

T.C.
Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı

**Prototip Bir Soğutma Kulesi Dizâynı
ve
Lika-Ahşap Plâkalarla Soğutma Yüklerinin Mukayesesi**

(Yüksek Lisans Tezi)

Makina Müh. İRFAN ÜREYEN

Eskişehir - 1986

İ Ç İ N D E K İ L E R

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| ÖNSÖZ | VIII |
| ÖZET | IX |
| SUMMARY | X |
| SEMBOLLER | XI |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. SOĞUTMA KULELERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER | 2 |
| 2.1. Soğutma Kulelerinin Sınıflandırılması | 2 |
| 2.1.1. Doğal Akımlı Soğutma Kuleleri | 2 |
| 2.1.2. Zorlanmış Akımlı Soğutma Kuleleri | 6 |
| 2.1.2.a. Deniz Suyu Kuleleri | 8 |
| 2.1.2.b. Paket(Dolgu) Tipi Kuleler | 8 |
| 2.1.3. Rüzgarlı Soğutma Kuleleri | 8 |
| 2.2. Soğutma Kulelerinde Verimlilik | 10 |
| 2.3. Soğutma Kulelerinde Su Tüketimi | 10 |
| 3. YAPILAN CİHAZIN TANIMI | 11 |
| 3.1. Sistemin Devreye Alınması | 13 |
| 3.1.a. Sistemin Çalıştırılması | 13 |
| 3.2. Su Devri | 15 |
| 3.3. Hava Devri | 15 |
| 4. YAPILAN DENEYLER | 18 |
| 4.1. Birinci Grup Deneyler | 19 |
| 4.1.1. Mika ile Yapılan Deneyler | 19 |

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 4.1.1.a. 1400 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 19 |
| 4.1.1.b. 2850 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 22 |
| 4.1.2. Ahşap (Çam) ile Yapılan Deneyler | 26 |
| 4.1.2.a. 1400 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 26 |
| 4.1.2.b. 2850 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 29 |
| 4.2. İkinci Grup Deneyler | 33 |
| 4.2.1. Mika ile Yapılan Deneyler | 33 |
| 4.2.1.a. 800 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 33 |
| 4.2.1.b. 1400 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 36 |
| 4.2.1.c. 2850 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 39 |
| 4.2.2. Ahşap (Çam) ile Yapılan Deneyler | 42 |
| 4.2.2.a. 800 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 42 |
| 4.2.2.b. 1400 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 45 |
| 4.2.2.c. 2850 dv/dk da Yapılan Deneye Ait Örnek Hesaplama | 48 |
| 5. SONUÇLAR | 51 |
| Psikometrik Diyagram | 52 |
| KAYNAKLAR | 53 |

ŞEKİLLER, TABLOLAR, GRAFİKLER, FOTOĞRAFLAR

Sayfa

ŞEKİLLER

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1. Buhar Türbinli Kuvvet Çevrimi ve Soğutma Kulesi | 1 |
| Şekil 2.1. Doğal Akımlı Soğutma Kulesi | 2 |
| Şekil 2.2. Ters Akımlı Soğutma Kulesi | 4 |
| Şekil 2.3. Rüzgarlı Tip Soğutma Kulesi | 5 |
| Şekil 2.4. Wheeler-Blacke Yapısı Doğal Akımlı Soğutma Kulesi .. | 6 |
| Şekil 2.5. Emmeli Tip Çapraz Akımlı Soğutma Kulesi | 7 |
| Şekil 2.6. Rüzgarlı Tip Ahşap Soğutma Kulesi | 9 |
| Şekil 3.1. İmalatı Yapılan Prototip Soğutma Kulesi | 16 |

TABLolar

BİRİNCİ GRUP DENEYLER

| | |
|---|----|
| Tablo 4.1. Mika ile 1400 dv/dk da elde edilen değerler | 20 |
| Tablo 4.2. Mika ile 2850 dv/dk da elde edilen değerler | 24 |
| Tablo 4.3. Ahşap ile 1400 dv/dk da elde edilen değerler | 27 |
| Tablo 4.4. Ahşap ile 2850 dv/dk da elde edilen değerler | 31 |

İKİNCİ GRUP DENEYLER

| | |
|--|----|
| Tablo 4.5. Mika ile 800 dv/dk da elde edilen değerler | 34 |
| Tablo 4.6. Mika ile 1400 dv/dk da elde edilen değerler | 37 |
| Tablo 4.7. Mika ile 2850 dv/dk da elde edilen değerler | 40 |
| Tablo 4.8. Ahşap ile 800 dv/dk da elde edilen değerler | 43 |
| Tablo 4.9. Ahşap ile 1400 dv/dk da elde edilen değerler | 46 |
| Tablo 4.10. Ahşap ile 2850 dv/dk da elde edilen değerler | 49 |

GRAFİKLER

BİRİNCİ GRUP DENEYLER

Mika ile Yapılan Deneylere Ait

| | |
|---|----|
| Grafik 4.1. 1400 dv/dk için Su debisi ile Δt arasındaki bağıntı | 21 |
| Grafik 4.2. 2850 dv/dk için Su debisi ile Δt arasındaki bağıntı | 25 |

Ahşap ile Yapılan Deneylere Ait

| | |
|---|----|
| Grafik 4.3. 1400 dv/dk için Su debisi ile Δt arasındaki bağıntı | 28 |
| Grafik 4.4. 2850 dv/dk için Su debisi ile Δt arasındaki bağıntı | 32 |

İKİNCİ GRUP DENEYLER

Mika ile Yapılan Deneylere Ait

Grafik 4.5. 800 dv/dk için Hava hızı ile K arasındaki bağıntı 35

Grafik 4.6. 1400 dv/dk için Hava hızı ile K arasındaki bağıntı 38

Grafik 4.7. 2850 dv/dk için Hava hızı ile K arasındaki bağıntı 41

Ahşap ile Yapılan Deneylere Ait

Grafik 4.8. 800 dv/dk için Hava hızı ile K arasındaki bağıntı 44

Grafik 4.9. 1400 dv/dk için Hava hızı ile K arasındaki bağıntı 47

Grafik 4.10. 2850 dv/dk için Hava hızı ile K arasındaki bağıntı 50

FOTOĞRAFLAR

Fotoğraf 1. Prototip Soğutma Kulesi III

Fotoğraf 2. Prototip Soğutma Kulesi imalatından bir görünüş 12

Fotoğraf 3. Prototip Soğutma Kulesi İmalatından başka görünüş 12

Fotoğraf 4. P. Soğutma Kulesinin sağ yan görünüşü 14

Fotoğraf 5. P. Soğutma Kulesinin sol yan görünüşü 14

Fotoğraf 6. P. Soğutma Kulesinde suyun akışı 17

Fotoğraf 7. P. Soğutma Kulesinin çalışması 17

ÖNSÖZ

Giderek artan enerji sorunu, kişileri enerji üretimine doğrudan yada dolaylı olarak katılan bir çok kaynağı dikkatli kullanmaya zorlamıştır. Buna bağlı olarak da son yıllarda gelişen Hidroelektrik ve Termik santrallerle enerji üretim alanında suyun önemi artmıştır.

Ülkemizdeki Termik santraller, büyük rezervlere sahip kömür yatakları yanında kurulmaktadır. Ancak bu kömür yatakları; çoğu zaman çeşitli nedenlerden, su kaynaklarından uzakta olduğundan santralda kullanılacak suyun temini problem yaratmaktadır. Bu da suyun tekrar kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Tesislerde kullanılan su ısınacağından bunun soğutulup tekrar devreye alınması ancak Soğutma Kuleleriyle sağlanabilmektedir.

Bu nedenle bizlerde Soğutma Kulelerinin endüstrideki önemini benimseyerek bu konuda çalışmayı planlayıp, Makina Mühendisliği Bölümü Hidrolik Makinalar Laboratuvarımızda prototip bir Soğutma Kulesi inşa edip bunda çeşitli faktörleride göz önüne alarak Mika ve Ahşap(Çam) paketlerle soğutma imkanlarını araştırdık.

Araştırma konusunda beni yönlendiren, çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen, değerli hocam Sayın Dr. Y.Müh. Yaşar PANCAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarımda yardımcı olan, Tek. Res. Azime SÜNER, Laborant Necdet DURAN ve Ramazan TEMEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eserin ilgilienenlere faydalı olması dileğiyle.

İrfan ÜREYEN
ŞUBAT - 1986

ÖZET

Bu çalışmanın konusu; prototip soğutma kulesi imalatı ve bu imalatı gerçekleştirilen soğutma kulesinde iki ayrı malzeme, Mika ve Ahşap (Çam) plakalar vasıtasıyla soğutma yüklerinin kıyaslanmasıdır.

Görüleceği üzere birinci ve ikinci bölümlerde soğutma kulelerinin sınıflandırılması, verimliliği, su tüketimi, üçüncü bölümde de laboratuvarında imalatı gerçekleştirilen kulenin elemanları, çalışma prensibi, hava ve su sirkülasyonu hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde iki ayrı malzeme için, vantilatörün değişik devir sayılarında yapılan deneylerde elde edilen değerler ve neticeler, son bölümde ise yapılan deneylerden elde edilen sonuç bulunmaktadır.

SUMMARY

The aim of this study is, to construct prototype cooling tower and comparison of cooling loads with two different material, Mica and Wood (Pinetree) in cooling tower.

As seen, in the first and second sections, classification, efficiencies and water necessity and elements of tower, principles and water and air circulation is studied in third section.

In the fourth section, results and values got with different revolutions of ventilator and at last conclusion is given at the end.

S E M B O L L E R

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| C_p : Sabit basınçda özgül ısı | J/Kg °K |
| H : Antalpi | J |
| h : Özgül antalpi | J/Kg |
| \dot{H} : Antalpi miktarı | W |
| m : Kütle | Kg |
| \dot{m} : Kütleli debi | Kg/sn |
| M : Moleküler kütle | Kg/Kg mol |
| P : Basınç | N/m ² |
| P_G : Güç | W |
| \dot{Q} : Isı transfer miktarı | W |
| q : Birim kütlede ısı transferi | J/Kg |
| R : Özgül gaz sabiti | J/Kg °K |
| R_o : Universal gaz sabiti | J/Kg mol °K |
| t : Sıcaklık | °C |
| T : Mutlak sıcaklık | °K |
| v : Özgül hacim | m ³ /Kg |
| \dot{V} : Hacimsel debi | m ³ /sn |
| y : Zaman aralığı | sn |
| X : Orifis basıncı | mmSS |
| W : Özgül nem | Kg/Kg |
| ϕ : İzafi nem | |

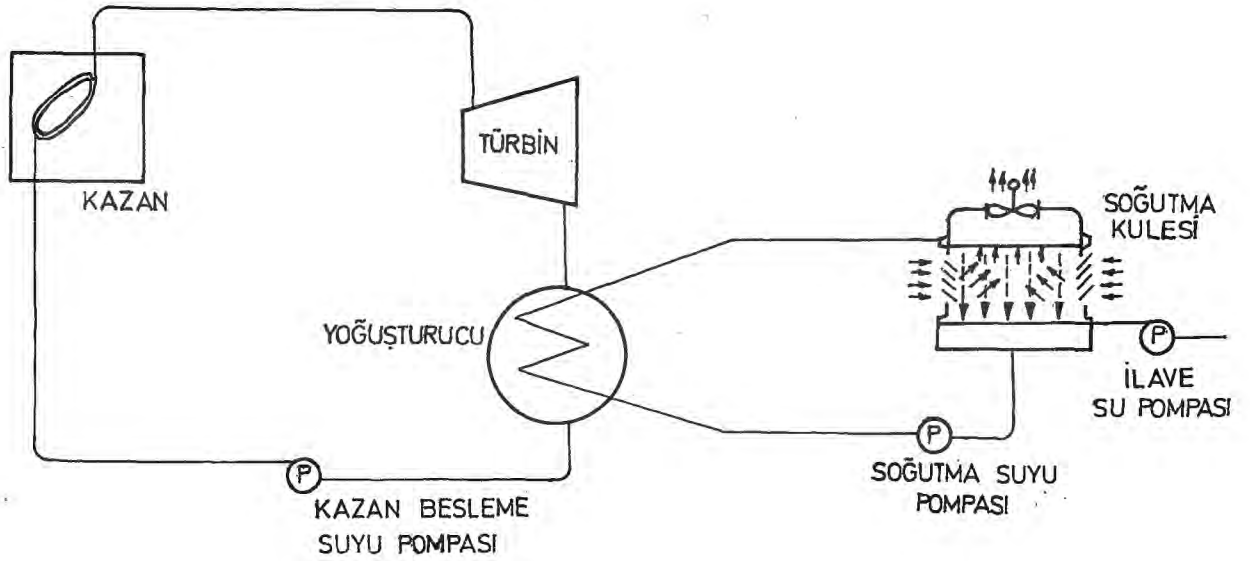
KULLANILAN İNDİSLER

| |
|------------------------|
| A : Hava giriş noktası |
| B : Hava çıkış noktası |
| C : Su giriş noktası |
| D : Su çıkış noktası |

E : Yedek tank
d : Kuru hazneli
w : Yaş hazneli
s : Islak buhar
a : Kuru hava
f : Doymuş sıvı
t : Toplam

1. GİRİŞ

Soğutma kuleleri endüstriyel tesislerde, soğutma sistemlerinde ve havalandırma sistemlerinde artık ısının alınmasında geniş çapta kullanılırlar. Artık ısının atmosfere çekilmesi suya verilmesine oranla ekonomik olduğu zaman tercih edilirler. Ekonomik olup olmadığına karar vermek için maliyet hesapları yapılmalıdır. Özellikle 2. Dünya savaşından sonra gelişen elektrik santralleri için deniz ve akarsulardan uzaklaştıkça suyun önemi artmıştır. Böylece Soğutma Kuleleri önem kazanmıştır. Şekil 1. 1 de bir buhar türbinine ait kuvvet çevrimi ve Soğutma Kulesinin bu çevrimdeki yeri görülmektedir.



Şekil 1. 1 : Buhar Türbinli Kuvvet Çevrimi ve Soğutma Kulesi tesis şeması

2. SOĞUTMA KULELERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. SOĞUTMA KULELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Her iki akışkanın, su ve havanın, sürekli ısı alış verişi nedeniyle giriş sıcaklıkları kule boyunca değişir. Bu sıcaklık değişimleri akışkanların akış yönlerinede bağlıdır. Soğutma kuleleri akışkanların birbirine göre bağıl akış durumunu gözönüne alarak;

1. Ters Akımlı,
2. Paralel Akımlı,
3. Çapraz Akımlı,

olmak üzere üç grupta toplanabilir.

Ters Akımlı Kulelerde; Hava aşağıya doğru püskürtülen suyun arasından yukarıya doğru çıkar.

Paralel Akımlı Kulelerde; Hava ve su yukarıdan aşağıya doğru aynı yönde akarlar. Pratikte paralel akımlı kuleler daha az tercih edilirler.

Çapraz Akımlı Kulelerde; Adındanda anlaşılacağı üzere hava ve su birbirine göre çapraz olarak akar. Paket tip kulelerde ise genellikle akışkanlar birbirlerine göre dik yönde akarlar.

Hava akımının özelliğine göredé soğutma kuleleri şu şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar sırasıyla [1]

1. Doğal Akımlı,
2. Zorlanmış Akımlı,
3. Rüzgarlı tip soğutma kuleleri.

2.1.1. DOĞAL AKIMLI SOĞUTMA KULELERİ

Şekil 1. 1 de görüldüğü gibi yoğunlaştırucuda soğutma amacıyla kullanılan suyun sıcaklığı artar, tekrar soğutma ise soğutma kulesinde hava ile temas neticesinde olur. Bu sırada havanın nem miktarı artar. Kaybolan su miktarını karşılamak için ilave su gerekir. Havanın nemlenmesi, çevre ile ısı alışverişi olduğu için adyabatik değildir.

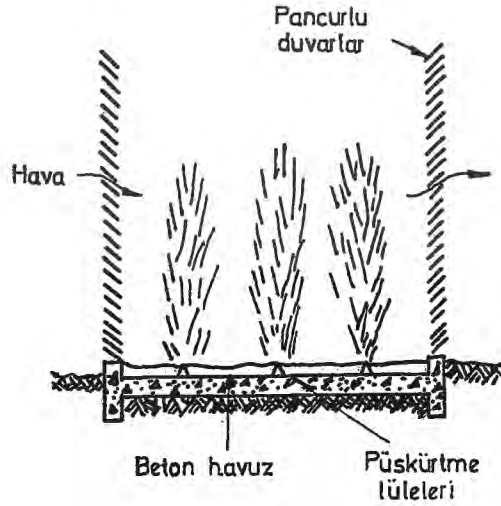
Halen Dünya'da üretilmekte olan enerjinin %75'i Buhar türbinli santrallarda, %5'i Gaz türbinli santrallarda, %20'si de Hidrolik santrallarda üretilmektedir. Bu nedenle buhar türbinli santrallarda besleme suyunun

[1] Stanford, W. - Hill, G.B. : Cooling Towers-Principles and Practice, Carter Thermal Engg. Hay Mills Birmingham. S. 25

soğutulması söz konusu olduğunda, denizlerden uzaklaştıkça soğutma kulelerinin önemi artmaktadır.

Önceleri besleme suyunun soğutulması işleminde soğutma havuzları kullanılmış, sonra daha az hacimde daha çok soğutma yapmak istenmesi soğutma kulelerinin gelişmesine neden olmuştur. Fiskiyesiz havuzlara göre fiskiyeli havuzlarda birim alan başına ısı atılma kapasitesi 20 kat daha fazla iken soğutma kulesi kullanarak bu oran 1000 katına çıkmaktadır. Fiskiye- li havuzlara göre soğutma kulelerinde havaya olan ısı kaybı 5 kat daha azdır[2].

Doğal akımlı soğutma kulelerine en basit örnek, kenarları içe doğru eğik pancurlu, duvarlarla çevrili fiskiyeli küçük bir havuzdur. Bu tip havuzlara örnek Şekil 2. 1 de görülmektedir. Eğik pancurlardan hava girip çıkarken yön değiştirir. Havada asılı halde bulunan su tanecikleri pancurlara çarparak aşağıya akar, dipteki su havuzunda toplanır.



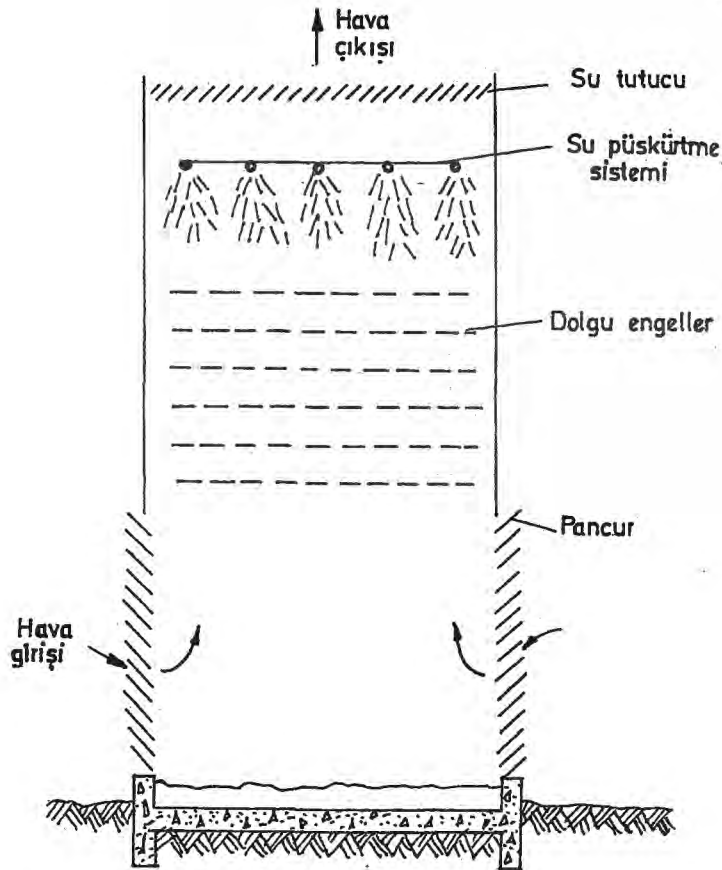
Şekil 2. 1 : Doğal Akımlı Soğutma Kulelerine ait basit bir örnek [3]

Şekil 2. 1 deki kule fiskiyeli havuzlarla soğutma kuleleri arasında geçiş teşkil ederler. Hava ile su arasındaki ısı alış verişi sırasında havaya nem geçişi olur ve ilave su gerekir. Bu ilave su miktarının azaltılabilmesi için ve soğutma kulesinin verimli olabilmesi için hava ile suyun

[2] Alarko Holding A.Ş. Soğutma Kulesi Katoloğu, Karaköy, İstanbul. S.7

[3] Stoecker, W.F. : Principles for Air Conditioning Practice, Copyright 1968 by Industrial Press Inc., New York. S.72

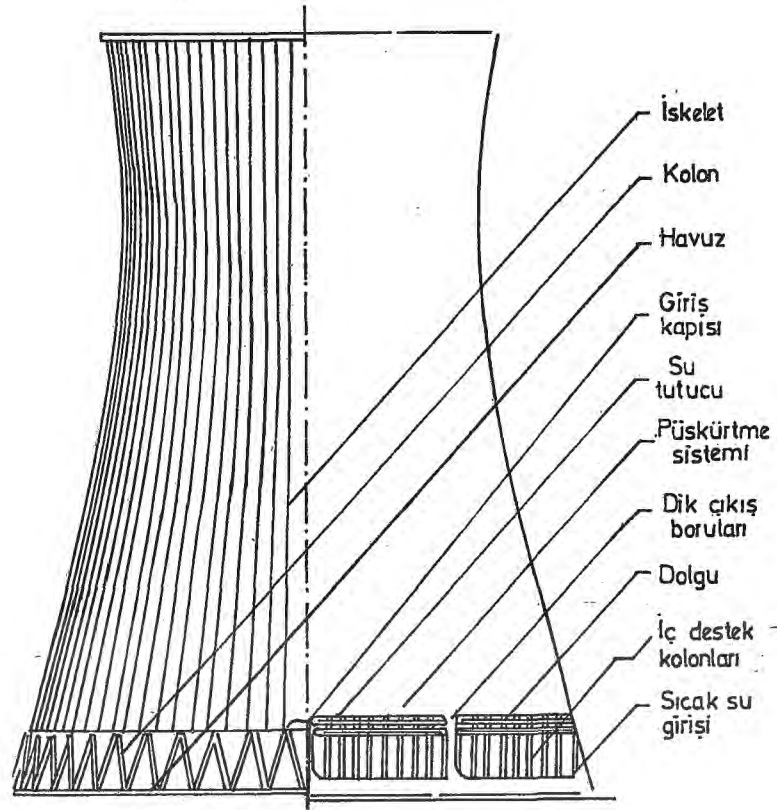
uzun süre birbiri ile temasta olması gerekir. Bunu sağlarken kule boyutlarının küçültülmesi istenirse kule içine düşey yönde çeşitli engeller konur. Bu engeller suyun düşme hızını azaltır ve hava ile suyun uzun süre temasta olmasını sağlar. Böylelikle verim artar ve daha iyi soğutma sağlanır. Bu tür kuleler paket yada dolgu tipi kule olarak adlandırılır. İki tabaka arasında su zerrecikleri ancak yaklaşık 1 m civarında bir düşme olanağı bulurlar. Şekil 2. 2 deki gibi ters akımlı bir kulede havanın aşağıdan yukarıya doğru hareketinde suyun düşüş hızını azaltır. Hava yükselirken sıcaklığı artar ve ısınan havanın yükselmesinde kolaylaşır.



Şekil 2. 2 : Ters Akımlı Soğutma Kulesi Şeması [4]

Şekil 2. 3 deki kuleler, ortam sıcaklığının $26^{\circ} - 27^{\circ}\text{C}$ civarında olduğu yerlerde ve yıl boyunca sürekli rüzgar akımının olduğu yerlerde kullanılırlar. Bu kulede dış duvar bir hipoid şeklindedir. Betonarme olan duvar en çok 5 - 8 cm kalınlığındadır. 92 m yüksekliğindeki bir kulenin

[4] Genceli, O.F. : İklimlendirme Esasları, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 1984. S.223

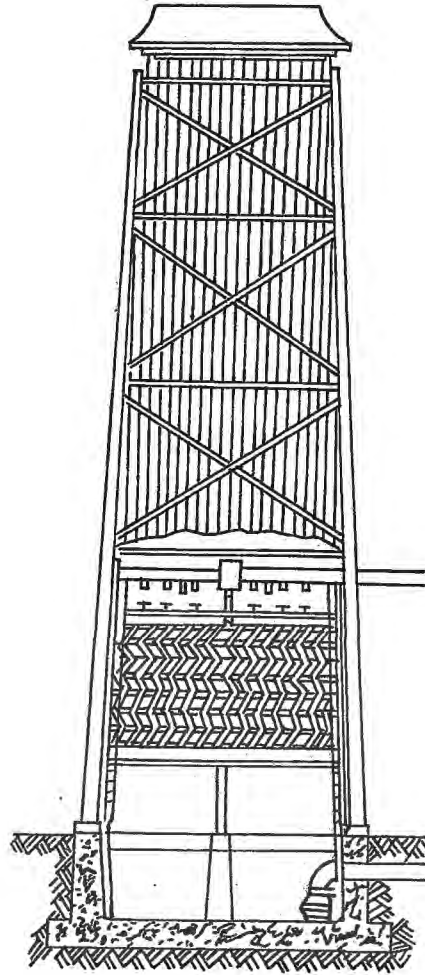


Şekil 2. 3 : Rüzgarlı tip bir soğutma kulesi [5]

kapasitesi $13250 \text{ m}^3/\text{h}$ tir. Dış duvara hipoid şekli verilirken beton içindeki çelik kısım bir ağ şeklindedir. Bu tür kulelerde giriş ve çıkış hava sıcaklıkları arasındaki fark büyüktür. Doğal akımlı kuleler içinde en iyi çekiş gücüne sahiptir. Kule yuvarlak tahta ve payandalara yerleştirilir. Hava bu kısımdan girer ve ısınarak yükselir. Bu nedenle kışın kulenin ısı kapasitesi artar. Bu tür kulelerin işletme maliyetleri oldukça küçüktür.

Şekil 2. 4 de, Wheeler- Blacke yapısı, doğal akımlı çelikten mamül bir kule görülmektedir. Hava akım baca vasıtasıyla yapıldığından, hava kulenin alt kısmında bulunan ağızlardan içeriye girer ve bacadan dışarıya çıkar. Bu takdirde dış hava ne kadar soğuk olursa bacadaki çekme kuvvetimizde o oranda artar. İlk tesis masraflarınının yüksek olmasına karşılık bakım ve işletme masrafları oldukça düşüktür. Ancak Şekil 2. 3 deki

[5] Warner, D.J. :The Construction of Cooling Towers, Pergamon Press, New York, 1968, S.112



Şekil 2. 4 : Wheeler - Blacke Yapısı Doğal Akımlı Soğutma Kulesi [6]

kulelere oranla çekiş gücü düşüktür. Köşelerde girdap akımları oluşabilir.

2.1.2. ZORLANMIŞ AKIMLI SOĞUTMA KULELERİ

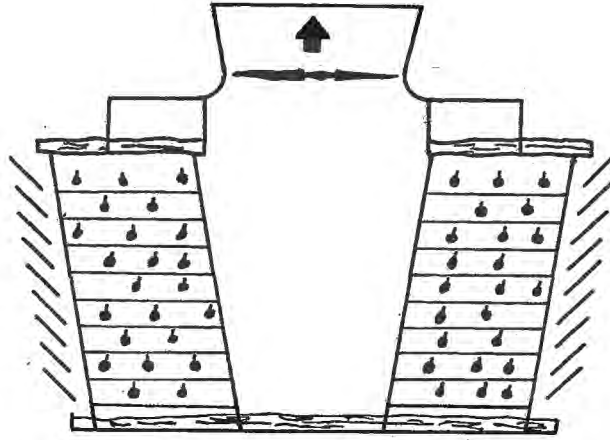
Kuleye vantilatör veya aspiratör eklenerek ısı kapasite arttırılabilir. Burada yapılacak ek masraf yanında, ısı kapasite artarken atılan birim ısı miktarı başına düşen masraflarda artar. Yani yatırım maliyeti yanında işletme maliyetide artar. Ancak doğal akımlı olanlara oranla boyutlar küçülür, kapasite artar. Fan yukarı konursa, ters akımlı kulelerde tabii çekiş söz konusudur. Ancak yukarıdada belirtildiği gibi pratikte paralel akımlı kulelere pek rastlanmaz. Fan altta olursa daha muka-

[6] Stanford, W. - Hill, G.B. : Cooling Towers - Principles and Praticce, Carter Thermal Engg. Hay Mills Birmingham. S.25

vemetli bir yapı elde edilir Fakat bu kez rüzgara karşı duyarlılık artar. Bu nedenle üstte fan yerleştirme tercih edilir. Böylelikle ayrıca kullanılan hava yukarıdan kulenin uzağına gönderilir. Güç sarfiyatını azaltmak için boyutları büyük, hızı düşük fanlar tercih edilir.

Doğal akımlı kulelerde genellikle ters akıma rastlanmasına rağmen, zorlanmış akımlı kulelerde ters, paralel ve çapraz akım olmak üzere her üç tür akımda rastlanır [7].

Şekil 2. 5 de emmeli tip çapraz akımlı bir kule görülmektedir. Konstrüksiyon açısından inşa edilebilen tip olarak adlandırılır ve çift akımlıdır. Yerleştirme açısından sınırlı uygulamalar için tek akımlı kulelerde rastlanır. Bu tür kulelerde kulenin üç tarafıda kapalıdır.



Şekil 2. 5 : Emmeli tip çapraz akımlı soğutma kulesi [8]

Şekil 2. 5 de vantilatör elektrik motoruna bir dişli sistemi ile bağlıdır. Bu dişli sistemi genellikle konik helisel dişli çiftinden oluşur. Vantilatör göbeğinden bir mil ile dişli vasıtasıyla yatay olan elektrik motoru miline bağlıdır.

Havanın kuleye yatay olarak girmesi kule yüksekliğini azaltır. Bu nedenle bu tür konstrüksiyonlar maliyetin az olmasının istendiği çevre yapısı nedeniyle kule yüksekliğinin az olmasının zorunlu olduğu yerlerde kullanılırlar.

[7] Genceli, O.F. : İklimlendirme Esasları, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 1984. S. 221

[8] Stoecker, W.F. : Principles for Air Conditioning Practice, Copyright 1968 by Industrial Press Inc. , New York. S.66

Yüksek kapasitelerde inşa edilebilen tiplerden bir kaç tanesi yan yana getirilebilir. İnşa edilebilen tiplerde en iyi netice en fazla esen rüzgar yönünde, kule boyunun yüksek, buna karşılık eninin dar olması sayesinde sağlanır.

2.1.2. a. DENİZ SUYU KULELERİ

İkmal suyu olarak yeterli miktarda tatlı su bulunmayan yerlerde veya deniz suyunun kullanılıp atma sisteminin uygulanamayacağı kadar denizden uzak veya yüksek olan yerlerde deniz suyu kuleleri kullanmak gerekir.

Ayrıca deniz kıyısı suyunun karakteristiğinin zamanla değişiklik göstermesi, su ile birlikte tesisata devamlı kum girmesini önleyici tedbirlerin masraflı oluşu gibi nedenlerden dolayı deniz suyunun soğutmada kapalı devre olarak kullanılması ancak küçük bir nispetinin denizden sürkülle ettirilmesi, direkt deniz suyu kullanılmasına oranla daha ekonomik olmaktadır.

2.1.2. b. PAKET (DOLGU) TİPİ KULELER

Bu tip kulelerde düşey yönde su akışını yavaşlatıcı çeşitli engeller konur. Kule boyutları küçülür ve yüksek bir kapasite sağlanır. "Alarko" ürünü Aquatower serisi kule tipi 47175 için kule yüksekliği 2,434 m iken su debisi $159 \text{ m}^3/\text{h}$ olabilmektedir. NC8614 te ise kule yüksekliği 3,867 m iken nominal su debisi $340 \text{ m}^3/\text{h}$ olabilmektedir [9].

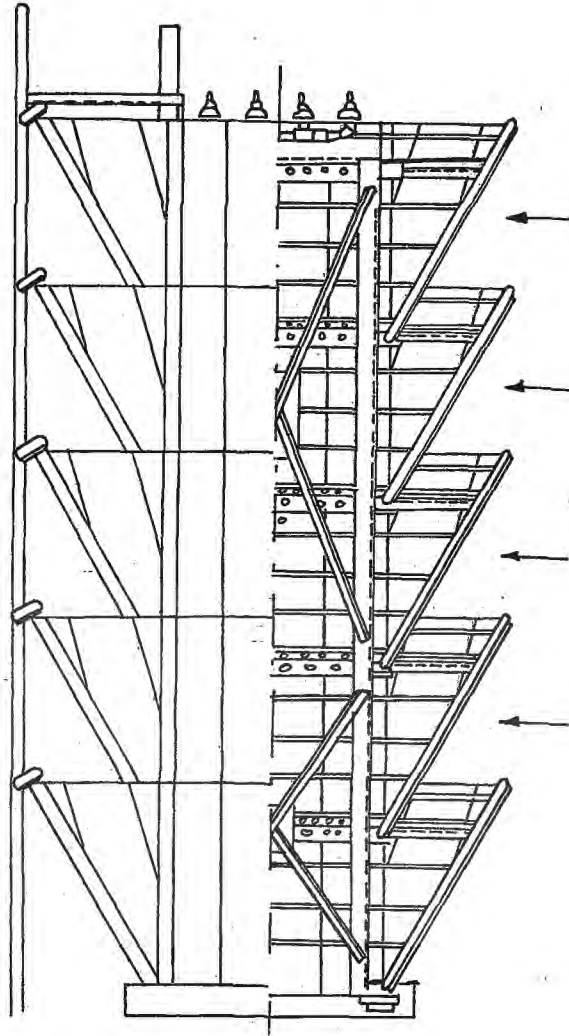
2.1.3. RÜZGARLI SOĞUTMA KULELERİ

Pratikte çok az rastlanır. Rüzgar hızının 10 km/h ten büyük olduğu ve yıl boyunca sürekli rüzgarın olduğu yerlerde ancak sadece rüzgara bağlı kalınabilir. Rüzgar daha çok doğal ve zorlanmış akımlı kulelerde verimi iyileştirici olarak ele alınabilir. Soğutulan suyun sıcaklığının rüzgara bağlı olması soğutma kulesi için kararlılık arzetmez [10].

Şekil 2. 6 da rüzgarla çalışan ahşap tipte bir soğutma kulesi görülmektedir. Bu kulede esas unsur eğimli konmuş yüzeylerdir. Bunlar yardımcıla hem kuleye çarpan hava akımı aşağıya doğru yöneltilmiş, hemde su dam-

[9] Alarko Holding A.Ş. Soğutma Kulesi Kataloğu, Karaköy, İstanbul, S.3

[10] Gurney, J.D. - Cotter, A. : Cooling Towers, Maclaren Press, S.42



Şekil 2. 6 : Rüzgarlı Tip Ahşap Soğutma Kulesi [11]

lacıklarının dışarıya sıçramasını bir miktar önlemiştir. Bu tip kulelerde yatay yöndeki hava akımı yanında, aşağıdan yukarıya doğru hareket eden ikinci bir hava akımı daha ortaya çıkmaktadır. Soğutulacak olan su, Kulenin üst kısmına yerleştirilmiş memeler yardımıyla püskürtülür ve yağmur şeklinde aşağıya dökülür. Bu tip kulelerde iyi bir soğutma temin edebilmek için, muhtelif rüzgarlara açık yerlere konmaları gerekir. En iyi sonuç, en fazla esen rüzgar yönünde, kule boyunun yüksek, buna karşılık eninin dar olması sayesinde sağlanır.

[11] Gurney, J.D. - Cotter, A. : Cooling Towers, MacLaren Press, S.56

2. 2. SOĞUTMA KULELERİNDE VERİMLİLİK

Soğutma kulesi şekillendirilmesi, diğer tip ısı değiştiricilerine göre daha deneysel verilere dayanır. Önceden belli olmayan bir çok faktör nedeniyle mühendisler kendi pratik tecrübe ve araştırmalarına göre hareket ederler. Bu faktörler soğutma kulesinin kurulacağı yörenin belirli zamanlarda atmosferik şartların ne olacağını bilinmemesinden doğar. Rüzgarın değişik anlardaki farklı özellikleri, çevrenin arazi yapısı, çevredeki binalar, soğutma kulesinde istenmeyen hava akımı yaratır. Buda soğutma kulesinin verimliliğini bozar. Arazi yapısı, rüzgar yönü ve atmosferik koşullar değiştiğinde soğutma kulesinin verimide değişir. Bu nedenle belirli bir soğutma kulesinin verimliliği yöreden yöreye değişir. Bu etkilerinde zamanla ne şekilde değişeceği bilinemez. Bu ve diğer bazı nedenlerden dolayı soğutma kulelerinde teoriden çok soğutma kulelerinin seçimi, sınıflandırılması ve kabul deneyleri ile ilgilidir.

2. 3. SOĞUTMA KULELERİNDE SU TÜKETİMİ

Bir soğutma kulesinin su tüketimi yalnızca ısı yüküne bağlı değildir. Aynı zamanda havaya geçen ısı ile suyun buharlaşması için gerekli ısı oranında bağlıdır. Çok iyi boyutlandırılmış bir kulede kaybolan su miktarı %1'i aşmamalıdır

Kaybolan su miktarı : $\dot{m}_{kw} = \dot{m}_a (W_{aB} - W_{aA})$ bağıntısı ile bulunur. [12].

\dot{m}_a : Kg/h Hava debisi

W_{aB} : Kg nem/Kg kuru hava, Havanın çıkıştaki özgül nemi

W_{aA} : Kg nem/Kg kuru hava, Havanın girişteki özgül nemi

Eğer kuleye giren hava doymuş ise sudan çekilen ısının üçte biri havayı ısıtmakta kullanılır. Kalan üçte ikisi ise suyun buharlaşmasına gider. Bu halde su tüketimi ısının tamamının buharlaşmaya gitmesi ile olan su kaybının üçte ikisidir.

[12] Genceli, O.F. : İklimlendirme Esasları, İ.T.Ü. Matbası, İstanbul, 1984, S. 199

Diğer taraftan alışılmamış şartlarda (Küçük yükler, küçük sıcaklık aralıkları, çok kuru hava) suyun buharlaşması havanın kuru termometre sıcaklığını azaltır. Böylece havaya verileden çok ısı çekilir. Suyun buharlaşmasına harcanan ısı, kulunun ısı yükünü aşar.

3. YAPILAN CİHAZIN TANIMI

Ana Gövde, Ana su tankı, Takviye su tankı ve diğer kaplar şeffaf malzemeden, Tesisat boruları galvanizli borudan, Kontrol valfi pres dökünden imal edilmiştir.

ANA GÖVDE : Bu kısımda aşağıdaki elemanlar bulunmaktadır

- a) Hava dağıtım odası
- b) Isıtıcı ana depo
- c) Takviye tankı
- d) Hava sağlayan radyal bir vantilatör
- e) Direkt akuple santrifuj pompa
- f) Hava ön ısıtıcısı
- g) Su toplama tankı
- e) Elektrik kontrol paneli

KULE PAKETLERİ : İki ayrı malzemeden her biri 80 X 130 X 160 mm olan paketler grubunda 8 er paket kullanılmış olup her pakette 10 ar adet 130 X 70 X 3 mm boyutunda Mika ve Ahşap (çam) kullanılmıştır.

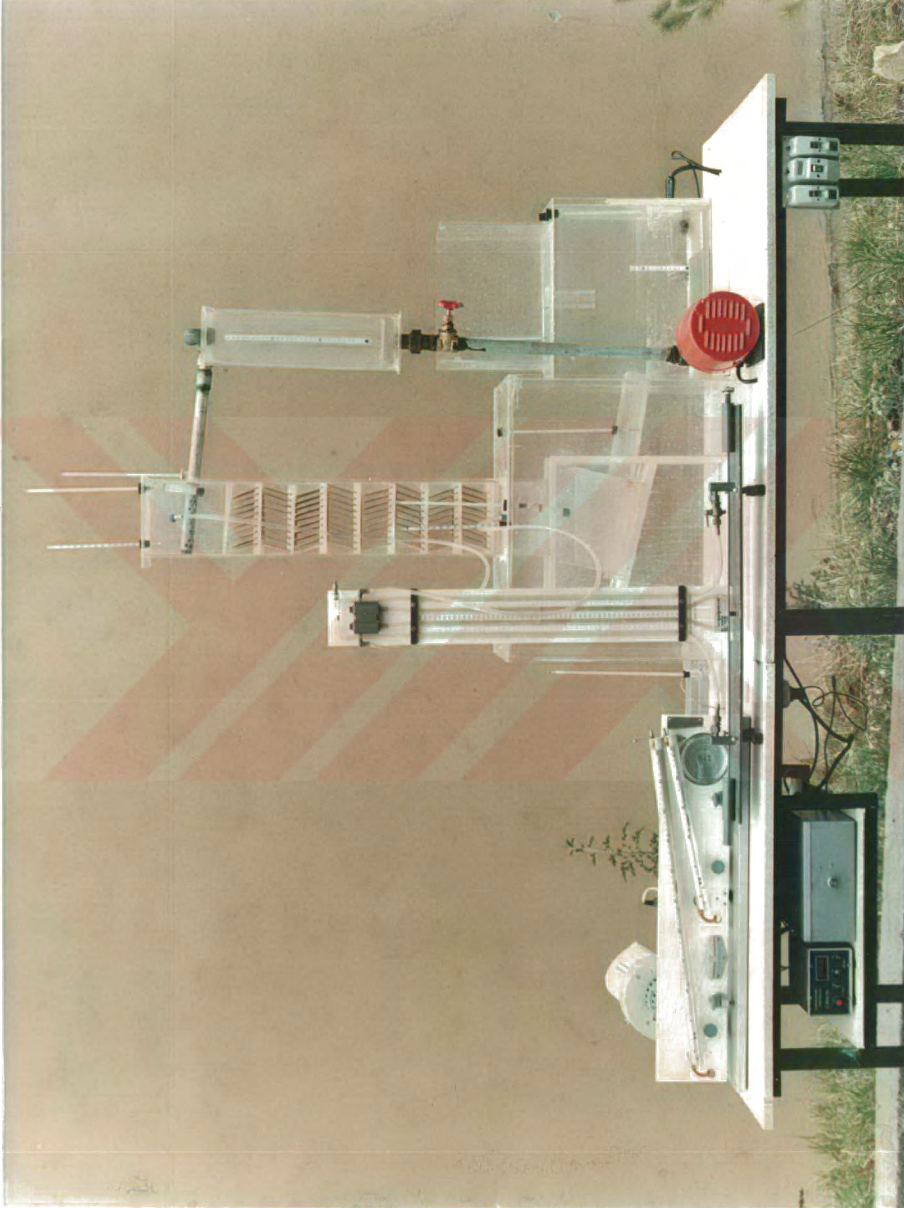
KULLANILAN CİHAZLAR : a) Cam termometreler; 0°-50°C li 4 adet, 0°-110°C li 4 adet, 0°- 300°C li bir adet yağ ve kuru termometreler kullanılmıştır.

b) U - Manometresi; mmSS olarak hava basınç farkını ölçmektedir.

c) Barometre; mbar, cmHg, inçHg olarak atmosfer basıncını ölçmektedir.

d) Debi ölçer; 300X100X105 mm ölçüsünde mikadan yapılmış, 0 - 1 lit/sn kapasitelidir.

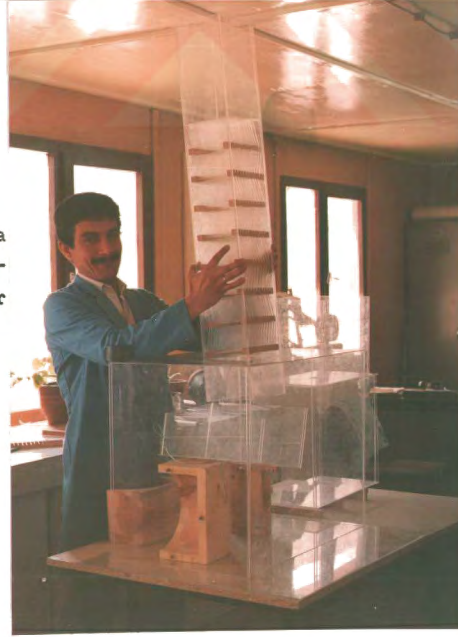
6470



FOTOĢRAF 1 : PROTOTĪP SOĢŪTĪVA KULESĪ



FOTOĞRAF 2 : Prototip Soğutma
Kulesinin imalatından
bir görünüş



FOTOĞRAF 3 : Prototip Soğutma
Kulesinin imala-
tından diğ~~e~~r bir
görünüş

3. 1. SİSTEMİN DEVREYE ALINMASI

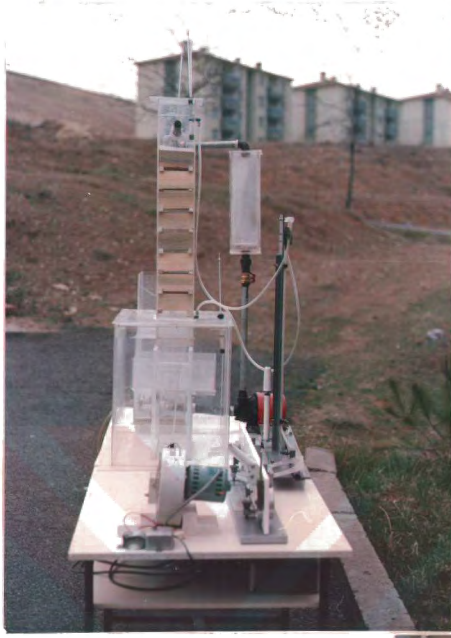
Sistem devreye alınmadan önce aşağıdaki işlemler yapılmalıdır.

1. Deneyde mutlaka saf su kullanılmalıdır.
2. Su ve hava akımının sıcaklığı 50°C yi geçmemelidir.
3. Ana tankdaki su seviyesi düşmeden takviye tankı devreye girmezdir.
4. Tozlu ortamda yaklaşık 20 saatlik çalışmadan sonra suyun değiştirilmesi şarttır.
5. Sistemde su olmadığı sürece pompa devreye sokulmamalıdır.
6. Hava akımı önünde hiçbir engel bulunmamalıdır.
7. Yaştermometre kablari mutlaka saf su ile doldurulmalıdır.

3.1.a. SİSTEMİN ÇALIŞTIRILMASI

Deney tabii tutulacak paketler kule ünitesine yerleştirildikten sonra deneye başlanır. Bunun için ana tankın istenen seviyede saf su ile doldurulması tavsiye edilir. Vantilatöre yol verildikten sonra, hava paketlere girmeye başlar. Bu esnada pompa çalıştırılır, çıkıştaki valfe kumanda edilerek istenen debide su kuleye gönderilir. Paket elemanlarının ıslanmasıyla su seviyesindeki düşme takviye tankıyla giderilmelidir. Deneye başlamadan önce ana tanktaki ısıtıcının çalıştığı mutlaka kontrol edilmelidir. Şartların stabil hale gelmesini beklemeksizin sıcaklık, debi ve basınç ölçümleri yapılmamalıdır. Daha önce bahsedildiği üzere bir miktar suyun buharlaşmasıyla su seviyesindeki azalma on dakikalık aralıklarda ölçülmelidir.

Tecrübeler değişik su ve hava debilerinde, değişik su giriş sıcaklıklarında tekrarlanabilir. Bunların yanı sıra değişik giriş şartları sağlamak üzere vantilatör çıkışındaki ısıtıcıda kullanılabilir. Ölçümleri yapmak için gerekli stabil denge sağlandıktan sonra değerler kaydedilmelidir.



FOTOĞRAF 4 : Prototip Soğutma
Kulesinin sağ yan
görünüŧü



FOTOĞRAF 5 : Prototip Soğutma
Kulesinin sol yan
görünüŧü

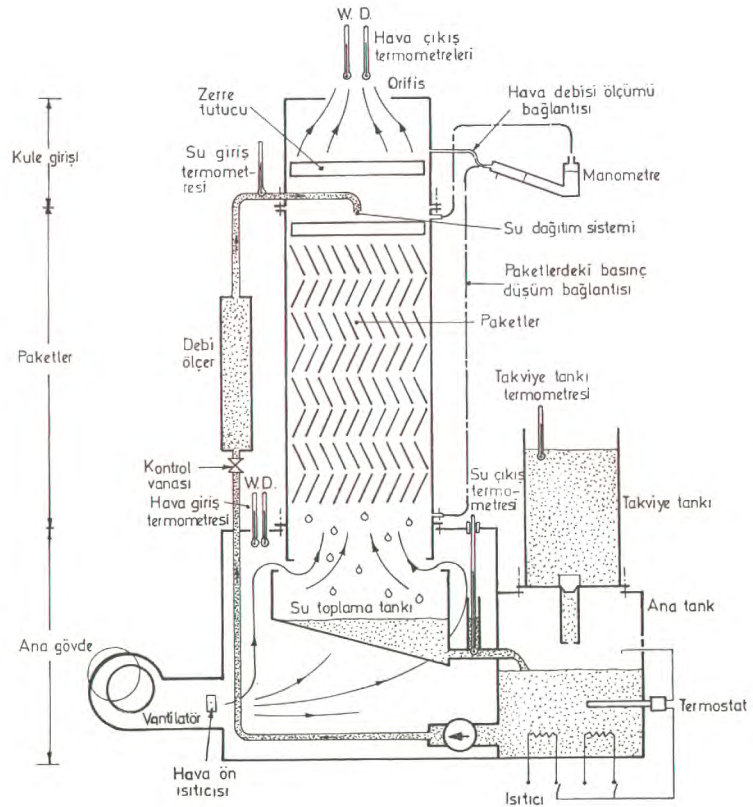
3. 2. SU DEVRİ

Sıcak su ana tankdan, bir kontrol valfinden geçerek debimetre ve oradanda kuleye aktarılır. Sıcaklık ölçümünü takiben su üniform olarak kule paketlerine gönderilir. Geniş ama ince su filmi neticede hava akımına karşı konmuş olur. Aşağı doğru akışı ile suyun bir kısmı buharlaşacaksa, su soğutulur. Soğutulmuş su ana tanka tekrar ısıtılmak üzere dönerken sıcaklığı ölçülür. Buharlaşmadan dolayı, ana tankta su seviyesinde düşme görülebilir. Azalan su miktarını karşılamak üzere ana tank üzerine takviye tankı konulmuştur.

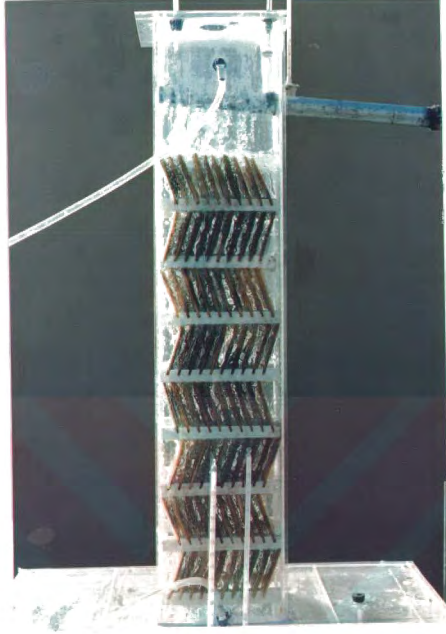
3. 3. HAVA DEVRİ

Isıtılabilen atmosferik basınçtaki hava debisi vantilatöre istendiğinde kontrollu olarak alınabildiği gibi, debi, kullanılan ek bir cihazın vantilatör dönüş sayısını kontrolü ile de sağlanabilir. Vantilatörün basdığı hava önce yağ ve kurutermometreleri ile karşılaşıp sonra kule paketlerine girer. Paketler arasından hava akımı geçerken, havanın nem miktarı artar. Suyun nem miktarını bir nebze aldığı için sonuçta su soğur. Hava sonradan, kulenin çıkışında yağ ve kurutermometreleri geçerek atmosfere atılır.

Su ve hava devresi için anlatılanlar, mikadan yapılan şeffaf su kulesi tesisinde rahatlıkla gözlenebilir.

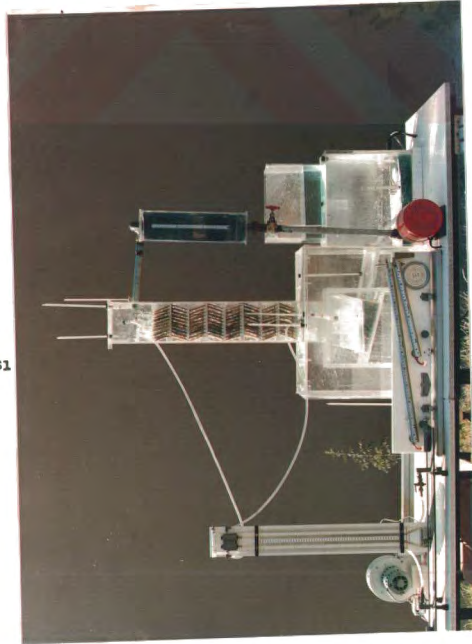


Şekil 3. 1 : İmalatı yapılan soğutma kulesi ve çalışma şeması



FOTOĞRAF 6 : Prototip Soğutma
Kulesinde suyun
akışı

FOTOĞRAF 7 :Prototip Soğutma
Kulesinin çalışması



4. YAPILAN DENEYLER

Soğutma kulesinde, Mika ve Ahşap(çam ağacı) paketler kullanarak iki ayrı grupta deneyler gerçekleştirilmiştir.

1. GRUP DENEYLER: Sabit soğutma yükü, değişik giriş şartları iki ayrı fan devir sayısında (1400 - 2850 dv/dk), suyun kuledeki sıcaklık düşümü(giriş ile çıkış arasındaki sıcaklık farkı Δt) ile kuleye giren su debisi arasında $\Delta t = f(Q)$ eğrisi çizilmiştir. Bunun yanında suyun verdiği ısı ile havanın aldığı ısının, ayrıca takviye tankında azalan su miktarı ile buharlaşan su miktarının birbirine eşit olup olmadığı araştırılmıştır.

2. GRUP DENEYLER: Sabit soğutma yükünde ve değişik giriş şartlarında üç ayrı fan devir sayısında(800- 1400 - 2850 dv/dk), suyun kuleden çıkış sıcaklığı ile kuleye girèn havanın yaşıtermometre sıcaklığı farkının($K = t_D - t_{AW}$) hava hızına göre değişimi incelenerek $K = f(V)$ arasında bir eğri çizilmiştir.

4.1. BİRİNCİ GRUP DENEYLER

4.1.1. MİKA İLE YAPILAN DENEYLER

4.1.1.a. 1400 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO : 1

$$h_A = 48 \text{ Kj/Kg} \quad t_{Ad} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W_{aA} = 0,0105 \text{ Kg/Kg} \quad t_{Aw} = 17 \text{ }^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$h_B = 106 \text{ Kj/Kg} \quad t_{Bd} = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W_{aB} = 0,0285 \text{ Kg/Kg} \quad t_{Bw} = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$v_{aB} = 0,904 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\dot{m}_W = 0,084 \text{ Kg/sn}$$

$$X = 4 \text{ mmSS}$$

$$\dot{m}_E = \frac{\dot{m}_E}{y} = \frac{0,35}{600} = 5,833 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

$$\Delta t = t_C - t_D = 32,2 - 26,8 = 5,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Hava Debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{X}{v_{aB}}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{5}{0,904}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0322 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Suyun verdiği ısı } \dot{Q}_a = \dot{m}_a \cdot c_p \cdot \Delta t.$$

$$\dot{Q}_a = 0,084 \cdot 4,18 \cdot 5,4$$

$$\dot{Q}_a = 1,89 \text{ KW}$$

$$\text{Havanın aldığı ısı } \dot{Q}_a = \dot{m}_a (h_A - h_B)$$

$$\dot{Q}_a = 0,0322 (106 - 48)$$

$$\dot{Q}_a = 1,86 \text{ KW}$$

$$\text{Buharlaşan su miktarı} = \dot{m}_a (W_{aB} - W_{aA}) = 0,0322(0,0285 - 0,0105)$$

$$= 5,799 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

TARİH : 14/ 1/ 1986

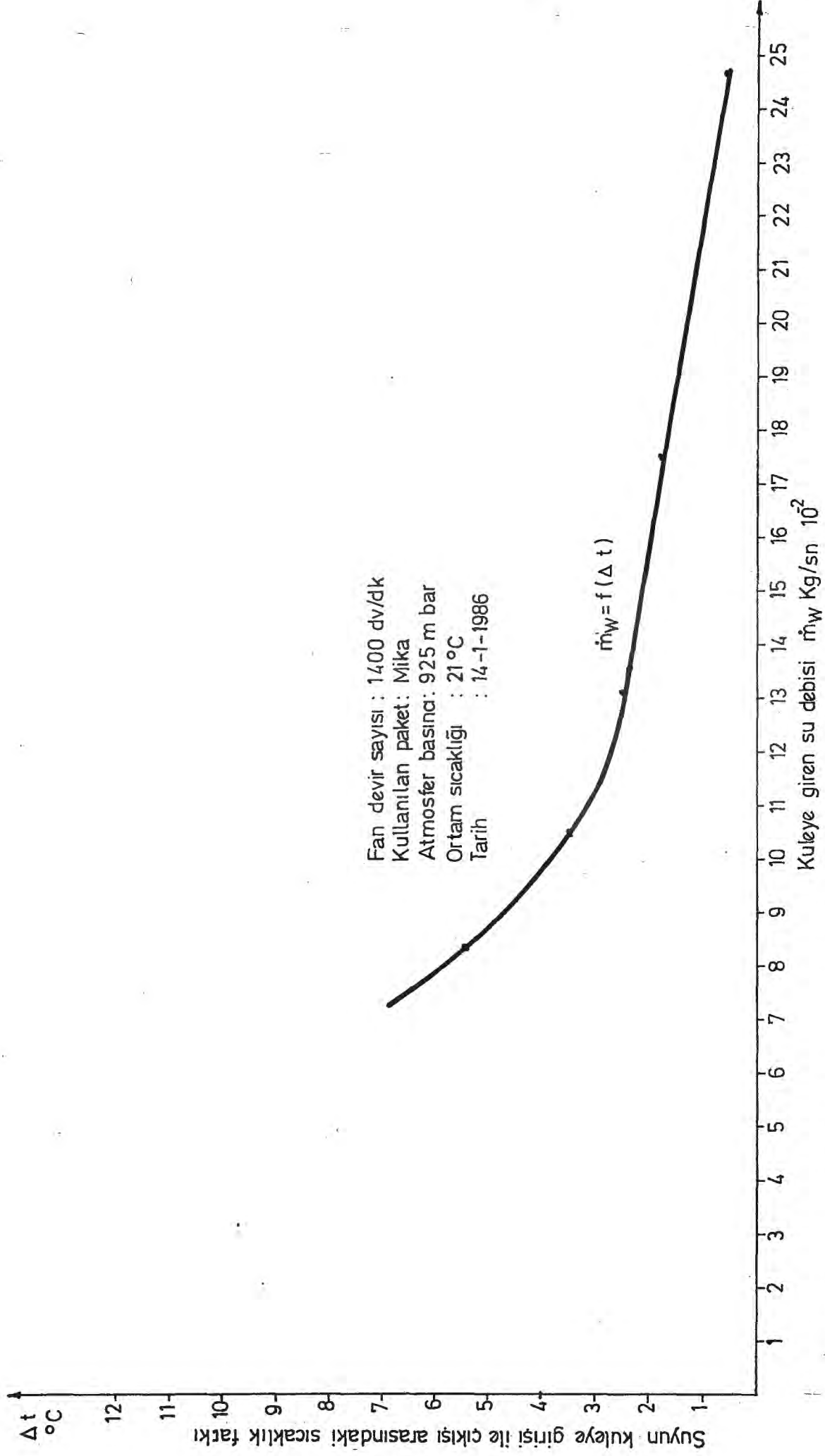
ATMOSFER BASINCI :925 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 1400 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI :21 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| KULLANILAN PAKET | Mika | Mika | Mika | Mika | Mika |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 21 | 21,5 | 21 | 21,5 | 25 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 17 | 17,5 | 20 | 18 | 24,5 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 32 | 30 | 32 | 31 | 29 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 31 | 30 | 31 | 30 | 29 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 32,2 | 31 | 32 | 31 | 32 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 26,8 | 27,5 | 29,5 | 29,2 | 31,4 |
| Sıcaklık farkı °C Δt | 5,4 | 3,5 | 2,5 | 1,8 | 0,6 |
| Orifis basıncı mmSS X | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,084 | 0,105 | 0,131 | 0,175 | 0,247 |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg m_E | 0,35 | 0,3 | 0,25 | 0,22 | 0,12 |
| Zaman aralığı sn y | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Hava debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0322 | 0,0288 | 0,0288 | 0,0250 | 0,0290 |
| Suyun verdiği ısı KW \dot{Q}_w | 1,89 | 1,54 | 1,37 | 1,31 | 0,62 |
| Havanın aldığı ısı KW \dot{Q}_a | 1,87 | 1,49 | 1,35 | 1,25 | 0,59 |
| Buharlaşan su miktarı Kg/sn | $5,79 \cdot 10^{-4}$ | $4,72 \cdot 10^{-4}$ | $4,06 \cdot 10^{-4}$ | $3,62 \cdot 10^{-4}$ | $1,91 \cdot 10^{-4}$ |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg/sn \dot{m}_E | $5,83 \cdot 10^{-4}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,16 \cdot 10^{-4}$ | $3,66 \cdot 10^{-4}$ | $2,0 \cdot 10^{-4}$ |

Tablo 4. 1 :Birinci grup deney için 1400 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler.



Grafik 4.1 Su debisi ile suyun kuledeki sıcaklık düşümü arasındaki münasebet

4.1.1.b. 2850 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO : 1

$$h_A = 48 \text{ Kj/Kg}$$

$$t_{Ad} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W_{aA} = 0,0109 \text{ Kg/Kg}$$

$$t_{Aw} = 17 \text{ }^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$h_B = 112 \text{ Kj/Kg}$$

$$t_{Bd} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W_{aB} = 0,030 \text{ Kg/Kg}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$v_{aB} = 0,915 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$t_{Bw} = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_W = 0,07 \text{ Kg/sn}$$

$$X = 7 \text{ mmSS}$$

$$\dot{m}_E = \frac{mE}{y} = \frac{0,47}{600} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

$$\Delta t = (t_C - t_D) = (35,5 - 26,5) = 9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Havanın debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{7}{0,915}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0379 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Suyun verdiği ısı } \dot{Q}_W = 0,07 \cdot 4,18 \cdot 9$$

$$\dot{Q}_W = 2,63 \text{ KW}$$

$$\text{Havanın aldığı ısı } \dot{Q}_a = 0,0379 \cdot (112 - 48)$$

$$\dot{Q}_a = 2,42 \text{ KW}$$

$$\text{Buharlaşan su miktarı} = 0,0379 (0,030 - 0,0109)$$

$$= 7,24 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

TARİH : 13/ 1/ 1986

ATMOSFER BASINCI : 918 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 2850 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 19 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| KULLANILAN PAKET | Mika | Mika | Mika | Mika | Mika |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 17 | 18 | 17,5 | 17 | 16 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 35 | 33,5 | 31 | 29 | 30 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 32,5 | 31,8 | 30,5 | 29 | 28 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 35,5 | 33,3 | 31 | 29 | 32,8 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 26,5 | 25,5 | 25 | 24,3 | 29 |
| Sıcaklık farkı °C Δt | 9 | 7,8 | 6 | 4,7 | 3,8 |
| Orifis basıncı mmSS X | 7 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,07 | 0,075 | 0,084 | 0,095 | 0,11 |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg m_E | 0,47 | 0,44 | 0,41 | 0,35 | 0,32 |
| Zaman aralığı sn y | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Hava debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0379 | 0,0406 | 0,0382 | 0,0384 | 0,0384 |
| Suyun verdiği ısı KW \dot{Q}_w | 2,63 | 2,44 | 2,10 | 1,86 | 1,74 |
| Havanın aldığı ısı KW \dot{Q}_a | 2,43 | 2,41 | 2,05 | 1,80 | 1,72 |
| Buharlaşan su miktarı Kg/sn | $7,24 \cdot 10^{-4}$ | $7,26 \cdot 10^{-4}$ | $6,23 \cdot 10^{-4}$ | $5,68 \cdot 10^{-4}$ | $4,99 \cdot 10^{-4}$ |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg/sn \dot{m}_E | $7,83 \cdot 10^{-4}$ | $7,33 \cdot 10^{-4}$ | $6,83 \cdot 10^{-4}$ | $5,83 \cdot 10^{-4}$ | $5,33 \cdot 10^{-4}$ |

TARİH : 13/ 1/ 1986

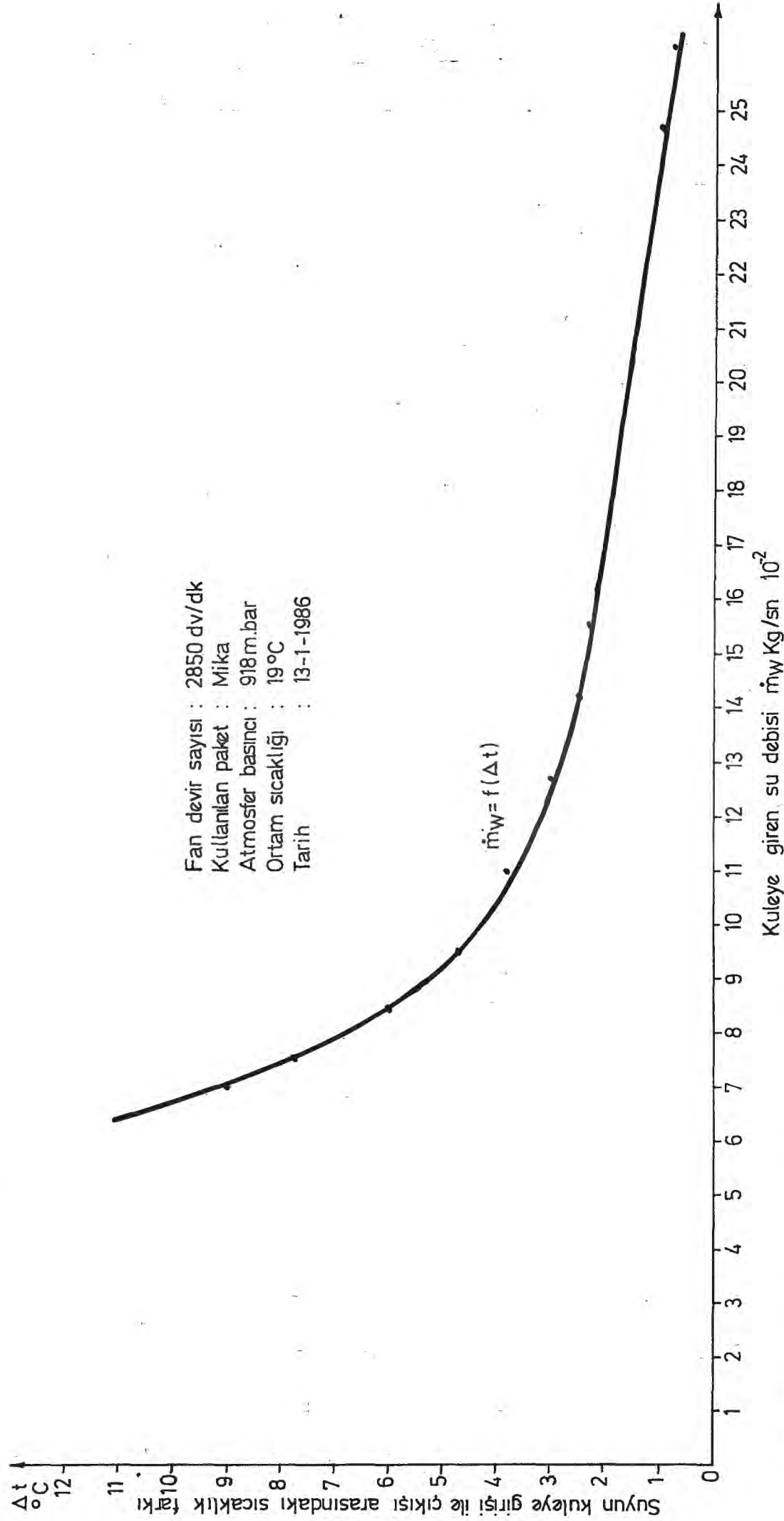
ATMOSFER BASINCI : 918 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 2850 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 19 °C

| DENEY NO | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| KULLANILAN PAKET | Mika | Mika | Mika | Mika | Mika |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 19 | 19 | 23 | 23 | 20 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 16 | 16 | 22 | 22,3 | 18 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 30 | 28 | 31 | 29 | 25 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 27 | 26 | 30,5 | 29 | 23,5 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 35,5 | 29,5 | 35 | 32 | 28,8 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 32,5 | 27 | 32,7 | 31 | 28 |
| Sıcaklık farkı °C Δt | 3 | 2,5 | 2,3 | 1 | 0,8 |
| Orifis basıncı mmSS X | 6 | 7,5 | 6 | 6 | 7,5 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,127 | 0,142 | 0,155 | 0,247 | 0,262 |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg m_E | 0,28 | 0,28 | 0,27 | 0,20 | 0,14 |
| Zaman aralığı sn y | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Hava debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0358 | 0,0393 | 0,0353 | 0,0352 | 0,0403 |
| Suyun verdiği ısı KW \dot{Q}_w | 1,59 | 1,48 | 1,49 | 1,03 | 0,876 |
| Havanın aldığı ısı KW \dot{Q}_a | 1,46 | 1,43 | 1,34 | 1,03 | 0,765 |
| Buharlaşan su miktarı Kg/sn | 4,04 10 ⁻⁴ | 4,30 10 ⁻⁴ | 4,06 10 ⁻⁴ | 3,23 10 ⁻⁴ | 2,21 10 ⁻⁴ |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg/sn \dot{m}_E | 4,66 10 ⁻⁴ | 4,66 10 ⁻⁴ | 4,5 10 ⁻⁴ | 3,33 10 ⁻⁴ | 2,33 10 ⁻⁴ |

Tablo 4. 2 : Birinci grup deney için 2850 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler.



Fan devir sayısı : 2850 dv/dk
 Kullanılan paket : Mika
 Atmosfer basıncı : 918 m.bar
 Ortam sıcaklığı : 19 $^{\circ}\text{C}$
 Tarih : 13-1-1986

Kuleye giren su debisi \dot{m}_w Kg/sn 10^{-2}

Grafik 4.2 Su debisi ile suyun kuledeki sıcaklık düşümü arasındaki münasebet

4.1.2. ANŞAP(ÇAM) İLE YAPILAN DENEYLER

4.1.2.a. 1400 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO : 1

$$h_A = 53 \text{ Kj/Kg}$$

$$t_{Ad} = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W_{aA} = 0,0124 \text{ Kg/KG}$$

$$t_{Aw} = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$h_B = 96 \text{ Kj/Kg}$$

$$t_{Bd} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W_{aB} = 0,253 \text{ Kg/Kg}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$v_{aB} = 0,894 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$t_{Bw} = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_w = 0,084 \text{ Kg/sn}$$

$$X = 4,5 \text{ mmSS}$$

$$\dot{m}_g = \frac{mE}{y} = \frac{0,24}{600} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

$$\Delta t = (t_D - t_C) = (31 - 27) = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Hava Debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{4,5}{0,894}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0307 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Suyun verdiği ısı } \dot{Q}_w = 0,084 \cdot 4,18 \cdot 4$$

$$\dot{Q}_w = 1,40 \text{ KW}$$

$$\text{Havanın aldığı ısı } \dot{Q}_a = 0,0307(96 - 53)$$

$$\dot{Q}_a = 1,32 \text{ KW}$$

$$\text{Buharlaşan su miktarı} = 0,0307(0,0253 - 0,0124)$$

$$= 3,96 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

TARİH : 17/ 1/ 1986

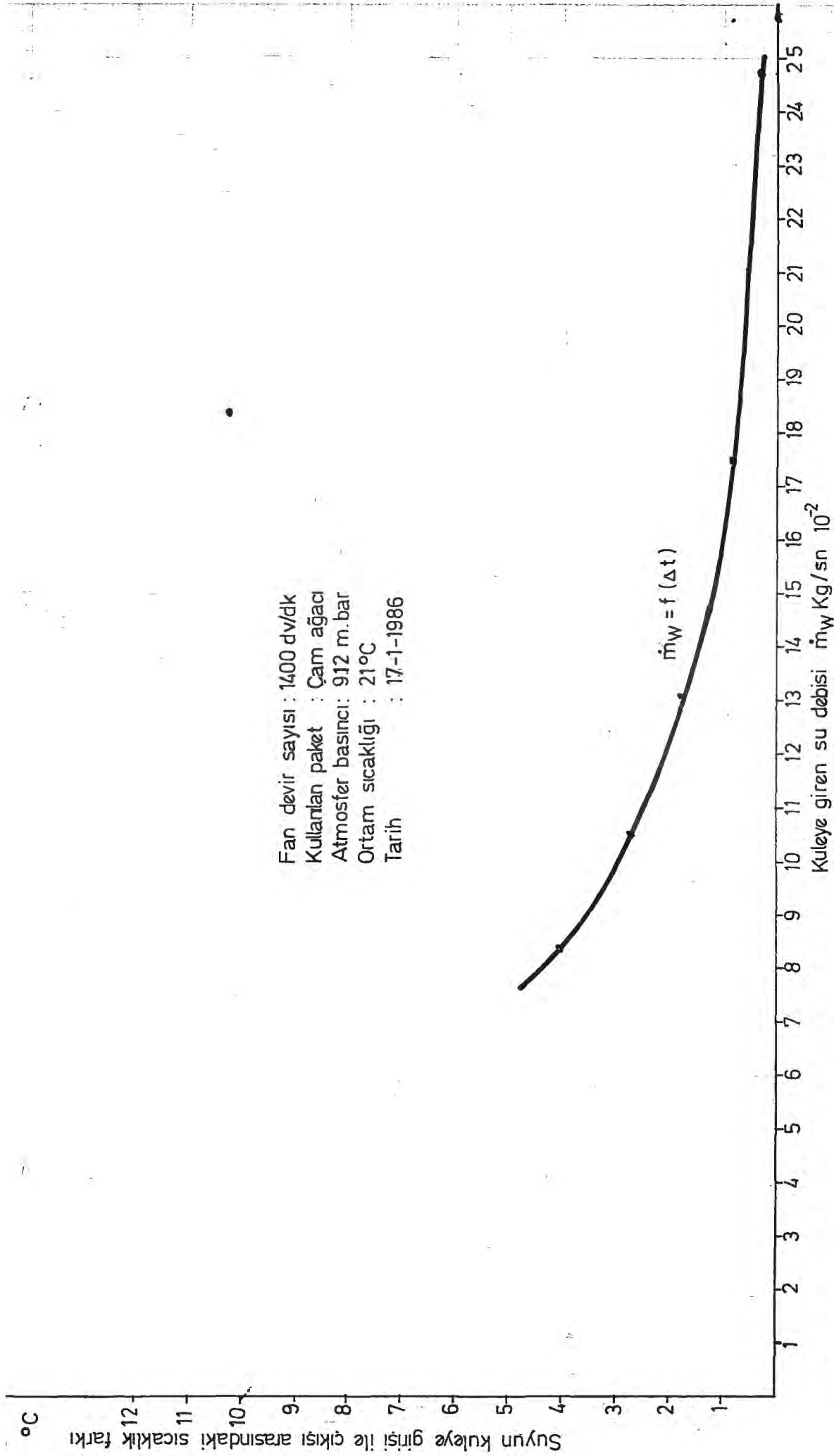
ATMOSFER BASINCI : 912 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 1400 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 21 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| KULLANILAN PAKET | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 21,5 | 23 | 21 | 21 | 22 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 18,5 | 21 | 20,8 | 20,5 | 22 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 30 | 33,5 | 28 | 27 | 25 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 29 | 32,5 | 28 | 25,2 | 24,5 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 31 | 34,2 | 28,3 | 28 | 30 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 27 | 31,5 | 26,5 | 27,2 | 29,7 |
| Sıcaklık farkı °C Δt | 4 | 2,7 | 1,8 | 0,8 | 0,3 |
| Orifis basıncı mmSS X | 4,5 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,084 | 0,105 | 0,131 | 0,175 | 0,247 |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg m_E | 0,24 | 0,28 | 0,18 | 0,10 | 0,05 |
| Zaman aralığı sn y | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Hava debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0307 | 0,0287 | 0,0325 | 0,0327 | 0,0293 |
| Suyun verdiği ısı KW \dot{Q}_w | 1,40 | 1,18 | 0,98 | 0,58 | 0,31 |
| Havanın aldığı ısı KW \dot{Q}_a | 1,32 | 1,12 | 0,97 | 0,57 | 0,29 |
| Buharlaşan su miktarı Kg/sn | $3,96 \cdot 10^{-4}$ | $4,36 \cdot 10^{-4}$ | $2,86 \cdot 10^{-4}$ | $1,57 \cdot 10^{-4}$ | $7,0 \cdot 10^{-5}$ |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg/sn \dot{m}_E | $4,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,66 \cdot 10^{-4}$ | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,66 \cdot 10^{-4}$ | $8,33 \cdot 10^{-5}$ |

Tablo 4. 3 : Birinci grup deney için 1400 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler.



Fan devir sayısı : 1400 dv/dk
 Kullanılan paket : Çam ağacı
 Atmosfer basıncı: 912 m.bar
 Ortam sıcaklığı : 21 $^{\circ}\text{C}$
 Tarih : 17-1-1986

Grafik 4.3 Su debisi ile suyun kuledaki sıcaklık düşümü arasındaki münasebet

4.1.2.b. 2850 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO :1

$$h_A = 60 \text{ Kj/Kg}$$

$$t_{Ad} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$W_{aA} = 0,0145 \text{ Kg/Kg}$$

$$t_{Aw} = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_B = 100,5 \text{ Kj/Kg}$$

$$t_{Bd} = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$W_{aB} = 0,0269 \text{ Kg/Kg}$$

$$v_{aB} = 0,899 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$t_{Bw} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_w = 0,07 \text{ Kg/sn}$$

$$X = 6,5 \text{ mmSS}$$

$$\dot{m}_E = \frac{\dot{m}_E}{y} = \frac{0,28}{600} = 4,6666 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

$$\Delta t = (32 - 26,8) = 5,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Havanın Debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{6,5}{0,899}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0368 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Suyun verdiği ısı } \dot{Q}_w = 0,07 \cdot 4,18 \cdot 5,2$$

$$\dot{Q}_w = 1,52 \text{ KW}$$

$$\text{Havanın aldığı ısı } \dot{Q}_a = 0,0368 (100,5 - 60)$$

$$\dot{Q}_a = 1,49 \text{ KW}$$

$$\text{Buharlaşan su miktarı} = 0,0368 (0,0269 - 0,0145)$$

$$= 4,56 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/sn}$$

TARİH : 16/ 1/ 1986

ATMOSFER BASINCI : 920 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 2850 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 21 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| KULLANILAN PAKET | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 22 | 22 | 23 | 23 | 22 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 20,5 | 19,5 | 22 | 22,5 | 21,5 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 31 | 33 | 31,5 | 31 | 30 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 30 | 30,6 | 30 | 29 | 28,5 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 32 | 34 | 33 | 32 | 30 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 26,8 | 30,1 | 30 | 29,2 | 28,2 |
| Sıcaklık farkı °C Δt | 5,2 | 3,9 | 3 | 2,8 | 1,8 |
| Orifis basıncı mmSS X | 6,5 | 5 | 5 | 6 | 5,5 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_W | 0,07 | 0,084 | 0,095 | 0,103 | 0,131 |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg m_E | 0,28 | 0,24 | 0,24 | 0,20 | 0,18 |
| Zaman aralığı sn Y | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Hava debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0368 | 0,0322 | 0,0323 | 0,0354 | 0,0340 |
| Suyun verdiği ısı KW \dot{Q}_W | 1,52 | 1,37 | 1,19 | 1,20 | 0,98 |
| Havanın aldığı ısı KW \dot{Q}_a | 1,49 | 1,35 | 1,13 | 1,18 | 0,97 |
| Buharlaşan su miktarı Kg/sn \dot{m}_E | 4,56 10^{-4} | 3,99 10^{-4} | 3,65 10^{-4} | 3,08 10^{-4} | 3,78 10^{-4} |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg/sn \dot{m}_E | 4,66 10^{-4} | 4,0 10^{-4} | 4,0 10^{-4} | 3,33 10^{-4} | 3,0 10^{-4} |

TARİH :16/ 1/ 1986

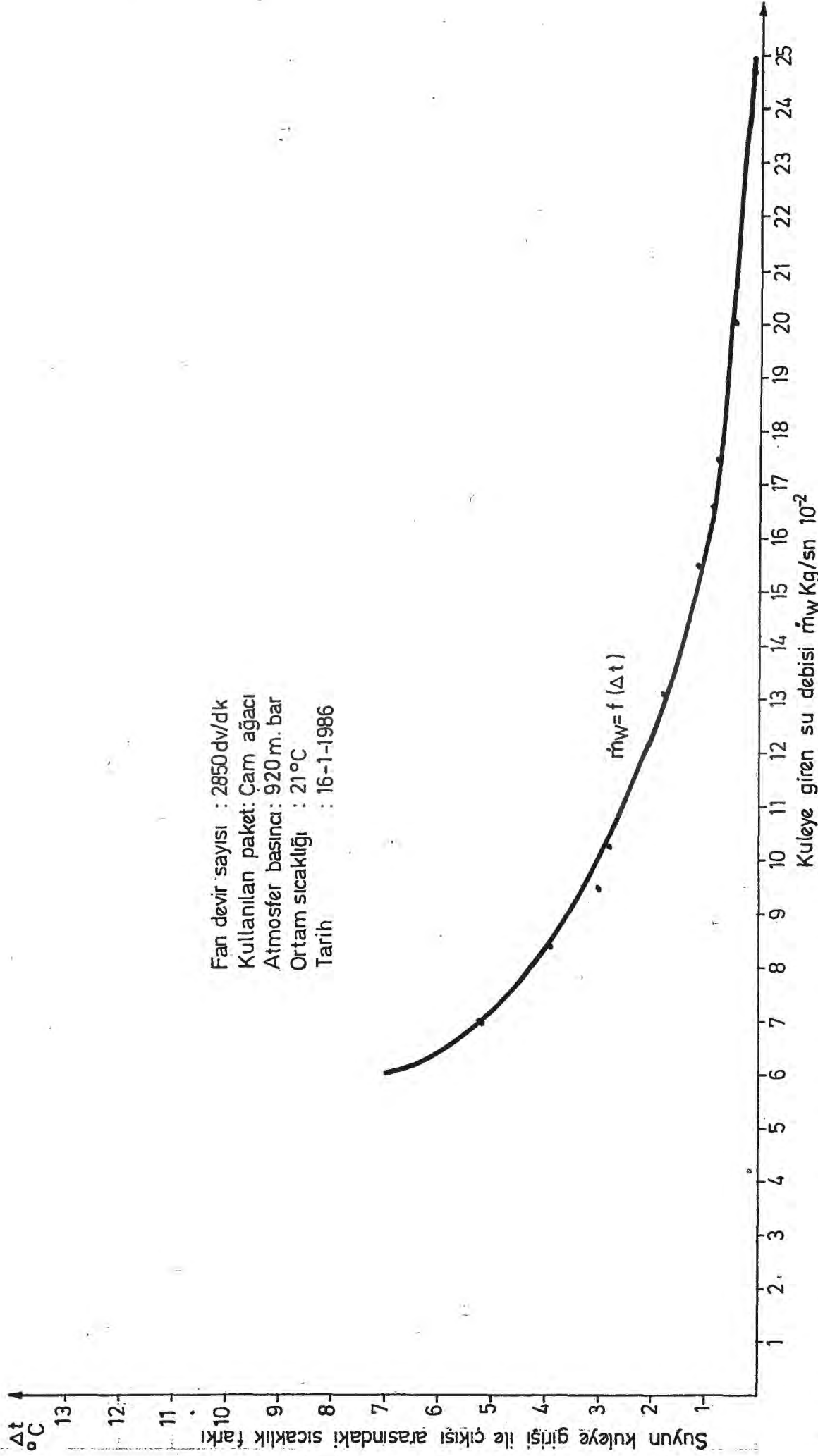
ATMOSFER BASINCI :920 mbar

FAN DEVİR SAYISI :2850 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI :21 °C

| DENEY NO | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| KULLANILAN PAKET | Ç.Ağacı | Ç.Ağacı | Ç.Ağacı | Ç.Ağacı | Ç.Ağacı |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 22 | 24 | 22 | 22,5 | 24 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 21,5 | 22,1 | 21,5 | 20,5 | 23,5 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 27 | 27 | 27 | 26 | 26 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 26,8 | 26,8 | 26 | 26 | 26 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 30 | 32 | 30 | 36 | 30 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 28,2 | 31,1 | 29,2 | 35,5 | 29,7 |
| Sıcaklık farkı °C Δt | 1,2 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 0,1 |
| Orifis basıncı mmSS X | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,155 | 0,166 | 0,175 | 0,210 | 0,247 |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg m_E | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,08 |
| Zaman aralığı sn Y | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Hava debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0326 | 0,0326 | 0,0327 | 0,0293 | 0,0327 |
| Suyun verdiği ısı KW \dot{Q}_w | 0,77 | 0,63 | 0,58 | 0,44 | 0,31 |
| Havanın aldığı ısı KW \dot{Q}_a | 0,75 | 0,62 | 0,57 | 0,42 | 0,29 |
| Buharlaşan su miktarı Kg/sn | $2,12 \cdot 10^{-4}$ | $1,95 \cdot 10^{-4}$ | $1,63 \cdot 10^{-4}$ | $1,35 \cdot 10^{-4}$ | $1,11 \cdot 10^{-4}$ |
| Takviye tankından azalan su miktarı Kg/sn m_E | $2,33 \cdot 10^{-4}$ | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,66 \cdot 10^{-4}$ | $1,66 \cdot 10^{-4}$ | $1,33 \cdot 10^{-4}$ |

Tablo 4. 4 :Birinci grup deney için 2850 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler



Grafik 4.4 Su debisi ile suyun kuledeki sıcaklık düşümü arasındaki münasebet

4.2. İKİNCİ GRUP DENEYLER

4.2.1. MİKA İLE YAPILAN DENEYLER

4.2.1.a. 800 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO :1

$$t_{Aw} = 19,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_D = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kule kesiti } A = 0,13 \times 0,16 = 0,0208 \text{ m}^2$$

$$K = (t_D - t_{Aw}) = (31 - 19,2) = 11,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_{aB} = 0,894 \text{ m}^3/\text{Kg} \quad t_{Bd} = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$t_{Bw} = 27,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Hava debisi } \dot{m}_a &= 0,0137 \sqrt{\frac{X}{v_{aB}}} \\ \dot{m}_a &= 0,0137 \sqrt{\frac{0,0324}{0,894}} \\ \dot{m}_a &= 0,0324 \text{ Kg/sn} \end{aligned}$$

$$\text{Havanın hacimsel debisi } \dot{V}_a = \dot{m}_a \cdot v_{aB}$$

$$\dot{V}_a = 0,0324 \cdot 0,894$$

$$\dot{V}_a = 0,0289 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{Hava hızı } V = \frac{\dot{V}_a}{A} = \frac{0,0289}{0,0208}$$

$$V = 1,39 \text{ m/sn}$$

TARİH : 15/ 1/ 1986

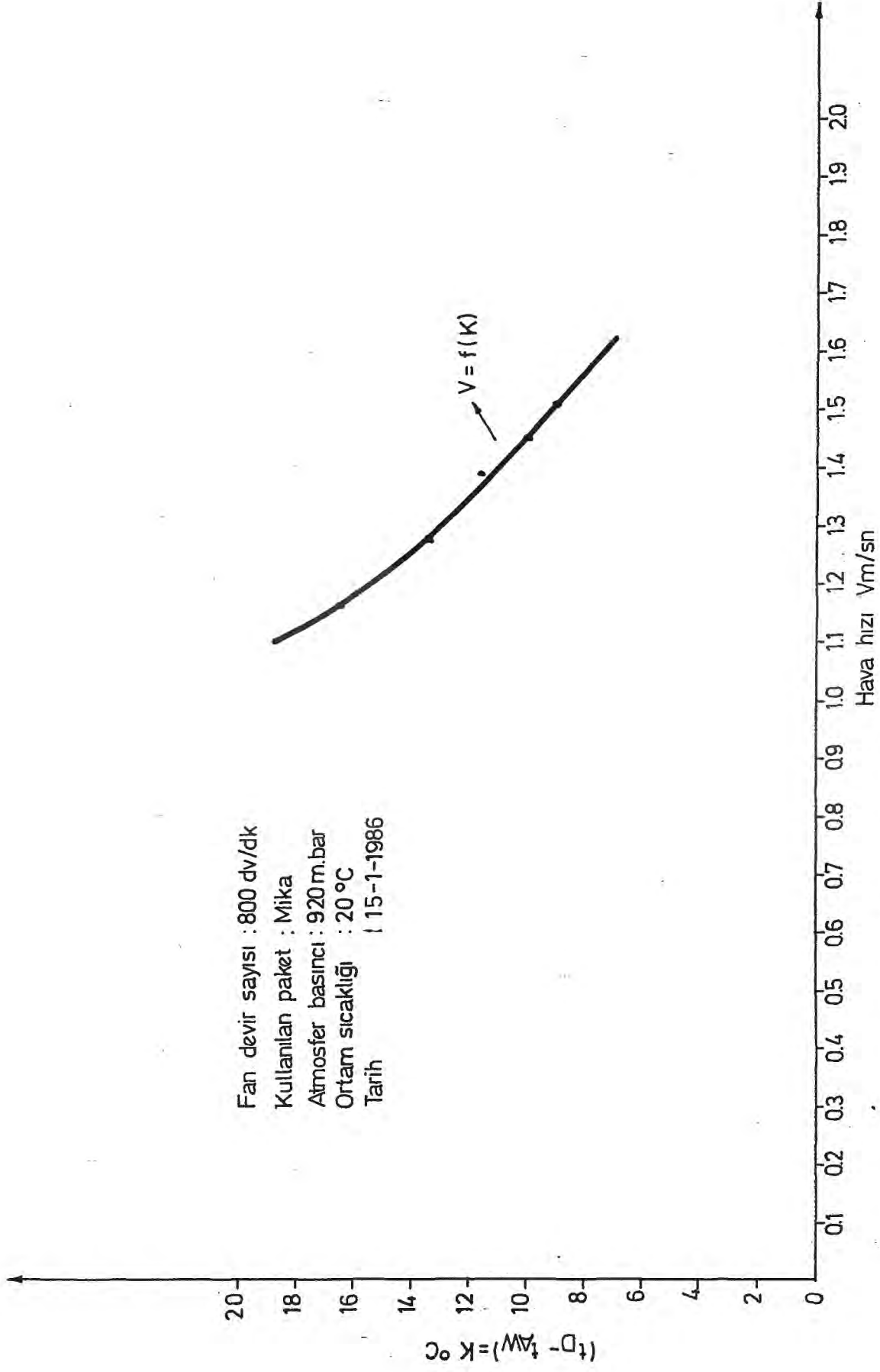
ATMOSFER BASINCI : 920 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 800 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 20 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| KULLANILAN PAKET | Mika | Mika | Mika | Mika | Mika |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 19,2 | 18,9 | 17,5 | 16,5 | 17 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 32 | 34,5 | 29 | 27 | 31 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 27,5 | 30 | 29 | 27 | 29 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 33 | 35 | 29 | 27 | 36 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 31 | 32,5 | 27,5 | 25,4 | 33,5 |
| Orifis basıncı mmSS X | 5 | 4 | 5,5 | 6 | 3,5 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,164 |
| $(t_D - t_{Aw})$ °C K | 11,8 | 13,6 | 10 | 8,9 | 16,5 |
| Havanın özgül hacmi m^3/Kg v_{aB} | 0,894 | 0,905 | 0,892 | 0,882 | 0,895 |
| Havanın kütleli debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0324 | 0,0288 | 0,0340 | 0,0357 | 0,0270 |
| Havanın hacimsel debisi m^3/sn \dot{V}_a | 0,0289 | 0,0260 | 0,0303 | 0,0315 | 0,0242 |
| Kule kesiti m^2 A | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 |
| Hava hızı m/sn V | 1,39 | 1,25 | 1,45 | 1,51 | 1,16 |

Tablo 4. 5 : İkinci grup deney için 800 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler



Grafik 4.5 Hava hızı ile $(t_D - t_{AW}) = K$ arasındaki münasebet

4.2.1.b. 1400 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO :1

$$t_{Aw} = 17,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_D = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kule kesiti } A = 0,13 \times 0,16 = 0,0208 \text{ m}^2$$

$$K = (t_D - t_{Aw}) = (33 - 17,6) = 15,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_{aB} = 0,965 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$t_{Bd} = 34,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$t_{Bw} = 28,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Havanın kütleli debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{5}{0,905}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0322 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Havanın hacimsel debisi } \dot{V}_a = 0,0322 \cdot 0,905$$

$$\dot{V}_a = 0,0291 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{Hava hızı } V = \frac{\dot{V}_a}{A} = \frac{0,0291}{0,0208}$$

$$V = 1,40 \text{ m/sn}$$

TARİH : 15/ 1/ 1986

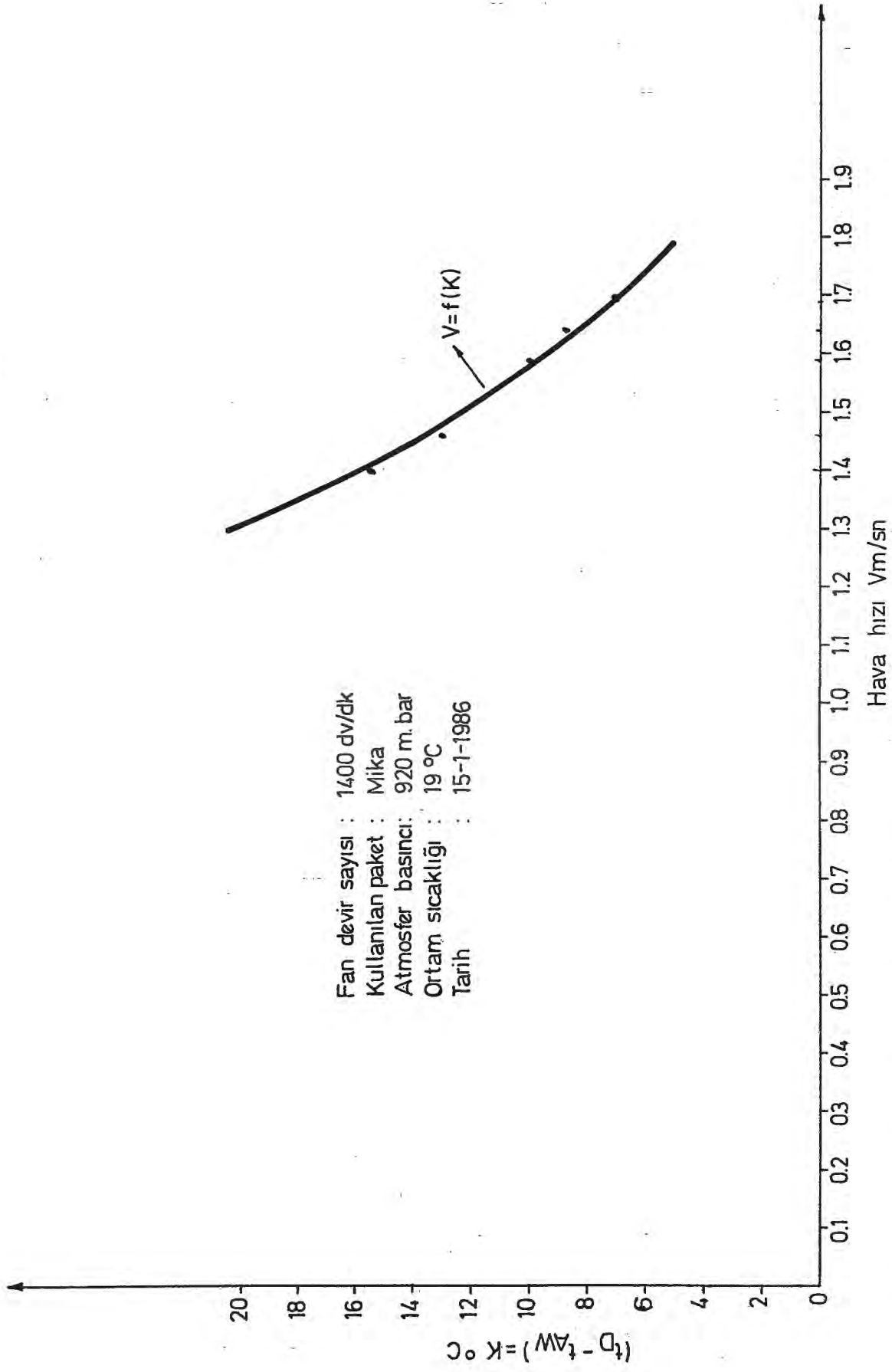
ATMOSFER BASINCI : 920 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 1400 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 19 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| KULLANILAN PAKET | Mika | Mika | Mika | Mika | Mika |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 22 | 22 | 22 | 21,5 | 21,5 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 17,6 | 19 | 18,7 | 17,6 | 18 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 34,5 | 33,5 | 32 | 28,5 | 27 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 28,5 | 32 | 31,6 | 28 | 27 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 36 | 34,5 | 32 | 29,5 | 27 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 33 | 32 | 28,7 | 26,4 | 25 |
| Orifis basıncı mmSS X | 5 | 5,5 | 6,5 | 7 | 7,5 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,164 |
| $(t_D - t_{Aw})$ °C K | 15,4 | 13 | 10 | 8,8 | 7 |
| Havanın özgül hacmi m^3/Kg v_{aB} | 0,905 | 0,90 | 0,907 | 0,888 | 0,882 |
| Havanın kütleli debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0322 | 0,0338 | 0,0366 | 0,0384 | 0,0399 |
| Havanın hacimsel debisi m^3/sn \dot{V}_a | 0,0291 | 0,0304 | 0,0332 | 0,0341 | 0,0352 |
| Kule kesiti m^2 A | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 |
| Hava hızı m/sn V | 1,40 | 1,46 | 1,59 | 1,64 | 1,69 |

Tablo 4. 6 :İkinci grup deney için 1400 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler.



Fan devir sayısı : 1400 dv/dk
 Kullanılan paket : Mika
 Atmosfer basıncı : 920 m. bar
 Ortam sıcaklığı : 19 °C
 Tarih : 15-1-1986

Grafik 4.6 Hava hızı ile $(t_D - t_{AW}) = K$ arasındaki münasebet

4.2.1.c. 2850 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AIT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO :1

$$t_{Aw} = 16,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_D = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kule kesiti } A = 0,13 \times 0,16 = 0,0208 \text{ m}^2$$

$$K = (t_D - t_{Aw}) = (26 - 16,5) = 9,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_{aB} = 0,887 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$t_{Bd} = 28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$t_{Bw} = 28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Havanın kütleli debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{7,5}{0,887}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0398 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Havanın hacimsel debisi } \dot{V}_a = 0,0398 \cdot 0,887$$

$$\dot{V}_a = 0,0353 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{Hava hızı } V = \frac{0,0353}{0,0208}$$

$$V = 1,69 \text{ m/sn}$$

TARİH : 15/ 1/ 1986

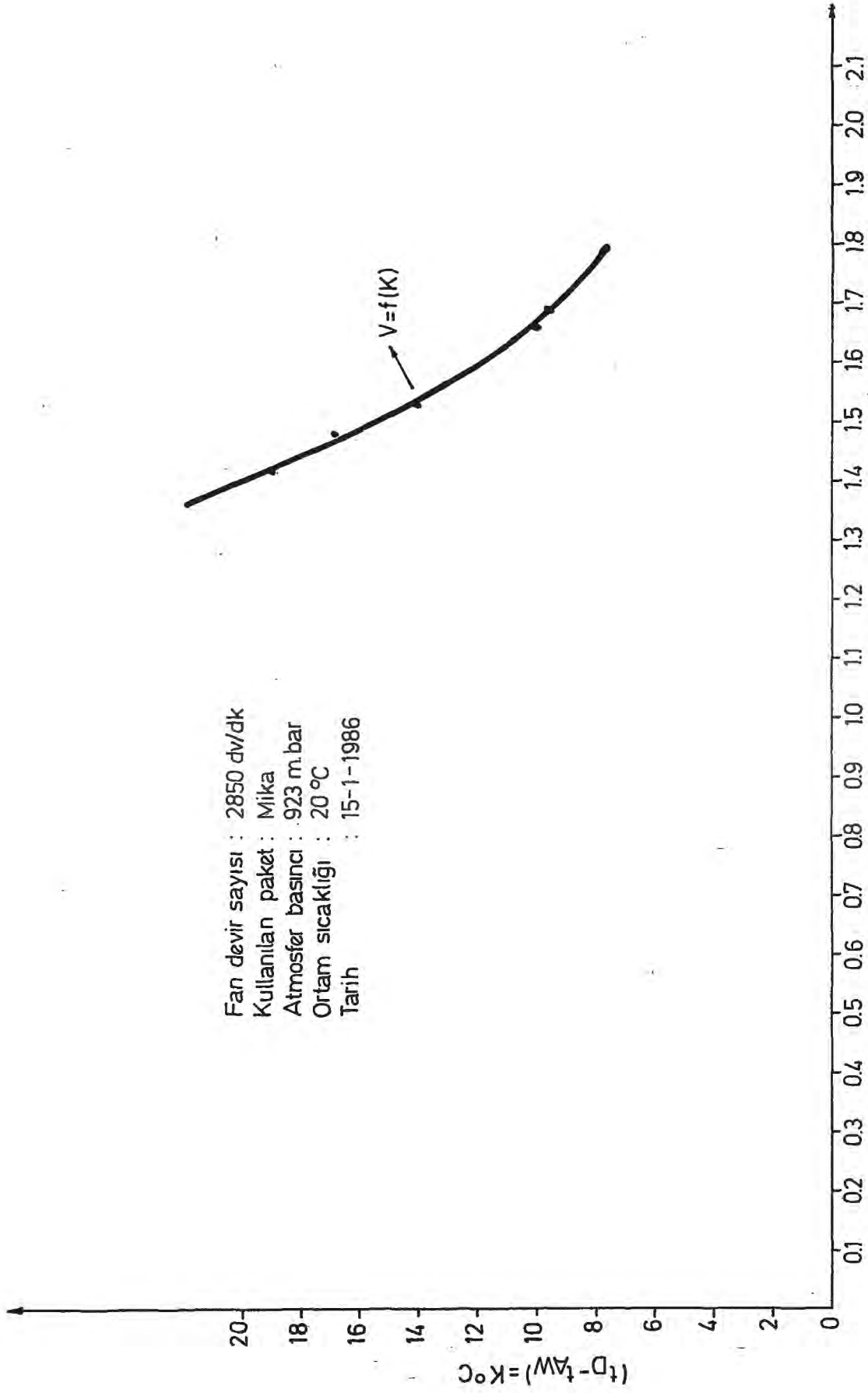
ATMOSFER BASINCI : 923 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 2850 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 20 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| KULLANILAN PAKET | Mika | Mika | Mika | Mika | Mika |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 20 | 20,5 | 20,6 | 21,5 | 22 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 16,5 | 16,5 | 17 | 18,2 | 20 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 28 | 28 | 31,5 | 37,5 | 39 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 28 | 27,5 | 29 | 33 | 33 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 28 | 28,5 | 34 | 37,5 | 39 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 26 | 26 | 31 | 35 | 35,8 |
| Orifis basıncı mmSS X | 7,5 | 7,2 | 6 | 5,5 | 5 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,164 |
| $(t_D - t_{Aw})$ °C K | 9,5 | 10 | 14 | 16,8 | 19 |
| Havanın özgül hacmi m^3/Kg v_{aB} | 0,887 | 0,885 | 0,897 | 0,922 | 0,926 |
| Havanın kütleli debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0398 | 0,0390 | 0,0354 | 0,0334 | 0,0318 |
| Havanın hacimsel debisi m^3/sn \dot{V}_a | 0,0353 | 0,0345 | 0,0317 | 0,0308 | 0,0294 |
| Kule kesiti m^2 A | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 |
| Hava hızı m/sn v | 1,69 | 1,66 | 1,53 | 1,48 | 1,42 |

Tablo 4. 7 :İkinci grup deney için 2850 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler



Fan devir sayısı : 2850 dv/dk
 Kullanılan paket : Mika
 Atmosfer basıncı : 923 m.bar
 Ortam sıcaklığı : 20 °C
 Tarih : 15-1-1986

Hava hızı Vm/sn

Grafik 4.7 Hava hızı ile $(t_D - t_{AW}) = K$ arasındaki münasebet

4.2.2. AHŞAP(ÇAM) İLE YAPILAN DENEYLER

4.2.2.a. 800 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO : 1

$$t_{Aw} = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_D = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kule kesiti } A = 0,13 \times 0,16 = 0,0208 \text{ m}^2$$

$$K = (t_D - t_{Aw}) = (31 - 20) = 11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_{aB} = 0,90 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$t_{Bd} = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$t_{Bw} = 29,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Havanın kütleli debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{2}{0,90}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0204 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Havanın hacimsel debisi } \dot{V}_a = 0,0204 \cdot 0,90$$

$$\dot{V}_a = 0,0183 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{Hava hızı } V = \frac{0,0183}{0,0208}$$

$$V = 0,882 \text{ m/sn}$$

TARİH : 20/ 1/1986

ATMOSFER BASINCI : 930 mbar

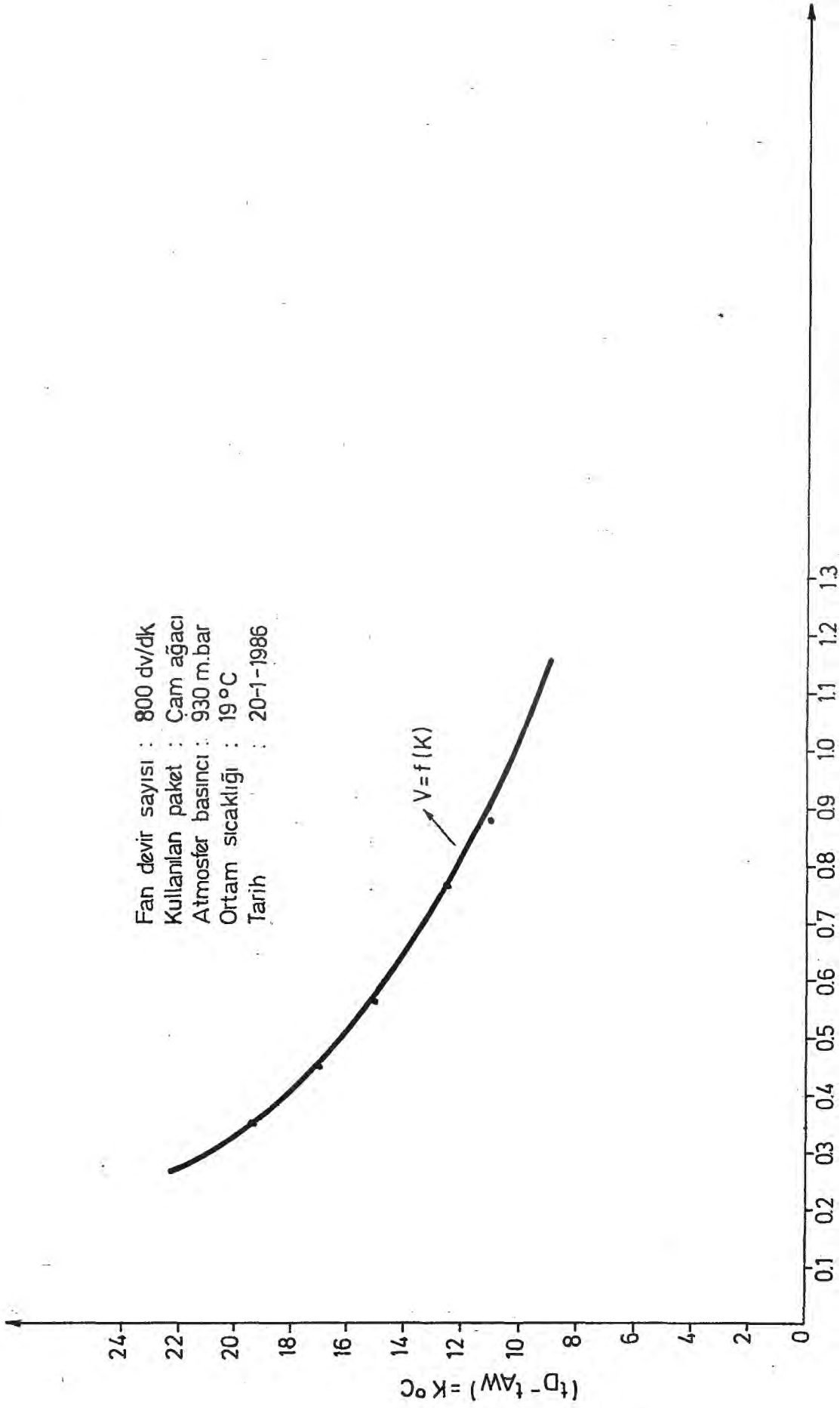
FAN DEVİR SAYISI : 800 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 19 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| KULLANILAN PAKET | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 20 | 21 | 21 | 21 | 19 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 20 | 19,5 | 18 | 18,5 | 20,5 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 32 | 32 | 36 | 38 | 35 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 29,5 | 30,5 | 33,5 | 35,5 | 34 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 32,5 | 34 | 36 | 40 | 35 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 31 | 32 | 35 | 38 | 34 |
| Orifis basıncı mmSS X | 2 | 1,5 | 0,5 | 0,3 | 0,8 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_W | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 |
| $(t_D - t_{Aw})$ °C K | 11 | 12,5 | 17 | 19,5 | 15 |
| Havanın özgül hacmi m^3/Kg v_{aB} | 0,90 | 0,902 | 0,917 | 0,923 | 0,913 |
| Havanın kütleli debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0204 | 0,0176 | 0,101 | 0,0078 | 0,0128 |
| Havanın hacimsel debisi m^3/sn \dot{V}_a | 0,0183 | 0,0159 | 0,0093 | 0,0072 | 0,0117 |
| Kule kesiti m^2 A | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 |
| Hava hızı m/sn V | 0,88 | 0,766 | 0,44 | 0,346 | 0,563 |

Tablo 4. B :İkinci grup deney için 800 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler.

Fan dvir sayısı : 800 dv/dk
Kullanılan paket : am ağacı
Atmosfer basıncı : 930 m.bar
Ortam sıcaklığı : 19°C
Tarih : 20-1-1986



Grafik 4.8 Hava hızı ile ($t_D - t_{AW}$) = K arasındaki münasebet

4.2.2.b. 1400 dv/dk DA YAPILAN DENEYE ÖRNEK HESAPLAMA

DENEYNO : 1

$$t_{Aw} = 19,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_D = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kule kesiti } A = 0,13 \times 0,16 = 0,0208 \text{ m}^2$$

$$K = (32 - 19,6) = 12,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{Bd} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_{aB} = 0,888 \text{ m}^3/\text{sn}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$t_{Bw} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Havanın kütleli debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{3}{0,888}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0252 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Havanın hacimsel debisi } \dot{V}_a = 0,0252 \cdot 0,888$$

$$\dot{V}_a = 0,0224 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{Hava hızı } V = \frac{0,0224}{0,0208}$$

$$V = 1,08 \text{ m/sn}$$

TARİH : 18/ 1/ 1986

ATMOSFER BASINCI :925 mbar

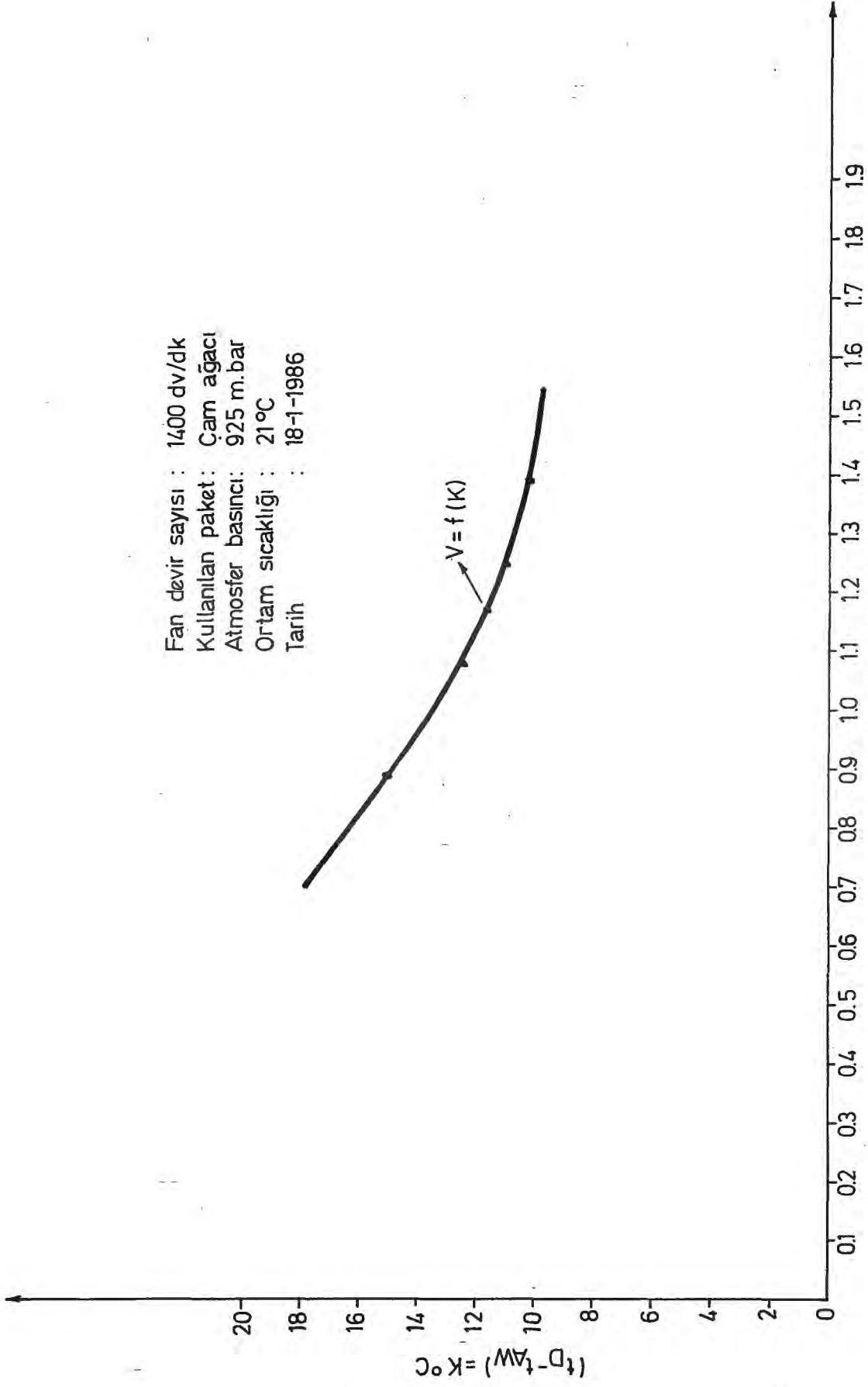
FAN DEVİR SAYISI : 1400 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI :21 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| KULLANILAN PAKET | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 21 | 21,5 | 21 | 21 | 21,5 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 19,6 | 17,5 | 17 | 18,9 | 17,5 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 30 | 31 | 34 | 31 | 29,5 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 27 | 28,5 | 34 | 31 | 29,5 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 34,5 | 29,5 | 34 | 32 | 29 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 32 | 28,5 | 32 | 30,5 | 27,8 |
| Orifis basıncı mmSS X | 3 | 4 | 2 | 3,5 | 5 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_W | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 |
| $(t_D - t_{Aw})$ °C K | 12,4 | 11 | 15 | 11,6 | 10,3 |
| Havanın özgül hacmi m^3/Kg v_{aB} | 0,888 | 0,897 | 0,912 | 0,903 | 0,895 |
| Havanın kütleli debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0252 | 0,0288 | 0,0202 | 0,0269 | 0,0323 |
| Havanın hacimsel debisi m^3/sn \dot{V}_a | 0,0224 | 0,0260 | 0,0185 | 0,0243 | 0,0289 |
| Kule kesiti m^2 A | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 |
| Hava hızı m/sn V | 1,08 | 1,251 | 0,889 | 1,171 | 1,393 |

Tablo 4. 9 :İkinci grup deney için 1400 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler.

Fan devir sayısı : 1400 dv/dk
Kullanılan paket : Cam ağacı
Atmosfer basıncı : 925 m.bar
Ortam sıcaklığı : 21°C
Tarih : 18-1-1986



Grafik 4.9 Hava hızı ile $(t_D - t_{AW}) = K$ arasındaki münasebet

4.2.2.c. 2850 dv/dk DA YAPILAN DENEYE AİT ÖRNEK HESAPLAMA

DENEY NO : 1

$$t_{Aw} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_D = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kule kesiti } A = 0,13 \times 0,16 = 0,0208 \text{ m}^2$$

$$K = (t_D - t_{Aw}) = (32 - 18) = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{Bd} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

İçin Psikometrik diyagramdan

$$v_{aB} = 0,913 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$t_{Bw} = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Havanın kütleli debisi } \dot{m}_a = 0,0137 \sqrt{\frac{3}{0,913}}$$

$$\dot{m}_a = 0,0248 \text{ Kg/sn}$$

$$\text{Havanın hacimsel debisi } \dot{V}_a = 0,0248 \cdot 0,913$$

$$\dot{V}_a = 0,0226 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{Hva hızı } V = \frac{0,0226}{0,0208}$$

$$V = 1,09 \text{ m/sn}$$

TARİH : 18/ 1/ 1986

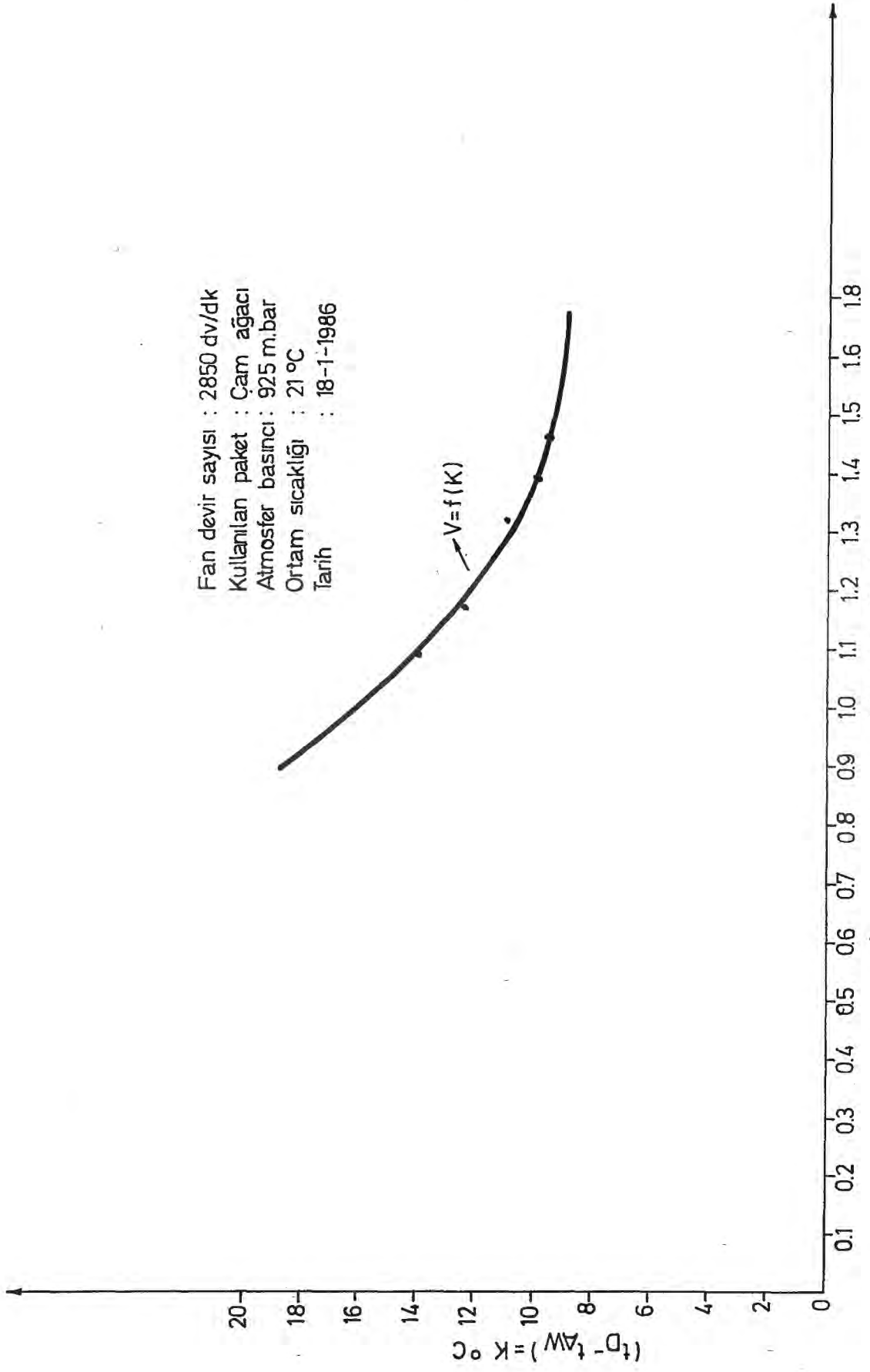
ATMOSFER BASINCI : 925 mbar

FAN DEVİR SAYISI : 2850 dv/dk

ORTAM SICAKLIĞI : 21 °C

| DENEY NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| KULLANILAN PAKET | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı | Ç. Ağacı |
| Hava giriş sıcaklığı kuru termometre °C t_{Ad} | 21 | 22 | 22 | 21,5 | 21,5 |
| Hava giriş sıcaklığı yaş termometre °C t_{Aw} | 18 | 17,6 | 18,5 | 18 | 18,5 |
| Hava çıkış sıcaklığı kuru termometre °C t_{Bd} | 35 | 32 | 31 | 30 | 30 |
| Hava çıkış sıcaklığı yaş termometre °C t_{Bw} | 32 | 32 | 30,5 | 30 | 28,5 |
| Su giriş sıcaklığı °C t_C | 35 | 32 | 31,5 | 30 | 30 |
| Su çıkış sıcaklığı °C t_D | 28 | 30 | 29,5 | 28 | 28 |
| Orifis basıncı mmSS X | 3 | 3,5 | 4,5 | 5 | 6 |
| Su debisi Kg/sn \dot{m}_w | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 |
| $(t_D - t_{Aw})$ °C K | 14 | 12,4 | 11 | 10 | 9,5 |
| Havanın özgül hacmi m^3/Kg v_{aB} | 0,913 | 0,905 | 0,90 | 0,896 | 0,892 |
| Havanın kütleli debisi Kg/sn \dot{m}_a | 0,0248 | 0,0269 | 0,0306 | 0,0323 | 0,0355 |
| Havanın hacimsel debisi m^3/sn \dot{V}_a | 0,0226 | 0,0244 | 0,0275 | 0,0289 | 0,0317 |
| Kule kesiti m^2 A | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 | 0,0208 |
| Hava hızı m/sn v | 1,09 | 1,172 | 1,325 | 1,394 | 1,52 |

Tablo 4. 10 : İkinci grup deney için 2850 dv/dk da elde edilen değerler ve neticeler.



Grafik 4.10 Hava hızı ile $(t_D - t_{AW}) = K$ Karasındaki münasebet

5. SONUÇLAR

Bilindiği gibi Soğutma Kulelerinin Endüstrideki önemi büyüktür. Özellikle enerji üreten santrallarda ve petro kimya tesislerinde kullanılması, bunların maliyeti ve verimliliği kullanıldığı endüstri dallarının maliyetini ve işletme masraflarını artırdığından bu yöndeki çalışmaları dahada hızlandırmıştır.

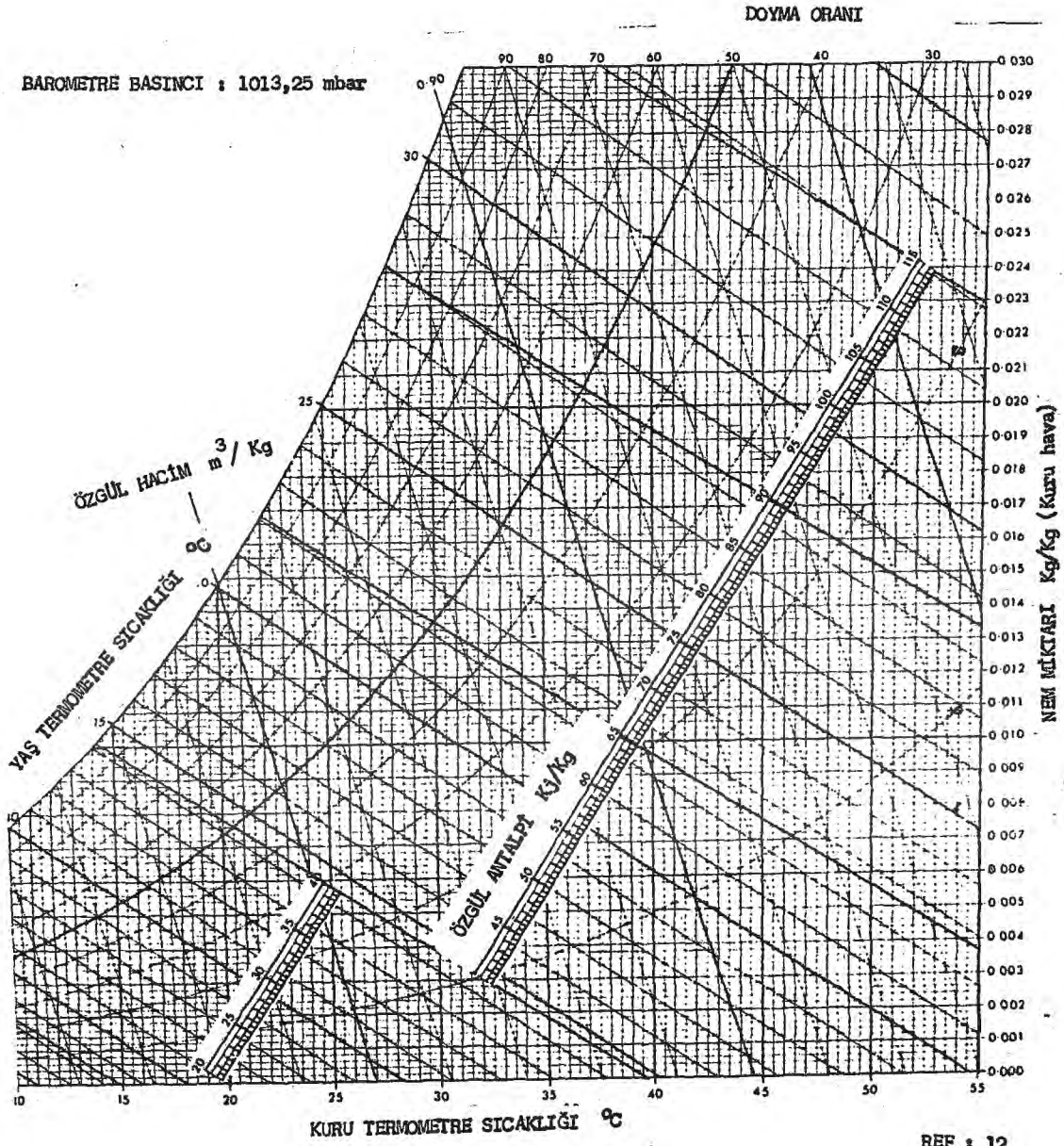
Laboratuvarımızda imalatını gerçekleştirdiğimiz Prototip Soğutma Kulesinde; soğutma kulelerinin verimliliğini etkileyen faktörler araştırılmıştır. Yaptığımız çalışmalarda elde ettiğimiz neticeler, bunların

1. Kullanılan Paket malzemesi,
2. Kuleye giren hava miktarı,
3. Soğutulacak su miktarı,
4. Soğutulacak suyun kuleye giriş sıcaklığı

olduğunu göstermiştir.

Mika ve Ahşap üzerinde yapılan çalışmalarda Mikanın daha iyi soğutma sağladığı görülmüştür. Ancak mikanın pahalı olması ve yüksek sıcaklıklarda deformasyona uğraması, pratikte soğutma kulelerinde ahşap malzemenin kullanılmasına neden olmuştur. Soğutma kulelerinde kullanılan havanın debisinde soğutma oranında etkisi vardır. Prototip Soğutma kulesinde, değişik vantilatör devir sayılarında yapılan deneyler bunu göstermiştir. Ayrıca soğutulacak suyun debisi azaldıkça ve soğutulacak suyun sıcaklığı arttıkça daha iyi soğutma sağlanacağıda gözlenmiştir.

Dizaynı yapılan prototip soğutma kulesinde yapılan tecrübeler bunun bir laboratuvar cihazı olarak kullanılabileceğini ve daha değişik şartlardada araştırma yapılabilceğini göstermiştir.



KAYNAKLAR

1. Arıcı, Ö. - Özkaynak, T. : Katı, Sıvı ve Gazların Termodinamik Özellikleri, Termas Teknik Yayınları 1, 1978
2. Dağsöz, A.K. : Isı Geçişi, Birsen Kitabevi, Arpac Matbaacılık, İstanbul, 1977
3. Genceli, O.F. : Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Yardımcı Tabloları, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, 1976
4. Stanford, W. - Hill, G.B. : Cooling Towers - Principles and Practice, Carter Thermal Engg. Hay Mills Birmingham 25
5. Gurney, J.D. - Cotter, A. : Cooling Towers, MacLaren Press
6. Rogers and Mayhew : Thermodynamic and Transport Properties of Fluids (S.I.), Basil Blackwell
7. Rogers and Mayhew : Engineering Thermodynamics, Work and Heat Transfer, Longman
8. Eastop, T. - McCorkey : Applied Thermodynamics for Engineering Technologists. Longman
9. Stoecker, W.F. : Principles for Air Conditioning Practice, Copyright 1968 by Industrial Press Inc., New York
10. Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, M.M.O. Yayın No.85, 1977
11. Alarko Holding Katoloğu, Karaköy, İstanbul
12. Psychrometric Charts for Pressures from 700 to 1100 mbar in increments of 25 mbar. Troup Publications Ltd., 76 Oxford Street, London WIN OHH
13. Genceli, O.F. : İklimlendirme Esasları, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 1984
14. Warner, D.J. : The Construction of Cooling Towers, Pergamon Press, New York, 1968