

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPILARDA ISI KAYIPLARI.....	3
2.1 Dış Duvarlardaki Isı Kayıpları.....	3
2.2 Radyatör Aralarının Isı Yalıtımı.....	5
2.3 Pencereleden Olan Isı Kayıpları.....	6
2.4 Çatılardan Olan Isı Kayıpları.....	8
2.5 Bodrumlarda Olan Isı Kayıpları	8
2.6 Hava Kaçakları Yoluyla Isı Kaybı.....	9
3. PASİF ISITMANIN YÖNTEMLERİ	10
3.1 Mimari Tasarımın Pasif Isıtmaya Etkisi.....	10
3.1.1 Doğrudan Isı Kazancı	11
3.1.2 Isı Depolayıcı Duvarlar.....	13
3.1.3 Isı Depolayıcı Çatılar	15
3.1.4 Sürekli Taşınım Kanalları (Metal Güneş Duvarları)	16
3.1.5 Güneş Odası Ekleme.....	17
3.2 Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller).....	19
3.2.1 Güneş Pillerinin Malzemeleri	20
3.2.2 Güneş Pillerinin Çalışma Prensipleri	21
3.2.3 Güneş Pillerinin Performansı.....	21
3.3 Hal (Faz) Değiştiren Malzemeler	22
3.3.1 Hal Değiştiren Malzemelerin Isıl Özellikleri	23
3.3.2 Hal Değiştiren Malzemeler ile Direk Isı Depolama	24
3.3.3 Hal Değiştiren Malzemenin Kalınlığı.....	24
3.3.4 Zemin Kaplama Malzemesi	24
3.4 Çift Cidarlı (Duvar Panel) Cepheler	24
3.5 Güneş Bacası (Solar Chimney).....	25
3.5.1 Yazın Pasif Havalandırma	26
3.5.2 Kışın Pasif Isıtma.....	27
3.6 Çatı Havuzları.....	28

4.	PASİF ISITMA KULLANILAN SİSTEMLERDE TASARIM KRİTERLERİ ...	30
5.	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	33
5.1	Deney Düzenegi.....	33
5.2	Alüminyum Yüzey Etrafında Oluşan Hava Akımı.....	33
5.3	Deney Sonuçları.....	34
5.4	Basınç Kontrol Hesabı.....	34
5.5	Yapay Emiş.....	35
5.6	Yapay Emiş Sonrası Gözlenen Deney Sonuçları.....	35
5.7	Yeni Bir Alüminyum Panel	36
5.8	Yeni Alüminyum Yüzey ile Gözlenen Deney Sonuçları.....	36
5.9	Alüminyum Kaplanmış Yeni Yüzey	36
5.10	Alüminyum Kaplanmış Yeni Yüzeyde Deney Sonuçları.....	37
5.11	Radyasyon Ölçümü.....	37
5.12	Okul Sınıfında Yapılan Deneyler	37
5.13	Okul Sınıfında Yapılan Ölçümler	37
5.14	Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	39
	ŞEKİL LİSTESİ	44
	ÇİZELGELER.....	49
	KAYNAKLAR.....	86
	ÖZGEÇMİŞ.....	87

SİMGE LİSTESİ

c_p	Özgül ısı
k	Isı iletim katsayısı
ρ	Yoğunluk
ρ_{hava}	Yoğunluk
L_t	Kalınlık
L	Uzunluk
D	Çap
λ	Isı?
V	Hız
$A.K.A$	Akım Kesit alanı
$I.Ç.$	Islak Çevre
h	güneş enerjisi toplacının yüksekliği
g	Yer çekimi ivmesi
ΔP	Basınç farkı

KISALTMA LİSTESİ

PCM	Faz değiştiren malzemeler (Phase changed materials)
FV	Fotovoltaik modül (Photovoltaic module)
MPPT	Maksimum güç noktası izleyicisi (Maximum power point tracker)
SBS	Sitren-bütadin-sitren (Styrene-butadiene-styrene)
PC	Poli karbonat
DC	Doğru akım

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil:5.1 Güneş enerjisi toplacının ışınım alan yüzeyinde ışınım şiddeti (w/m^2) ölçüm noktalarının önden görünüşü.....	43
Şekil:5.2 Deney düzeneğinde şematik olarak ışınımın yapay olarak sağlanması.....	43
Şekil:5.3 Güneş enerjisi toplacı üzerindeki hava hızı ölçüm delikleri.....	44
Şekil:5.4 Güneş enerjisi toplacının kesiti.....	44
Şekil:5.5 Al folyo ile kaplanmış seçici yüzeyin kesiti.....	45
Şekil:5.6 Deney düzeneğinde şematik olarak ışınımın yapay olarak sağlanması.....	46
Şekil 5.7 Güneş toplacını oluşturan Alüminyum profil ünitesinin ön ve arka tarafı kapatılmış detayı.....	46
Şekil 5.8 Güneş Toplacının yandan görünüşü.....	47

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Güneş pili yapımında kullanılan çeşitli malzemelerin standart test şartlarında normal modül, maksimum modül ve hücre değişimi (laboratuar şartlarında maksimum) verimlilikleri.....	48
Çizelge3.2 Faz değiştiren RT25, S27, L30 malzemelerinin ısı özellikleri.....	49
Çizelge3.3 Zemin kaplama malzemelerinin ısı fiziksel özellikleri.....	49
Çizelge:5.1 Rezzan Has lisesinde yapılan ölçümler.....	50
Çizelge:5.2 Birinci bölge için sıcaklık değişim çizelgesi.....	51
Çizelge:5.3 Birinci bölge için hava hızı değişim çizelgesi.....	51
Çizelge:5.4 İkinci bölge için sıcaklık değişim çizelgesi.....	52
Çizelge:5.5 İkinci bölge için hava hızı değişim çizelgesi.....	52
Çizelge:5.6 Üçüncü bölge için sıcaklık değişim çizelgesi.....	53
Çizelge:5.7 Üçüncü bölge için hava hızı değişim çizelgesi.....	53
Çizelge:5.8 Dördüncü bölge için sıcaklık değişim çizelgesi.....	54
Çizelge:5.9 Dördüncü bölge için hava hızı değişim çizelgesi.....	54
Çizelge:5.10 Şekil:5.1’de belirtilen noktalardan alınan ölçüm değerleri.....	55
Çizelge:5.11 Şekil:5.1’den sistem çalışırken alınan hız ve sıcaklık ölçüm değerleri (not her kesitten beş ölçüm alınmış ve ortalama değerler kayıt edilmiştir.....	56
Çizelge:5.12 Şekil:5.1’den sistem çalışırken üstteki üç ısıtıcı açık, diğer ısıtıcı kapalı olduğu zamanki alınan hız ve sıcaklık ölçümlerinin ortalama değerleri kayıt edilmiştir.....	57
Çizelge:5.13 Şekil:3.6’daki sistem çalışırken ölçülen değerler.....	58
Çizelge:5.14 Şekil:3.6’daki sistem çalışırken ölçülen değerler.....	59
Çizelge:5.15 Al folyo kaplanmış seçici yüzeyde yapılan ölçümler.....	60
Çizelge:5.16 Al folyo kaplanmış seçici yüzeyde yapılan radyasyonla ısı taşınımı ölçümleri.....	62
Çizelge:5.17 ile 5.60 dahil olmak üzere aradaki çizelgeler çeşitli (Ocak ayı ile Nisan ayı arasında) tarihlerde Rezzan Has Lisesi’nde yapılan sıcaklık hız ve güneş ışınımı ölçümleri.....	63

ÖNSÖZ

Bu çalışmada son yılların ülkelerden bağımsız ve güncel politikası olan ucuz enerji kullanma yöntemlerinden, enerji tasarrufundan, kompakt, işlevsel, minimum enerji tüketmeye dayalı, işletme maliyeti düşük, güvenilir yöntemler kullanılarak tasarlanmış bir ısıtma sistemi üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın kolay anlaşılabilmesi için ve karşılaştırmanın rahat yapılabilmesi için tablo ve grafiklerden bolca faydalanılmıştır.

Bu çalışmayı hazırlamakta faydalandığım kaynaklar ekte belirtilmiştir. Bu konu üzerinde kaynaklar kısmında belirtilmiş yada belirtilmemiş bütün olsa da yıllar boyunca çalışmış olan, bütün bu tür kaynakları faydalanmaya hazır hale getirmiş olan mühendis, öğretim görevlisi ve akademisyen öğretilere teşekkürü bir borç bilirim

Ayrıca yapmış olduğum çalışmanın ileride kaynak olarak kullanılacak olması beni her zaman onurlandıracaktır.

Bu fikir üzerine bize üzerine çalışılabilir bir ortam sağlamak anlamında yardımcı olan ve TÜBİTAK projesi çıkartma amacıyla ısrarlı olan Doç Dr. Gülay Zorer GEDİK'e teşekkür ederim. Çalışmamda bana fazlasıyla destek ve sabır gösteren değerli hocam ve akademik anlamda çıraklarımdan biri olduğumu hissettiğim ve kendisini bir eğitim hayatımda karşılaştığım hocalarımdan farklı olarak bilimle endüstriyi birleştirebilmiş bir akademisyen olarak gördüğüm Doç. Dr. Ahmet KOYUN'a ayrıca teşekkürlerimi sunmaktayım

ÖZET

Minimum enerjili bina tasarımı her geçen yıl yeni bina tasarımında yakıt tüketim maliyetlerinin de göz önünde olmasıyla değer kazanmaktadır. Binayı kullananlar ve bina sahipleri sağlıklı ve çevre için değerli çalışmaları talep etmektedirler. Her ne kadar günümüzde çok fazla sayıda bina gerçek hayata inşa edilmiş olarak geçerse de ve bu binaların faydaları hakkında çok az deneysel tecrübeler olsa da gün geçtikçe bu konu üzerine çalışmalar artmakta ve gerçek ürünler oluşmaktadır.

Bu çalışmada yapılarda güneş enerjisinden yararlanma ekonomik ve çevreci çözümler ortaya koymaktadır. Güneş enerjisinden özellikle pasif yolla yararlanma uygulamaları, yapılarda yapma enerji tüketiminin olabildiğince azaltılmasını sağlayacaktır. Bu çalışmada güneş enerjisinden pasif yolla yararlanma yöntemleri tanıtılmış ve yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca deneysel olarak kurulmuş İstanbul'daki örnek okul sınıfı sisteminden alınmış veriler de kullanılmıştır

Anahtar kelimeler: Pasif ısıtma, güneş enerjisi ile ısıtma, faz değıştiren malzemeler (PCM), doğal havalandırma, güneş bacası,

ABSTRACT

Minimum energy saved building designing is assuming an ever-greater importance in modern building practice because of cost of fossil fuel consumption. Occupants and owners of modern buildings ask for healthy and stimulating working environment. However, there are still relatively few buildings in which passive systems have actually been realized, and there is still too little experience of their behaviour in operation.

In this paper we worked on the cheaper and environmental solutions in buildings by using solar energy. Solar energy using especially by passive way, will supply us to reduce fuel consumption. In this paper we tried to explain the passive heating ways and created one way with the others. We also worked on a real school class in İstanbul city in order to measure the values of the real conditions.

Keywords: Passive heating, solar heating, phase changed materials (PCM), natural ventilation, solar chimney

1. GİRİŞ

Hala günümüzde klasik havalandırma sistemleri pompa, kompresör, kazan gibi elektrik enerjisi tüketen mekanik birimlerden oluşmaktadırlar. Kışın ısıtma amaçlı çalışan sistemler de genelde yakıt tüketen araçlardan desteklenirler. Her ne kadar söz konusu sistemler verimli olsalar da, bu sistemlerin inşaat ve işletme maliyetlerinin pahalı olduğu aşikardır. Bu sebepten dolayı ve dahası enerji kaynaklarının tükenmesinden dolayı enerji tasarrufu ve maliyet azaltmak amaçlı alternatif ısıtma ve havalandırma çözümleri aranmaktadır.,

Yapıların ısıtılması ve soğutulması, seraların ve yüzme havuzlarının ısıtılması, tarım ürünlerinin kurutulması, arı su eldesi, tuz üretimi, güneş pompaları gibi çok geniş alanlı düşük sıcaklık uygulamalarında güneş enerjisinden dünya üzerinde değişik ülkelerde yararlanılmaktadır. Türkiye bulunduğu coğrafi konum (36-42°kuzey enlemleri) nedeniyle güneş enerjisinden ikinci derece yararlanma bölgesinde olan bir ülkedir. Bu özellik göz önünde tutularak, ülke çapında doğru bir planlama ve sistemli bir çalışmayla güneş enerjisinden yararlanma konusuna yaklaşmak gerekir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan ülkemizde; güneş enerjisinin düşük enerji düzeyi, kesintili ve değişken olma özellikleri ile doğal olarak uyum sağlayacak uygulamalarına ağırlık vermek gerekir. Bu açıdan konuya yaklaştığımızda ülkemizde yapı ve yerleşme ölçeğinde güneş enerjisinden yararlanmanın büyük önem taşıdığı görülür.

Yapılarda yapma enerji tüketiminin olabildiğince azaltılması, yapıların kendilerinin birer ısıtma sistemi olarak tasarlanmasıyla olanaklıdır. Bu açıdan yapıların tasarımında ilk koşul dış iklim verilerine uygun planlamadır. Bu tür bir planlamada dış iklimsel koşulların denetiminin yanında ana enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden özellikle pasif yolla yararlanma uygulamalarına ağırlık vermek gerekir. Pasif sistemler, yapının kışın ısıtılmasını ve yazın soğutulmasını doğal yollarla sağlayan sistemlerdir.

Bizde öncelikle yapılarda pasif ısıtma sistemi düşünülürken öncelikli çözülmesi gereken ısı kaybına yol açan unsurlar üzerinde durduktan sonra gerekli yalıtım yapılarak başarılı olabilecek çözümler olan pasif ısıtma yöntemlerini inceleyeceğiz. Ardından örnek bir sistem üzerinde deneysel çalışmalar yapacağız.

Bu çalışmada, TÜBİTAK tarafından desteklenen bir araştırma projesi kapsamında, İstanbul-Küçükalyalı'da yer alan Rezzan Has Lisesi'nin güneye bakan dersliklerinden birinin penceresine uygulanan güneş toplacı tanıtılmaktadır. Uygulanan sistem, dersliklerde döşeme alanında herhangi bir yer kaplamayan ve mevcut ısıtma sisteminin yerini değişimini

gerektirmeyen, kolaylıkla yerine takılabilir ve gerektiğinde sökülebilir bir sistemdir. Uygulama, güneşli saatlerde taşınım akımlarıyla dersliğe anında ısı aktarımı sağlarken, kapalı gök koşullarında ise tek cam yüzeyden ısı kayıplarını azaltmaktadır.

2. YAPILARDA ISI KAYIPLARI

Yapılardaki ısı kayıplarını aşağıdaki özetleyebileceğimiz haliyle beş ana başlık altında özetlemek mümkün olabilmektedir.

2.1 Dış Duvarlardaki Isı Kayıpları

Yapılardaki kiriş, kolon ve hatıl gibi elemanların ısı iletim katsayıları, örme elemanlarına (tuğla, gaz beton, vb.) oranla oldukça yüksektir. Dolayısıyla bu malzemeler ısı köprüsü vazifesi görerek yüklü miktarda ısıyı taşımaktadırlar. Buna çözüm olarak dış duvarlara mantolama veya benzeri yöntemler kullanılarak yalıtım yapılmalıdır. Bu durumda binayı taşıyıcı elemanların dış taraftan yalıtım yoluyla ısı iletim yolu kapanır. Ayrıca bina dış iklim şartlarından korunacak ve ömrü artacak ayrıca iç duvarlarda yaşanabilecek olası yoğuşma sorunu da giderilebilecektir.

Duvarların ayrıca iç taraflarına ayrıca perlitli sıva yapılarak sıva altında kalan bölgenin gerilmesi suretiyle buhar difüzyonu engellenecektir. Burada duvara sırayla iç ortama doğru katran, yalıtım malzemesi ve iç örtü ya da sıva tatbik edilebilir.

Bir başka yalıtım metodu da sandviç duvar diyebileceğimiz ara yalıtıma sahip duvarlardır. Burada dış duvar örneğin 8,5 cm delikli tuğla arası boşluk bırakılarak örülmekte ve ara boşluk yalıtım malzemesi kullanılarak doldurulmaktadır.

Son zamanlarda binalarda yalıtımda güneşten gelen ısıнын yutulmasını azaltmamak amacıyla saydam ısı yalıtım ürünleri de geliştirilmeye başlanmıştır. Saydam ısı yalıtım gereçlerinin en önemli özellikleri, ısı depolama kapasitelerinin yanı sıra güneş ışınlarını ısı depolayıcı masif duvara geçirmeleridir. Bu özellik malzemenin yapısına bağlı olarak değişebilmektedir. Oldukça yeni olan saydam ısı yalıtımı gereçlerinin mimaride kullanımı öncelikli olarak tanıtım amaçlı ve deneysel çalışmalarının sürdürüldüğü düşük ve sıfır enerjili binalarda gerçekleşmiştir. Petek, kapiler, gözenekli ya da homojen dokulu olarak üretilen saydam ısı yalıtım gereçleri atmosferik etkilere karşı koruyucu saydam tabaka ve sıva gerektirmektedirler. Koruyucu tabaka pleksiglas ya da demir oranı düşük cam olabilmenin yanı sıra cam sıva da olabilmektedir. Aşağıda farklı yapılara sahip saydam yalıtım malzemelerinden bazı örnekler vereceğiz.

- **Kapiler dokulu saydam yalıtım**

Günümüzde en sık kullanılan saydam yalıtım tekniği olarak kapiler dokulu yalıtım çapları yaklaşık 38 mm olan, cepheye dik konumlandırılmış borucuklardan oluşmakta olup, cam veya plastik esaslı malzemeden üretilmektedir. Saydam yalıtım üzerine gelen ışınlar, borucukların iç cidarlarında yansıtılarak iç kısımlara malzemenin derinliklerine iletilmektedir.

Işınların şiddeti güneşin konumuna ve yalıtım gerecinin düzenlenmesine bağlı olarak değişmektedir. Yaz aylarına düşey ile dar açı yaparak gelen ışınlar borucukların içeri girememekte, kış mevsiminde ise yataya yakın konuma gelen ışınlar borucuklar tarafından yutucu yüzeye ve depolayıcı duvara ulaşmaktadırlar.

- **Petek dokulu saydam yalıtım**

Petek dokulu saydam yalıtım gerecinde hücreler kare (~ 15mm) kesitlerden oluşmaktadırlar. Üretimde ağırlıklı olarak PMMA (Acrylat) ve PC (polikarbonat) kullanılmasına karşın renksiz, UV-ışınları, ısı ve yangına dayanıklı, ayrıca statik açıdan daha stabil olan cam elemanlar tercih edilmektedir. Ancak camın ısı iletkenlik değeri $X = 0,8 \text{ W/mK}$, plastiklerin ise $K = 0,3 \text{ W/mK}$ civarındadır. Bu sebepten dolayı cam borucukların çeper kalınlıkları (70-100mm) olabildiğince az tutulmalıdır. Tabii ki bu da sonuçta oldukça titiz bir üretim gerektirmektedir. Petek dokulu ya da kapiler yapılı olsun, plastik yalıtım gereci cam esaslı malzemeye karşın daha hafiftir. Bu nedenle gerek taşıma gerek ise şantiye de kullanım esnasında aşırı titizlik gerektirdiği için paneller halinde sandviç konstrüsyonlu olarak kullanıma sunulmaktadır.

- **Aerojel saydam yalıtım**

Silika oranı % 2-10 olan aerojel küreciklerinin %90'ı havadan oluşmakta olup g- değeri %40 ve k ısı transfer katsayısı değeri $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ dir. Bunun dışında iki camın arasına dökülen ve donduktan sonra şeffaf olan jel esaslı malzemeler de mevcut olup henüz deney aşamasındadır. Monolitik olarak adlandırılan jel esaslı arojelin enerji geçirgenlik ve ısı geçirme katsayıları yapılan deneyler sonucunda $k= 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, g – değeri ise % 73 olarak bulunmuştur (cam aralığı 20 mm). Isı iletkenlik değeri $X = 0,006 \text{ W/mK}$ ve polystrol malzemeye oranla yalıtım değeri 6 kat daha fazladır. Ancak günümüzde aerojel camı üretimi ve uygulaması oldukça pahalıdır.

Uygulamalarda saydam dış örtü bir çerçeve içerisinde duvara tespit edilmektedir. Yaz aylarında ise duvarın aşırı ısınmasına karşı güneş koruyucu önlemler alınarak gölgelendirilmesi kaçınılmazdır.

Genel olarak saydam yalıtımlı duvar inşaatlarında, yalıtım özelliğinin enerji geçirgenliği ile birleştirilmesi sonucu verimli bir enerji kazanımı ortaya çıkmaktadır. Günümüzde $k=0,7$ W/m^2K olan (üç tabakalı krypton dolgulu) camların ışın geçirgenlikleri %65-70 arasında olmasına karşın g-değeri %40 oranında olup nispeten düşüktür. Isı yalıtım değeri yüksek aynı zamanda enerji geçirgenliği yüksek olması istenildiği durumlarda saydam yalıtım söz konusu olmaktadır.

Saydam yalıtım arkasında buluna duvarın ısı geçirgenliğinin artması (ısı iletkenliği yüksek), cephenin güneş enerjisi kazanımı etkinliğini artırır. Tuğla, beton gibi malzemeler hafif betona karşın ısı depolama yeteneğinden dolayı daha avantajlıdır.

Saydam yalıtım güney cephe uygulamasında en iyi sonucu vermektedir ancak doğu ve batı cephe uygulamalarında da olumlu enerji bilançosu sonucu vermektedir. Saydam yalıtımın uygulamalarında faz gecikmesi 3 ila 12 saat arasında olup enerjiye ihtiyaç duyulan zamanlarda enerji iç mekana aktarılmaktadır. Enerji kazanımı kadar enerjinin depolanması da önemli olduğundan dolayı bu olumlu bir özellik olarak düşünülmelidir.

Yeni bir malzeme olmasından dolayı saydam yalıtım gölgeleme elemanlarıyla birlikte, opak yalıtıma oranla 3 kat daha maliyetlidir. Malzemenin rijit bir yapıya sahip olmaması uygulamalarda dakiklik ve ustalık gerektirmektedir. Özellikle plastik esaslı malzemelerde aşırı ısınma sonucu malzemenin erimesi mümkündür.

2.2 Radyatör Aralarının Isı Yalıtımı

Kalorifer tesisatı bulunan binalarda radyatörlerin arkalarında büyük ısı kayıpları olmaktadır. Kış aylarında dış duvarların iç yüzey (oda yüzeyi) sıcaklıkları dış ortam sıcaklığı -15 °C olduğu kabul edilir ise yalıtımsız dış duvarın iç yüzeyi ideal şartlarda $12,9$ °C iken yalıtımlı dış duvarın yüzeyi $18,5$ °C olmaktadır. Bu sonuçlar duvarın malzemesine ve malzemenin ısı transfer katsayısına malzemenin kalınlığına, dış sıcaklığa ve ayrıca rüzgar ile güneş gibi ısı transferini iletim ve ışınım yoluyla değiştiren faktörlere bağlı olarak değişecektir. Öte yandan kalorifer tesisatında kazan suyu çıkış ve giriş sıcaklıklarının hesap sıcaklıklarına uygun olarak $90/70$ °C olduğu kabul edilir ise , ortalama 80 °C sıcaklıktaki radyatörden doğal taşınım ve ışınım yoluyla olan ısı iletimi nedeniyle radyatörlerin arkasındaki duvar yaklaşık 70 °C'ye

yükselebilmektedir. Bu durumda radyatör arkalarından yüklü miktarda ısı kaybı olmasını sağlamaktadır. Dış duvarların radyatörlerin arkasına gelen iç yüzeylerindeki bu sıcaklık yükselmesi ve ısı kaybı yakıt tüketimini de arttırmaktadır.

Isı kaybını azaltmak için radyatör ile dış duvar arasına 10-15 mm kalınlığında ısı yalıtım levhaları yerleştirilebilir. Eğer bu levhaların radyatöre bakan yüzeyleri yansıtıcı özelliği fazla olan parlak ve gri örneğin Alüminyum kağıt gibi bir malzemedendir ise ışınım yoluyla da oda içerisinde ısı kazancı sağlanacaktır.

2.3 Pencereleden Olan Isı Kayıpları

Apartman yapılarında pencerelerden olan ısı kayıplarının dış duvarlardan sonra ikinci sırada olduğu görülmektedir. Hatta 1970’li yılların mimarisinde yapıların ön duvarlarının tavandan döşemeye kadar ahşap, cam inşaatlar olduğu hatırlanırsa pencerelerden olan kayıpların daha da fazla olduğu öngörülebilir. Pencereleden olan ısı kayıplarının azaltılması dört kısımda ele alınabilir.

Camdan olan ısı kayıpları çift cam ile yarı değer de azaltılabileceği ısı transfer katsayılarındaki farklardan ortaya çıkmaktadır. Hatta çok soğuk Avrupa ülkelerinde ağırlığı maliyeti daha yüksek olmasına rağmen daha çok ısı kazancı sağlayan üç camlı pencere sistemleri kullanılmaktadır. Yansıtımlı çift cam halinde ise, çift camın sıcak ortam tarafındaki camının iç yüzeyi çok ince In_2O_3 (indiyum oksit) veya SnO_2 (kalay oksit) tabakasıyla kaplanmış olup ısı enerjisi tekrar iç ortama yansıtılmış olmaktadır.

Yüksek yalıtım teknolojisi olan cam ise son yılların bu konudaki en önemli buluşlarından biridir. Sulzer ve Geilinger firmalarının ortaklaşa araştırma çalışmaları ile bu yeni buluşun İsviçre’de uygulamalarına başlanmıştır. Ayrıca Türkiye’de Şişecam firmasının Isıcam®S tescilli markası ile ürettiği özel nitelikli camlar ısı ve güneş kontrolü sağlayan düşük ışık yansıtma katsayısına sahiptirler. Bu şekilde akşam saatlerinde iç aydınlatmadan kaynaklanan yansımalar azaltılabilmektedir. Aslında bu malzeme renksiz cama yakın görünümlü bir yalıtım ünitesidir.

Akıllı cam olarak da adlandırılan İngilizce ismiyle “Smart & Switchable Glazing” olarak isimlendirilen sistemler cam teknolojisini varmakta olduğu bir diğer noktayı bize göstermektedir. ABD’nin Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarında (LBL) yapılan bir çalışmada camlı yüzeylerin mevsimlik değişimlere adaptasyon yeteneğine sahip, dinamik filtreler tasarlanmış ve bu konuda deneysel çalışmalar yapılmıştır. Güneş spektrumunun farklı

dalga boylarındaki ışınları seçerek geçirme özelliğine sahip olan seçici geçirgen camlar geliştirilmiştir. nikel hidroksit Ni OH₂ ve titanyum dioksit TiO₂ şeffaf filmlerinin cam üstüne laminasyonu ile elde edilen elektrotlar yoğun güneş ışınımı altında opaklaşarak güneş kontrolü sağlamaktadırlar. Bu camların iklim değişikliklerine adaptasyonu dört ayrı şekilde olmaktadır.

- **Elektrokromik**

Bu pencereler bir elektrik düğmesi dokunuşuyla açıktan tümüyle koyuya kadar değişebilirler. Yada daha çok ikisinin arasında olabilirler. Çok katmanlı elektronik kondüktörler, sayaç elektrotları ve iyonik kondüktörlerden oluşan grup izole edilmiş cam biriminin içindeki iki kat geleneksel pencere camının arasına sıkıştırılmıştır. Düşük voltajlı akım, iyonları tabakalar arasında hareket ettirerek pencerenin rengini değiştirebilmektedir. Elektriksel gerilimi tersine çevirmek pencereyi önceki haline döndürecektir. Bu pencereler sadece 1 ile 3 Volt arasında çalışır ve sadece kalıcı olmamak üzere belirli bir duruma dönüşmek için enerji kullanırlar.

- **Fotokromik**

Güneşli günlerde kendiliğinden kararın gözlükler gibi bu pencereler de ışıktaki değişikliklere tepki verirler. Bu tip teknoloji enerji verimliliği yönünden bazı mahsurlar içerebilir. Parıldamayı kontrolde iyi olan bu pencereler güneş kaynaklı ısı kazanımında az etkinlik gösterirler. Kış boyunca güneş gök yüzünde düşük hareket ederken güneş ışınları pencerenin yazı nazaran daha çok kararmasına neden olur. Bu durum ısı kazanımı kontrolü açısından olumsuz etki yaratır. Ayrıca bu teknoloji küçük cam parçaları için olumlu sonuç verirken pencere camları için de başarılı sonuç vermemelidir.

- **Termokromik**

Bu camlar ısıya bağlı olarak dışarıdan ayrıca bir müdahaleye ihtiyaç duymadan şeffaftan beyaza ve reflekte cama dönüşürler. Jel bazlı kaplamalar termokromik ürünler için çok ümit verici metodlardır. Tepki ısı binadaki ihtiyaca ve cam konumuna göre ayarlanabilir. Jel hemen hemen her türlü geleneksel cam ürününe uygulanabilse de çok az ürün ticari açıdan mevcuttur.

- **Likit Kristal**

Genellikle gizlilik kontrolü için kullanılan ve enerji depolaması için tasarlanmamış akıllı pencere ticari uygulamaları vardır. Isıl işlem görmüş iki tabaka camın arasına sıkıştırılan, ince

sıvı kristal tabakasını kaplayan iki ince film tabakasından oluşur. Film tabakalarının iki yüzü şeffaf metal kaplama ile kaplanmıştır. Kapalı konumda pencere yarı saydam süt beyazıdır. Elektrik akımı uygulandığında ise cam saydam olur. Pencere ilk pozisyonu ile hemen hemen aynı miktarda ısı ve ışığın geçmesine izin vermektedir.

Pencere camlarından hariç kasa ve doğramaların eğer ahşap ise fırınlanmış ve çok iyi kurutulmuş olmaları gerekmektedir. Kasa doğramalarında kullanılan malzemeler eğer çok iyi kurutulmazlar ise monte edildikten sonra şekil değiştirme riski söz konusudur. Bu durumda büyük hava kaçaklarının ve ısı kayıplarını doğuracaktır. Plastik pencere malzemesinde ise işçilik kalitesi aynı problemi yaşamamak için önemlidir.

Panjurlar ısı kaybının azaltılmasında etkindirler. Panjurların plastik veya alüminyum asıllı olmasına ve ara boşluğunun ısı yalıtım malzemesi ile doldurulmasına göre ısı iletim katsayıları değişmektedir.

Perdelerin bilinçsizce kullanılması da pencerelerden olan ısı kaybını arttırmaktadır. Perdenin radyatörün önünü %100 kapatacak şekilde kullanılması durumunda ısı kaybı %40 oranında artmaktadır. Bu hatadan dolayı radyatörlerden ısınmış hava odanın içinde dolaşacağı yerde perde ile pencere arasında sıkışıp dışarıya iletilmektedir. Eğer perde pencere boyunda olur ise ısıtılan oda havası odanın içerisinde dolaşacaktır. Ayrıca radyatörlerin ön taraflarına koltuk kanepe vb. mobilyalar konulması durumunda ve radyatörlerin üzerine mermer konulması durumunda içerideki ısınan havanın dolaşımını engellenecek ve enerji tüketimi artacaktır.

2.4 Çatılardan Olan Isı Kayıpları

Yapıların çatıları, bilindiği gibi, kapalı veya teras çatı şeklinde inşa edilebilir. Eğer çatı araları kullanılacak ise yapılacak en basit uygulama çatı arasına ısı yalıtım malzemesinin yayılmasıdır. Bu malzemeler, cam yünü, levhalar halinde poliüretan veya polistiren vb yalıtım malzemeleridir. Ayrıca kiremit çatı altına da her ne kadar işçiliği daha zor olsa ve daha çok malzeme gerektirse de yalıtım yapılması mümkündür.

Eğer çatı teras olarak düşünülmüş ise ayrıca yağmur suyuna karşı yalıtım da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca teras çatının kullanıma açık olmasından dolayı ısı yalıtım malzemesinin kolay şekil değişimi olmayacak malzemelerden seçilmesine dikkat edilmelidir.

2.5 Bodrumlarda Olan Isı Kayıpları

İstenilen mekanın ısı konforunun sağlanması için, bodrumun ısıtılmaması halinde ısınan

ortamlardan bodruma olan ısı kaybının, bodrumun ısıtılmaması halinde de, bodrumdan döşeme ve eğer varsa yan duvarlar üzerinden toprağa olan ısı kaybının azaltılması gerekmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi ısıtılan oranın duvarından dışarıya doğru buhar geçişi olmakta ve ısı yalıtım malzemesinden geçen su buharı yoğunlaşarak yalıtım malzemesinin yalıtım özelliğini bozmaktadır. Bu nedenle yalıtım malzemesinin önüne buhar kesici konulması yalıtım malzemesini korumak amacıyla gereklidir.

2.6 Hava Kaçakları Yoluyla Isı Kaybı

Yapılarda hava kaçakları iç ortam ile dış ortam arasındaki basınç farkı nedeniyle pencere ve kapı geçişlerinden olmaktadır. Pencere ve kapılar incelendiğinde pencere kanatlarından, pencere ve kapı kasaları ile duvar arasından, cam ile çerçeve (doğrama) arasında kaçakların olduğu görülmektedir. Bu durumda bu noktalardaki bağlantı detaylarının iyi çözülmesi mimarlık ve mühendislik anlamında yapacağımız ürünün kalitesine olumlu yönde tesir edecektir.

3. PASİF ISITMANIN YÖNTEMLERİ

Binaların düşük enerji tüketimleri genellikle pasif güneş kaynaklı sistemlerin tatbik edilmesiyle sağlanabilmektedir. Enerji tasarrufunu sağlamanın en basit yöntemi özellikle güney cephedeki pencerelerden geçmektedir. Prensip olarak, gündüz ışıma yoluyla binaya gelen güneş enerjisinin binanın ısı kayıplarının çoğunu kapatmak için yeterlidir. Fakat ne yazık ki güneş enerjisi yalnız gündüz saatlerinde ve özellikle öğlen tepe noktaya ulaşacak şekilde binayı etkilemektedir. Bu durumda en büyük sorun enerjiyi depolayabilmekten geçmektedir. Bu durumda kimi tasarımcılar binanın geometrisi ve kullanılan malzemelerle oynayarak güneş kaynaklı ısı enerjisini hapsedmeye çalışmışlar, kimileri faz değiştiren malzemeler (İngilizce’de PCM olarak anılmakta) kullanmışlar kimileri panel duvarlar ve içlerinde tüp kanallar düşünmüşler ve daha bir sürü yöntemle binanın içinde ısıyı hapsedmeye ve aynı zamanda mümkünse havalandırmayı da becermişlerdir.

3.1 Mimari Tasarımın Pasif Isıtmaya Etkisi

Özellikle büyük ve modern binalarda güneş boşluğu ile birlikte güneş ışığını daha fazla toplayabilen özellikle güney cephede eğimli duvarlar ve çatılar düşünülmektedir. Ayrıca gerekli olan ısıtma ihtiyacını karşılayabilmek için ısı depolayabilen zeminlerde tasarlanmaktadır. Bu konuda mimari açıdan en iyi örneklerden biri Almanya’nın Gelsenkirchen şehrinde Rheinelbe Vermögensgesellschaft GmbH firmasına ait Wissenschaftspark und Technologiezentrum* olarak adlandırılan binadır. Aşağıdaki resimde söz konusu eğik cam duvarlar görülmektedir.



Wissenschaftspark und Technologiezentrum'un tasarımı esnasında projenin mimarları ile birlikte Fraunhofer güneş enerjisi sistemleri enstitüsü ve Freiburg Photovoltaik : Flachglass-Solartechnik GmbH kuruluşları da çalışmış ve binanın tasarlandığı dönem şartlarına göre minimum enerji tüketmesi için gayret sarf etmişlerdir.

Wissenschaftspark und Technologiezentrum'un yıllık kullanmaya ihtiyaç duyduğu enerji 85 kWh/m² dir. Bu enerjinin Bina boyunca güney cephede ve çatıda bulunan fotovoltaik pillerden sağladığı enerji çıkınca sadece 36 kWh/m² enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Binaya ek bloklarda yıllık 47 kWh/m² enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Toplam ortalama yıllık enerji ihtiyacı beklenen ortalama değer olan 67 kWh/m²'nin oldukça altındadır.

Wissenschaftspark binası, binaya entegre fotovoltaik sistem ve çatıya monte edilmiş fotovoltaik sistemlerle yılda en yüksek noktasında 225 kW doğru akım güç üretebilmektedir. Bilimpark binasının önüne güneşten gelen yansıyan enerjiyi en yüksek miktarda toplayabilmesi için bir de gölet yapılmıştır. Bu da mimarların düşündüğü bir başka detaydır. Fotovoltaik piller söz konusu gölet sayesinde yansıyan ışınları da enerji üretiminde kullanmaktadırlar.

3.1.1 Doğrudan Isı Kazancı

Bu yöntemin uygulamalarında yapının güney duvarında büyük cam alanlar ve beton, kerpiç, tuğla gibi masif gereçlerden oluşan tavan, döşeme ve duvarlar yer alır. Dış duvarda ya da çatıda yer alan cam yüzeyler aracılığıyla hacme giren güneş ışığı, hacmin döşeme, duvar, tavan hatta eşyalarında yutulur, ısı enerjisine dönüşür ve depolanır. Bu yöntemde öncelikle, yeterli güneş enerjisinin iç mekanlara girişinin ve bu enerjinin minimum kaybının sağlanması gerekir. Bunun için ilk koşul, cam yüzeylerin yapının güney yüzünde kışın güneş ışınlarından maksimum yararlanacak biçimde yerleştirilmesidir. Optimum yön güney olmakla birlikte, sistemin verimini belli oranda düşürse de, doğu ve batı yönüne 30°'lik sapmalar yararlanma yönü olarak kabul edilmektedir. Doğru bir biçimde yönlendirilen cam yüzeylerin, elde edilen ısı enerjisinin kaybını engellemek için genellikle çift camlı olmaları ve hava sızdırmazlıklarının da kesinlikle sağlanmış olması gerekir. Ayrıca; gece durumunda ısı kayıplarını azaltmak için bu alanların bir çeşit hareketli yalıtım gereçleri ile kapatılması verimi arttırır.

* Bilim ve teknoloji merkezi binası

Yapının döşeme, tavan ve duvarları öteki işlevlerinin yanında ısı depolayıcı kütle olarak da çalışırlar. Isı depolayıcı kütlelerin görevi; dış sıcaklığın düştüğü, yapının ısı kaybının arttığı, güneş battıktan sonra ki saatlerde kullanılmak üzere fazla enerji depolamaktır. Isı depolayıcı kütlelerin; gereçsel yapısı, mekandaki kullanım yerinin belirlenmesi, boyutlandırılması, yüzey rengi (yansıtma çarpanı) önemlidir. Isı depolayıcı kütle olarak seçilecek gerecin, birim hacminde fazla enerji depolama, depoladığı enerjiyi yüzeyine ve iç mekana çabuk iletebilme özelliği olmalıdır. Bu yöntemde en çok kullanılan ısı depolayıcı gereçler; taş, beton, tuğla, kerpiç gibi katı gereçlerdir. Bu gereçlerin hem ısı enerjisini depolama kapasiteleri hem de ısı iletkenlikleri oldukça yüksektir.

Isı depolayıcı öğenin doğrudan güneş ışığı alır durumda yerinin belirlenmesi en iyi sonucu verir. Ayrıca ısı depolayıcı kütlelerin yüzey alanının büyüklüğüne karşın kalınlığının az tutulması yüzey alanının küçük fakat kalınlığının fazla tutulduğu duruma göre daha iyi sonuç verir. Bu durum, yani ısı depolayıcı kütlelerin yüzey alanının büyük tutulması mekan içinde sıcaklığın daha iyi (homojen) dağılımını sağladığından konfor için de önemli bir etkidir.

Yukarıda sözü edilen etkenlerin yanında; ısı depolayıcı kütlelerin yüzeyinin yansıtma çarpanı yani açıklık ya da koyuluğu, üzerine gelen güneş ışığının yutulma oranını ve bu yolla elde edilen ısı enerjisini etkilediği için dolaysız ısı kazancı sisteminin bütününe başarısında etkilidir. Isı depolayıcı yüzeylerin olabildiğince koyu renkte, öteki yüzeylerin görelisi olarak daha açık, üzerine gelen ışığı yansıtarak depolayıcı yüzeye gönderecek biçimde tasarlanması doğru olacaktır. Özellikle perde, mobilya v.b. hafif öğelerin, koyu renkli ve doğrudan güneş ışığı alması aşırı ısınma sorununa neden olacağından bu öğeler, doğrudan güneş ışığı alan bölgeden uzakta ve açık renkte olmalıdır. Ayrıca mekanın tefrişinde mobilya, insan v.b. öğelerin güneş ışığının depolayıcı yüzeye gelişinde engel oluşturmamasına dikkat etmek gereklidir.

Yaz aylarında oluşabilecek aşırı ısınma sorununun engellenmesi için de, yapı içinde perde, jaluzi v.b. yapı dışında stor, panjur, kapak v.b. hareketli elemanlar, yatay ve düşey güneş kırınlar, yansıtıcı özel renkli camlar, kışın yapraklarını döken ağaçlar (dalları kış aylarındaki verimi etkilese de) yaz aylarında gölgelendirici olarak kullanılabilirler. Ayrıca bunlarla birlikte, doğal havalandırma olanağının da sağlanması yaz aylarında genellikle konforu sağlayacaktır.

3.1.2 Isı Depolayıcı Duvarlar

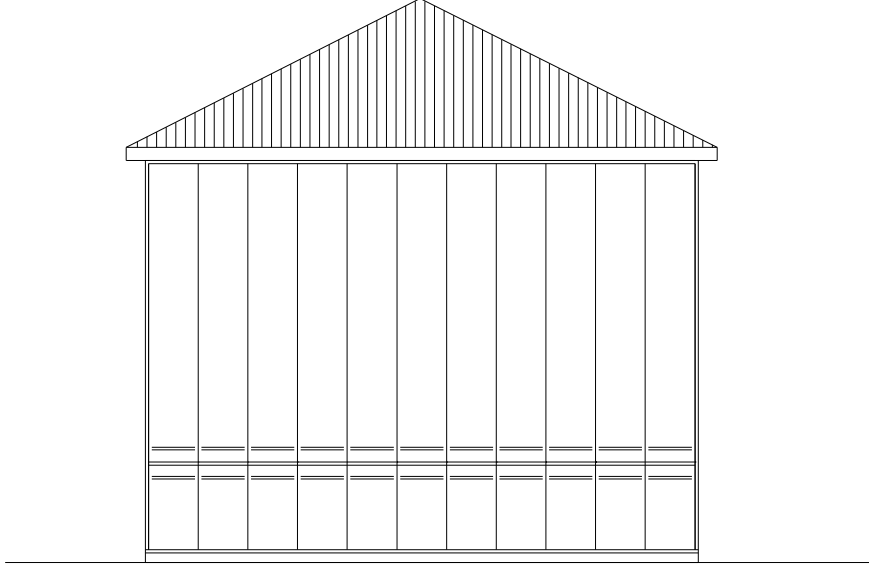
Bu yöntemin Dolaysız Isı Kazancı yönteminden önemli farkı, güneş ışığının iç mekana alınmadan güneşle iç mekan arasında tasarlanan duvar aracılığıyla toplanması ve ısı enerjisine dönüşerek depolanmasıdır. Bilindiği gibi bu yöntemin hava kanallı ve kanalsız olmak üzere iki tür uygulaması söz konusudur. Kanallı Isı Depolayıcı Duvarlar taşınım akımlarıyla mekana anında ısı sağladıkları gibi, aynı zamanda depoladıkları enerjiyi güneşin olmadığı saatlerde ışınım yoluyla mekana aktarırlar. Duvar üzerinde hava deliklerinin olmadığı durumda ise; iç mekana ısı aktarımının gecikmesi, yavaşlaması söz konusudur. Ancak, bu duvar sisteminin olumlu yanı, günün 24 saatinde iç mekandaki sıcaklık değişimlerini azaltması, yani iç mekan sıcaklığının çok daha durağan olmasını sağlamasıdır. Buna karşılık, hava delikli duvarların kullanımında; iç mekandaki sıcaklık değişimleri daha fazla olsa da bunların sabah saatlerinde mekana çok kısa sürede ısı enerjisi sağlaması gibi bir üstünlüğü olduğu da göz önünde tutulmalıdır. Hava delikli duvar sisteminde; iç mekan sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu durumda, hava deliklerinin boyutları onları yavaş yavaş kapatacak bir kapak sistemiyle küçültülerek, sıcaklığın kabul edilebilir sınırlar içinde kalması denetlenebilir. Böylece hava delikli duvarların, deliksiz duvar tasarımına göre olumsuz olan yanı giderilmiş olur.

Bu yöntemde ısı depolayıcı duvarlar genellikle, beton, tuğla, kerpiç gibi kagir gereçlerden ya da içi su dolu olarak oluşturulurlar. Kagir gereçlerden oluşan duvarlar, Felix Trombe ve Jacques ve Jacques Michel'in Odeillo'da (Fransa) bu konudaki yoğun çalışmaları nedeniyle, çoğunlukla Trombe duvarları olarak adlandırılırlar.

Trombe duvarının dış yüzeyi koyu renkte olup güney yönünde yapılmış koyu renkli bir duvardır. Bu duvarın önünde yaklaşık 10-15 cm aralıkla çift cam pencere yüzeyi bulunmaktadır. Trombe duvarı hem duvar malzemesinin depolama kabiliyeti hem de duvar önündeki camın sera etkisi nedeniyle içeriye düşen güneş enerjisini yaralı hale dönüştürmektedir.

Isı Trombe duvarı tarafından evin içinde iki değişik türde dağıtılır. Saatler süren bir zaman boyunca ısı duvar içinde taşınarak geç vakitte veya sabahın erken saatlerinde arka yüzeye erişmektedir. Bu nedenle “geciktirme kaloriferi” olarak da adlandırılır.

Trombe duvarlarının bazıları güneş enerjisini hemen dağıtabilecek şekilde yapılmaktadır. Bunun için duvarın biri zemin kotunda, diğeri ise tavan kotunda olmak üzere iki delikli olması ve bu sayede kot farkından kaynaklanan basınç farkıyla oda iç havasının taşınım



TROMBE DUVARI UYGULAMASI
GÜNEY CEPHESİ



YAN CEPHE

yoluyla ısı iletimini hızlandırması hedeflenmektedir. Doğal hava hareketinin bu sürekli akışını termosifon cihazlarının çalışma prensibine de benzetebiliriz.

Isı depolayıcı duvar tasarımının en önemli aşamalarından biri de duvar kalınlığının belirlenmesidir. Literatürde çeşitli hesap yöntemleriyle oluşturulmuş tablolardan, farklı gereçler için önerilen en uygun Trombe duvarı kalınlıklarını belirlemek olanaklıdır. Isı depolayıcı kütle olarak suyun kagir gereçlere göre daha fazla ısı enerjisi depolama özelliği yanında, taşınım akımlarıyla daha çabuk ısı iletimi özelliği de söz konusudur. Aynı kalınlıkta kagir duvara göre çok daha çabuk ısı aktarımı olan sulu sistem duvarların yüzey sıcaklığı da kagir duvarlardan daha düşüktür ve dolayısıyla duvar önündeki cam yüzeye doğru yayılan enerji ve sistemin ısı kaybı da daha az olur. Sabahları mekana çabuk ısı enerjisi sağlanması açısından olumlu olan bu sistem, aynı zamanda kolaylıkla aşırı ısıtma sorununa yol açabilir. Ayrıca; hava deliksiz kagir duvarlar, iç mekan sıcaklık değişimlerinin azaltılmasında, sulu duvarlara göre çok daha fazla etkilidir. Kagir duvarlarda olduğu gibi, sulu sistem duvarlarda da kalınlık arttıkça, iç mekan sıcaklık değişimleri azalmaktadır.

Isı depolayıcı duvar sisteminin kullanıldığı bir pasif sistem tasarımda, maksimum güneş enerjisinin toplanması amaçlanırken dışarıya olan ısı kaybının da minimum tutulması gerekir.

Bunun için genellikle duvar önündeki cam yüzeylerin ısısal direnci çift cam uygulamasıyla artırılır. Son yıllarda yapılan araştırmalarda, depolayıcı duvar yüzeyine uygulanan krom, bakır, nikel gibi oksidli metallere oluşturulan bazı seçici yüzeylerin, sistemin dışarıya olan ısı kaybının azaltılmasında çok etkili olduğu görülmüştür. Seçici yüzeylerin güneş ışığını düz siyah boyalı yüzeyler kadar yutma özelliği varken, elektrik akımını taşıma yeteneklerine bağlı olarak kızılaltı ışınlarını yayıcılıkları düşüktür. Bu nedenle dışarıya olan ısı kaybının azaltılmasında etkilidirler ve dolayısıyla depolayıcı duvar sisteminin verimini artırırlar. Seçici yüzeyler ısı tutucu olduğundan geceleri dışarıya olan ısı kaybını önlemek için gereken hareketli yalıtım gereci gereksinimini de ortadan kaldırmaktadırlar. Ayrıca; bu yüzeylerin uygulanması, sulu sistem duvarların ısı kaybı açısından kagir duvarlara (Trombe duvarına) üstünlüğünü de yani ısı kaybı açısından aralarındaki farkı da azaltır.

3.1.3 Isı Depolayıcı Çatılar

Bu sistem ısı depolayıcı duvarlar sisteminin bir benzeridir, yalnız aradaki ısı depolayıcı maddenin çatı üzerinde yer almasından dolayı farklılık gösterir. Isı depolayıcı madde, PVC yada benzeri plastik malzemedeki torbalar içindeki su havuzlarından oluşur. Metal taşıyıcılar üzerinde alttaki hacim için tavan görevini yapar. Bu sistem kışın ısıtma yazın ise serinleme

için aynı derecede uygundur. Kışın gün boyunca güneş ışınımına açık olan havuzlar geceleri yalıtım yapılmış levhalarla kapatılır. Havuzlarda toplanan ısı enerjisi, alttaki hacme doğrudan büyük oranda taşınım ve ışınım yoluyla yayılır. Yaz aylarında havuzu kapatan levhaların sistemi tersine döner. Gün boyunca kapatılan levhalar, havuzları güneş ışınımından korurken, geceleri ise serin olan havaya açılan havuz yüzeylerinden doğal taşınım ve ışınım yoluyla ısı kaybedilerek havuz soğutulur. Bu sistemin uygulamalarında, iç sıcaklığın yıl boyunca oldukça sabit tutulabildiği (19 -23°C) görülmüştür. Isıtma ve soğutma sistemi başlıca ışınım yoluyla olduğu için, genellikle hacimde her mevsimde konfor koşulları üst düzeyde sağlanmaktadır.

Güneşin gün boyunca çok yüksek olması kış aylarında 35° güney ve 35° kuzey enlemleri arasında bulunan binalarda düşey toplayıcı yüzeylerin verimi düşüktür. Bu bölgelerdeki binalar için yatay yada açılı yerleştirilmiş güneş enerjisi toplacıları daha verimli çalışacaklardır. Ayrıca gündüz ile gece arasında büyük sıcaklık farkı olan kara iklimlerde özellikle güneşli ve berrak günlerde bu yöntem etkili olmaktadır.

Isı depolayıcı çatıların yapı elemanı olarak görevi ise, ısı depolayıcı duvara benzemektedir. Yalnız ısı depolayıcı elemanın çatı üzerinde olmasından dolayı bir fark göstermektedir. Termik depolayıcı madde alırdığı gibi, ya açık bir havuzdan ya da kapalı bir ortam içinde bulunan sudan meydana gelir.

3.1.4 Sürekli Taşınım Kanalları (Metal Güneş Duvarları)

Metal Güneş Duvarı adını verebileceğimiz sistem de Trombe Duvarına benzeyen ve etkin ısıtma sağlayan bir sistemdir. Binaların pencere olmayan bir veya daha fazla cephesinde güneş enerjisini toplamak için güneş ışınımını yutucu siyah bir levha ve örtü gereci olarak cam ya da benzeri gereçler kullanılır. Burada malzeme olarak koyu renkli alüminyum veya çelik metal levhalar kullanılır. Ayrıca; sürekli hava dolaşımı için bir ara boşluk tasarlanır. Isıtma amaçlı sürekli hava dolaşımı sistemin mekana bakan iç yüzeyinde yer alan alt ve üst kapaklar yoluyla gerçekleştirilir. Havalandırma amaçlı hava dolaşımı ise sistemin dış yüzeyinde tasarlanacak bir üst kapak aracılığıyla tasarlanır. Yapının güney yüzünde tasarlanacak bu sistem sürekli akım halkası yoluyla ısı depolayıcı duvarlar yöntemi gibi çalışarak mekana ısı iletir. Ancak, sistemde ısı depolayıcı kitle yer almadığı için mekana ısı aktarımında gecikme söz konusu değildir. Güneşli saatlerde mekana çok daha çabuk ısı aktarımı olanağı vardır.

Sistemin değişik kullanım biçimleri için farklı detaylar oluşturmak olanaklıdır. Özellikle iyileştirme projelerinde var olan cam yüzeylerin arkasına uygulanması, oldukça ekonomik ve basit çözümlere olanak sağlayabilir. Sistemin bir başka olumlu yanı, kullanılacak döşeme alanını sınırlamaması, az yer kaplayan, uygulaması kolay ve basit çözümler olanağı vermesidir. Yapıların özellikle güney yüzünde, saydam alanların yanında dolu alanlara duvar yerine bu sistemin yalıtımı çözülmüş detaylarının uygulanması olanaklıdır. Bu sistem aynı zamanda doğal aydınlatmanın ve doğal havalandırmanın saydam alanlar aracılığıyla gerçekleştirilmesini sağlar.

3.1.5 Güneş Odası Ekleme

Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinden biri de; yapıya güneş odası yada limonluk adını verebileceğimiz, ana işlevi güneş enerjisini toplayarak bitişik olduğu hacmi ısıtmak olan bir mekanın eklenmesidir. Bu mekan, yapının kullanılabilen bir bölümü olarak gereken büyüklükte tasarlanabileceği gibi; yalnızca güneş enerjisini toplayıcı yüzey ve depolayıcı kütle boyutu için gereken boyutlarda, oldukça küçük bir mekan olarak da tasarlanabilir. Bu yöntemin Dolaysız Isı Kazancı yönteminden farkı; güneş odasının yapının ana işlevini oluşturan mekanı olmaması, ana işlevi oluşturan mekana ısı kazancı sağlamak için eklenmiş bir mekan olmasıdır. Güney duvarı ve çoğunlukla çatısı da cam olan yüzeylerden oluşan bu mekanın, döşeme ve duvarları da enerji toplayıcı olarak siyah ya da koyu renk yüzeylerden oluşur. Cam yüzeylerin çift camlı olarak tasarımı genellikle en iyi sonucu verir. Güneş odasını yapıdan ayıran duvar ise, ısı tutucu kitle olarak kagir ya da sulu sistem olarak tasarlanır. Dolaysız güneş ışığını yutarak ısınan bu kitle aracılığıyla ısı bitişik mekana aktarılır. Ayrıca bu duvar üzerinde oluşturulan hava delikleriyle, güneş odasının ısınan havası içteki mekana alınabilir. Bu durumda işleyiş açısından sistem ısı depolayıcı duvar sisteminin bir benzeridir. Ancak güneş odasında veya güneş evinde büyük miktarda ısı kaybı olduğundan dolayı yalıtım detaylarının iyi çözülmesi gerekmektedir.

Güneş cam evi yeni bir yapının bir bölümü olabileceği gibi eski bir yapıya ek olarak yapılan bir yapı veya binayı tamamlayıcı bir tasarım olabilir. Güneş evlerinin arka kısımlarında bulunan oturma odaları ısıl tampon bölgeler oluşturmaktadır. Güneş ışınları, güneşe yönelik güneş evin cam yüzeylerinden emilerek odayı çevreleyen duvar ve zemin yüzeylerinde ısı olarak toplamaktadırlar. Bu sistemde depolayıcı madde bina iç duvar yüzeyleri ve yeterince kalınlıktaki masif malzemedan meydana gelen zemin olarak iki noktada kullanılmaktadır. Yüzeylerin koyu renk olması ısı tutma kapasitesini arttıracaktır.

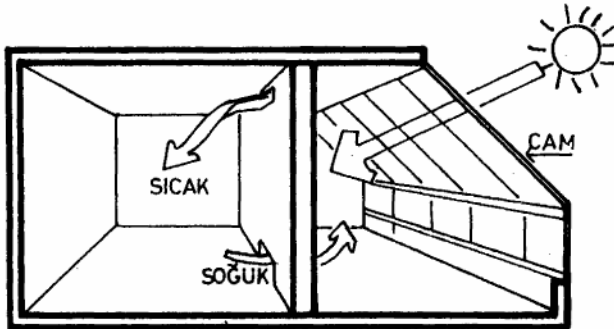
Zemin seviyesindeki seralarda ise, sera etkisiyle meydana gelen sıcak hava yukarıda emilmekte ve zeminin altına yerleştirilen taş depolayıcı içine sevk edilmektedir. Depolayıcı madde ısıyı alarak gece döşeme kaloriferi ya da yerden ısıtma sistemi gibi güneş evine bitişik

olan mekana (oturma odası) vermektedir. Bu sistemin en büyük özelliği hemen her yerde sonradan kurulması mümkün olan bir sistemdir.

Isının limonluk odasından bina içine dağılımı değişik şekiller de olabilmektedir. Burada doğal akış veya zorlamalı (cebri) akış metodları kullanılabilir. Güneş evi ile hemen bitişiğindeki mekan (oturma odası) arasındaki yığma duvar Trombe duvarında olduğu gibi zaman geciktirmeli ısı kaynağı görmektedir. Bu duvar içerisinde, doğal sürekli akışı sağlayan zemin ve tavan delikleri ve hareketli yalıtım malzemeleri bulunmaktadır.

Isı limonluktan vantilatör veya benzeri bir sistemle zorlamalı olarak da yan mekana (oturma odası) iletilebilir. Limonluk ile yan mekan arasında böylece kolayca ve sürekli dolaşım sağlanmaktadır. Fakat bu sistem fanların çalışma gücü ile ilişkili olarak elektrik tüketimini bir miktar arttıracaktır. Hareketli yalıtım malzemesinin amacı ise geceleyin içerideki dengesini sağlamaktır. Güneş ev bina içerisindeki ısı kaybını azaltan tampon bir bölge görevi görmektedir.

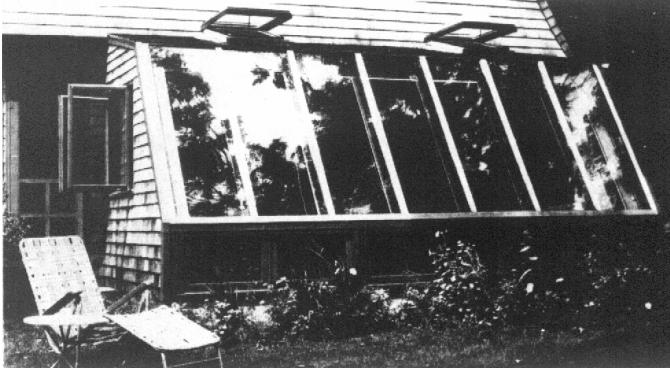
Binaya ek olarak inşa edilen limonluk bina içerisindeki ısı kaybını azaltan tampon bir bölge olarak çalışmakta aynı zamanda iyi tasarlandığında güneşten dolayı elde ettiği aydınlama ile içinde yaşandığı süre içerisinde insanların psikolojisinde olumlu etkisi olabilecek bir mekandır. Bu sistem doğrudan kazanım ve ısı depolayıcı sistemin bir karışımı kombine bir sistem olarak uygulanabilmektedir. Bina iki ısı bölgesinden oluşmaktadır. Birinci bölge doğrudan kazanım için limonluk diye tabir ettiğimiz güneş odası, ikinci bölge ise ısı depolayıcı duvar ile ayrılmış olan dolaylı ısınan odadır.



Güneş odalarının tasarımında;

- güneşe bakan cam alanı ne kadar çok tutulursa o kadar fazla güneş enerjisinin toplanabileceği,
- güneş odasıyla yapı arasındaki ısı tutucu duvar alanı ne kadar fazla olursa enerji aktarımının da o kadar çabuk olacağı, bu durumda soğuk dış iklime karşı da daha iyi bir tampon olacağı,
- ısı tutucu duvarla, güneş odasının güney duvarı arasındaki uzaklık ne kadar az tutulursa, duvar üzerindeki hava deliklerinden taşınım yoluyla iç mekana ısı aktarımının da o kadar çabuk olacağı,

göz önünde tutulmalıdır.



Güneş odalarının eğimli çatı yüzeyleri özellikle yaz aylarında, bazı durumlarda kış aylarında da aşırı ısınmaya neden olabilirler. Tasarımlarında yaz aylarında cam yüzeylerin gölgelendirilmesi ve havalandırılması düşünülmelidir. Yaz aylarında aşırı ısınma sorununun önlenmesi için, mekanın yeterince

havalandırılması da gereklidir. Bunun için güneş odasının duvarında, çatısında ve yan duvarlarında açılabilir pencere, kapı, v.b. öğeler düşünülmeli ya da cam panellerden bazıları yaz aylarında kaldırılabilir. Havalandırma için güneş odasında düşünülen delik, pencere v.b. boşluklar döşeme alanının %20'si kadar ya da daha fazla tutulmalıdır. Havalandırma delikleri farklı kotlarda düzenlenerek taşınım akımlarıyla içerdeki sıcak havanın dışarı atılması sağlanmalıdır.

3.2 Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller)

Güneş pilleri yüzeylerine gelen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletkenlerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, veya daire şeklinde olan güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm^2 civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı çalışırlar, üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Doğru akım (DC) üreten aygıtlar olup ürettikleri enerji akülerde depolanarak alternatif akıma dönüştürülebilir.

Fotovoltaik modül bir cam ile hava koruma amaçlı arka fonu olan iki yüzey arasında hapsedilmiş birbirinin içine seri yada paralel bağlanmış hücrelerden oluşmaktadır. Fotovoltaik modüller binaya genellikle alüminyum çerçeveler vasıtasıyla monte edilirler. Fotovoltaik pillere “solar panel”, “güneş paneli” gibi isimlerde verilmiştir. Fakat bu terimler güneş enerjisi vasıtasıyla su ısıtan panellere de verildiğinden karışıklığa neden olmamak için güneş pili yada fotovoltaik pil olarak bahsetmeyi uygun gördük.

Deniz seviyesinde güneşli bir günde güneş ışınım şiddeti 1000 W/m^2 civarındadır. Bölgeye bağlı olarak 1 m^2 'ye düşen enerji miktarı yılda 800-2600 kWh arasındadır. Bu enerji Güneş pilinin yapısına ve malzemesine bağlı olarak %5-%20 arasında bir verimle elektrik enerjisine dönüşebilmektedir. Bir güneş pilinin çıkış gerilimi yaklaşık 0,5 V civarındadır. Güç çıkışını arttırmak amacıyla çok sayıdaki güneş pilleri seri veya paralel bağlanarak güneş modülleri

(solar modül) elde edilir. Güneş modülleri birleştirilerek güneş panelleri ve onlarda birleştirilerek solar dizisi elde edilmektedir. Güneş modülleri yalnız direk güneş ışınından değil yaygın ışınımında da (bulutlu havalarda) daha düşük güçte elektrik üretebilmektedir.

3.2.1 Güneş Pillerinin Malzemeleri

Günümüzde güneş pillerin çoğu silikon malzemedden yapılmaktadır. Genellikle güneş pilleri ince film, ya da kristal silikon olarak iki sınıfa ayrılabilir.

Kristal silikon pil hücresi genellikle Czochralski yöntemi olarak bilinen yöntem kullanılarak, tek bir kristal kütükten imal edilirler. Tek kristal piller önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlığında ince tabakalar halinde dilimlenerek üretilirler. Tek kristal silikon pillerin verimleri çok kristalli pillere oranla daha fazla olsa da çok kristal silikon pillere nazaran üretim maliyetleri daha pahalıya çıkmaktadır.

Her ne kadar daha az verimli olsalar da çok kristalli silikonlardan üretilen piller de daha ucuza üretiltikleri için gitgide tanınmaktadırlar. Güneş pillerinin performansı hücrenin malzemesine bağlı olarak değişmektedir. Şu ana kristal silikon pillerde kaydedilmiş en yüksek verimlilik %24,7'dir. Pilin verimliliğinin %25'ten daha büyük olduğu durumlar da kaydedilmiş fakat bu durumlarda gallium arsenide gibi uzay uygulamalarında kullanılan pahalı yarı iletken malzemeler kullanılmıştır. İnce film güneş pili modülleri plastik, paslanmaz çelik, veya cam gibi düşük maliyetli fotovoltaik malzemelerden oldukça ince tabakalarla yapılmaktadırlar. Her bir hücre ince film malzemenin lazer ile kesilmesi şekillendirilir. İnce filmde yapılan güneş pilleri daha düşük maliyet sağlayabilir. Öncelikle malzemenin maliyeti yarı iletken malzemelere göre daha düşüktür. Ayrıca uygulamada işçilik maliyetleri de filmlerin daha büyük modüller halinde üretilmesinden ve tek hücre kadar birbirine fazla sayıda bağlantı yapılmamasından dolayı daha düşük olabilmektedir. Günümüzde en gelişmiş ince film teknolojisi hidrojen amorfus silikon'dur. Bu malzeme normalde güç üretimi amaçlı uygulamalardan çok tüketim amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Ticari amaçlı üretilen hidrojen amorfus silikon modüllerin verimi 1980'li yıllarda %3,5'den %7'ye çıkmıştır. En verimli modüllerde fotovoltaik malzemenin çok tabakalı uygulandığı görülmektedir. Örneğin üç tabakalı hidrojen amorfus silikon modüle iki tabaka germanyum eklenerek (a-Si/a-SiGe/a-SiGe) %13,5 verim laboratuvar şartlarında sağlanmıştır. Hidrojen amorfus silikon haricinde polikristal silikon, kadmiyum tellürid (CdTe) ve Bakır İndiyum Galliyum Diselenid (CIGS) gibi ince filmler de yapılabilmektedir. Normal, en yüksek, ve laboratuvar koşullarında en yüksek olarak kaydedilmiş pil verimleri

Çizelge:3.1’de verilmektedir.

3.2.2 Güneş Pillerinin Çalışma Prensibi

Bir güneş pili sistemi bir yada daha fazla modülden oluşmaktadır. Bir güneş pili modülü ise güneş ışığını elektrik enerjisine çeviren yaklaşık 40 fotovoltaiik güneş hücresinden oluşmaktadır. Modüller seri ya da paralel bağlanabilirler. Bu şekilde bağlanmış elektrik üretim amaçlı sistemlere güneş pili tarlası da denmektedir.

Çalışma fikrini açıklamak gerekir ise güneş pili güneşten gelen enerji dolu fotonları emer ve içinde hapseder. Bir fotonun yutulmasıyla bir silikon atomundan eksi yüklü bir elektron serbest kalır ve silikon atomunda artı yüklü bir boşluk kalır. Serbest kalan elektron ve artı yüklü boşluk birlikte yüksüz hale dönmek yolunda hareket ederler. Bu yüzden elektrik elde edebilmek için elektron ve artı yüklü boşluk birbirinden ayrılmalıdır. Bu amaçla güneş pilinde bir kavşak gibi davranan yapay bir tabaka vardır.Bu tabaka p/n tabakası olarak da adlandırılır. Bu tabakayı geçen elektronlar artı yüklü silikon atomlarının olduğu tarafa geri dönemezler. Böylece kısa devre önlenmiş olur. Güneş pilinin önü ile arkası arasında dışarıdan bir elektrik bağlantısı yapıldığında, serbest elektronlar artı yüklü atomlara ancak bu dışarıdan yapılan bağlantı sayesinde geri dönebilirler ve böylece doğru akım elde edilir.

Doğru akımın alternatif akıma dönüşmesi ise ticari piyasada invertör olarak adlandırılmakta olan bir dönüştürücü vasıtasıyla sağlanmaktadır. Invertörlerin verimi genellikle %90’ın üzerindedir. İvertörler direk olarak MPPT olarak adlandırılan modüllere bağlanırlar. Bu modüller invertörün sistemden çektiği maksimum gücün yarattığı yük empedansını sürekli olarak ayarlarlar. Eskiden bütün güneş tarlası için tek invertör kullanılmaktaydı. Günümüzde ise artık birden fazla invertör hatta her bir modülün arkasına birer invertör olacak şekilde dizayn edilmiş sistemler yapılabilmektedir. Bu da sistemi kolay genişletebilme imkanını yanında getirmektedir.

3.2.3 Güneş Pillerinin Performansı

Güneş pillerinin performansı hücre malzemesine bağlıdır. Amorf Silikon modüllerin %6-8 arasında değişen değişim verimi vardır. Bunun anlamı 1000 W/m^2 güneş enerjisini yutan amorf modülü 60 ila 80 W/m^2 enerji üretecektir. Çok kristalli silikon modüller ise %15 civarında verimlidir. Tek kristalli silikonlar ise bu malzemeler arasında en verimlisidir; verim yaklaşık %16 civarındadır.

3.3 Hal (Faz) Değiştiren Malzemeler

Hal değiştiren malzemeler (PCM), katı halden sıvı hale geçtikleri anda büyük miktarda enerji depolayabilirler. Bu malzemeler gündüz saatleri sıvılaşırken depoladıkları enerjiyi akşamları binanın içerisine verebilmektedirler. Hal değiştiren malzemenin sıcaklığı erime ve donma anlarında neredeyse sabittir. Buna ek olarak bir sürü hal değiştiren malzeme şeffaf özelliğe sahiptir. Bu da hal değiştiren malzemeleri mekanın pasif olarak aydınlatılmasında ve enerji depolanmasında çift camla birlikte kullanma fikrini geliştirmektedir.

Prensip olarak hal değiştiren malzemelerin çalışmasını açıklayalım. Termal enerji duyulur ısı olarak depolanabilir. Bu şekilde depolanma malzemesinin ısısı ile depolana enerji miktarı arasında bir orantı mevcuttur. Alternatif olarak termal enerji gizli ısı olarak da depolanabilir ve bu da depolanan enerjiyi maddenin bir halinden diğer haline geçerken erirken veya donarken kullanılmasını sağlar. Bu durumda enerji depolama ortamı faz değiştiren malzemenin kendisidir. Buz 0 °C’de faz değiştiren malzemeye bir örnektir.

Organik ve inorganik bileşenler hal değiştiren malzemelerin en genel gruplarıdır. Parafin ve balmumu gibi organik hal değiştiren malzemelerin çoğu kimyasal olarak düzenlidirler ve korozif değildirler. Bu malzemeler kristalleşmeye başlamak için donma noktasının altına kadar soğutulmaya ihtiyaç duymazlar. Bu malzemeler ayrıca inşaat malzemeleri ne uygun olma, birim ağırlık başına yüksek gizli ısıya sahip olma ve geri dönüşümlü kullanım özelliklerine sahiptirler. Olumsuz yanları ise düşük ısı geçirgenlikleri, hal değişiminde yüksek hacim değiştirme özelliklerinin olması ve kolay tutuşabilme özellikleridir.

Tuz hidratları gibi inorganik malzemeler ise organik bileşenler ile kıyaslandıklarında birim hacim başına daha fazla gizli ısıya sahiptirler, kolay tutuşmazlar, yüksek ısı geçirgenlikleri vardır, ve düşük maliyetlidirler. Potansiyel olarak yararlı ömürlerinden sonra geri dönüşüme tabi tutulabilirler. Fakat çoğu metale karşı korozif özellikleri olmasından dolayı çürümeye, çok soğutmaya yol açarlar ki bunlar da hal değiştirme özelliklerini değiştirmektedir.

Hal değiştiren malzemeler ayrıca ısı enerjisinin depolanma ve serbest bırakılma işlemlerini neredeyse sabit sıcaklıkta gerçekleştirme avantajına sahiptirler. Dolayısıyla termal depolama; ısıtmayı, soğutmayı, depolamayı ücretsiz yapma veya belirli zamanlar için üretmeyi çok verimli hale getirebilmektedir.

3.3.1 Hal Değiştiren Malzemelerin Isıl Özellikleri

Almanya'da ZAE Bayern'de (*) yapılan yapılan bir çalışmada Helmut Weinlader, Andreas Beck ve Jochen Fricke faz değiştiren malzeme uygulamalarında kullanmak için üç farklı hal değiştiren malzeme bulmuşlardır. (Kaynak no:1)

Bunlar RT25 (bu özel malzeme artık bulunmamaktadır), benzer özellikte RT26 ve RT27 olarak adlandırılan parafin mumlarıdır.

Ayrıca söz konusu araştırmacılar Fransa'da bulunan Cristopia Energy Systems firmasından $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bazlı S27 adlı tuz hidrat ve şu ana kadar ticari olarak edinilmesi mümkün olmayan L30 olarak adlandırılan tuz hidratı çalışmalarında kullanmışlardır.

Tuz hidratlar ısı füzyon değerinin yüksekliği ve yoğunluğundan dolayı avantajlı bir malzemedir. hal değiştiren malzemedede ısı füzyon hal değiştiren malzemenin ısı depolama kapasitesini etkileyen faktör olmasından dolayı önem kazanmaktadır. İnce tabaka halindeki tuz hidratlar bile yeterli ısı tutma kapasitesine sahip olabilirler. Tuz hidratın dezavantajı ise aşırı soğutma dır. S27 için 2-3 K ve L30 için bu değer 5 K dir. Hal değiştiren malzemelerin ısı özellikleri ZAE Bavyera'da ölçülmüştür. Bu değerler Çizelge:3.2'de verilmektedir.

ZAE Bavyera'da yapılan çalışmaların haricinde Xu Xu, Yinping Zhang, Kunping Lin, Hongfa Di, Rui Yang'ın dahil olduğu bir grup bilim adamı yeni bir sabit şekilli PCM geliştirmiş ve çalışmalarını bu malzeme ile sürdürmüşlerdir. (Kaynak 5) Sabit şekilli hal değiştiren malzeme yeni bir PCM olarak ortaya çıkmakta ve hal değiştiren malzeme olarak parafin ve yardımcı malzeme olarak da makromolekül malzemededen oluşturulmuştur. Parafinin yardımcı malzeme içinde kapsüllenmesinden dolayı parafin hal değiştirdiği an karışım sabit şekli koruyabilmektedir. Eski hal değiştiren malzemelere göre sabit şekilli hal değiştiren malzemenin bir avantajı sıvı PCM sızıntısı tehlikesini azaltmaktadır. Bu malzemeye düz plaka şekli verilebileceği gibi betonun içine katılarak duvarda ya da zeminde direk uygulanabilir. Geliştirilen bu yeni sabit şekilli PCM levhanın içeriği; hal değiştiren malzeme olarak %70 parafin, yardımcı malzeme olarak ise %15 polietilen ve %15 sitren- bütadin-sitren (SBS) blok ko-polimeri kullanılmıştır.

* Bavyera İleri Enerji Araştırmaları Merkezi

3.3.2 Hal Değiştiren Malzemeler ile Direk Isı Depolama

2002 yılında ARC laboratuvarında geliştirilen güneş enerjisi kollektörü 29 °C’de hal değiştiren malzeme kullanıldı. Söz konusu hal değiştiren malzeme kapsüller içine yerleştirilmiş ve (~ 190 kJ / kg) enerjiyi bünyesinde tutabilmiştir. Gün boyunca güneş kollektörlü duvar enerjiyi yutup gece için enerji toplar.

3.3.3 Hal Değiştiren Malzemenin Kalınlığı

Hal değiştiren malzemenin kalınlığı da, uygulandığı zemindeki ısı iletim performansını etkileyen bir parametredir. Xu Xu, Yinping Zhang, Kunping Lin, Hongfa Di, Rui Yang’ın yaptıkları çalışmada hal değiştiren malzemenin farklı ısı iletim şartlarında binanın iç hava sıcaklığı değişimi ile hal değiştiren malzeme tabakasının kalınlığı arasında bir bağlantı kurmaya çalışmışlar. Deneysel olarak görülmüştür ki hal değiştiren malzemenin kalınlığı 20mm’den fazla olduğu zaman hal değiştiren malzemenin etkisi kalmamaktadır.

3.3.4 Zemin Kaplama Malzemesi

Hal değiştiren malzemelerin ısıl performansları, farklı zemin kaplama malzemelerinin farklı ısıl fiziksel özellikleri olması nedeniyle zemin kaplama malzemesine bağlı olarak da değişmektedir. Farklı zemin kaplama malzemelerinin özellikleri Çizelge:3.3’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi metal veya seramik malzeme ahşap malzemedenden daha iyidir. Çünkü bu malzemelerin ısı iletimi ahşaba nazaran daha yüksektir. Uygulamada hal değiştiren malzeme zemin kaplama malzemesinin altına yerleştirilecektir. Bu durumda bu iki malzeme arasında hava boşluğu kalması beklenir ve bu durum ısı iletimi açısından bir direnç görevi görecektir. Hava boşluğu hal değiştiren malzemenin güneş enerjisini depolama verimini düşürecektir. Bu durumdan dolayı uygulama da hava boşluğunun mümkün olduğu kadar az olması sağlanmalıdır.

3.4 Çift Cidarlı (Duvar Panel) Cepheler

Modern bina uygulamalarında çift cidarlı cepheler gün geçtikçe önem kazanmaktadırlar. Bu düşüncenin uygulanmasında en büyük faydalar arasında gelişmiş ses yalıtımı ve özellikle ılıman iklim şartlarında büyük kullanım konforunu sayabiliriz. Rüzgar hızını ve gürültünün mekan içerisine etkisini azalmak için ikinci bir cephe binanın iç cephesinin üzerine giydirilebilir.

3.5 Güneş Bacası (Solar Chimney)

Son on yılda güneş enerjisini kullanma yoluyla pasif havalandırma ilgi kazanmaya başlamıştır. Bina içindeki havayı ısıtacak olan ısıtıcı elemanın boyutları ve şeklini tasarlamak için özel çalışmalar yapılmıştır. Bilimsel dilde güneş bacası olarak adlandırılan ısıtıcı eleman bazı araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. N. K. Bansal çalışmalarında güneş bacasını paralel bağlanmış baca sistemi olarak düşünmüş ve saatte yüzlerce metreküp hava akışı değerlerine ulaşmıştır. (Kaynak No:2)

Güneş Bacası fikrinin matematik modellenmesi ise Pasumarthi ve Sherif tarafından yapılmıştır. Hamdy ve Fikry pasif güneş bacalarını çatıda toplamak düşünülmüş ve Khedari deneysel olarak çatıdaki güneş ünitelerinin performansını bulmuştur. Hirunlabh ise cam kaplanmış metalik güneş duvarları ile evlerin doğal hava akışı ile havalandırılması düşüncesi üzerine çalışmıştır. Khedari bilinen inşaat malzemelerini güney cephede kullanmak yoluyla 25 m³ bir odanın havalandırmasını gerçekleştirmiştir. Afonso ve Oliveira güney cepheye cam malzemededen yapılmış güneş bacası uygulanması düşüncesinde deneyler ve simülasyonlar yapmışlardır. (Kaynak No:3)

Bütün bu çalışmaların sonuçları tek katlı bir evde güneş kaynaklı ısıtma elemanlarıyla yeterli havalandırma miktarına ulaşılabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak iç ortam sıcaklığı ile çevre sıcaklığı neredeyse aynı ve ısı konfor şartları içeride gerçekleşmektedir.

Yukarıdaki sonuçlar ayrıca ısıtma içinde benimsenmektedir. Rodrigues, güney cephedeki dikey kanallarda sağlanan doğal hava akışının radyasyon yolu ile güneş kaynağından ısınması ve bina içini ısıtması modeli üzerine çalışmıştır. R. Letan, V. Dubosky ve G. Ziskind ise pasif güneş-iletim sisteminin çok katlı bir binada verimli havalandırma şartlarını sağlayıp sağlayamayacağı üzerine araştırma yapmışlardır. Kendileri beş katlı bir binada yaptıkları bir çalışmada, laboratuvar ölçekli modelde deneysel ve nümerik olarak ve ayrıca gerçek boyutta bir binanın bilgisayar modellemesini kullanarak yazın pasif havalandırmanın ve kışın pasif ısıtmanın mümkün ve uygun olabileceği sonucuna varmışlardır.

Laboratuvar ölçekli model üç kata bölünmüş ısıtma ve havalandırma deneyleri kendi çalışmalarında sunulmuştur. Ölçülen hızlar ve sıcaklıklar simülasyon sonuçlarıyla uyumludur.

Gerçek ebatlardaki yapıda yapılan çalışmalarda ise beş katlı bir binada ısıtma ve havalandırma simüle ve analiz edilmiştir. Beş katlı binanın güney cephesindeki kanallar akış halindeki havanın ısıtılması için, kuzey cephesindeki kanallar da iç akış ve dağıtım için kullanılmaktadırlar. Güney cephenin yüzeyinin %80-100'ü oranında pasif ısıtma kanalı

olarak kullanılması durumunda pasif ısıtılmış kanallarda öngörülen kazanılmış ısı değişimi miktarı azdır; 70 W/m^2 yazın, $32\text{-}40 \text{ W/m}^2$ kışın. Bu şartlarda sistem yeterli performansı vermektedir.

Yazları, her ne kadar tavan arası çatının altında bir yalıtım alanı olarak var olsa da yukarı katlar ısıl konfora ulaşmak açısından özel ölçümlere ihtiyaç duymaktadırlar. Kışları ise üst katları geçen bir bypass ısının bütün katlara dağıtımını daha verimli kılacaktır. Bazı binalarda iç hava şartlarını ayarlama amaçlı kanalların içerisine temiz hava alma istenebilir.

3.5.1 Yazın Pasif Havalandırma

R. Letan beş katlı basit bir model üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu modelin ebatları aşağıdaki gibidir. Yükseklik 2,5 m (y-boyutu) uzunluk 6 m (x-boyutu) ve derinlik 10 m (z-boyutu). Bu binanın dış güney cephesine metal kanallar inşa edilmiştir. Binanın kuzey cephesinin iç tarafına ise metalik, sentetik ya da gypsum parçalarından yapılmış kanallar inşa edilmiştir. Her iki grup kanallarda aşağıda kapanır ve yukarıda açılırlar.

Binanın her katında kanalların iç boşluklarına iki giriş bağlanmaktadır. Kuzey taraftaki bağlantı zemine yakın yerleştirilmiş iken, güney tarafındaki bağlantı tavana yakın düşünülmüştür. Bu uygulama, geçmişteki tek katlı bina uygulamalarının en verimli olanlarından birinin hem deneysel hem de nümerik çalışmalarının sonucunda bulunmuştur.

Basit modele göre sistem aşağıdaki gibi işlemektedir. Güneydeki kanallar güneşten gelen radyasyonla ısınmaktadırlar. Isı metalik kanalın dış yüzeyinden çevre havasına doğru iletim yoluyla ve dışarı ve gökyüzüne ve radyasyon yolu ile transfer olmaktadır. Kanalın iç cidarlarından ise kanalın içindeki havaya ısı iletilmektedir. Binanın iç cephesi olan kanalların iç yüzeylerinde ısı yayılımının sifıra yakın olduğu varsayılabilmektedir. Bu sonuca kanalların iç yüzeylerine uygulanan özel boyalarla ulaşılabilmektedir.

Kanalların içinde ısınan hava yukarı doğru akmakta ve çatıda kanalın dışına, atmosfere, çıkmaktadır. Sıcak havanın yerini, yukarı katlardaki bağlantılar yoluyla katlardan kanala giren iç hacim havası almaktadır. Daha sonra kuzey tarafındaki kanallar dış havayı güneş bacasının yukarıdaki boşluğundan alarak, iç hacimlerden eklenen bağlantılar vasıtasıyla aldığı iç hacim havasını aşağı doğru taşımaktadır. İçeriye doğru duvarlar ve çatıdan kazanılan ısı böylece güneş bacasında dışarıya doğru akan hava vasıtasıyla dış ortama atılır. Eğer iç ortamda yeterli hava değişimi sağlanırsa iç ortam sıcaklığı dış ortam sıcaklığına ulaşabilmektedir. Dış ortam sıcaklığının $20\text{-}26 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu iklim koşullarında bu yöntemle yapılacak havalandırma sıcaklık

açısından konfor şartlarını sağlayabilmektedir.

Basit model, her katta sıcaklık açısından konfor şartlarını daha iyileştirmek amacıyla, her katta ortalama sıcaklığı ve sıcaklık dağılımı ölçülerek geliştirilebilir. Kuzey taraftaki pencerelerin yerini güneş bacaları alacak şekilde hava kanallarının tasarımı da iyileştirilebilir. Çatı ile üst kat arasına çatı katı inşa edilerek üst katın iyileştirilmesi sağlanabilir.

Beş katlı bir binanın pasif havalandırması için R. Letan pasif ısıtma uygulamasında yaptığı çalışma için aşağıdaki birkaç parametreyi tanımlamıştır; dış hava sıcaklığı, duvar ve çatının dış sıcaklığı, duvar ve çatının ısı transfer eşitlikleri, güney kanallarındaki yutulan ısının değişimi, kanalların boyutu, kanallara olan bağlantıları yükseklikleri ve binadaki yerleri ve geometrik iyileştirmelerin etkisi.

3.5.2 Kışın Pasif Isıtma

Çok katlı bir binanın kışın pasif ısıtma yapmak için kurulacak basit model yazın havalandırma yapmak için kullanılan basit modele benzemektedir. Güney cepheye inşa edilmiş metalik kanallar ve binanın kuzey iç tarafına inşa edilmiş kanallar fikri aynen geçerlidir. Yazın yapılan ısıtmadan ayrılan nokta ise yukarıda açık olan kanalların kışın kapatılmasıdır. Güney cephedeki güneş bacaları güneşten gelen radyasyon yoluyla ısı kazancı vasıtasıyla ısıtılır. Kuzey cephedeki kanallar duvar tarafından korunmaktadır. İç ortamdan güneş bacalarına bağlantıları yazın yapılan uygulama ile aynı yerlere yerleştirebiliriz. Ama aslında sistem bu sefer yazın olan çalışmanın tersine çalışacak hava güney tarafındaki kanallarda ısıtılacaktır. Güneş bacalarına ısıtılmış hava bacalardan yukarıya doğru akacak ve yukarıdan bacalardan iç ortama olan bağlantılar vasıtasıyla binanın üst katlarına giriş yapacaktır. Buradan kuzey kanalları vasıtasıyla hava aşağı katlara doğru inecektir. Daha sonra yine sıcak olan güney kanallarından yukarıya çıkacaktır. Hava kapalı bir sistem içerisinde dolaşacaktır. Isı iç mekanlardan duvarlar, çatı ve zemin kat ile etrafa iletilecektir. Amacımız binanın içerisindeki her kullanım mekanında 24°C civarında konfor sıcaklığını elde etmektir. Bu amaca ulaşmak için R. Letan ekibi ile birlikte basit model ve basit modelin geliştirilmiş çeşitleri test edilmiştir.

Basit modeldeki en büyük iyileştirme her kattaki iki dikey kanala bir by-pas kanalı bağlamak ve biri tavanda soğuk kanal tarafında öteki yerde sıcak kanal tarafında iki tane yeni bağlantı olarak tanımlanabilir.

Basit modeldeki her katta olan diğer iki kanal iptal edilmektedir. Bu yeni yapıda ısınan hava

güney kanallardan yukarı çıkmaktadır. Daha sonra bağlantı kanalından geçerek kuzey kanallarına varmaktadır ve aşağıya doğru akmaktadır. Hava iç mekanları her seviyede ısıtmakta ve güney cephedeki kanallara aşağı seviyedeki bağlantılardan geri dönmektedir. Bu yenilenmiş modelde de hava kapalı sistemde hareket etmektedir.

3.6 Çatı Havuzları

Literatürde Dam havuzu sistemi olarak da ifade edilen bu sistem aslında bir ısı depolama sistemidir. Ancak sistem oldukça özgün bir fikre sahip olduğu için ayrı bir başlık altında sunulmaktadır. Çatı havuzları ile ısınan bir bina içinde konfor şartları oldukça yüksektir.

Bu sistemde, binanın çatısına yerleştirilmiş içi su dolu havuzun veya plastik torbaların doğrudan depoladığı enerji geceleri binaya aktarılmaktadır. Ayrıca bunların üstüne açılıp kapanabilen kepenkler konulmuştur. Bu sayede sistemin çalışma zamanları kontrol edilebilir. Kışın gündüzleri kepenkler açılarak içi su dolu plastik torbalarda ısı toplama işlemi gerçekleşmekte, geceleyin ise torbaların üst yüzeyine örtü örtülerek ısının dış ortama kaçması engellenmektedir. Gündüz radyasyonla ısınan torbalar gece enerjilerini iç ortama bırakırlar. Yazın ise gündüzleri kepenkler kapalı tutularak torbaların ısınması engellenir. Geceleri ise kepenkler açılarak bina içinden dış ortama ısı geçişi sağlanmaktadır

Çatı havuzları dayanıklı metal tavanların üzerine yerleştirilen büyük plastik su havuzlarıdır. 15-30 cm derinliğindeki havuzlardaki su, binanın güneş enerjisiyle ısıtılması ve soğutulması için termik kütle görevi görmektedir. Koyu plastik bir kaplama bu havuzun alt kısmına, tavandan su akışını engellemek için ve güneş enerjisinin toplanmasını sağlamak için yerleştirilmektedir. Ayrıca havuzlar mor ötesi ışınların yol açabileceği yıpranmalardan korunmak için genellikle düz plastik kaplama malzemesi ile kaplanırlar. Sera etkisine bağlı olarak, havuzun içerisindeki ısının hapsedilmesine de yardımcı olurlar. Hareketli sert bir yalıtım kışın geceleri yazın ise gün boyunca kullanılmaktadır.

Kışın güneşli günlerde yalıtım kaldırılmakta ve güneş ışınımı su havuzlarına gelmektedir. Isı, havuzlardan tavana iletilmekte ve daha sonra alttaki odaya termik radyasyon yoluyla geçmektedir. Geceleyin ise yalıtım yerleştirilmekte ve su mekanı ısıtmaya devam etmektedir. Sadece havuzun altındaki mekanlar ısıtılması sebebiyle, bu sistemle ısıtılan binalar, ısı geçişini sağlayan bazı ayrıcalıklı binalar dışında tek katlıdır. Yazın süreç değişmekte ve yalıtım tabakası gün boyunca havuzun üzerinde işlevini yerine getirirken akşamları havuzun üzerinden kaldırılmakta ve içerideki yutulmuş ısının dışarıya akışına yardımcı olmaktadır.

Yatay yüzeylerde kışın güneş enerjisinin toplanması zayıf olması sebebiyle ve bu soruna ilave olarak çatıda kar birikmesi, donma gibi olası problemler sebebiyle çatı havuzu sistemleri en çok sıcak iklimlerde 35° kuzey enlemi ve daha altındaki enlemlerde uygulanması daha iyi sonuç verecektir.

Çatı havuzları mimari açıdan daha serbest mekanlar sağlarlar. Mimari açıdan söz konusu olan sınırlandırmalar sadece yüksek bir çatı gereksinmesi ve havuzun içindeki suyun taşınabilmesi için gerekli olan duvar ve tavan takviyesidir. Çatı havuzları dekoratif parapetler vasıtasıyla kolayca gizlenerek, bu sistemin etraftan görülmesi de engellenebilir. Çatı havuzları nispeten daha yukarı enlemlerde, çatıda eğimli camları altına yerleştirilebilirler. Eğimli bir cam yüzey yatay yüzeylere nazaran daha fazla güneş ışınımı sağlar. Çatının diğer iç yüzeyine konan bir yansıtıcı katman ise toplanan güneş enerjisinin artmasını sağlayacaktır. Burada çatının depolanacak suyu taşıyacak mukavemete sahip olması oldukça mühim bir noktadır.

4. PASİF ISITMA KULLANILAN SİSTEMLERDE TASARIM KRİTERLERİ

Düşük enerjili bina kavramının literatürdeki yerini almasında Kanada ve İsveç öncü rolü oynamışlardır. Mimaride 1970 yılından bu yana çeşitli ülkelerde uygulanmakta olan düşük enerjili binaların enerji gereksinimleri normal binalara karşın %50 oranında daha azdır. Uluslararası literatürde düşük enerjili bina tanımında binaların spesifik enerji gereksinimi kullanım alanı ve derece-gün değerine bağlı olarak belirlenmiş olup bu değer $< 0,02 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{Kd})$ 'tir. Bu tanıma bağlı olarak orta Avrupa ülkelerinde alınan değer $3,500\text{Kd}/\text{yıl}$ olup, tekil evler için enerji gereksinimi $< 55 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yıl})$ olarak bulunmaktadır.

Düşük enerjili bina herhangi bir yapıım tarzı değildir, burada iklimsel konforun çevresel veriler dikkate alınarak minimum enerji ile sağlanması ve yaşam konforu ve kalitesinden ödün vermeksizin çevreye daha az zararlı maddelerin atılmasını olanaklı kılmaktır. Yalıtımı yeterli olmayan mekanlarda enerji kullanımının fazla olmasına karşın, duvar iç ve yüzey sıcaklığının düşük olması rahatsızlık verici olup, mekan sıcaklığı yüksek olsa dahi konfor sağlanmaz. Mekanlarda istenilen konforun sağlanabilmesi için düşük enerjili binalarda aranan özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Bina kabuğunun ısı yalıtımı

Gerekli ısı yalıtımının sağlanması zorunlu olup, bina kabuğu (k) değerleri aşağıdaki değerlerin altında olmalıdır.

$$k_{\text{çatı}} < 0,2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

$$k_{\text{duvar}} < 0,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

$$k_{\text{bodrum kat döşemesi}} < 0,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

$$k_{\text{pencere}} < 1,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

- Isı köprülerinin önlenmesi

Isı yalıtımının kesintisiz olarak bina kabuğunu çepeçevre sarması sağlanmalı ve konsol çalışan kiriş ve döşeme elemanlarından kaçınılmalıdır. Özellikle duvar-pencere, duvar-çatı, pencere-denizlik ve ankraj eleman bağlantılarının olduğu yerlerde ısı köprüleri nedeniyle ısı kayıpları artmaktadır.

- Bina kabuğunda geçirimsizlik

Bina kabuğunun geçirimsiz olması zorunlu olup, Blower-Door Testine göre hava değişimi için

$n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$ değeri verilmektedir.

- Güneş enerjisi kazanımında optimizasyon

Saydam yapı malzemelerinin niteliği niceliğinden daha önemlidir. Isı yalıtım değerleri ve toplam enerji geçirgenlikleri ile verimli çalışma ömürleri ön planda tutulmalıdır. Ayrıca enerji açısından pozitif pencerelerde büyük tasarlanmalıdır.

- Mekan havasının değişimi ve kontrolü

Havalandırma tesisatının mekan hava kalitesi ve enerji tasarrufu açısından rolü önemlidir. Düşük enerjili binalarda basit havalandırma tesisatı yeterli olmakla beraber mekanlarda hava değişiminin pencereler vasıtasıyla yapılması enerji gereksinimini azaltmaktadır.

- Isıtma tesisatının uygunluğu

Isıtma tesisatının düşük enerji gerektiren ve ihtiyaçlara göre ayarlanabilir olması gereklidir. Çünkü düşük sıcaklıkların ısı kaybı daha azdır.

- Sıcak su sistemi

Sıcak suyun güneş enerjisi kullanılarak (toplayıcılar vasıtasıyla) üretilmesi kaçınılmazdır.

- Verimli enerji kullanımı

Enerji gereksinimi düşük ev aletleri kullanılarak enerji tüketiminin % 50 oranında azaltılması olanaklı olup çevreye verilecek zararlı emisyonlar da en aza indirilebilir.

Belirtilen önlemlerin dışında kompakt yapı tarzı düşük enerjili bina tasarımlarında önemli bir etkidir. Çevrede enerji kaybeden bölgeler olarak görülen bina kabuğunun olabildiğince az yüzey alanına sahip olması ısı geçişini ve dolayısıyla ısı kaybını azaltacaktır. Bu sebeple tasarımda mümkün mertebe yalın ve basit formlar seçilmelidir.

Ayrıca daha az malzeme kullanımı işçilik ve inşaat maliyetinin de düşürecektir. Bunun dışında aşırı girinti ve çıkıntıdan yoksun olan dış cepheler yapı fiziği sorunlarını da en aza indirgeyecektir. Kompakt bir bina, Bina Yüzey Alanı / Bina Hacmi hesabıyla belirlenmektedir.

Bina kabuğunun opak kısımlarından gelen güneş ışınları, kabuk yüzeyinin sıcaklığı, rengi ve gelen ışığın dalga boyu ile geliş açısına bağlı olarak kabuk yüzeyi tarafından yutulmak suretiyle ısı enerjisine dönüştürülür. Kabuk yüzeyindeki bu ısı enerjisinin kabuğu geçerek iç yüzeye akması ise iletim yoluyla gerçekleşecektir. Kabuk iç yüzeyinden ısı bu yüzeyi yalayan iç ortam havası tarafından taşınım yoluyla iç ortama taşınır ve güneşten ısı kazancı sağlar. Bina kabuğunun opak kısımlarında ısı yalıtımı kullanılması ısı kayıplarını azalttığı gibi güneşten ısı kazançlarını da azaltabilmektedir. Bu nedenle iletim ile ısı transferini azaltmakla beraber, güneşten ısı kazancını engellemeyecek kabuk dış yüzeyinde düzenlenen saydam ısı yalıtımı uygulamaları başlamıştır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Görevlileri Doç. Dr. Gülay Zorar Gedik, Doç Dr. Ahmet Koyun, Doç Dr. Tamer Yılmaz, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurulu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen araştırma projesinde deney amaçlı pasif ısıtma yapılan bir okul sınıfı oluşturmuşlardır. Bu okul İstanbul'un Küçükyağalı semtinde inşa edilmiş olan Rezzan Has lisesidir.

Bu deneysel çalışma için öncelikle panel tipi güneş enerjisi toplacı dersliğe yerleştirilmeden önce toplaç Y.T.Ü. Makine Fakültesi laboratuvarlarında monte edilmiş, laboratuvar ortamında yapay radyasyon kaynakları kullanılarak test edilmiştir. Bu aşamada, toplaca yapılan ısı transferi miktarları değiştirilerek toplacın buna tepkisi ölçülmüştür. Hava akış hızını ölçen sıcak tel (hot-wire) vasıtasıyla, toplaç giriş ve çıkışında hava hız ve sıcaklıklarının ölçülmesi gerçekleştirilmiştir.

5.1 Deney Düzenegi

Üniversite laboratuvarında yapılan deneyin düzenegi için 180 cm yüksekliğinde 42 cm eninde seçici yüzey kaplı güneş enerjisi toplacı ve güneş enerjisi yerine kullanılmak amaçlı 4 adet 1600-1800W gücünde, 220V geriliminde, 50 HZ frekansında, 10*18*69 boyutlarında infrared ısıtıcı kullanılmıştır.

Seçici yüzey kaplı güneş enerjisi toplaç alttan üste doğru 10 bölüme ayrılmıştır. Isı gelen tarafın (ön yüzey) her bölümünde altta, ortada ve üstte olmak üzere üç noktadan değer ölçülüp ortalama değer yazılmıştır. (Ölçümler 4 ısıtıcı birden açıkken alınan ölçümlerdir)

Arka yüzeyde ise (ısı gelmeyen taraf) en altta 29°C sıcaklıktan başlayarak artan ve üstte 39 °C sıcaklığa ulaşan bir sıcaklık dağılımı vardır.

Çizelge:5.11 ve Çizelge5.12 de yaptığımız ölçümlerde 23 , 24 numaralı deliklerden hava geçiş hızı saptanamadı.

5.2 Alüminyum Yüzey Etrafında Oluşan Hava Akımı

Alüminyum yüzey etrafında ısıtıcı kaynaklarının yaydığı ısıdan ve seçici yüzeyin ısıyı emmesinden dolayı hava akımı ile de doğal olarak karşılaşabiliyoruz ve ölçümler alabiliyoruz. Seçici yüzeyin üstten aşağıya doğru 4 bölge ve güneş enerjisi toplacından uzağa doğru 3 bölgeye ayırarak oluşturduğu hava akımlarının ölçümü Çizelge: 5.1'de gösterilmiştir.

Hava akımlarının ve sıcaklıklarının ayrılan bölüm ve bölgelere göre değişim tabloları Çizelge:5.1 aşağıda gösterilmiştir

5.3 Deney Sonuçları

Şekil:5.1’de gösterilen yüzeye Şekil:5.2’deki düzenekteki gibi ışıınım uygulandığında, düzenekte Şekil:5.3’deki hava ölçüm noktalarından 25. noktada hava girişi gözlenebilmiş fakat 26-27-23-24 numaralı noktalardan hava çıkışı gözlenememiştir. Başka bir deyişle; hava alt kesitten girdikten sonra seçici yüzey kesit kanalı içinde belli bir yere kadar hava hızı görülmekte çıkışın gözlenmemesi içerde bypass dolaşımını oluştuğunu fakat sistemin toplam olarak baca etkisi oluşturmadığı gözlenmiştir. Bu da Şekil:5.3 deki gibi bir toplacın güneş ışıınımından gelen enerji ile oda içine ısı taşınımı yolu ile ısı geçişi alamadığını sadece ısınan ve sıcaklığı yükselen toplaçtan ışıınım yoluyla ısı geçişi olacağını göstermiştir. Akım hızları hesaplandığında güneş enerjisi toplacının kesitlerinde basınç kaybı yüksek olmaktadır.

Üç ısıtıcı çalıştığında ise; kesitlerden giren hava hızları azalmıştır. Giriş sıcaklıkları düşmüş ve Alüminyum yüzey üzerindeki ölçü alınabilen deliklerde hız artışı gözlenmiştir.

Hava girişi olması ve çıkışın olmaması sistemin çalışmadığını ve bir aksaklık olduğunu göstermektedir. Bizde girişteki basınçla çıkıştaki basıncı hesaplayarak bir emiliş yapılip yapılmadığını hesaplarla kontrol etmeye karar verdik.

5.4 Basınç Kontrol Hesabı

$$\Delta P_1 = \frac{\lambda}{D} \frac{L}{\rho} \frac{V^2}{2}$$

$$\lambda = 0,3$$

$$L = 1,8m$$

$$D = ?$$

$$\rho = 1,17kg / m^3$$

$$\rho_{hava} = 1,22kg / m^3 (15^0 C)$$

$$V = 0.8m / s$$

$$D = \frac{4 \times A.K.A}{I.\dot{C}.} = \frac{4 \times \left(\frac{25\sqrt{3}}{2} \times \frac{25}{2} \right)}{25 \times 3} = 14,43mm$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,03 \times 1,8}{14,43 \times 10^{-3}} \times 1,17 \times \frac{0,8^2}{2} = 1,401pa$$

$$\Delta P_2 = g.h.(\rho - \rho_{hava})$$

$$\Delta P_2 = 9,806 \times 1,8 \times (1,22 - 1,17) = 0,8825 \text{ pa}$$

$$\Delta P_1 \geq \Delta P_2$$

Olduğundan dolayı sistem çalışmayıp kesit boyu ve hidrolik çapı uygun çıkmamıştır.

5.5 Yapay Emiş

Basınç hesaplarında çıkan yetersiz hidrolik çap sebebiyle seçici yüzeyde hava girişi olan alt kısma kartondan etek yapılmıştır ve bu eteklerin altına 2 adet bilgisayar fanı koyularak cebri hava akışı vasıtasıyla yapay bir emiş yaratılmıştır

11 numaralı kesitin üzerine 26 ve 27 numaralı iki adet daha delik delinmiştir (50cm mesafe ile delikler delinmiştir) Şekil:5.3

5.6 Yapay Emiş Sonrası Gözlenen Deney Sonuçları

Bütün ısıtıcılar ve fanlar çalışırken hava giriş hızında artış gözlenmiştir ama hava çıkışı yine gözlenememiştir.

Üç ısıtıcı ve fanlar çalışırken hava giriş hızında bir öncekine göre (4 ısıtıcı açık ve fanlar çalışırken) azalma gözlenmiştir ama hava çıkışı yine gözlenememiştir.

İki ısıtıcı çalışıyor ve fanlar kapalı iken hava giriş hızları:

25 numaralı delikten 0,14 m/s hızı ile giriş oluyor

26 numaralı delikten 0,20 m/s hızı ile giriş oluyor

27 numaralı delikte hız yok (ölçülemedi)

İki ısıtıcı çalışıyor ve fanlar açık iken hava giriş hızları:

25 numaralı delikten 0,60 m/s hızı ile giriş oluyor

26 numaralı delikten 0,27 m/s hızı ile giriş oluyor

27 numaralı delikte hız yok (ölçülemedi)

Bir ısıtıcı çalışıyor ve fanlar kapalı iken hava giriş hızları:

25 numaralı delikten 0,14 m/s hızı ile giriş oluyor

26 numaralı delikten 0,17 m/s hızı ile giriş oluyor

27 numaralı delikten 0,18 m/s hızı ile giriş oluyor

24 numaralı delikten hız okunamıyor (ölçülemedi)

Bir ısıtıcı çalışıyor ve fanlar açık iken hava giriş hızları:

25 numaralı delikten 0,70 m/s hızla giriş oluyor

26 numaralı delikten 0,30 m/s hızla giriş oluyor

27 numaralı delikten 0,19 m/s hızla giriş oluyor

24 numaralı delikten hız okunamıyor

Sonuç olarak etek ve fan yardımı ile kanallardaki hızı arttırabilmekteyiz ama yine de bu yöntemin sistemi yapay bir yolla dahi olsa çalıştırmaya yetmediği görülmüştür.

5.7 Yeni Bir Alüminyum Panel

Yaptığımız deney ve ölçümlerden sonra Alüminyum yüzeyi değiştirmeye ve 35*35*150mm boyutlarında bir kare kesitli çubuğu güneş enerjisini toplamak amaçlı olarak kullanmaya karar verdik. Şekil:5.5

Basınç kontrol hesapları yapıldığında sistemin teorik olarak çalışabilirliği doğrulandı ve ilk olarak sistemin çalışıp çalışmadığından emin olmak için ölçümler alındı. Çizelge:5.13

İlk alınan ölçüm değerlerinde sistemde hem hava girişinin olduğu hem de hava çıkışının olduğu gözlemlendi. Sistemimiz bu sefer çalışmaktadır.

Kare kesiti üstten aşağıya doğru üç bölüme ayırarak ısı gelen yüzeyden (sıcak yüzey) ve ısı gelmeyen yüzeyden (soğuk yüzey) yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür.

5.8 Yeni Alüminyum Yüzey ile Gözlenen Deney Sonuçları

Şekil.5.7’da gösterilmiş olan kesitli seçici yüzeyde hava girişi ve çıkışı gözlenmiş ve ısıtıcı sayısını azalttıkça hava hızlarında ve sıcaklıklarında bir düşüş gözlenmiş ama giriş sıcaklıkları sabit kalmıştır.

Seçici yüzeyde pasif ısıtma olabilmesi için kesinlikle doğru hidrolik çapı ve boyu olan seçici yüzey belirlenmelidir.

Isıtıcı sayısı düştükçe ısıtmanın debisinin ve sıcaklığının düştüğü gözlenmiştir.

5.9 Alüminyum Kaplanmış Yeni Yüzey

İlk başta kullandığımız toplacı (180cm*42cm) alüminyum folyo ile kapladık. Burada seçici yüzey koyu renkli değil metal (açık renkli) renginde olmuştur. Sistemi yine çalıştırdık. Ve ölçümler aldık

Alüminyum folyo ile kaplanmış yüzeyin kesit çizimi Şekil:5.5’de verilmiştir. Çizelge:5.15’de ise sistemde yapılan ölçümler verilmektedir

5.10 Alüminyum Kaplanmış Yeni Yüzeyde Deney Sonuçları

Aynı yüzeyde bu sefer hem hava girişi hem de hava çıkışı gözlemlendi. İlk yüzeyden farkı sadece alüminyum folyo ile kaplı olması ısıtıcılardan gelen ısıyı koyu renkli yüzeydeki kadar emmemesi sistemin daha az ısıyı tutmasına neden oldu. Isının az tutulması giriş hızlarında önemli ölçüde azalmaya neden oldu ama hızın azalmasıyla basınç farkı normale döndü ve hava çıkışı gözlemlendi. Bu sayede bütün kesit ve deliklerden ölçümler alınabildi.

5.11 Radyasyon Ölçümü

Alüminyum folyo ile kaplanmış seçici yüzey üstten alta doğru 10 bölgeye ayrılmıştır ve bu 10 bölgede radyasyon ölçümü yapılmıştır.

Ölçümler Volt cinsinden ölçülmüş ve ölçüm yapılan aletin kullanma kılavuzundaki dönüşüm değerinden Watt cinsine dönüştürülerek yazılmıştır.

Sonuç olarak ısıtıcı sayısı azaldıkça, soğuk yüzeyin yaydığı radyasyon orantılı olarak azalmaktadır. Seçici yüzey emdiği ısıya göre radyasyon yaydığı gözlemlenmiştir. Çizelge:5.16

5.12 Okul Sınıfında Yapılan Deneyler

Deney sonuçlarına dayanarak; toplacı oluşturan alüminyum profillerin ön ve arka yüzü standart kapağı ile kapatılarak ön ve arka yüzde hava giriş ve çıkışı için yeni kanallar oluşturulmuş ve toplaç tasarımı kesinleştirilmiştir. (Şekil 5.7). Bu durumda toplacın ön yüzünü oluşturan kapaklara elektrolitik kaplama tekniği ile yüzeye gelen ışınımı emme ve geri yansıtma özelliği kazandırılmıştır. Böylece ışınımın 0.2-2 μm dalga boyu aralığında % 92 oranında yutulması sağlanmış ve yutulan ışığın geri yansımaları da % 85 oranında önlenerek yansıma kayıpları büyük oranda azaltılmıştır. Ayrıca toplaç ön ve arka yüzünden alüminyum çerçeve içine alınmış, arka yüzüne taş yünü (1.5 cm) kaplanmıştır. Taş yününün sınıfa bakan arka yüzeyde görünmemesi için bu yüzey alüminyum folyo ile kaplanmıştır (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8). Toplacı çevreleyen alüminyum kasalara menteşe bağlanarak pencere önünde bir kapak sistemi oluşturacak şekilde duvara montajı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca toplacın takıldığı tek cam yüzeyi değiştirilerek ışığı % 92 oranında geçiren özel dokulu bir cam yüzeye dönüştürülmüştür.

5.13 Okul Sınıfında Yapılan Ölçümler

Dersliklerde ve toplaç üzerinde ölçme sensörlerinin yeri belirlenerek, 8 adet sıcaklık sensörü (termocouple), 1 adet sıcak tel anomometresi ve güneş ışınımı ölçer toplaç üzerine ve sınıflara yerleştirilmiş, yazılıma bağlanmış ve veri kaydı yapılmıştır. (Fotoğraf 5.1,5.2,5.3) İlk iki

sensör toplacın alt noktasındaki hava giriş sıcaklığını ve üst noktasındaki hava çıkış sıcaklığını, üçüncü ve dördüncü sensör toplacın önündeki cam yüzeyinin ve toplacın cama bakan yüzeyinin sıcaklığını ölçmekte, öteki sensörlerin üçü toplacın takıldığı sınıf ile sağ ve sol yanındaki sınıfların iç ortam sıcaklıklarını, sekizinci sensör ise dış ortam sıcaklığını ölçmektedir. Dokuzuncu veri bağlantısı toplacın cama bakan dış yüzeyine bağlanan güneş ışınımı ölçerin, onuncu veri bağlantısı ise hava çıkış hızını ölçmek üzere toplacın üstüne bağlanan sıcak tel anomemetresinin verilerini kaydetmektedir.

T₁:Toplacın üst noktasındaki hava çıkış sıcaklığı. (°C)

T₂:Toplacın alt noktasındaki hava çıkış sıcaklığı. (°C)

T₃:Toplacın cama bakan yüzeyinin sıcaklığı. (°C)

T₄: Toplacın önündeki camın iç yüzeyinin sıcaklığı. (°C)

T₅: Toplacın takıldığı sınıfın iç ortam sıcaklığı . (°C)

T₆: Toplacın takıldığı sınıfın sağ tarafındaki sınıfın iç ortam sıcaklığı . (°C)

T₇: Toplacın takıldığı sınıfın sol tarafındaki sınıfın iç ortam sıcaklığı . (°C)

T₈: Dış hava sıcaklığı (°C)

A₁: Güneş ışınımı şiddeti (w/ m²)

A₂: Hava çıkış hızı (m/sn)

Veri toplamak için geliştirilen yazılımdan her tip termocouple çevirici gereği olmadan okunabilmektedir. Bunun yanında 0-10 V aralığında çalışan tüm analog çıkışlı transmitteller okunabilir. Yazılım standart olarak 1 kart için 10 termocouple ve 5 analog veri okunacak şekilde programlanmıştır. Yazılımda veri örnekleme süresi 1 milisaniye ile 9999 milisaniye arasında programlanabilmektedir. Bunun yanında her biri 10'ar adet veri almak kaydı ile 1000 adete kadar deney kaydı yapabilmektedir. Yazılım üzerinde bulunan her kanal ayrı ayrı kalibre edilebilir durumdadır.

5.14 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bir bilgisayarda kurulan veri okuma ve toplama sistemi sayesinde Ocak 2005 ayından itibaren güvenilir veri kaydı sağlanmaktadır. Veri toplama sistemi bir bilgisayar buna bağlı bir veri okuma kartı ile bilgisayara yüklenmiş olan bir veri toplama yazılımından oluşmaktadır. Sistemimizde kullandığımız veri toplama yazılımı Mak. Müh Ersin KARADUMAN tarafından yazılmıştır. Sistem yapılan ölçmeler, grafiğe dönüştürülerek değerlendirilmektedir.



Fotograf :5.1 Güneş toplacının kesiti



Fotograf: 5.2 Güneş'ten gelen ısı kazancının ölçümü



Fotograf: 5.3 Güneş'ten gelen ısı kazancının ölçümü



Fotograf: 5.4 Güneş'ten gelen ısı kazancının ölçümü

Çizelge 5.17 ve daha sonrasında görüldüğü gibi, güneşe bakan dersliğin cam yüzeylerinin güneş görmeye başladığı saatten itibaren, toplacın üstünden çıkan havanın sıcaklığı artış göstermekte, öğle saatlerine doğru üstten çıkan hava sıcaklığı ile alt giriş sıcaklığı arasındaki fark büyümekte, saat 12.00- 15.00 arası sıcaklık farkı maksimuma ulaşmaktadır. Güneşli günlerde sıcaklık farkı 25-28 °C'ye kadar çıkmaktadır. Ayrıca, Çizelge 5.59'da görüldüğü gibi, aynı saatlerde toplacın üst noktasındaki hava çıkış hızı 0.5-0.6 m/s'lerde gerçekleşmektedir.

Güneş battıktan sonraki saatlerde ise, toplacın üst ve alt sıcaklıkları arasındaki fark 2 °C dolaylarındadır. Gündüz saatlerinde toplacın alt giriş hava sıcaklığı ile sınıfın iç ortam sıcaklığının birbirine yakın olduğu, alt giriş sıcaklığının iç ortam sıcaklığından yaklaşık 1 °C daha yüksek olduğu görülmektedir. Güneş battıktan sonraki saatlerde ise sınıfın iç hava sıcaklığı toplacın alt sıcaklığından yaklaşık 4 °C daha yüksek olmaktadır. (Sınıfın iç ortam sıcaklığı tavandan yaklaşık 50cm. aşağıda, toplacın alt giriş sıcaklığı ise pencere önünde döşemeden 85cm yukarıda ölçülmektedir.)

Ayrıca, güneşli günlerde toplacın üstünden çıkan havanın sıcaklığının sınıfın iç ortam sıcaklığından 25-27 °C daha yüksek olduğu yine Çizelge 5.33'den görülmektedir. Çizelge 5.60 ise, cam yüzeyinin arkasında toplacın cama bakan yüzeyinde ölçülen güneş ışıını (W/m²) değerlerini göstermektedir. Toplaç yüzeyini güneşli saatlerde ortalama 666 W/m² güneş ışıını şiddeti etkilediği görülmektedir.

Toplacın önündeki camın yüzey sıcaklığının ve toplacın cama bakan yüzeyinin sıcaklığının değişiminin izlendiği Şekil 6, güneşli saatlerde toplacın yüzey sıcaklığının camın yüzey sıcaklığından fazla, aralarında 20°C fark olduğunu göstermektedir. Akşam ve gece saatlerinde bu fark azalmakta 5 °C dolaylarında olmaktadır. Çizelge 5.33, 5.59, 5.60'larda yer alan grafiklerin saatlere göre paralellik gösterdiği izlenmektedir.

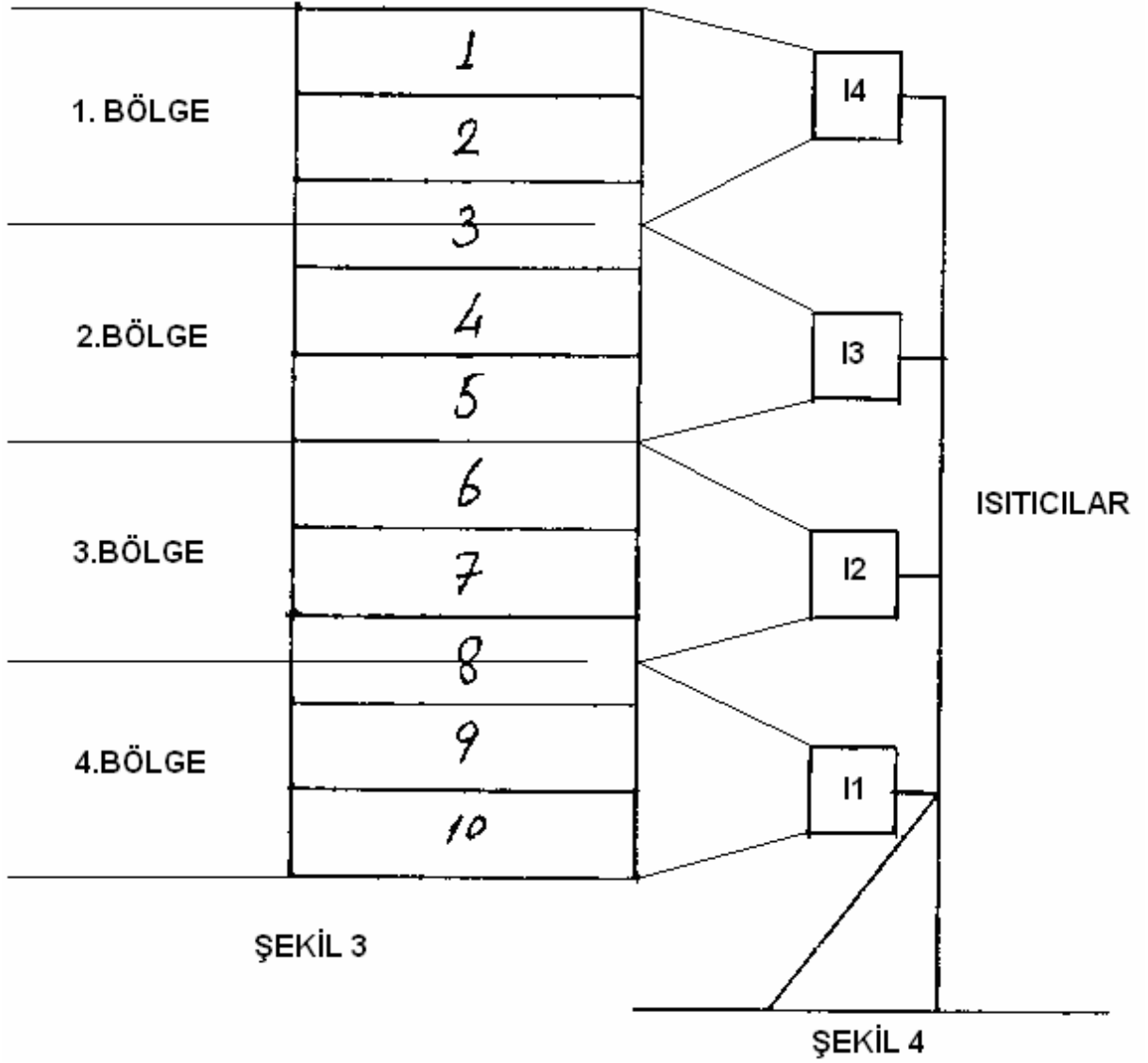
Dış ortam sıcaklıklarının değişimine dolayısıyla sınıfta elde edilen iç ortam sıcaklığının değişimine bağlı olarak günlere göre toplacın alt ve üst noktalarından elde edilen sıcaklık değerleri ve sıcaklık farkları değişse de, güneşli günlerde saatlere göre grafiğin değişiminin aynı olduğu gözlenmektedir. Çizelge 5.33, 5.59, 5.60'da ki durumun benzeri öteki güneşli günlerde de izlenmektedir.

Kapalı gök koşulunda ise, toplacın alt giriş ve üst çıkış hava sıcaklıkları birbirine çok yakın hemen hemen eşit olmakta, toplaç bu saatlerde cam yüzeyinin önünde yalnızca yalıtım işlevi görmektedir. Güneş ışıını gördüğü anda ise, toplacın yüzey sıcaklığı hızla artış göstermekte, toplacın alt giriş ve üst çıkış sıcaklıkları arasındaki fark 30 dak. gibi bir sürede 20 °C'ye ulaşmaktadır.



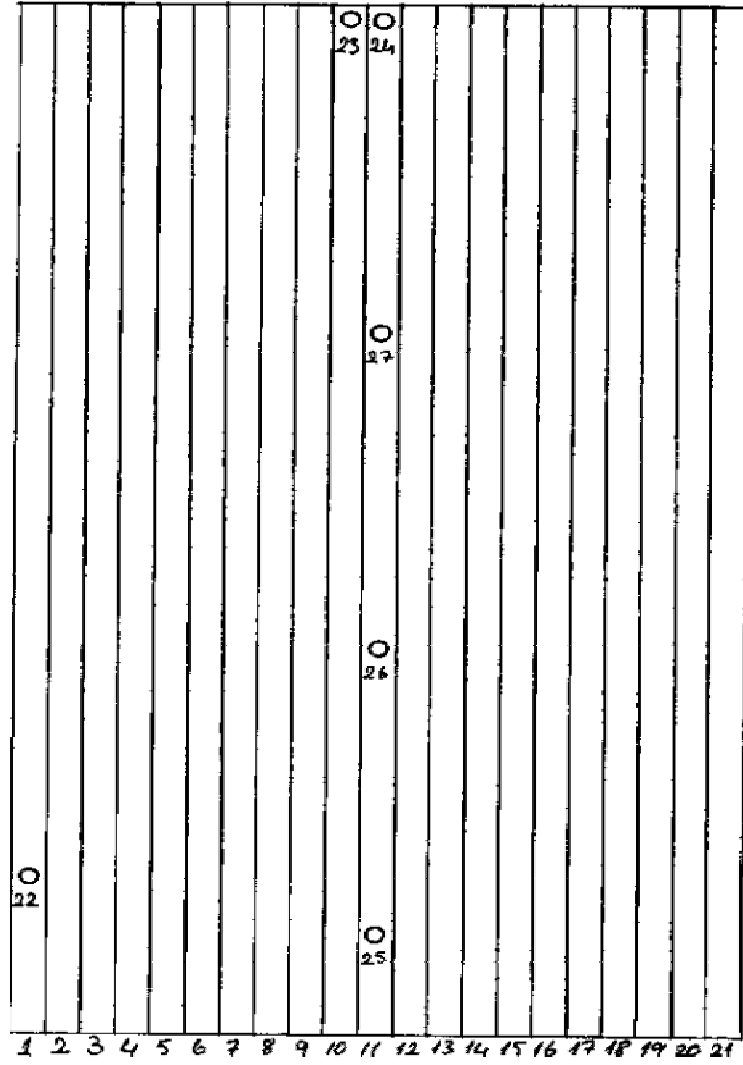
Fotograf: 5.5 Sıcaklık değerlerinin kaydedildiği veri toplama sisteminin kurulu olduğu bilgisayar

ŞEKİL LİSTESİ

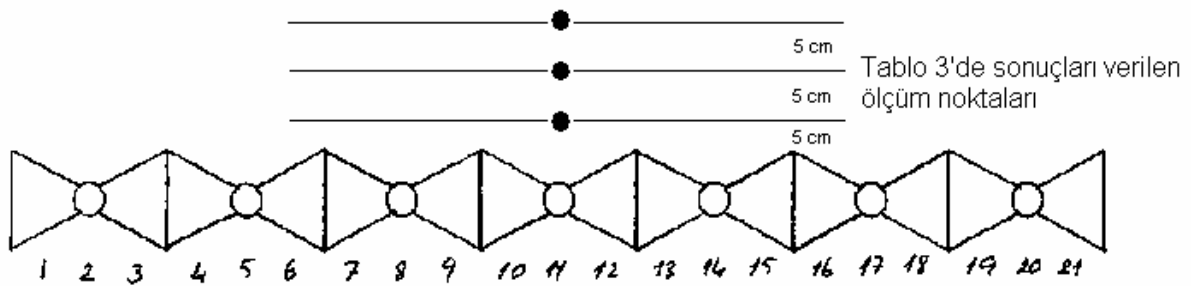


Şekil:5.1-Güneş enerjisi toplacının ışıınım alan yüzeyinde ışıınım şiddeti (w/m^2) ölçüm noktalarının önden görünüşü.

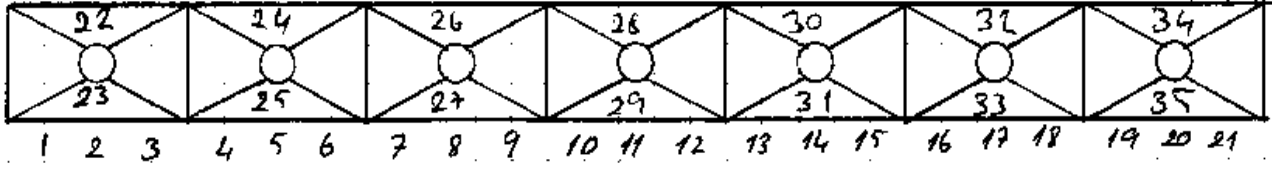
Şekil:5.2- Deney düzeneğinde şematik olarak ışıınımın yapay olarak sağlanması



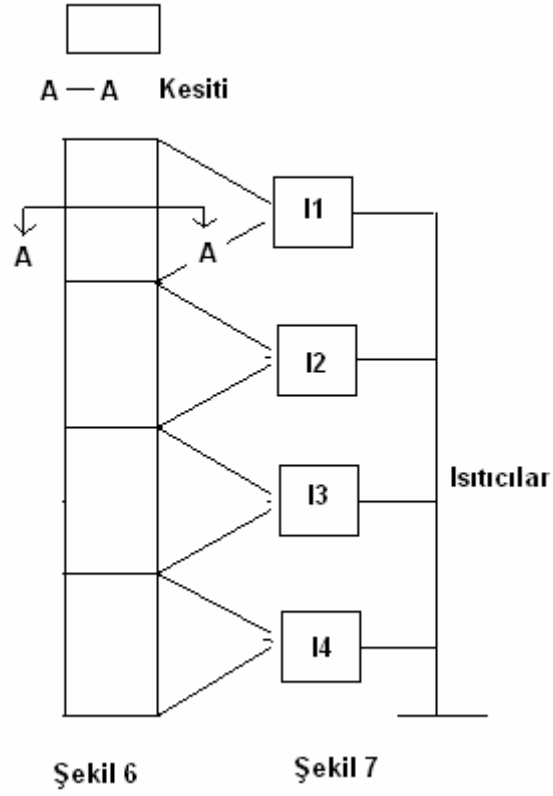
Şekil:5.3 Güneş enerjisi toplacı üzerindeki hava hızı ölçüm delikleri



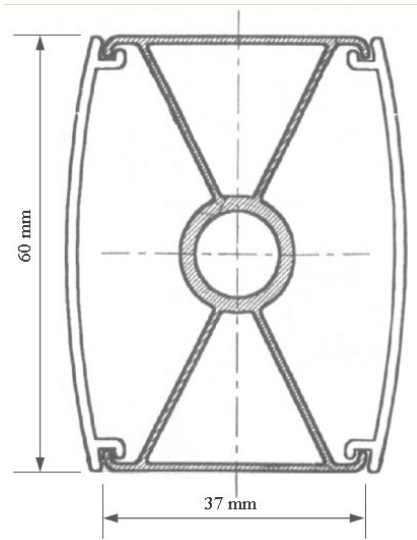
Şekil:5.4 Güneş enerjisi toplacının kesiti



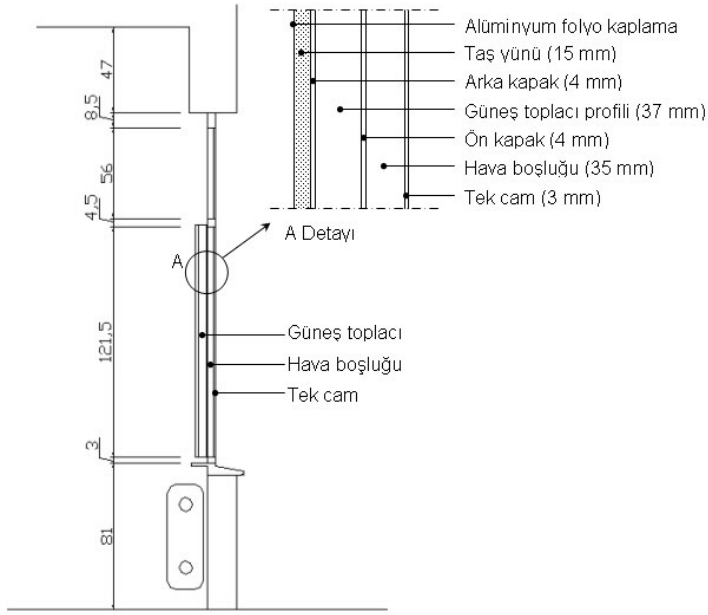
Şekil:5.5 Al folyo ile kaplanmış seçici yüzeyin kesiti



Şekil:5.6- Deney düzeneğinde şematik olarak ışıının yapay olarak sağlanması



Şekil 5.7 Güneş toplacını oluşturan Alüminyum profil ünitesinin ön ve arka tarafı kapatılmış detayı



Şekil 5.8 Güneş Toplacının yandan görünüşü

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1 Güneş pili yapımında kullanılan çeşitli malzemelerin standart test şartlarında normal modül, maksimum modül ve hücre değişimi (laboratuar şartlarında maksimum) verimlilikleri

Malzeme çeşidi	Normal modül verimliliği (%)	Kaydedilmiş maksimum modül verimliliği (%)	Laboratuar şartlarında kaydedilmiş hücre değişim verimliliği (%)
Tek kristalli silikon	12-15	22,7	24,7
Çok kristalli silikon	11-14	15,3	19,8
Amorfus silikon	5-7	-	12,7
Kadmiyum Tellürid	-	10,5	16,0
CIGS	-	12,1	18,2

Kaynak: <http://www.oja-services.nl/iea-pvps>

Çizelge3.2 Faz değiştiren RT25, S27, L30 malzemelerinin ısıl özellikleri

Özellikler	RT25	S27	L30
Erime Sıcaklığı (°C)	25±0,5	27±0,5	30±0,5
Füzyon Isısı (J g ⁻¹)	147±15	190±19	270±27
Yoğunluk (kg m ⁻³) sıvı	763±40	1530±80	1400±70
Yoğunluk (kg m ⁻³) katı	804±40	1700±170	1556±156
Isı İletkenliği (W m ⁻¹ K ⁻¹) sıvı	0,17±0,01	0,48±0,04	0,56±0,03
Isı İletkenliği (W m ⁻¹ K ⁻¹) katı	0,19±0,01	0,79±0,03	1,02±0,05
Isı Kapasitesi (J g ⁻¹ K ⁻¹) sıvı	2,11±0,11	2,22±0,11	1,79±0,09
Isı Kapasitesi (J g ⁻¹ K ⁻¹) katı	2,90±0,15	1,50±0,08	1,23±0,06

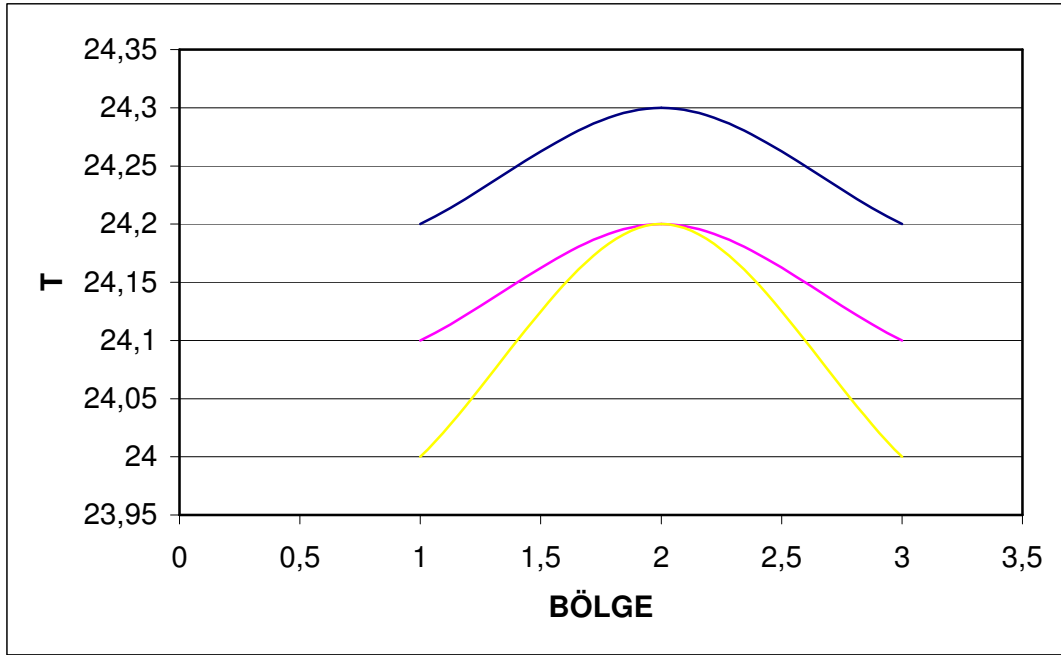
Çizelge3.3 Zemin kaplama malzemelerinin ısıl fiziksel özellikleri

Zemin Malzemesi	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg K)	k (W/mK)	L_t (mm)
Fayans	2000	1,0	1,1	10
Ahşap	250	2	0,05	10
Metal	5000	0,5	5	10

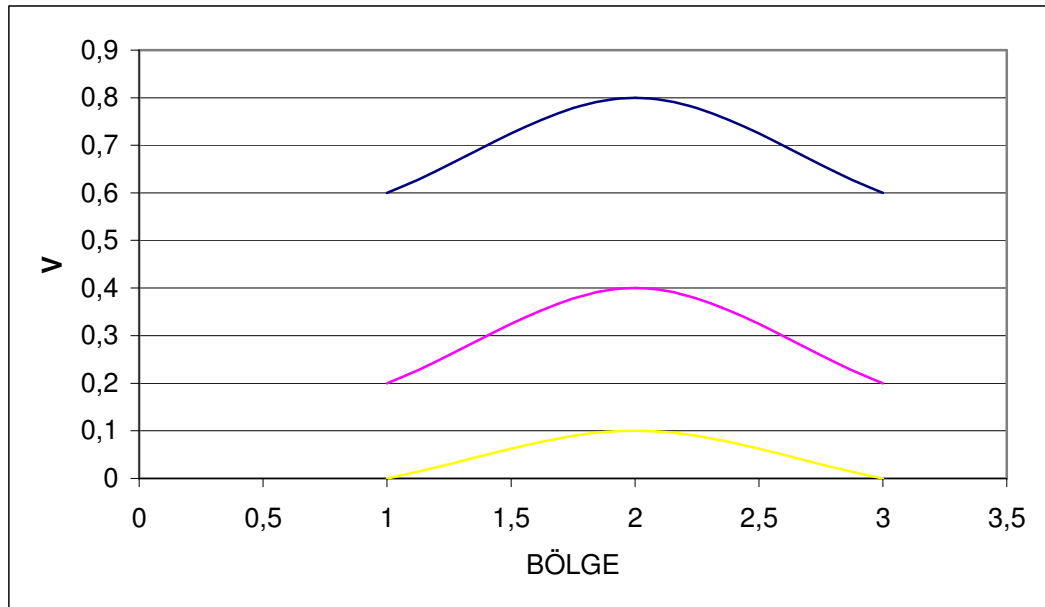
Çizelge:5.1 Rezzan Has lisesinde yapılan ölçümler

	a		b		c	
	Sıcaklık(°C)	Akım(m/s)	Sıcaklık(°C)	Akım(m/s)	Sıcaklık(°C)	Akım(m/s)
1. bölge						
5cm	24,2	0,6	24,3	0,8	24,2	0,6
10cm	24,1	0,2	24,2	0,4	24,1	0,2
15cm	24,0	-	24,2	0,1	24,0	-
2. bölge						
5cm	24,5	0,15	24,6	0,20	24,5	0,15
10cm	24,4	0,11	24,5	0,13	24,4	0,11
15cm	24,4	0,07	24,4	0,09	24,4	0,07
3. bölge						
5cm	26,1	0,17	26,3	0,27	26,1	0,17
10cm	25,9	0,14	26,1	0,16	25,9	0,14
15cm	25,7	0,09	25,9	0,14	25,7	0,09
4. bölge						
5cm	28,0	0,30	28,4	0,35	28,0	0,29
10cm	27,7	0,17	28,2	0,20	27,7	0,17
15cm	27,3	0,12	28,0	0,14	27,3	0,12

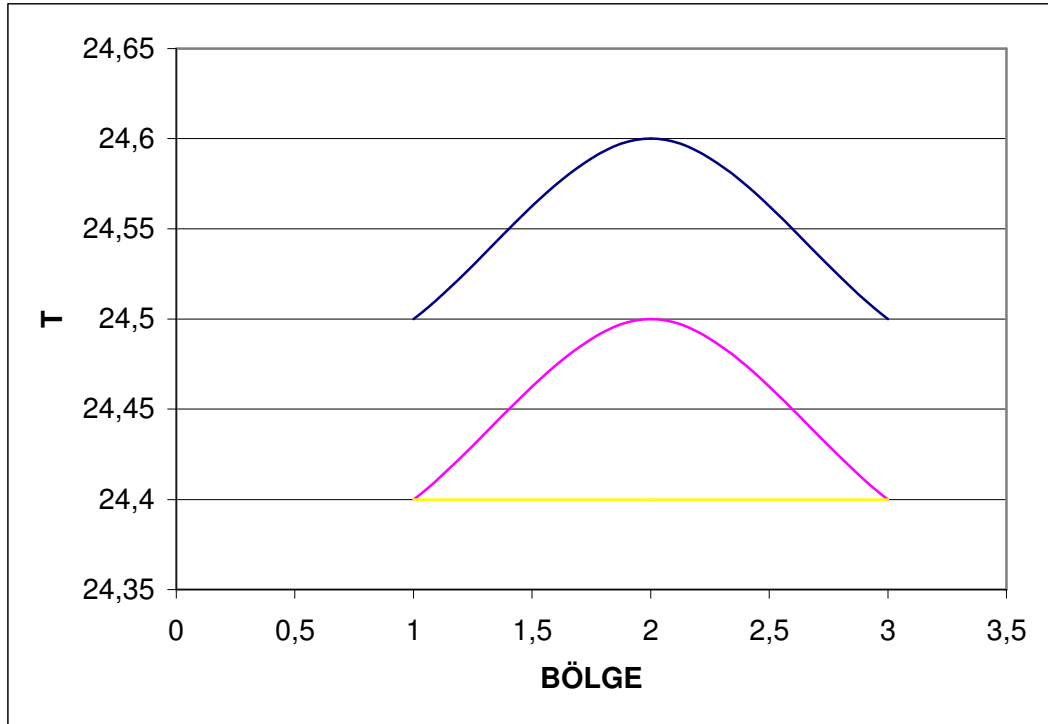
Çizelge:5.2 Birinci bölge için sıcaklık değişim çizelgesi



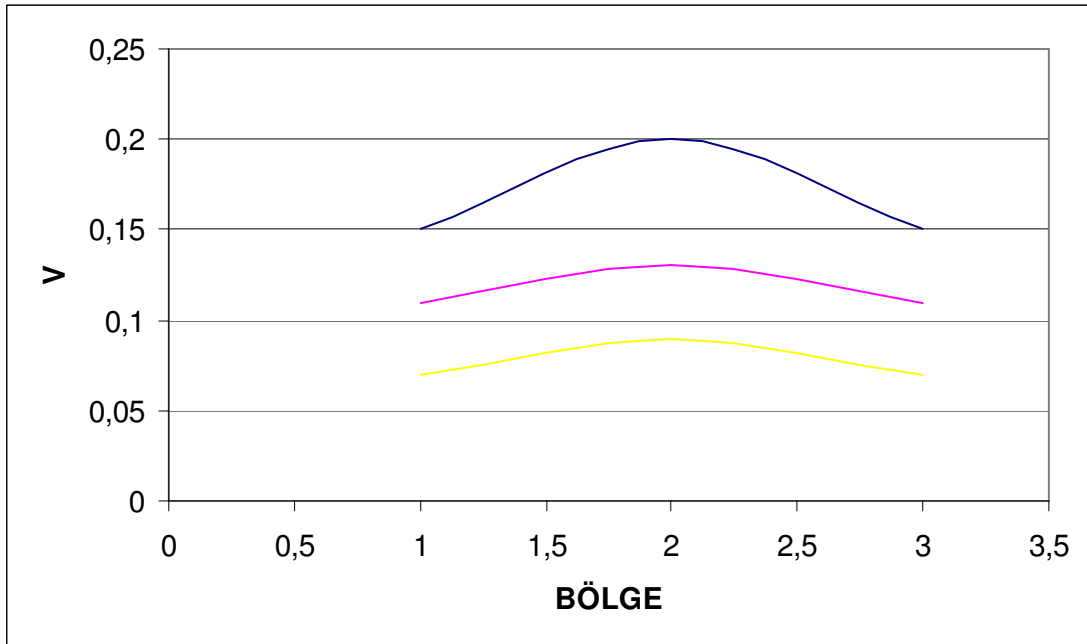
Çizelge:5.3 Birinci bölge için hava hızı değişim çizelgesi



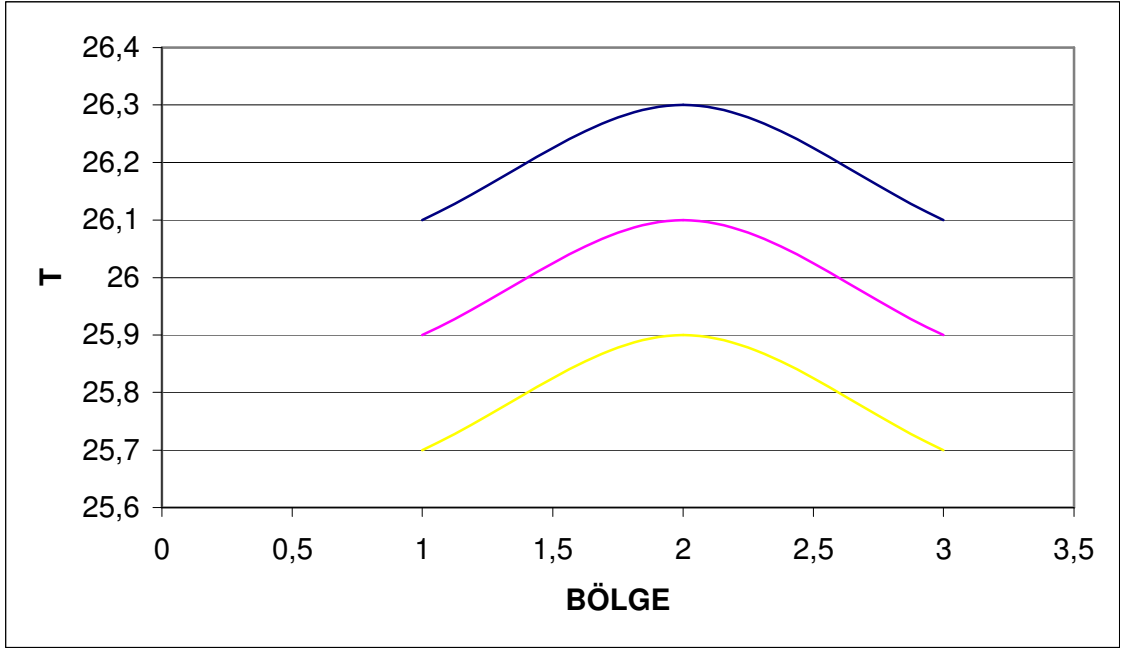
Çizelge:5.4 İkinci bölge için sıcaklık değişim çizelgesi



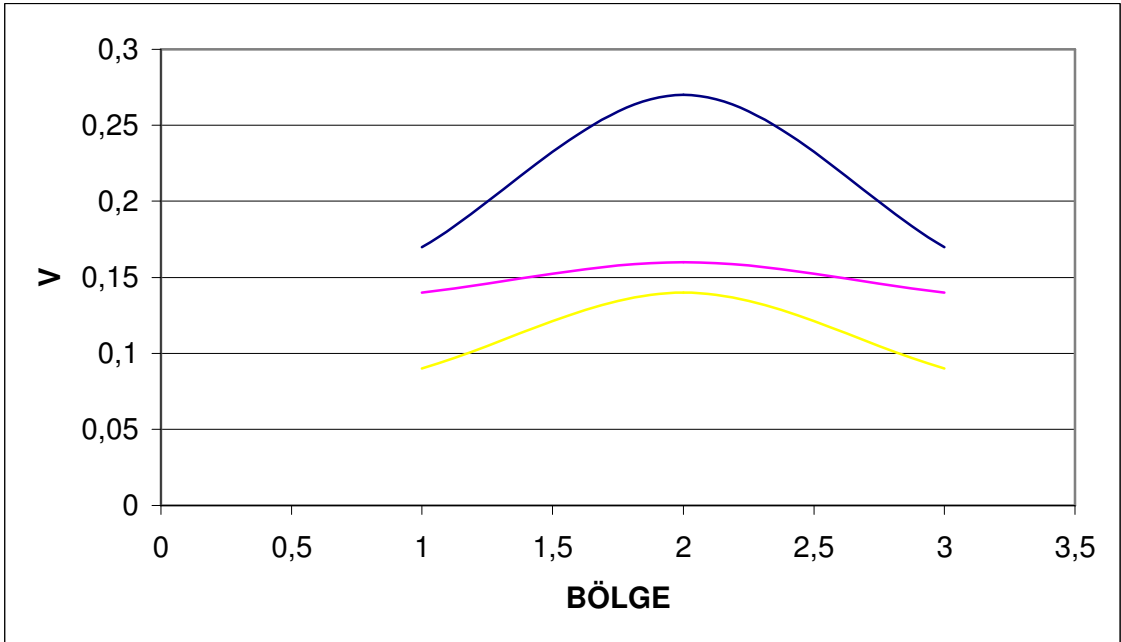
Çizelge:5.5 İkinci bölge için hava hızı değişim çizelgesi



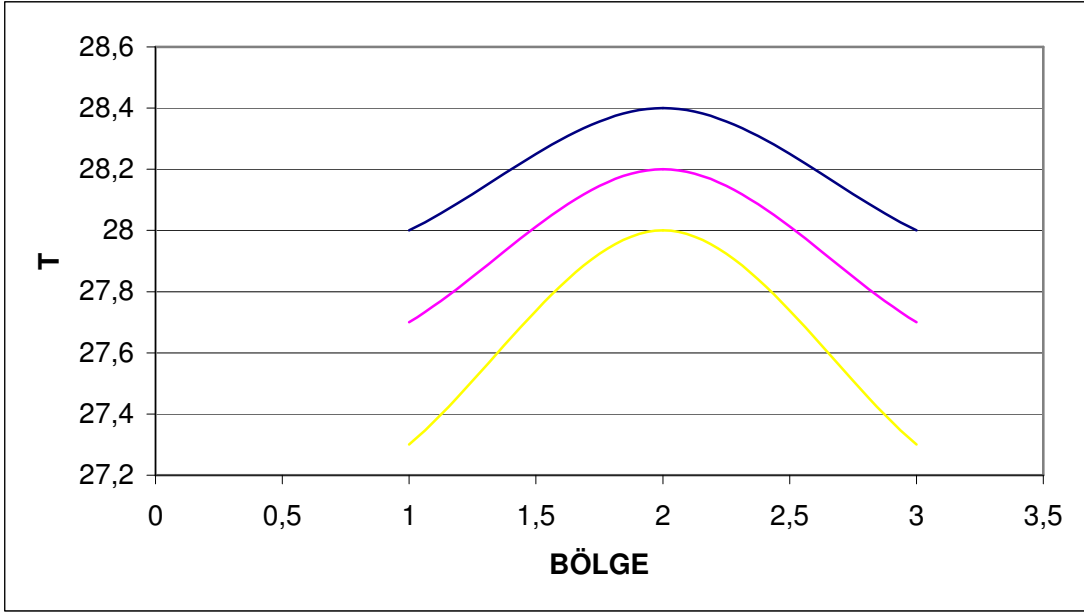
Çizelge:5.6 Üçüncü bölge için sıcaklık değişim çizelgesi



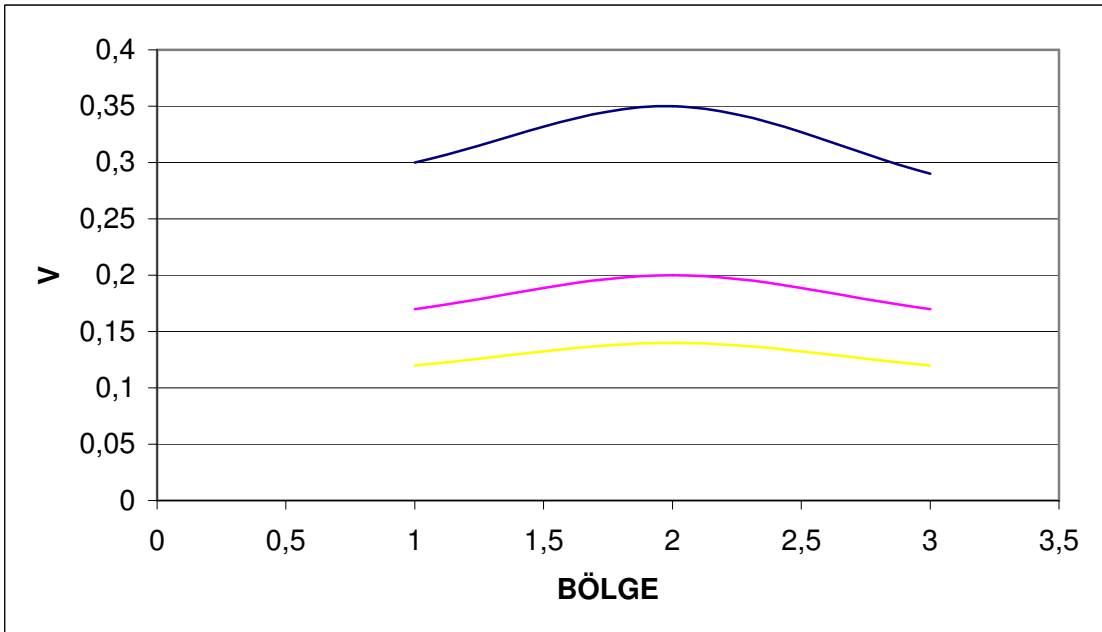
Çizelge:5.7 Üçüncü bölge için hava hızı değişim çizelgesi



Çizelge:5.8 Dördüncü bölge için sıcaklık değişim çizelgesi



Çizelge:5.9 Dördüncü bölge için hava hızı değişim çizelgesi



Çizelge:5.10 Şekil:5.1’de belirtilen noktalardan alınan ölçüm değerleri

BÖLÜM	SICAKLIK(°C)
1	55
2	68
3	59
4	76
5	67
6	76
7	61
8	65
9	56
10	48

Çizelge:5.11 Şekil:5.1'den sistem çalışırken alınan hız ve sıcaklık ölçüm değerleri (not her kesitten beş ölçüm alınmış ve ortalama değerler kayıt edilmiştir.

Kesit no	Hız (m/s)	Sıcaklık (°C)
1	0,588	24,4
2	0,666	24,4
3	0,878	24,5
4	0,894	24,5
5	0,772	24,6
6	0,942	24,5
7	0,968	24,5
8	0,722	24,6
9	0,930	24,5
10	0,968	24,5
11	0,370	24,5
12	0,972	24,6
13	0,944	24,5
14	0,734	24,5
15	0,926	24,6
16	0,898	24,5
17	0,702	24,5
18	0,940	24,6
19	0,866	24,5
20	0,730	24,4
21	0,854	24,4
22	0,420	29,1
23	-	-

24	-	-
25	0,40	28,8

Çizelge:5.12 Şekil:5.1'den sistem çalışırken üstteki üç ısıtıcı açık, diğer ısıtıcı kapalı olduğu zamanki alınan hız ve sıcaklık ölçümlerinin ortalama değerleri kayıt edilmiştir.

Kesit no	Hız (m/s)	Sıcaklık (°C)
1	0,55	24,4
2	0,38	24,4
3	0,75	24,5
4	0,75	24,5
5	0,52	24,6
6	0,72	24,5
7	0,70	24,5
8	0,56	24,6
9	0,63	24,5
10	0,71	24,5
11	0,31	24,5
12	0,61	24,6
13	0,61	24,5
14	0,54	24,5
15	0,76	24,6
16	0,65	24,5
17	0,57	24,5
18	0,69	24,6
19	0,67	24,5

20	0,58	24,4
21	0,65	24,4
22	0,53	29,1
23	-	-
24	-	-
25	0,50	28,8

Çizelge:5.13 Şekil:5.6'daki sistem çalışırken ölçülen değerler

	Giriş hızı(m/s)	Çıkış hızı (m/s)
4 ısıtıcı açıkken	0,722	0,526
3 ısıtıcı açıkken	0,673	0,4766
2 ısıtıcı açıkken	0,5825	0,395
1 ısıtıcı açıkken	0,48	0,3633

Çizelge:5.14 Şekil:5.6'daki sistem çalışırken ölçülen değerler

	SICAK YÜZEY (°C)	SOĞUK YÜZEY (°C)	GİRİŞ HIZI (m/s)	ÇIKIŞ HIZI (m/s)	GİRİŞ SICAKLIĞI (°C)	ÇIKIŞ SICAKLIĞI (°C)
4 ısıtıcı açıkken			0,74	0,50	23,4	41
a	40	44				
b	65	49				
c	47	35				
3 ısıtıcı açıkken			0,65	0,43	23,4	38,9
a	41	43				
b	60	49				
c	33	29				
2 ısıtıcı açıkken			0,56	0,38	23,4	37,6
a	40	42				
b	55	44				
c	29	27				
1 ısıtıcı açıkken			0,41	0,28	23,4	36
a	37	40				
b	36	34				
c	25	25				

Çizelge:5.15 Al folyo kaplanmış seçici yüzeyde yapılan ölçümler

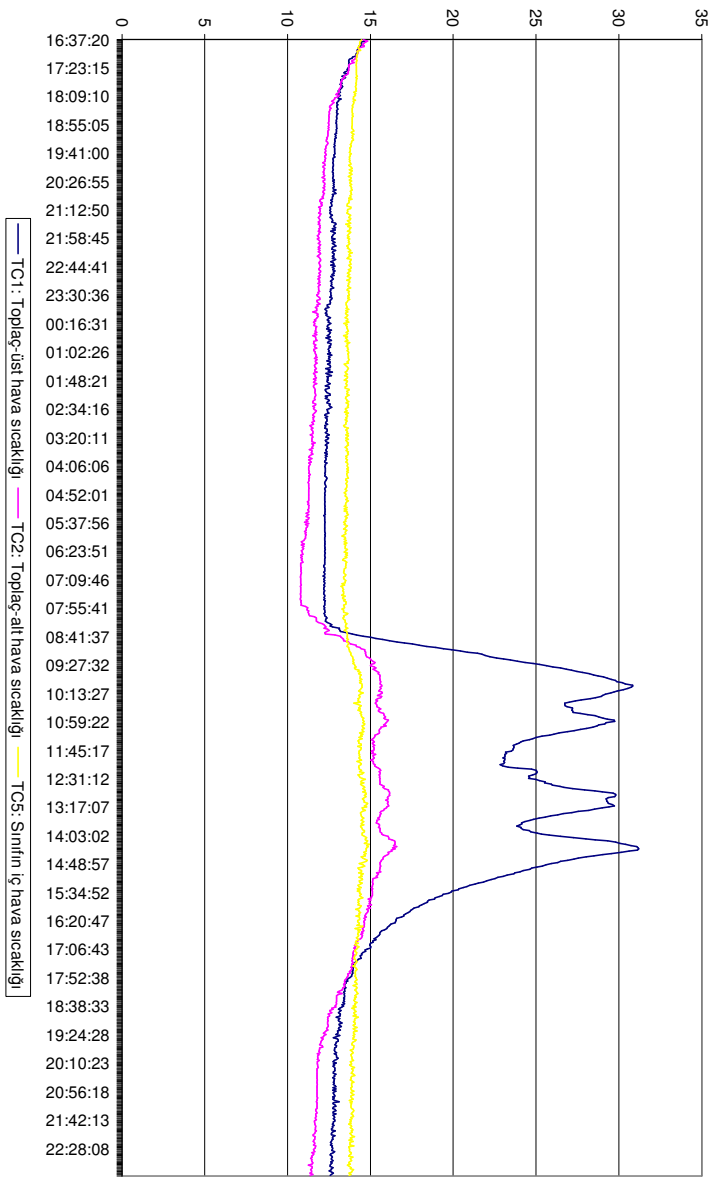
	Giriş hızı (m/s)	Çıkış hızı (m/s)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
1	0,19	0,15	24,0	36,5
2	0,12	0,09	24,1	36,5
3	0,20	0,14	24,0	36,6
4	0,21	0,16	24,0	36,6
5	0,13	0,10	24,1	36,6
6	0,21	0,15	24,0	36,6
7	0,22	0,17	24,0	36,6
8	0,13	0,10	24,1	36,6
9	0,22	0,15	24,0	36,7
10	0,23	0,17	24,0	36,7
11	0,12	0,11	24,1	36,7
12	0,25	0,16	24,0	36,7
13	0,26	0,17	24,0	36,7
14	0,14	0,10	24,1	36,6
15	0,25	0,17	24,0	36,7
16	0,26	0,16	24,0	36,6
17	0,14	0,10	24,1	36,6
18	0,24	0,16	24,0	36,6
19	0,24	0,16	24,0	36,6
20	0,12	0,10	24,1	36,6
21	0,24	0,15	24,0	36,6
22	0,20	0,12	24,0	36,9
23	0,18	0,11	24,0	36,6
24	0,21	0,13	24,0	36,9

25	0,19	0,12	24,0	36,6
26	0,22	0,14	24,0	36,9
27	0,20	0,13	24,0	36,7
28	0,22	0,10	24,0	37,0
29	0,20	0,11	24,0	36,7
30	0,21	0,14	24,0	37,0
31	0,19	0,15	24,0	36,7
32	0,23	0,12	24,0	37,0
33	0,20	0,13	24,0	36,6
34	0,21	0,14	24,0	36,9
35	0,19	0,13	24,0	36,6

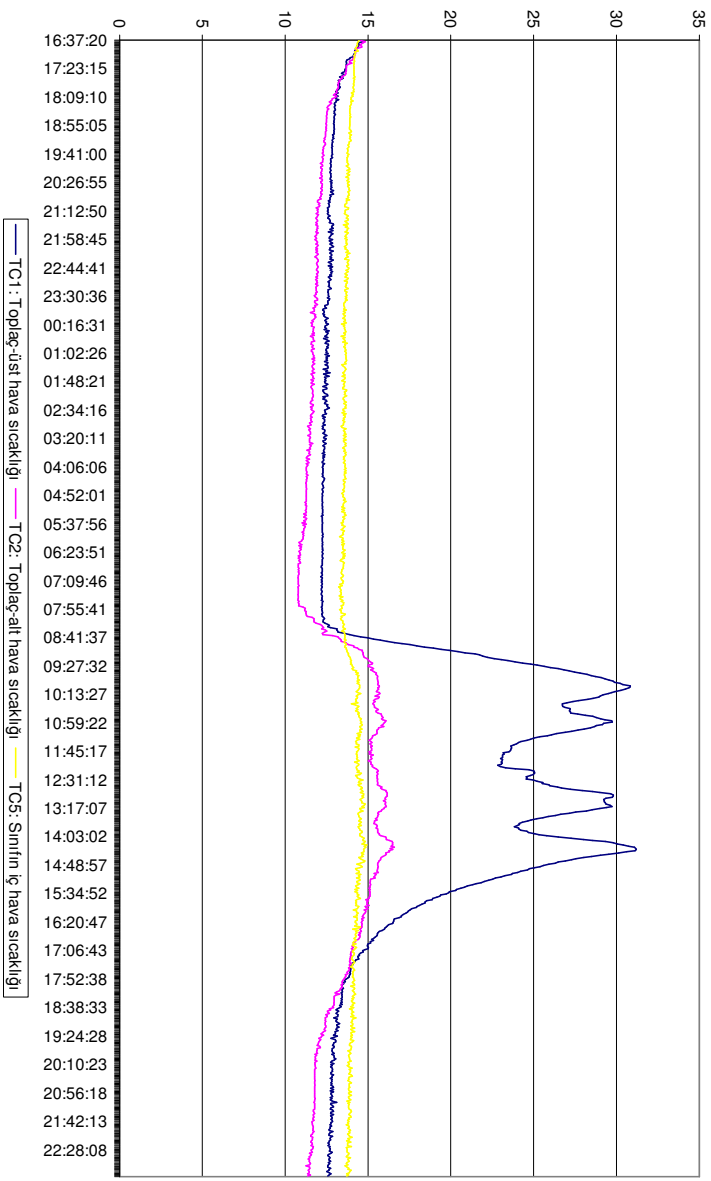
Çizelge:5.16 Al folyo kaplanmış seçici yüzeyde yapılan radyasyonla ısı taşınımı ölçümleri

	1 ısıtıcı açıkken	2 ısıtıcı açıkken	3 ısıtıcı açıkken	4 ısıtıcı açıkken
	W / m^2	W / m^2	W / m^2	W / m^2
1	2,4	2,7	2,85	3,15
2	2,4	2,7	2,85	3,15
3	2,4	2,7	2,85	3,15
4	2,4	2,7	2,85	3,15
5	2,4	2,7	2,85	3,15
6	2,4	2,7	2,85	3,15
7	2,4	2,7	2,85	3,15
8	2,4	2,7	2,85	3,15
9	2,4	2,7	2,85	3,15
10	2,4	2,7	2,85	3,15

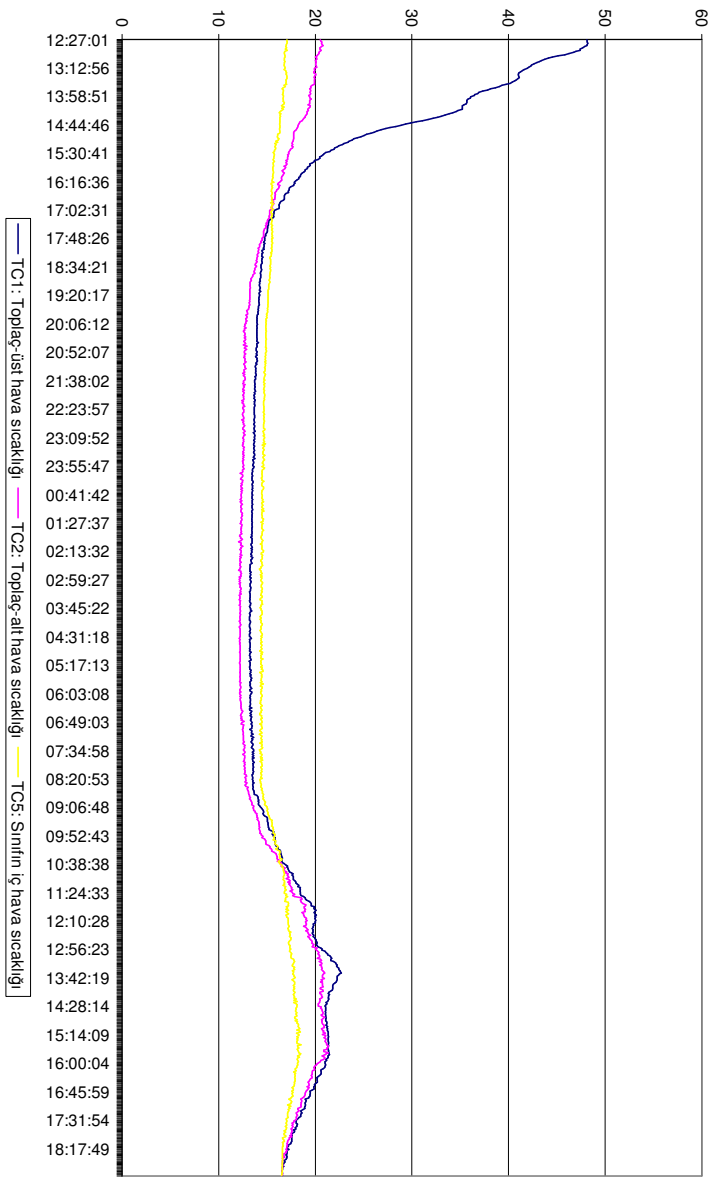
Çizelge:5.17 18-19 Ocak 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



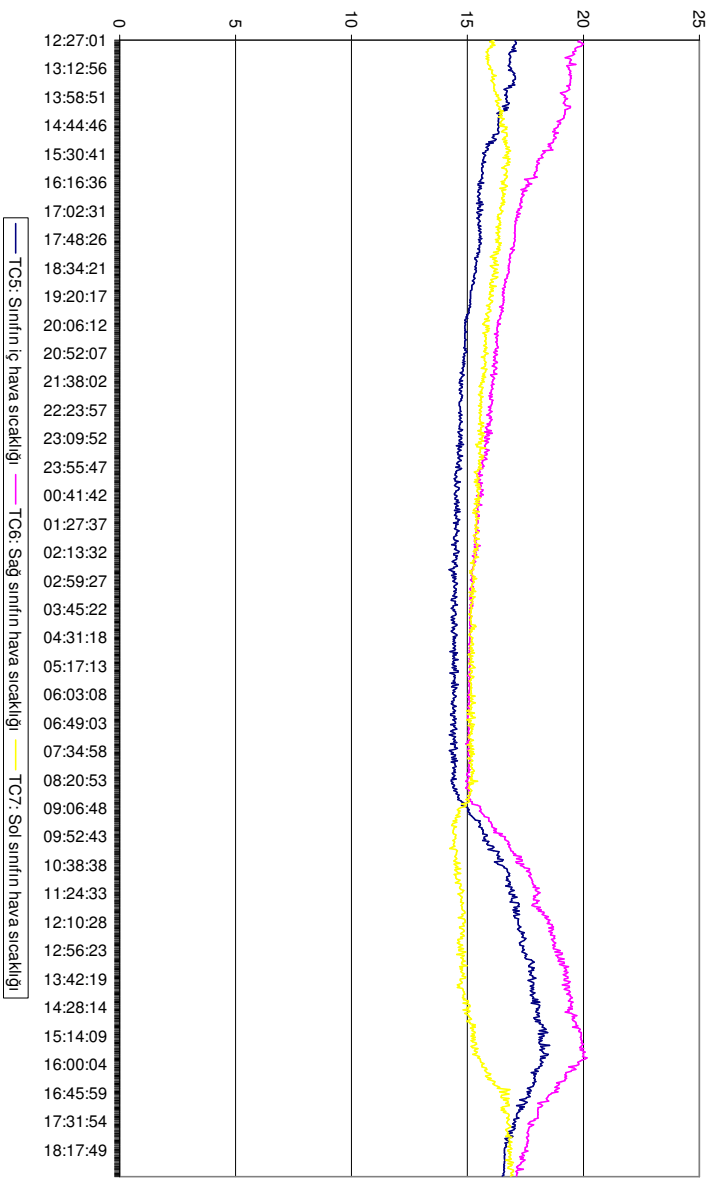
Çizelge:5.18 18-19 Ocak 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



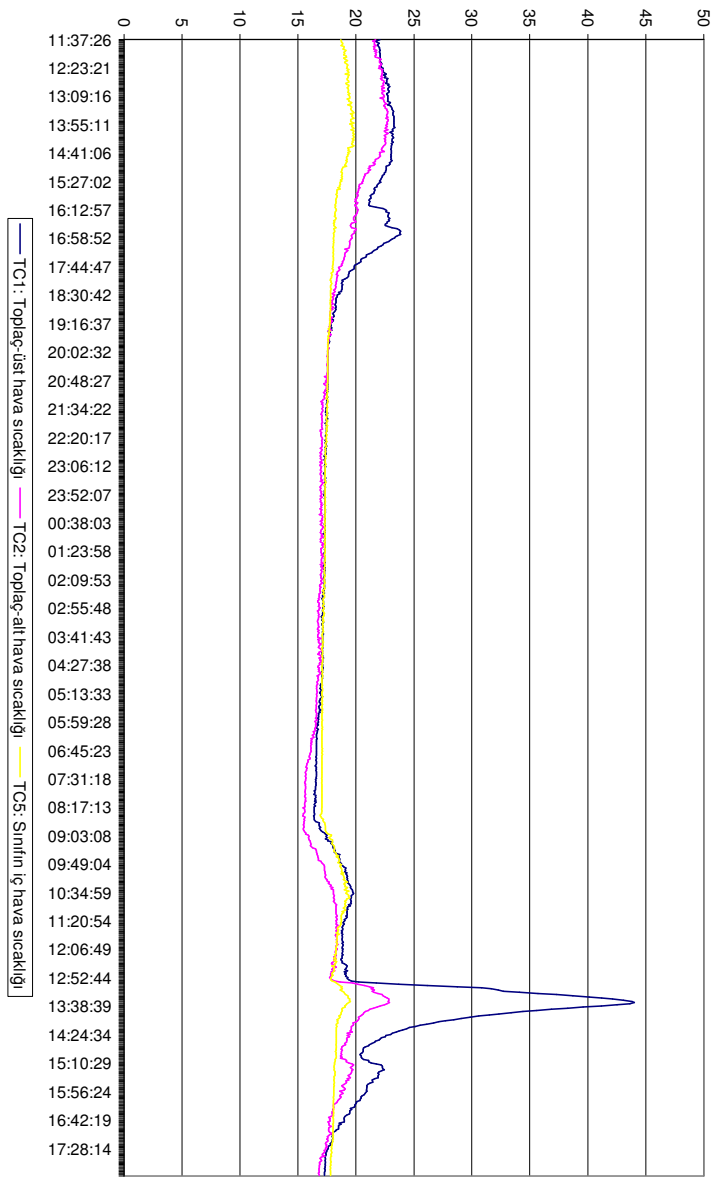
Çizelge:5.19 24-25 Ocak 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



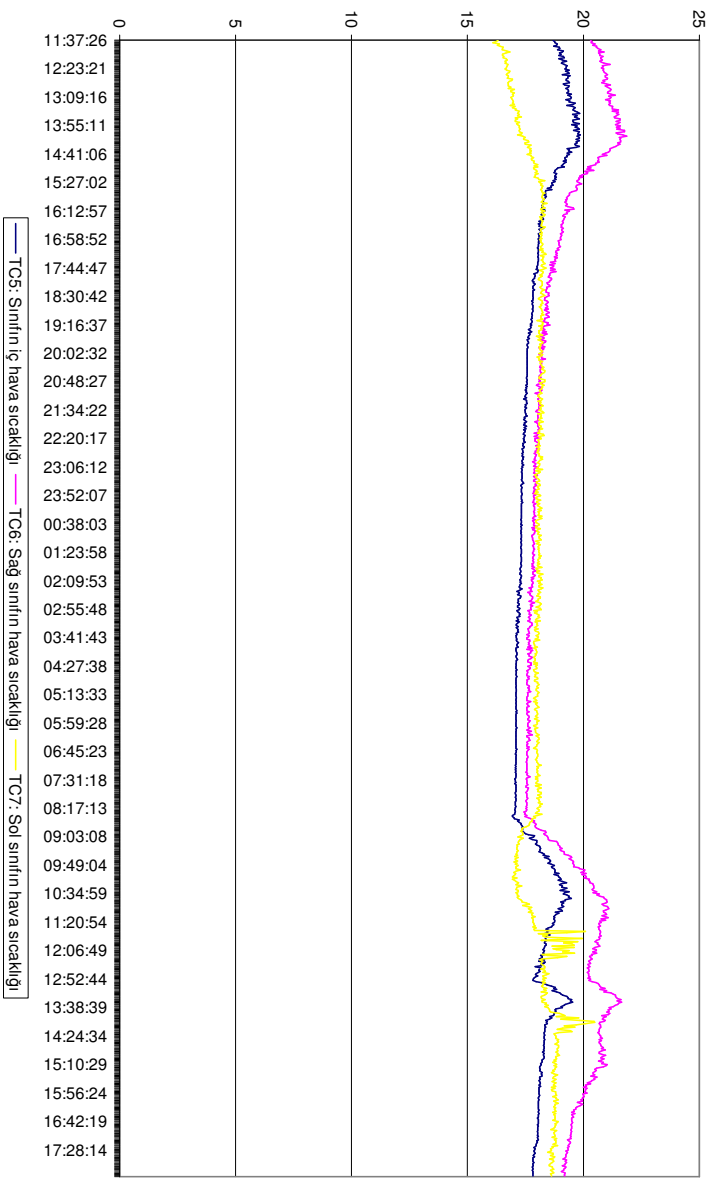
Çizelge:5.20 24-25 Ocak 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



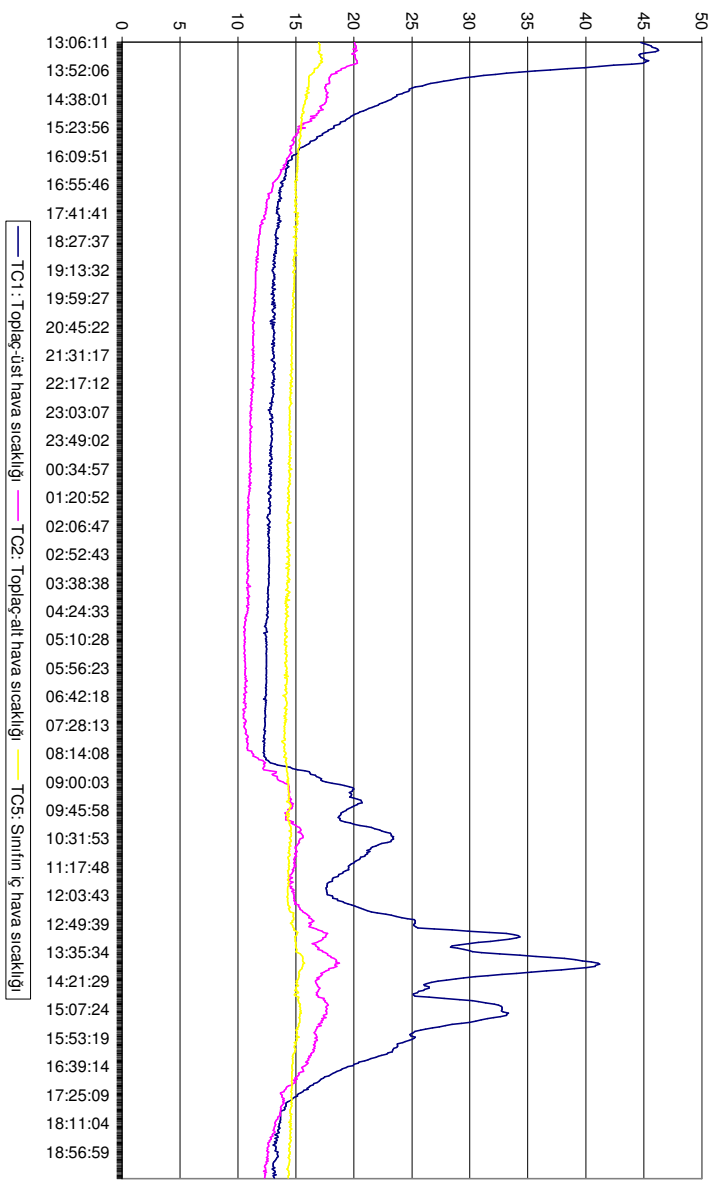
Çizelge:5.21 26-27 Ocak 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



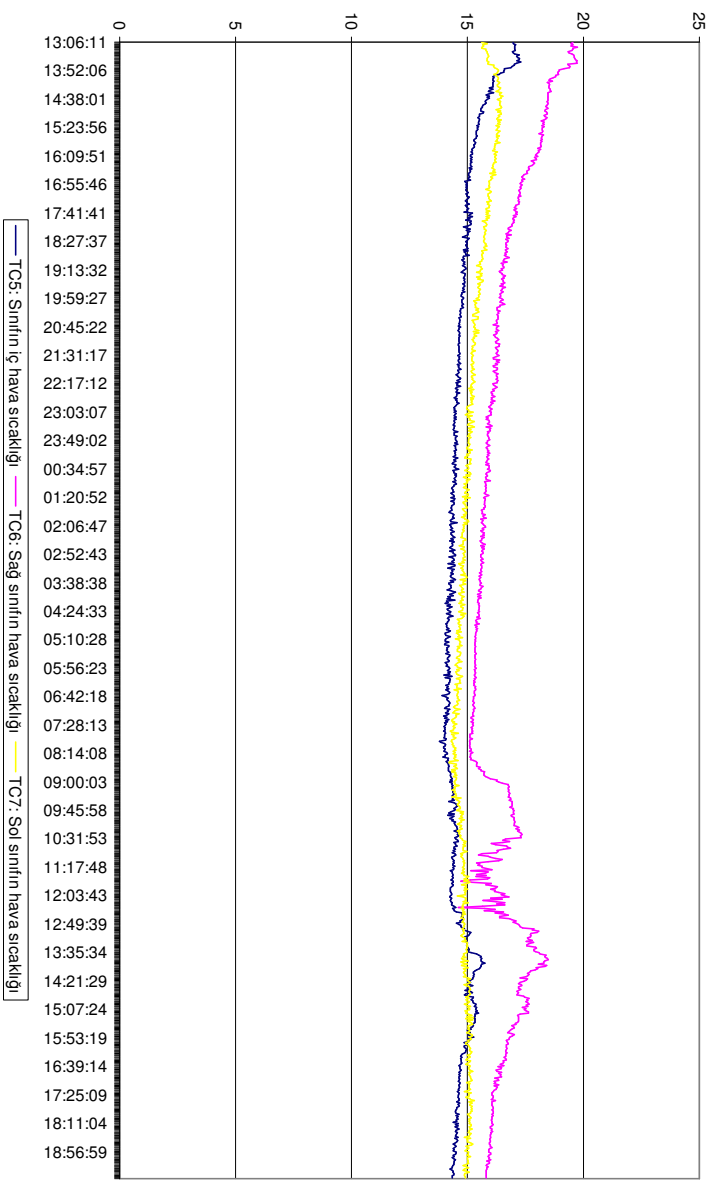
Çizelge:5.22 26-27 Ocak 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



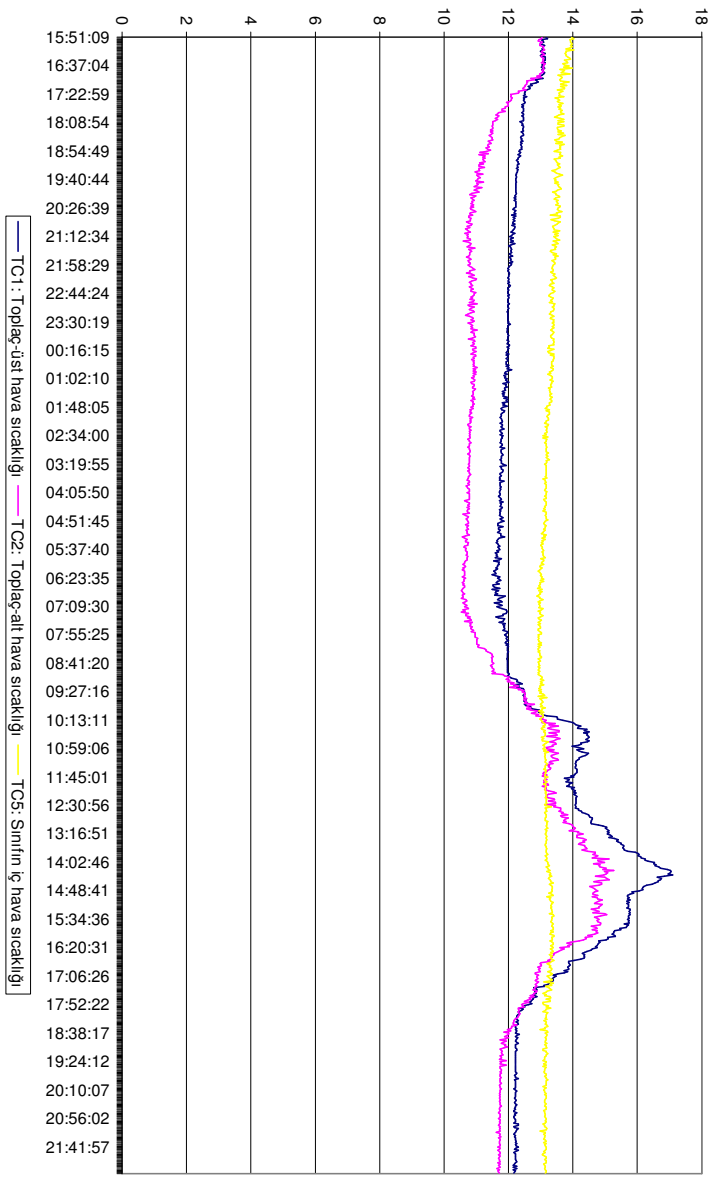
Çizelge:5.23 31 Ocak-1 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



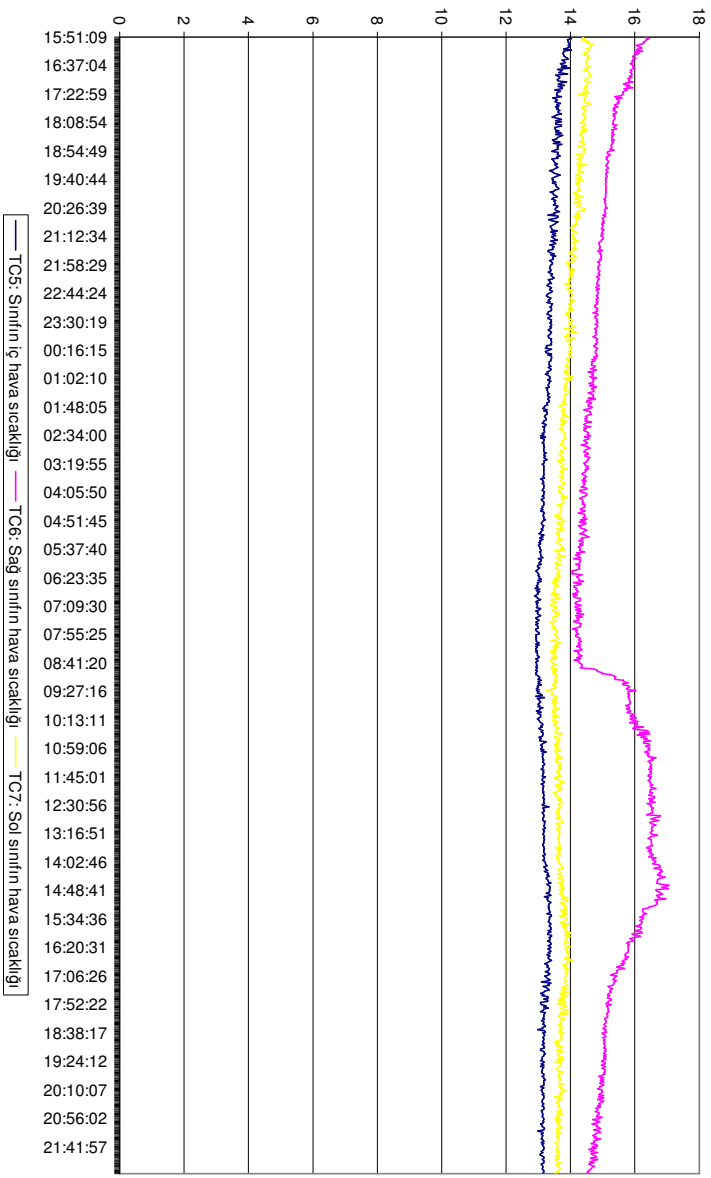
Çizelge:5.24 31 Ocak-1 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



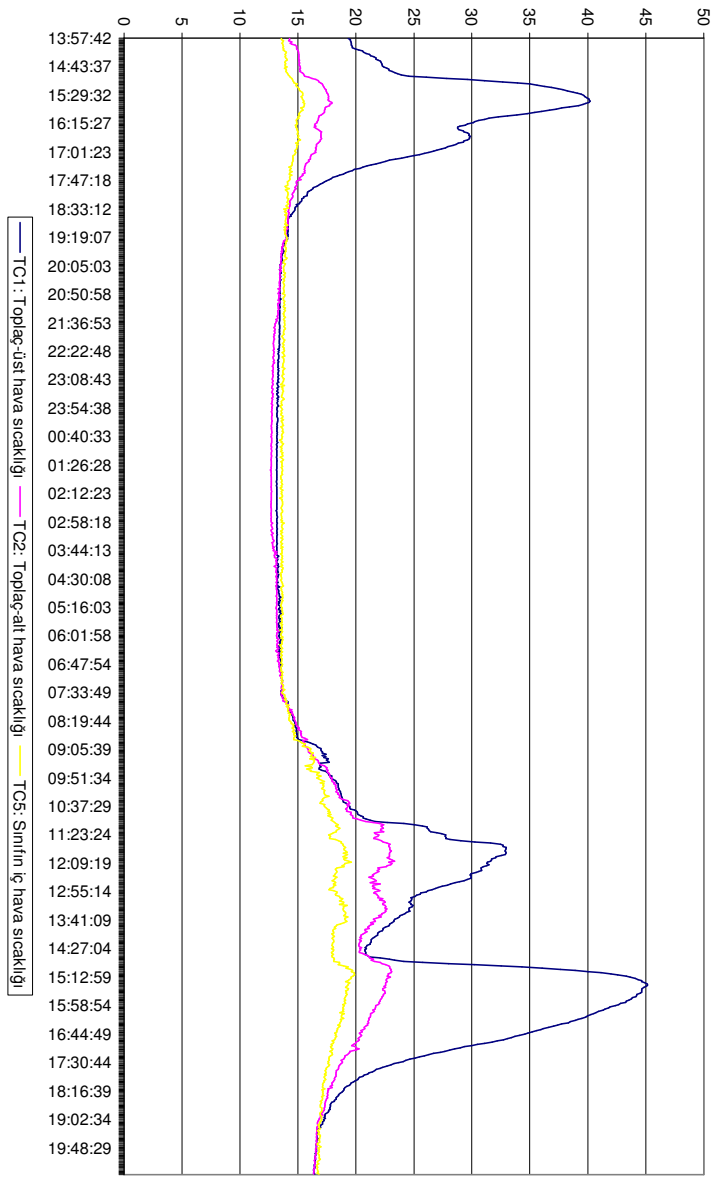
Çizelge:5.25 2-3 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



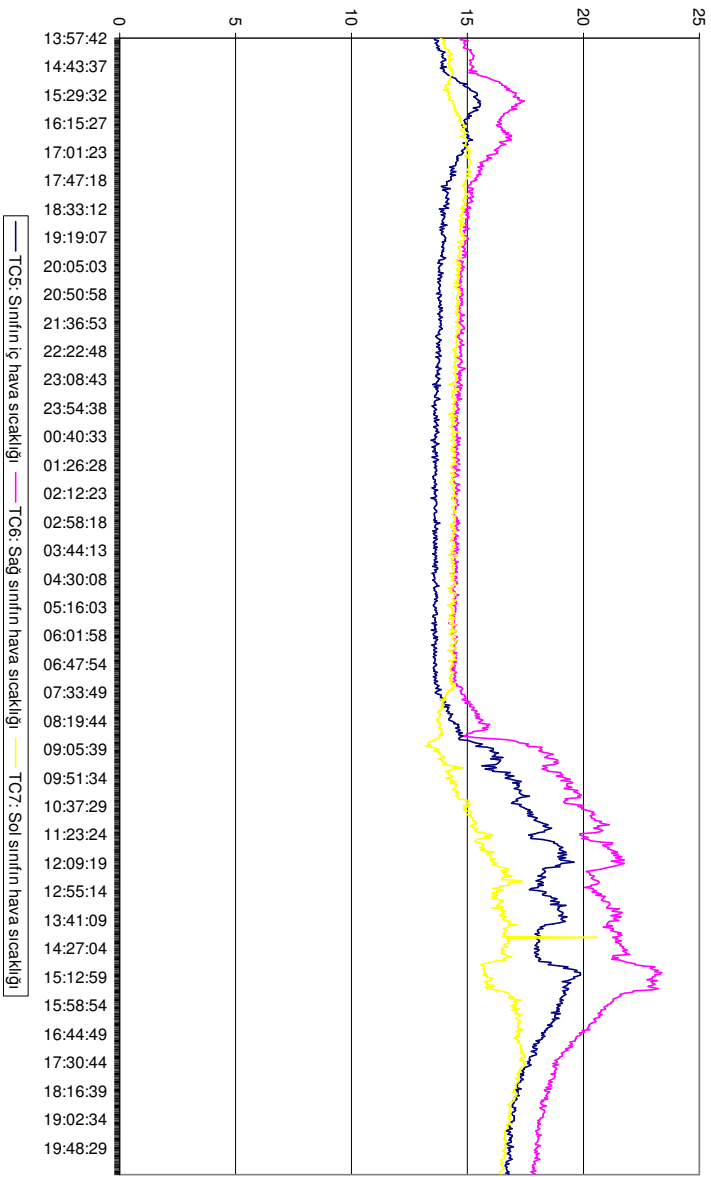
Çizelge:5.26 2-3 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



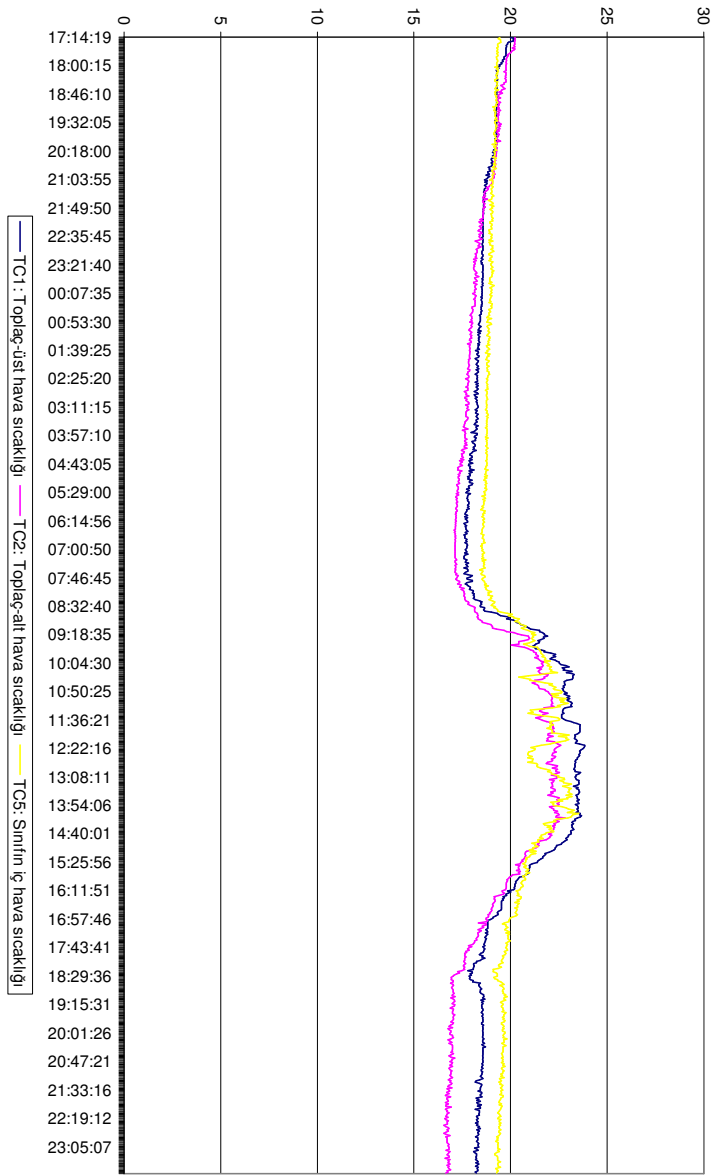
Çizelge:5.27 13-14 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



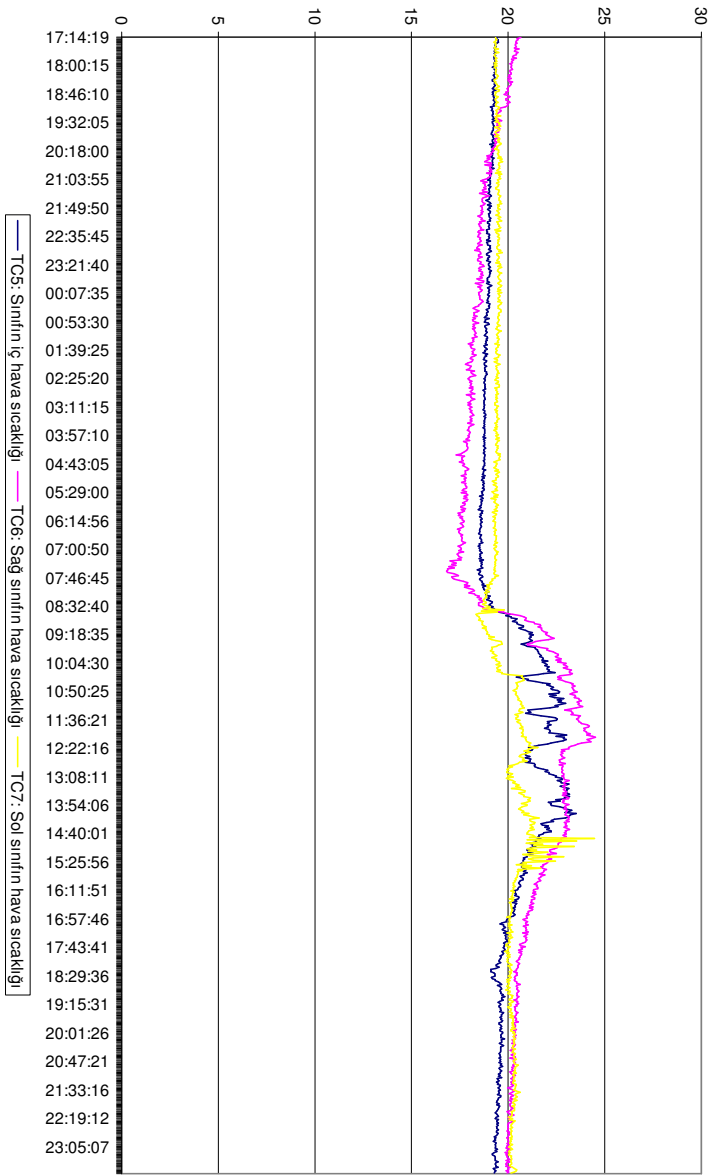
Çizelge:5.28 13-14 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



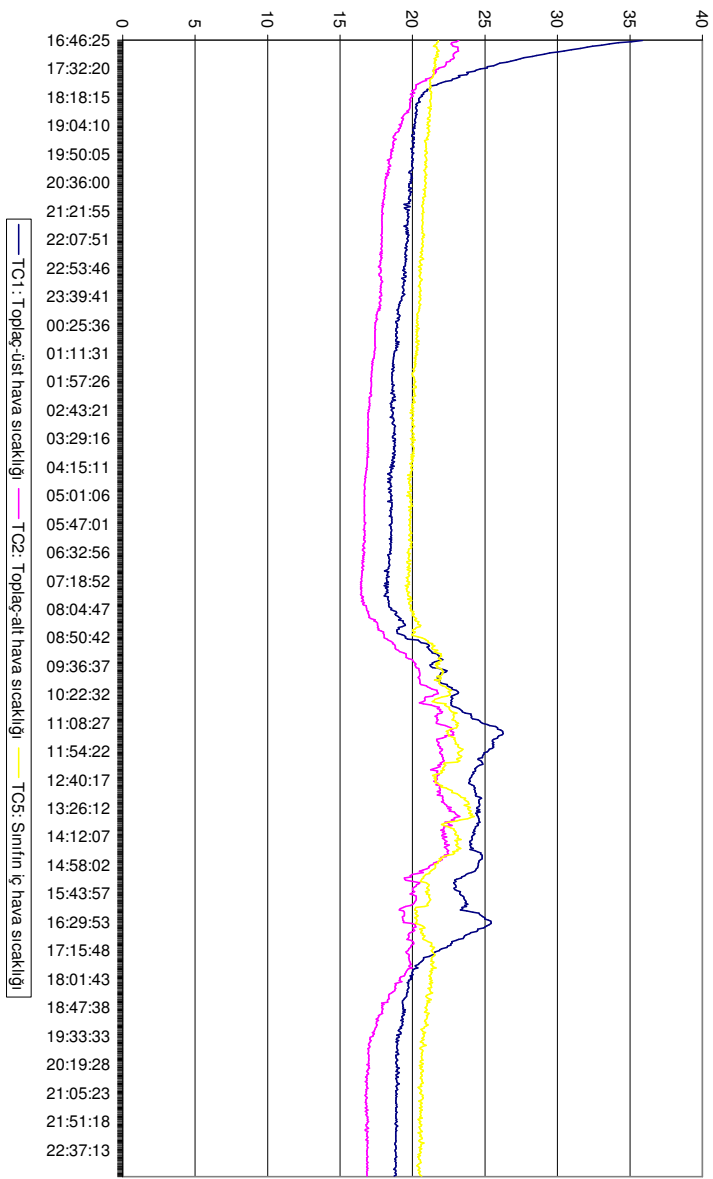
Çizelge:5.29 15-16 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



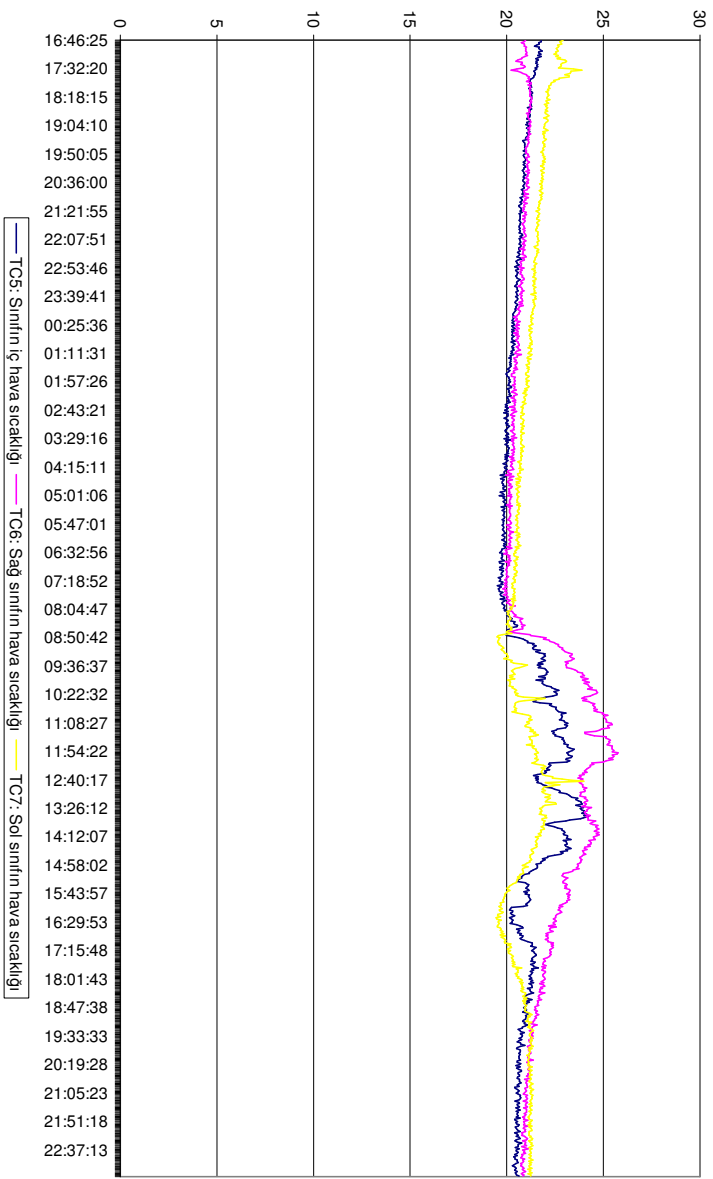
Çizelge:5.30 15-16 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



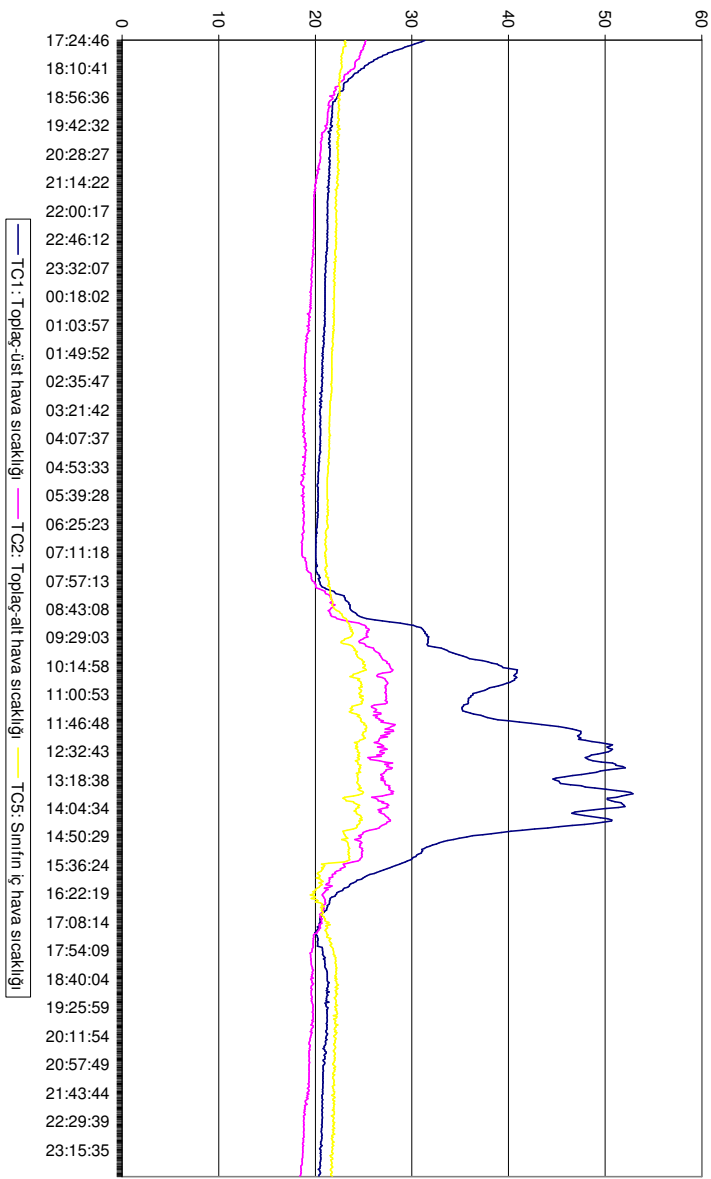
Çizelge:5.31 17-18 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



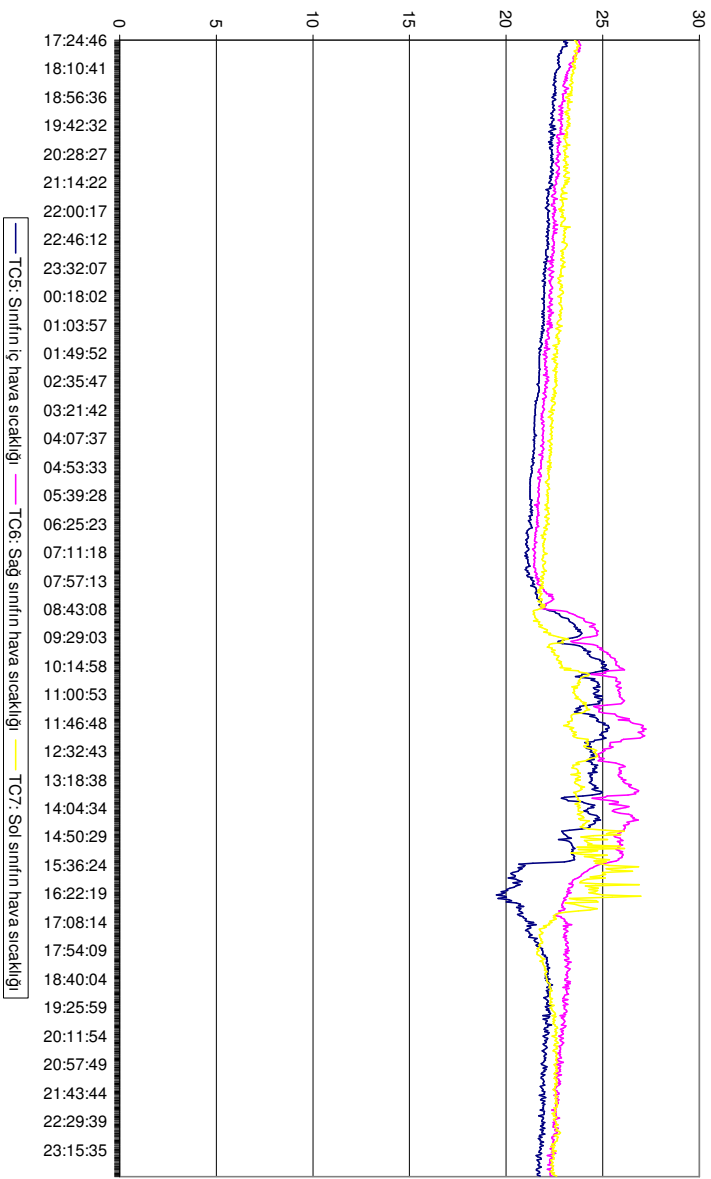
Çizelge:5.32 17-18 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



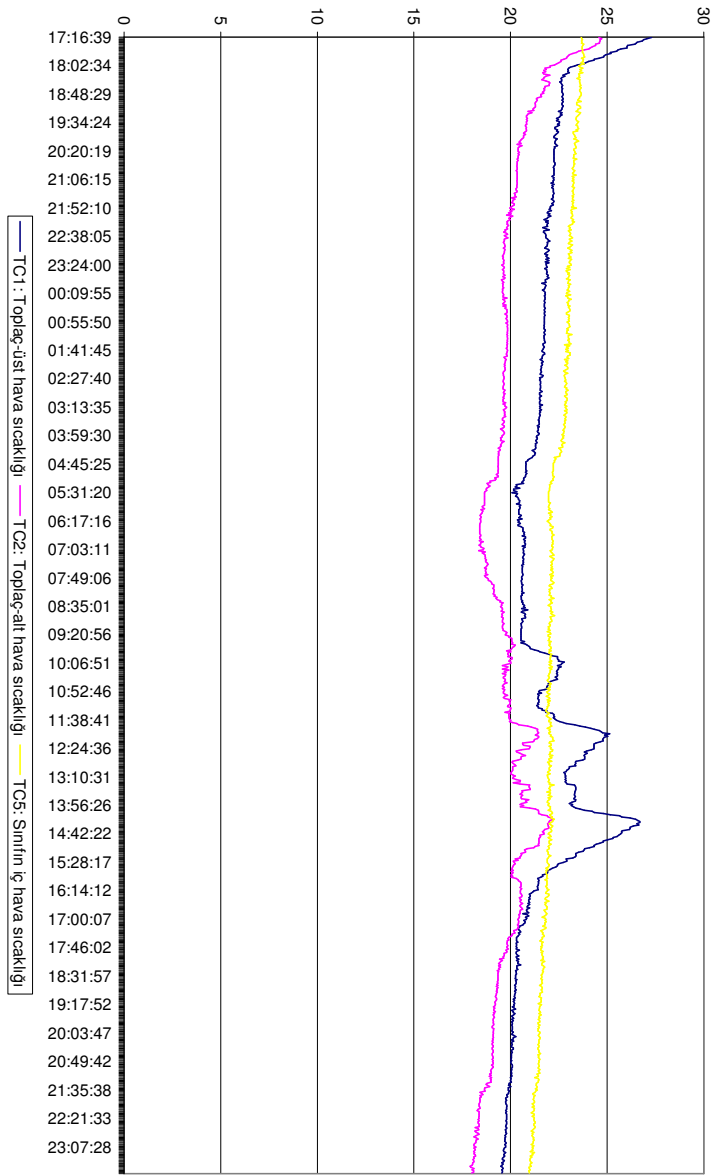
Çizelge:5.33 22-23 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



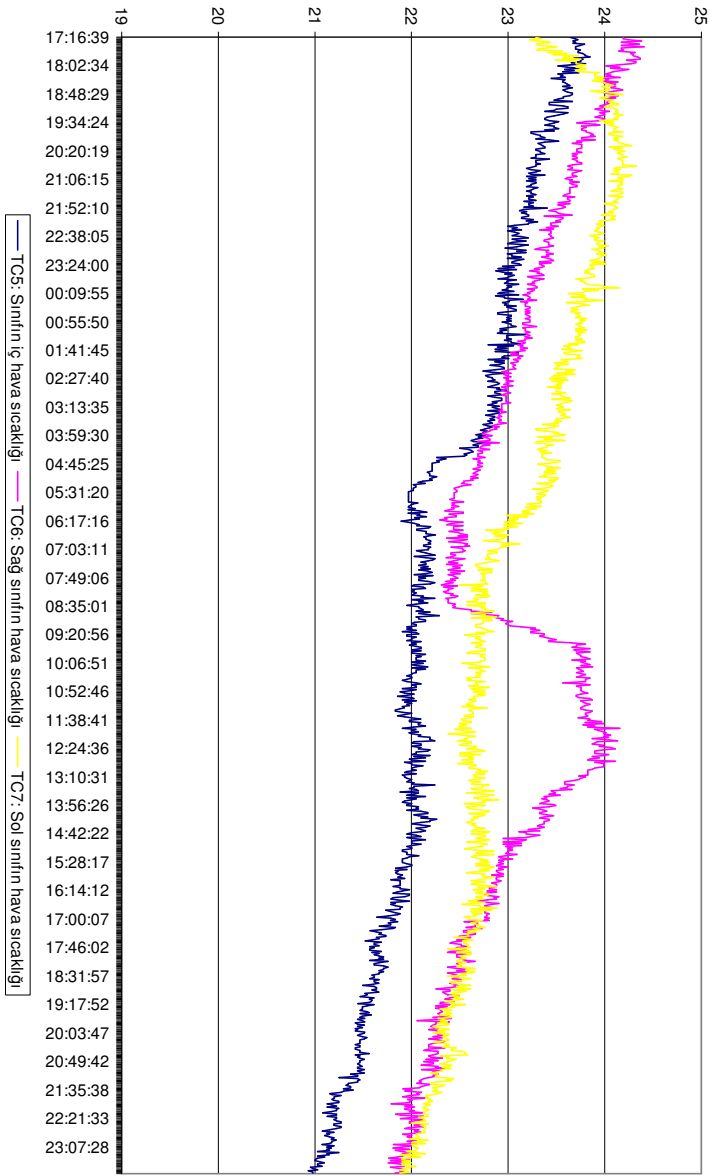
Çizelge:5.34 22-23 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



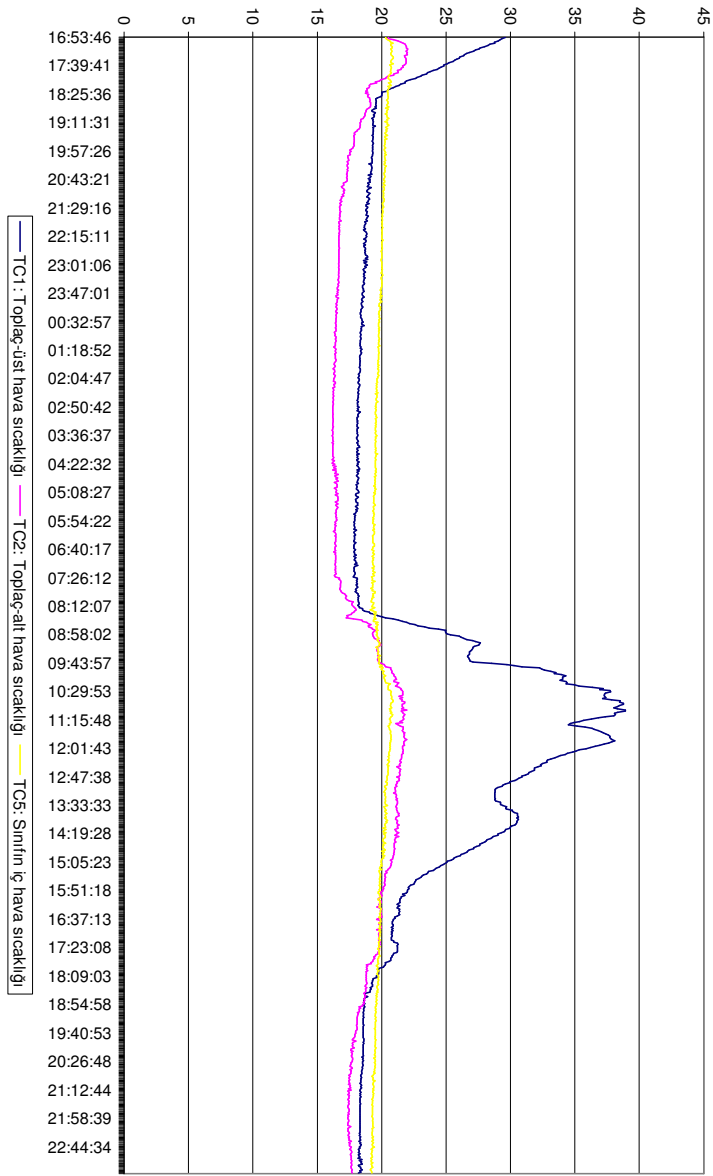
Çizelge:5.35 25-26 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



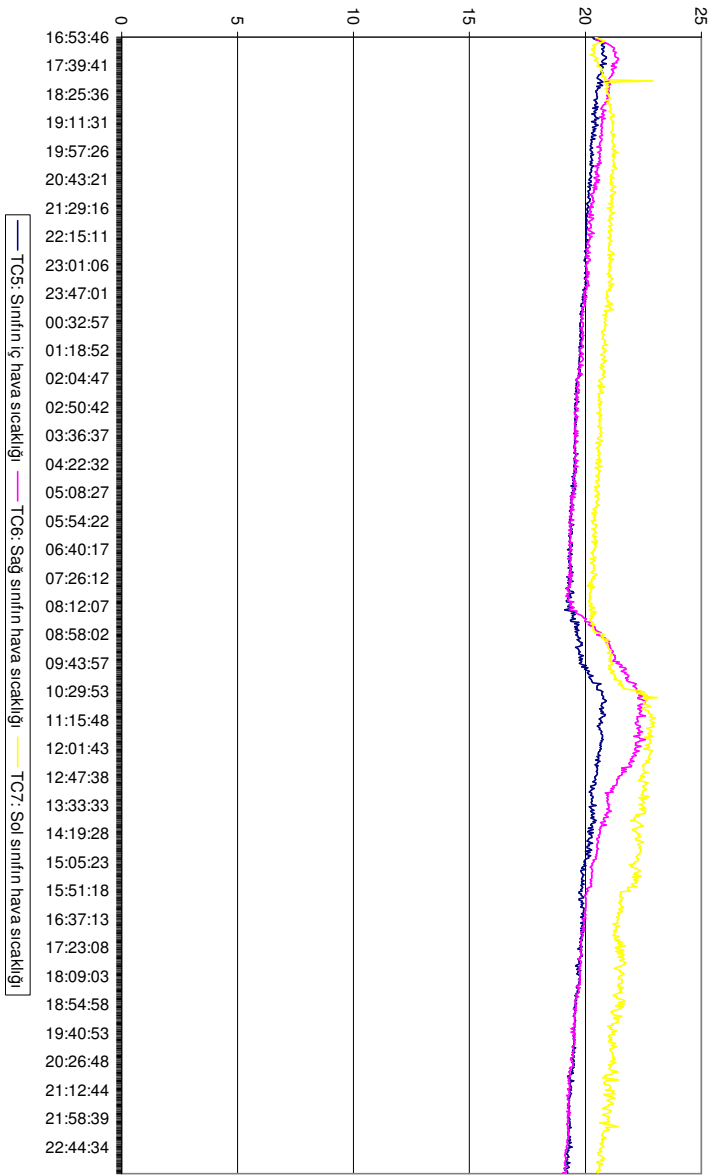
Çizelge:5.36 25-26 Şubat 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



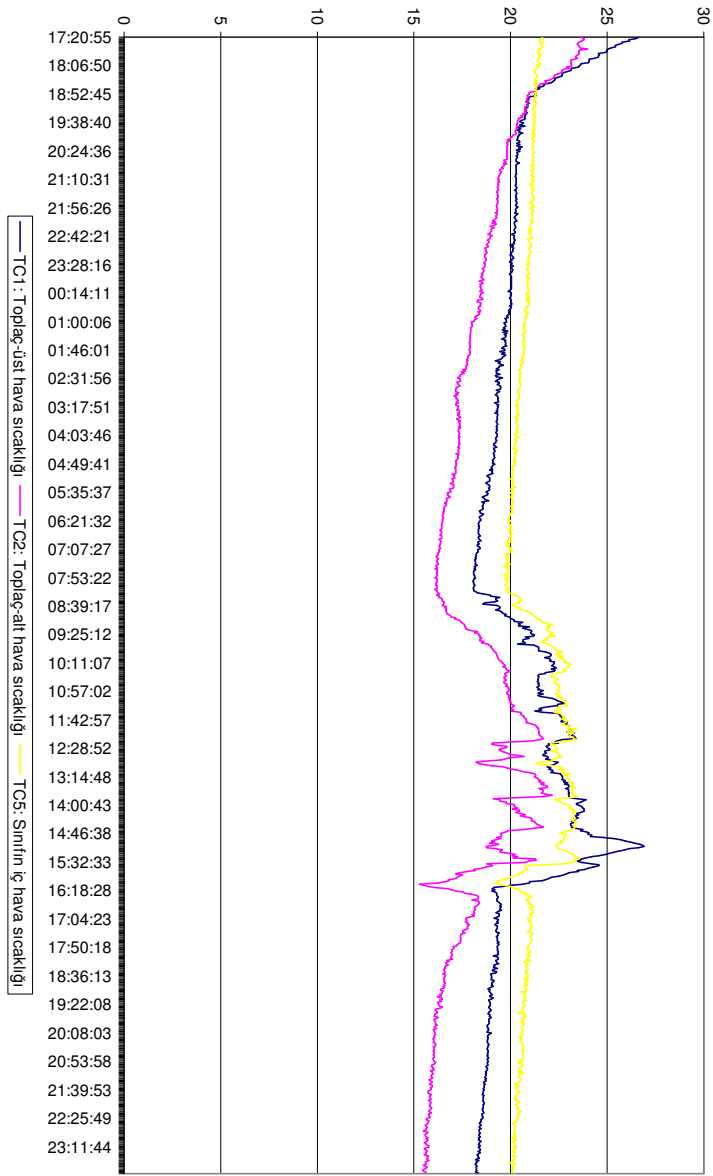
Çizelge:5.37 4-5 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



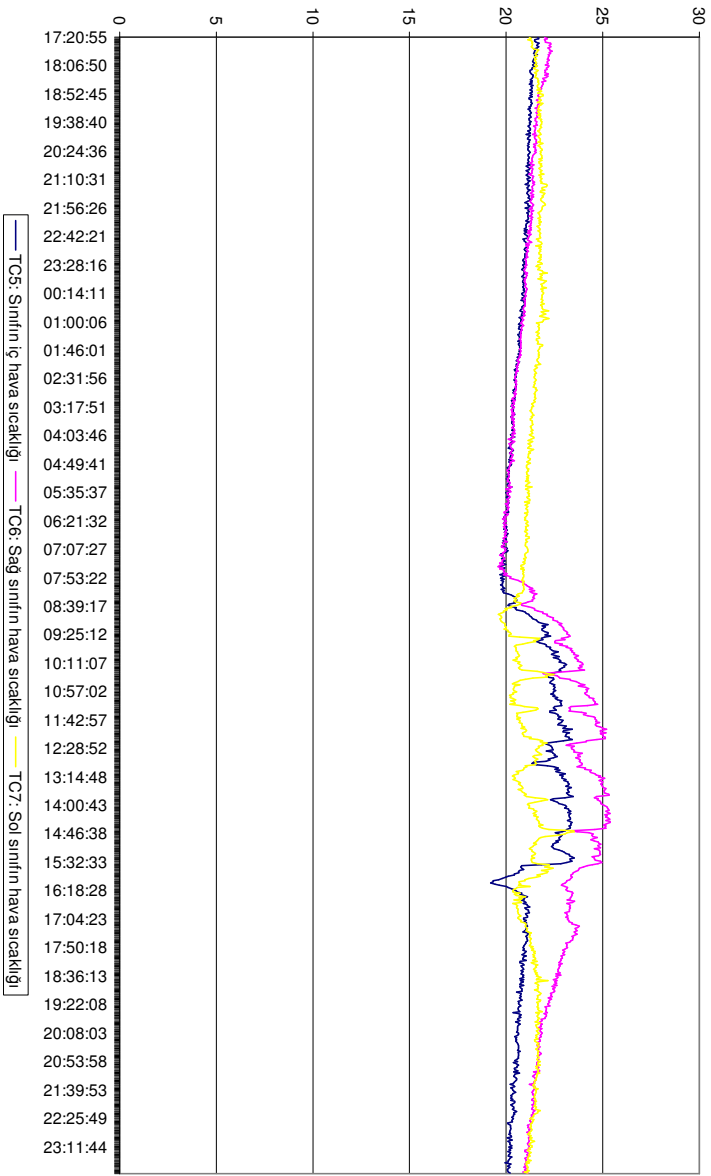
Çizelge:5.38 4-5 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



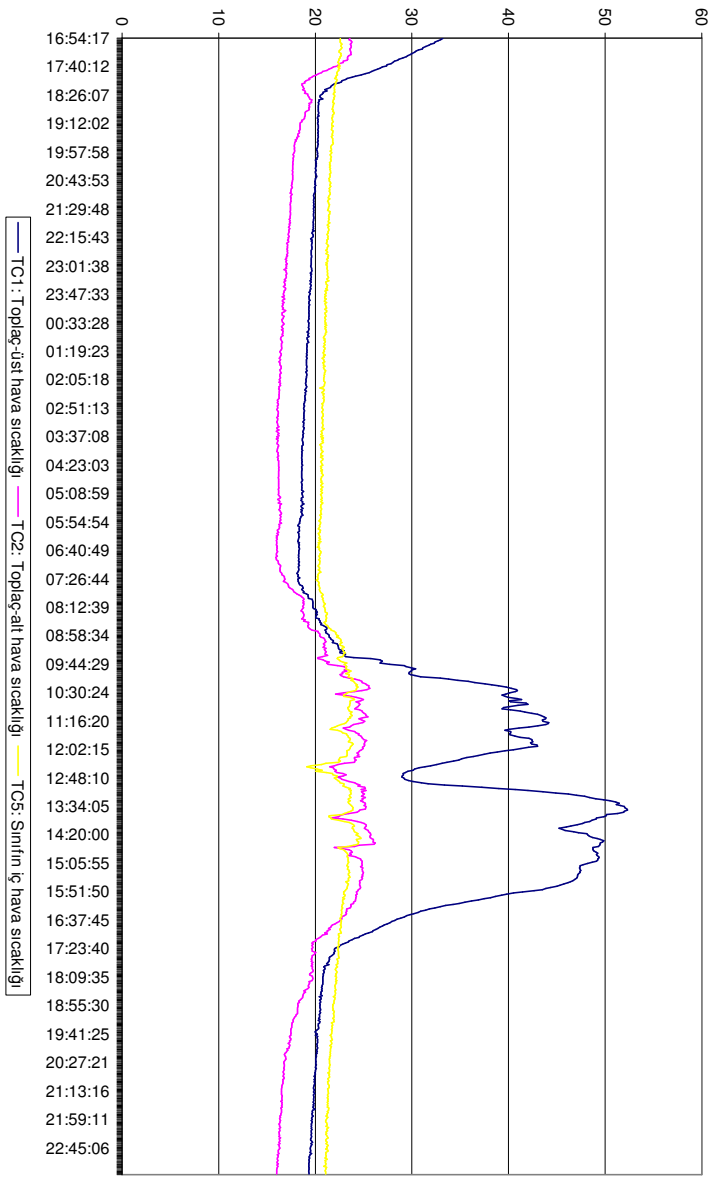
Çizelge:5.39 7-8 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



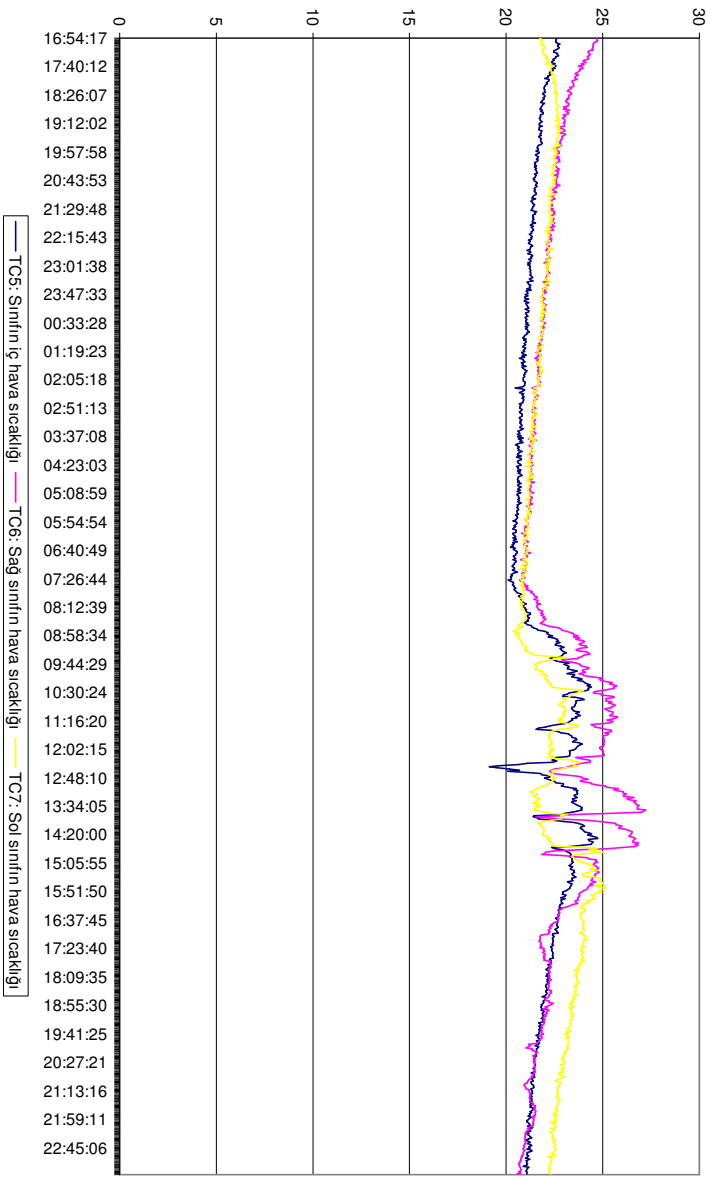
Çizelge:5.40 7-8 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



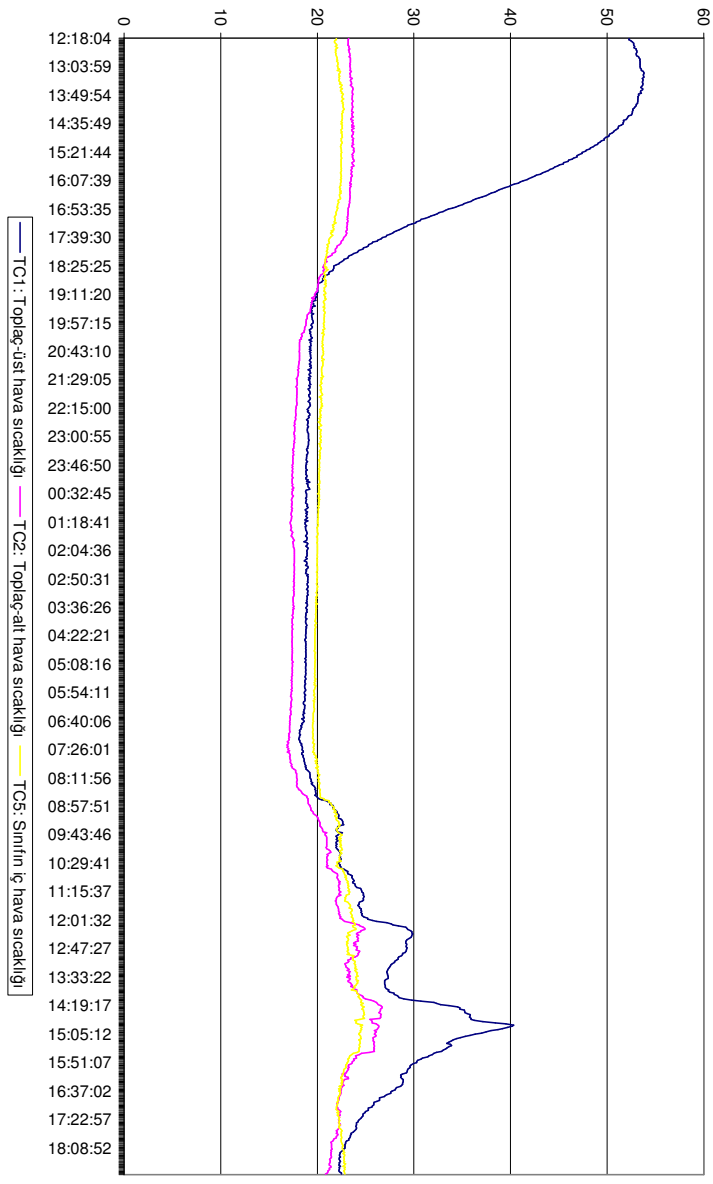
Çizelge:5.41 9-10 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



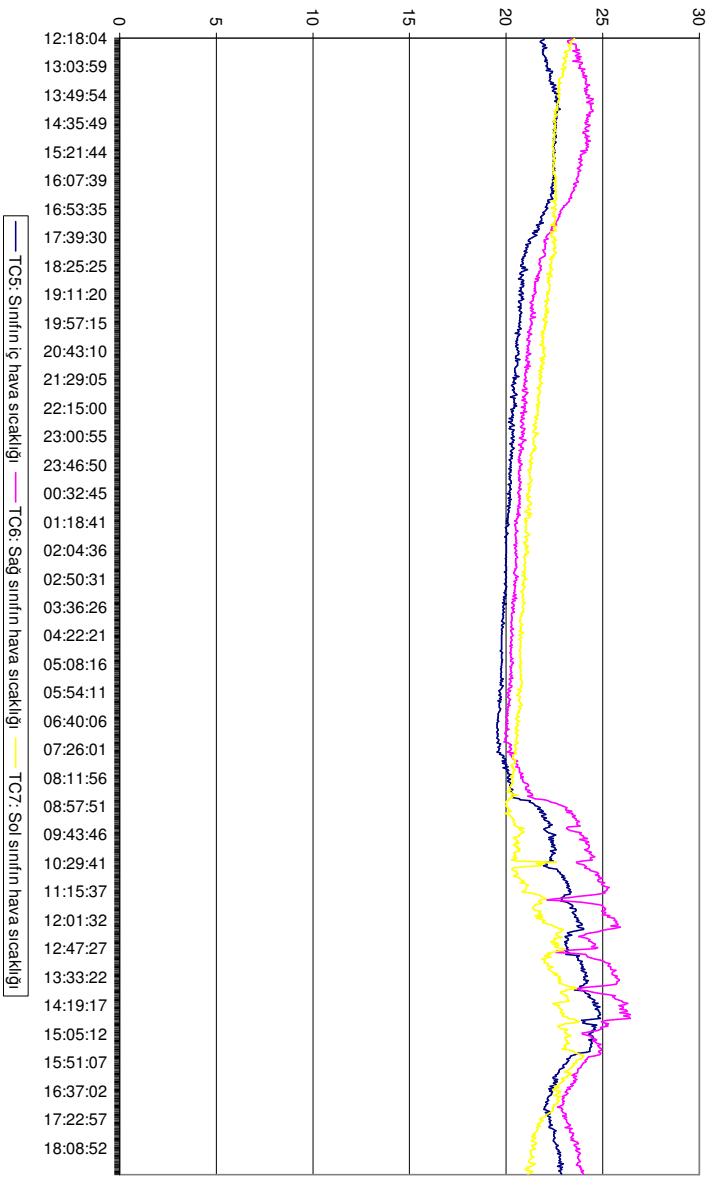
Çizelge:5.42 9-10 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



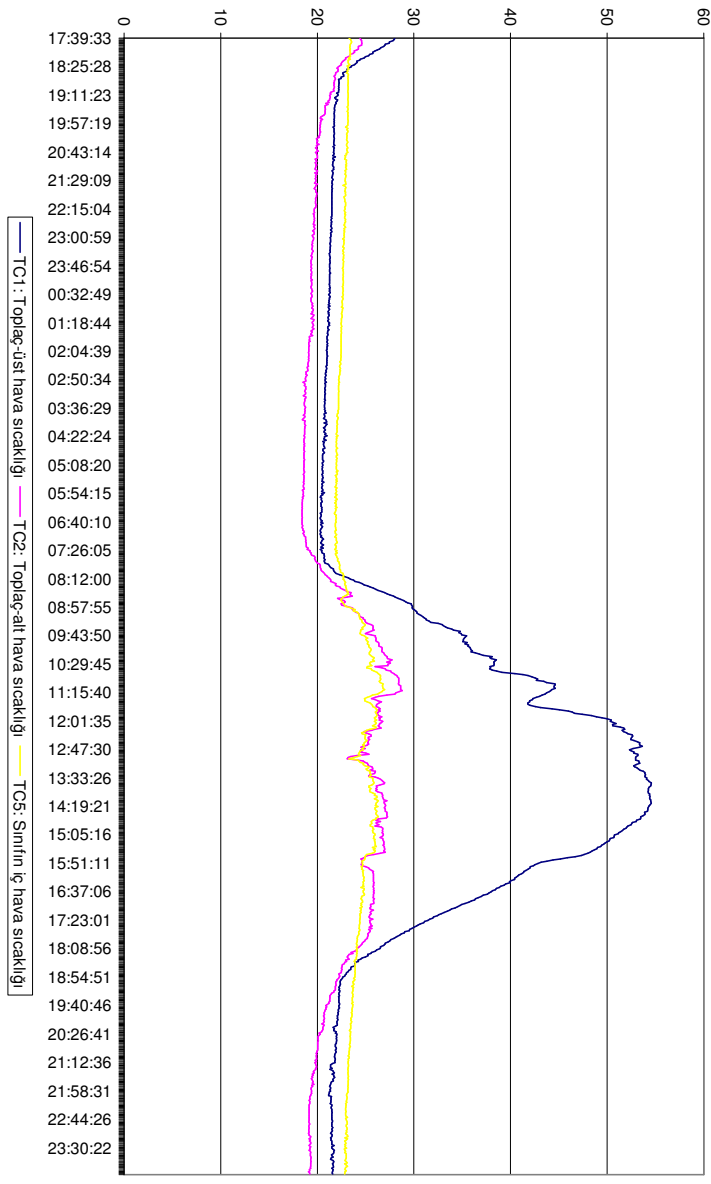
Çizelge:5.43 13-14 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



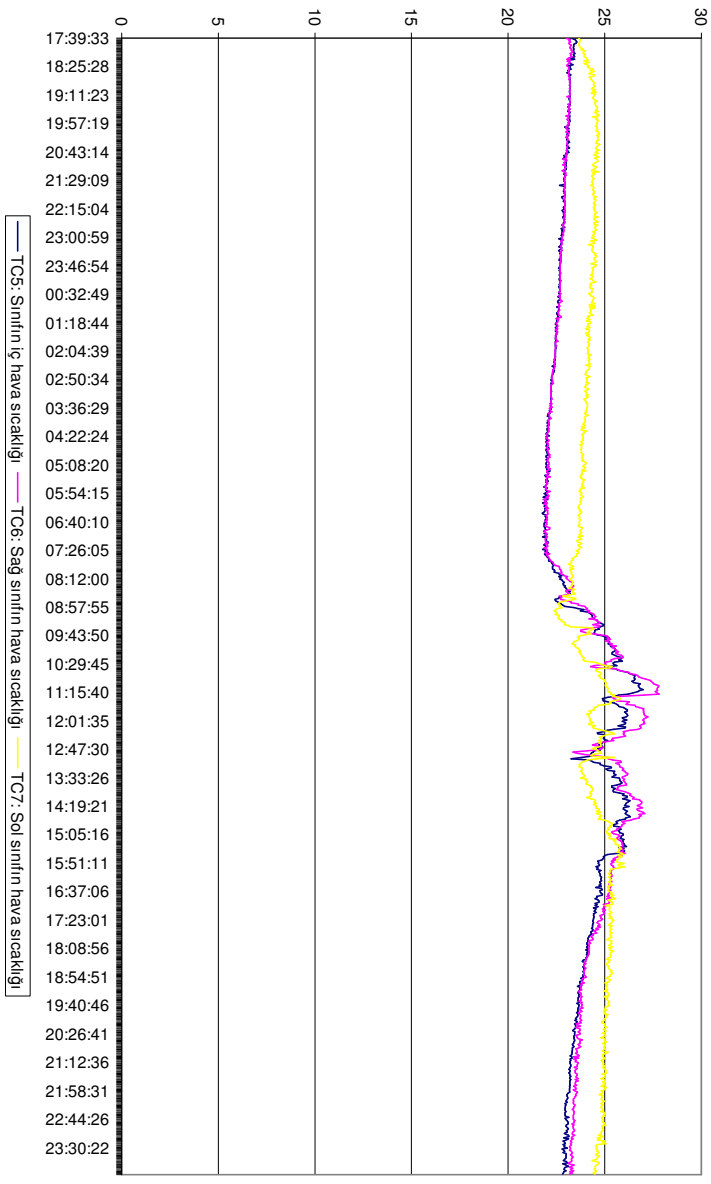
Çizelge:5.44 13-14 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



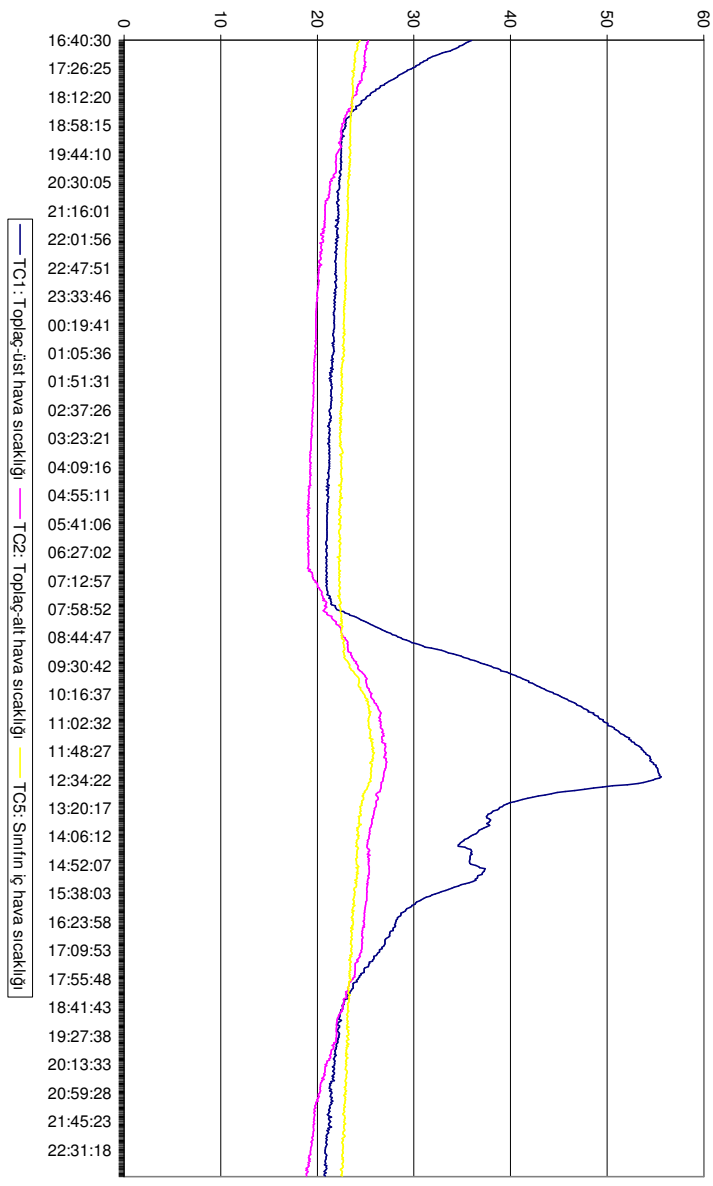
Çizelge:5.45 15-16 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



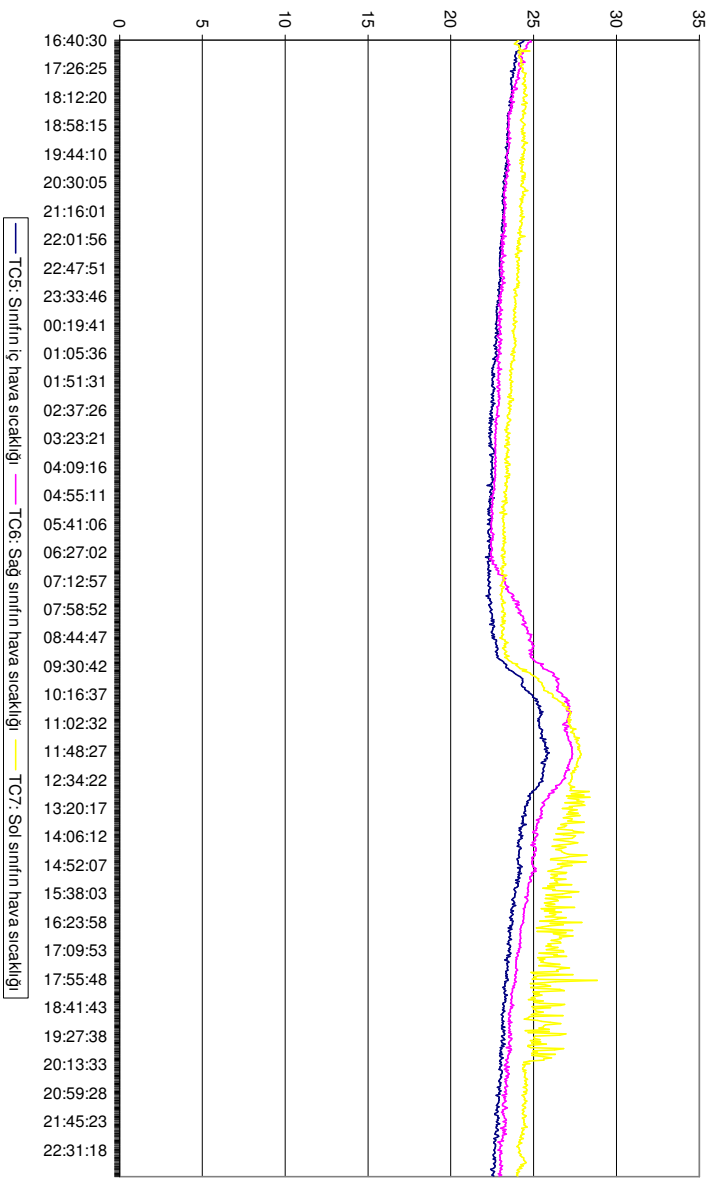
Çizelge:5.46 15-16 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



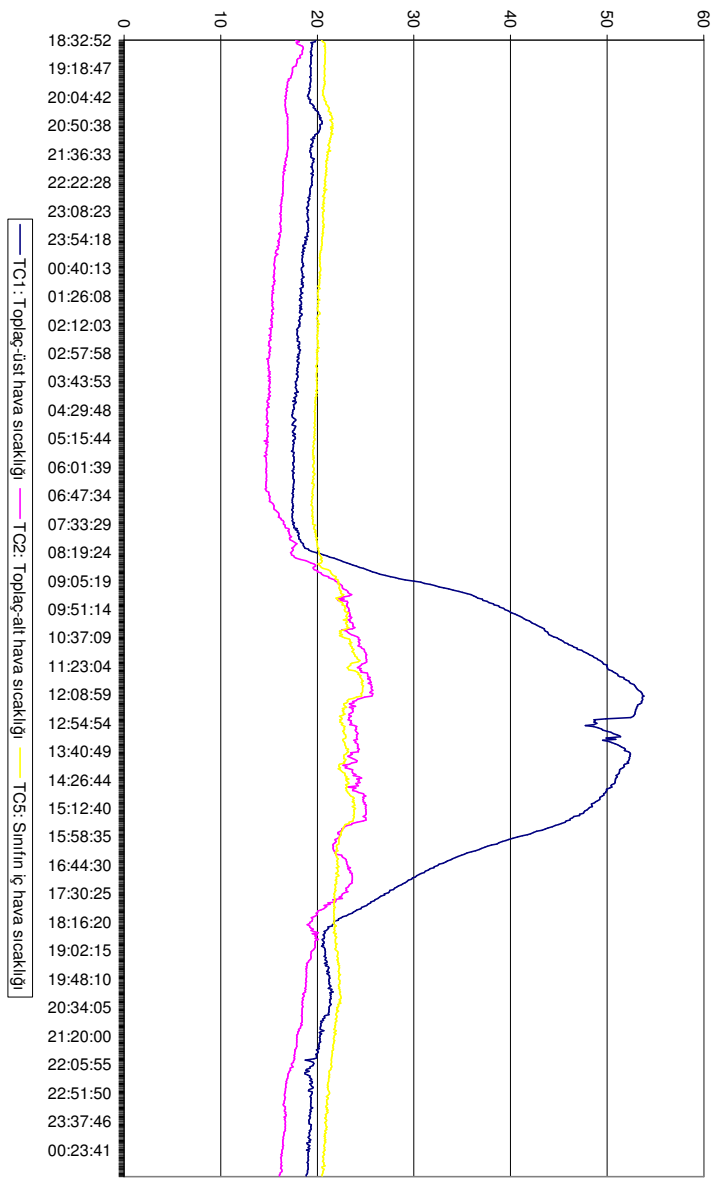
Çizelge:5.47 18-19 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



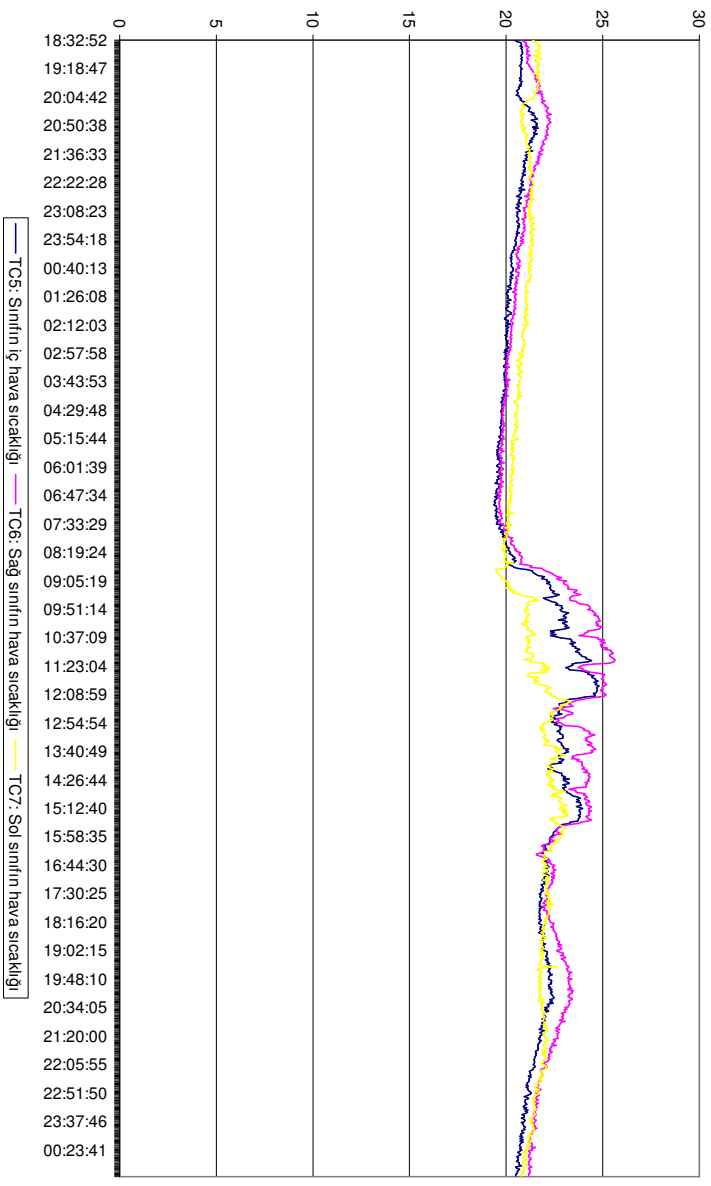
Çizelge:5.48 18-19 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



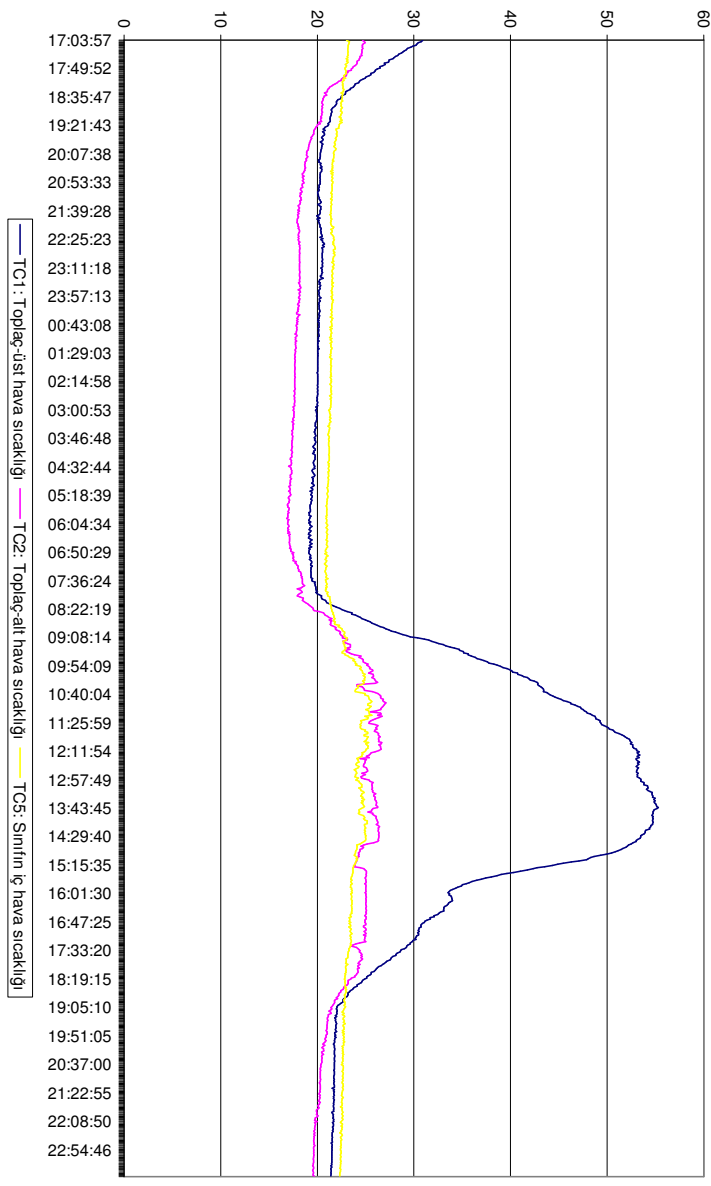
Çizelge:5.49 21-22 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



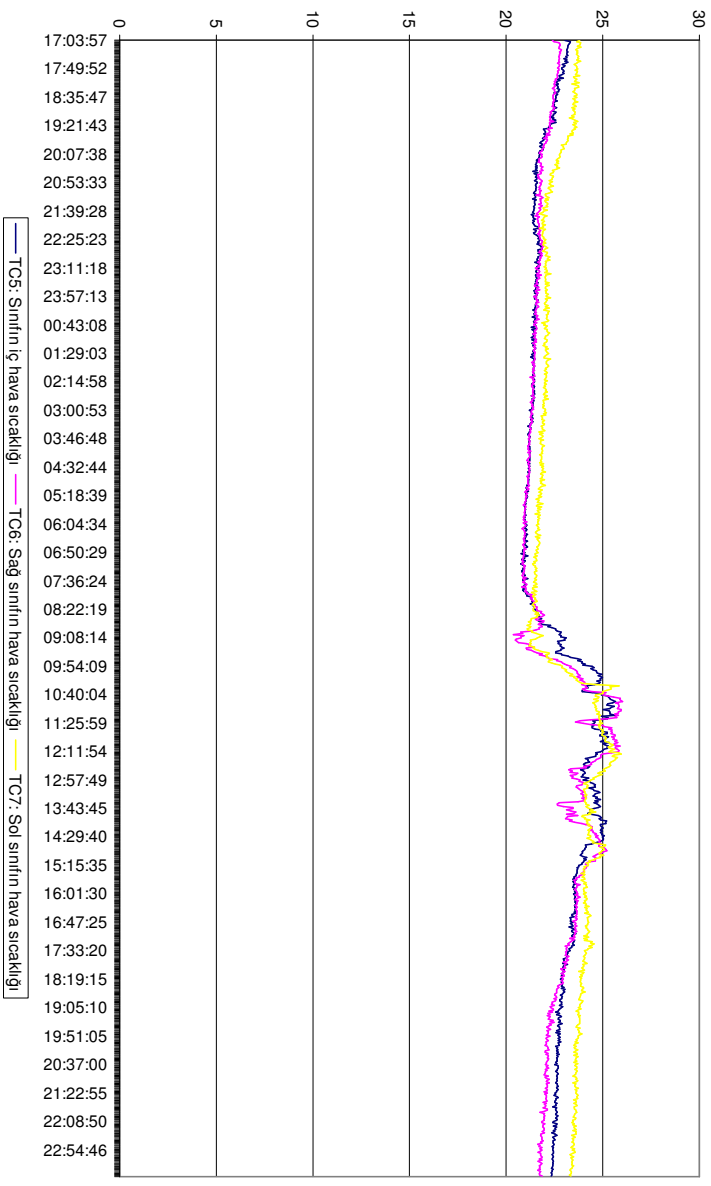
Çizelge:5.50 21-22 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



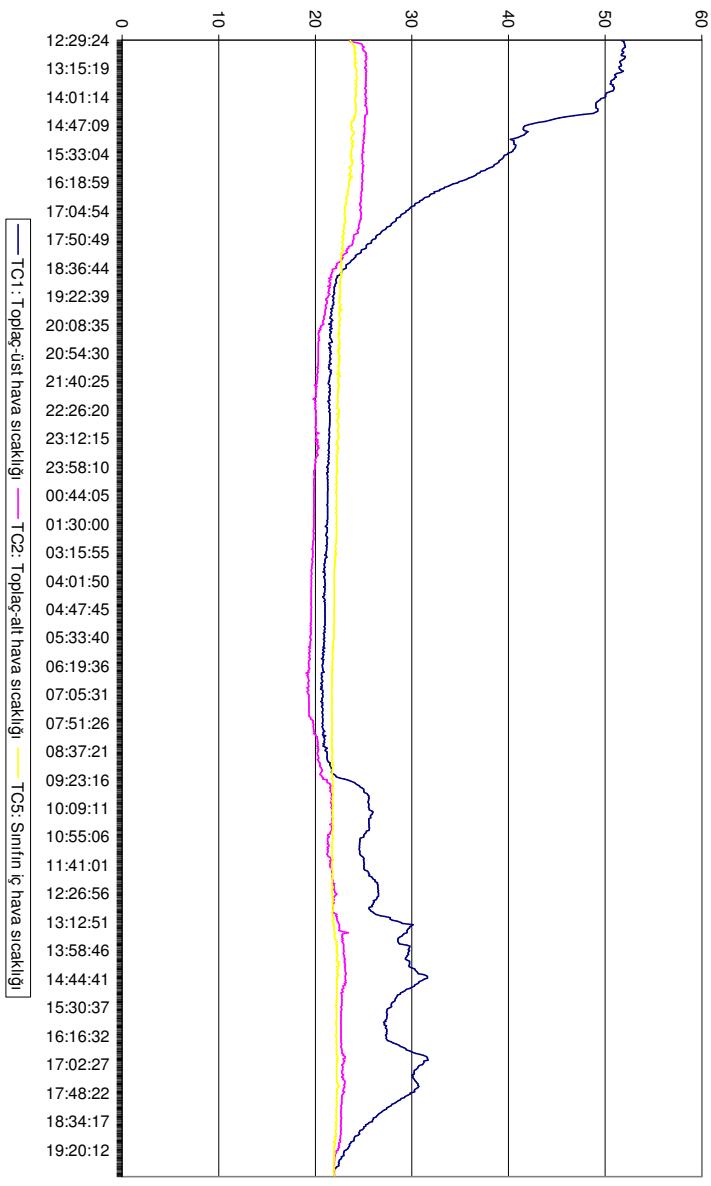
Çizelge:5.51 24-25 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



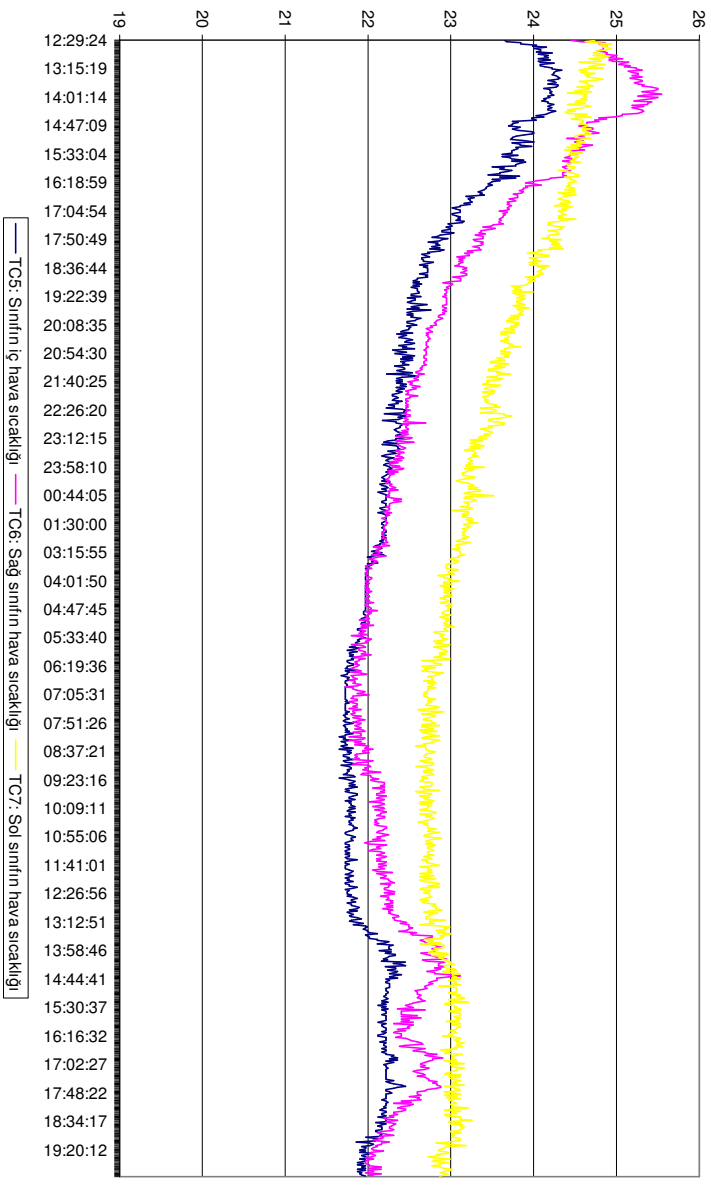
Çizelge:5.52 24-25 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



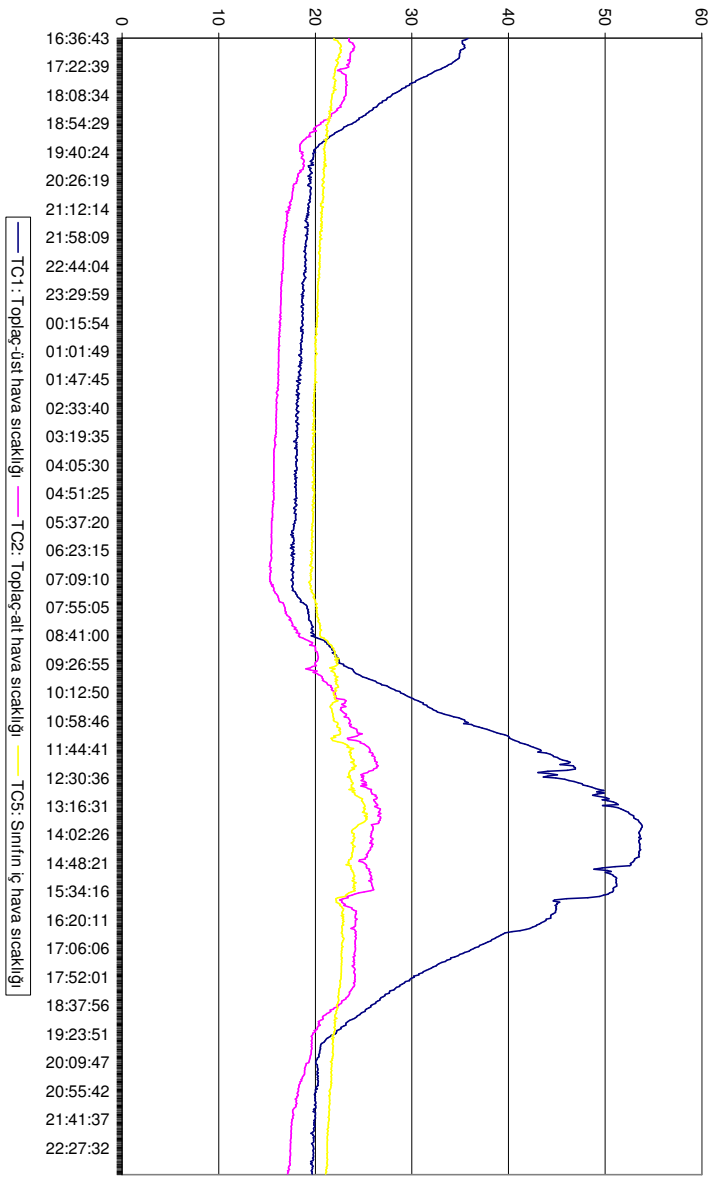
Çizelge:5.53 26-27 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



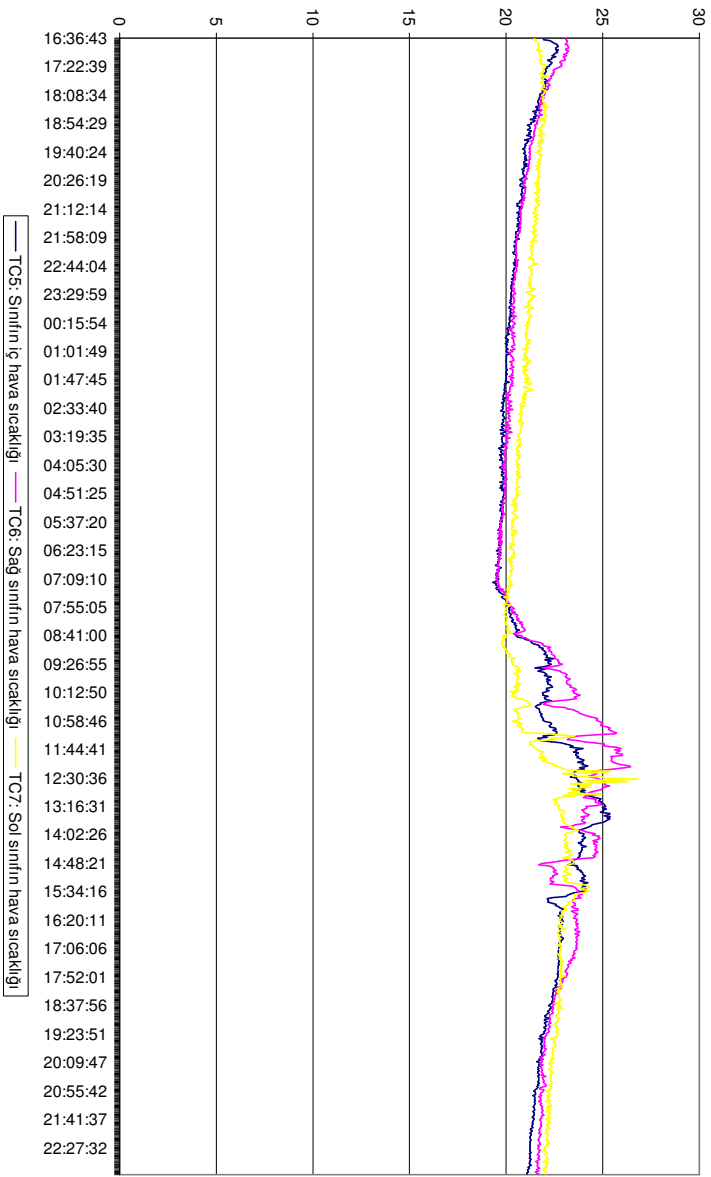
Çizelge:5.54 26-27 Mart 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



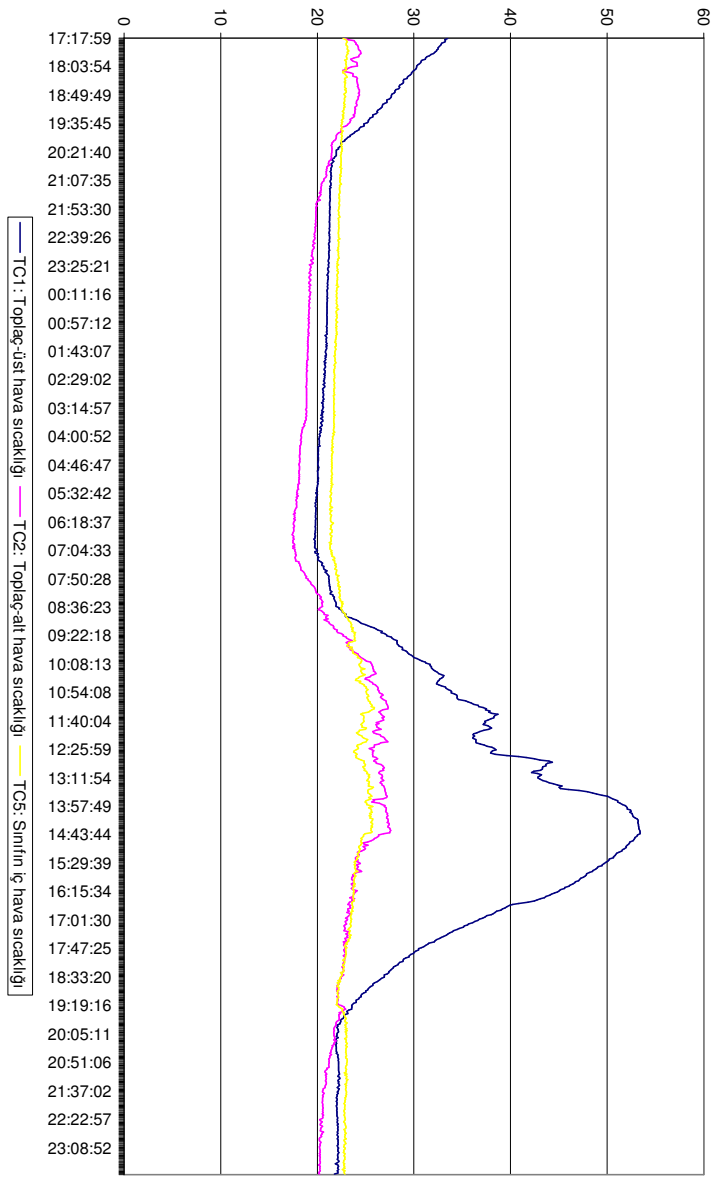
Çizelge:5.55 4-5 Nisan 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



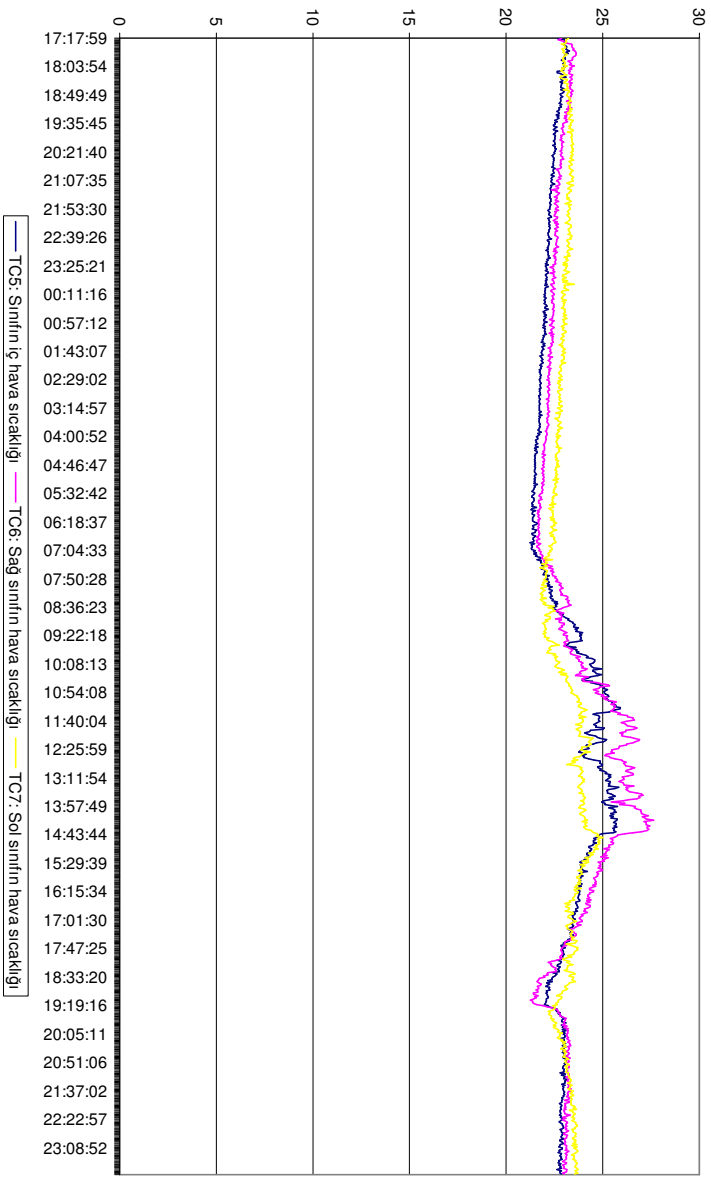
Çizelge:5.56 4-5 Nisan 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



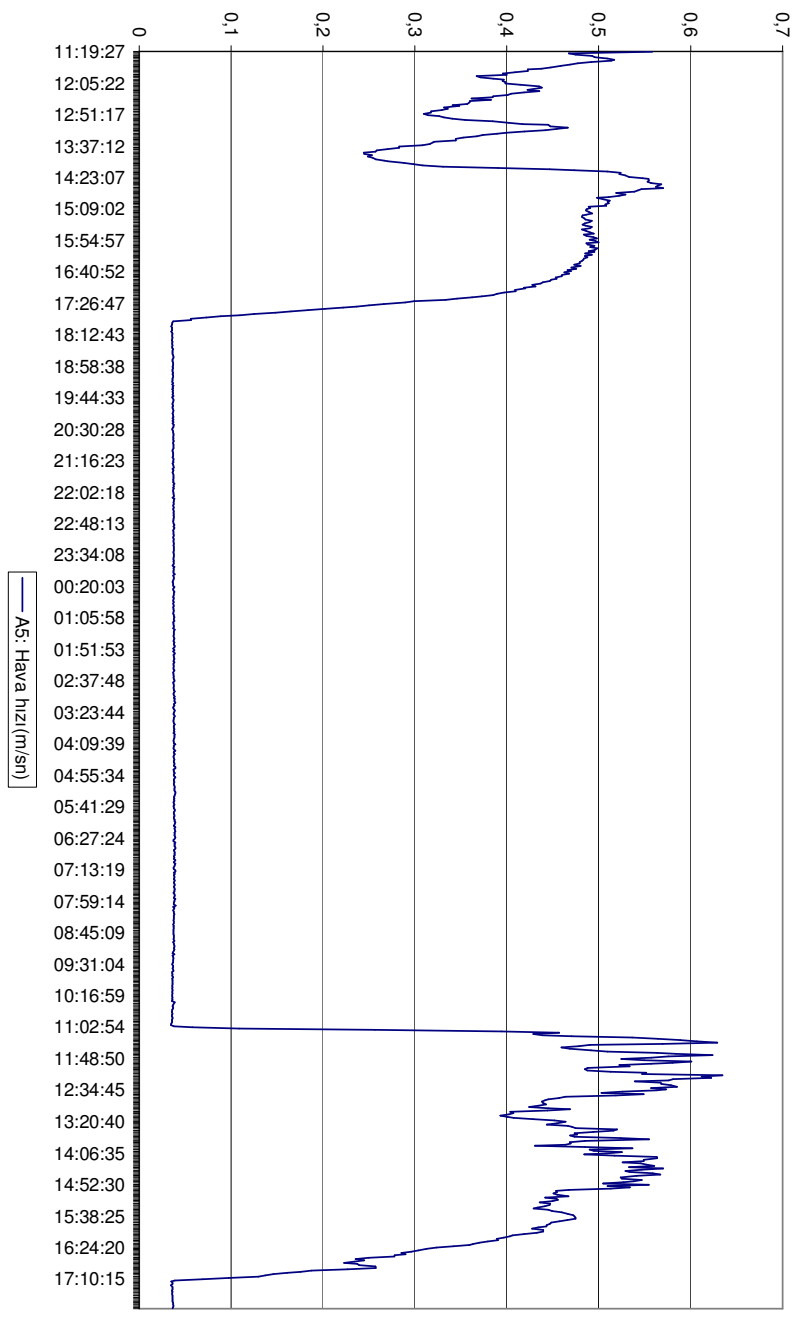
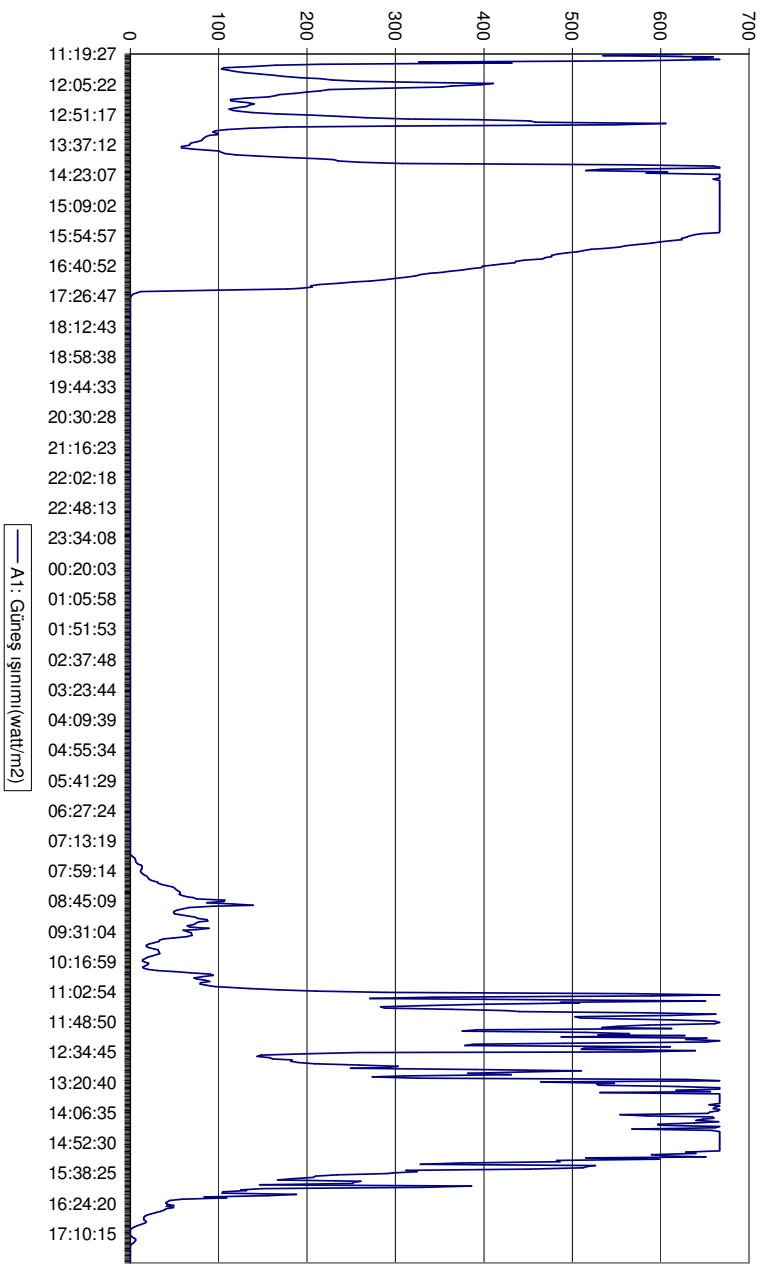
Çizelge:5.57 7-8 Nisan 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



Çizelge:5.58 7-8 Nisan 2005 tarihinde Rezzan Has Lisesi sınıfında yapılan ölçümler



Çizelge:5.59 Toplacın üst noktasındaki hava çıkış hızının saatlik değişimi (20-21 Şubat 2005)

Çizelge:5.60 Güneş ışımasını değerlerinin değişimi, W/m². (20-21 Şubat 2005)

KAYNAKLAR

Elisabeth Gratia, Andre De Herde (Eylül 2003) “Natural ventilation in a double-skin facade” Energy and Building dergisi Şubat 2004 sayısı, sayfa 137-146

Helmut Weinlaeder, Andreas Beck , Jochen Fricke (Ağustos 2003) “PCM-Facade-Panel for daylighting and room heating” ISES Solar World (ISES Güneş Dünyası) Kongresi 2003 ve Solar Energy Şubat 2005 sayısı, Volume 78, Issue 2: 177-186

N. K. Bansal, R Mathur ve M. S. Bhandari, “Solar chimney for enhanced stack ventilation” Building and Environment dergisi Mart 1993 sayısı, sayfa 373-377

R. Letan, V. Duborsky, G. Ziskind (Eylül 2000) “Passive ventilation and heating by natural convection in a multi-storey building” Building and Environment dergisi Subat 2003 sayısı, sayfa 197-208

Xu Xu, Yinping Zhang, Kunping Lin, Hongfa Di, Rui Yang, (Eylül 2004) “Modeling and simulation on the thermal performance of shape-stabilized phase change material floor used in passive solar buildings” Energy and Buildings dergisi tez yazımı anında basım hazırlığında düzeltilmiş nüshası kaynak olarak kullanıldı.

Zorer Gülay, "Dersliklerde edilgen yöntemle ısısal konforun sağlanmasında tasarım ölçütü olarak bir değerlendirme yöntemi oluşturulması", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995.

INTERNET KAYNAKLARI

[1]www.Datenbank-powerhouse_db.de

[2]www.sciencedirect.com

[3]www.oja-services.nl

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 05.08.1977

Doğum yeri Bursa

Lise 1990-1993 Küçükçekmece Lisesi

Lisans 1993-2000 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2002- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurumlar

2001-Devam ediyor Alarge Alıç Ağacı Mak. Elekt. Araş. Geliş. San. Tic.
Ltd. Şti.