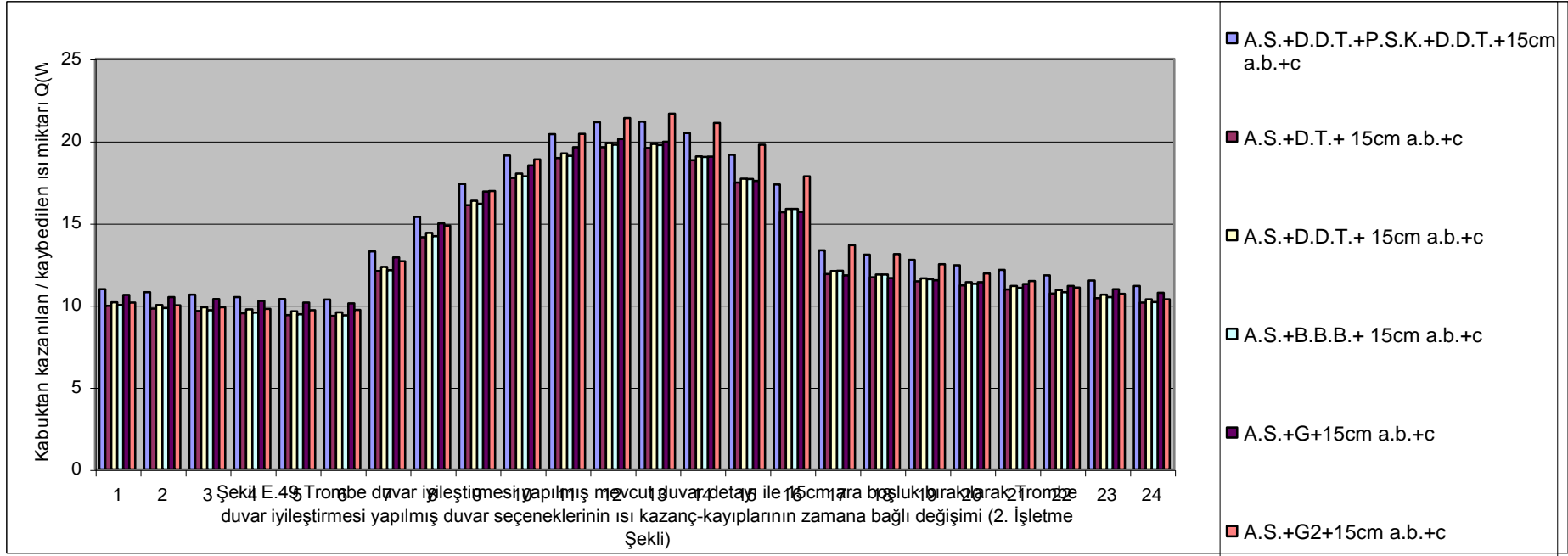
Şekil E.45 Gazbeton duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış gazbeton duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)

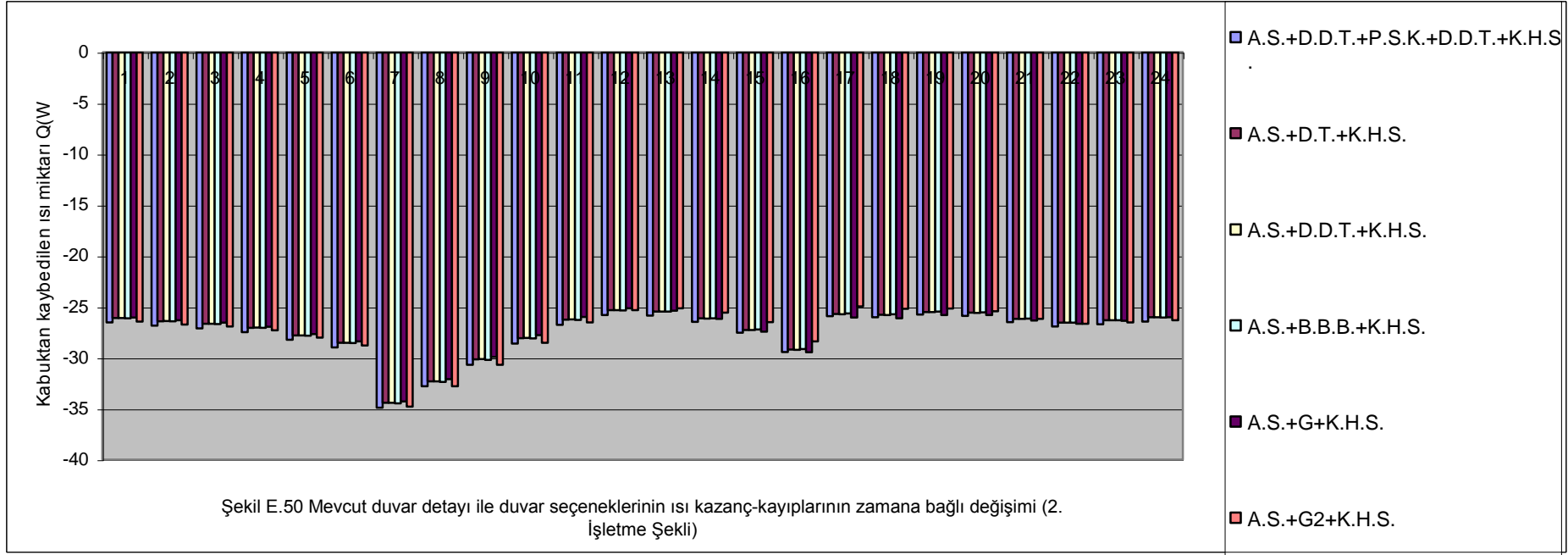


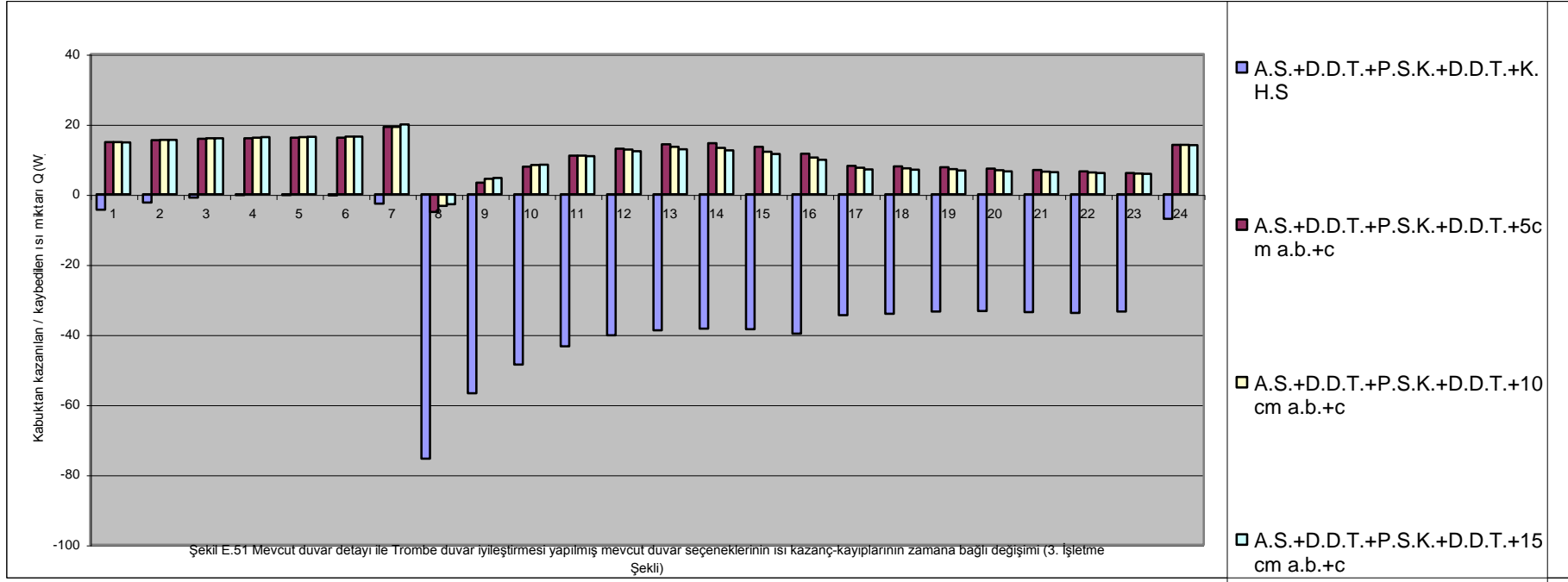
Şekil E.46 Ytong duvar ile Trombe duvar iyileştirmesi yapılmış ytong duvar seçeneklerinin ısı kazanç-kayıplarının zamana bağlı değişimi (2. İşletme Şekli)

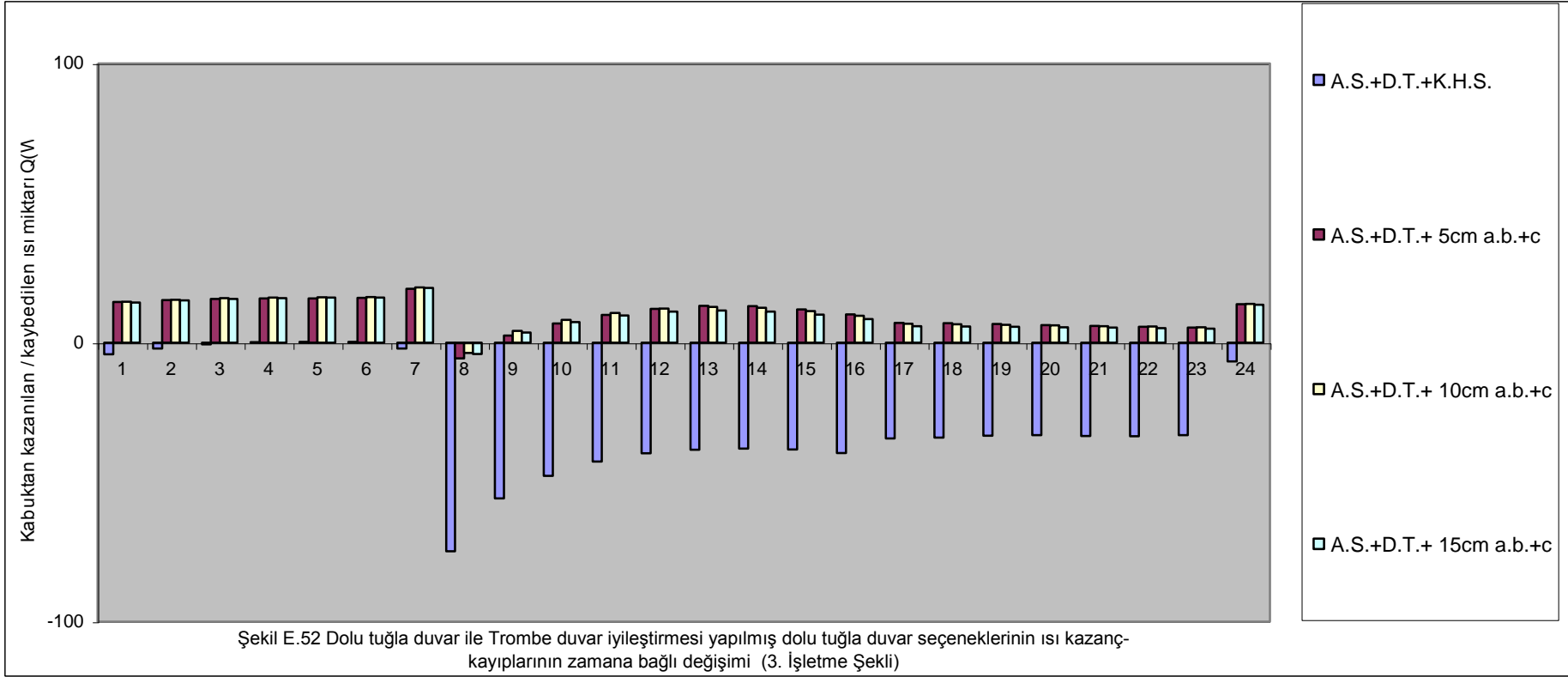


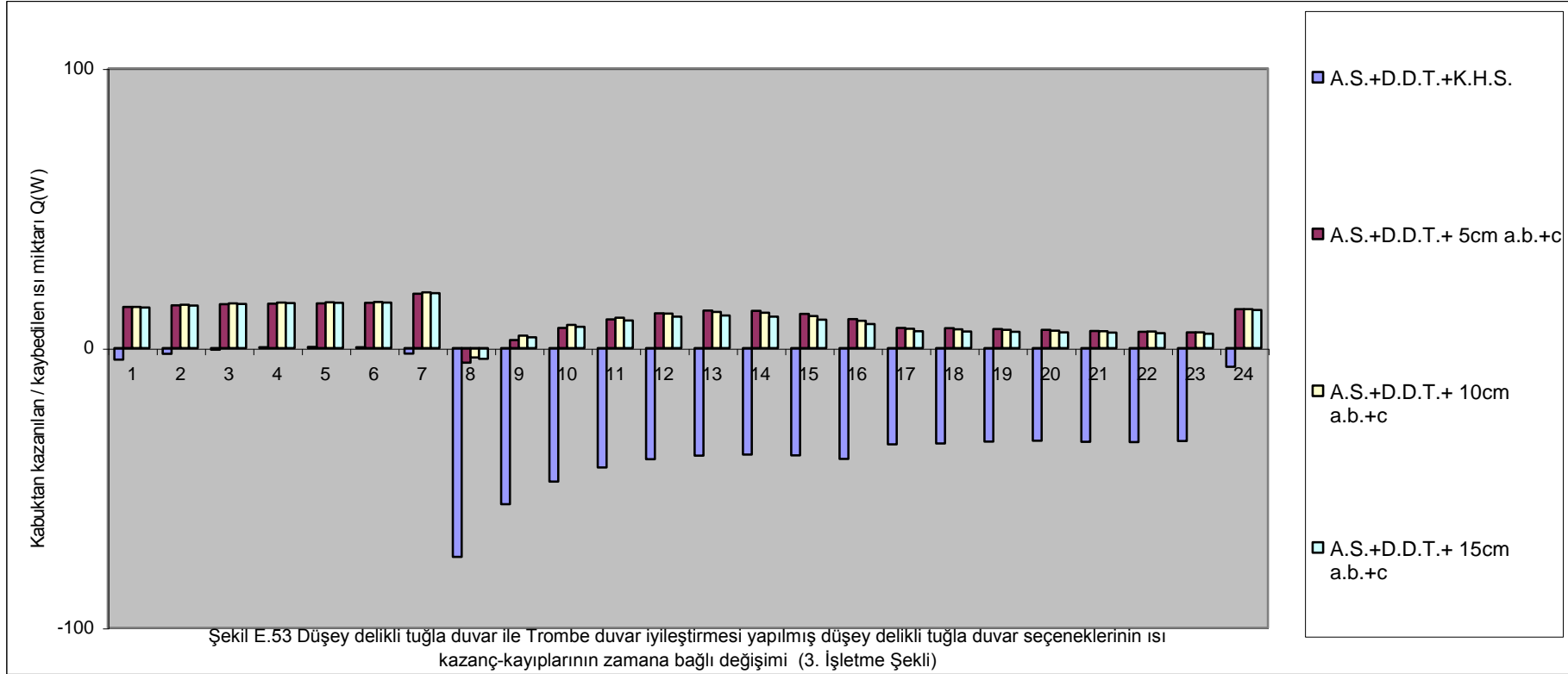


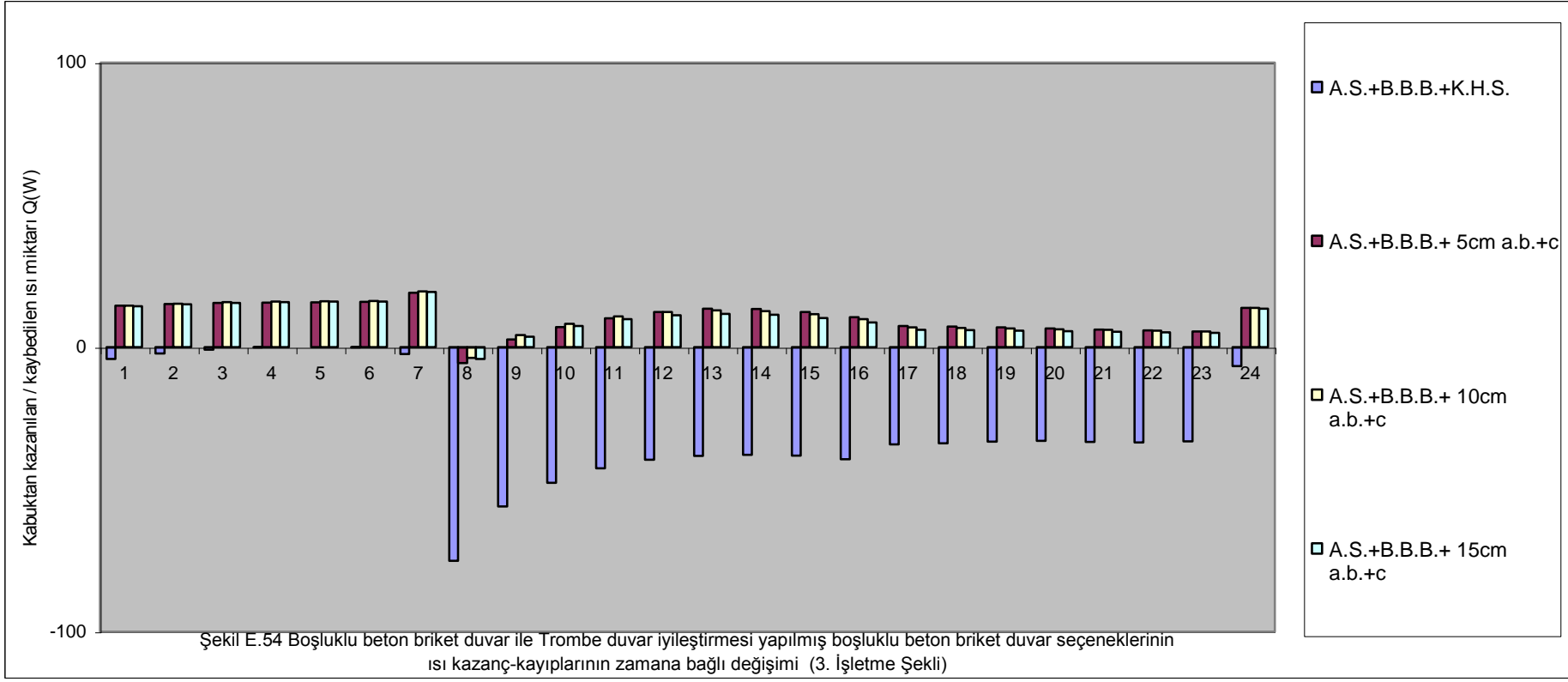


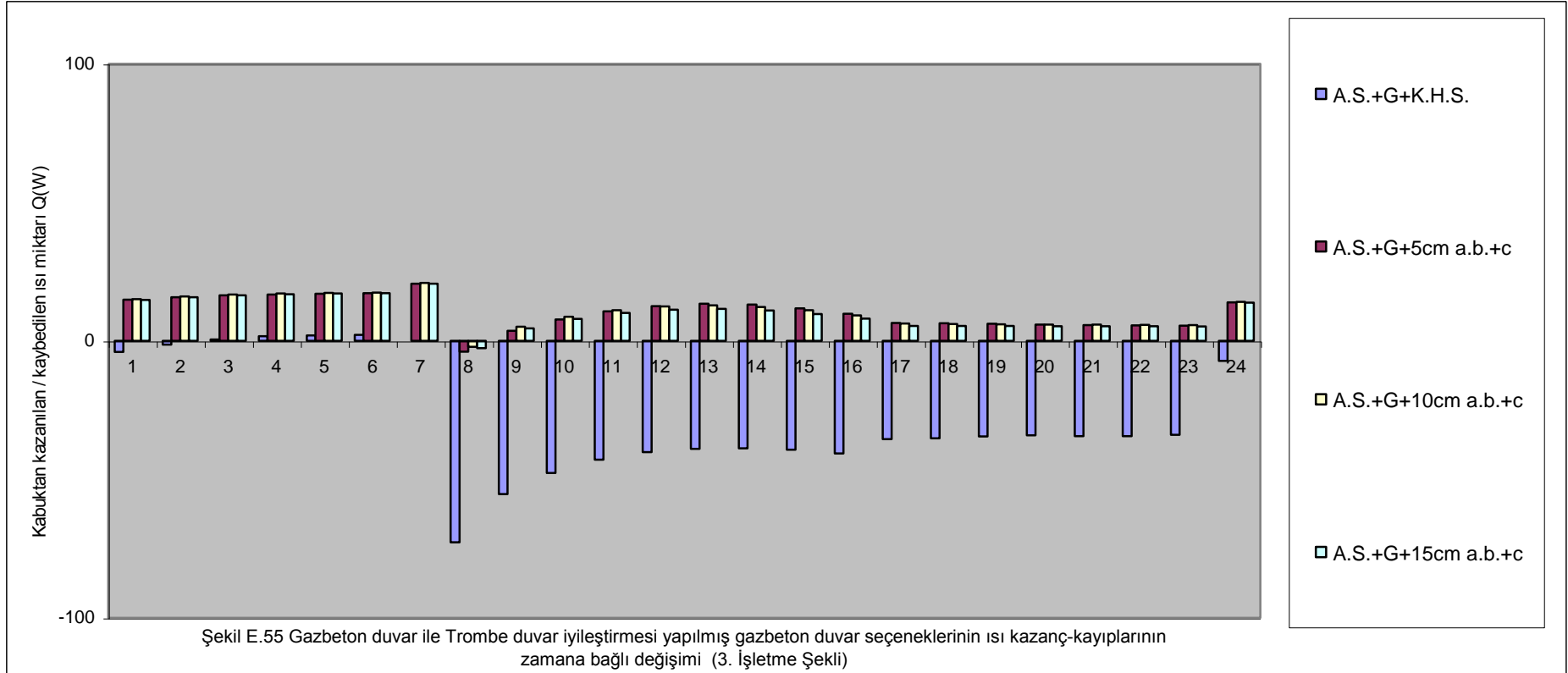


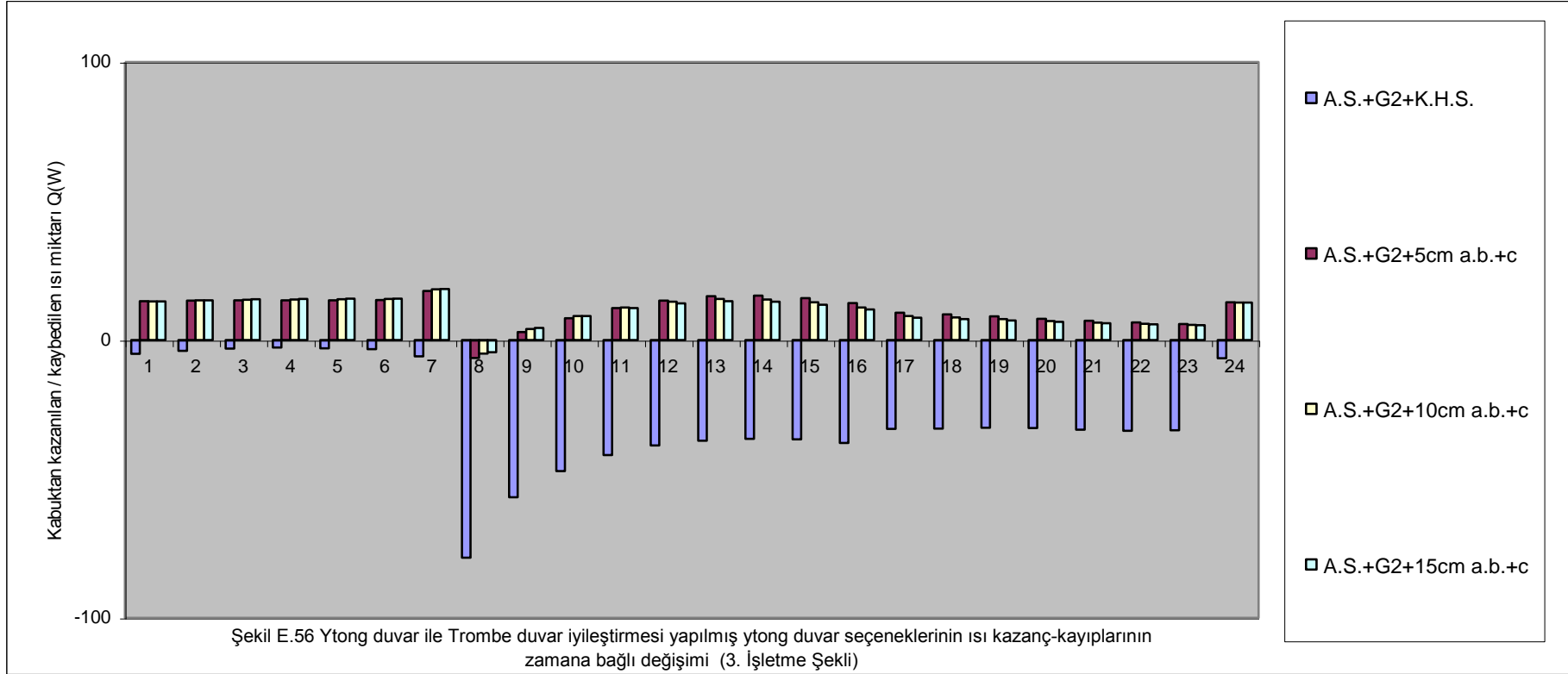


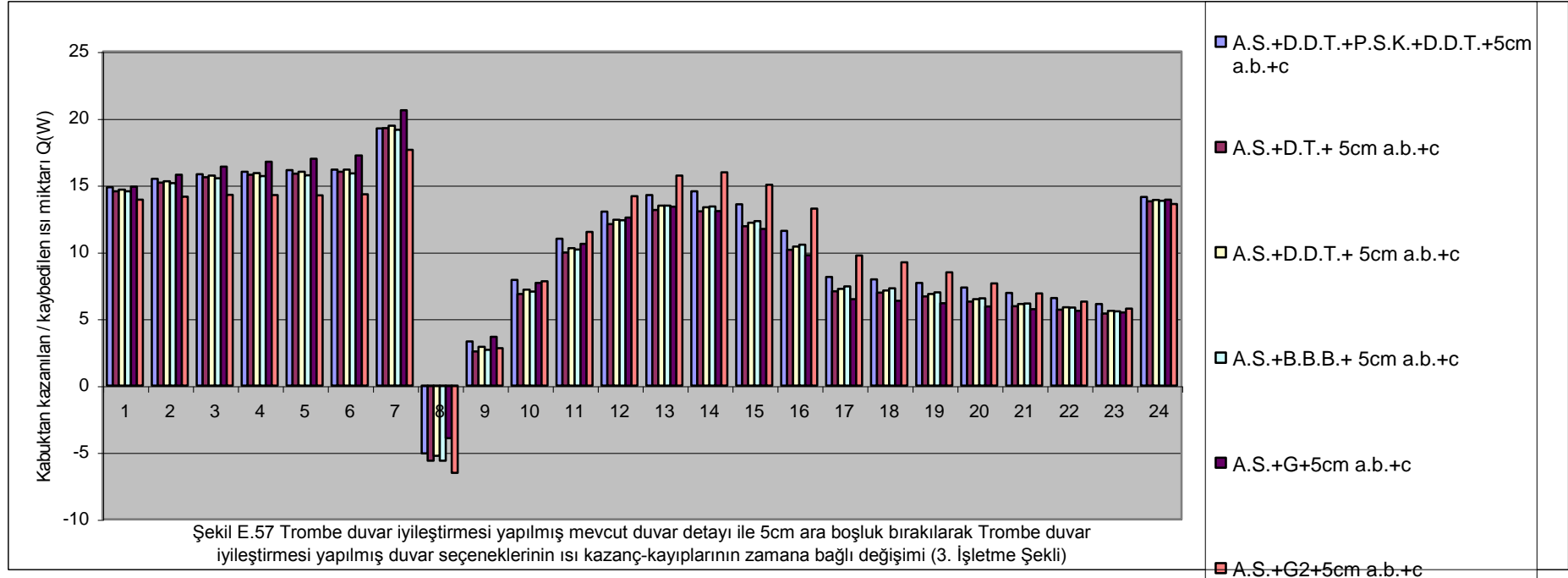


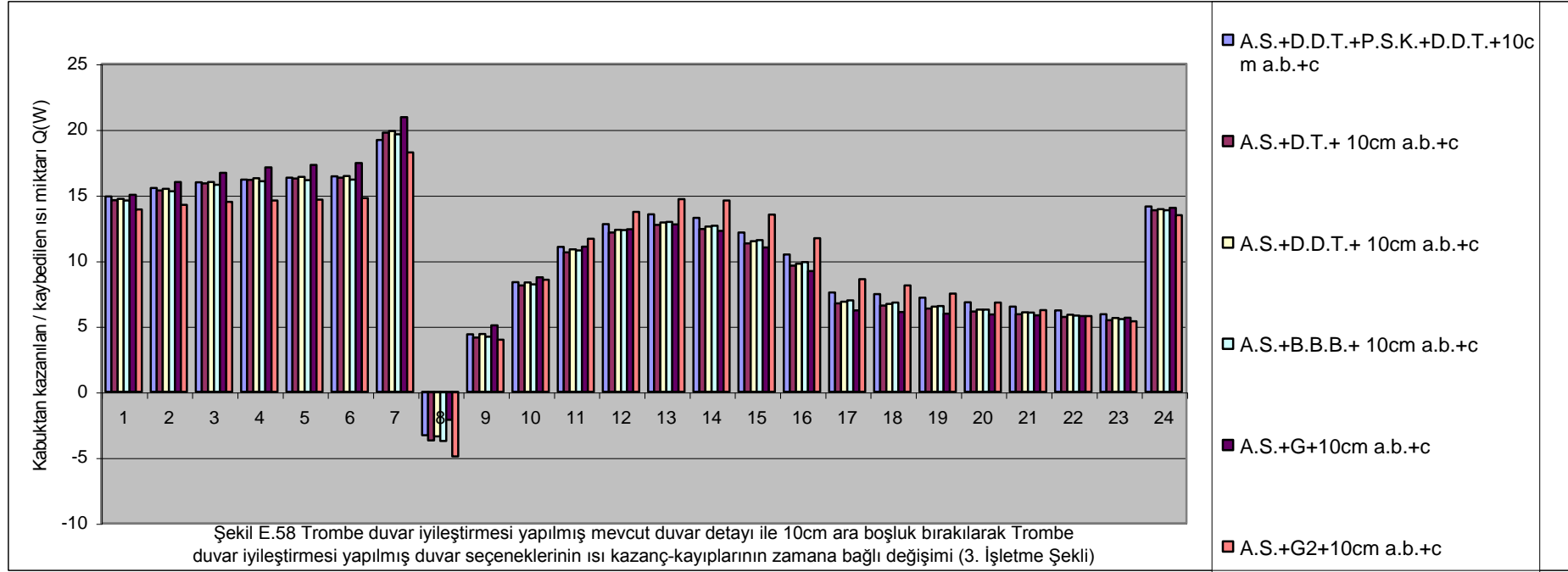


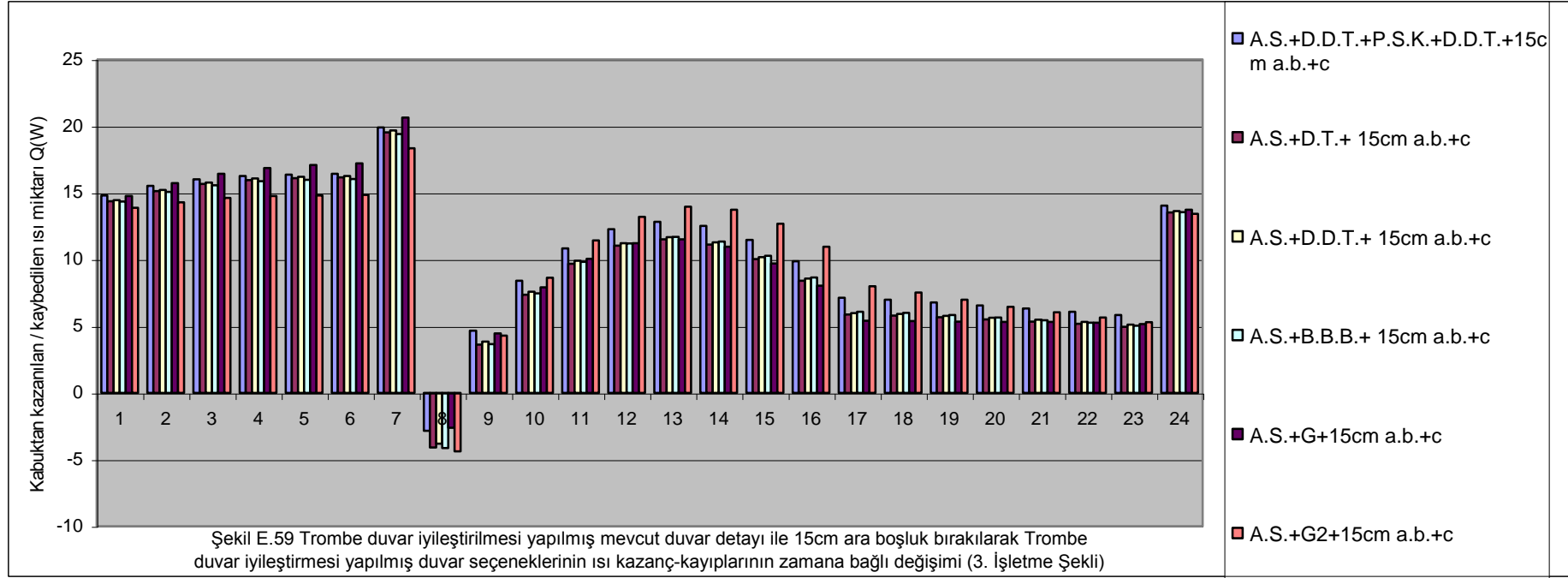


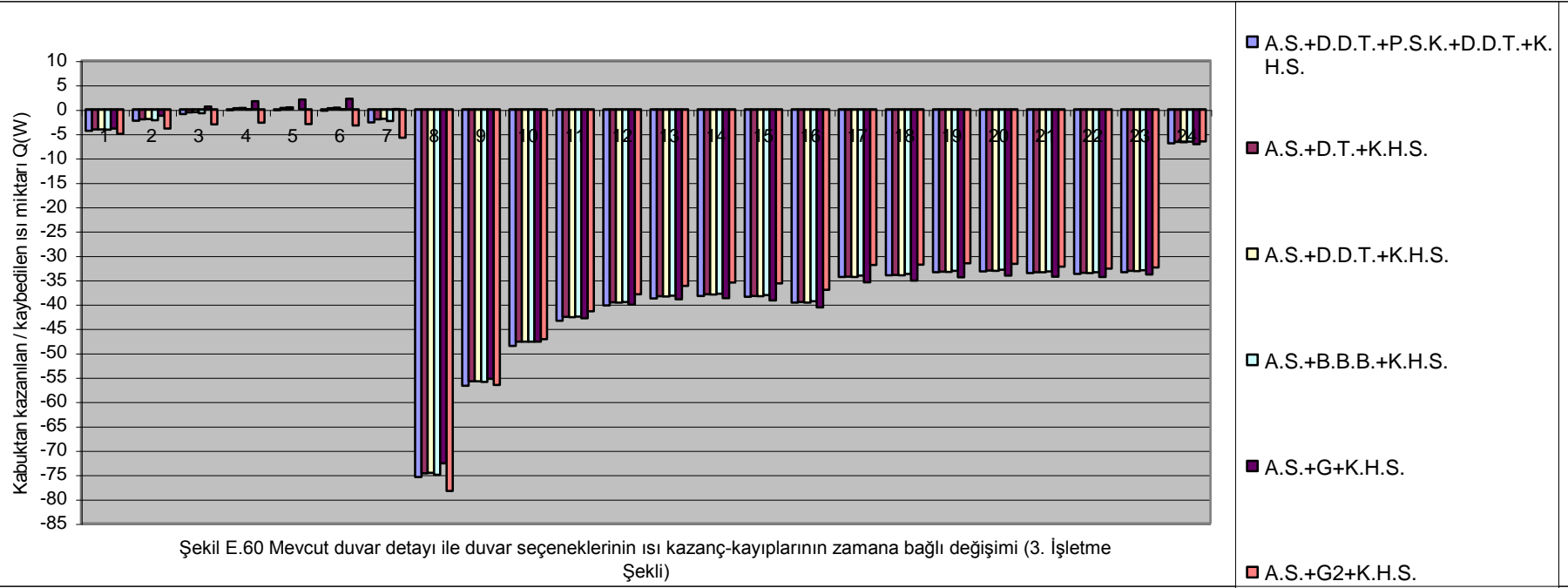












ÖZGEÇMİŞ

24.03.1978 yılında İzmir’de doğdu. Orta öğrenimini 1993 yılında Bornova Anadolu Lisesi’nde, lise öğrenimini ise 1996 yılında İzmir Fen Lisesi’nde tamamladı. Lisans eğitimini 2000 yılında O.D.T.Ü Mimarlık Fakültesi’nde tamamladı. 1,5 yıl İzmir’de çalıştıktan sonra Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü’nde yüksek lisansına başladı. Burada 1 dönem okuduktan sonra İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi’ne yatay geçiş yaptı.

Başak Kundakçı

2004