

12102

338

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURUTMA İŞLEMLERİNDE ENERJİ
TASARRUFU (ADSORBENTLERLE)**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Hazırlayan
Mak.Müh.Ali PINARBAŞI

Tez Yöneticisi
Prof.Dr.Semra ÜLKÜ

**OCAK-1989
BORNOVA-İZMİR**

1-362

SUMMARY

In this study, drying of corn, which is the second most important product, by utilizing of heat of adsorption of zeolite-water has been investigated theoretically and experimentally.

Bu çalışmada ikinci ürün olarak hasat edilen mısırın, kurutulabilmesi için gerekli ısı kaynağı, iyi bir adsorbent-adsorbate çifti oluşturan zeolit-su çiftinin verdiği adsorpsiyon ısısından yararlanarak kurutma çalışmaları deneysel ve teorik olarak incelenmiştir.

Çalışmada, bu amaçla kurulan deney düzeneğinde, öncelikle zeolit-su çiftinin adsorpsiyon kapasitesini ve zeolitin tekrar kullanılabilirliğini araştırmak için rejenerasyon deneyleri yapılmıştır. Bu özellikler altında zeolit yardımıyla mısır kurutma deneyleri yapılmıştır.

Deney sonuçları çeşitli eğrilerle gösterilmiştir. Bütün deneylerin ışığı altında zeolitten elde edilen adsorpsiyon ısısı yardımıyla, ikinci ürün mısırın kurutulabileceği vurgulanmıştır.

SUMMARY

In this study, drying of corn, which is the second agricultural product, by utilizing of heat of adsorption of natural zeolite-water pair, has been investigated therically and experimentally.

First, adsorption capacity of natural zeolite-water pair has been resarched in a test system then some experiments have been done to find the characteristic of regenerasyon of this adsorbate-adsorbent pair so according to these result there have also been done various experiments related with drying of corn.

Yazarın adresi: Sayın Doç.Dr.Davut BALIKÇI'ya.

Result of experiments have been shown by various diagrams and according to these results drying of corn by utilizing of heat of adsorption has been discussed.

Yazarın adresi: Sayın Doç.Dr.Davut BALIKÇI'ya.

BİYOGRAFI

TEŞEKKÜR

Yazar 1964 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, Orta ve lise öğrenimini aynı ilde tamamladıktan sonra 1981 yılında Bu projenin konusunu belirleyen ve projenin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof.Dr.Semra ÜLKÜ'ye; lise dönemi öğretmenleri, Yüksek Lisans eğitimi için Sayın Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Yapılan deneylerden çıkan sonuçları, yorumlamada yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr.Devrim BALKÖSE'ye, tezine devam etmekte; Deneylerin yapımında yardımcı olan Teknisyen Hayrettin KARATAŞ'a ve Arş.Gör. Moghtada MOBEDİ'YE ve yazımı üstlenen Nilgün AYDIN'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BİYOĞRAFI

ÖZET

SUMMARY

Yazar 1964 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini aynı ilde tamamladıktan sonra 1981 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Sakarya Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümüne girmiş ve buradan 1985 yılında mezun olmuştur. Yüksek Lisans eğitimi için Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik-Enerji Anabilim Dalında eğitimine başlayan yazar halen bu üniversitede öğrenimine devam etmektedir.

BÖLÜM I. KURUTMA YATAY KAVRAMLARI

- 1.1. KURUTMA 2
- 1.2. KURUTMA ÖZELLİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ 2
- 1.3. KURUTMA ÖZELLİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ 3

BÖLÜM II. KURUTMA DA ADSORBENTLERDEN YARARLANMA

- 2.1. KURUTMA DA ENERJİ 6
- 2.2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI 7
- 2.3. ENERJİ DEPOLAMA ŞEKİLLERİ 8
 - 2.3.1. Termal Enerji Depolama 8
 - 2.3.1.1. Doğrudan Isı Depolama 8
 - 2.3.1.2. Gizli Isı Depolama 9
- 2.4. ADSORPSİYON TEORİSİ 9
- 2.5. ADSORPSİYON-DESORPSİYON İSİSİ 10
 - 2.5.1. Langmuir Yaklaşımı 11
 - 2.5.2. Dubinin Yaklaşımı 13
 - 2.5.3. Clapeyron Yaklaşımı 14

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
BİYOGRAFİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
GÖSTERİMLER	vii
GİRİŞ	1
BÖLÜM I. KURUTMANIN TEMEL KAVRAMLARI	1
1.1. KURUTMA TEORİSİ	2
1.2. KURUTMA EĞRİLERİNİN ÖZELLİKLERİ	2
1.3. KURUTMA EĞRİLERİNİN ÖZELLİKLERİ	3
BÖLÜM II KURUTMADA ADSORBENTLERDEN YARARLANMA	3
2.1. KURUTMADA EKONOMİKLİLİK	6
2.2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI	7
2.3. ENERJİ DEPOLAMA ŞEKİLLERİ	8
2.3.1. Termal Enerji Depolama	8
2.3.1.1. Duyulur Isı Depolama	8
2.3.1.2. Gizli Isı Depolama	9
2.4. ADSORPSİYON TEORİSİ	9
2.5. ADSORPSİYON-DESORPSİYON İSİSİ	10
2.5.1. Langmuir Yaklaşımı	11
2.5.2. Dubinin Yaklaşımı	13
2.5.3. Clapeyron Yaklaşımı	14

	Sayfa No
2.6. ADSORBENTLER	14
2.7. ADSORBENT-ADSORBATE ÇİFTLERİ	16
BÖLÜM III. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	
3.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	22
BÖLÜM IV. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	
4.1. DENEY DÜZENİĞİNİN TANITIMI	25
4.2. DENEYİN YAPILIŞI	27
4.3. MISIR KURUTMA	28
4.3.1. Mısır ve Zeolitin Tabakalar Halinde Denenmesi	28
4.3.2. Mısır ve Zeolitin Karıştırılmak Suretiyle Denenmesi	29
4.4. REJENERASYON DENEYLERİ	31
4.5. SİSTEMİN TEORİK İNCELENMESİ	32
4.5.1. Kütle Balansı	32
4.5.2. Enerji Balansı	34
4.5.3. Basınç Düşümü	37
4.6. SONUÇ ve TARTIŞMA	37
BÖLÜM V. DENEYSEL EĞRİLER	
5.1. ZEOLİT YARDIMIYLA, MISIR KURUTMA DENEYSEL EĞRİLERİ	51
BÖLÜM VI. EKLER	
EK-I KOLONDAKİ HIZIN HESAPLANMASI	67
EK-II BAZI ADSORBENTLERE AİT FİZİKSEL ÖZELLİKLER	70
EK-III ZEOLİT YARDIMIYLA, MISIR KURUTMA AMACIYLA YAPILAN DENEYSEL DATALAR	73
REFERANSLAR	94

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa No</u>
1.1.	Psikrometrinin kurutmaya uygulanışı	3
2.1	Değişik adsorbent-su çiftleri için adsorpsiyon izotermi	19
2.2	Bazı adsorbent-adsorbent çiftlerinin adsorbent kapasitelerinin, adsorpsiyon ısısına göre değişimleri	20
2.3	Bigadiç yöresine ait doğal zeolitlerin adsorpsiyon izotermi	21
4.1	Deney düzeneğinin şematik gösterimi	26
4.2	Mısır ve zeolitin dolgulu kolonda tabakalar halinde denemesi	28
4.3	Mısır ve zeolitin karıştırılmak suretiyle denemesi	30
4.4	Dolgulu kolonda Mısır/Zeolit oranının ΔT_{max} ile değişimi	38
4.5	Dolgulu kolonda Mısır ve Mısır+Zeolitin tabakalar halinde denemesinde Y_c/Y_g 'nin zamanla değişimi	39
4.6	Mısır/Zeolit oranının, başlangıç Y_c/Y_g değerine göre değişimi	40
4.7	Sabit zamanda (50 dakika), mısır ve zeolitin tabakalar halinde denemesinde, Zeolit/Mısır oranının, mısırın nem miktarındaki azalmaya etkisi	41

Şekil NoSayfa No

- 4.8 Zamana karşı MR'nin değişimi 43
- 4.9 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde sadece mısır için Y_c/Y_g nin zamana göre değişimi 44
- 4.10 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde ve karışık olarak kolonda denenmesinde ΔT_{max} 'ın Mısır/Zeolit oranına göre değişimi 45
- 4.11 Dolgulu kolon mısır ve mısır+zeolitin karıştırılarak denenmesinde Y_c/Y_g 'nin zamanla değişimi 46
- 4.12 Sabit zamanda (50 dakikada) mısır ve zeolitin karıştırılarak denenmesinde Zeolit/Mısır oranının mısırın nem miktarındaki azalmaya etkisi 47
- 4.13 Mısır ve zeolitin kolonda denenmesinde Zeolit/Mısır oranının, mısırın son nemindeki değişmeye etkisi 49
- 5.1 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde, mısır için boyutsuz kuruma eğrisi 52
- 5.2 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde mısırdaki M-t değişimi 53

- 5.3 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde, kolondaki zeolit ve mısır sıcaklığının zamana bağlı değişimi 54
- 5.4 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde, $Y_g/Y_g - t$ değişimi 55
- 5.5 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde, Zeolit/Mısır oranının yüksek olması durumunda kolondaki zeolit sıcaklığının zamana bağlı değişimi 56
- 5.6 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde, Zeolit/Mısır oranının yüksek olması durumunda, Y_g/Y_g 'nin zamana bağlı değişimi 57
- 5.7 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde iri tane çaplı zeolit kullanımı ile kolondaki mısır ve zeolit sıcaklıklarının zamanla değişimi 58
- 5.8 Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde iri tane çaplı zeolit kullanımı ile kolondaki Y_g/Y_g 'nin zamanla değişimi 59

Şekil NoSayfa No

5.9 Mısır ve zeolitin karıştırılarak denemesinde mısırın boyutsuz kuruma eğrisi 60

5.10 Mısır ve zeolitin karıştırılarak denemesinde mısırdaki M-t değişimi 61

5.11 Mısır ve zeolitin karıştırılarak denemesinde kolondaki maximum sıcaklığın zamanla değişimi 62

5.12 Mısır ve zeolitin karıştırılarak denemesinde kolondaki Y_c/Y_g 'nin zamanla değişimi. 63

5.13 Zeolitin farklı kolon yüksekliği, çap ve sıcaklıklarında rejenerasyonunda sıcaklığının zamanla değişimi. 64

5.14 Zeolitin farklı kolon yüksekliği, çap ve sıcaklıklarında rejenerasyonunda sıcaklığının zamanla değişimi 65

5.15 Tepsili etüv'de zeolitin kuruma hızı eğrisi 66

6.1 Adsorbentlerdeki adsorpsiyon kapasiteleri 71

6.2 Bazı zeolitlere ait efektif difüzyon katsayıları 71

6.3 Bazı zeolitlere ait efektif difüzyon katsayıları 72

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo No</u>		<u>Sayfa No</u>
2.1	Adsorbent-adsorbate çiftlerinin özellikleri	18
4.1	Teorik ve deneysel olarak kütle balansı sonuçlarının karşılaştırılması	33
4.2	Teorik ve deneysel olarak enerji balansı sonuçlarının karşılaştırılması	36
4.3	Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde elde edilen deneysel sonuçlar	41
4.4	Mısır ve zeolitin karıştırılarak denenmesinde elde edilen deneysel sonuçlar	47
4.5	Mısır ve zeolitin karıştırılarak denenmesinde hava hızının etkisi	48
5.1	Deney koşulları	51
6.1	Adsorbentlerdeki adsorpsiyon kapasiteleri	71
6.2	Bazı zeolitlere ait efektif difüzivite mertebeleri	71
6.3	Bazı Zeolitlere ait efektif difüzivite mertebeleri	72

GÖSTERİMLER

A, B, C	: Polinomlar veya (K)
A	: Alan (m^2)
b	: Adsorpsiyon denge sabiti
C _p	: Isınma ısısı (kJ/kg °C)
D	: Dubi'nin izoterm denkleminde bir katsayı
D _{dif}	: Difüzyon katsayısı (m^2/sn)
d	: Çap (m)
ΔH	: Adsorpsiyon ısısı (kJ/kg adsorbent)
H	: Entalpi (kJ/kg)
K ₁	: Langmuir izoterm denklemlerinde katsayı
L _{vs}	: Yoğuşma gizli ısısı (kJ/kg)
M	: Kuru baza göre nem oranı (kg su/kg kuru madde)
MR	: Boyutsuz nem oranı (-)
m	: Kütlesel debi (kg/dk)
N	: Elektrik motorunun gücü (kWATth)
P	: Basınç (Pascal)
P _{ws}	: Doyma basıncı (mbar)
ΔP	: Basınç düşümü (Pascal)
Q	: Toplam adsorpsiyon ısısı (kJ)
q	: Depolanan duyulur ısı (kJ/kg)
q _{st}	: İzosterik adsorpsiyon ısısı (kJ/kg adsorbate)
R	: Gaz sabiti (kJ/kg °C)

- R_s : Küresel tanenin yarıçapı (m)
 r : Radyal yarıçap (m)
 S : Entropi (kj/kg $^{\circ}C$)
 ΔS : Entropi değişimi (kj/kg $^{\circ}C$)
 T : Sıcaklık ($^{\circ}C$) veya (K)
 t : Zaman (dk) veya (sn)
 V_o : Birim adsorbent ağırlığı başına düşen gözenek hacmi (cm³/kg adsorbent)
 V : Hava hızı (m/sn)
 x : Adsorbent içindeki adsorbate konsantrasyonu (kg adsorbate/kg adsorbent)
 x_m : Adsorplanabilecek maksimum adsorbent miktarı (kg adsorbate/kg adsorbent)
 W : Yaş baza göre nem oranı (kg su/kg madde)
 Y : Nem miktarı (kg H₂O /kg kuru hava)
 ρ : Yoğunluk (kg/m³)
 α : Saf sıvı için ısı genleşme katsayısı
 θ : Adsorplanan adsorbate miktarının adsorplanabilecek maksimum adsorbate miktarına oranı (-)
 ϕ : Bağlı nem (%)
 γ : Özgül çift için sabit

İNDİSLER

- $\checkmark$: Çıkış
 eq : Denge hali
 g : Giriş
 o : Başlangıç hali
 s : Doygun
 v : Buhar
 y : Yatak

GİRİŞ

Ülkemizin ılıman iklim kuşağında yer alması sebebiyle ve sulanabilir tarım alanlarının geniş olması, ikinci ürün tarımına olanak verir.

Ülkemizde birinci ürünün hasat dönemleri ürünün kurutulması için uygun hava koşullarına sahip döneme gelir. Fakat ikinci ürünün kurutulması, zaman ve maliyet kavramlarının uygun olmayışı nedeniyle, ziraatçiler açısından büyük bir problem teşkil eder.

İkinci ürünün hasat dönemlerinde güneşten yeterince yararlanabilme imkanlarının uygun olmayışı ürünün ek bir ısı kaynağı ile kurutulmasını gerektirir. Yapılan çalışmada köy elektriğinin 52 ₺/kwh olduğu dönemlerde birim kg mısırın kurutulabilmesi için 21 ₺/kg ürün gibi ek bir maliyet gerekmektedir [1] .

Birinci ürünün kurutulmasında olduğu gibi ikinci ürünün kurutulmasında da alternatif, yenilenebilir bir enerji kullanımı, ürünün birim maliyetinin düşmesine faydası olacaktır.

Bu çalışmada mısırın, alternatif bir enerji kaynağı olan zeolitlerden elde edilen adsorpsiyon ısıyla kurutulabilme imkanlarının araştırılması deneysel olarak yapılmıştır.

Ziraatçilere göre mısırın depolanabilmesi için içerisindeki % nem oranının (kuru baza göre) minimum %10-15 arasında olması gerektiği bildirilmektedir. Bu sebeple yapılan deneylerde zeolitin mısırı kurutabilme kabiliyetinin araştırılmasının yanı sıra, mısırı depolayabilmek için Zeolit/Mısır oranının optimum değerini araştırma çalışmaları yapılmıştır.

1.1. KURUTMA

Kurutma, bir katının içerdığı nemin, ısıtım işlem sonucu istenilen bir düzeye indirilmesi olarak tanımlanır.

Bu işlem için gerekli ısı ısıtım, taşınım ve iletimle ısı transferi şekillerinin kombinasyonu olarak kurutulacak katı üzerine gönderilir.

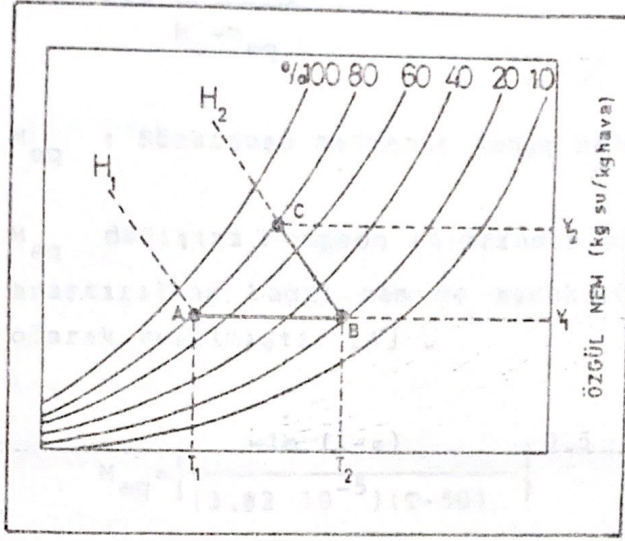
Kurutma olayı, katıyı saran havanın kısmi su buharı basıncına bağlıdır. Havanın su buharı basıncı, aynı sıcaklıktaki doymuş nemli havanın kısmi su buharı basıncına göre ne kadar az ise, hava bünyesine nem almaya o kadar elverişlidir [2] .

1.2. KURUTMADA PSİKROMETRİDEN YARARLANMA

Kurutma prosesinde işlem sırası şu şekilde özetlenebilir:

- Isıtılan hava kurutulacak ürün üzerine gönderilir.
- Ürünle temas eden hava soğur ve bu sırada üründen buharlaşan nem havaya karışır.
- Nemli ve soğuk hava sistemden dışarı atılır.

Şekil 1.1'de AB doğrusu havanın ısıtılması işlemini göstermektedir. Böylece havanın bağıl nemi azalmakta ve nem alma yeteneği artmaktadır. BC doğrusu ise kurutma sırasında havanın soğuma ve üründen nem desorpsiyon işlemini belirtmektedir.[3] .



Şekil 1.1. Psikrometrinin kurutmaya uygulanışı

1.3. KURUTMA EĞRİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Kurutma işleminin en önemli parametrelerinden biri üründeki nem miktarıdır. Nem miktarı yaş baza ve kuru baza göre tanımlanmaktadır. Yaş baz, söz konusu maddedeki nem miktarının, toplam madde miktarına oranıdır. Kuru baz ise, nemin 105 °C'de kurutulmuş kuru madde miktarına oranıdır.

Yaş baz ile kuru baz arasında matematiksel ilişki vardır:

$$W = \frac{M}{1+M} ; M = \frac{W}{1-W}$$

Burada M, kuru baza göre nem oranı; W ise yaş baza göre nem oranıdır [25].

Kurutma eğrileri genellikle M veya MR değerlerinin zamanına karşı değişimleriyle gösterilir.

$$MR = \frac{M - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}}$$

M_{eq} : Sözkonusu maddenin denge nemi

M_{eq} değişimi Thompson tarafından biyolojik ürünler için araştırılmış, bağıl nem ve sıcaklığa bağlı bir denklem olarak verilmiştir [4] .

Sıcaklık bağıntısı

$$M_{eq} = \left| \frac{-\ln(1-\phi)}{(3.82 \cdot 10^{-5})(T+50)} \right|^{0.5}$$

Kuruma, sabit kuruma hızı bölgesi ve azalan kuruma hızı bölgesi olarak iki temel bölgeye ayrılır.

Sabit kuruma hızı bölgesinde malzeme kurutucu akışkanın ıslak termometre sıcaklığındadır. Yüzeydeki buharlaşma miktarı, taneciği saran hava filminden difüzyonla ortama geçen nem miktarına bağlıdır. Bir başka deyişle kuruma hızında, hava filminin kısmi buhar basıncı ile ortamın kısmi buhar basıncı etkindir. Artan hava hızı ile film kalınlığı azalacağından kuruma hızı artar.

Kurutma ürünü olarak seçilen mısır tanesi için nem dağılımını şu kabuller altında formülüze edebiliriz [5] .

- Mısır geometrik olarak, küresel kabul edilmiştir.

- Su taneciğinin merkezinden buharlaşmanın oluşturduğu yüzeye sıvı difüzyonu ile geçmektedir.

- Nem geçişinin izlediği yol kolon duvarları ve kolonun içindeki partiküller arası boşluklar boyunca radyal yöndedir.

- Mısır tanesi fiziksel olarak izotropiktir.
- Mısır yüzeyinde hava ile mısır dengededir.

Buna göre mısır tanesi içindeki nem dağılımı

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{dif} \left[\frac{\partial^2 M}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial M}{\partial r} \right] , t > 0 , 0 < r < R_s$$

Başlangıç koşulu

$$t=0 , 0 \leq r \leq R_s , M = M_0 = \bar{M}_0$$

Sınır koşulu 1:

$$t \geq 0 , r=0 , \frac{\partial M}{\partial r} = 0$$

Sınır koşulu 2:

$$t > 0 , r=R_s , M=M_{eq}$$

olarak yazılabilir.

SÖLÜN 11

KURUMSAL ATILIM KURUMU

YARANILANMA

2.1. KURUTMADA VERİMLİLİK

Buğün sanayide kurutma işlemlerinin bulunduğu alan çok gibidir. Çoğu, 1960'lı yıllarda tasarlanmış kurutma sistemlerinde, enerji optimizasyonu sorunu olmaktadır. Bu yıllarda enerjinin bol ve ucuz olduğu olduğu, işler tasarlanırken enerji ekonomisi yapılmamış ve dikkatlenmemiştir. Sonuçta, enerji ve maliyet kavramları birarada düşünülmüşünde, her alanda olduğu gibi, kurutma işlemlerinde de enerji tüketimi ve kalite yönünden optimizasyon sorunu olmaktadır.

Teknolojinin getirdiği yenilikler yukarıda sözü edilen optimizasyon konularından sadece ve kaliteli ürün elde etme konularını sağlamış olsalar bile, en az enerji tüketimi sağlayamamıştır. Örneğin enerji giderlerinin düşürülmesi, her alanda olduğu gibi bu alanda da, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması olanaklarının araştırılmasına gerekebilir.

Kurutma enerjisi olarak güneş enerjisi, alternatif olabileceği bir kullanış alanıdır. Temel olarak kurutma sırasında güneş enerjisinden yararlanma, birinci derece olarak değerlendirilerek güneş enerjisinin bol bulunması nedeniyle çoğunlukla ekonomik ve uygulanabilir olmaktadır.

Birinci derece olarak değerlendirilerek, ülkemizde yaygın olarak bulunan seralarla bu bulunuşundan yararlanarak benzer, kurutma yapılabilecek şekilde düzenlenebilir. Seraları çift amaçlı, ekonomik ve pratik bir uygulama olarak kullanılması gerekir.

BÖLÜM II

Birinci derece olarak değerlendirilerek kurutma işlemlerinin uygun

olarak değerlendirilerek KURUTMADA ADSORBENTLERDEN

YARARLANMA

YARARLANMA

2.1. KURUTMADA EKONOMİKLİK

Bugün sanayide kurutma işlemlerinin bulunmadığı alan yok gibidir. Çoğu, 1960 öncesi yıllarda tasarlanmış kurutma sistemlerinde, enerji optimizasyonu zorunlu olmaktadır. Bu yıllarda enerjinin bol ve ucuz olması sonucu, işlem tasarımı enerji ekonomisi yapılması pek düşünülüyordu. Zaman, enerji ve maliyet kavramları birarada düşünüldüğünde, her alanda olduğu gibi, kurutma işlemlerinde de enerji tüketimi ve kalite yönünden optimizasyon zorunlu olmaktadır.

Teknolojinin getirdiği yenilikler yukarıda sözü edilen optimizasyon koşullarından zaman ve kaliteli ürün eldesi koşullarını sağlamış olsalar bile, en az enerji koşulunu sağlayamamıştır. Öte yandan enerji girdisinin giderek artması, her alanda olduğu gibi bu alanda da, alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilme olanaklarının araştırılmasını gerekli kılmıştır.

Kurutma enerjisi olarak güneş enerjisi, alternatif olabilecek bir kullanım alanıdır. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında güneş enerjisinden yararlanma, birinci ürünün hasat dönemlerinde güneş enerjisinin bol bulunması nedeniyle, çoğunlukla ekonomik ve uygulanabilir olmaktadır.

Birinci ürünün hasat dönemlerinde, ülkemizde yaygın olarak bulunan seraların boş bulunmasından yararlanarak bunların kurutma yapılabilir şeklinde dizayn edilmesi, seraları çift amaçlı, ekonomik ve pratik bir uygulama olarak kullanılmasını sağlar.

Birinci ürün mısırın kurutulması hasat dönemlerinin uygun olmasından dolayı ekonomik olmaktadır. Fakat ikinci ürün

2.3. ENERJİ DEPOLAMA ŞEKİLLERİ
mısırın kurutulması, hasat dönemlerinin, güneşten yararlanılabilmesine imkan sağlamadığından dolayı ekonomik olabilecek bir ısı kaynağına olan ihtiyacı artırır.

- Kimyasal enerji depolama

- Mekanik enerji depolama

2.2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

- Termal enerji depolama

Gelecekte çözüm olabilecek enerji kaynakları arasında güneş enerjisi başta olmak üzere jeotermal enerji, nükleer enerji, rüzgar enerjisi, deniz ve bio enerji alternatif enerji kaynakları olarak sayılabilir.

Bu enerji kaynakları arasında atık bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi, sürekli bir kaynak olması açısından gelecekte çözüm olabilecek bir yapıya sahiptir. Bu kaynağın dezavantajı, kesikli bir kaynak olmasıdır. Bundan dolayı depolanmayı gerekli kılar. İhtiyaç duyulduğu zamanda kaynağın yetersiz veya olmayışı nedeni ile özellikle kış aylarında kendini hissettirir.

Alternatif enerji kaynakları gelecekte çözüm olabileceği gibi bazı güçlükleride beraberinde getirirler. Bunlar;

- Alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilir şekle dönüştürülmesi,

- Tüketim yerine taşınması,

- Tüketileceği zaman kullanılmak üzere depolanması,

- Tüketilir şekle dönüştürülmesi,

- Yararlanma sistemlerinin geliştirilmesi

olarak sayılabilir [6].

şeklinde ifade edilebilir.

2.3. ENERJİ DEPOLAMA ŞEKİLLERİ

Enerji depolama şekilleri

- Kimyasal enerji depolama
 - Mekanik enerji depolama
 - Elektrik enerjisi depolama
 - Termal enerji depolama
- olarak sayılabilir.

2.3.1. Termal Enerji Depolama

Termal enerji iki şekilde depolanabilir. Birincisi duyulur ısı şeklinde, ikincisi ise gizli ısı şeklindedir [7, 8] . Bunların mukayesesi çeşitli kaynaklarda, literatür de verilmiştir.

2.3.1.1. Duyulur Isı Depolama

Duyulur ısı, katı veya sıvının ısı kapasitesine bağlı olarak depolanabilir. Duyulur ısı metodu ile depolama çok ucuz ve kolay bir yol gibi görünüyorsa da, pratikte uygulanma alanlarında büyük kütle ve hacme gereksinim duyulduğundan bazı sınırlamalar getirmektedir. Bu nedenle, yani adsorbe edilen gazın yapıdan uzaklaş- Duyulur ısı depolanmasında sıcaklığı " T_1 ", kütlesi " m " olan maddenin sıcaklığı " T_2 " sıcaklığına yükseltirise, depolanan duyulur ısı;

$q = C_p (T_2 - T_1) = C_p \Delta T$

şeklinde ifade edilebilir.

2.3.1.2. Gizli Isı Depolama

Gizli ısı depolama, maddenin kimyasal reaksiyon, buharlaşma ısısı, çözünme ısısı ve adsorpsiyon ısısına bağlı olarak depolanabilir.

Gizli ısı depolama şekilleri arasında adsorpsiyon ısısına bağlı olarak enerji depolama şekli adsorpsiyon-desorpsiyon çevrimi ile uygun olabilen bir depolama şeklidir.

2.4. ADSORPSİYON TEORİSİ

Adsorpsiyon, en basit bir şekilde gaz, sıvı veya buharın, katının yüzeylerine tutunma olayı olarak tanımlanmaktadır. Gaz, sıvı veya buharın adsorpsiyon süresince katı yüzeylerine tutunan moleküllerin serbestlik dereceleri nedeniyle entropilerinde bir azalma olmaktadır.

Yukarıda belirtildiği üzere gaz, sıvı veya buhar adsorbent yüzeyi tarafından adsorbe edilir. Katı yüzeyindeki diğer faza adsorbate adı verilir.

Bir gazın, katı tarafından adsorbesi exotermik bir işlemdir ve açığa çıkan ısı adsorpsiyon ısısidir. Bu olayın tersi, yani adsorbe edilen gazın yapıdan uzaklaştırma işlemi ise desorpsiyondur, bununda endotermik olacağı açıktır.

Tchernev [10] , güneş soğutucularının tasarlanmasından sonra adsorpsiyonlu ısı pompalarını geliştirmiş ve önemli sayıda araştırma yapmıştır [11, 12] . Adsorpsiyon çevrimine dayalı çok değişik sistemler tasarlanmıştır.

2.5. ADSORPSİYON - DESORPSİYON ISISI

İyonik yapıya sahip adsorbentler (zeolit gibi) ve polar adsorbate'ler (su ve amonyak gibi), adsorpsiyon esnasında yüksek miktarda ısı açığa çıkarırlar. Eğer adsorbate için ΔH entalpi değişimi, adsorpsiyon işlemi için yazılırsa,

$$\Delta H = H_s - H_g$$

bağıntısı elde edilir [13].

Burada ΔH , adsorplanan birim adsorbate miktarının entalpi değişimidir. İzosterik adsorpsiyon ısısı olarak tanımlanmakta ve adsorplanan, adsorbate miktarı ile değişmektedir. Pratikte izosterik adsorpsiyon ısısı, diferansiyel adsorpsiyon ısısına eşit kabul edilebilir. Bu ısı kalorimetrik olarak bulunabilir.

Eğer adsorpsiyon sırasında adsorbate'nin ısı kapasitesinin değişimi ihmal edilirse, bu ısı clausius-clapeyron bağıntısı ile ifade edilebilir.

$$\left(\frac{\delta \ln p}{\delta \left(\frac{-1}{T} \right)} \right) = \frac{-\Delta H}{R} = \frac{q_{st}}{R}$$

veya Dubinin ve Raduskevich'in bağıntısı ile adsorpsiyon ısısı

$$-\Delta H = \Delta H_v + RT \ln(P_s/P) + ((\alpha R/2\gamma) \ln(P_s/P))^{-1}$$

şeklinde verilmiştir [14].

Adsorbentteki adsorbate miktarının değişimi olarak toplam adsorpsiyon ısısı

B. G. formülünü $Q = \int_{x_1}^{x_2} (-\Delta H) dx$ gibi araştırmacılar H(ΔH)ı hesaplayıp x_1, x_2 lerinin genelleştirilme bir denklemine elde etmişlerdir. Bu türü bir yaklaşım, adsorpsiyon isisi ΔH şeklindedir. Ancak Langmuir denklemi Q için büyük değerleri için Adsorpsiyon isisi konusunda bugüne kadar birçok araştırmacılar çeşitli matematiksel yaklaşımlar getirmelerine rağmen, adsorpsiyonu, değişik adsorbent ve adsorbate çiftlerinin farklı adsorpsiyon davranışları göstermeleri sebebiyle, bu davranışları genel olarak kapsayacak bir formül geliştirememektedir. Araştırmacılar genel bir formül arayışına yerine belirli adsorbent ve adsorbate çiftleri için uygulanabilecek özel yaklaşımlarla yetinmişlerdir [15, 16].

Yukarıda genel olarak anlatılan bu yaklaşımları şimdi daha detaylı görelim. Herhangi bir değer aldığında izosterin genel gösterimi için iki parametreyi belirlemek yeterli olacaktır. Bunlar V_m ve D parametreleridir.

2.5.1. Langmuir Yaklaşımı

Langmuir yaklaşımı ile elde edilen izoterm denklemi

$$K_1 = \frac{P(1-\theta)}{\theta} \quad , \quad \theta = \frac{x}{x_m} = \frac{bP}{1+bP} = \frac{b(P/P_s)}{(1-P/P_s)(1-P/P_s + b_1P/P_s)}$$

veya

$$K_1 = \exp \left(-\frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S_{th}^0}{R} \right)$$

$$\theta = \frac{\text{Adsorplanan adsorbate miktarı}}{\text{Adsorplanabilecek max. adsorbate miktarı}}$$

şeklindedir.

H, θ 'nın fonksiyonu olup, bazı araştırmacılar $H(\theta)$ 'yı hesaplayıp izotermilerin genelleştirilmiş bir denklemini elde etmişlerdir. Bu türlü bir yaklaşım, adsorpsiyon ısı ΔH 'nin hesaplanması açısından büyük yararlar sağlamaktadır. Ancak Langmuir denklemi θ 'nın küçük değerleri için uygulanabilir değildir [17] .

2.5.2. Dubinin Yaklaşımı

Dubinin yaklaşımında genel izoster denklemi [17] ,

$$\ln\left(\frac{x}{p(T)}\right) = \ln(V_0 M_z) - D \cdot \left(T \cdot \ln \frac{P}{P_{ws}(T)}\right)^n$$

şeklinde dir.

Bu denklemde üstel değişken n, herhangi bir değer aldığı anda izosterin genel gösterimi için iki parametreyi belirlemek yeterli olacaktır. Bunlar $V_0 M_z$ ve D parametrelerdir. Bu iki parametreyi bulabilmek için;

$$\ln(x/p(T) - (T \cdot \ln(P/P_{ws}(T)))^n$$

eğrisini çizmek yeterlidir.

Eğrinin eğimi D katsayısını, $[T \cdot \ln[P/P_{ws}(T)]]^n = 0$ için $\ln(x/p(T))$ değeri ise $(V_0 M_z)$ değerini verecektir.

İzosterik adsorpsiyon ısı ise Dubinin denklemi yardımıyla şöyle hesaplanabilir [17] .

$$\Delta H = L_{vs} + RT \cdot \ln \frac{P_{ws}}{P} + \frac{\alpha R}{2D} \left(\ln \frac{P_{ws}}{P} \right)^{1-n}$$

2.5.3. Clapeyron Yaklaşımı

Bu yaklaşımda adsorpsiyon dengeleri şu tür bir denklemle ifade edilebilir.

$$\ln P = - \frac{\Delta H}{RT} + \frac{\Delta S}{R}$$

Adsorpsiyon izosterlerini böyle bir formda genelleştirmek için değişik derecelerden polinomlar kullanılabilir. Genel izoster denklemi için,

$$\ln p = A(x) + B(x)/T + C(x)/T^2 + \dots$$

formunda yazıldığında, buradaki polinomlar $A(x)$, $B(x)$ ve $C(x)$ adsorbent'te adsorplanmış adsorbate miktarıdır. x 'e bağlıdır. Bu katsayılar deneysel verilerden bulunabilir.

$$A(x) = A + A_1 x + A_2 x^2 + A_3 x^3 + \dots$$

$$B(x) = B + B_1 x + B_2 x^2 + B_3 x^3 + \dots$$

$$C(x) = C + C_1 x + C_2 x^2 + C_3 x^3 + \dots$$

Clausius-clapeyron denkleminde adsorpsiyon ısısı;

$$\Delta H = -R \frac{d(\ln P)}{d(1/T)_x} = -R \cdot B(x)$$

şeklinde olmaktadır. Yani adsorpsiyon ısısı, adsorplanan adsorbate miktarının bir fonksiyonudur.

İzoster eğiminden faydalanarak lokal tabii zeolitler için yapılan çözümde adsorbate miktarına bağlı olarak adsorpsiyon ısısı,

$$-\Delta H = 14242.354 - 5.89504 \cdot 10^5 \cdot x + 1.139 \cdot 10^7 \cdot x^2 - 9.544 \cdot 10^7 \cdot x^3 + 2.8981 \cdot 10^8 \cdot x^4$$

denkleminde bulunabilir [18] .

2.6. ADSORBENTLER

Ticari değeri olan adsorbentler üç grupta toplanabilir.

- a) Silikagel
- b) Aktif Karbon
- c) Zeolitler

Bu adsorbentlerin yapısal özellikleri aşağıda özetlenmektedir.

a) Silikagel

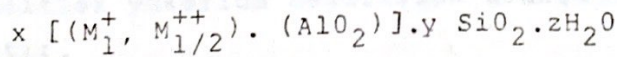
Silikagel polymeric collioidal silic asitten üretilmektedir. genel kimyasal formülü $SiO_2 \cdot H_2O$ şeklindedir. Silikagel genellikle nem alma işlemlerinde kullanılmakta ve değişik türleri üretilmektedir.

b) Aktif Karbon

Aktif karbon mikrokristal grafitlerden oluşmaktadır. Bu mikrokristaller düzensiz bir şekilde yerleşmiş olup, aralarındaki boşluklar mikrogözenekleri oluşturmaktadır.

c) Zeolitler

Zeolitler alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip sulu alüminyum silikatlarıdır. Genel yapısal formülleri



olarak verilebilir. Burada M^+ , Na^+ yada K^+ gibi tek değerli bir katyon, M^{++} ise Ca^{++} , Mg^{++} , Ba^{++} gibi iki değerli bir katyondur. SiO_2/AlO_2 mol oranı (y/x) zeolit türüne bağlı olarak 1 ile 5 arasında değişir.

Zeolitlerin çeşitli sentetik ve doğal türleri mevcut olup $5-10 \text{ \AA}$ mertebesinde mikro gözeneklere sahiptirler. Birim alanına düşen yüzey alanı $10^3 \text{ m}^2/\text{gr}$ 'a kadar ulaşabilmektedir.

Sentetik zeolitlerin doğal zeolitlere nazaran dezavantajı maliyetidir. Bu nedenle dünyada bol miktarda bulunan doğal zeolitler çeşitli amaçlar için değerlendirilmesine çalışılmaktadır.

Doğal zeolitlerin sentetik zeolitlere nazaran dezavantajı ise düşük adsorplama kapasitesi ve özelliklerinin mineral yatak içinde homojen olmamasıdır.

Nemli olan doğal zeolitler ısıtıldıklarında, bu ısı desorpsiyon sonucu yapıdan uzaklaştırılabilir ve bu olay sonunda zeolitlerin kristal yapılarında bozulma meydana gelmez [19].

Doğal zeolitlerin geliştirilmekte olan diğer bir kullanım alanında yem katkı maddesi yapımıdır. Doğal klinoptilolit ve mordenit tavuk ve domuz yeminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [19]. Amonyak iyonuna seçiciliği olan zeolit geniş getiren büyükbaş hayvanların sindirim sisteminde azotun daha verimli olarak kullanımını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, mısır kurutma deneylerinde adsorbent olarak zeolitler yukarıda belirtilen avantajlardan dolayı seçilmiştir.

2.7. ADSORBENT - ADSORBATE ÇİFTLERİ

Adsorpsiyon enerji sisteminin performansı, amaca uygun adsorbent-adsorbate çiftinin kullanımına bağlıdır. En uygun çiftin seçiminde adsorpsiyon kapasitesi, adsorpsiyon ısısı, termal kararlılık, uygun enerji kaynağı ile reaktif yeteneği gözönüne alınması gereken temel faktörlerdir [13] .

Adsorbate-adsorbent çiftinden elde edilen adsorpsiyon ısısının mertebesi, kullanım amacına göre adsorbate seçimini gerektirir. Düşük mertebelerdeki adsorpsiyon ısısı miktarına sahip adsorbent-adsorbate çiftleri soğutma amacıyla uygun iken, yüksek değerlerdeki adsorbate-adsorbent çiftleri ısıtma amacı için uygundur.

Gerçi ticari olarak adsorbate-adsorbent çiftleri enerji depolama amacına uygun olarak gelişmemişse de, adsorbent - adsorbate çiftinin kullanım şartlarına uygunluğu prosesin verimi açısından en önemli faktördür.

Adsorbate-adsorbent çiftinde genel olarak bulunması gereken özellikler;

- 1) Çiftin birbiriyle uygunluğu
- 2) Maximum adsorpsiyon kapasitesi
- 3) İzotermin şekli
- 4) Adsorpsiyon ısısı
- 5) Termal geçirgenlik, difüzivite ve çiftin özgül ısısı
- 6) Adsorpsiyon oranı, özel şartlar altında desorpsiyon oranı ve uygun ısı kaynağı ile rejenerasyon imkanı

- 7) Termal çevrimin tekrarlanabilir olması
 - 8) Çevrimin tekrarlanması ile performansının düşmemesi
 - 9) Adsorpsiyon sırasında hacim değişikliğinin olmaması
- olarak sayılabilir.

Çeşitli araştırmacılar değişik adsorbate-adsorbent çiftleri için ($\text{NH}_3\text{-CaCl}_2$; $\text{CH}_3\text{-Charcoal}$, $\text{H}_2\text{O-Na}$, $\text{CH}_3\text{-CaCl}_2$, $\text{H}_2\text{-Metal alaşımı}$, Zeolit (X, A, Y)- H_2O , Zeolit (X, A, Y)- CH_3OH , Aktif Karbon-Metanol, Doğal Zeolit-Su...) çalışmaları yapmışlardır [7, 8, 11, 12].

Yapılan çalışmalar sonunda adsorbate-adsorbent çifti olarak zeolit-su çifti ısıtma amacına en uygun çift olduğu görülmüştür. Ayrıca yüksek enerji yoğunluğuna sahip çift olarak, zeolit-su çifti ile yapılan çalışmalar sonucu; yüksek adsorpsiyon ısı, yüksek adsorpsiyon kapasitesi, toksid ve korozyon özelliğinin olmaması, adsorpsiyon sırasında hacmin değişmemesi ve performansı düşmeden uzun zamanlı enerji depolama özelliklerine sahip olduğu tesbit edilmiştir. Çeşitli adsorbent-adsorbate çiftleri için özellikler, Tablo 2.1'de verilmiştir [13].

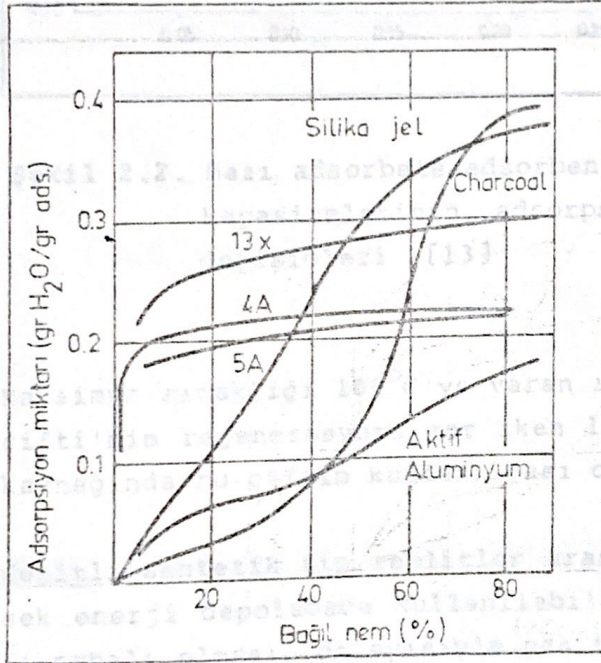
Kullanılabilirliği, ucuzluğu, tokside özelliğine sahip olmaması, yanıcı özelliğinin olmaması, adsorpsiyon ve buharlaşma gizli ısı ve çeşitli adsorbentler için uygunluğu özellikleri açısından su en uygun adsorbate olarak kabul edilmektedir. İyi bir adsorbate olarak su bu avantajlarının yanı sıra; düşük buhar basıncı ve yüksek özgül hacminden dolayı bazı dezavantajları da beraberinde getirir. Sıcaklığın 0°C 'den düşük olduğu şartlarda adsorbate olarak metanol önerilebilir [21, 22] (Özellikleri, metanolun buhar basıncının, suyun buhar basıncından

Tablo 2.1. Adsorbent-adsorbate çiftlerinin özellikleri

Adsorbent-Adsorbent	Max. Adsorbate kap (kg/kg)	Kullan. Ads. Isısı (kj/kg)	Adsorbentin Özgül Isısı (kj/kg)	Enerji Yoğunluğu (kj/kg ads.)	Sıcaklık Aralığı (°C)
Su - Zeolit					
-4A	0.22	4400	1.05	1250	30-350
-5A	0.22	4180	1.05	1200	30-350
-MgA	0.29	3400	1.06	800	80-250
-13X	0.30	4400	0.92	1290	30-350
-13X	0.27		0.84	930	20-300
-10A	0.2	4000		897	50-250
-13X	0.27	3400	1.06	1200	30-350
Clinoptilolite	0.12	3000	1.11	480	20-240
Mordenite	0.11	4000		419	30-250
Chabazite	0.17	3000	1.08	700	30-250
Su - Charcoal	0.4	2320	1.09	1200	30-250
Su - Aktif Alüminyum	0.19	2480	1.00	660	30-250
Su - Silica gel	0.37	2560	0.88	1000	30-150
Silica gel	0.20	2500	1.045	600	20-130
Metanol - Zeolit					
-13X	0.20	2400	1.07		
-4A	0.16	2300	1.07		
-5A	0.17	2300	1.07		
-5A	0.17	2300	1.07		
Metanol-Aktif Karbon	0.32	1400	0.9	590	20-140

yüksek olması, önemli korozyon problemlerinin bulunmaması ve adsorbent olarak, aktif karbon ve zeolite uygun yapıya sahip olması).

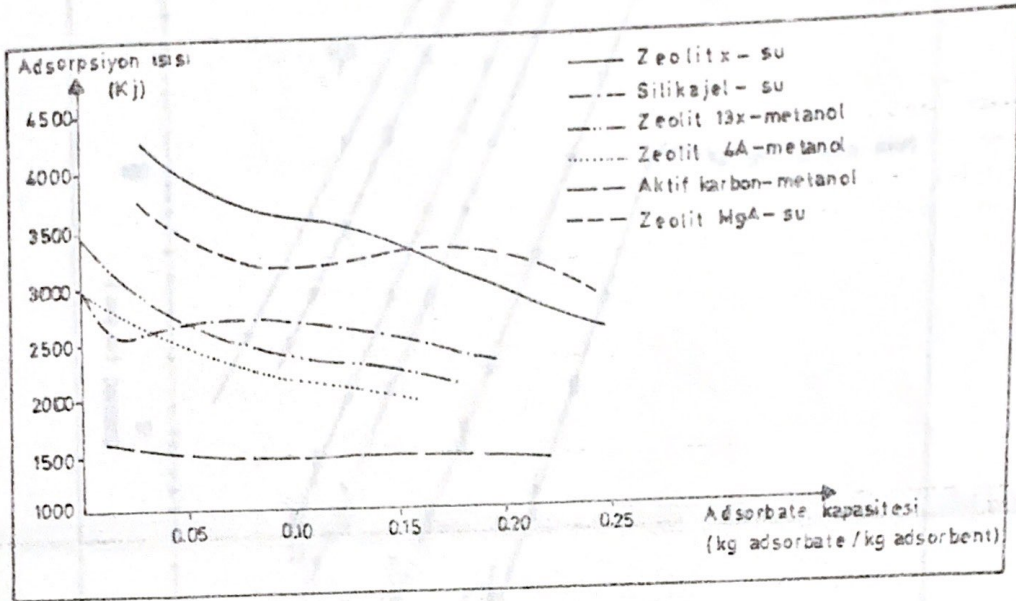
Zeolit, düşük konsantrasyonlarda, yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu ve aynı zamanda yüksek adsorpsiyon ısısına sahip olduğu tesbit edilmiştir (Şekil 2.1, 2.2).



Şekil 2.1. Değişik adsorbent-su çiftleri için

Doğal zeolitleri için adsorpsiyon izotermi [33] ise aşağıdaki gibidir. Yüksek basınçta, yüksek sıcaklıkta ve yüksek nemde, zeolitlerin adsorpsiyon kapasiteleri düşmektedir. Bu nedenle, zeolitlerin adsorpsiyon kapasiteleri, düşük basınçta, düşük sıcaklıkta ve düşük nemde daha yüksektir.

Şekil 2.1'den görüldüğü üzere charcoal ve silikagel'in suya karşı adsorpsiyon kapasiteleri yüksektir. Ancak adsorpsiyon kapasiteleri konsantrasyona bağlıdır. Özellikle charcoal'ın suya karşı seçiciliği yoktur ve daha çok organik buharlarda tercih edilir.

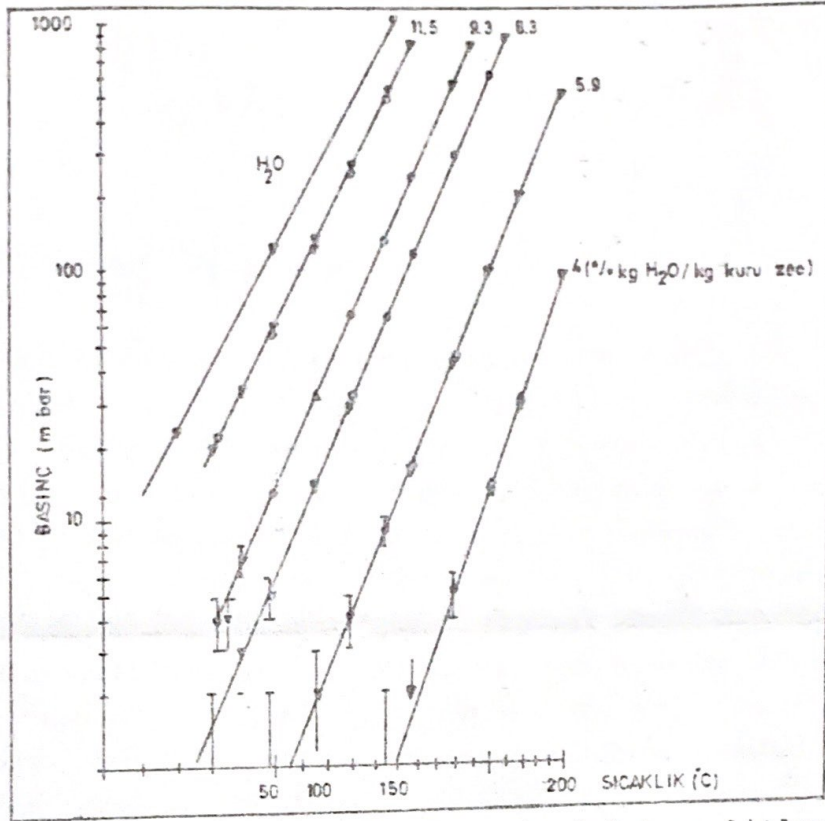


Şekil 2.2. Bazı adsorbate-adsorbent çiftlerinin adsorbate kapasitelerinin, adsorpsiyon ısısına göre değişimleri [13]

Maksimum sıcaklığı 100°C 'ye varan ısı kaynağında zeolit-su çifti'nin rejenerasyonu zor iken 100°C 'nin üzerindeki ısı kaynağında bu çiftin kullanılması özel avantajlar getirir.

Çeşitli sentetik tip zeolitler arasında zeolit MgA, yüksek enerji depolamada kullanılabilir. En büyük dezavantajı pahalı olması, dolayısıyla pek tercih edilmez.

Doğal zeolitlerin ticari amaçları için kullanımına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bigadiç yöresine ait doğal zeolitlerin adsorpsiyon izosterleri Şekil 2.3'de verilmiştir [18].



Şekil 2.3. Bigadiç yöresine ait doğal zeolitlerin adsorpsiyon izotermeleri

1203

3.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1. Zeolit-su buharı sisteminin enerji depolamada kullanılması çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Adsorpsiyon-desorpsiyon çevriminin düşük sıcaklık enerji depolanmasında değerlendirilmesi ile ilk defa Close tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmada adsorbent olarak zeolit adsorbate olarak da su buharı kullanılmaktadır. Düşük sıcaklık enerji depolamasında uygun bir adsorbent olan zeolitteki su buharı düşük sıcaklıklarda desorbe olmakta, daha sonra rutubetli ortam havası zeolit üzerinden geçirilmek kaydıyla ortama yayılan adsorpsiyon ısısının mısırdaki kurumaya etkisi araştırılmaktadır [7, 23, 9].

2. İyi bir adsorbent olan zeolitler üzerine ilk araştırmacılardan A. Damaour, 1857 yılında zeolit minerallerinin su atma tersinirliğini incelemiştir. Zeolitteki suyun karakteri ile ilgili çalışmalar A. Damaour'dan sonra da devam etmiştir.

3. D.I. Tchernev güneş enerjisi yardımıyla zeolitin adsorpsiyon ve desorpsiyon özelliklerinden faydalanarak ısıtma ve soğutma deneyleri yapmıştır. Sistemde güneş enerjisi vasıtasıyla zeolitten ayrılan su buharının yoğunlaştırılması ile ısıtma, yine su buharının zeolitten ayrılması sonucu ortamdaki aldığı ısıdan yararlanarak soğutma gerçekleştirilmiştir. Böylece soğutma ve ısıtma yapan ilk sistem denenmiştir.

4. D.I. Tchnernev zeolitlerin adsorplayıcı olarak kullanıldığı, sistemlerin ortam havasının ısıtılmasında, soğutulmasında, dondurma işlemi ve buz imalatında kullan-

bileceğini göstermiştir. Yapılan çalışmalarda sıcak su ve mahal ısıtmada %75, soğutmada ise %50 civarında, toplam verim elde edilebileceği iddia edilmektedir [10].

5. P.h. Grenier, J.J. Guilleminot, M.Mester, F. Memnier, tarafından yapılan çalışmada zeolit 13X-su çifti kullanılmıştır. 12 m^3 soğuk hava deposunun, soğu yükünü güneş enerjisi ile sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaca uygun olarak 20 m^3 yüzeye sahip kollektör yapılmış ve 340 kg zeolit kullanılmıştır. Yapılan çalışmada sistemin verimi 0.1 civarında bulunmuştur [24].

6. H. Buchberk, R.V. Dunkle, P. Lunde, W. Rush, D.I. Tchernev zeoliti ve silikajeli karşılaştırmışlardır. Sonuçta zeolit için şu özellikleri saptamışlardır. Zeolit'in su buharını adsorbesi silikajeldeki gibi lineer olmayıp nonlineer bir değişim göstermektedir. Ayrıca zeolit, düşük sıcaklıklarda, kısmi basıncı düşük olsa bile çok miktarda su buharı adsorplayabilir veya yüksek sıcaklıklarda ve kısmi basınçlarda adsorpladığı su buharının büyük bir kısmını desorplayabilir. Zeolit ağırlığının %30'u kadar su buharını adsorbe edebilmektedir demişlerdir [25].

7. C.H. Longford, R.A. Shigeishe, R. Gopal, B.R. Hollebone zeoliti enerji depolayıcı olarak denemişlerdir. Zeolit'in adsorpsiyon ısısını saptamışlardır ve böylece bir enerji depolayıcı sistemin veriminin yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır [7].

8. P. Maier-Laxhuber, M. Rothmeyer, G. Alefeld, yaptıkları çalışmada adsorpsiyonlu ısı pompalarında zeolit-su çiftinin enerji depolayıcı olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bu çalışmada depolanan enerjinin evlerde ve endüstriyel tesislerde ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılabilceğini ispatlamaya çalışmışlardır. Sistemin ke-

sikli çalışmasını ortadan kaldırmak için iki adsorbent yatak kullanılırken 800 kg zeolit kullanılmış ve desorpsiyon için gerekli olan ısı, elektrik enerjisinden sağlanmıştır [26] .

9. S. Ülkü, S. Niknam, E. Değirmen tarafından yapılan çalışmada doğal zeolit-su çifti kullanılmak suretiyle adsorpsiyonlu ısı pompaları, güneş enerjisinden faydalanarak soğutma ve ısıtma amacıyla teorik ve deneysel olarak incelenmiştir [27, 28] .

10. B. Seyrek, S. Salemeş, F. efe, C Kılıç doğal zeolit-su çifti ile yaptıkları deneylerde doğal zeolitlerin enerji depolamada, hava kurutmasında ve ısıtılmasında kullanılabileceğini göstermişler ve doğal zeolitlere ait değişik özellikleri tesbit etmişlerdir [29] .

11. T. Emiroğlu suyun yoğunlaşma sırasında daha fazla bir enerjinin, zeolit su buharını adsorpsiyonu ile sağlandığını kanıtlamıştır. Ayrıca zeolit akışkan yatakta verdiği adsorpsiyon ısı miktarının, sabit yataktaki konumundan daha fazla olduğunu deneyler sonucu göstermiştir [30] .

12. N. Kahraman mısıra elektrik enerjisi ile kurutma çalışmaları yapmış çıkan sonuçta 1988 rakamlarına göre mısırın kurutulması için 20.61 TL/kg mısır, ek bir masraf gerektiğini tesbit etmiştir [1] .

13. G. Uçkan Akışkan yatakta mısır kurutma çalışmaları üzerinde durmuş ve akışkan yatakta mısır kurutmanın, dolgu yatakta mısır kurutmaya nazaran düşük sıcaklıklarda (23°C) %15, yüksek sıcaklıklarda (65°C) %54 oranında bir avantaj sağladığını tesbit etmiştir [5] .

4.1. DENEY DÜZENİĞİNİN TANITIMI

Zec'itten elde edilen adsorpsiyon kurulumu, pasir kurulumuna etkisini araştırmak ve adsorberin regenerasyon kabiliyetlerini tesbit edebilmek için Şekil 4.1'deki deney düzeniğinden faydalanılmıştır.

Deney düzeniği Fan, Elastik sönümleyici Bağlantı, Kontrol Vanası, Elektrikli Isıtıcılar, Triak Modül, Venturimetre, Rezistans Termometre, Dolgu Kolon, Tarayıcı ve Okuyucu, Termoeleman Çiftleri ve Hava Ölçer Cihazından oluşmaktadır.

Dolgu Kolon 88 mm çapında, 4 cm kalınlığında ve 400 cm boyunda olup, plexiglass'dan yapılmıştır. Kolonun çevresi camyünü ile izole edilmiş olup teorik incelemede kolon adyabatik kabul edilmiştir.

Hava debisi Pneumop standartlarında belirtilen esaslara göre bir venturimetre ile ölçülmüştür. Basınç farkı ve yatağın direnci "Airflow Developments Int". tarafından imal edilen özel bir diferansiyel manometre ile ölçülmüştür. Kolondaki akışkan hızını hesaplamak için kullanılan yöntem Ek 1 'de verilmiştir.

Yatağ boyunca sıcaklık dağılımı 5'er cm aralıklarla yerleştirilmiş Bakır-Bakır constantan termo eleman çiftiyle ölçülmüştür. Sıcaklık kontrolü bir direnç termometresine bağlı Elisko triak modül (81-4266) tarafından yapılmıştır. Sıcaklıklar ise Elisko-6000 (83-5063), 12 kanallı tarayıcı ve Elisko-4000 (83-4266) sayısal okuyucu yardımıyla kaydedilmiştir.

BÖLÜM IV

DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. DENEY DÜZENİĞİNİN TANITIMI

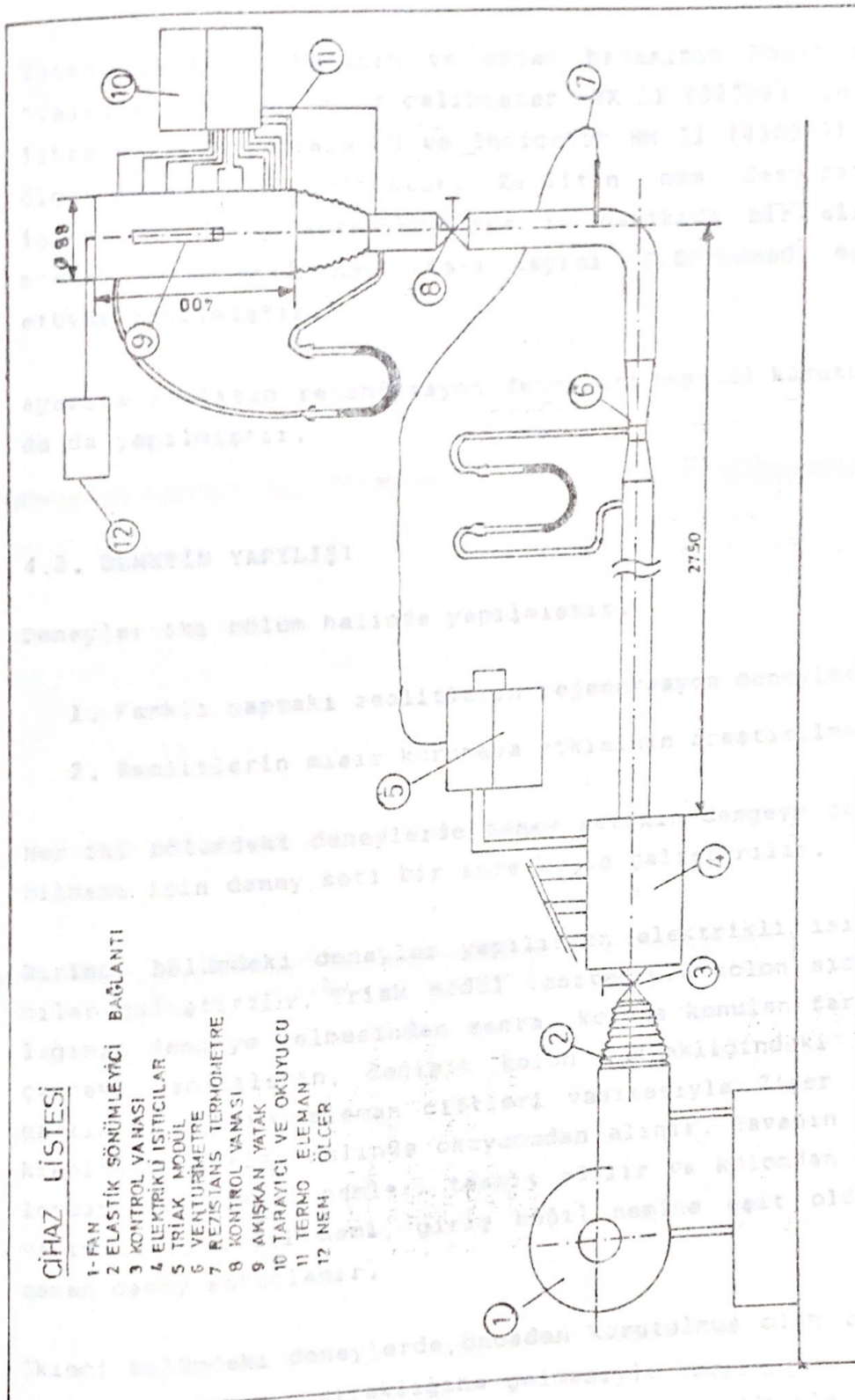
Zeolitten elde edilen adsorpsiyon ısısının, mısır kurumasına etkisini araştırmak ve zeolitlerin rejenerasyon kabiliyetlerini tesbit edebilmek için Şekil 4.1'deki deney düzeneğinden faydalanılmıştır.

Deney düzeneği Fan, Elastik sönümleyici Bağlantı, Kontrol Vanası, Elektrikli Isıtıcılar, Triak Modül, Venturimetre, Rezistans Termometre, Dolgulu Kolon, Tarayıcı ve Okuyucu, Termoeleman Çiftleri ve Nem Ölçer Cihazından oluşmuştur.

Dolgulu kolon 88 mm çapında, 4 mm kalınlığında ve 400 mm boyunda olup, plexiglass'dan yapılmıştır. Kolonun çevresi camyünü ile izole edilmiş olup teorik incelemede kolon adyabatik kabul edilmiştir.

Hava debisi Pneuueurop standartlarında belirtilen esaslara göre bir venturimetre ile ölçülmüştür. Basınç farkı ve yatağın direnci "Airflow Developments İmt". tarafından imal edilen özel bir diferansiyel manometre ile saptanmıştır. Kolondaki akışkan hızını hesaplamak için kullanılan yöntem Ek 1 'de verilmiştir.

Yatak boyunca sıcaklık dağılımı 5'er cm aralıklarla yerleştirilmiş Bakır-Bakır constantan termo eleman çiftiyle ölçülmüştür. Sıcaklık kontrolü bir direnç termometresine bağlı Elimko triak modül (81-4205) tarafından yapılmıştır. Sıcaklıklar ise Elimko-6000 (83-6088), 12 kanallı tarayıcı ve Elimko-4000 (83-4266) sayısal okuyucu yardımıyla kaydedilmiştir.



Yatak çıkışında havanın ve ortam havasının bağıl nemi "Vaisala humidity meter calibrator HMK 11 (32709) ile kalibre edilmiş Vaisala RH ve Indicator HM 11 (430057) nem ölçer cihazı ile ölçülmüştür. Zeolitın nem desorpsiyon işlemi ve deney süresince her 10 dakikada bir alınan mısır numunelerinin nem miktarı tayini "ELEKTROMAG" marka etüvde yapılmıştır.

Ayrıca zeolitın rejenerasyon deneyleri tepsili kurutucuda da yapılmıştır.

4.3. MISIR FİKONA

4.2. DENEYİN YAPILIŞI

Deneyler iki bölüm halinde yapılmıştır.

1. Farklı çaptaki zeolitların rejenerasyon deneyleri,
2. Zeolitların mısır kurumaya etkisinin araştırılması.

Her iki bölümdeki deneylerde deney setinin dengeye gelmesi için deney seti bir süre boştaki çalıştırılır.

Birinci bölümdeki deneyler yapılırken elektrikli ısıtıcılar çalıştırılır. Triak modül vasıtasıyla kolon sıcaklığının dengeye gelmesinden sonra, kolona konulan farklı çaptaki zeolitların, değişik kolon yüksekliğindeki sıcaklıkları, termo-eleman çiftleri vasıtasıyla 2'şer dakikalık peryotlar halinde okuyucudan alınır. Havanın kolondan çıkış bağıl nemleri tesbit edilir ve kolondan havanın çıkış bağıl nemi, giriş bağıl nemine eşit olduğu zaman deney sonuçlanır.

İkinci bölümdeki deneylerde, önceden kurutulmuş olan zeolitların ortam sıcaklığına gelmesiyle, başlangıç nemi önceden tesbit edilmiş olan mısır, kolona zeolit ile karıştırılarak ve tabakalar halinde deneyler yapılır. Kolo-

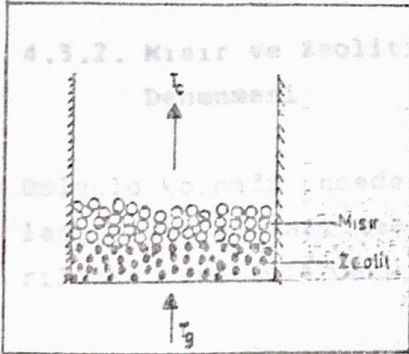
na zeolit ve mısırın konulmasından sonra farklı kolon yüksekliklerindeki sıcaklıklar tesbit edilir. Kolondan çıkan havanın bağıl nemi 2'şer dakikalık periyotlar halinde tesbit edilir. Her 10 dakikada bir kolondan 5 gr kadar mısır numunesi alıp etüvde 105°C 'de kurutmak suretiyle mısırdaki nem değişimi ve kuruma hızı saptanır. Deney, kolondaki zeolit sıcaklığının, giriş hava sıcaklığıyla dengeye gelmesine kadar devam eder.

4.3. MISIR KURUTMA

Zeolitlerden elde edilen adsorpsiyon ısısı yardımıyla ikinci ürün mısırın, dolgulu yatakta kurutma deneyleri, zeolit ve mısırın karıştırılması ve zeolit ve mısırın kolonda tabakalar halinde denenmesi aşamalarından oluşmuştur. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar V. Bölüm Tablo 5.1'de sunulmuştur.

4.3.1. Mısır ve Zeolitin Tabakalar Halinde Denenmesi

Dolgulu kolonda, mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesi, içerisindeki nemi kurutmak suretiyle desorbe kuru zeolit üzerine, nem miktarı önceden tesbit edilmiş olan mısırın konulması ile deneye başlanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Mısır ve zeolitin dolgulu kolonda tabakalar halinde denenmesi

Zeolit ve mısırın tabakalar halinde denenmesi deneyleri iki ana grup altında yapılmıştır.

I. GRUP: Zeolit/Mısır oranının (1/6, 1/3, 1/2, 1, 3, 5) değiştirilmesi suretiyle yapılan deneyler

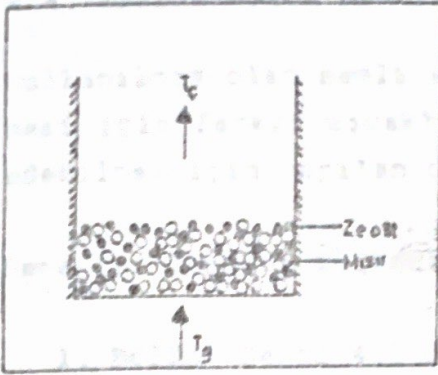
II. GRUP: Zeolit tane çapının değiştirilmesi suretiyle yapılan deneyler. Bu deneylerde farklı kolon yüksekliklerindeki termoeleman çiftleriyle zamana karşı sıcaklık değişimleri ile çıkış bağıl nemi tesbit edilmiştir. Kolondan her 10 dakikada bir alınan mısır numuneleri 105°C'de kurutmak suretiyle zamana karşı % kuruma oranları tesbit edilmiştir.

Birinci grup deneylerde zeolit çapı 2-3 mm olarak seçilmiştir ve hava hızı ise 0.35 m/sn olarak alınmıştır. Zeolit ve mısırın farklı oranlarda denenmesi neticesinde mısırdaki kuruma oranına etkisi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Buradan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, zeolit/mısır oranının 5 olduğu durumda zeolitin, mısırı kurutmaya etkisi, mısırın depolanabilmesi için yeterli nem miktarına düştüğü görülmektedir.

Deneylerden elde edilen Y_g/Y_g 'nin zamana göre değişimi Şekil 5.4'de verilmiştir.

4.3.2. Mısır ve Zeolitin Karıştırılmak Suretiyle Denenmesi

Dolgulu kolonda önceden kurutulmuş olan zeolit ile başlangıç nem miktarı tesbit edilmiş olan mısırın karıştırılması suretiyle deney yapılır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Mısır ve zeolitin karıştırılmak suretiyle denemesi

Mısır ve zeolitin karıştırılarak denemesi deneyleri iki ana grup altında yapılmıştır.

I. GRUP: Zeolit/Mısır oranının (1/2, 1 ve 2) değiştirilmesi suretiyle yapılan deneylerde 2-3 mm çaplı zeolitler kullanılmıştır. Deneyler 0.35 m/s hava hızında yapılmıştır.

II. GRUP: Bu grupta ise zeolit ve mısır karıştırılarak değişik bir hızda (0.70 m/s) deney yapılmıştır. Yapılan deneylerden çıkan sonuçlar Tablo 5.11'de verilmiştir.

Deneylerde mısırdaki nem miktarının değişimi ve mısırdaki kuruma hızı Şekil 5.9. ve 5.10'da verilmiştir. Ayrıca Y_c/Y_g nin zamana göre değişimi Şekil 5.12'de verilmektedir.

Şekil 5.12'de görüldüğü üzere kolondaki mısır oranı arttıkça çıkan havanın nem miktarıda artmaktadır.

Bu zeolitler ve diğer adsorbentlerin farklı sıcaklık ve basınçlarda adsorpsiyon kapasitelerinin değişimi Şekil 5.13'de sunulmuştur.

4.4. REJENERASYON DENEYLERİ

Kullanılmış olan nemli zeolitın tekrar değerlendirilebilmesi için farklı sıcaklıklarda nem kabiliyetlerini tayin edebilmek için yapılan deneylerdir.

Deneyler üç ayrı bölümde yapılmıştır.

1. Bölüm: Şekil 4.1'deki deney düzeneğinden faydalanılarak, ince (2-3 mm) ve iri (4.4.76 mm) çaplı zeolitlerin iki ayrı sıcaklık dilimi ile (50°C ve 95°C) kolonda nem desorpsiyon kabiliyetlerini tesbitinden meydana gelmektedir.

Bu bölümdeki deneylerde kolondaki sıcaklığın zamana göre değişim eğrileri (Şekil 5.21 ve 5.23) ve zamana karşı Y_c/Y_g değişimleri (Şekil 5.20, 5.22) Ek'de sunulmuştur.

2. Bölüm: Bu bölümde ise tepsili kurutucuda, farklı sıcaklıklarda, belirli bir basınçta gönderilen sıcak hava zeolit üzerinden geçirilmek suretiyle, zeolitteki nem desorpsiyonunun zamana karşı değişim eğrileri tesbit edilmiştir (Şekil 5.24).

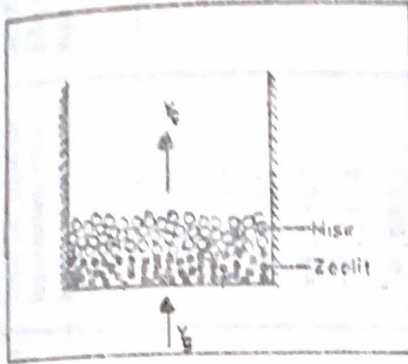
Bu deneyler üç ayrı sıcaklık diliminde (50°C, 100°C, 200 °C) ince tane çaplı (2-3 mm) zeolitler için yapılmıştır.

3. Bölüm: Bu bölümde ise mısırla deneyebilmek için kullanılacak olan zeolit 200°C rejenerasyon sıcaklığında "ELEKTROMAG" marka etüvde yapılmıştır.

Doğal zeolitler ve diğer adsorbentlerin farklı sıcaklık ve zamanlarda adsorpsiyon kapasitelerinin değişimi Ek'de sunulmuştur.

4.5. SİSTEMİN TEORİK İNCELENMESİ

4.5.1. Kütle Balansı



Deneyler süresince, ölçümler sonucu elde edilen sonuçların bazı kabuller altında karşılaştırılabilmesi için kütle balansı yapılmıştır.

Buna göre;

Kolondan Çıkan Nem Miktarı - Kolona Giren Nem Miktarı = Mısırdan Adsorbe Edilen Nem Miktarı - Zeolitin Adsorpladığı Nem Miktarı.

Kolondan Çıkan Nem Miktarı : $(Y_g/Y_g) \cdot Y_g \cdot \dot{m} \cdot dt$

Kolona Giren Nem miktarı : $Y_g \cdot \dot{m} \cdot dt$

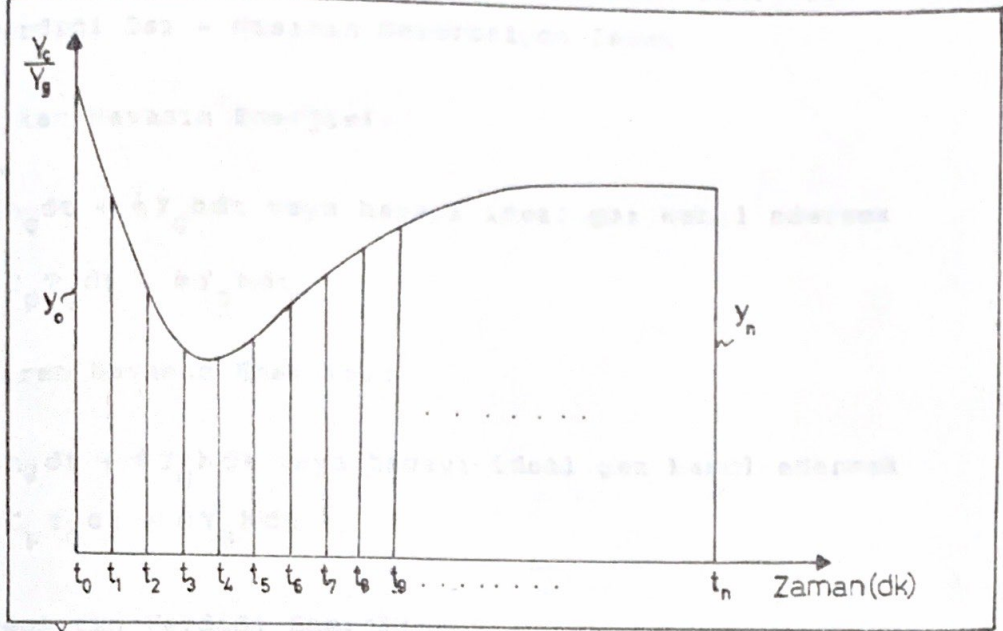
Burada $(Y_g/Y_g) \cdot dt$ değeri, deneylerden elde edilen Y_g/Y_g 'nin t'ye karşı eğri alanının hesaplanması sonucu bulunur.

	0.0476	0.0690	0.1281	0.1075	0.0988	0.0597	0.1064	0.1034	0.1021	0.0647	0.0643	0.069	0.1157	0.0354
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

4.1. Teorik ve deneysel olarak kütle balansı sonuçlarının karşılaştırılması

Deney No / Özellik	Kolona giren toplam su miktarı (kg/su)	Mısırdan desorpt edilen su miktarı (kg/su)	Zeolit in tuttuğu su miktarı (kg/su)	Teorik olarak kolondan çıkan su miktarı (kg/su)	Grafikten tesbit ile kolondan çıkan su miktarı (kg/su)
1	0.0626	0.0108	0.0118	0.0617	0.0777
2	0.0690	0.0141	0.0103	0.0727	0.127
3	0.1201	0.0310	0.0161	0.1350	0.1506
4	0.1075	0.0250	0.0058	0.1267	0.1298
5	0.098	0.0195	0.0040	0.1134	0.1292
6	0.0597	0.0259	0.0048	0.0807	0.0993
7	0.1064	0.0250	0.0194	0.1129	0.1038
8	0.1034	0.0222	0.0085	0.1171	0.1214
9	0.1021	0.0143	0.0168	0.0996	0.1067
10	0.0642	0.0238	0.0143	0.0737	0.1276
11	0.0643	0.0145	0.0067	0.0720	0.0700
12	0.069	0.0141	0.01031	0.727	0.1276
18	0.1157	0.0095	-	0.1253	0.1349
19	0.0354	-	0.0188	0.0188	0.0171

Örnek:

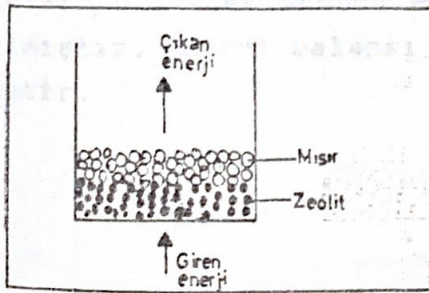


$$\left(\frac{Y_c}{Y_g} \right) \cdot dt \text{ alanı}$$

$$\left(\frac{Y_c}{Y_g} \right) \cdot dt = \frac{\Delta t}{2} (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + 2y_{n-1} + y_n)$$

Kütle balansında eğriden elde edilen, kolondan çıkan nem miktarı, ölçümlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Deneyler için, kütle balansından çıkan sonuçlar Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

4.5.2. Enerji Balansı



sistem adyabatik olarak kabul edilirse,

Çıkan Havanın Enerjisi - Giren Havanın Enerjisi = Zeolitin
Verdiği Isı - Mısırın Desorpsiyon Isısı

Çıkan Havanın Enerjisi:

$\dot{m} h_{\text{ç}} dt + \dot{m} Y_{\text{ç}} h dt$ veya havayı ideal gaz kabul edersek

$$\dot{m} C_p T_{\text{ç}} dt + \dot{m} Y_{\text{ç}} h dt$$

Giren Havanın Enerjisi:

$\dot{m} h_g dt + \dot{m} Y_g h dt$ veya havayı ideal gaz kabul edersek

$$\dot{m} C_p T_g dt + \dot{m} Y_g h dt$$

Zeolitin Verdiği Enerji:

$$Q = \int_{x_1}^{x_2} (-\Delta H) dx$$

Mısırın Desorpsiyon Enerjisi:

$$\dot{m}_{\text{evap}} H_{\text{evap}}$$

olarak yazılabilir.

Bu denklemler sonucunda, kolondan çıkan enerji miktarı, ölçümler sonucu elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Enerji balansı sonuçları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Teorik ve deneysel olarak enerji balansı sonuçlarının karşılaştırılması

Özellik Deney No	Giren Havanın enerjisi (kj)	Zeolitin verdiği enerji (kj)	Mısırın desorp- siyon enerjisi (kj)	Teorik olarak kolondan çı- kan enerji (kj)	Grafikten tesbit ile kolondan çıkan enerji (kj)
1	595.69	109.16	27.78	679.90	640.96
2	575.69	118.44	36.06	658.07	697.07
3	801.11	100.81	79.28	822.64	956.26
4	713.49	76.431	64.35	725.57	748.76
5	656.75	48.21	50.09	654.87	716.65
6	503.91	49.12	64.01	489.02	536.63
7	762.12	107.44	63.38	806.18	814.41
8	644.31	72.34	67.46	649.19	674.91
9	653.28	98.77	58.10	693.35	698.47
10	289.43	98.68	60.88	327.23	393.99
11	415.65	71.81	36.12	450.33	478.54
* 12	510.60	104.48	59.67	555.40	616.30
18	635.56	-	24.51	611.12	590.23
19	201.12	126.37	-	327.49	341.14

* Sadece 12 nolu deney 0.70 m/s hızda, diğerleri 0.35 m/s hızla yapılmıştır.

4.5.3. Basınç Düşümü

Dolgu kolonda basınç düşümü için araştırmacılar ampirik bir ifade elde etmişlerdir [31] .

$$\Delta P = \frac{a v_y^2 \Delta h}{\ln(1 + b v_y)} \quad ; \quad \begin{array}{l} a = 2099 \\ b = 30.709 \end{array}$$

$v_y = 0.35$ m/sn, $\Delta h = 0.25$ m olarak yerine konulduğunda $\Delta P = 0.2395$ Kpa bulunur. Gerekli motor gücü ise;

$$N = \Delta P \cdot Q_y = 0.2395 \times 0.01053 \times 90 \times 60 = 0.1434 \text{ kwatth}$$

Köy elektriğinin 52 ₺/kwatth olduğu dönemde basınç düşümünün ürünün kg maliyetine etkisi

$$0.1434 \times 52 = 7.454 \text{ ₺/kg ürün}$$

olarak bulunur.

4.6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Kütle ve enerji denklikleri yönünden sistem incelenmiş ve deneysel ve teorik bulgular birbirine yakın bulunmuştur (Tablo 4.1 ve 4.2'den). Buradan da deneylerin sağlıklı koşullarda yapıldığı sonucu elde edilir.

Zeolit-su çifti üzerine yapılan deneylerde, bu tip adsorbent-adsorbate çiftinin yüksek bir adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu tesbit edilmiştir. Bu bilgiler ışığı altında zeolitin adsorpsiyon ısısından faydalanaarak, ikinci ürün mısırın kurutma çalışmaları deneysel olarak yapılmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen so-

nuçlar Tablo 5.1'de her deney için deney şartları ayrıntılı olarak sunulmuştur. Bu deneylerden çıkan sonuçları şu şekilde özetleyebiliriz.

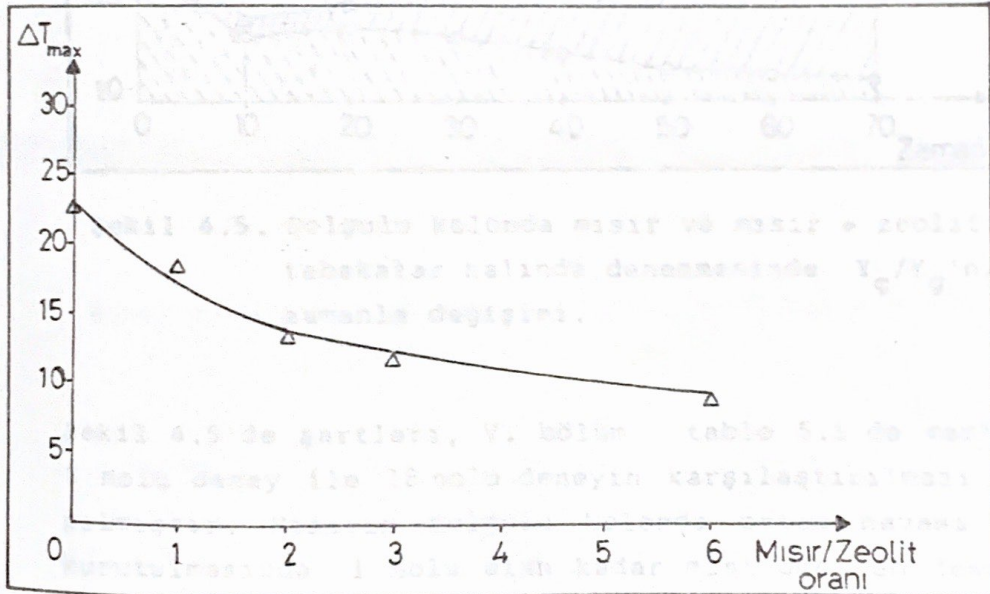
MISIR ve ZEOLİTİN TABAKLAR HALİNDE DENENMESİ

Zeolitin dolgulu kolonda tek olarak denenmesindeki $\Delta T_{\max}$ ($T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}}$) sıcaklık değişimi, Mısır + zeolitin birlikte denenmesine nazaran daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca $\Delta T_{\max}$, zeolit/mısır oranının artması ile arttığı görülmüştür. Temel nedenler;

a) Kolondaki zeolit miktarı arttığı için kolondaki adsorpsiyon ısısına bağlı enerji girdisinin artması,

b) Kolondaki mısır miktarının azalması sonucu desorpsiyon ısı olarak kullanılan enerji çıktısının azalması.

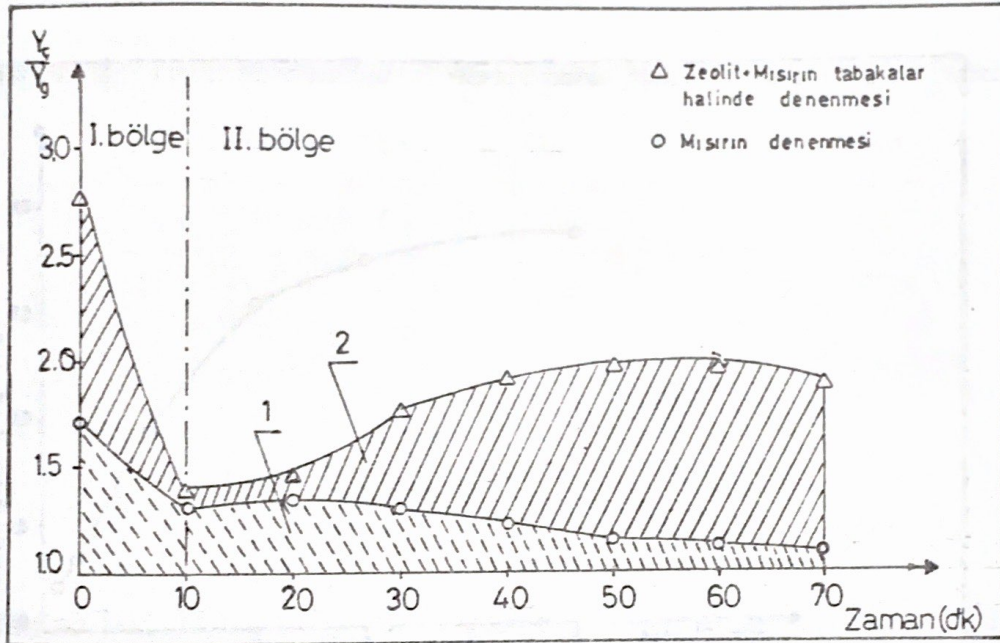
şeklinde özetlenebilir.



Şekil 4.4. Dolgulu kolonda Mısır/Zeolit oranının $\Delta T_{\max}$ ile değişimi

Şekil 4.4'de Mısır/Zeolit oranının ΔT_{max} ile değişimi verilmiştir. Buradan görüldüğü üzere kolondaki mısır miktarı arttıkça ΔT_{max} düşmektedir.

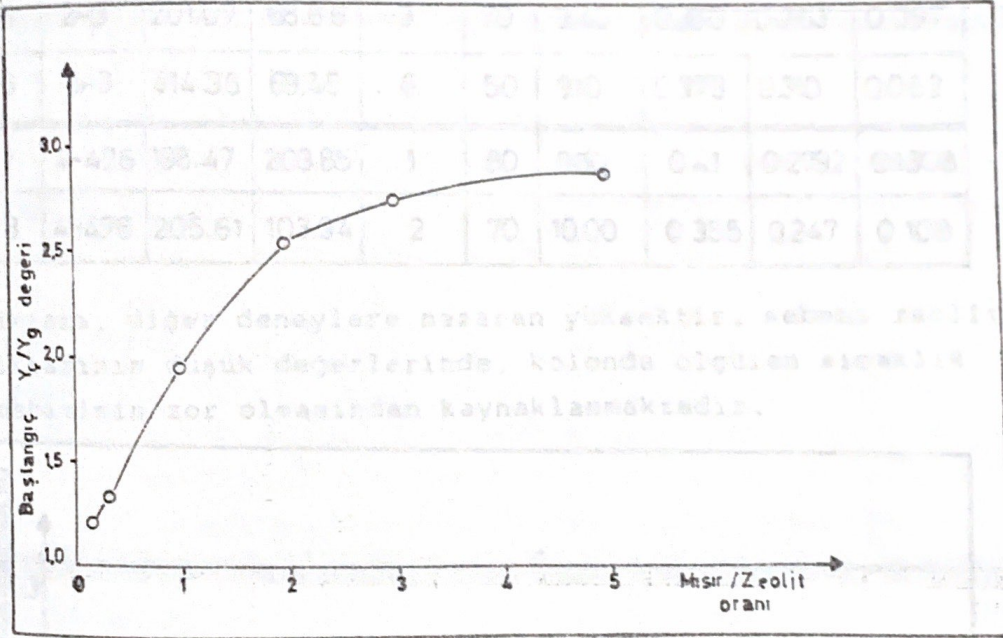
Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinin, sadece mısırın ortam havası ile kurutulmasına nazaran sağladığı avantajları Şekil 4.5'de mümkündür.



Şekil 4.5. Dolgulu kolonda mısır ve mısır + zeolitin tabakalar halinde denenmesinde $Y_{\check{c}}/Y_g$ 'nin zamanla değişimi.

Şekil 4.5'de şartları, V. bölüm tablo 5.1'de verilen 5 nolu deney ile 18 nolu deneyin karşılaştırılması yapılmıştır. Mısırın dolgulu kolonda ortam havası ile kurutulmasında 1 nolu alan kadar mısırdan nem desorpsiyonu olmuştur. Zeolit ve Mısırın tabakalar halinde denenmesinde ise sistemde zeolit kullanılması ile mısırdan 2 nolu alan kadar daha fazla nem desorbe edilmiştir.

Yapılan deneylerde kolondan çıkan havanın başlangıç Y_c/Y_g değeri kolondaki Mısır/Zeolit oranına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kolonda mısır miktarı arttıkça, hava daha uzun bir süre mısırla temas etmekte ve daha fazla su mısırdan desorbe olmaktadır. Bu nedenle çıkış havası artan mısır miktarı ile doymaya daha yakın olmaktadır. Deneyden çıkan, Mısır/Zeolit oranının başlangıç Y_c/Y_g değerine göre değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir (Şekil 5.4'den okunan değerlerle).



Şekil 4.6. Mısır/Zeolit oranının, başlangıç Y_c/Y_g değerine göre değişimi

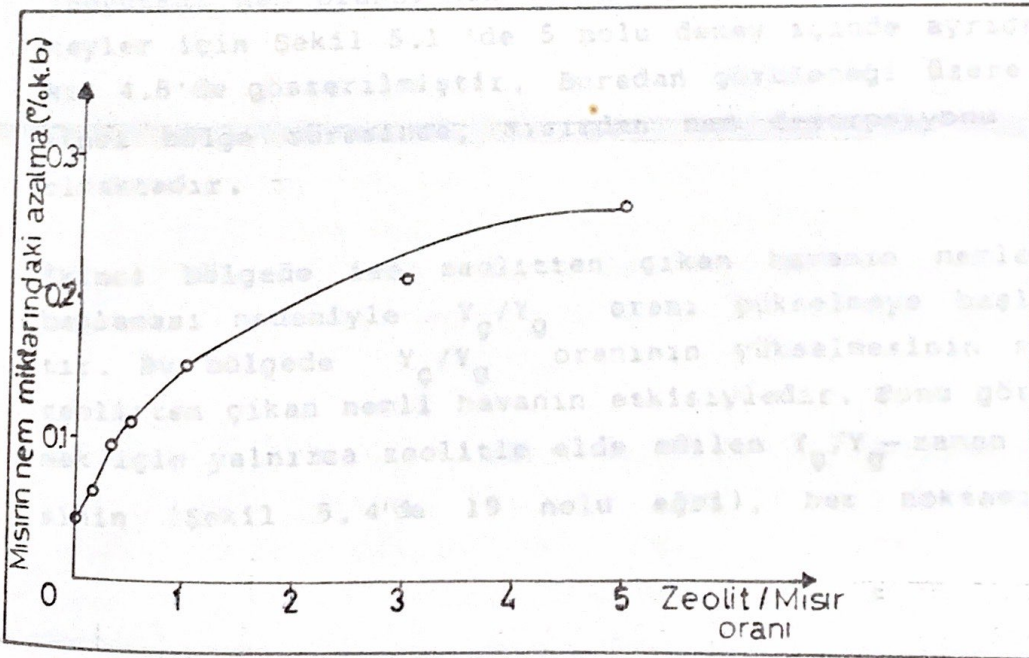
Deneylerde Zeolit/Mısır oranının, mısırdaki deney sonucu nem miktarı değişimine etkisi araştırılmış ve Şekil 4.7'deki eğri çıkmıştır. Buradan görüldüğü üzere kolondaki zeolit miktarı arttıkça daha iyi kuruma sağlandığı görülmüştür. Tablo 4.3'de verilen 6 nolu deneyde mısır

Şekil 4.7. Sabit zamanda (30 dakika), mısır ve zeolitin miktarı arttıkça kuruma hızının değişimi.

Tablo 4.3. Mısır ve Zeolit tabakalar halinde denenmesinde elde edilen deneysel sonuçlar

Deney No	Zeolit çapı (mm)	Mısır mik. (gr)	Zeolit mik. (gr)	Mısır/Zeolit oranı	Deney süresi (dk)	Ortam mut. nemi gr/kg hava	Başlangıç mısır nemi	Deney sonu mısır nemi	Mısırdan % nem azl.
1	2-3	40.26	204.33	1/5	90	5.00	0.381	0.120	0.260
2	2-3	66.12	202.30	1/3	90	5.07	0.386	0.171	0.214
3	2-3	204.86	226.90	1	90	9.00	0.380	0.228	0.151
4	2-3	206.44	101.06	2	76	9.05	0.385	0.263	0.121
5	2-3	201.07	68.86	3	70	9.40	0.360	0.263	0.097
6	2-3	414.36	69.45	6	50	9.10	0.373	0.310	0.062
7	4-476	198.47	203.85	1	80	9.00	0.41	0.2792	0.1308
8	4-476	205.61	103.34	2	70	10.00	0.355	0.247	0.108

miktarı, diğer deneylere nazaran yüksektir. sebebi zeolit miktarının düşük değerlerinde, kolonda ölçülen sıcaklık tesbitinin zor olmasından kaynaklanmaktadır.

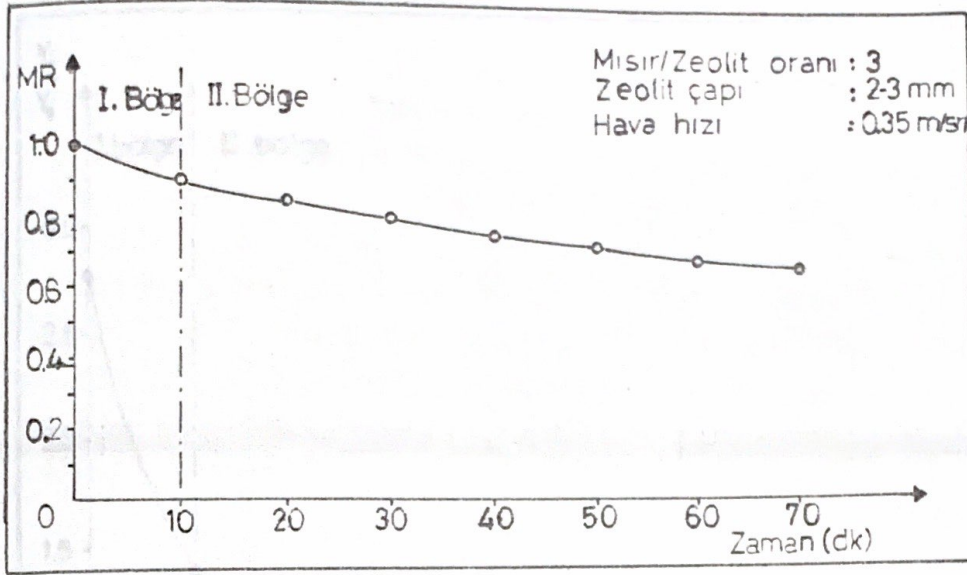


Şekil 4.7. Sabit zamanda (50 dakika), mısır ve zeolit tabakalar halinde denenmesinde Zeolit/Mısır oranının, mısırın nem miktarındaki azalmaya etkisi

Mısır ve zeolitin dolgulu kolonda tabakalar halinde denemesi deneylerinden elde edilen $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ (Çıkış mutlak nemi/Giriş mutlak nemi)'nin zamana bağlı değişimi Şekil 5.4'de verilmiştir. Bu deney eğrilerinden biri Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Bu eğriyi iki bölge halinde incelemek mümkündür.

Birinci bölgede $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ oranı yüksek değerden başlayıp hızla düşmektedir. Başlangıçta, kolondan çıkan hava nem miktarının yüksek olmasının sebebi, yukarıda anlatıldığı üzere mısır tanesindeki nemden kaynaklanmaktadır. Bu bölgede zeolitten kuru olarak çıkan hava, mısırdan desorbe olan suyun etkisiyle nemli olarak kolonu terketmektedir. Bu bölgede mısırdan olan nem desorpsiyonu hızlı olmaktadır. Hızlı nem desorpsiyonu, zeolitten çıkarak mısır yatağına giren havanın nemi artmaya başlamasına kadar devam eder. Bu bölge mısırdan olan nem desorpsiyonunun hızlı olması sebebiyle sabit kuruma hızı bölgesi olarak adlandırılabilir. Bu bölgede mısırdan olan nem desorpsiyonun daha iyi tesbiti için deneysel olarak elde edilen MR (Boyutsuz nem oranı)'nin zamana göre değişimi bütün deneyler için Şekil 5.1 'de 5 nolu deney içinde ayrıca Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Buradan görüleceği üzere, birinci bölge süresince, mısırdan nem desorpsiyonu hızlı olmaktadır.

İkinci bölgede ise zeolitten çıkan havanın nemlenmeye başlaması nedeniyle $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ oranı yükselmeye başlamıştır. Bu bölgede $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ oranının yükselmesinin nedeni zeolitten çıkan nemli havanın etkisiyledir. Bunu görebilmek için yalnızca zeolitle elde edilen $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ -zaman eğrisinin (Şekil 5.4'de 19 nolu eğri), her noktasındaki

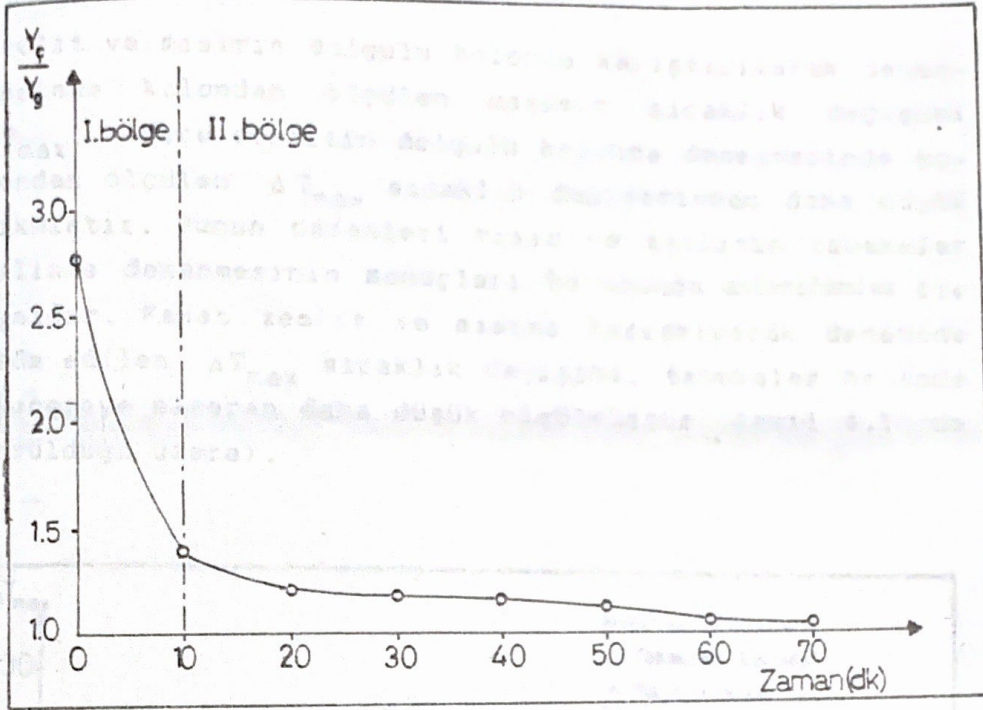


Şekil 4.8. Zamana karşı MR'nin değişimi

$Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ değeri, Mısır+Zeolit ile elde edilen $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ zaman eğrisindeki (Şekil 5.4'de 5 nolu eğri) $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ değerinden çıkarılarak yalnızca mısır için olan $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ 'nin zamana göre değişimi elde edilerek Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Şekil 4.9'da görüldüğü üzere II. bölgede mısırdan olan nem desorpsiyon hızı azalmaktadır. Bu azalma kolondan çıkan havanın mutlak neminin, kolana giren havanın mutlak nemine eşit olmasına kadar devam etmektedir. Bu bölgede mısırdan desorbe edilen nem miktarı sürekli azalmakta olduğundan azalan kuruma hızı bölgesi olarak adlandırılabilir.

Yukarıda bahsedildiği üzere deneyler iki farklı zeolit tane çapında yapılmıştır. İnce tane çaplı zeolitlerle yapılan deney sonuçları hakkındaki yorumları, iri tane çaplı zeolitlerle yapılan deneyler içinde söylemek mümkündür. Çünkü her iki zeolit tane çapı için yapılan de-



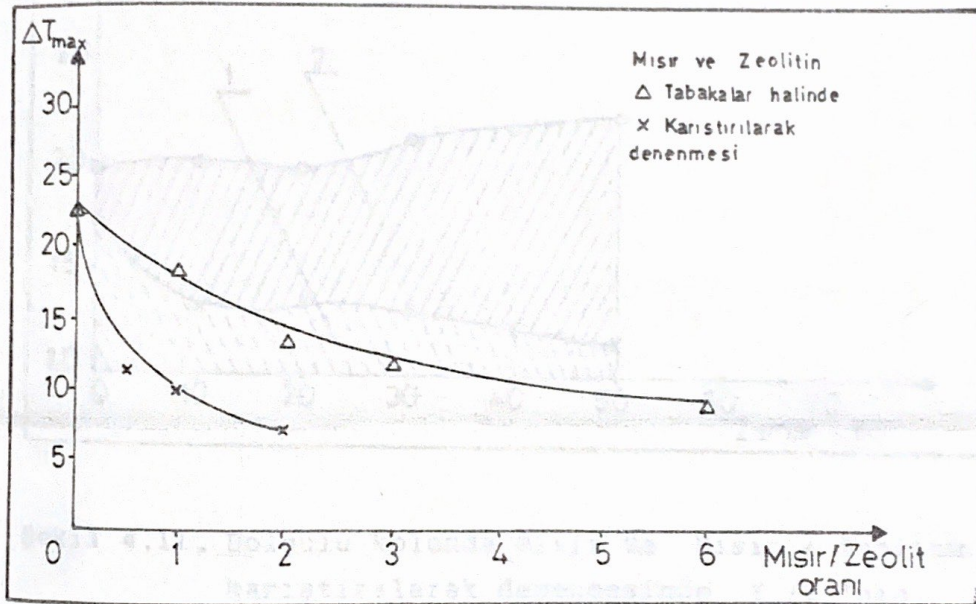
Şekil 4.9. Mısır ve Zeolit'in tabakalar halinde denenmesinde sadece mısır için Y_f/Y_g 'nin zamana göre değişimi

neylerden çıkan eğriler benzerdir (Şekil 5.4 ve 5.12 ile Şekil 5.3 ve 5.11'deki eğrilerin karşılaştırılmasından).

Yapılan deneylerde zeolit tane çapının mısırdaki kurumaya etkisi araştırılmış ve ince tane çaplı zeolitlerin (2-3 mm çap), iri tane çaplı zeolitlere (4 .4.76 mm çap) nazaran %10 civarında daha iyi kuruma oranı sağladığı görülmüştür (V. Bölüm Şekil 5.1'de verilen MR'nin t 'ye göre değişiminde 3 ve 7 nolu deneylerin 80. dakikada karşılaştırılmasından).

ZEOLİT ve MISIRIN KARIŞTIRILARAK DENENMESİ

Zeolit ve mısırın dolgulu kolonda karıştırılarak denemesinde kolondan ölçülen maximum sıcaklık değişimi $\Delta T_{\max}$, sadece zeolitin dolgulu kolonda denemesinde kolondan ölçülen $\Delta T_{\max}$ sıcaklık değişiminden daha düşük çıkmıştır. Bunun nedenleri mısır ve zeolitin tabakalar halinde denemesinin sonuçları bölümünde anlatılanlar ile aynıdır. Fakat zeolit ve mısırı karıştırarak denemede elde edilen $\Delta T_{\max}$ sıcaklık değişimi, tabakalar halinde denemeye nazaran daha düşük ölçülmüştür (Şekil 4.10'da görüldüğü üzere).

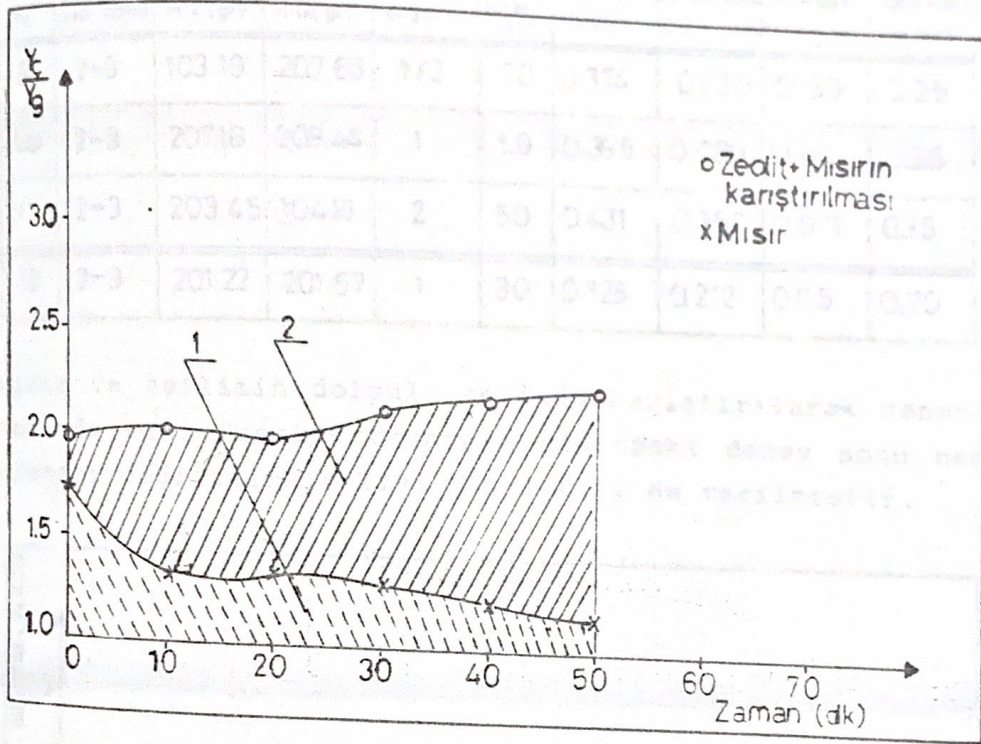


Şekil 4.10. Mısır ve zeolitin tabakalar halinde ve karışık olarak kolonda denemesinde $\Delta T_{\max}$ 'ın Mısır/Zeolit oranına göre değişimi

Bunun sebebi olarak kolonda mısırdan olan nem desorpsiyonu sonucu ortamda meydana gelen soğumanın, mısır ile

temas halinde bulunan zeolite daha etkili olarak yansıması gösterilebilir.

Mısır ve zeolitin karıştırılmak suretiyle denenmesinde, sadece mısırın ortam havası ile kurutulmasına nazaran sağladığı avantajları Şekil 4.11'de görmek mümkündür.



Şekil 4.11. Dolgulu kolonda mısır ve Mısır + Zeolitin karıştırılarak denenmesinde $Y_{\text{ç}}/Y_{\text{g}}$ 'nin zamanla değişimi

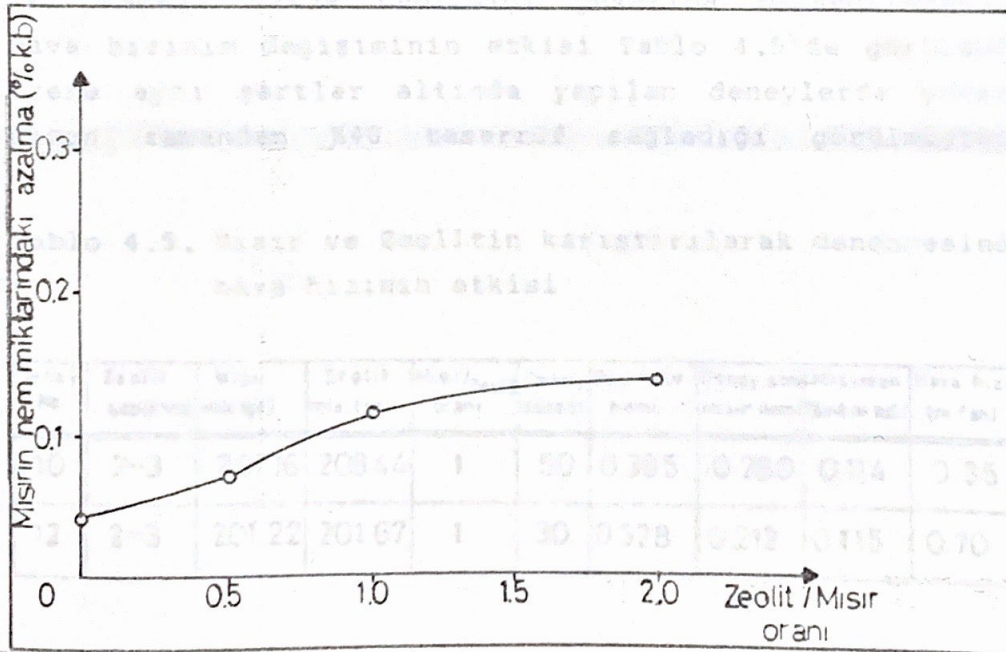
Şartları V. Bölüm Tablo 5.1'de verilen 11 ve 18 nolu deneylerin karşılaştırılması yapılmıştır. Burada mısır ile birlikte zeolit kullanılmasının avantajı olarak 2 nolu alan kadar daha fazla nem mısırdan desorbe olmuştur.

Yapılan deneylerde Mısır/Zeolit oranının, mısırdaki kurumaya etkisi araştırılmış ve zeolit oranı arttıkça mısırdaki kuruma yüzdesinin arttığı görülmüştür (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Mısır ve zeolitin karıştırılarak denenmesinde elde edilen deneysel sonuçlar

Deney No	Zeolit çapı (mm)	Mısır mik.(gr)	Zeolit mik.(gr)	Mısır/Zeolit oranı	Deney süresi (dk)	Baş.Mısır nemli	Deney sonu mısır nemli	Mısırdan %nem azl.	Hava hızı (m/sn)
9	2-3	103.19	207.63	1/2	70	0.374	0.235	0.139	0.35
10	2-3	207.16	208.44	1	50	0.395	0.280	0.114	0.35
11	2-3	203.45	104.18	2	50	0.431	0.357	0.071	0.35
12	2-3	201.22	201.67	1	30	0.328	0.212	0.115	0.70

Mısır ve zeolitin dolgulu kolonda karıştırılarak denenmesinde mısır/zeolit oranının mısırdaki deney sonu nem miktarı değişimine etkisi Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Sabit zamanda (50 dakikada) mısır ve zeolitin karıştırılarak denenmesinde Zeolit/Mısır oranının, mısırın nem miktarındaki azalmaya etkisi

Şekil 4.7'de gösterilen mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde Zeolit/Mısır oranının mısırdaki nem azalmasına etkisini ifade eden eğri ile Şekil 4.12'de verilen mısır ve zeolitin karıştırılmak suretiyle denenmesindeki Zeolit/Mısır oranının mısırdaki nem azalmasına etkisini ifade eden eğrinin karşılaştırılmasından mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesi, karıştırılmasına nazaran daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bunun sebepleri olarak;

a) Mısır ve zeolitin dolgulu kolonda, homojen olarak karışımının tam olarak sağlanamaması,

b) Kuru olan zeolitin ortamla temasında dahi nem kap-
tığı belirtilmişti, bu sebeple zeolit ve mısırın
karıştırılması esnasında, zeolitin ortamdan nem kapması
suretiyle adsorpsiyon ısısı girdisindeki azalma
söylenebilir.

Mısır ve zeolitin karıştırılarak denenmesi deneylerinin iki farklı hızda yapıldığı yukarıda bahsedilmiştir. Hava hızının değişiminin etkisi Tablo 4.5'de görüldüğü üzere aynı şartlar altında yapılan deneylerde yüksek hızın zamandan %40 tasarruf sağladığı görülmüştür.

Tablo 4.5. Mısır ve Zeolitin karıştırılarak denenmesinde hava hızının etkisi

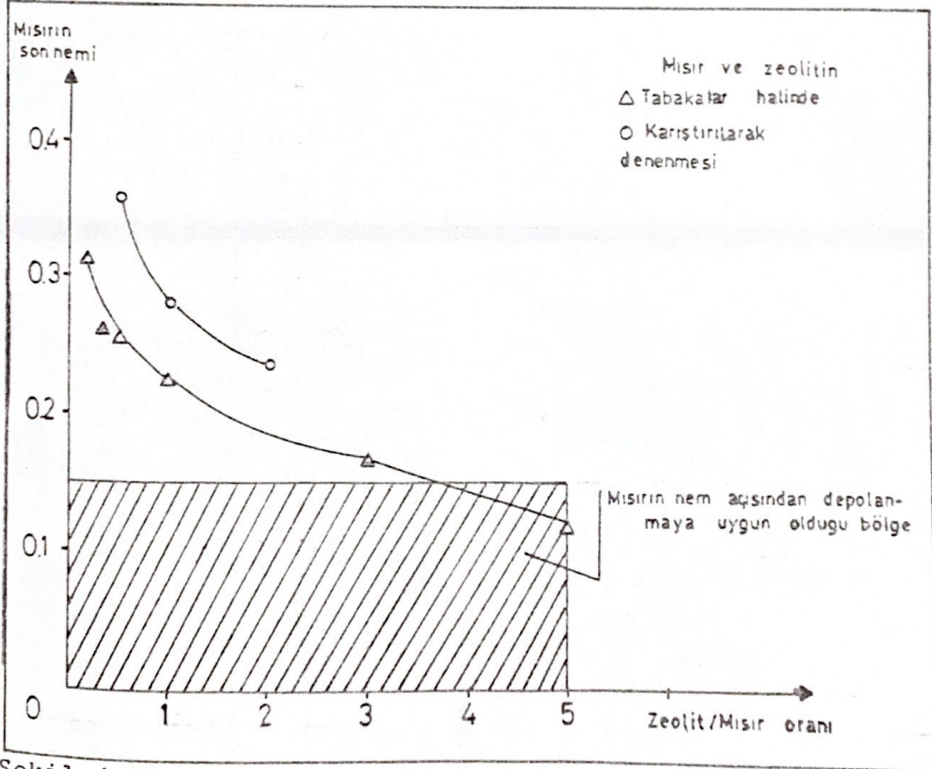
Deneş No	Zeolit çapı(mm)	Mısır mik.(gr)	Zeolit mik.(gr)	Mısır/Zeolit oranı	Deneş süresi	Baş.mısır nemi	Deneş sonu mısır nemi	Mısırdan %nem azl.	Hava hızı (m / sn)
10	2-3	207.16	208.44	1	50	0.395	0.280	0.114	0.35
12	2-3	201.22	201.67	1	30	0.328	0.212	0.115	0.70

Mısırdaki kuruma oranı açısından yüksek hızın yapılan deneylerde önemli bir avantaj teşkil etmediği çıkan sonuçlar arasındadır.

Mısır ve zeolitin dolgulu kolonda karıştırmak suretiyle denemesi, tabakalar halinde denemeye nazaran mısırdaki aynı nem oranı ve kuruma zamanı açısından (V. Bölümde Şekil 5.9'da (3) ve (10) nolu eğriler karşılaştırıldığında 0.6 MR'ye ulaşabilmek için) daha olumlu sonuç vermiştir.

Mısır ve Zeolitin karıştırılmasıyla yapılan deneylerde aynı nem oranına ulaşabilmek için 50 dakika, tabakalar halinde denemede ise 90 dakikalık süreye ihtiyaç olduğu görülmektedir. böylece mısır ve zeoliti karıştırmak suretiyle deneme, zaman açısından %40 tasarruf sağlamıştır.

Zeolit/Mısır oranına bağlı olarak mısırın son neminin değişimi Tablo 4.1. ve 4.3'den alınan değerlerle Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Mısır ve zeolitin kolonda denemesinde Zeolit/Mısır oranının mısırın son nemindeki değişmeye etkisi

Nemli olan mısırın depolanabilmesi için bünyesinde bulunması gerekli nem miktarının %10-15 (kuru baz olarak) arasında olması gerektiği belirtilmişti. Buna göre Şekil 4.13'de Zeolit/Mısır oranının mısırın son nemine etkisi sonuçlarındanda görüldüğü üzere, zeolit kullanımı yardımıyla mısırın depolanabilmesi için Zeolit/Mısır oranının [5] olarak tutulması uygun olacaktır. Bu oranla kurutulma denemesinde mısırın nemi 0.12045'e düşürülmüştür. Bu ise mısırı depolamak için yeterli nem miktarı sayılır.

Tablo 5.1. İzmir İl Kültür Varlıkları ve Anıtları Genel Müdürlüğü

Sıra No	Deneyi	Deneyin	Deneyin	Deneyin	Deneyin	Deneyin	Deneyin	Deneyin	Deneyin	Deneyin
		Yeri	Yeri	Yeri	Yeri	Yeri	Yeri	Yeri	Yeri	Yeri
1	Deneyi	2-3	0,70	90	41,24	20,30	1/5	0,361	0,415	0,361
2	"	"	"	90	66,32	30,24	1/2	0,386	0,371	0,275
3	"	"	"	90	20,46	17,00	1	0,380	0,175	0,19
4	"	"	"	76	2,641	10,06	2	0,376	0,263	0,27
5	"	"	"	20	20,67	60,00	2	0,360	0,360	0,207
6	"	"	"	50	24,36	15,6	6	0,373	0,340	0,67
7	"	4-4,76	"	80	20,47	20,00	1	0,400	0,179	0,00
8	"	"	"	70	20,16	10,24	2	0,355	0,147	0,06
9	Karşılaştırmalı	2-3	0,35	60	11,39	20,63	1/2	0,304	0,236	0,19
10	"	"	"	50	20,16	20,44	1	0,300	0,260	0,14
11	"	"	"	50	20,45	10,45	2	0,37	0,205	0,17
12	"	"	0,70	20	20,22	20,57	1	0,375	0,277	0,19
13	Deneyi	4-4,76	0,35	84	—	66,3	—	—	—	—
14	"	2-3	0,35	52	—	20,49	—	—	—	—
15	"	2-3	0,35	90	—	42,0	—	—	—	—
16	"	2-3	0,1237	126	—	57,25	—	—	—	—
17	Deneyi	—	0,35	52	19,73	—	—	0,361	0,371	0,361
18	Deneyi	2-3	0,35	80	—	20,30	—	—	—	—

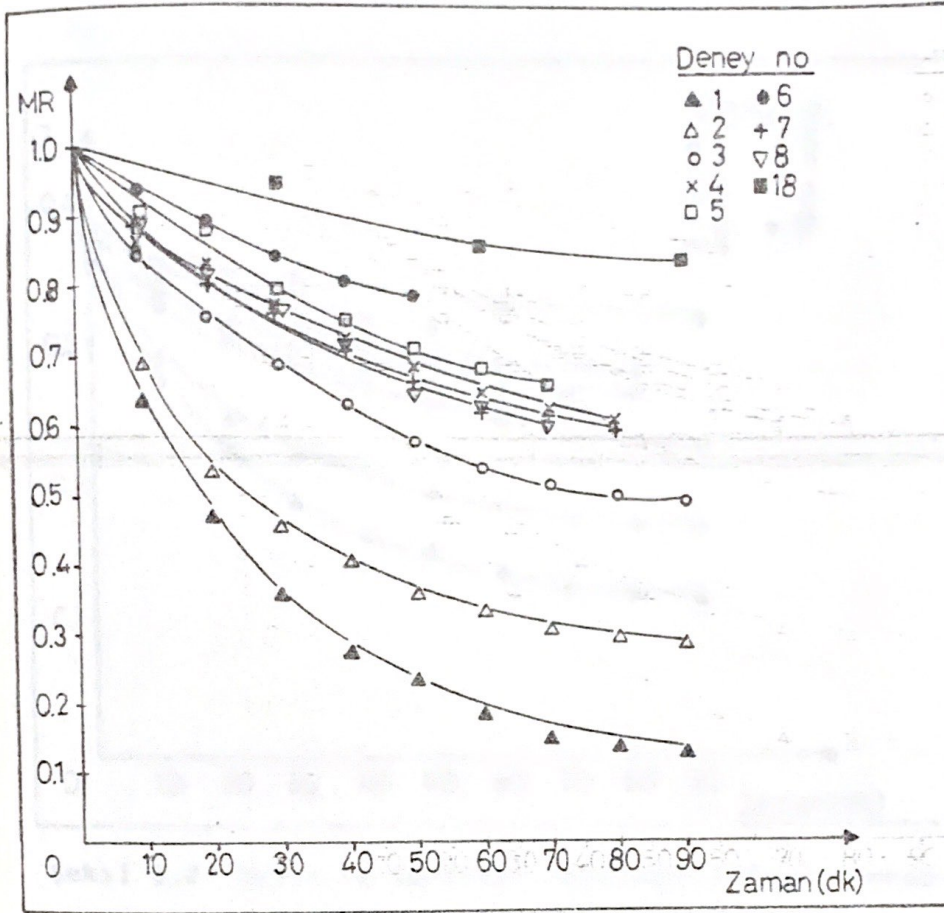
BÖLÜM V

DENEYSEL EĞRİLER

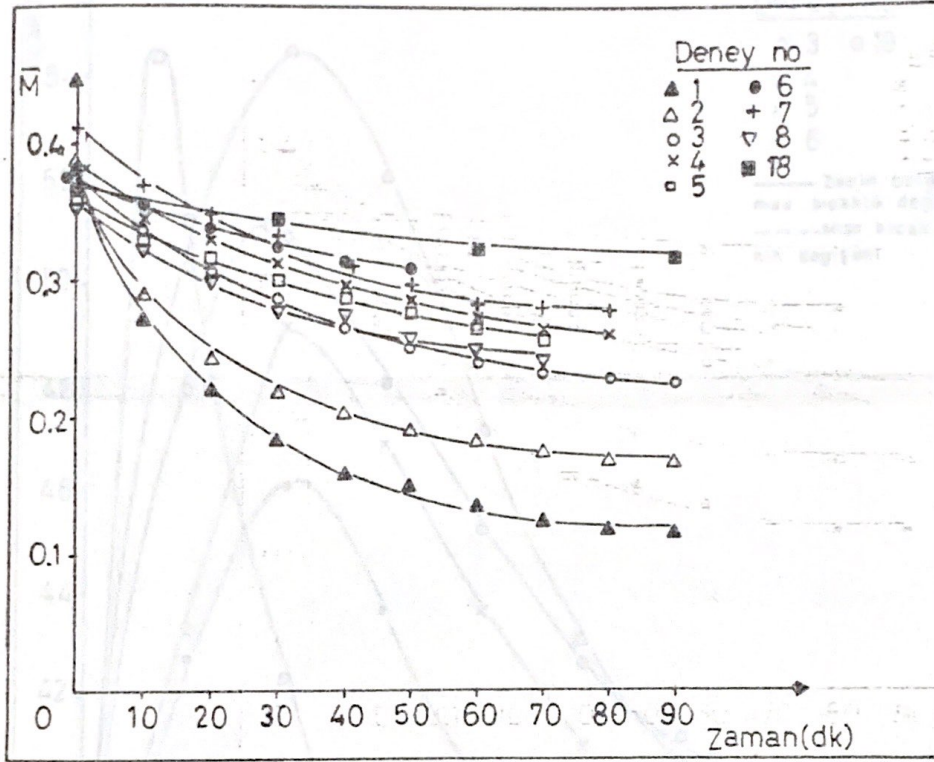
5.1. ZEOLİT YARDIMIYLA, MISIR KURUTMA DENEYSEL EĞRİLERİ

Tablo 5.1. Zeolit yardımıyla Mısır kurutma deney koşulları

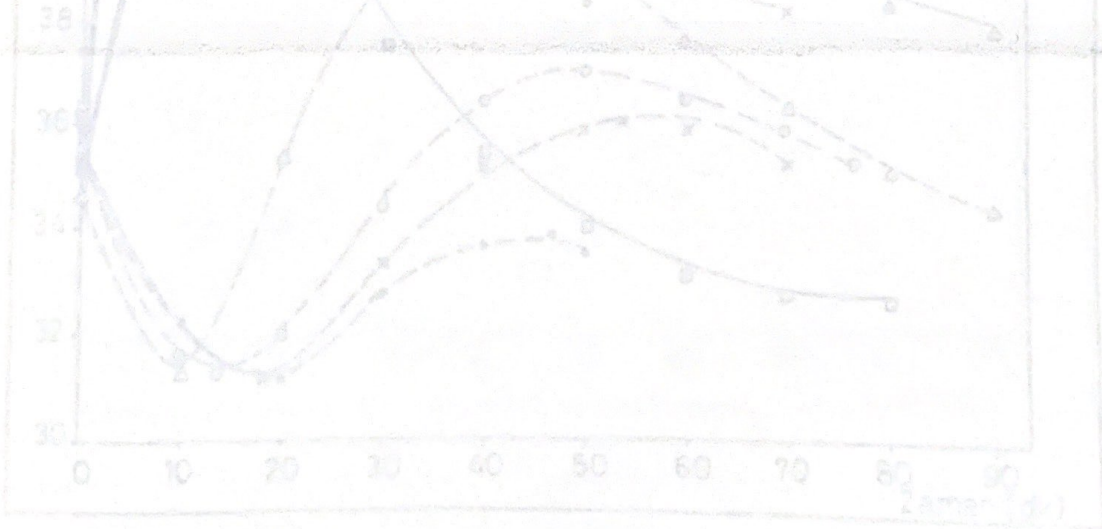
Deney no	Deney cinsi	Zeolit çapı (mm)	Hava hızı (m/s)	Deney süresi (dk)	Mısır miktarı (gr)	Zeolit miktarı (gr)	Mısır/Zeolit oranı	Başlangıç mısır nemi	Deney sonu mısır nemi	Mısırdan %nem azl.
1	Tabakalar halinde	2÷3	0,35	90	40.26	204,33	1/5	0,381	0,120	0,260
2	"	"	"	90	66.12	202,30	1/3	0,386	0,171	0,214
3	"	"	"	90	204,86	226,90	1	0,380	0,228	0,151
4	"	"	"	76	206,44	101,06	2	0,385	0,263	0,121
5	"	"	"	70	201,07	68,86	3	0,360	0,263	0,097
6	"	"	"	50	44,36	69,45	6	0,373	0,310	0,062
7	"	4÷4,76	"	80	198,47	203,85	1	0,410	0,279	0,130
8	"	"	"	70	205,61	103,34	2	0,355	0,247	0,108
9	Karışık olarak	2÷3	0,35	68	103,19	207,63	1/2	0,374	0,235	0,139
10	"	"	"	50	207,16	208,44	1	0,395	0,280	0,114
11	"	"	"	50	203,45	104,18	2	0,431	0,358	0,0714
12	"	"	0,70	30	201,22	201,67	1	0,328	0,212	0,115
13	Rejenerasyon deneyi	4÷4,76	0,35	84	—	664,8	—	—	—	—
15	"	2÷3	0,35	52	—	209,49	—	—	—	—
16	"	2÷3	0,35	90	—	421,0	—	—	—	—
17	"	2÷3	0,2237	136	—	673,25	—	—	—	—
18	Mısır deneyi	—	0,35	52	197,31	—	—	0,362	0,321	0,041
19	Zeolit deneyi	2÷3	0,35	80	—	204,38	—	—	—	—



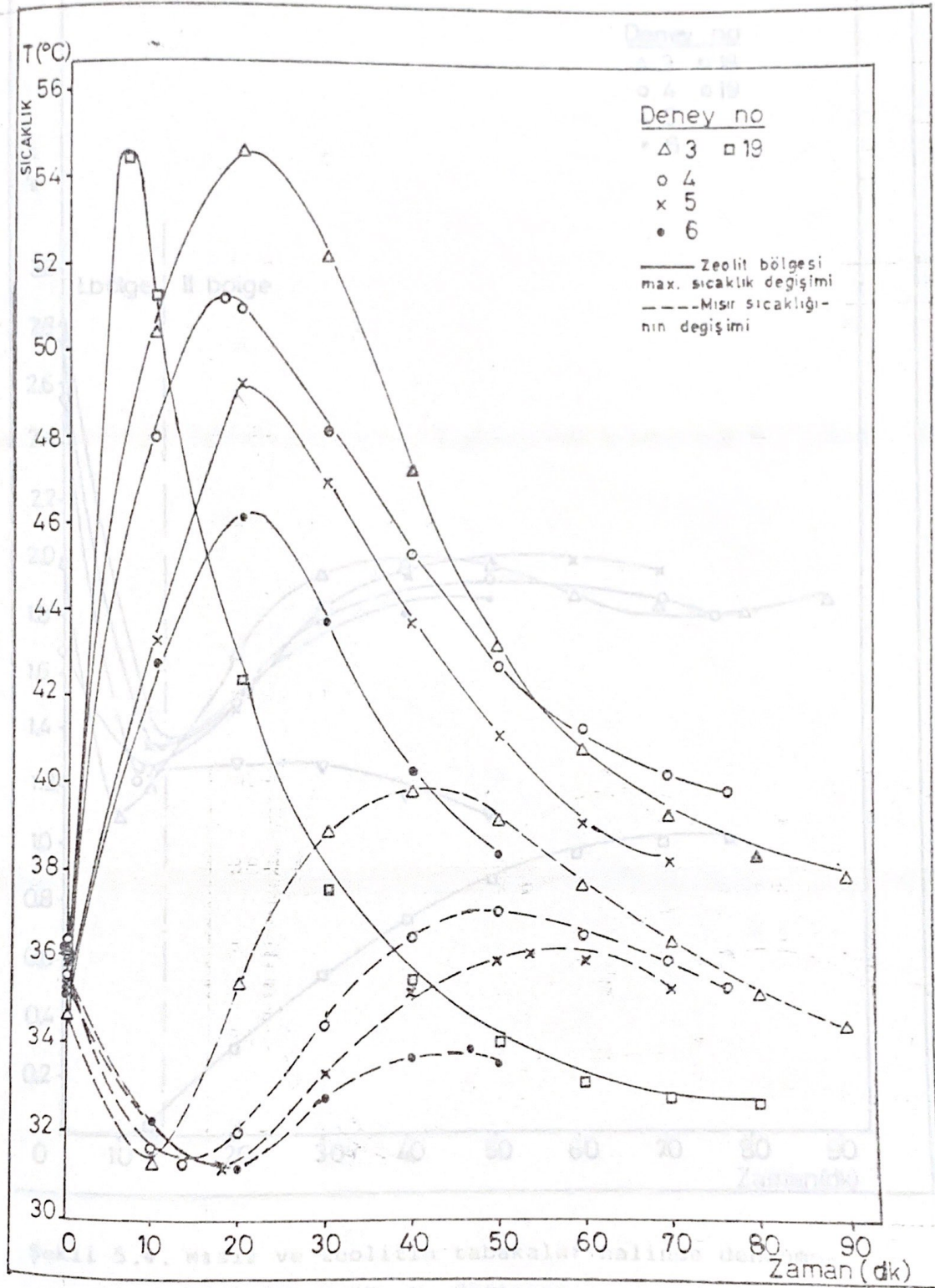
Şekil 5.1. Mısır ve Zeolitin tabakalar halinde denenmesinde, mısır için boyutsuz kuruma eğrisi



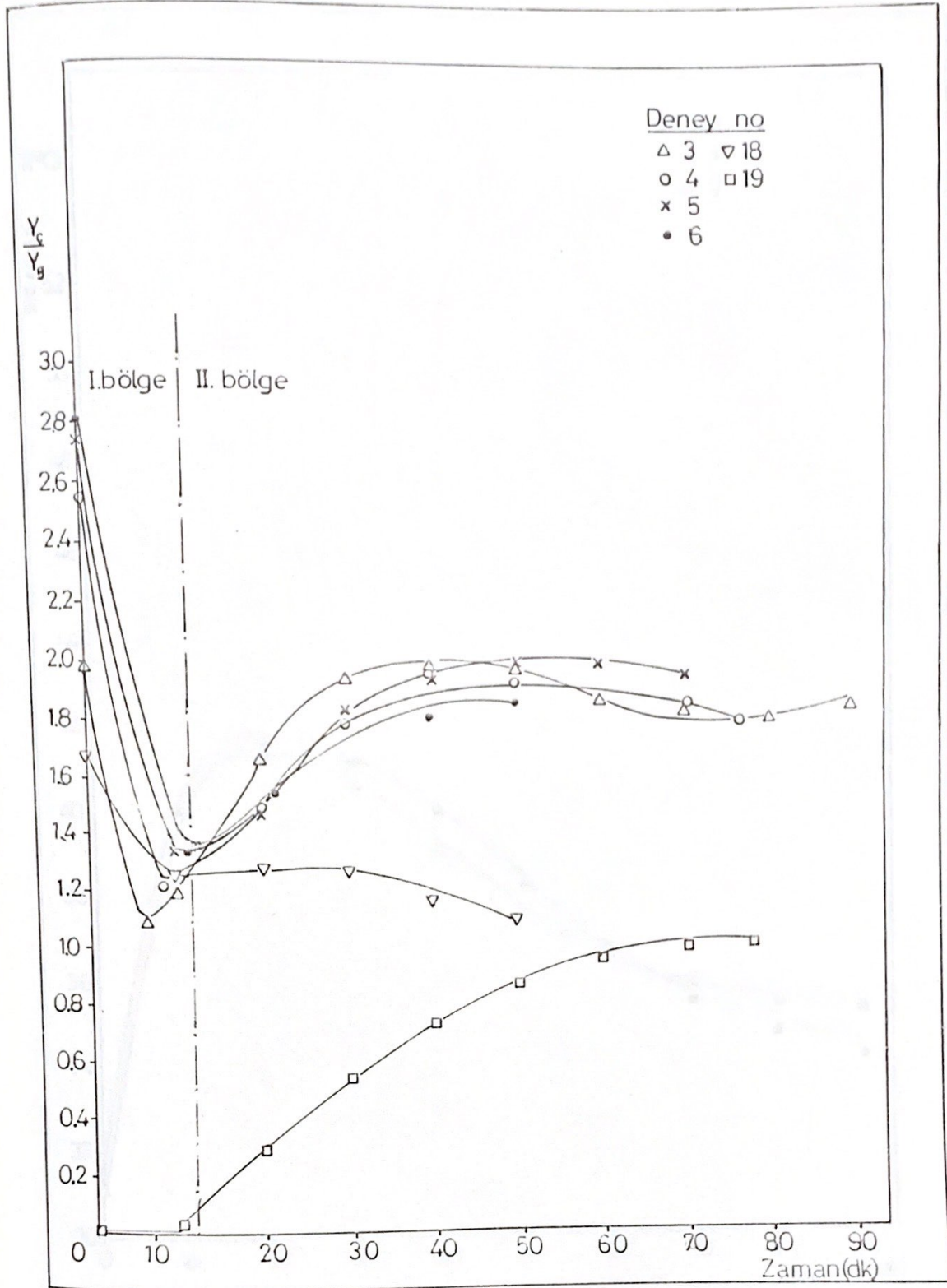
Şekil 5.2. Mısır ve Zeolitin tabakalar halinde denemesinde, mısırdaki M-t değişimi



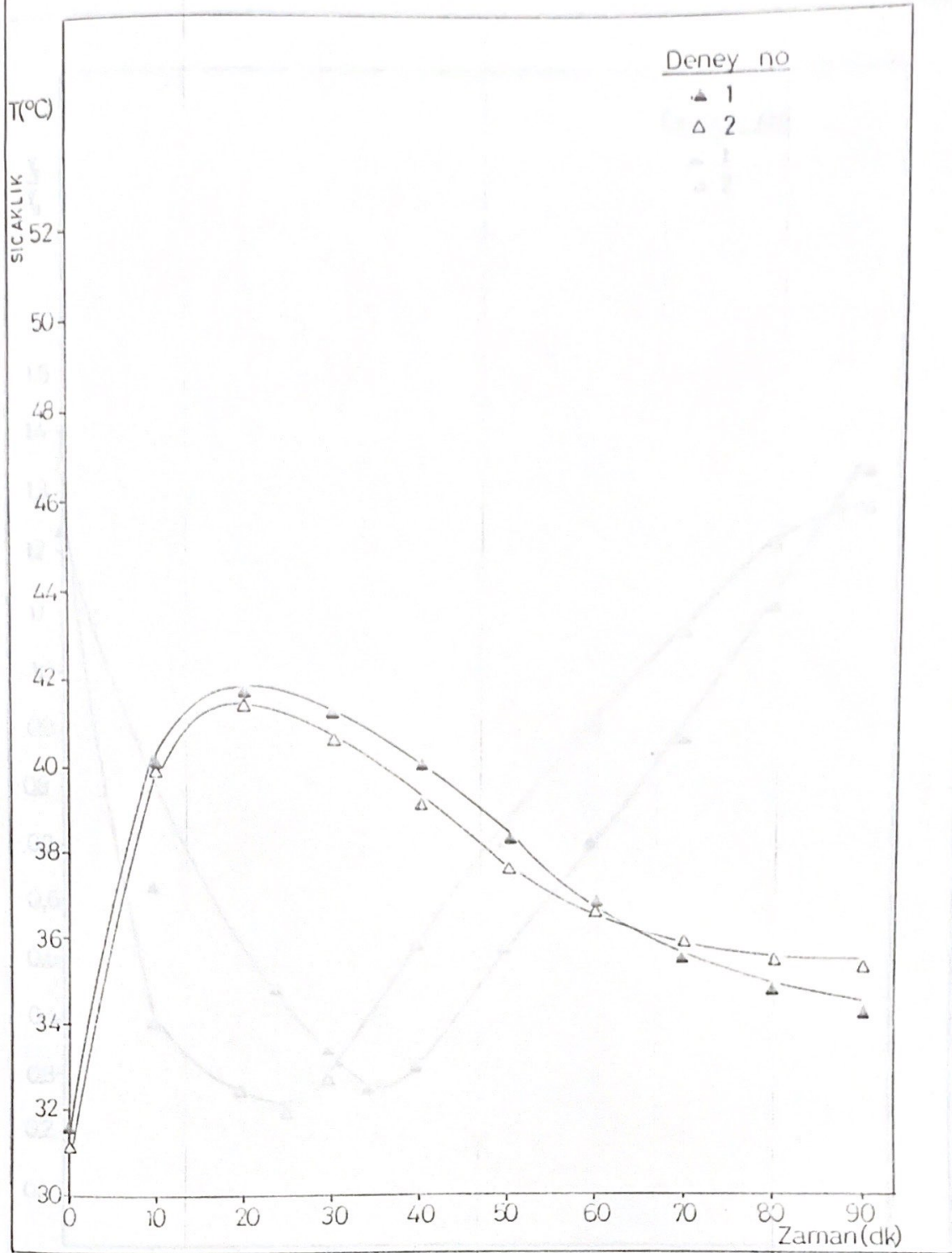
Şekil 5.3. Mısır ve Zeolitin tabakalar halinde denemesinde, kolondaki zeolit ve mısır tabakalarının zamanla bağlı değişimi



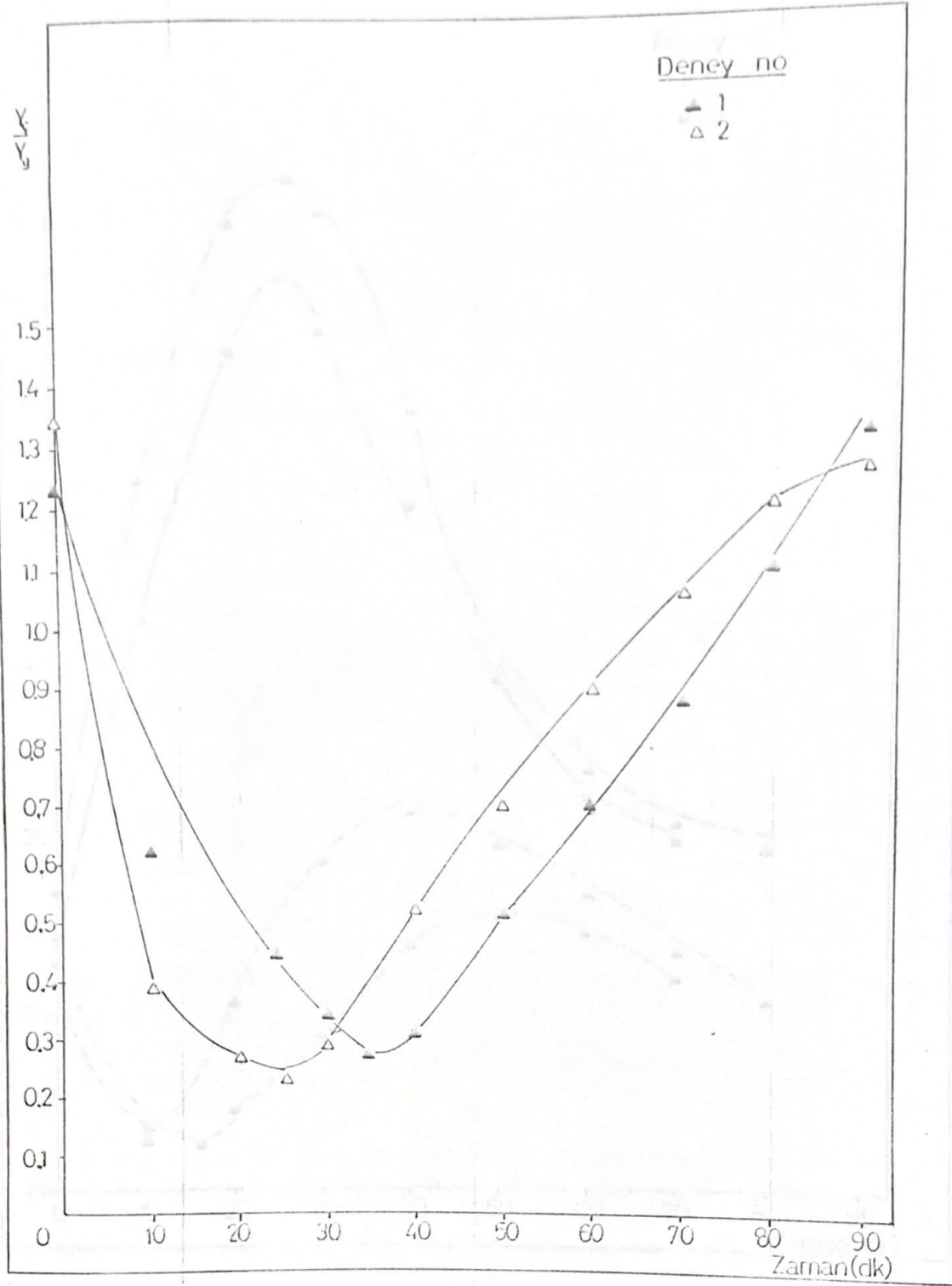
Şekil 5.3. Mısır ve Zeolitin tabakalar halinde denenmesinde, kolondaki zeolit ve mısır sıcaklığının zamana bağlı değişimi



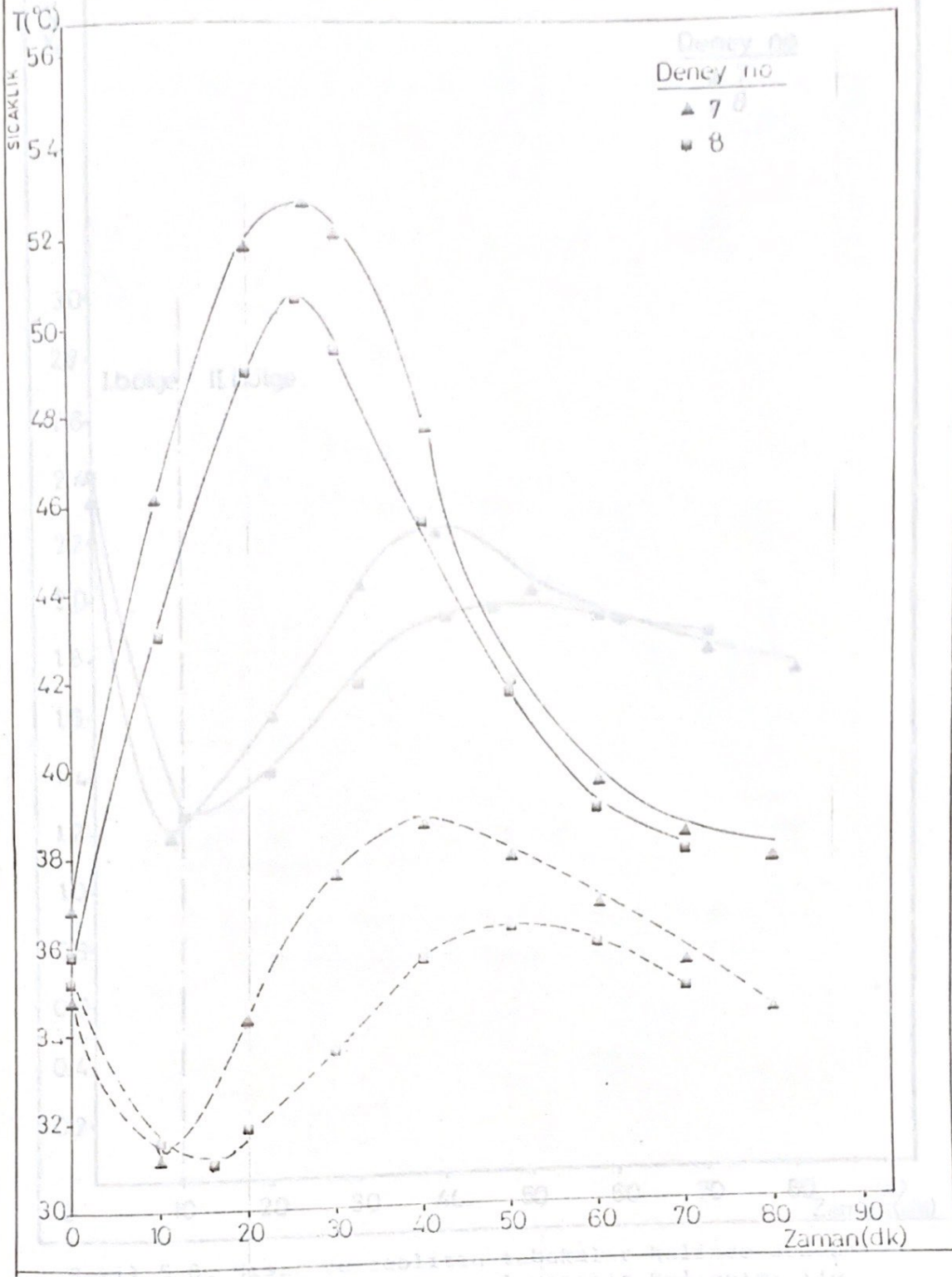
Şekil 5.4. Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenmesinde $Y_{\check{c}}/Y_g$ -t değişimi



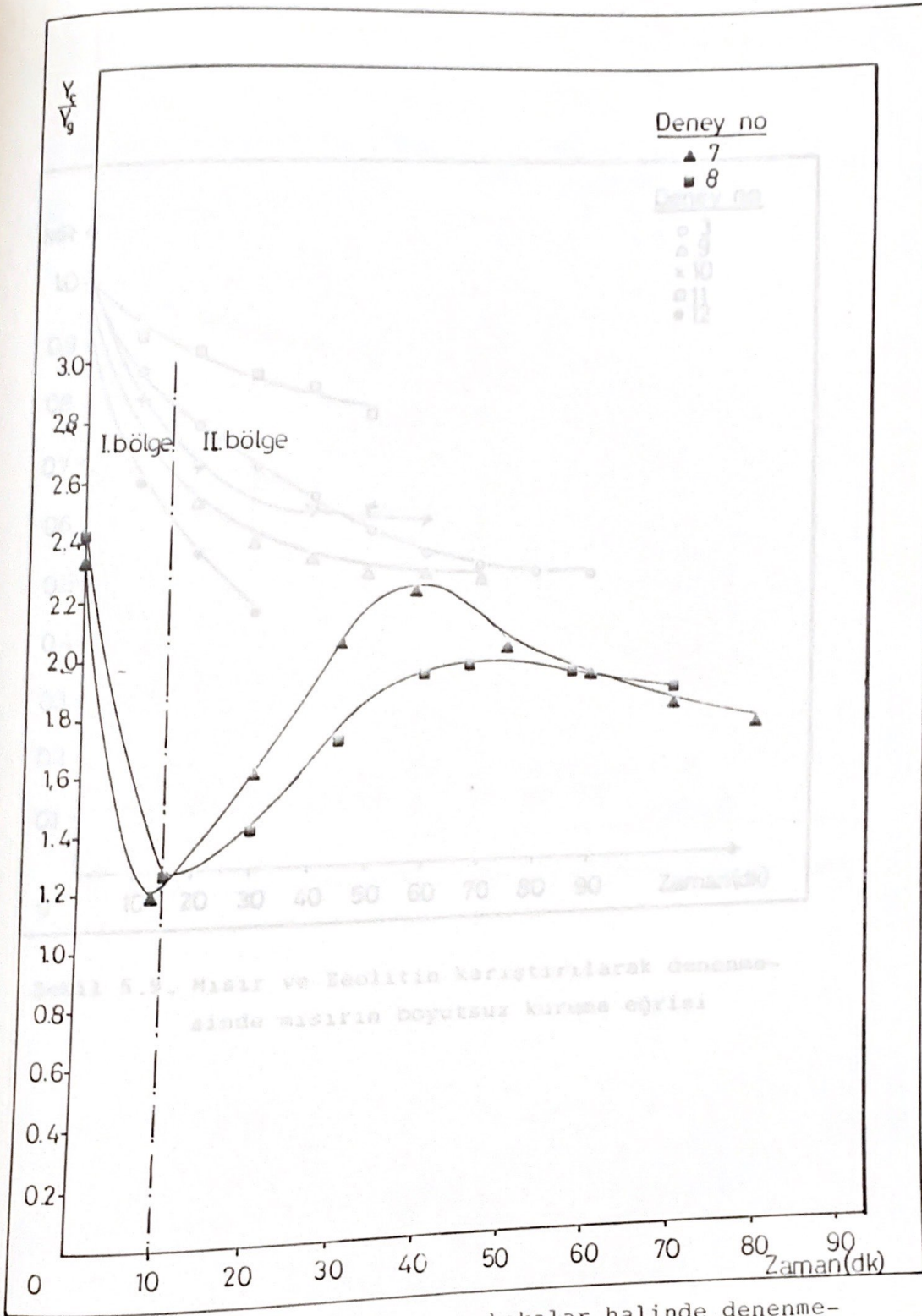
Şekil 5.5. Mısır ve zeolitın tabakalar halinde denenmesinde, Zeolit/Mısır oranının yüksek olması durumunda kolondaki zeolit sıcaklığının zamana bağlı değişimi



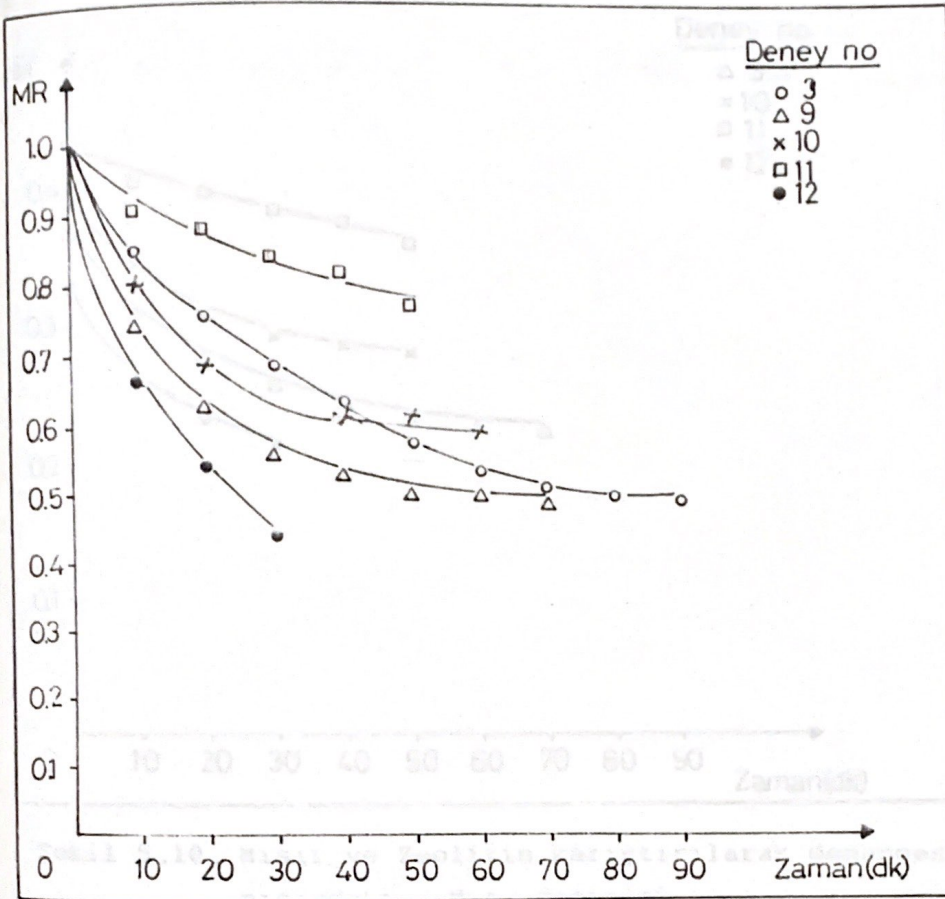
Şekil 5.6. Mısır ve Zeolit tabakalar halinde denenmesinde, Zeolit/Mısır oranının yüksek olması durumunda, Y_c/Y_g 'nin zamana bağlı değişimi



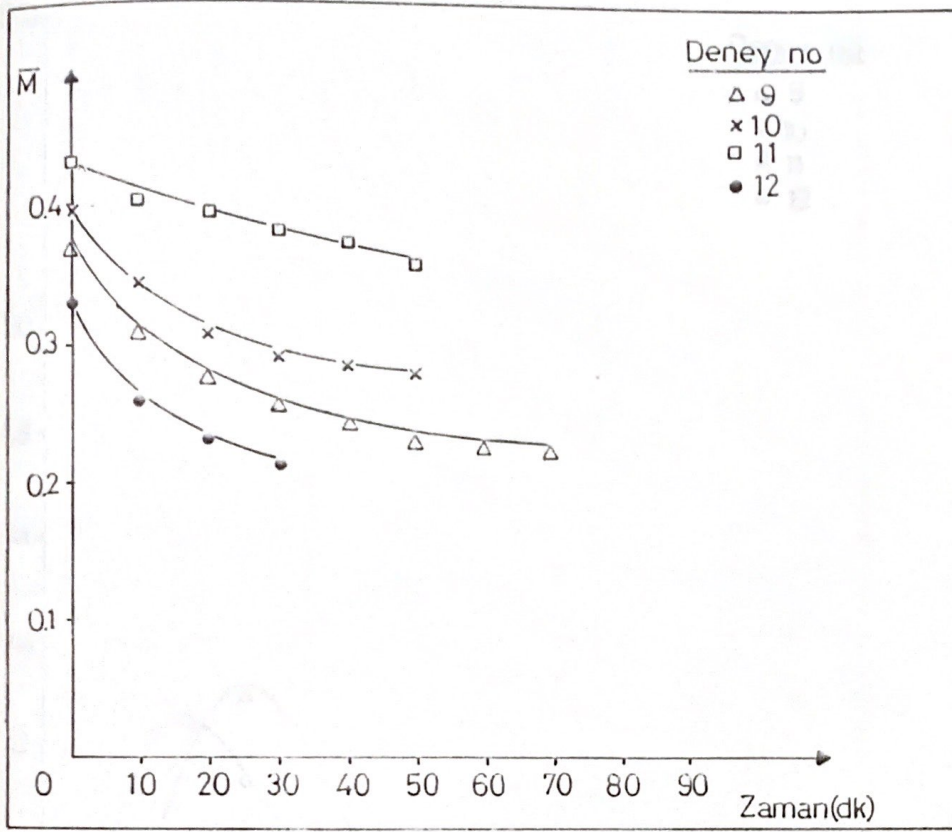
Şekil 5.7. Mısır ve Zeolit'in tabakalar halinde denenmesinde, iri tane çaplı zeolit kullanımı ile kolondaki mısır ve zeolit sıcaklıklarının zamanla değişimi



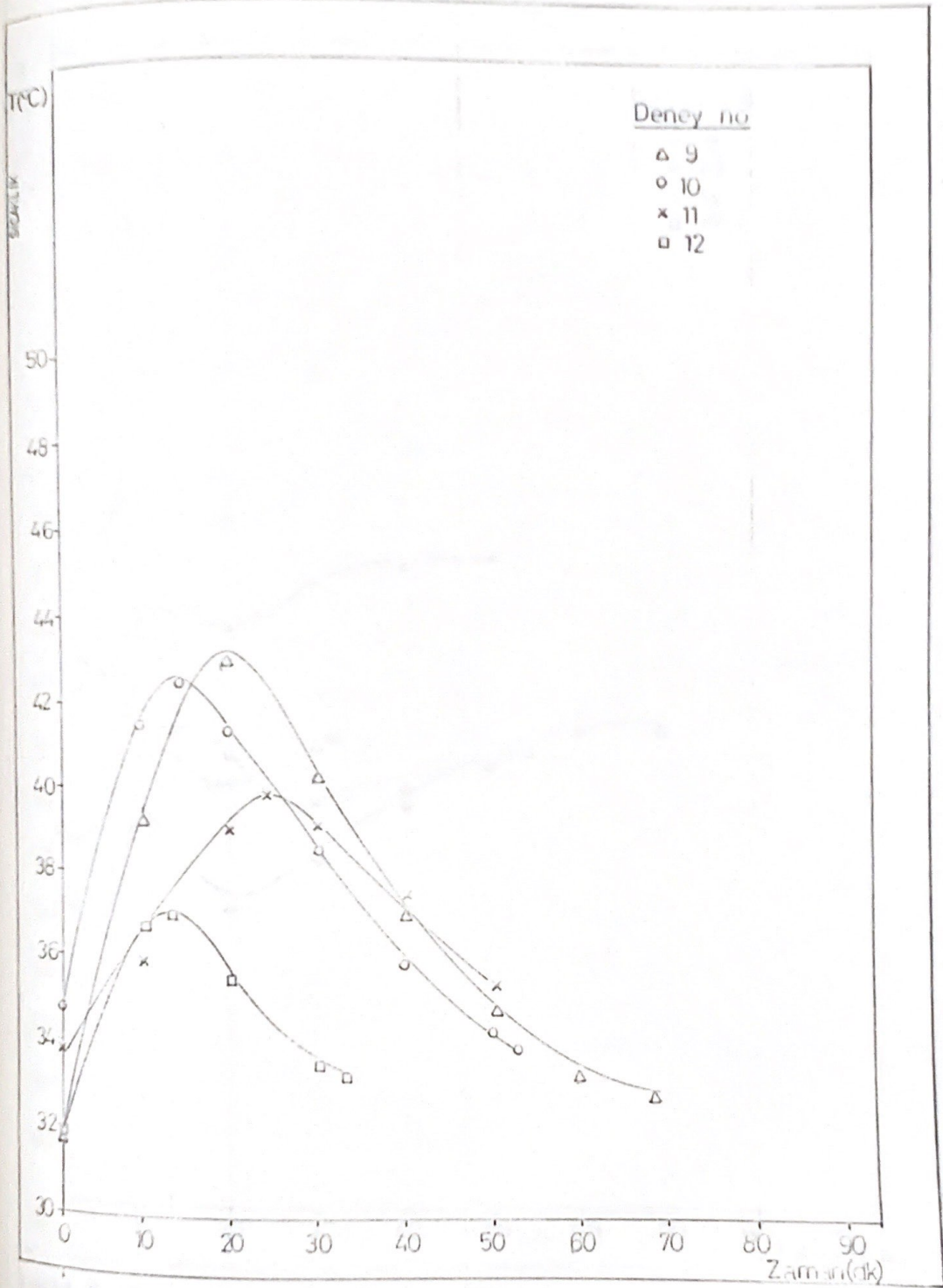
Şekil 5.8. Mısır ve zeolitin tabakalar halinde denenme-
sinde iri tane çaplı zeolit kullanımı ile
kolondaki Y_c/Y_g 'nin zamanla değişimi



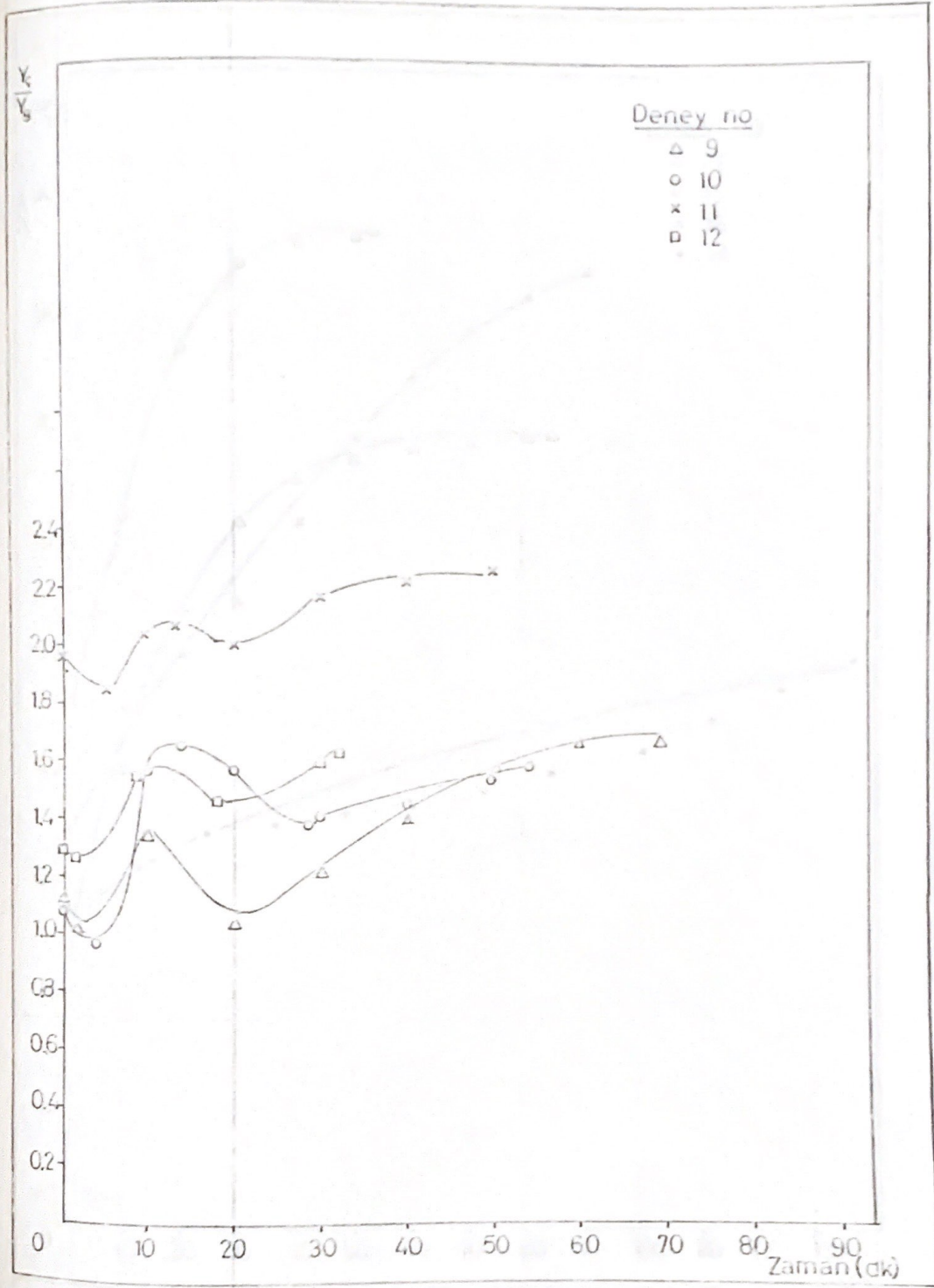
Şekil 5.9. Mısır ve Zeolitin karıştırılarak denenmesinde mısırın boyutsuz kuruma eğrisi



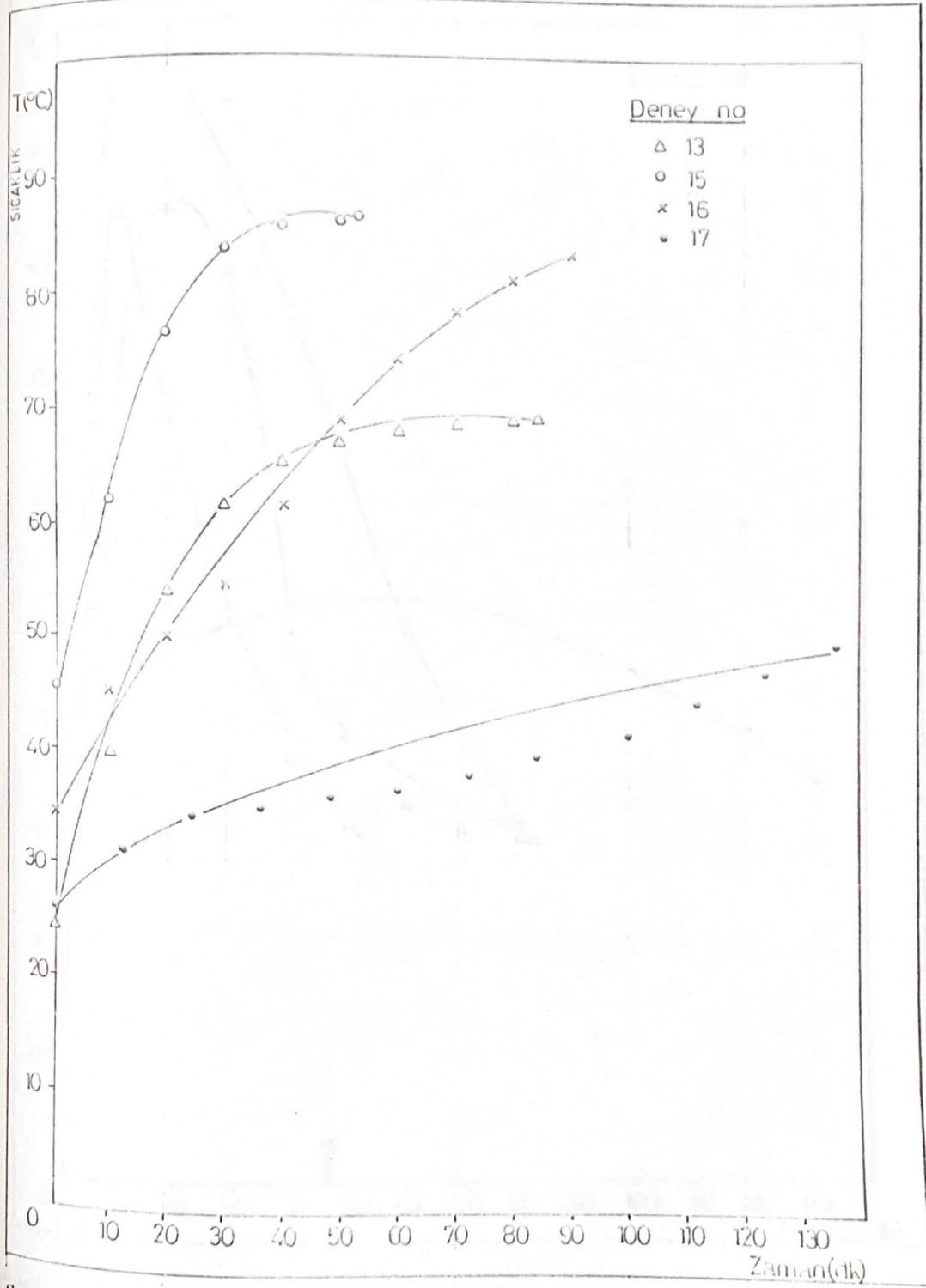
Şekil 5.10. Mısır ve Zeolitin karıştırılarak denenmesinde mısırdaki M-t değişimi



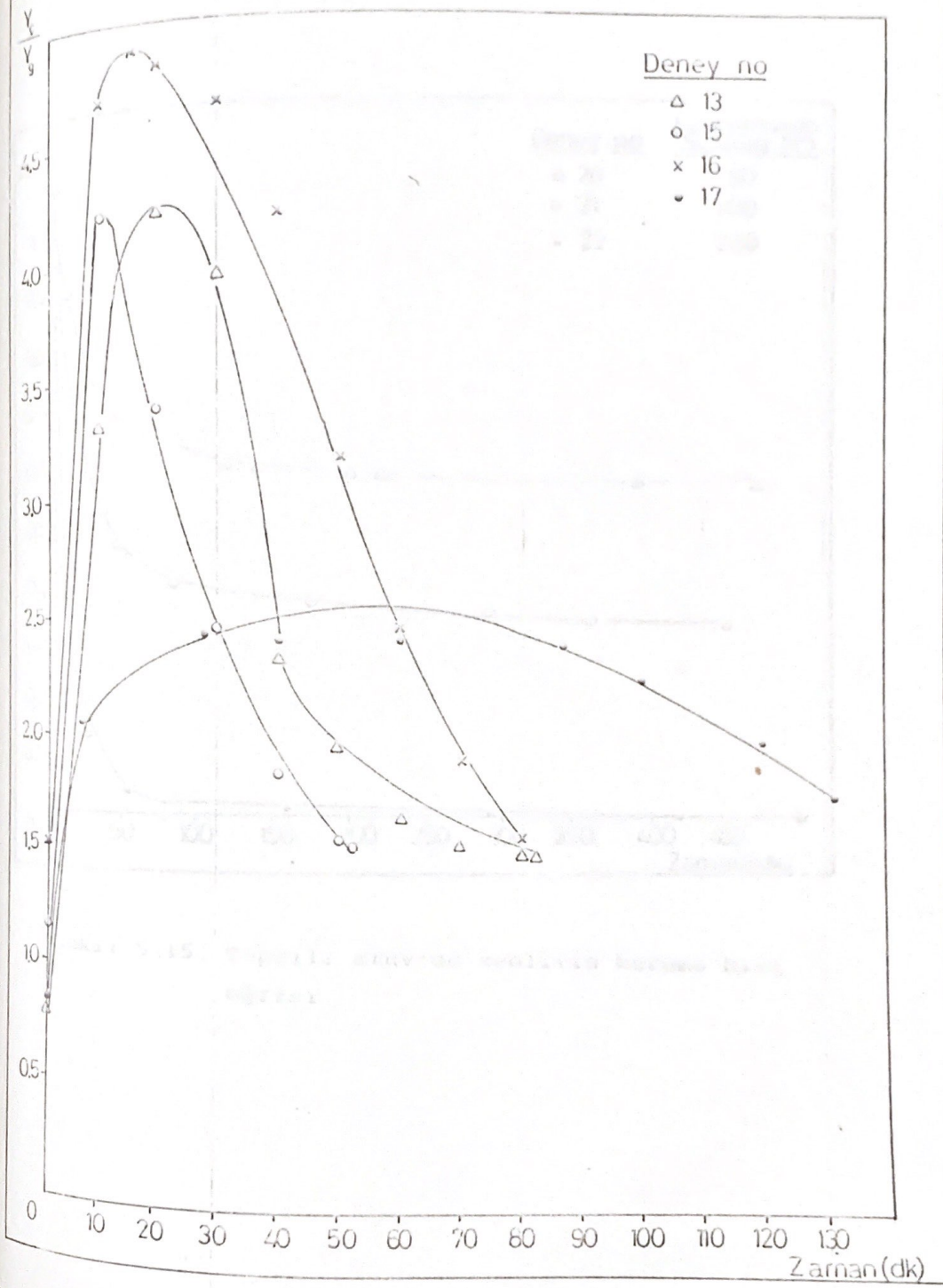
Şekil 5.11. Mısır ve Zeolitin karıştırılarak denenmesinde kolondaki maximum sıcaklığın zamanla değişimi



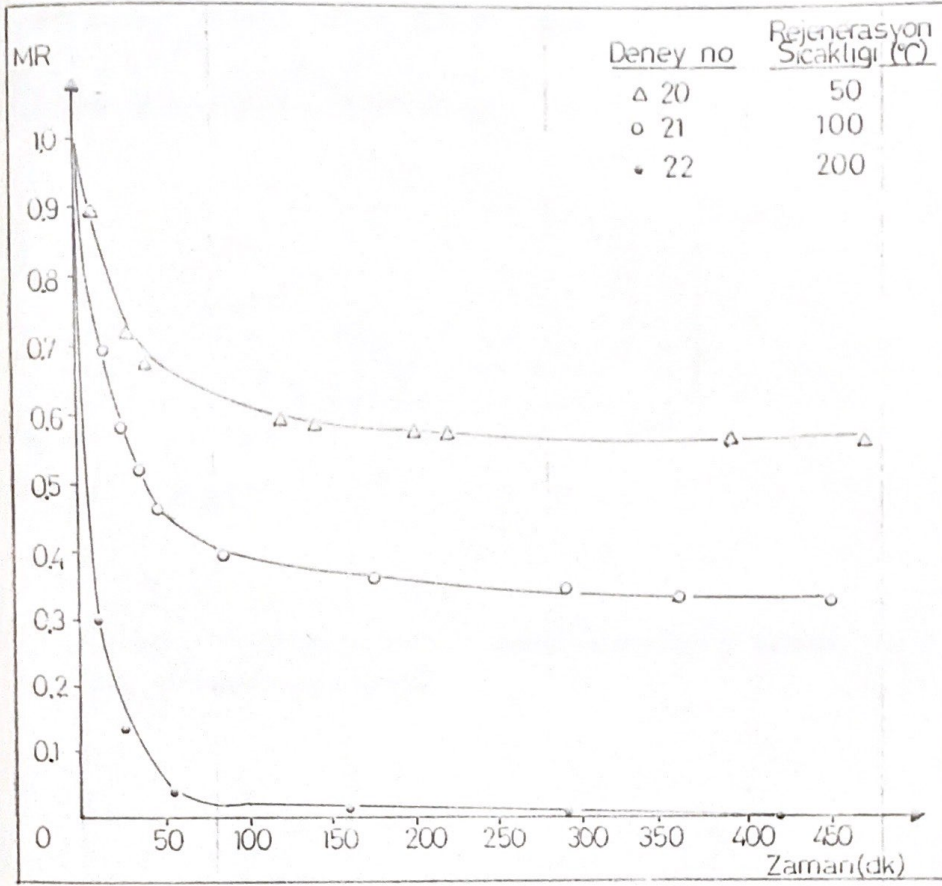
Şekil 5.12. Mısır ve Zeolitin karıştırılarak denenmesinde kolondaki Y_c/Y_g 'nin zamanla değişimi



Şekil 5.13. Zeolitin farklı kolon yüksekliği, çap ve sıcaklıklarında rejenerasyonunda rejenerasyonunda sıcaklığının zamanla değişimi



Şekil 5.14. Zeolitin farklı kolon yüksekliği, çap ve sıcaklıklarında rejenerasyonunda sıcaklığının zamanla değişimi



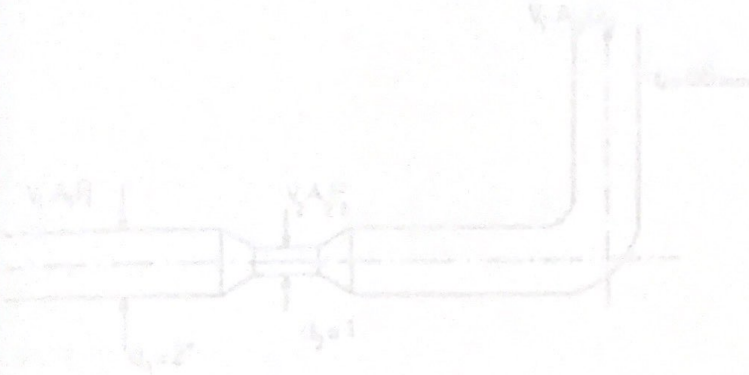
Şekil 5.15. Tepsili etüv'de zeolitin kuruma hızı eğrisi

BÖLÜM VI

S İ L E S

2.1. KOLONDAKİ HIZIN HESAPLANMASI

Akışkan hızının hesaplanması



Kolonadaki akışkan hızının hesaplanmasında Bernoulli eşitliğinden yararlanılarak,

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_k$$

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = \text{sabit}$$

Aşağıda:

$$1) z_1 = z_2 = z$$

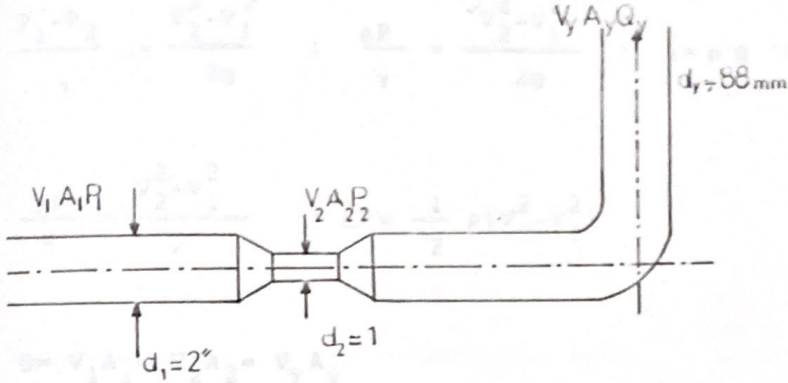
$$2) h_k = 0$$

BÖLÜM VI

E K L E R

EK 1. KOLONDAKİ HIZIN HESAPLANMASI

Akışkan hızının hesaplanması



Kolondaki akışkan hızının hesaplanmasında Bernoulli eşitliğinden yararlanılarak,

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_k$$

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = \text{sabit}$$

Kabuller:

i) $z_1 = z_2 = z$

ii) $h_k = 0$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} ; \quad \frac{\Delta P}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} ; \quad \gamma = \rho g \text{ 'den}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} ; \quad \Delta P = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (1)$$

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = v_y A_y$$

$$v_1 = \frac{A_2}{A_1} v_2 ; \quad v_1 = \frac{d_2^2}{d_1^2} v_2$$

$$d_1 = 2d_2 \text{ 'den} ; \quad v_1 = \frac{d_2^2}{(2d_2)^2} v_2 = \frac{v_2}{4} \quad (4)$$

$$v_2 = 4v_1 \quad (2)$$

(2) nolu eşitlik (1)'de yerine konulursa;

$$\Delta P = 7.5 \rho v_1^2 \text{ bulunur}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{\Delta P}{7.5 \rho}}$$

Havanın 300°K deki yoğunluğu

$\rho = 1.183 \text{ kg/m}^3$ alınır

$$v_1 = \sqrt{\frac{\Delta P}{7.5 \times 1.183}} ; v_1 = 0.3357 \sqrt{\Delta P} \quad (3)$$

$$v_y = \frac{A_1}{A_y} v_1$$

Deney setinden ölçülen değerlere göre;

$d_1 = 50.8 \text{ mm}$

$d_2 = 88 \text{ mm}$

$$v_y = \frac{(0.0508)^2}{(0.088)^2} \cdot v_1 ; v_y = 0.333 \cdot v_1 \quad (4)$$

(3) denklemi (4)'de yerine konulursa;

$$v_y = 0.333 \times 0.357 \cdot \sqrt{\Delta P}$$

$$v_y = 0.11187 \sqrt{\Delta P}$$

$$Q_y = 6.804 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\Delta P} \text{ bulunur.}$$

Burada;

$\Delta P = (\text{Pascal}) : \text{Basınç farkı}$

$v_y = (\text{m/sn}) : \text{Yataktaki akışkan hızı}$

$Q_y (\text{m}^3/\text{sn}) : \text{Yataktaki akışkan debisi}$

EK 2. BAZI ADSORBENTLERE AİT FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Bazı Adsorbentlerin Adsorpsiyon Mertebeleri

Yapılan deneylerde farklı türdeki adsorbentlerin değişik sıcaklık ve zaman aralıklarında (nem desorpsiyonu) kurutulması sonucu adsorbentteki adsorpsiyon kapasiteleri şu şekilde belirlenmiştir [7] .

Tablo 6.1. Adsorbentlerdeki adsorpsiyon kapasiteleri
(kg H₂O/kg adsorbent)

Adsorbent Cinsi	110 °C		150 °C		200 °C		250 °C	
	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h
Charcoal	0.093	0.14	0.19	0.14	0.12	0.16	0.12	0.16
Aktif Alüminyum	0.064	0.11	0.62	0.11	0.068	0.12	0.073	0.13
Silikajel	0.054	0.10	0.060	0.11	0.060	0.12	0.063	0.11
<u>Zeolitler</u>								
4A	0.053	0.092	0.050	0.095	0.072	0.13	0.067	0.12
5A	0.049	0.082	0.050	0.089	0.070	0.12	0.070	0.12
13X	0.086	0.12	0.091	0.16	0.10	0.19	0.12	0.12
<u>Doğal Zeolit</u>								
2-3 mm çapta					0.114			
3-4 mm çapta					0.127			
4-4.76 mm çaplı					0.110			
4.76 mm üzeri çaplı					0.105			

* Doğal zeolitlerin adsorpsiyon kapasitesi, Amonyum klorür çözeltisiyle sabit nem ortamında tesbit edilmiştir .

Doğal Zeolitlere ait Isı İletim Katsayıları ve Yoğunlukları:

Değişik çaplardaki zeolitlerin ısı iletim katsayıları ve yoğunlukları aşağıda sunulmuştur.

Tablo 6.2. Doğal zeolitlerin ısı iletim katsayıları ve yoğunluklarının tane çapıyla değişimi

ÇAP	ISI İLETİM KATSAYILARI (W/m^2K)		YOĞUNLUK (kg/m^3)
	NEMLİ ZEOLİT	KURU ZEOLİT	
0-2 mm	0.1677	-	961
2-3 mm	0.1806	-	823.7
3-4 mm	0.1895	0.1237	808.7
4-4.76 mm	0.1826	-	-
4.76-9.51 mm	-	0.1547	-

Doğal Zeolitlerin Efektif Difüzivite Mertebeleri:

Bazı doğal zeolitlere ait kısa ve uzun zaman aralıklarında efektif difüzivite mertebeleri Tablo 6.3'de gösterilmiştir.

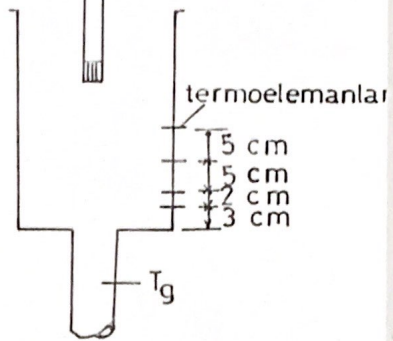
Tablo 6.3. Bazı zeolitlere ait efektif difüzyivite mertebeler

No	Zeolit Cinsi	Deney Sıcaklığı (°C)	Tane Çapı (mm)	Eşdeğer Yarıçap ($\times 10^{-3}$ m)	UZUN ZAMAN ARALIĞINDA		KISA ZAMAN ARALIĞINDA	
					Doğru Eğimi ($\times 10^{-5}$)	Efektif Difüzyivite (m^2/sn) $\times 10^{-11}$	Doğru Eğimi $\times 10^{-5}$	Efektif Difüzyivite (m^2/sn) $\times 10^{-11}$
1	Yeşil Zeolit	20	2-3	1.452	5.037	1.075	1.119	0.646
2	Yeşil Zeolit	20	3-4	1.676	5.096	1.450	1.388	1.068
3	Yeşil Zeolit	20	4-467	2.193	3.410	1.661	0.892	1.176
4	Yeşil Zeolit	20	4.761 üzeri	2.834	3.625	2.949	1.057	1.869
5	Beyaz Zeolit	20	2-3	1.452	7.935	1.695	2.317	1.339
6	Beyaz Zeolit	20	3-4	1.676	6.271	1.784	2.865	2.206
7	Beyaz Zeolit	20	4-4.76	2.193	7.036	3.428	2.279	3.004

KİSİR ve ZEOLİTİN TAŞAKALAR HALİNDE
 ORTAN SICAKLIĞI : 31.6 C
 ORTAN BAĞIL NEMİ : 1.17
 HAVA HIZI : 0.35 m/sn

t Zaman	TG Giris	T3 3 cm	T5 5 cm	T10 10 cm	RH Cikis bn	TMAX (T3-TG)	Yc Cikis m	Yc/Yg
0	31.6	31.8	31.6	32.1	0.200	0.2	0.00584	1.24042
2	31.8	35.9	33.4	31.9	0.160	4.1	0.00461	0.97923
4	31.9	39.5	34.7	32.3	0.110	7.6	0.00324	0.68713
6	32.0	41.0	37.1	32.0	0.100	9.0	0.00303	0.64232
8	32.1	42.2	38.8	33.1	0.100	10.1	0.00306	0.65330
10	32.2	42.1	40.2	33.6	0.095	9.9	0.00301	0.63822
12	32.3	41.6	40.9	34.0	0.095	9.3	0.00308	0.65272
14	32.4	40.8	41.4	34.3	0.090	8.4	0.00296	0.62068
16	32.4	40.3	41.7	34.7	0.090	7.9	0.00303	0.64289
18	32.5	39.6	41.8	35.0	0.085	7.1	0.00291	0.61725
20	32.6	39.0	41.9	35.3	0.085	6.4	0.00296	0.62763
22	32.7	38.1	41.8	35.6	0.080	5.9	0.00283	0.60045
24	32.8	38.1	41.8	35.8	0.070	5.3	0.00250	0.53094
26	32.8	37.7	41.7	36.1	0.060	4.9	0.00218	0.46243
28	32.9	37.3	41.6	36.3	0.050	4.4	0.00183	0.38940
30	32.9	36.8	41.4	36.5	0.045	3.9	0.00167	0.35423
32	32.9	36.6	41.3	36.7	0.040	3.7	0.00150	0.31825
34	32.9	36.4	41.0	36.8	0.035	3.5	0.00132	0.27992
36	33.0	36.0	40.8	36.8	0.035	3.0	0.00132	0.27992
38	33.0	35.7	40.4	36.9	0.035	2.7	0.00133	0.28145
40	33.0	35.4	40.1	36.9	0.040	2.4	0.00152	0.32176
42	33.1	35.1	39.6	36.9	0.040	2.0	0.00152	0.32176
44	33.2	34.9	39.4	36.9	0.045	1.7	0.00171	0.36209
46	33.2	34.7	39.0	36.9	0.055	1.5	0.00209	0.44282
48	33.2	34.6	38.7	36.8	0.060	1.4	0.00226	0.48059
50	33.2	34.4	38.3	36.8	0.065	1.2	0.00245	0.52079
52	33.2	34.3	37.9	36.7	0.070	1.1	0.00263	0.55795
54	33.3	34.2	37.4	36.6	0.075	0.9	0.00260	0.59470
56	33.3	34.1	37.1	36.5	0.080	0.8	0.00297	0.63106
58	33.3	34.0	36.8	36.4	0.085	0.7	0.00314	0.66702
60	33.3	33.9	36.7	36.3	0.090	0.6	0.00331	0.70258
62	33.3	33.8	36.4	36.1	0.095	0.5	0.00346	0.73368
64	33.3	33.8	36.2	36.0	0.105	0.5	0.00380	0.80691
66	33.4	33.7	35.7	35.6	0.110	0.4	0.00394	0.83626
70	33.4	33.7	35.5	35.4	0.115	0.3	0.00408	0.86487
72	33.4	33.6	35.4	35.2	0.120	0.3	0.00421	0.89276
74	33.4	33.6	35.2	35.1	0.130	0.2	0.00451	0.95698
76	33.4	33.6	35.0	34.9	0.135	0.2	0.00466	0.98654
78	33.4	33.5	34.9	34.9	0.140	0.2	0.00478	1.01405
80	33.4	33.5	34.8	34.8	0.145	0.1	0.00495	1.05055
82	33.4	33.5	34.6	34.7	0.155	0.1	0.00527	1.11735
84	33.4	33.5	34.4	34.6	0.160	0.1	0.00541	1.14727
86	33.4	33.4	34.4	34.5	0.165	0.1	0.00555	1.17693
88	33.4	33.4	34.4	34.5	0.170	0.0	0.00568	1.20603
90	33.4	33.4	34.4	35.4	0.175	0.0	0.00581	1.23598

Nem ölçer



MENET NO : 1
 KURUTUCULUK ORJANI : 1
 HAV. KURUT. NEMİ : 0.35
 HAV. KURUT. NEMİ : 0.228
 KURUT. TANE CAPI : 2-3 mm
 KURUT. VE ZEOLİT TABAKALAR HALİNDE
 ORTAM SICAKLIĞI : 35.8 C
 ORTAM BAĞIL NEMİ : % 25
 HAVA HIZI : 0.35 m/sn

İ	T5	T10	RH	TRAX	Yc	Yc/Yg
Sanat	5 cm	10 cm	Cikis ba	T5-T6	giris an	
0	34.8	34.2	34.8	0.525	1.4	0.01799
2	35.1	37.0	33.1	0.410	1.9	0.01282
4	35.3	40.7	32.0	0.360	5.4	0.01054
6	35.4	45.2	31.4	0.360	9.8	0.01010
8	35.5	48.3	31.3	0.375	12.8	0.01055
10	35.6	50.4	31.5	0.390	14.8	0.01111
12	35.7	51.9	32.2	0.405	16.2	0.01202
14	35.8	53.1	32.9	0.420	17.3	0.01299
16	35.9	53.9	33.7	0.425	18.0	0.01376
18	36.0	54.4	34.4	0.430	18.4	0.01466
20	36.1	54.7	35.5	0.430	18.6	0.01543
22	36.1	54.6	36.4	0.435	18.5	0.01643
24	36.2	54.3	37.2	0.430	18.1	0.01690
26	36.3	53.8	37.9	0.425	17.5	0.01744
28	36.4	53.1	38.5	0.420	16.7	0.01782
30	36.5	52.3	39.0	0.415	15.8	0.01810
32	36.5	51.4	39.4	0.410	14.9	0.01827
34	36.6	50.4	39.7	0.400	13.8	0.01846
36	36.7	49.4	39.9	0.405	12.7	0.01855
38	36.7	48.4	40.0	0.405	11.7	0.01865
40	36.7	47.4	40.0	0.400	10.7	0.01841
42	36.8	46.4	40.0	0.400	9.6	0.01841
44	36.9	45.6	39.8	0.400	8.7	0.01821
46	36.9	44.7	39.6	0.403	7.8	0.01813
48	37.0	44.0	39.4	0.405	7.0	0.01804
50	37.0	43.3	39.2	0.408	6.3	0.01796
52	37.1	42.7	38.9	0.410	5.6	0.01777
54	37.1	42.1	38.6	0.415	5.0	0.01770
56	37.2	41.6	38.3	0.418	4.4	0.01751
58	37.2	41.2	38.0	0.420	4.0	0.01733
60	37.3	40.8	37.7	0.425	3.5	0.01725
62	37.3	40.4	37.5	0.430	3.1	0.01727
64	37.3	40.1	37.1	0.435	2.8	0.01709
66	37.4	39.8	36.9	0.440	2.4	0.01709
68	37.4	39.6	36.6	0.445	2.2	0.01700
70	37.5	39.3	36.3	0.450	1.8	0.01691
72	37.5	39.1	36.1	0.455	1.6	0.01691
74	37.5	38.9	35.9	0.460	1.4	0.01691
76	37.5	38.7	35.6	0.465	1.2	0.01681
78	37.5	38.6	35.4	0.470	1.1	0.01681
80	37.5	38.4	35.2	0.475	0.9	0.01680
82	37.6	38.3	35.1	0.480	0.7	0.01687
84	37.6	38.2	34.9	0.485	0.6	0.01687
86	37.6	38.1	34.8	0.490	0.5	0.01695
88	37.7	38.0	34.7	0.495	0.3	0.01703

 DENEY NO : 4 #İSİR VE ZEOLİT TABAKALAR HALİNDE
 İSİR/ZEOLİT : 1/1 ORTAM SICAKLIĞI : 37.6 C
 İSİR İSİR NEMİ : 0.385 ORTAM BAĞIL NEMİ : % 24
 İSİR İSİR NEMİ : 0.2636 HAVA HIZI : 0.35 m/s
 ZEOLİT TANE ÇAP : 2-3 mm
 #####

t	TG	T3	T8	RH	Tmax	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	3 cm	8 cm	Cikis bn	T3-TG	giris mm	
0	36.3	36.4	35.7	0.680	0.1	0.02504	2.56764
2	36.7	36.5	34.4	0.520	-0.2	0.01762	1.80752
4	36.9	39.4	33.3	0.445	2.5	0.01410	1.44660
6	37.0	42.8	32.5	0.425	5.8	0.01285	1.31817
8	37.2	45.7	31.9	0.415	8.5	0.01211	1.24275
10	37.3	48.0	31.5	0.425	10.7	0.01212	1.24415
12	37.4	49.5	31.2	0.430	12.1	0.01206	1.23734
14	37.5	50.5	31.2	0.445	13.0	0.01249	1.28137
16	37.6	51.1	31.3	0.465	13.5	0.01314	1.34798
18	37.7	51.3	31.6	0.485	13.6	0.01396	1.43201
20	37.8	51.0	32.0	0.495	13.2	0.01458	1.49656
22	37.9	50.6	32.4	0.505	12.7	0.01524	1.56333
24	38.0	50.1	32.9	0.510	12.1	0.01584	1.62550
26	38.1	49.5	33.5	0.515	11.4	0.01656	1.69960
28	38.2	48.9	34.0	0.515	10.7	0.01705	1.74911
30	38.3	48.1	34.5	0.510	9.8	0.01737	1.78195
32	38.4	47.5	35.0	0.508	9.1	0.01778	1.82430
34	38.5	46.9	35.4	0.505	8.4	0.01810	1.85685
36	38.6	46.3	35.9	0.503	7.7	0.01852	1.90058
38	38.7	45.7	36.2	0.503	7.0	0.01884	1.93314
40	38.7	45.2	36.5	0.503	6.5	0.01916	1.96621
42	38.8	44.7	36.7	0.498	5.9	0.01918	1.96814
44	38.8	44.2	36.7	0.495	5.4	0.01908	1.95795
46	38.9	43.7	36.8	0.490	4.8	0.01899	1.94852
48	38.9	43.2	36.9	0.485	4.3	0.01890	1.93892
50	39.0	42.8	36.9	0.483	3.8	0.01880	1.92863
52	39.1	42.4	36.9	0.483	3.3	0.01880	1.92863
54	39.1	42.1	36.8	0.480	3.0	0.01859	1.90757
56	39.1	41.7	36.7	0.480	2.6	0.01849	1.89685
58	39.2	41.4	36.6	0.478	2.2	0.01828	1.87608
60	39.2	41.2	36.5	0.478	2.0	0.01818	1.86553
62	39.3	40.9	36.4	0.478	1.6	0.01808	1.85503
64	39.3	40.7	36.3	0.478	1.4	0.01798	1.84459
66	39.3	40.5	36.2	0.480	1.2	0.01797	1.84408
68	39.4	40.3	36.0	0.483	1.0	0.01786	1.83312
70	39.4	40.1	35.9	0.485	0.7	0.01786	1.83249
72	39.4	40.0	35.8	0.485	0.6	0.01776	1.82214
74	39.4	39.9	35.6	0.465	0.4	0.01756	1.80160

=====

DENEY NO	: 5	HISIR VE ZEOLIT TADAKALAR HALİNDE
HISIR/ZEOLIT ORANI	: 3	ORTA SICAKLIĞI
ORTA HISIR NEMİ	: 0.36	ORTA BAĞIL NEMİ
ORTA HISIR NEMİ	: 0.2638	HAVA HIZI
ZEOLIT TANE ÇAP	: 2-3 mm	

=====

t	TG	T2	T7	RH	TRAX	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	2 cm	7 cm	Cikis bn	T2-TG	giris mm	
0	36.2	35.0	35.9	0.710	-0.4	0.02650	2.74711
2	36.5	36.4	34.7	0.560	-0.1	0.01934	2.00528
4	36.6	36.6	33.7	0.465	2.0	0.01575	1.63338
6	36.6	40.9	33.0	0.465	4.3	0.01449	1.50276
8	36.7	42.3	32.4	0.455	5.6	0.01369	1.41976
10	36.8	43.6	31.9	0.445	6.8	0.01301	1.34835
12	36.8	45.8	31.6	0.455	9.0	0.01307	1.35552
14	36.9	47.2	31.4	0.470	10.3	0.01336	1.38500
16	37.0	48.5	31.3	0.483	11.5	0.01364	1.41439
18	37.0	49.3	31.3	0.495	12.3	0.01400	1.45186
20	37.1	49.2	31.4	0.503	12.1	0.01430	1.48297
22	37.1	48.8	31.7	0.515	11.7	0.01493	1.54751
24	37.2	48.3	32.1	0.525	11.1	0.01558	1.61541
26	37.3	47.9	32.5	0.538	10.6	0.01634	1.69369
28	37.3	47.4	32.9	0.548	10.1	0.01704	1.76648
30	37.4	47.0	33.3	0.555	9.6	0.01768	1.83323
32	37.4	46.2	33.8	0.550	8.8	0.01803	1.86932
34	37.4	45.5	34.1	0.548	8.1	0.01826	1.89293
36	37.5	44.8	34.5	0.538	7.3	0.01833	1.90044
38	37.5	44.2	34.8	0.538	6.7	0.01865	1.93333
40	37.6	43.7	35.1	0.533	6.1	0.01879	1.94769
42	37.7	43.1	35.3	0.530	5.4	0.01891	1.96069
44	37.7	42.4	35.4	0.528	4.7	0.01893	1.96231
46	37.8	41.9	35.6	0.528	4.1	0.01914	1.98476
48	37.8	41.2	35.7	0.523	3.4	0.01906	1.97658
50	37.9	40.8	35.8	0.523	2.9	0.01917	1.98764
52	37.9	40.3	35.8	0.520	2.4	0.01908	1.97803
54	37.9	39.9	35.9	0.520	2.0	0.01919	1.98929
56	38.0	39.6	35.9	0.518	1.6	0.01909	1.97943
58	38.0	39.3	35.9	0.520	1.3	0.01919	1.98929
60	38.0	39.0	35.8	0.525	1.0	0.01927	1.99764
62	38.0	38.8	35.7	0.528	0.8	0.01925	1.99608
64	38.0	38.6	35.6	0.528	0.6	0.01914	1.98476
66	38.1	38.4	35.5	0.530	0.3	0.01913	1.98315
68	38.1	38.3	35.4	0.530	0.2	0.01902	1.97189

DENEY NO : 6
 MISIR/ZEOLİT ORANI : 6
 BAS. MISIR NEMİ : 0.373
 BİTİS MISIR NEMİ : 0.3104
 ZEOLİT TANE ÇAPİ : 2-3 mm

MISIR VE ZEOLİT TABAKALAR HALİNDE
 ORTAM SICAKLIĞI : 35.2 C
 ORTAM BAĞIL NEMİ : % 26.5
 HAVA HIZI : 0.35 m/sn

t	TG	T2	T12	RH	THAX	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	2 cm	12 cm	Cikis bn	T2-TG	giris an	
0	34.7	36.0	35.2	0.740	1.3	0.02657	2.81620
2	36.4	36.4	34.6	0.590	0.0	0.07829	2.15238
4	36.6	37.3	33.9	0.515	0.7	0.01695	1.79750
6	36.7	39.8	33.2	0.475	3.1	0.01498	1.56925
8	36.8	41.5	32.7	0.460	4.7	0.01409	1.49427
10	36.9	42.9	32.2	0.440	6.0	0.01308	1.38731
12	37.0	44.5	31.9	0.435	7.5	0.01271	1.34765
14	37.0	45.6	31.6	0.445	8.6	0.01278	1.35551
16	37.1	46.3	31.4	0.460	9.2	0.01307	1.38598
18	37.2	46.3	31.2	0.460	9.1	0.01349	1.43082
20	37.3	46.2	31.2	0.500	8.9	0.01407	1.49178
22	37.4	45.9	31.3	0.515	8.5	0.01458	1.54657
24	37.5	45.4	31.5	0.525	7.9	0.01505	1.59581
26	37.5	44.9	31.8	0.545	7.4	0.01591	1.68736
28	37.6	44.2	32.0	0.550	6.6	0.01625	1.72317
30	37.7	43.5	32.7	0.555	5.8	0.01712	1.81555
32	37.8	42.9	32.5	0.565	5.1	0.01719	1.82363
34	37.8	42.1	32.6	0.575	4.3	0.01761	1.86762
36	37.9	41.4	33.1	0.565	3.5	0.01780	1.88810
38	37.9	40.8	33.3	0.555	2.9	0.01768	1.87527
40	38.0	40.1	33.5	0.530	2.1	0.01706	1.80923
42	38.1	39.5	33.6	0.535	1.4	0.01732	1.83732
44	38.2	39.0	33.6	0.540	0.8	0.01749	1.85497
46	38.2	38.7	33.5	0.545	0.5	0.01756	1.86188
48	38.3	38.5	33.4	0.550	0.2	0.01762	1.86665

=====

DENEY NO	: 7	MISIR VE ZEOLİT TABAKALAR HALİNDE	
MISIR/ZEOLİT	: 1	ORTAM SICAKLIĞI	: 35.3 C
BAS. MISIR NEMİ	: 0.41	ORTAM BAĞIL NEMİ	: % 26
BITİS MISIR NEMİ	: 0.2792	HAVA HIZI	: 0.35 m/sn
ZEOLİT TARE CAPI	: 4-4.76 mm		

=====

t	TG	T5	T10	RA	Tmax	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	5 cm	10 cm	Cikis ba	T5-TG	giris mm	
0	34.2	34.8	34.8	0.630	2.6	0.02197	2.36223
2	35.4	37.6	33.7	0.460	2.2	0.01559	1.67603
4	35.6	39.2	32.6	0.420	3.6	0.01277	1.37255
6	35.7	42.1	39.9	0.390	6.4	0.01784	1.91814
8	35.8	44.9	31.5	0.395	9.1	0.01125	1.21090
10	35.9	46.4	31.3	0.406	10.5	0.01148	1.23461
12	36.0	47.8	31.3	0.415	11.8	0.01170	1.25776
14	36.0	49.0	31.7	0.425	13.0	0.01227	1.31088
16	36.1	50.2	32.5	0.433	14.1	0.01308	1.40614
18	36.1	51.1	33.3	0.443	15.0	0.01402	1.50712
20	36.2	51.9	34.4	0.448	15.7	0.01510	1.62354
22	36.2	52.3	35.2	0.455	16.1	0.01607	1.72832
24	36.3	52.7	35.9	0.460	16.4	0.01691	1.81852
26	36.4	52.8	36.6	0.465	16.4	0.01779	1.91293
28	36.4	52.7	37.2	0.473	16.3	0.01871	2.01143
30	36.5	52.1	37.6	0.475	15.6	0.01924	2.03830
32	36.5	50.9	38.1	0.478	14.4	0.01989	2.13854
34	36.6	49.9	38.4	0.480	13.3	0.02033	2.18642
36	36.6	49.0	38.7	0.480	12.4	0.02068	2.22331
38	36.7	48.1	38.8	0.480	11.4	0.02079	2.23572
40	36.7	47.2	38.9	0.478	10.5	0.02068	2.22369
42	36.8	46.1	38.7	0.475	9.3	0.02046	2.19939
44	36.8	45.7	38.6	0.473	7.9	0.02023	2.17528
46	36.8	43.7	38.4	0.468	6.9	0.01979	2.12767
48	36.9	42.6	38.2	0.465	5.7	0.01946	2.09246
50	37.0	41.8	38.0	0.460	4.8	0.01903	2.04629
52	37.0	41.2	37.8	0.450	4.2	0.01871	2.01222
54	37.1	40.6	37.6	0.450	3.5	0.01851	1.98903
56	37.1	40.1	37.3	0.458	3.0	0.01820	1.95667
58	37.2	39.8	37.1	0.450	2.6	0.01810	1.94571
60	37.2	39.6	36.9	0.463	2.4	0.01799	1.93473
62	37.2	39.4	36.7	0.463	2.2	0.01779	1.91309
64	37.3	39.1	36.5	0.465	1.8	0.01769	1.90218
66	37.3	38.9	36.2	0.465	1.6	0.01739	1.87026
68	37.3	38.7	35.9	0.468	1.4	0.01720	1.84899
70	37.4	38.5	35.6	0.470	1.1	0.01700	1.82783
72	37.4	38.3	35.4	0.473	0.9	0.01690	1.81710
74	37.4	38.1	35.2	0.473	0.7	0.01671	1.79658
76	37.5	37.9	34.9	0.475	0.4	0.01652	1.77578
78	37.5	37.8	34.7	0.478	0.3	0.01642	1.76516

DENEY NO : 8 MISIR VE ZEOLIT TABAKALARI HALİNDE
 ZEOLIT ORANI : 2 ORTAN SICAKLIĞI : 34.7 C
 BAS. MISIR NEMİ : 0.1 MISIR NEMİ : 1.28
 ZEOLIT NEMİ : 0.247 HAVA HIZI : 0.35 m/s
 ZEOLIT TANE ÇAP : 2-3 mm

t	TG	T3	T8	Rp	TAAX	Tc	Yc/Yg
Zaman	Giris	3 cm	8 cm	Cikis bn	T3-TG	giris mm	
0	33.9	35.9	35.2	0.660	2.0	0.02359	2.43346
2	34.0	36.1	33.9				1.92310
4	35.6	37.1	32.9	0.485	1.5	0.01505	1.55203
6	35.7	38.2	32.3	0.433	2.5	0.01293	1.33352
8	35.8	40.6	31.7	0.425	4.8	0.01227	1.26526
10	35.9	43.1	31.4	0.425	7.2	0.01205	1.24347
12	35.9	44.4	31.3	0.420	8.1	0.01210	1.25111
		46.1				0.01248	1.28821
	36.0	47.3	31.4	0.450	11.3	0.01278	1.31812
18	36.1	48.2	31.5	0.460	12.1	0.01314	1.35588
20	36.1	49.0	31.8	0.470	12.9	0.01367	1.41034
22	36.2	49.8				0.01414	1.45849
24		50.4	32.5	0.485	14.1	0.01470	1.51661
26	36.4	50.7	32.9	0.493	14.3	0.01526	1.57662
28	36.5	50.2	33.4	0.498	13.7	0.01589	1.63956
30	36.6	49.5	33.9	0.503	12.5	0.01613	1.70472
32	36.7	48.6	34.2	0.505	11.9	0.01690	1.74313
34	36.8	47.7		0.513	10.9	0.01755	1.81070
36	36.9	46.9	34.9	0.515	10.0	0.01795	1.85122
38	37.0	46.1	35.2	0.518	9.1	0.01835	1.89256
40	37.1	45.5	35.5	0.518	8.4	0.01866	1.92515
42	37.2	44.8	35.7	0.515	7.6	0.01878	1.93746
44	37.3	44.1	35.9	0.513	6.8	0.01890	1.94978
46	37.3	43.3	36.1	0.508	6.0	0.01893	1.95218
48	37.4	42.6	36.2	0.503	5.2	0.01884	1.94334
50	37.4	41.9	36.1	0.503	4.5	0.01895	1.95436
52	37.5	41.2	36.3	0.500	3.7	0.01885	1.94434
54	37.6	40.4	36.3	0.500	2.8	0.01885	1.94434
56	37.6	39.9	36.2	0.503	2.3	0.01884	1.94334
58	37.7	39.4	36.1	0.505	1.7	0.01883	1.94227
60	37.7	39.0	35.9	0.505	1.3	0.01862	1.92039
62	37.8	38.7	35.8	0.508	0.9	0.01861	1.91927
64	37.8	38.4	35.6	0.508	0.6	0.01840	1.89760
66	37.9	38.2	35.3	0.510	0.3	0.01818	1.87497
68	37.9	38.1	35.1	0.513	0.2	0.01806	1.86310

DENEY NO : 9
 NISIR/ZEOLİT ORANI : 1/2
 BAS. NISIR NEMİ : 0.374
 BİTİS NISIR NEMİ : 0.235

NISIR VE ZEOLİT KARIŞIK ORANIN
 ORTAM SICAKLIĞI : 32.3 C
 ORTAM BAĞIL NEMİ : % 29.75
 HIZI : 0.35 m/s

t	TG	T3	T5	RH	İRAK	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	3 cm	5 cm	Giris ba	10-15	Cikis ba	
0	31.8	31.9	32.7	0.330	0.9	0.01904	1.13674
2	31.9	33.9	33.6	0.280	1.7	0.00893	1.01277
4	32.0	35.8	34.3	0.290	2.3	0.00965	1.09196
6	32.1	37.2	35.0	0.330	2.9	0.01143	1.29557
8	32.2	38.5	35.6	0.330	3.4	0.01164	1.34005
10	32.3	39.5	35.9	0.330	3.8	0.01204	1.36732
12	32.3	40.5	36.3	0.300	4.0	0.01117	1.26473
14	32.3	41.5	36.8	0.280	4.3	0.01091	1.21231
16	32.4	42.5	36.9	0.260	4.5	0.00999	1.13059
18	32.4	43.1	36.8	0.250	4.4	0.00955	1.08032
20	32.4	43.3	36.6	0.245	4.2	0.00925	1.04680
22	32.5	43.1	36.3	0.250	3.8	0.00920	1.05030
24	32.5	42.4	36.0	0.260	3.5	0.00950	1.07533
26	32.6	41.3	35.6	0.280	3.0	0.01002	1.13374
28	32.6	40.9	35.2	0.295	2.6	0.01033	1.16895
30	32.7	40.3	34.8	0.320	2.1	0.01077	1.24147
32	32.7	39.7	34.4	0.335	1.7	0.01124	1.27163
34	32.7	39.2	34.1	0.345	1.4	0.01138	1.28818
36	32.7	38.3	33.9	0.360	1.2	0.01175	1.33004
38	32.8	37.7	33.7	0.380	0.9	0.01228	1.38947
40	32.9	37.1	33.6	0.390	0.7	0.01253	1.41866
42	32.9	36.5	33.5	0.405	0.6	0.01295	1.46596
44	32.9	36.0	33.4	0.415	0.5	0.01320	1.49435
46	32.9	35.6	33.3	0.425	0.4	0.01361	1.52239
48	32.9	35.2	33.3	0.435	0.4	0.01377	1.55901
50	33.0	34.8	33.2	0.445	0.2	0.01402	1.58652
52	33.0	34.4	33.1	0.450	0.1	0.01410	1.59536
54	33.0	34.0	33.0	0.455	0.0	0.01416	1.60445
56	33.0	33.7	33.0	0.460	0.0	0.01423	1.62248
58	33.0	33.6	32.9	0.470	-0.1	0.01457	1.64906
60	33.1	33.5	32.8	0.480	-0.3	0.01489	1.67531
62	33.1	33.4	32.7	0.480	-0.4	0.01472	1.66567
64	33.1	33.3	32.7	0.485	-0.4	0.01467	1.66344
66	33.1	33.3	32.7	0.485	-0.4	0.01467	1.66344
68	33.1	33.2	32.6	0.490	-0.5	0.01091	1.69142

#####									
DENEY NO : 10				NISIR ve ZEOLITIN KARIŞTIRILMASI					
NISIR/ZEOLIT ORANI : 1				ORTAM SICAKLIĞI : 31.2 C					
BAS. NISIR NO : 0.2808				SAGIL NEHI : % 30					
HAVA HIZI : 0.35 m/sn				#####					
#####									
t	TG	T3	T5	T10	RH	THAX	Yc	Yc/Yg	
Zaman	Giris	3	5	10	Cikis bn	T10-TG	Cikis mn		
0	31.5	34.7	33.1	34.7	0.260	3.2	0.00932	1.13854	
2	31.6	34.4	39.5	35.6	0.250	4.0	0.00893	1.06746	
4	31.7	33.2	41.1	36.6	0.205	4.9	0.00772	0.92300	
6	31.8	31.9	40.9	38.5	0.220	6.7	0.00921	1.10095	
8	31.9	30.9	39.8	40.3	0.255	8.4	0.01180	1.41125	
10	32.1	30.4	38.7	41.5	0.265	9.4	0.01310	1.56622	
12	32.2	30.2	37.6	42.2	0.265	10.0	0.01360	1.62637	
14	32.3	30.1	36.7	42.3	0.265	10.0	0.01368	1.63512	
16	32.4	30.1	35.9	42.1	0.265	9.7	0.01353	1.61765	
18	32.5	30.1	35.3	41.8	0.270	9.3	0.01357	1.62244	
20	32.6	30.2	34.7	41.3	0.270	8.7	0.01321	1.57926	
22	32.7	30.3	34.3	40.8	0.270	8.1	0.01286	1.53710	
24	32.8	30.3	33.9	40.2	0.270	7.4	0.01244	1.48782	
26	32.9	30.4	33.6	39.6	0.270	6.7	0.01204	1.43996	
28	33.0	30.5	33.3	39.0	0.270	6.0	0.01165	1.39346	
30	33.1	30.6	33.1	38.5	0.280	5.4	0.01177	1.40689	
32	33.2	30.7	33.0	37.9	0.290	4.7	0.01180	1.41065	
34	33.3	30.8	32.8	37.4	0.300	4.1	0.01188	1.42076	
36	33.3	30.9	32.7	36.9	0.310	3.6	0.01195	1.42838	
38	33.4	31.0	32.6	36.4	0.320	3.0	0.01200	1.43477	
40	33.5	31.1	32.5	35.9	0.330	2.4	0.01204	1.43960	
42	33.5	31.2	32.4	35.5	0.345	2.0	0.01232	1.47287	
44	33.6	31.3	32.4	35.2	0.355	1.6	0.01247	1.49099	
46	33.7	31.4	32.4	34.8	0.365	1.1	0.01254	1.49956	
48	33.8	31.4	32.4	34.5	0.380	0.7	0.01265	1.53612	
50	34.2	34.2	34.2	34.2	0.395	0.4	0.01314	1.57104	

DENEY NO : 11 MISIR VE ZEOLIT KATSIK GLARAK
MISIR/ZEOLIT ORANI : 2 ORTAM SICAKLIGI : 32.8 C
HAS. MISIR NEMİ : 0.431 ORTAM BAGIL NEMİ : % 28.5
NİTİS MISIR NEMİ : 0.357 HAVA HIZI : 0.35 m/s
#####

t	TG	T3	T5	RH	TRAX	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	3 cm	5 cm	Cikis br	T3-TG	Cikis m	
0	33.4	34.4	32.9	0.690	1.0	0.02163	1.98399
2	33.5	34.8	32.5	0.675	1.3	0.02065	1.89472
4	33.5	35.3	32.4	0.665	1.8	0.02022	1.85489
6	33.6	36.8	32.2	0.690	3.2	0.02076	1.90459
8	33.7	37.7	32.1	0.730	4.0	0.02188	2.00712
10	33.7	38.6	32.0	0.745	4.9	0.02221	2.03785
12	33.8	39.3	32.0	0.750	5.5	0.02237	2.05202
14	33.9	41.1	32.0	0.740	7.2	0.02206	2.02369
16	33.9	43.3	32.0	0.740	9.4	0.02206	2.02369
18	34.0	43.2	32.0	0.730	9.2	0.02175	1.99538
20	34.0	43.0	32.0	0.730	9.0	0.02175	1.99538
22	34.1	42.6	32.1	0.745	8.5	0.02234	2.04984
24	34.2	42.1	32.2	0.750	7.9	0.02263	2.07623
26	34.2	41.2	32.2	0.755	7.0	0.02279	2.09058
28	34.3	40.3	32.3	0.765	6.0	0.02324	2.13177
30	34.3	39.4	32.5	0.770	5.1	0.02367	2.17154
32	34.4	38.4	32.5	0.770	4.0	0.02367	2.17154
34	34.4	37.5	32.6	0.770	3.1	0.02381	2.18429
36	34.5	36.7	32.7	0.770	2.2	0.02395	2.19712
38	34.6	35.9	32.8	0.770	1.3	0.02409	2.21001
40	34.6	35.4	32.9	0.770	0.8	0.02423	2.22298
42	34.7	35.1	33.0	0.770	0.4	0.02437	2.23601
44	34.7	34.9	33.1	0.770	0.2	0.02452	2.24911
46	34.8	34.6	33.2	0.770	-0.2	0.02466	2.26228
48	34.8	34.7	33.2	0.770	-0.1	0.02466	2.26228

DENEY NO : 12
 ZEOLİT/MISIR ORANI : 1
 BAS. MISIR NEMİ : 0.3285
 BİTİS MISIR NEMİ : 0.21213
 ZEOLİT TANE ÇAPİ : 2-3 mm

MISIR ve ZEOLİTİN KARİSTİRİMASI
 ORTAM SICAKLIĞI : 31.6 C
 ORTAM BAĞIL NEMİ : % 34
 HAVA HIZI : 0.7 m/sn

t	TG	T3	T5	T10	RH	THAX	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	3 cm	5 cm	10 cm	cikis bn	T5-T6	cikis mn	
0	31.4	31.6	32.1	31.9	0.430	0.7	0.01256	1.29221
2	31.5	32.8	39.3	32.3	0.415	7.8	0.01239	1.27536
4	31.8	32.2	40.7	32.4	0.415	8.9	0.01247	1.28274
6	31.9	31.5	39.2	34.3	0.415	7.3	0.01390	1.43021
8	32.2	31.1	37.8	35.8	0.410	5.6	0.01495	1.53791
10	32.4	30.9	36.7	36.6	0.400	4.3	0.01524	1.56852
12	32.6	30.8	35.7	36.7	0.400	3.1	0.01533	1.57735
14	32.7	30.9	35.8	36.8	0.400	2.2	0.01524	1.56852
16	33.0	30.9	34.4	36.3	0.400	1.4	0.01499	1.54232
18	33.1	30.9	34.4	36.3	0.400	0.8	0.01428	1.46943
20	33.3	31.0	33.6	35.5	0.405	0.3	0.01451	1.49321
22	33.4	31.1	33.4	35.0	0.415	0.0	0.01446	1.48824
24	33.6	31.2	33.2	34.6	0.430	-0.4	0.01466	1.50865
26	33.7	31.3	33.1	34.3	0.450	-0.6	0.01510	1.55376
28	33.8	31.4	33.1	34.0	0.465	-0.7	0.01535	1.57954
30	34.0	31.5	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
32	34.1	31.6	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
34	34.2	31.7	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
36	34.3	31.8	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
38	34.4	31.9	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
40	34.5	32.0	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
42	34.6	32.1	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
44	34.7	32.2	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
46	34.8	32.3	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
48	34.9	32.4	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
50	35.0	32.5	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
52	35.1	32.6	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
54	35.2	32.7	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
56	35.3	32.8	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
58	35.4	32.9	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
60	35.5	33.0	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
62	35.6	33.1	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
64	35.7	33.2	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
66	35.8	33.3	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
68	35.9	33.4	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
70	36.0	33.5	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
72	36.1	33.6	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
74	36.2	33.7	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
76	36.3	33.8	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
78	36.4	33.9	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686
80	36.5	34.0	33.0	33.7	0.475	-1.0	0.01542	1.58686

REJENERASYON DENEYİ								
DENEY NO	: 13							
ORTAN SICAKLIĞI	: 21.5 C							
ORTAN BAĞIL NEMİ	: % 48							
ZEOLİT MİKTARI	: 664.8 gr							
HAVA HIZI	: 0.35 m/sn							
KOLON YÜKSEKLİĞİ	: 14 cm							
ZEOLİT TANE ÇAPİ	: 4-4.76 mm							
t	TG	T10	T15	RH	THAX	Yc	Yc/Yg	
Zaman	Giris	5 cm	10 cm	15 cm	Cikis Da	TG-T15	Cikis aa	
0	90.4	27.2	25.0	25.3	0.320	65.1	0.00631	0.82242
2	90.5	36.0	28.7	26.8	0.570	63.7	0.01239	1.61660
4	90.6	43.1	31.5	28.7	0.600	61.9	0.01463	1.90841
6	91.0	49.3	34.4	30.4	0.620	60.6	0.01673	2.18245
8	91.2	54.2	37.4	31.9	0.570	59.3	0.01676	2.18568
10	91.2	58.0	40.6	33.4	0.540	57.8	0.01729	2.25526
12	91.2	60.9	43.7	35.0	0.510	56.2	0.01707	2.33075
14	91.1	63.1	46.8	36.6	0.460	54.5	0.01759	2.29494
16	91.2	64.7	49.5	38.3	0.420	52.9	0.01762	2.29858
18	91.3	66.0	52.2	40.2	0.370	51.1	0.01718	2.24093
20	91.2	67.0	54.5	42.2	0.330	49.1	0.01703	2.22142
22	91.6	67.8	56.5	44.2	0.290	47.4	0.01660	2.16548
24	91.7	69.5	58.4	46.2	0.250	45.5	0.01584	2.06664
26	91.7	69.0	59.9	48.2	0.220	43.5	0.01542	2.01145
28	91.8	69.5	61.2	50.0	0.190	41.8	0.01455	1.89629
30	92.0	69.9	62.3	51.8	0.170	40.2	0.01422	1.85546
32	91.8	70.1	63.3	53.5	0.160	38.3	0.01455	1.89834
34	91.8	70.4	64.2	55.0	0.140	36.8	0.01367	1.78326
36	91.8	70.5	64.9	56.4	0.130	35.4	0.01357	1.77013
38	91.7	70.7	65.5	57.7	0.120	34.0	0.01332	1.73695
40	91.8	70.7	66.1	58.8	0.110	33.0	0.01284	1.67531
42	91.7	70.8	66.5	59.9	0.102	31.8	0.01253	1.63433
44	91.8	70.9	66.9	60.8	0.098	31.0	0.01255	1.63704
46	91.8	70.9	67.2	61.6	0.095	30.2	0.01262	1.64659
48	91.8	71.0	67.2	62.3	0.090	29.5	0.01234	1.60998
50	91.7	71.1	67.8	63.0	0.085	28.7	0.01203	1.56901
52	91.7	71.2	68.0	63.5	0.081	28.2	0.01172	1.52872
54	91.7	71.2	68.2	64.0	0.079	27.7	0.01169	1.52490
56	91.8	71.2	68.3	64.5	0.075	27.3	0.01135	1.47994
58	91.8	61.2	68.4	64.9	0.072	26.9	0.01108	1.44589
60	91.0	71.3	68.5	65.3	0.070	26.5	0.01097	1.43088
62	91.8	71.3	68.7	65.6	0.069	26.2	0.01096	1.42945
64	92.0	71.4	68.8	65.9	0.068	26.1	0.01095	1.42767
66	92.2	71.5	68.9	66.2	0.066	26.0	0.01076	1.40390
68	92.0	71.5	69.0	66.5	0.065	25.5	0.01074	1.40112
70	92.0	71.5	69.1	66.7	0.064	25.3	0.01067	1.39169
72	92.1	71.6	69.2	66.9	0.063	25.2	0.01059	1.38197
74	92.0	71.6	69.3	67.1	0.063	24.9	0.01069	1.39445
76	92.1	71.6	69.4	67.3	0.062	24.8	0.01061	1.38432
78	92.0	71.7	69.5	67.3	0.062	24.7	0.01061	1.38432
80	91.9	71.7	69.5	67.4	0.062	24.5	0.01066	1.39055
82	91.9	71.7	69.5	67.5	0.062	24.4	0.01071	1.39679

=====

DENEY NO : 15 REJENERASYON DENEYİ

ORTAN SICAKLIĞI : 34.3 C HAVA HIZI : 0.35 m/sn

ORTAN BAĞIL NEMİ : % 36.5 KOLON YÜKSEKLİĞİ : 5 cm

ZEOLİT MİKTARI : 209.46 gr ZEOLİT ÇAP : 2-3 mm

=====

t	TG	T3	T5	RH	TMAX	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	3 cm	5 cm	Cikis bn	TG-T5	Cikis m	
0	93.7	50.5	45.5	0.2300	48.2	0.01402	1.15022
2	95.0	50.3	51.3	0.2950	43.7	0.02447	2.00736
4	97.5	65.7	54.1	0.3450	43.4	0.03326	2.72772
6	95.5	72.0	56.6	0.3750	38.9	0.04124	3.38270
8	95.5	77.2	59.2	0.3900	36.3	0.04904	4.02252
10	95.0	80.9	62.1	0.3550	32.9	0.05120	4.19950
12	95.0	83.5	65.3	0.2950	29.7	0.04901	4.01985
14	95.1	85.2	68.5	0.2500	26.6	0.04776	3.91749
16	95.0	86.2	71.6	0.2150	23.4	0.04692	3.84841
18	94.9	87.0	74.2	0.1850	20.7	0.04496	3.68753
20	94.9	87.4	76.5	0.1550	18.4	0.04124	3.38256
22	94.8	87.7	78.5	0.1350	16.3	0.03887	3.18794
24	94.6	87.7	80.1	0.1150	14.5	0.03514	2.88231
26	94.4	87.9	81.4	0.1000	13.0	0.03205	2.62901
28	94.2	87.9	82.6	0.0900	11.6	0.03018	2.47550
30	94.0	88.0	83.5	0.0850	10.5	0.02951	2.42071
32	93.8	87.9	84.1	0.0750	9.7	0.02654	2.17730
34	93.4	87.8	84.6	0.0700	8.8	0.02522	2.06838
36	93.2	87.7	85.0	0.0650	8.2	0.02373	1.94663
38	93.2	87.5	85.2	0.0625	8.0	0.02297	1.88429
40	93.0	87.5	85.4	0.0600	7.6	0.02220	1.82098
42	93.0	87.4	85.6	0.0600	7.4	0.02238	1.83581
44	92.9	87.3	85.7	0.0575	7.2	0.02150	1.76381
46	92.8	87.2	85.7	0.0575	7.1	0.02150	1.76381
48	92.7	87.2	85.9	0.0550	6.8	0.02070	1.69825
50	92.6	87.2	86.0	0.0500	6.6	0.01884	1.54541

52	92.4	87.1	86.1	0.0450	6.2	0.01700	1.40000
54	92.1	86.9	85.8	0.0400	5.8	0.01500	1.25000
56	91.8	86.7	85.6	0.0350	5.4	0.01300	1.11111
58	91.5	86.5	85.4	0.0300	5.0	0.01100	0.90909
60	91.2	86.3	85.2	0.0250	4.6	0.00900	0.76923
62	90.9	86.1	85.0	0.0200	4.2	0.00700	0.64609
64	90.6	85.9	84.8	0.0150	3.8	0.00500	0.52632
66	90.3	85.7	84.6	0.0100	3.4	0.00300	0.33333
68	90.0	85.5	84.4	0.0050	3.0	0.00100	0.10000
70	89.7	85.3	84.2	0.0000	2.6	0.00000	0.00000
72	89.4	85.1	84.0	0.0000	2.2	0.00000	0.00000
74	89.1	84.9	83.8	0.0000	1.8	0.00000	0.00000
76	88.8	84.7	83.6	0.0000	1.4	0.00000	0.00000
78	88.5	84.5	83.4	0.0000	1.0	0.00000	0.00000
80	88.2	84.3	83.2	0.0000	0.6	0.00000	0.00000
82	87.9	84.1	83.0	0.0000	0.2	0.00000	0.00000
84	87.6	83.9	82.8	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
86	87.3	83.7	82.6	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
88	87.0	83.5	82.4	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
90	86.7	83.3	82.2	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
92	86.4	83.1	82.0	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
94	86.1	82.9	81.8	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
96	85.8	82.7	81.6	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
98	85.5	82.5	81.4	0.0000	0.0	0.00000	0.00000
100	85.2	82.3	81.2	0.0000	0.0	0.00000	0.00000

NERET NO : 10
 UYUM SICAKLIĞI : 33.1 C
 UYUM NISAN NERET : 19
 ZEMİN NERET : 421 yr
 NERET NERET : 0.35 m/sa
 NERET NERET : 10 C
 ZEMİN NERET : 2-3 m/sa

t	10	15	110	100	100	100	100
Yazın	Giris	5 cm	10 cm	Cikis ha	10-110	Y1	Y1Y2
0	89.3	36.8	34.6	0.265	54.7	0.00385	1.52487
2	90.7	44.5	37.2	0.340	57.0	0.01345	2.27010
4	90.9	48.8	40.5	0.415	59.4	0.02113	3.59745
6	91.5	51.6	42.4	0.475	61.1	0.02754	4.71620
8	91.9	54.3	43.9	0.480	61.9	0.02832	4.98041
10	91.9	57.1	45.2	0.480	62.6	0.02909	5.24061
12	91.7	59.8	46.3	0.480	63.4	0.02991	5.50274
14	92.0	62.6	47.1	0.480	64.1	0.03069	5.76692
16	92.9	65.1	48.2	0.480	64.7	0.03142	6.03351
18	93.7	67.7	49.2	0.480	65.5	0.03213	6.30252
20	94.6	70.1	50.0	0.480	66.6	0.03281	6.57417
22	95.0	72.6	51.0	0.475	67.9	0.03347	6.84855
24	95.3	74.2	51.6	0.470	69.2	0.03413	7.12566
26	94.2	75.9	54.2	0.415	70.6	0.03479	7.40459
28	93.0	77.5	53.5	0.360	71.5	0.03544	7.68530
30	93.8	79.0	54.6	0.260	72.2	0.03608	7.96781
32	93.4	80.5	56.1	0.255	73.3	0.03672	8.25217
34	93.3	81.7	57.6	0.235	74.7	0.03735	8.53840
36	93.6	82.8	59.0	0.215	76.6	0.03797	8.82651
38	94.0	83.5	60.5	0.200	78.5	0.03859	9.11651
40	95.2	84.2	61.9	0.180	80.3	0.03921	9.40851
42	95.1	84.8	63.3	0.160	81.6	0.03983	9.70251
44	94.2	85.4	64.9	0.140	83.3	0.04045	10.00000
46	94.6	85.9	66.3	0.130	85.3	0.04107	10.30000
48	94.4	86.4	67.6	0.110	87.6	0.04169	10.60000
50	94.1	86.8	69.0	0.100	90.1	0.04231	10.90000
52	94.6	87.1	70.3	0.090	92.6	0.04293	11.20000
54	95.2	87.3	71.4	0.080	95.1	0.04355	11.50000
56	94.9	87.6	72.5	0.070	97.6	0.04417	11.80000
58	95.0	87.8	73.5	0.065	100.1	0.04479	12.10000
60	95.2	88.0	74.6	0.060	102.6	0.04541	12.40000
62	95.4	88.2	75.5	0.055	105.1	0.04603	12.70000
64	95.1	88.4	76.3	0.050	107.6	0.04665	13.00000
66	95.3	88.6	77.4	0.045	110.1	0.04727	13.30000
68	95.9	88.8	77.9	0.040	112.6	0.04789	13.60000
70	95.6	88.8	78.5	0.040	115.1	0.04851	13.90000
72	95.5	88.9	79.2	0.038	117.6	0.04913	14.20000
74	95.3	89.0	79.9	0.035	120.1	0.04975	14.50000
76	95.1	89.1	80.0	0.033	122.6	0.05037	14.80000
78	95.2	89.2	80.8	0.030	125.1	0.05099	15.10000
80	95.6	89.3	81.2	0.030	127.6	0.05161	15.40000
82	95.9	89.3	81.7	0.030	130.1	0.05223	15.70000
84	95.7	89.4	82.1	0.030	132.6	0.05285	16.00000
86	95.9	89.5	82.5	0.030	135.1	0.05347	16.30000
88	96.1	89.5	82.8	0.030	137.6	0.05409	16.60000

DENEY NO	:	17	REJENERASYON DENEYİ					
ORTAM SICAKLIĞI	:	29 C	HAVA HIZI : 0.2237 m/s					
ORTAM BAĞIL NEMİ	:	% 48	KOLON YÜKSEKLİĞİ : 15 cm					
ZEDLİT MİKTARI	:	673.25 gr	ZEDLİT ÇAPI : 2-3 mm					

t	TG	T5	T10	T15	RR	TRAX	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	5 cm	10 cm	15 cm	Bağıl n.	TG-T15	Çıkış mm	

0	50.6	28.4	27.3	26.3	0.440	24.3	0.00924	0.83143
4	50.3	31.9	29.1	28.5	0.460	21.8	0.01151	1.03564
8	50.7	34.8	31.9	29.7	0.670	21.0	0.01739	1.56395
12	50.7	36.3	33.7	31.6	0.780	19.1	0.02275	2.04690
16	50.8	37.2	34.5	32.6	0.800	18.2	0.02477	2.22862
20	50.8	38.1	35.2	33.5	0.800	17.3	0.02611	2.34913
24	51.0	39.2	35.7	34.2	0.790	16.9	0.02685	2.41503
28	50.7	40.4	35.9	34.5	0.760	16.2	0.02696	2.42504
32	50.8	42.1	36.2	34.8	0.760	16.0	0.02670	2.40160
36	50.6	43.4	36.6	35.0	0.760	15.5	0.02701	2.42954
40	51.1	45.0	36.9	35.2	0.740	15.9	0.02557	2.39034
44	51.1	46.8	37.5	35.4	0.730	15.7	0.02650	2.38400
48	51.2	48.8	38.0	35.7	0.720	15.5	0.02658	2.39087
52	51.2	50.0	38.8	36.0	0.720	15.2	0.02704	2.43242
56	51.4	51.4	39.6	36.3	0.710	15.1	0.02711	2.43877
60	51.5	52.6	40.5	36.6	0.700	14.9	0.02717	2.44453
64	51.4	53.4	41.4	36.8	0.680	14.6	0.02667	2.39894
68	51.4	54.2	42.6	37.2	0.670	14.2	0.02686	2.41658
72	51.4	54.9	43.6	37.6	0.655	13.8	0.02684	2.41439
76	51.5	55.6	44.7	38.0	0.640	13.5	0.02660	2.41073
80	51.5	56.1	45.9	38.5	0.620	13.0	0.02667	2.39895
84	51.5	56.6	47.1	39.1	0.600	12.4	0.02666	2.39779
88	51.5	56.8	48.1	39.6	0.575	11.9	0.02622	2.35880
92	51.6	57.2	49.2	40.3	0.556	11.3	0.02603	2.34154
96	51.5	57.5	50.2	41.0	0.520	10.5	0.02552	2.29596
100	51.5	57.5	51.1	41.7	0.490	9.8	0.02494	2.24306
104	51.6	57.7	51.9	42.5	0.460	9.1	0.02439	2.19441
108	51.5	57.8	52.7	43.3	0.430	8.2	0.02375	2.13683
112	51.6	58.0	53.4	44.2	0.400	7.4	0.02313	2.08095
116	51.7	58.1	54.1	45.2	0.370	6.5	0.02251	2.02491
120	51.5	58.2	54.6	46.0	0.345	5.5	0.02185	1.96516
124	51.6	58.2	55.1	46.9	0.315	4.7	0.02085	1.87562
128	51.6	58.3	55.6	47.7	0.295	3.9	0.02032	1.82770
132	51.7	58.4	56.0	48.6	0.270	3.1	0.01943	1.74798

KENET NO : 18
 BAS. NISIR NEMİ : 0.362
 DİTİS NISIR NEMİ : 0.321
 KOLON YÜKSEKLİĞİ : 5 cm

NISIR KENETİ
 ORTAM SICAKLIĞI : 30.6 C
 ORTAM BAĞLI NEMİ : 37
 NISIR PİZİ : 0.35 z/cm

t	T0	T3	T5	qH	THAX	Yc	Yc/Yj
Zaman	Giris	3 cm	5 cm	z/11 DE	10-15	Giris m	
0	27.7	27.7	29.4	0.670	-1.7	0.01708	1.52925
2	30.0	26.8	28.3	0.650	1.7	0.01551	1.53375
4	30.2	26.7	27.6	0.620	2.1	0.01417	1.49141
6	30.4	26.9	27.3	0.600	3.1	0.01348	1.53107
8	30.5	27.1	27.2	0.580	3.1	0.01304	1.25924
10	30.6	27.3	27.1	0.560	3.5	0.01262	1.24070
12	30.7	27.6	27.2	0.540	3.5	0.01206	1.24457
14	30.8	27.8	27.3	0.520	3.5	0.01266	1.25105
16	30.9	28.1	27.4	0.500	3.5	0.01262	1.24799
18	31.0	28.3	27.6	0.580	3.4	0.01289	1.27452
20	31.1	28.5	27.7	0.570	3.4	0.01306	1.29374
22	31.2	28.7	27.9	0.560	3.3	0.01312	1.29755
24	31.3	28.8	28.0	0.550	3.3	0.01308	1.29332
26	31.3	29.0	29.1	0.550	3.2	0.01304	1.28379
28	31.4	29.1	28.3	0.550	3.1	0.01331	1.26235
30	31.5	29.3	28.4	0.540	3.1	0.01291	1.27640
32	31.6	29.4	28.5	0.528	3.1	0.01268	1.25367
34	31.6	29.5	28.6	0.515	3.0	0.01244	1.23665
36	31.7	29.6	28.8	0.500	2.9	0.01222	1.26453
38	31.8	29.8	28.9	0.480	2.9	0.01178	1.18453
40	31.8	29.8	29.1	0.475	2.7	0.01180	1.16729
42	31.9	29.9	29.2	0.455	2.7	0.01152	1.14901
44	32.0	30.0	29.4	0.454	2.6	0.01156	1.14353
46	32.0	30.1	29.5	0.453	2.5	0.01150	1.13947
48	32.1	30.2	29.6	0.443	2.5	0.01131	1.11843
50	32.1	30.2	29.7	0.420	2.4	0.01118	1.10500

 DENET NO : 19 ZULUS DEHAYI
 ORTAN SICAKLIGI : 30.6 C ZULUS CAPI : 2-3 mm
 ORTAN BAGIL DEGI : 8 44.5 HAVA HIZI : 0.35 m/s
 KULON YUKSEKLIGI : 5 cm
 #####

t	TG	TS	RH	TRH	Yc	Yc/Yg
Zaman	Giris	5 cm	Cikis ba	TS-TS	giris cm	
0	31.3	35.6	0.000	4.3	0.00000	0.00000
2	31.4	49.3	0.099	17.9	0.00000	0.00000
4	31.5	53.6	0.000	22.1	0.00000	0.00000
6	31.6	53.8	0.099	22.7	0.00000	0.00000
8	31.7	53.1	0.000	21.4	0.00000	0.00000
10	31.8	51.2	0.099	19.4	0.00000	0.00000
12	31.6	49.1	0.015	17.5	0.00108	0.00000
14	31.9	47.1	0.025	15.2	0.00132	0.00000
16	31.9	45.4	0.040	13.5	0.00238	0.00000
18	32.0	43.7	0.055	11.7	0.00300	0.00000
20	32.0	42.3	0.070	10.3	0.00355	0.00000
22	32.0	41.2	0.090	9.2	0.00432	0.00000
24	32.1	40.1	0.108	8.0	0.00489	0.00000
26	32.1	39.2	0.128	7.1	0.00553	0.00000
28	32.1	38.4	0.145	6.3	0.00639	0.00000
30	32.2	37.6	0.163	5.4	0.00647	0.00000
32	32.2	37.0	0.185	4.8	0.00711	0.00000
34	32.2	36.5	0.200	4.3	0.00749	0.00000
36	32.2	36.0	0.220	3.8	0.00802	0.00000
38	32.3	35.6	0.235	3.3	0.00839	0.00000
40	32.3	35.2	0.250	2.9	0.00873	0.00000
42	32.3	34.9	0.265	2.5	0.00911	0.00000
44	32.3	34.6	0.280	2.3	0.00947	0.00000
46	32.3	34.3	0.295	2.0	0.00982	0.00000
48	32.4	34.1	0.305	1.7	0.01004	0.00000
50	32.4	34.0	0.315	1.4	0.01032	0.00000
52	32.4	33.8	0.325	1.4	0.01053	0.00000
54	32.4	33.6	0.335	1.2	0.01074	0.00000
56	32.4	33.5	0.345	1.1	0.01100	0.00000
58	32.4	33.4	0.353	1.0	0.01119	0.00000
60	32.5	33.3	0.360	0.8	0.01136	0.00000
62	32.5	33.2	0.365	0.7	0.01145	0.00000
64	32.5	33.1	0.375	0.6	0.01154	0.00000
66	32.5	33.1	0.375	0.5	0.01170	0.00000
68	32.5	33.1	0.380	0.6	0.01186	0.00000
70	32.5	33.0	0.385	0.5	0.01195	0.00000
72	32.5	33.0	0.390	0.5	0.01211	0.00000
74	32.5	32.9	0.395	0.4	0.01215	0.00000
76	32.5	32.9	0.396	0.4	0.01229	0.00000

DENEY NO = 1

t	M	MR
0	0.381	1.000
10	0.275	0.848
20	0.224	0.479
30	0.189	0.364
40	0.164	0.281
50	0.153	0.245
60	0.138	0.195
70	0.126	0.155
80	0.123	0.145
90	0.120	0.137

DENEY NO = 2

t	M	MR
0	0.386	1.000
10	0.294	0.696
20	0.246	0.540
30	0.223	0.466
40	0.208	0.415
50	0.193	0.365
60	0.186	0.342
70	0.178	0.318
80	0.174	0.303
90	0.171	0.296

DENEY NO = 3

t	M	MR
0	0.380	1.000
10	0.337	0.858
20	0.308	0.762
30	0.288	0.696
40	0.269	0.635
50	0.254	0.584
60	0.243	0.548
70	0.235	0.521
80	0.230	0.503
90	0.226	0.498

DENEY NO = 4

t	M	MR
0	0.358	1.000
10	0.340	0.856
20	0.331	0.827
30	0.313	0.770
40	0.298	0.721
50	0.286	0.682
60	0.275	0.648
70	0.267	0.620
80	0.263	0.608

DENEY NO = 5

t	M	MR
0	0.360	1.000
10	0.332	0.906
20	0.315	0.884
30	0.300	0.793
40	0.288	0.751
50	0.278	0.714
60	0.269	0.683
70	0.263	0.663

DENEY NO = 6

t	M	MR
0	0.373	1.000
10	0.355	0.940
20	0.339	0.886
30	0.326	0.841
40	0.315	0.804
50	0.310	0.786

DENEY NO = 7

t	M	MR

0	0.410	1.000
10	0.368	0.875
20	0.347	0.811
30	0.331	0.762
40	0.312	0.704
50	0.299	0.665
60	0.284	0.621
70	0.283	0.616
80	0.279	0.603

DENEY NO = 10

t	M	MR

0	0.395	1.000
10	0.343	0.815
20	0.307	0.691
30	0.292	0.637
40	0.287	0.620
50	0.280	0.598

DENEY NO = 8

t	M	MR

0	0.355	1.000
10	0.326	0.896
20	0.306	0.823
30	0.302	0.761
40	0.277	0.716
50	0.260	0.653
60	0.254	0.631
70	0.247	0.602

DENEY NO = 11

t	M	MR

0	0.431	1.000
10	0.403	0.891
20	0.394	0.886
30	0.381	0.846
40	0.373	0.822
50	0.358	0.775

DENEY NO = 9

t	M	MR

0	0.374	1.000
10	0.332	0.752
20	0.279	0.638
30	0.267	0.574
40	0.248	0.540
50	0.241	0.513
60	0.237	0.508
70	0.235	0.501

DENEY NO = 12

t	M	MR

0	0.328	1.000
10	0.258	0.665
20	0.233	0.549
30	0.212	0.414

YERİNİZİ

1. KAZANMAN N., "Yahil Kurutulması" Yüksek Lisans Tezi
D.E.U., 1985

DENEY NO = 18

t	M	MR
0	0.362	1.000
30	0.347	0.942
60	0.326	0.863
90	0.321	0.839

DENEY NO = 20

t	Agirlik Degis.	MR
0	64.35	1.000
10	63.69	0.902
30	62.55	0.734
40	62.25	0.690
120	61.66	0.603
140	61.65	0.602
200	61.61	0.596
220	61.60	0.594
390	61.50	0.580
470	61.42	0.568

2. SNIGERISHI R. and HOLLEBONE B.R., "Solar Energy Storage Using Chemical Potential Changes and Solar Energy vol. 2 pp. 299-313, 1973.

t	Agirlik Degis.	MR
0	41.22	1.000
15	39.68	0.692
25	39.41	0.585
35	39.14	0.523
45	38.88	0.463
85	38.61	0.400
175	38.47	0.368
290	38.40	0.351
360	38.35	0.341
450	38.30	0.330

DENEY NO = 22

t	Agirlik Degis.	MR
0	47.68	1.000
10	44.19	0.306
25	43.31	0.131
55	42.86	0.042
160	42.73	0.016
290	42.68	0.006
420	42.65	0.000

REFERANSLAR

1. KAHRAMAN N., "Tahıl Kurutulması" Yüksek Lisans Tezi D.E.Ü., 1985.
2. TREYBAL R.E., "Mass Transfer Operations" Mc Graw Hill, Chemical Engineering Series, 1955.
3. MUZUMDAR A.S., "Advances in Drying" McGill Üniv. Montreal, 1980.
4. THOMPSON T.L., PEART R.M., and FOSTER G.H., "Mathematical Simulation of Corn Drying" a new model. Trans. ASAE, vol. 11, pp 582-586. 1986.
5. UÇKAN G., "Akışkan Yataklı Sistemlerde Kurutma", D.E.Ü. F.B.E. Yüksek Lisans Tezi 1985.
6. KILIÇ A., ÖZTÜRK A., "Güneş Enerjisi" Kipaş dağıtımçılık, 1980.
7. SHIGEISHI R.A., LANGFORD C.H., and HOLLEBONE B.R., "Solar Energy storage using Chemical potential changes associated with drying of zeolites". Solar Energy vol. 23 pp. 289-295, 1979.
8. PAYKOÇ E., KAKAÇ S., "Solar Thermal Energy Storage" NATO ASI. Solar energy utilization Fundamentals and application E129, 424-435, 1987.
9. CLOSE D.J., DUNKLE R.V., "Use of adsorbent beds for energy storage in drying and heating systems" Solar energy 19, 233, 1977.
10. TCHERNEV D.I., "Solar energy application of natural zeolites" Natural zeolites occurrence, properties, use, Pergamon press. Ltd. 1978.
11. TCHERNEV D.I., "The use of zeolites for solar cooling" Int. conf. on zeolites, Italy. 1980.

12. BAYRAM Y., "Silikagel-Su Çiftinin Isıtma ve Soğutma sistemlerinde kullanılması" MS, Tezi, D.E.Ü. İzmir 1988.
13. ÜLKÜ S.A., MOBEDİ M., "Adsorpsiyon in Energy Storage" Energy storage systems Fundamentals and applications, İZMİR, 1988.
14. DAHOME E., MEUNIER F., "Cycles Reversibles et irreversibles de pompe a chaleur chimique application au cas zeolithe 13x-eau", Rev.gen Therm. no 246-247, 485-500, 1982.
15. YOUNG D.M., CROWEL A.D., "Physical adsorption of gases", pp 104, Butter words, London, 1962.
16. BRECK W. DONALD "Zeolite, Molecular Sieves" pp-628, John Wiley and sons Newyork-1974
17. KARAGIORGAS M., "Etude du comparterment Dynamique d'une Pompe a chaleur a adsorption solide" These du docteur Ingénieur. L'universite Paris XII, p.26-27, 1985.
18. EFE F., KILIÇ, C., "Hava Kurutmada ve Isıtmada Adsorbentler" Diploma tezi 1985.
19. YÜCEL H., ÇULFAZ A., "Doğal ve Yapay Zeolitlerin Endüstriyel Kullanım Alanları" ODTÜ c.3, s.10, 1984, Ankara.
20. BOSNJAKOVIĆ I., BLACKSEAR P.L., "Technical Thermodynamics" Holt, Rinehart and Winston Inc. Newyork, 1965.
21. BOUBAKRI ABDESSELEM M., "Determination des caracteristiques Thermodynamiques du couple charbon actif AC 35 methanol et etude de son application a la refrigeration.

22. AITTOMAKI A., HARKONEN M., "Zeolite Heat pump-adsorption on methanol in synthetic zeolites 13x, 4A, 5A" Int. J. Refrig 240, 1986.
23. NIKHNAM S., "Güneş Enerjisinden faydalanarak Zeolitlerin Kullanımı ile Isıtma ve Isı Depolama", M.S. tezi. D.E.Ü., F.B.E., İzmir 1984.
24. GREINER Ph., GUILLEMİNOT J.J., MESTER M., GUNIER M., PONS F.M., "Experimental result on a 12 m³ solar powered cold storage using the intermittent zeolithe 13x-H₂O Cycles" Laboratoire de Thermodynamique de fluides. Campus Univ. Orsay, France.
25. UNIVERSITY of CALIFORNIA "The Use of solar Energy the cooling buildings" August p. 4-6, 1975.
26. MAIR-LAXHUBER P., ROTHMEYER M., ALFELED G., "Zeolite heat pump storage" Int. of conf. Energy storage, BHRA. Fluid Engineering, Crafreld. UK, 1983.
27. MOBEDİ M., "Adsorpsiyonlu Isı Pompaları Üzerine Teorik ve Deneysel Bir Çalışma" MS tezi D.E.Ü., F.B.E., 1987. İzmir.
28. ÜLKÜ, S., DEĞİRMEN E., NIKHNAM S., "Güneş Enerjisinden Faydalanarak Doğal ZEolitlerin Kullanımı ile Isıtma ve Soğutma" Isı Bilim ve Teknik Dergisi, Ocak, 1986 p. 13-20.
29. SEYREK B., SALEMEH S., EFE F., KILIÇ C. "Enerji Depolaması" Diploma tezi. D.E.Ü. 1985.
30. EMİROĞLU T., "Akışkan Yataklı Sistemlerde Kurutma" D.E.Ü., F.B.E. M.S. tezi 1985.
31. STARK B., JAMES, K., "Airflow Characteristics of grains and seeds" Conference on Agricultural Eng. 1982.