



EKSERJİ VE UYGULAMALARI YAZ KURSU

(SUMMER COURSE ON EXERGY AND ITS APPLICATIONS)

(2-4 May 2024)

Pamukkale University, Denizli



Exergy Analysis of Textile Drying Systems

(Tekstil Kurutma Sistemlerinin Ekserji Analizi)

Arif HEPBASLI

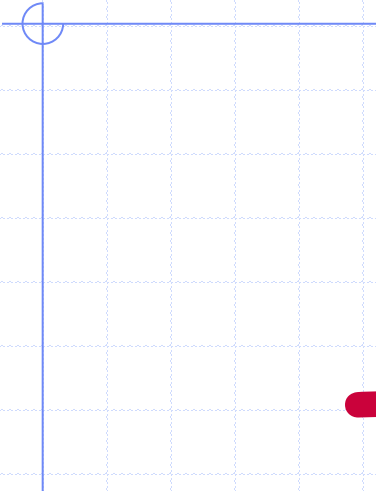
Department of Energy Systems Engineering
Faculty of Engineering
Yasar University

arif.hepbasli@yasar.edu.tr & arifhepbasli@gmail.com

May 2, 2024 (5.15 p.m.-6 p.m.)

OUTLINE

- ◆ Introduction
- ◆ Types of textile dryers
- ◆ Analysis
- ◆ Results and discussion
- ◆ Conclusions



1

Introduction



TEKSTİL TERBİYE İŞLETMELERİNİN ENERJİ, EKSERJİ VE EKSERGOEKONOMİK ANALİZ YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASIYLA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Arş. Gör. Ahmet ÇAY
Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanları: Prof. Dr. Işık TARAKÇIOĞLU, Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI

Exergetic performance assessment of a stenter system in a textile finishing mill

A. Cay^{1,†}, I. Tarakçıoğlu¹ and A. Hepbaslı^{2,*†}

¹Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, Bornova 35100, Izmir, Turkey

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, Bornova 35100, Izmir, Turkey

Applied Thermal Engineering 29 (2009) 2554–2561



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Thermal Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apthermeng



A study on the exergetic analysis of continuous textile dryers

Ahmet Cay* and Işık Tarakçıoğlu

Faculty of Engineering,
Department of Textile Engineering,
Ege University,
TR-35100 Bornova, Izmir, Turkey
E-mail: ahmet.cay@ege.edu.tr
E-mail: isik.tarakcioglu@ege.edu.tr

*Corresponding author

Arif Hepbaslı

Faculty of Engineering,
Department of Mechanical Engineering,
Ege University,
TR-35100 Bornova, Izmir, Turkey
E-mail: arif.hepbasli@ege.edu.tr

Assessment of finishing processes by exhaustion principle for textile fabrics: An exergetic approach

Ahmet Cay^{a,*}, Işık Tarakçıoğlu^a, Arif Hepbaslı^b

^aDepartment of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, 35100 Bornova, Izmir, Turkey

^bDepartment of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, 35100 Bornova, Izmir, Turkey

Tekstil işletmelerinde en fazla ısı enerjisi tüketen kısım terbiye daireleridir. İplik, dokuma, ve/veya örme ile terbiye dairelerinden oluşan bir işletmenin toplam enerji tüketiminin %40-65 kadarını terbiye dairesi kullanmaktadır.

Tekstil işletmelerindeki özgül enerji tüketiminin dairelere göre dağılımı

	Elektrik Tüketimi		Isı Tüketimi	
	kWh/kg	Klima için tüketilen %	MJ/kg	Klima için tüketilen %
İplik dairesi	2,7-4,0	15-20	1,1-4,7	100
Dokuma dairesi	2,1-5,6	20-25	8,3-17,0	45-55
Örme dairesi	1,0-1,5	25-30	1,8-5,8	100
Terbiye dairesi	1,5-3,0	5-10	40-80	-
TOPLAM	7,3-14,1	-	51,2-107,5	-

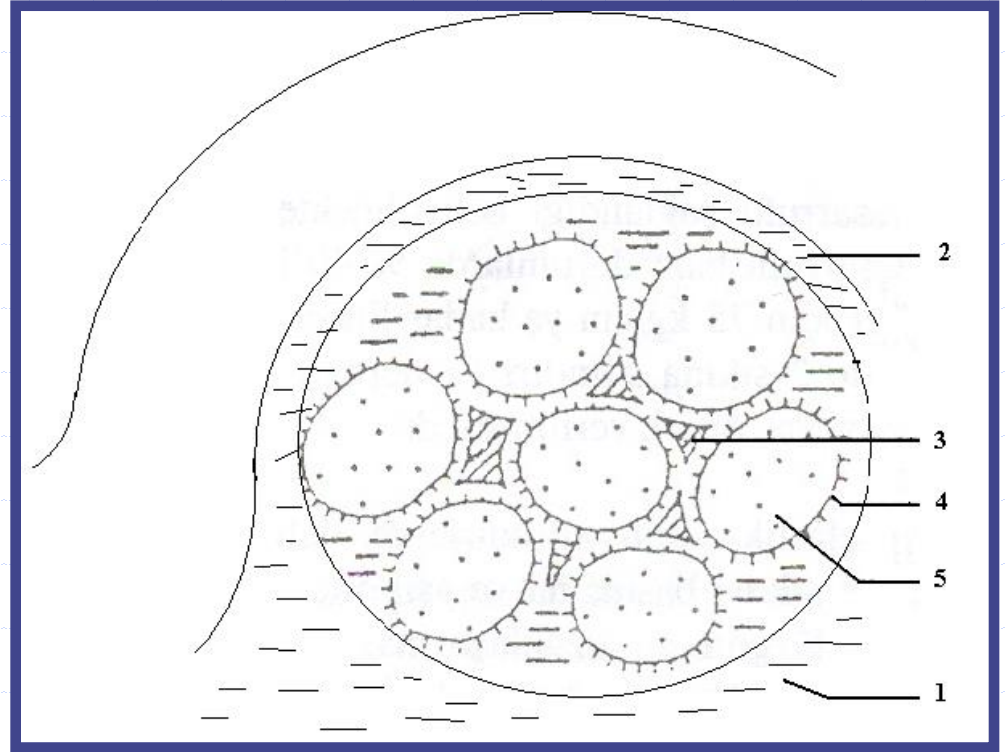
Kurutma işlemleri, tekstil terbiye işletmelerinde en çok enerji tüketilen işlemlerden birisidir.

- % 45-70 yaş işlemler
- % 15-40 kurutma ve fiksaj
- % 8-18 diğer işlemler

KURUTMA

Yaş bir tekstil mamulünde suyun hepsi aynı durumda bulunmamaktadır

- 1) Damlayan su
- 2) Yüzey suyu
- 3) Kapilar suyu
- 4) Şişme suyu
- 5) Kristal suyu



Kurutma

- Mekaniksel kurutma (ön kurutma)
- Isıl kurutma (asıl kurutma)

Enerji verimliliği açısından suyun mümkün olan kısmını ön kurutma ile uzaklaştırmak önemlidir.

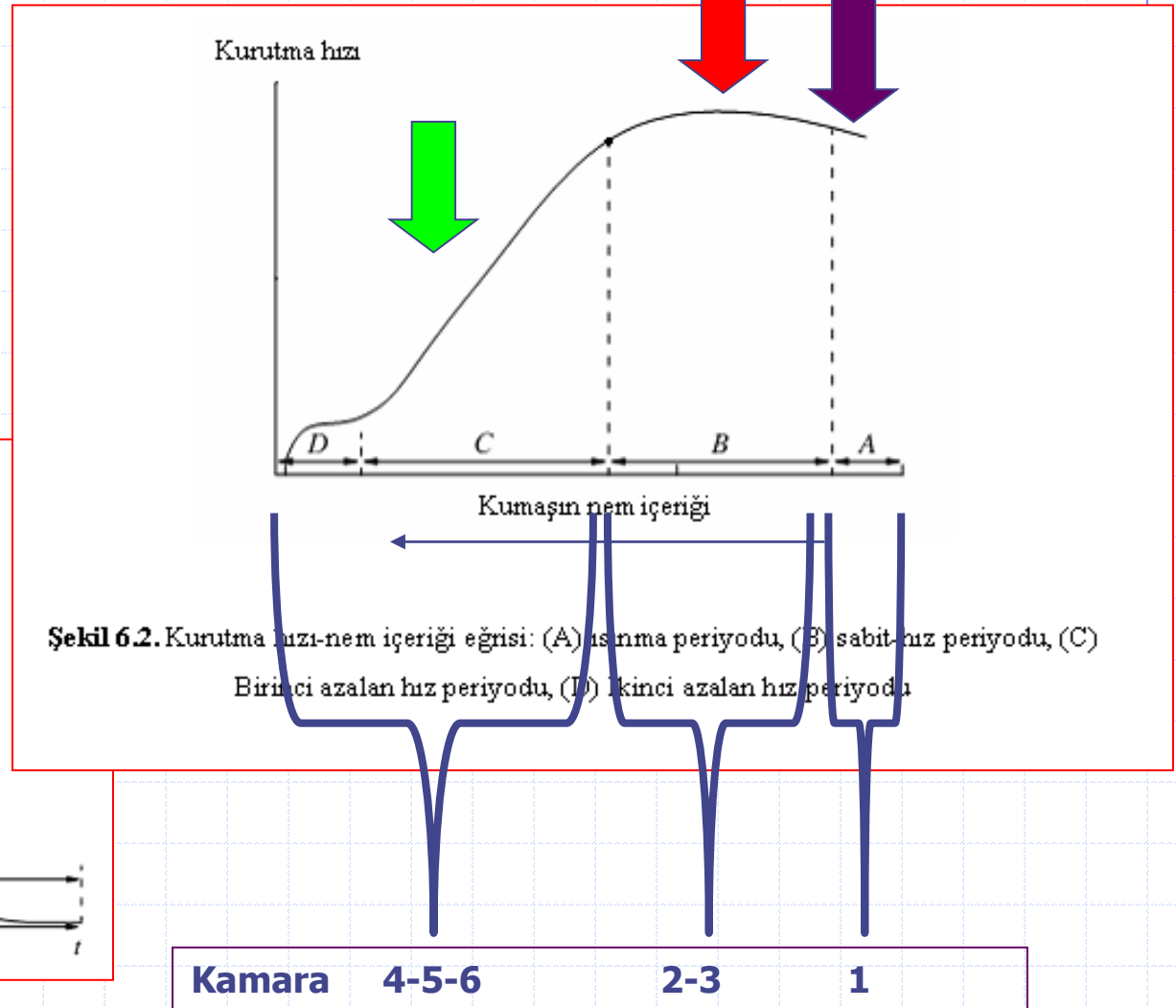
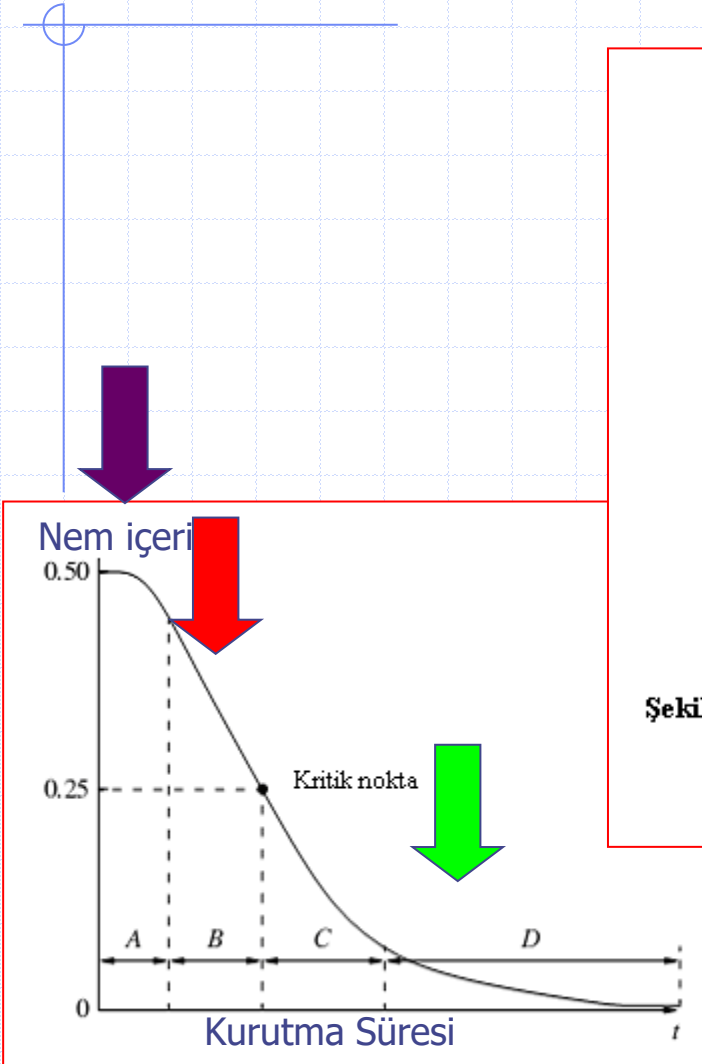
Asıl Kurutma

- Konveksiyon kurutma (Ramöz, Hotflue, Taşıma bantlı, Emme tamburlu)
- Kontakt kurutma (Silindirli kurutucu)
- IR kurutma
- Yüksek Frekans ile kurutma

Konveksiyon Kurutma

- Sıcak kurutma gazından nemli tekstil mamulüne ısı transferi
- Nemli tekstil mamulünden kurutma gazına doğru kütle transferi

KURUTMA PERİYOTLARI



Isıtma Sistemleri

- 1) Basıncılı buhar ısıtması
- 2) İndirekt fuel-oil ısıtması
- 3) Kızgın yağ ısıtması
- 4) Direkt doğal gaz ısıtması
- 5) İndirekt doğal gaz ısıtması

RAM NEDİR ?

- ◆ Ramöz (Stenter)
- ◆ Tekstil'de kumaşa ön terbiye, baskı ve boya işlemlerinden sonra uygulanan, kumaşa istenilen özellikleri vermek amacı ile uygulanan terbiye işlemleridir. İngilizcesi de bitirme anlamına gelen finishing'dir.
- ◆ Yumuşatma, Dolgu verme, Yanmazlık, Kırışmazlık Çekmezlik, Sanforlama, Şardonlama, Zımparalama gibi apre işlemleri vardır.
- ◆ Apre işlemlerinin fiksajı **Ramöz** (kısaca **Ram**) adı verilen makinede yapılır.

ErkaMaX®

Enerji Geri Kazanım

RAMÖZLER

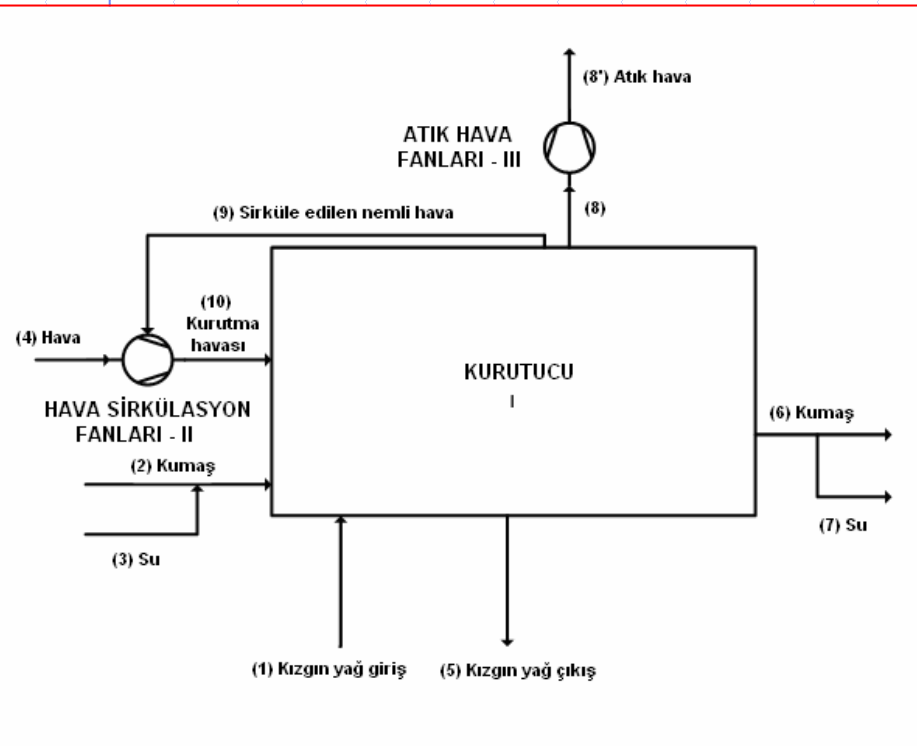


RAM GÖRÜNÜMÜ



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

EKSERJETİK MODELLEME - MODEL I



I. Kurutucu:

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_{10}(\omega_{10} + 1) = \dot{m}_5 + \dot{m}_6 + \dot{m}_7 + \dot{m}_8(\omega_8 + 1) + \dot{m}_9(\omega_9 + 1)$$

$$\dot{E}_1 + \dot{E}_2 + \dot{E}_3 + \dot{E}_{10} = \dot{E}_5 + \dot{E}_6 + \dot{E}_7 + \dot{E}_8 + \dot{E}_9 + \dot{E}_q$$

$$\dot{E}x_1 + \dot{E}x_2 + \dot{E}x_3 + \dot{E}x_{10} = \dot{E}x_5 + \dot{E}x_6 + \dot{E}x_7 + \dot{E}x_8 + \dot{E}x_9 + \dot{E}x_q + \dot{E}x_{d,I}$$

II. Hava sirkülasyon fanları:

$$\dot{m}_4(\omega_4 + 1) + \dot{m}_9(\omega_9 + 1) = \dot{m}_{10}(\omega_{10} + 1)$$

$$\dot{E}_4 + \dot{E}_9 + \dot{W}_{fan} = \dot{E}_{10}$$

$$\dot{E}x_4 + \dot{E}x_9 + \dot{W}_{fan} = \dot{E}x_{10} + \dot{E}x_{d,II}$$

III. Atık hava fanları

$$\dot{m}_8(\omega_8 + 1) = \dot{m}_{8'}(\omega_{8'} + 1)$$

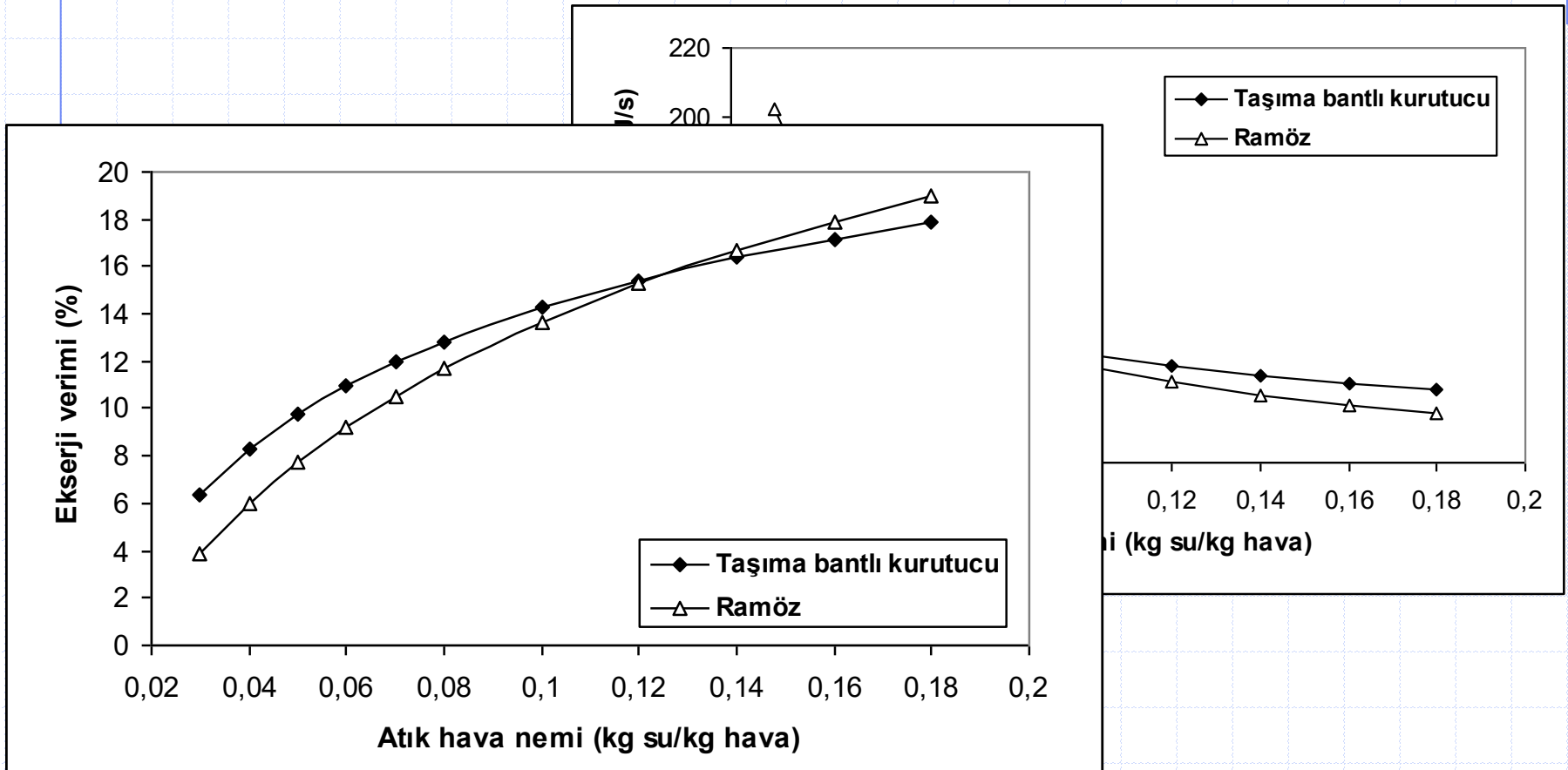
$$\dot{E}_8 + \dot{W}_{fan} = \dot{E}_{8'}$$

$$\dot{E}x_8 + \dot{W}_{fan} = \dot{E}x_{8'} + \dot{E}x_{d,III}$$

Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

EKSERJETİK MODELLEME - MODEL I

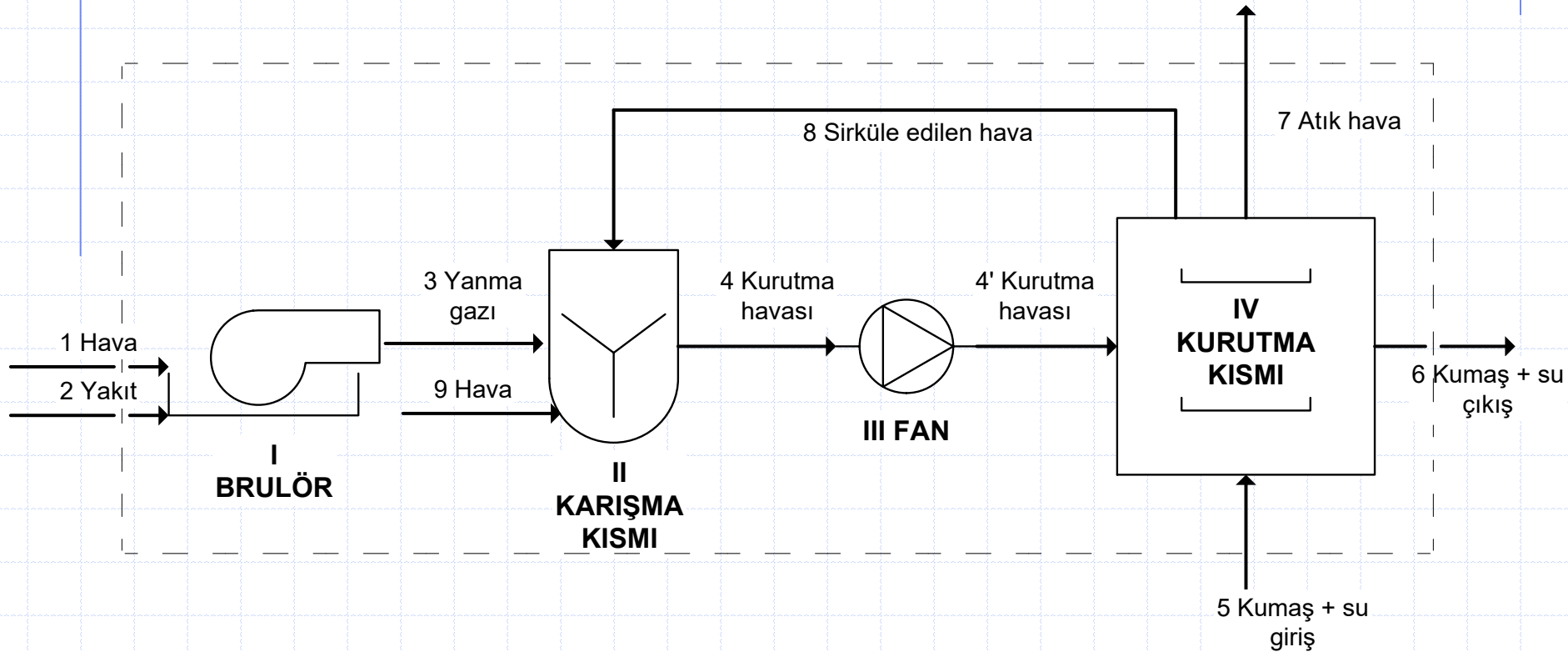
Taşıma bantlı kurutucu ile Ramöz'ün kıyaslanması



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

EKSERJETİK MODELLEME-MODEL IIa

Direkt doğal gaz ısıtmalı ramöz



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

EKSERJETİK MODELLEME-MODEL IIa

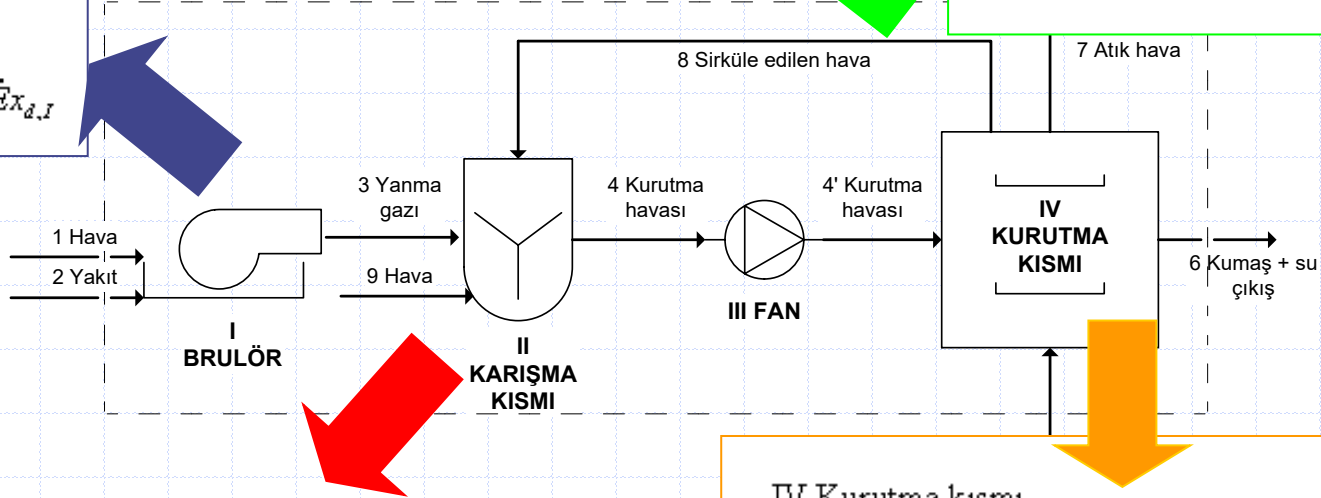
Direkt doğal gaz ısıtım ramözü

I Brülör

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

$$\dot{E}_1 + \dot{E}_2 = \dot{E}_3$$

$$\dot{E}_{x_1} + \dot{E}_{x_2} = \dot{E}_{x_3} + \dot{E}_{x_{d,I}}$$



III Fan

$$\dot{m}_4 (\omega_4 + 1) = \dot{m}_{4'} (\omega_{4'} + 1)$$

$$\dot{E}_4 + \dot{W}_{fan} = \dot{E}_{4'}$$

$$\dot{E}_{x_4} + \dot{W}_{fan} = \dot{E}_{x_{4'}} + \dot{E}_{x_{d,III}}$$

II Karışma kısmı

$$\dot{m}_3 + \dot{m}_8 (\omega_8 + 1) + \dot{m}_9 = \dot{m}_4 (\omega_4 + 1)$$

$$\dot{E}_3 + \dot{E}_8 + \dot{E}_9 = \dot{E}_4$$

$$\dot{E}_{x_3} + \dot{E}_{x_8} + \dot{E}_{x_9} = \dot{E}_{x_4} + \dot{E}_{x_{d,II}}$$

IV Kurutma kısmı

$$\dot{m}_4 (\omega_4 + 1) + \dot{m}_5 = \dot{m}_6 + \dot{m}_7 (\omega_8 + 1) + \dot{m}_8 (\omega_9 + 1)$$

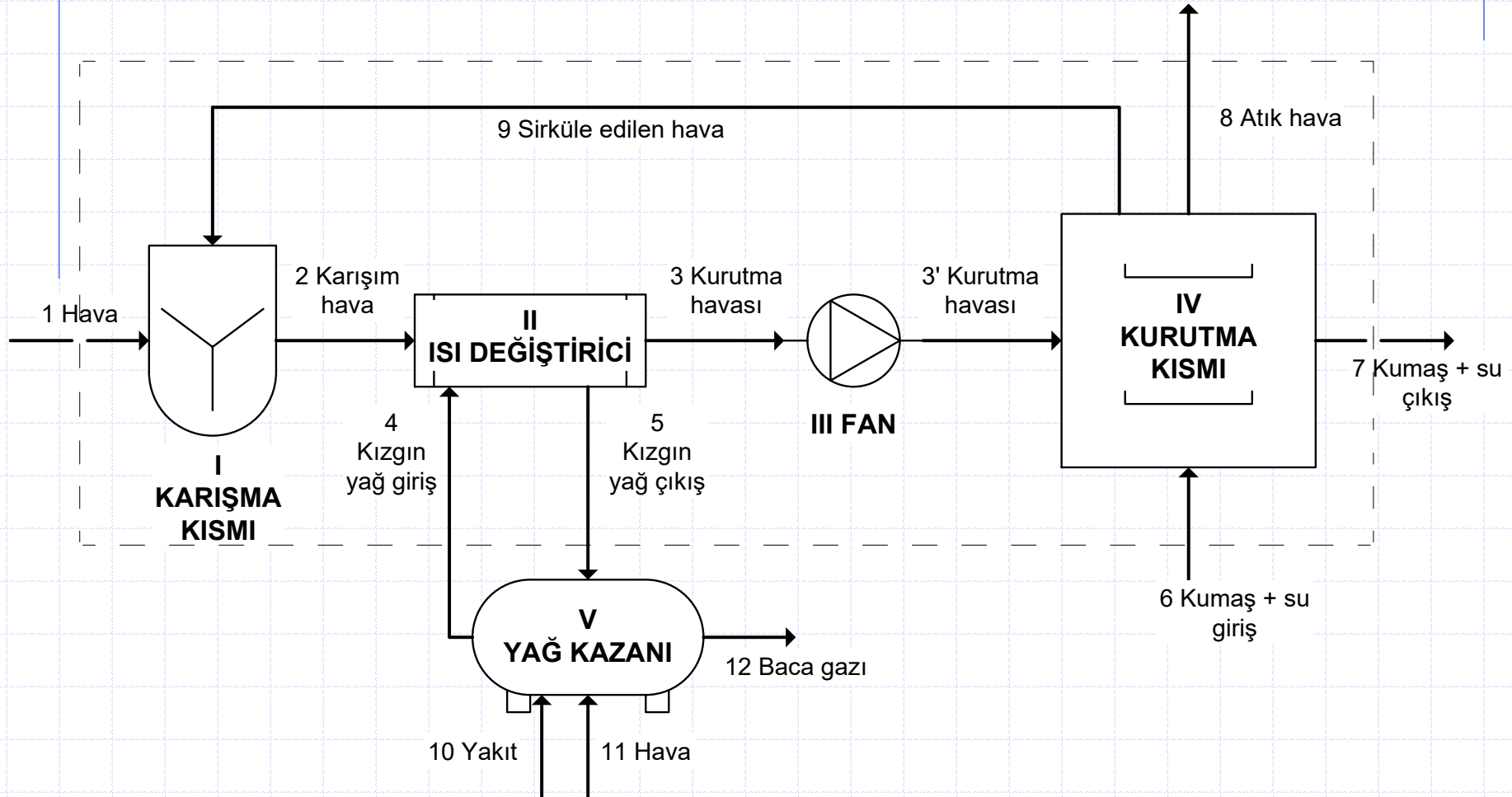
$$\dot{E}_4 + \dot{E}_5 = \dot{E}_6 + \dot{E}_7 + \dot{E}_8 + \dot{E}_9$$

$$\dot{E}_{x_4} + \dot{E}_{x_5} = \dot{E}_{x_6} + \dot{E}_{x_7} + \dot{E}_{x_8} + \dot{E}_{x_9} + \dot{E}_{x_{d,IV}}$$

Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

EKSERJETİK MODELLEME-MODEL IIb

Kızgın yağ ısıtmalı ramöz



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

EKSERJETİK MODELLEME-MODEL IIb

Kızgın yağ ısıtmalı ramöz

I Karışma kısmı:

$$\dot{m}_1(\omega_1 + 1) + \dot{m}_9(\omega_9 + 1) = \dot{m}_2(\omega_2 + 1)$$

$$\dot{E}_1 + \dot{E}_9 = \dot{E}_2$$

$$\dot{E}_{x_1} + \dot{E}_{x_9} = \dot{E}_{x_2} + \dot{E}_{x_{d,I}}$$

III Fan

$$\dot{m}_3(\omega_3 + 1) = \dot{m}_{3'}(\omega_{3'} + 1)$$

$$\dot{E}_3 + \dot{W}_{fan} = \dot{E}_{3'}$$

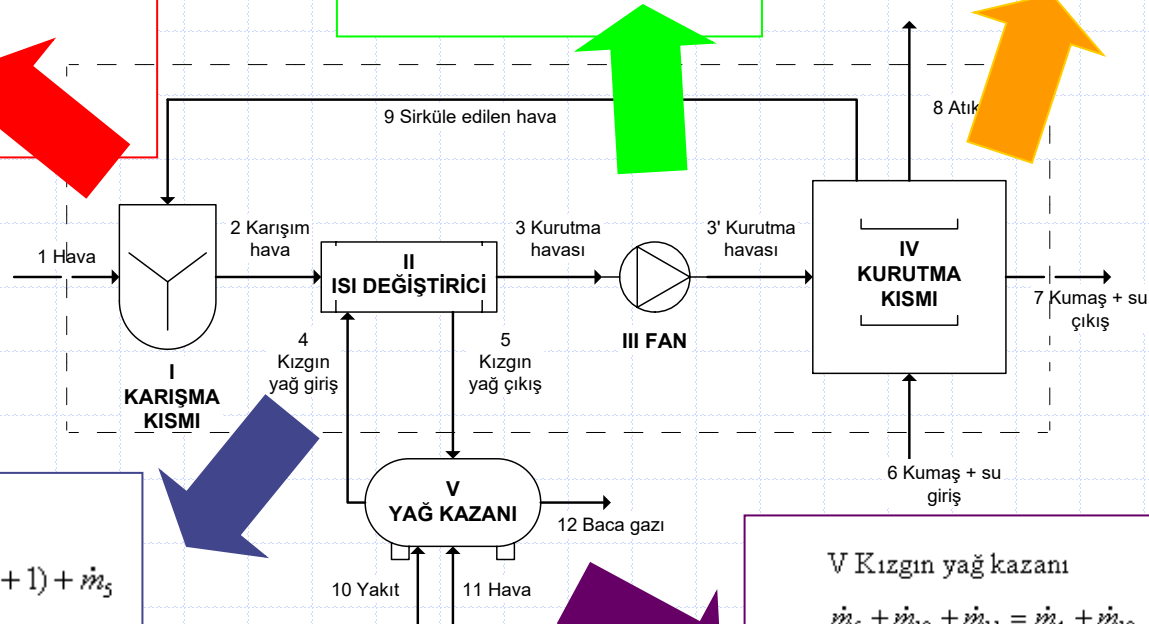
$$\dot{E}_{x_3} + \dot{W}_{fan} = \dot{E}_{x_{3'}} + \dot{E}_{x_{d,III}}$$

IV Kurutma kısmı

$$\dot{m}_{3'}(\omega_{3'} + 1) + \dot{m}_6 = \dot{m}_7 + \dot{m}_8(\omega_8 + 1) + \dot{m}_9(\omega_9 + 1)$$

$$\dot{E}_3 + \dot{E}_6 = \dot{E}_7 + \dot{E}_8 + \dot{E}_9 + \dot{E}_q$$

$$\dot{E}_{x_3} + \dot{E}_{x_6} = \dot{E}_{x_7} + \dot{E}_{x_8} + \dot{E}_{x_9} + \dot{E}_{x_q} + \dot{E}_{x_{d,IV}}$$



II. Isı değişirici

$$\dot{m}_2(\omega_2 + 1) + \dot{m}_4 = \dot{m}_3(\omega_3 + 1) + \dot{m}_5$$

$$\dot{E}_2 + \dot{E}_4 = \dot{E}_3 + \dot{E}_5$$

$$\dot{E}_{x_2} + \dot{E}_{x_4} = \dot{E}_{x_3} + \dot{E}_{x_5} + \dot{E}_{x_{d,II}}$$

V Kızgın yağ kazanı

$$\dot{m}_5 + \dot{m}_{10} + \dot{m}_{11} = \dot{m}_4 + \dot{m}_{12}$$

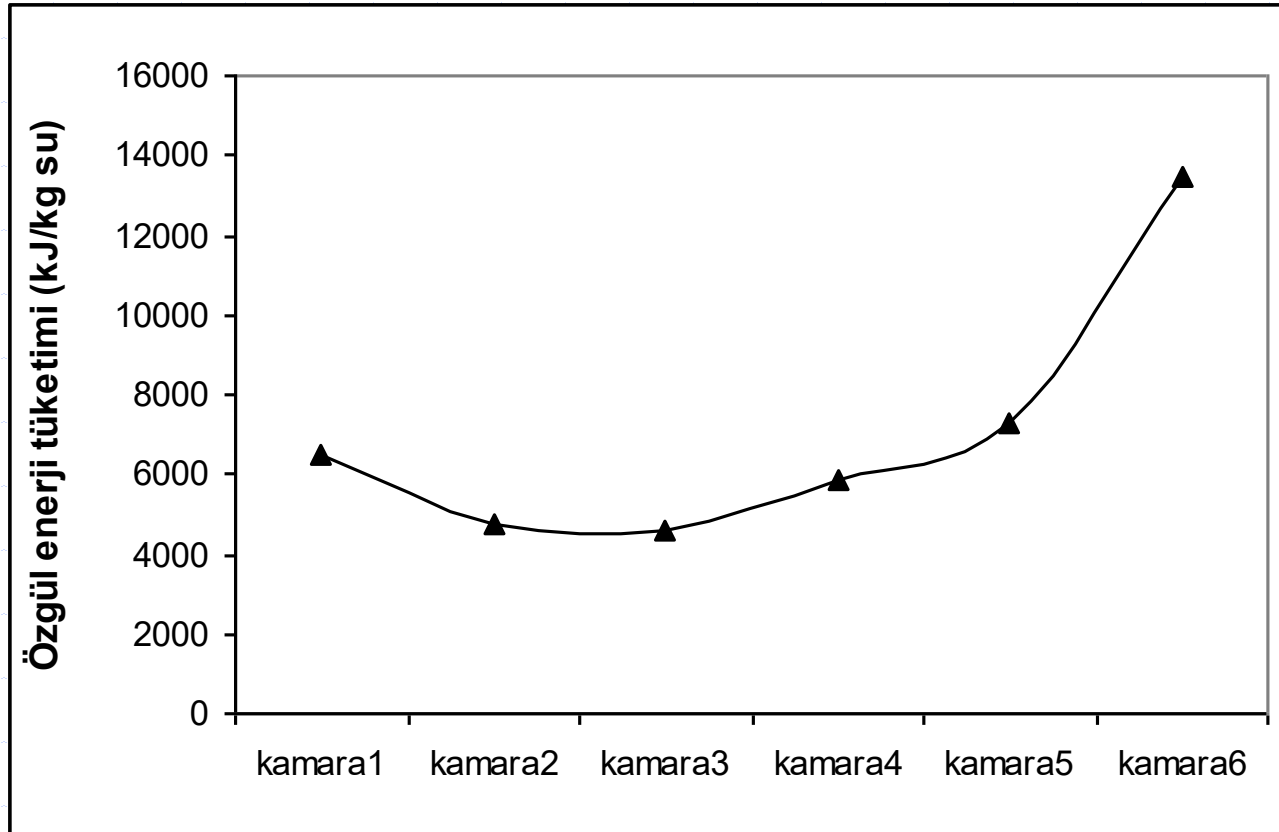
$$\dot{E}_5 + \dot{E}_{10} + \dot{E}_{11} = \dot{E}_4 + \dot{E}_{12} + \dot{E}_q$$

$$\dot{E}_{x_5} + \dot{E}_{x_{10}} + \dot{E}_{x_{11}} = \dot{E}_{x_4} + \dot{E}_{x_{12}} + \dot{E}_{x_q} + \dot{E}_{x_{d,V}}$$

Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

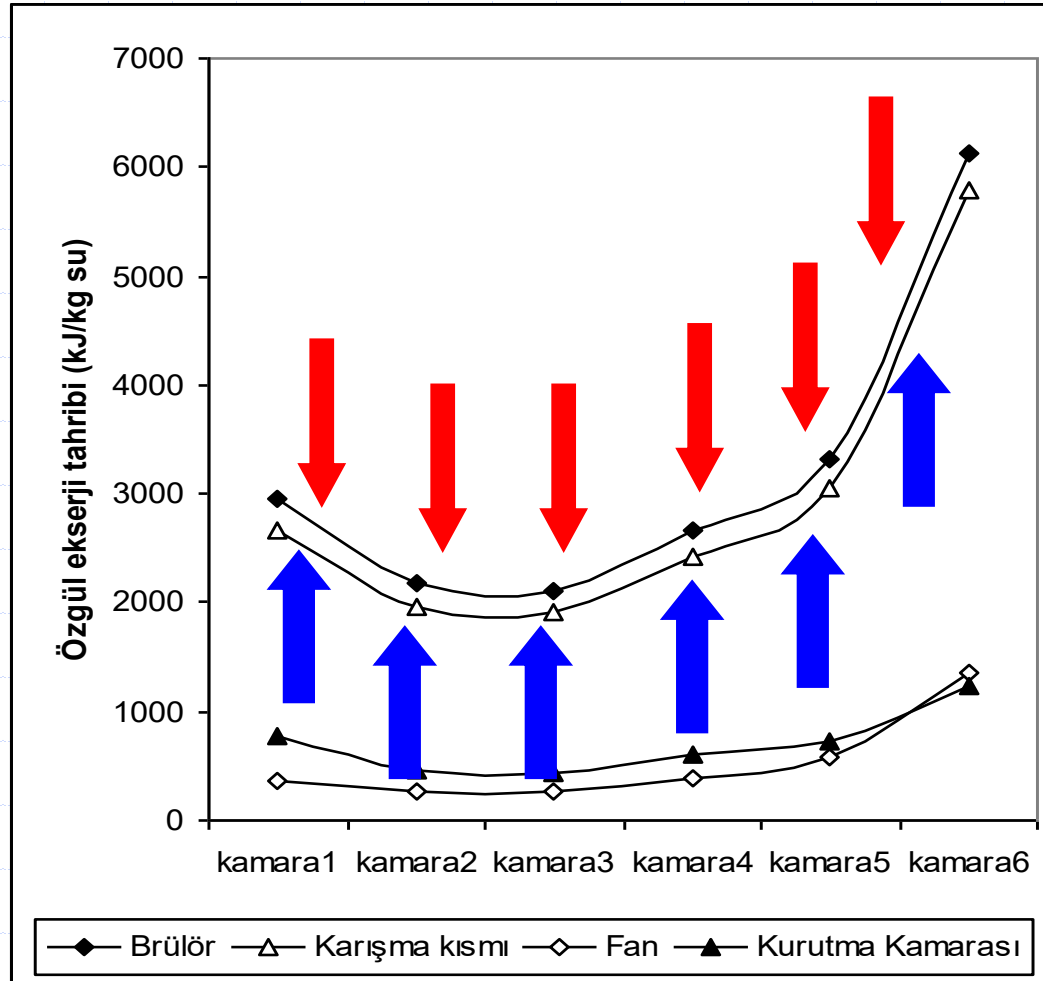
DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER

ÖZGÜL ENERJİ TÜKETİMİ (kJ/kg su)



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER

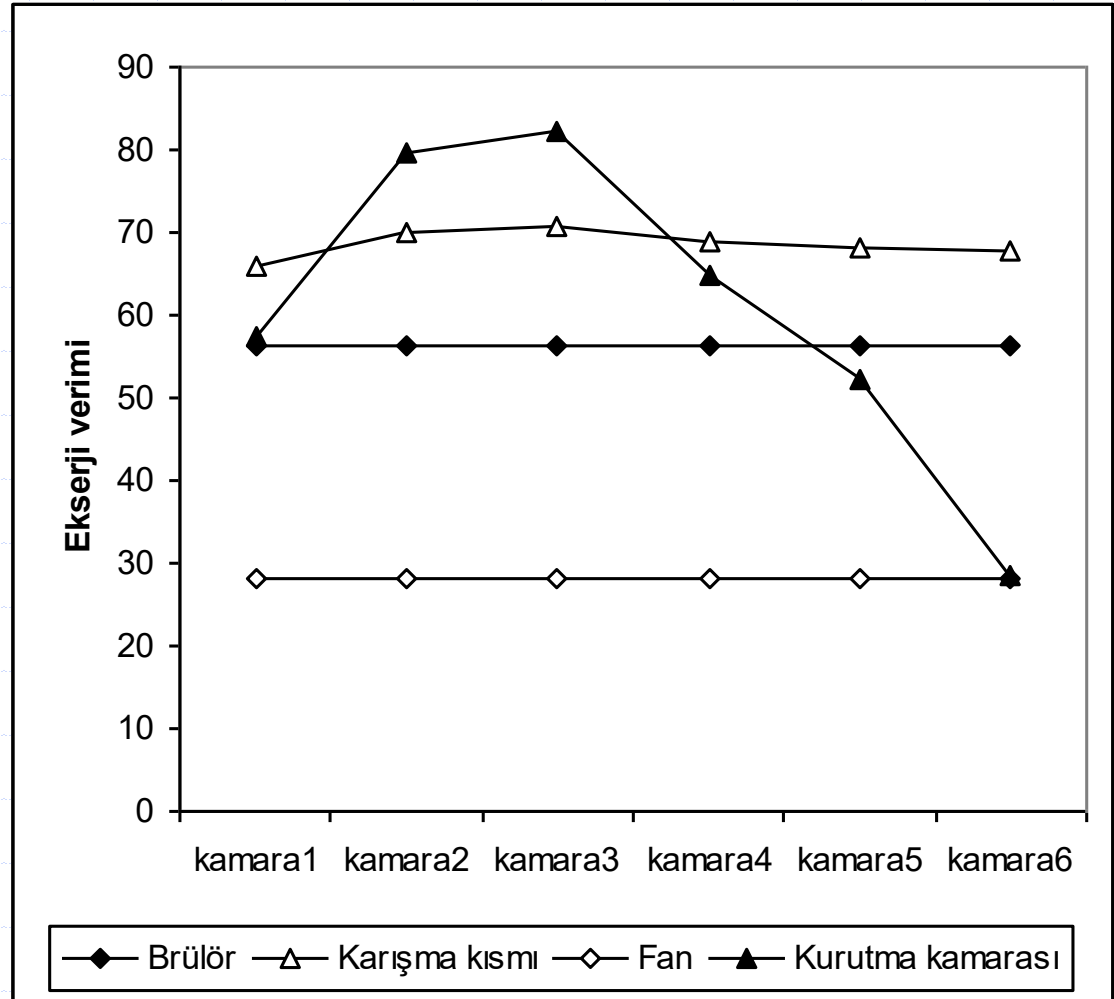
Özgöl Ekserji Tahribi Akımı (kJ/kg su)



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER

Ekserji Verimi

$$\varepsilon = \frac{(\dot{m}_{ev})(ex_{ev})}{\dot{E}x_{kh} - \dot{E}x_{sh}}$$



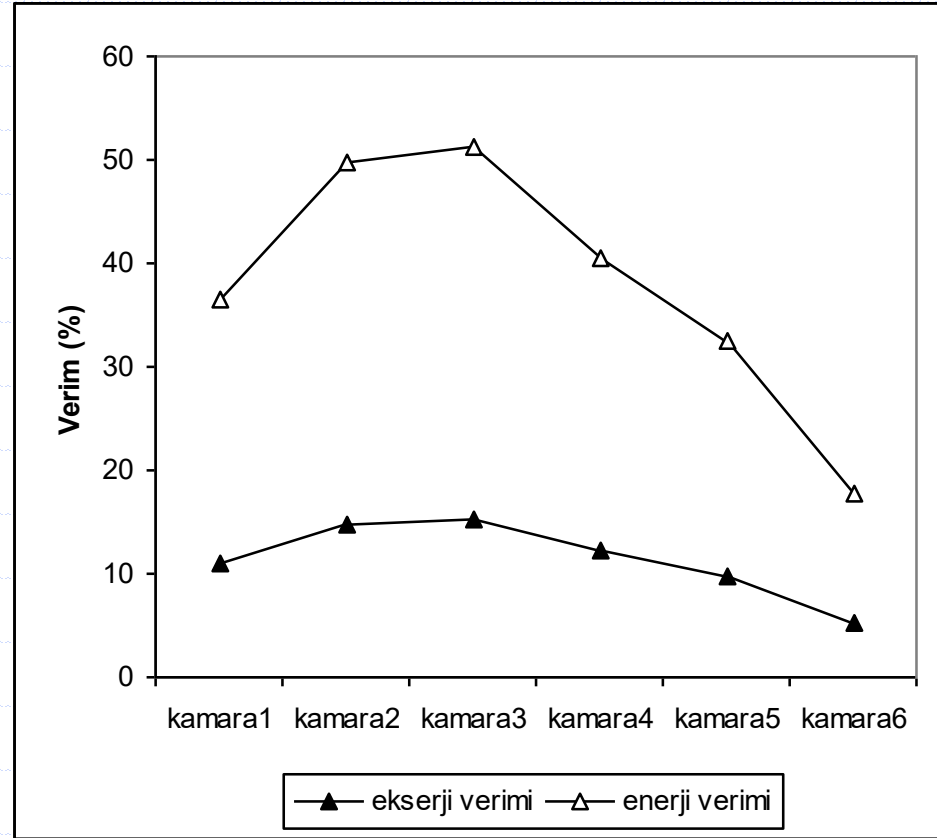
Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER

Toplam Sistem
Enerji ve Ekserji Verimi

$$\eta = \frac{\dot{E}_{ev}}{\dot{E}_y}$$

$$\varepsilon = \frac{\dot{E}x_{ev}}{\dot{E}x_y}$$

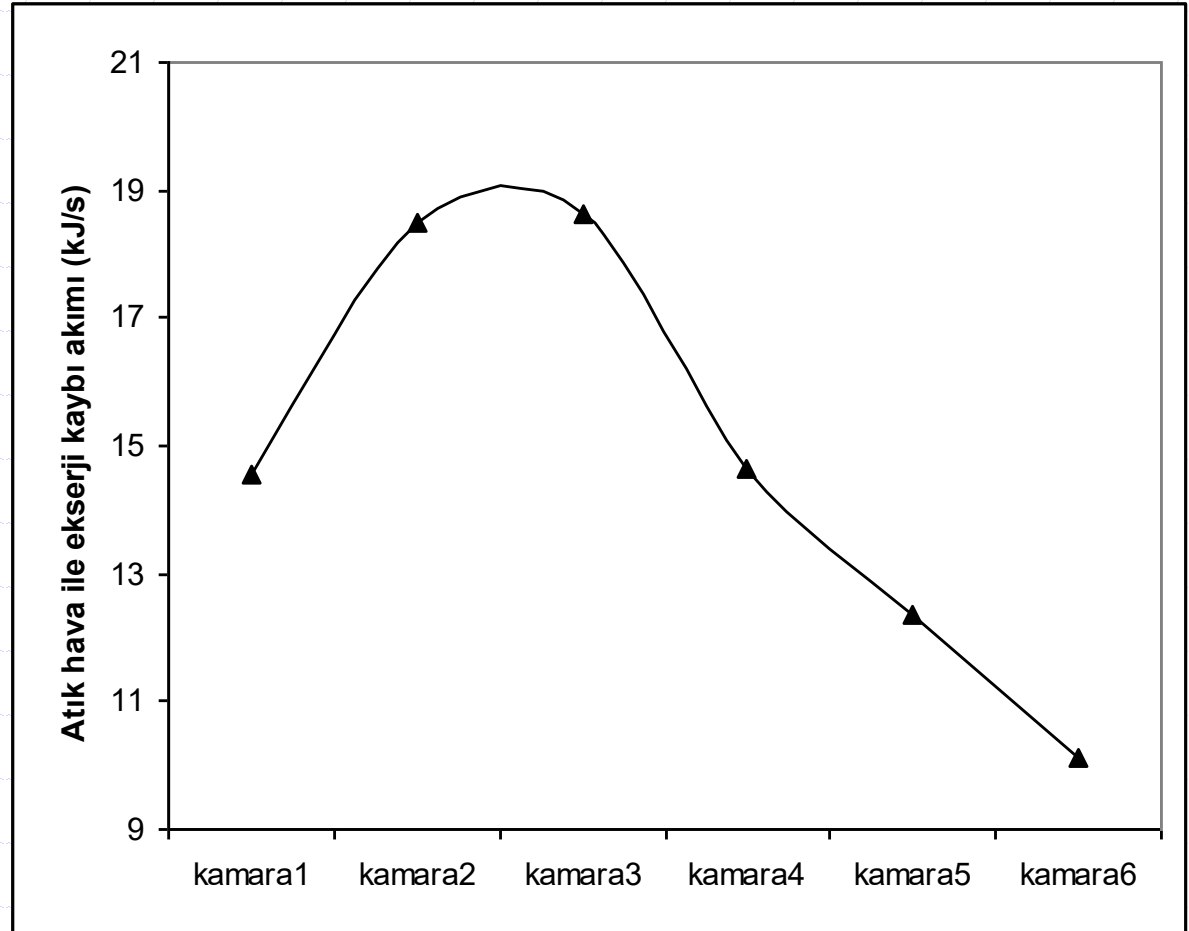


% 10,9, % 14,9, % 15,3, % 12,2, % 9,8 ve % 5,3

Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

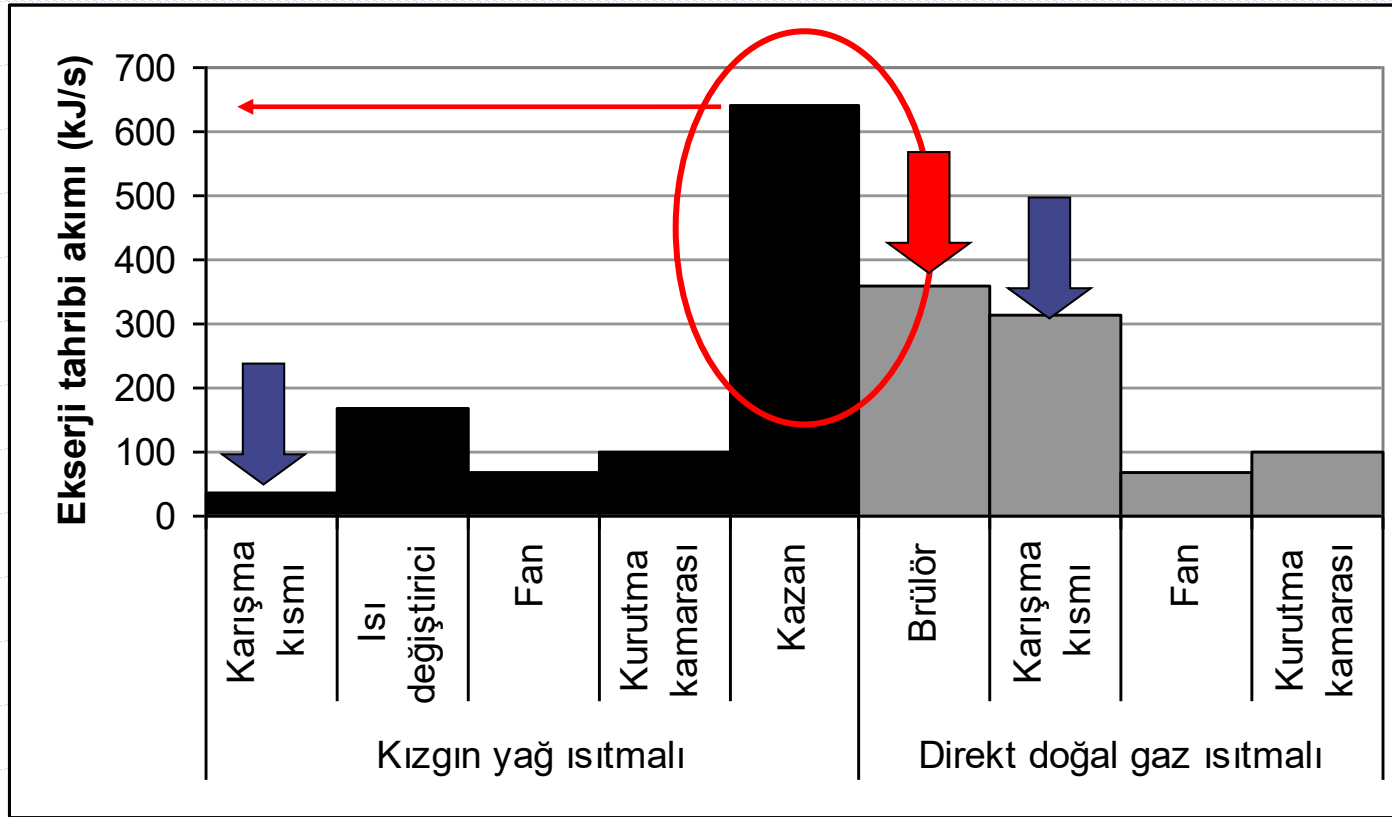
DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER

Ekserji kaybı akımı



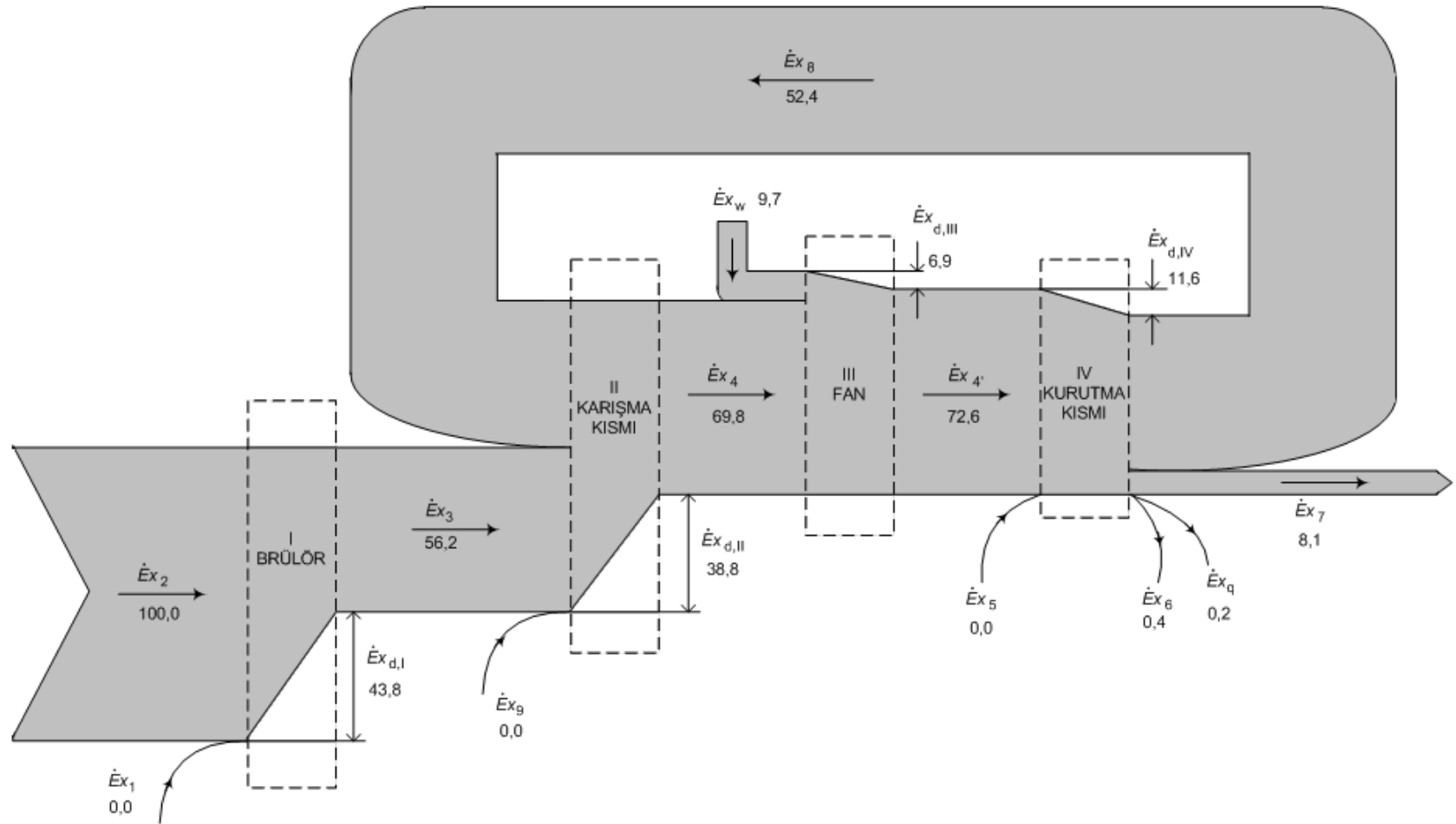
Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER İLE KIZGIN YAĞ ISITMALI RAMÖZLERİN KİYASLANMASI



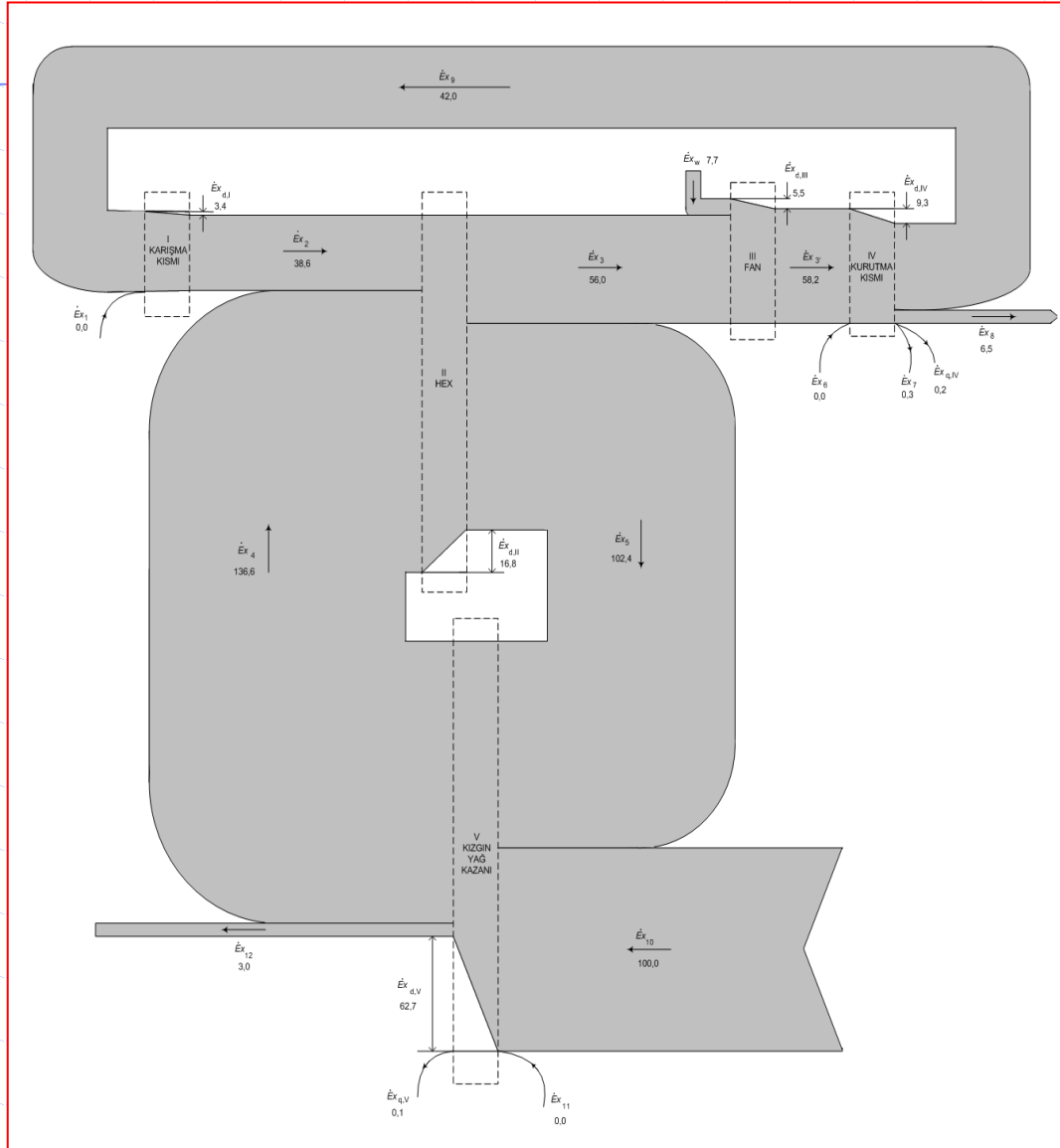
Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER İLE KIZGIN YAĞ ISITMALI RAMÖZLERİN KIYASLANMASI



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

DİREKT DOĞAL GAZ ISITMALI RAMÖZLER İLE KIZGIN YAĞ ISITMALI RAMÖZLERİN KIYASLANMASI

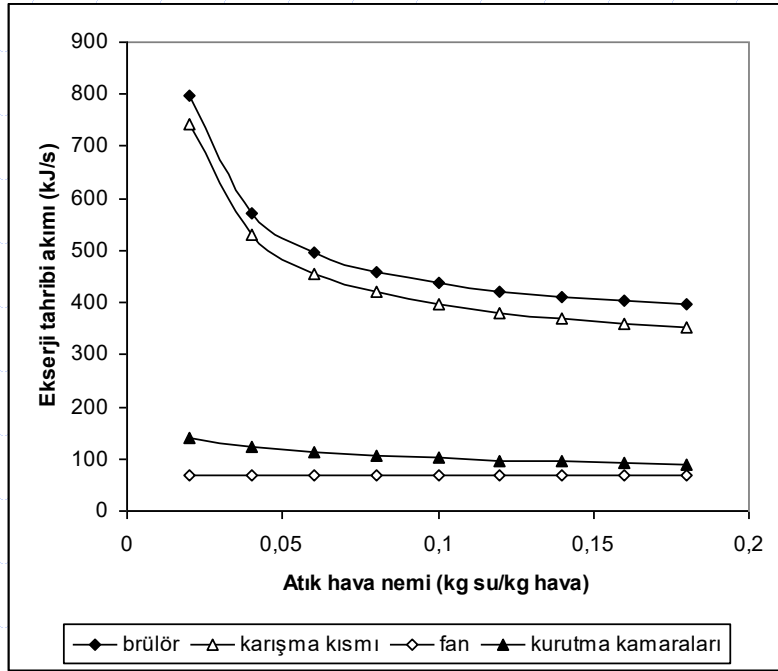


Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

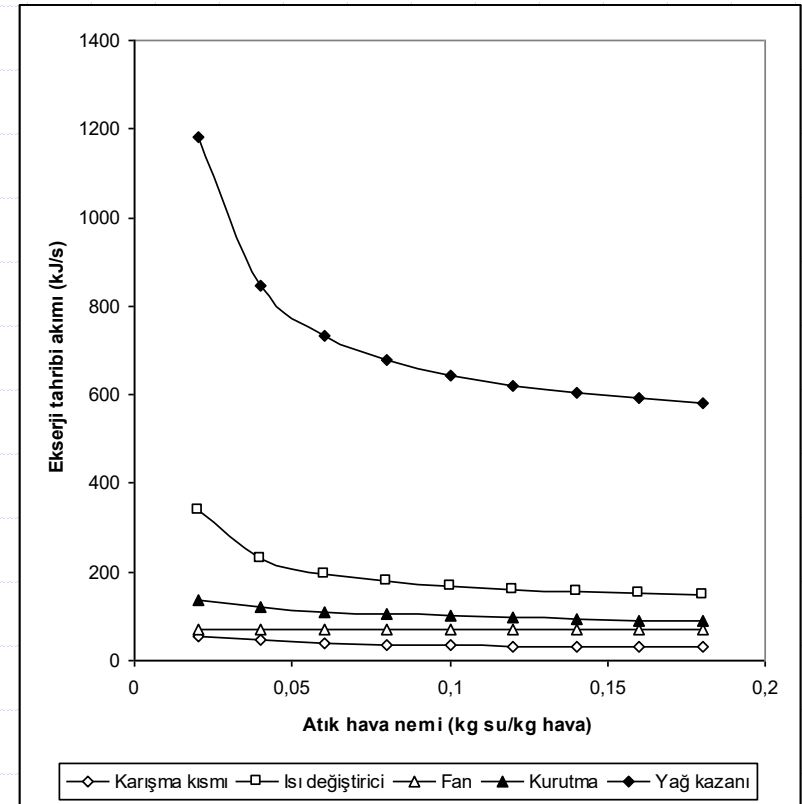
ATIK HAVA NEMİNİN ETKİSİ

Ekserji tahribi – bileşen bazında

DGIR



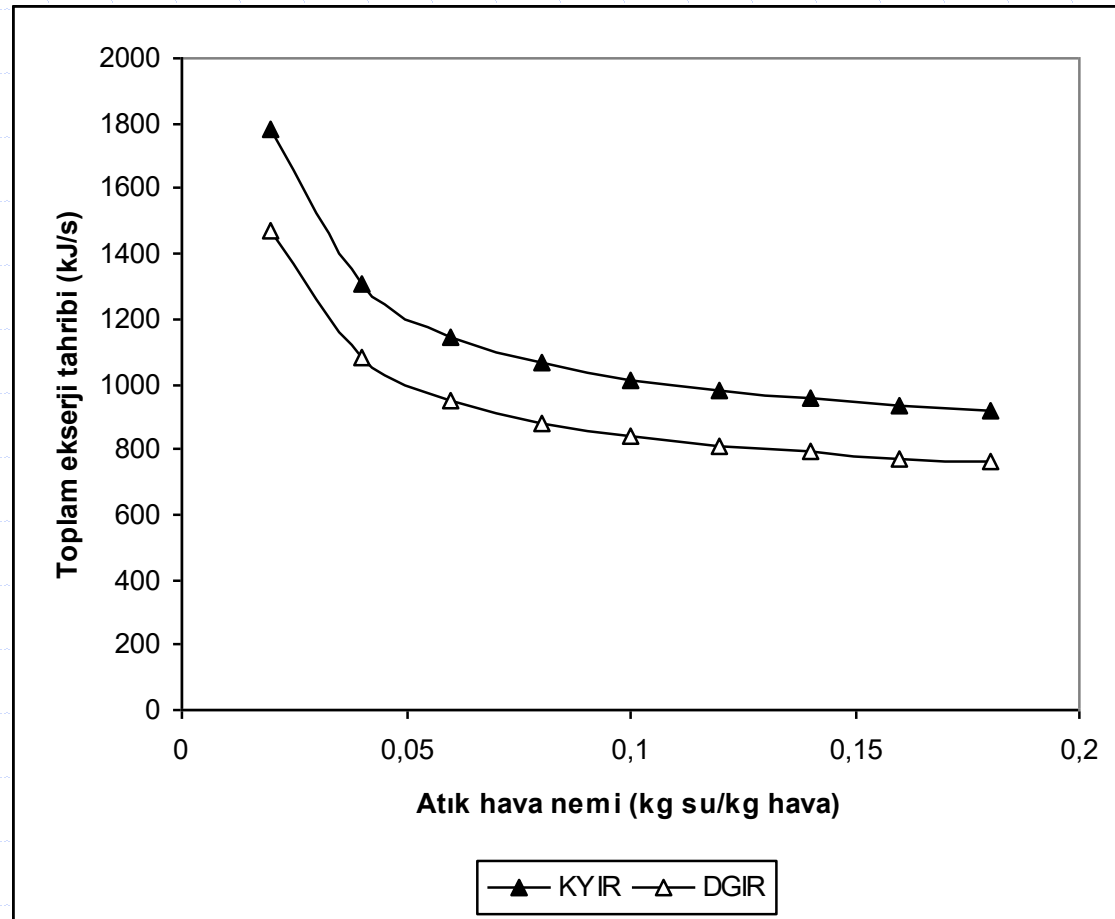
KYIR



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

ATIK HAVA NEMİNİN ETKİSİ

Ekserji tahribi – toplam sistem

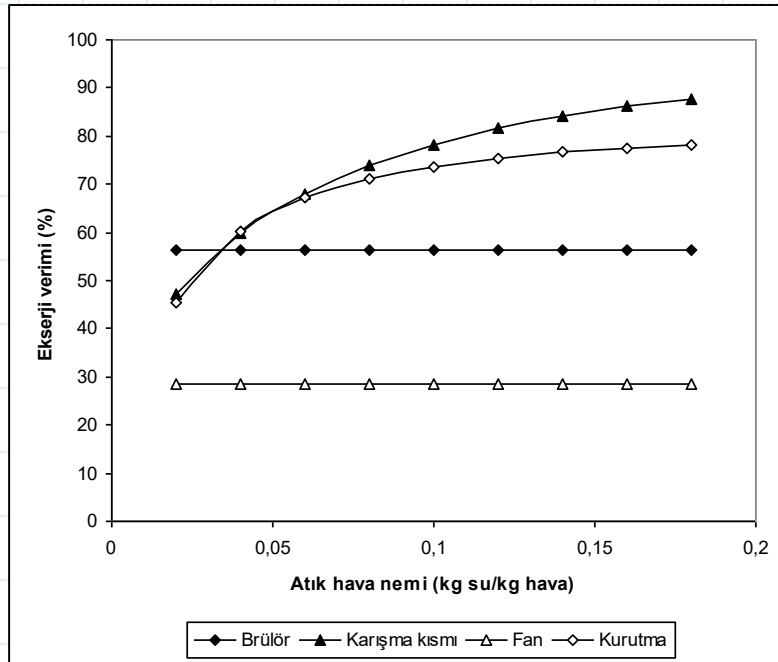


Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

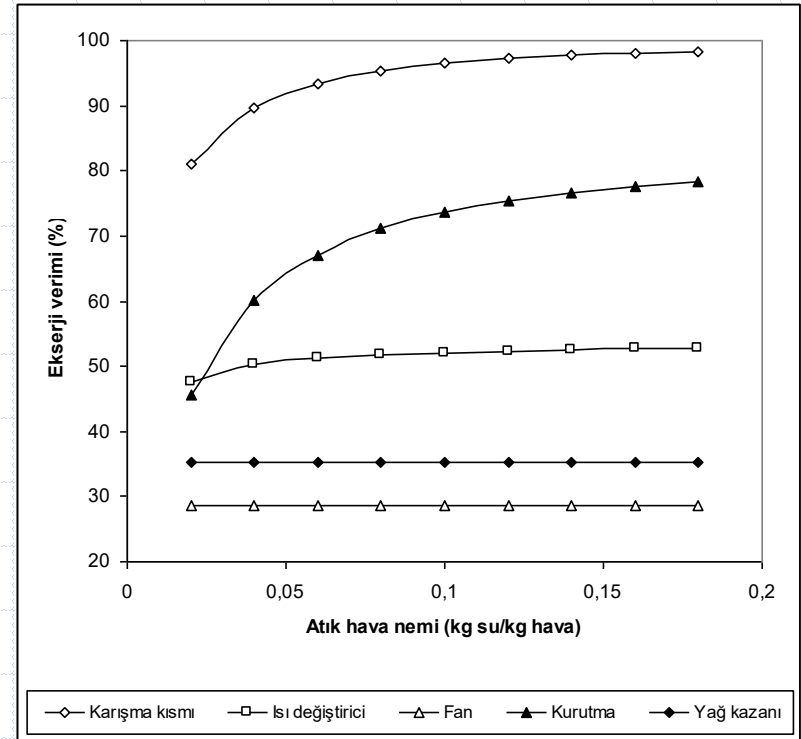
ATIK HAVA NEMİNİN ETKİSİ

Ekserji verimi – bileşen bazında

DGIR



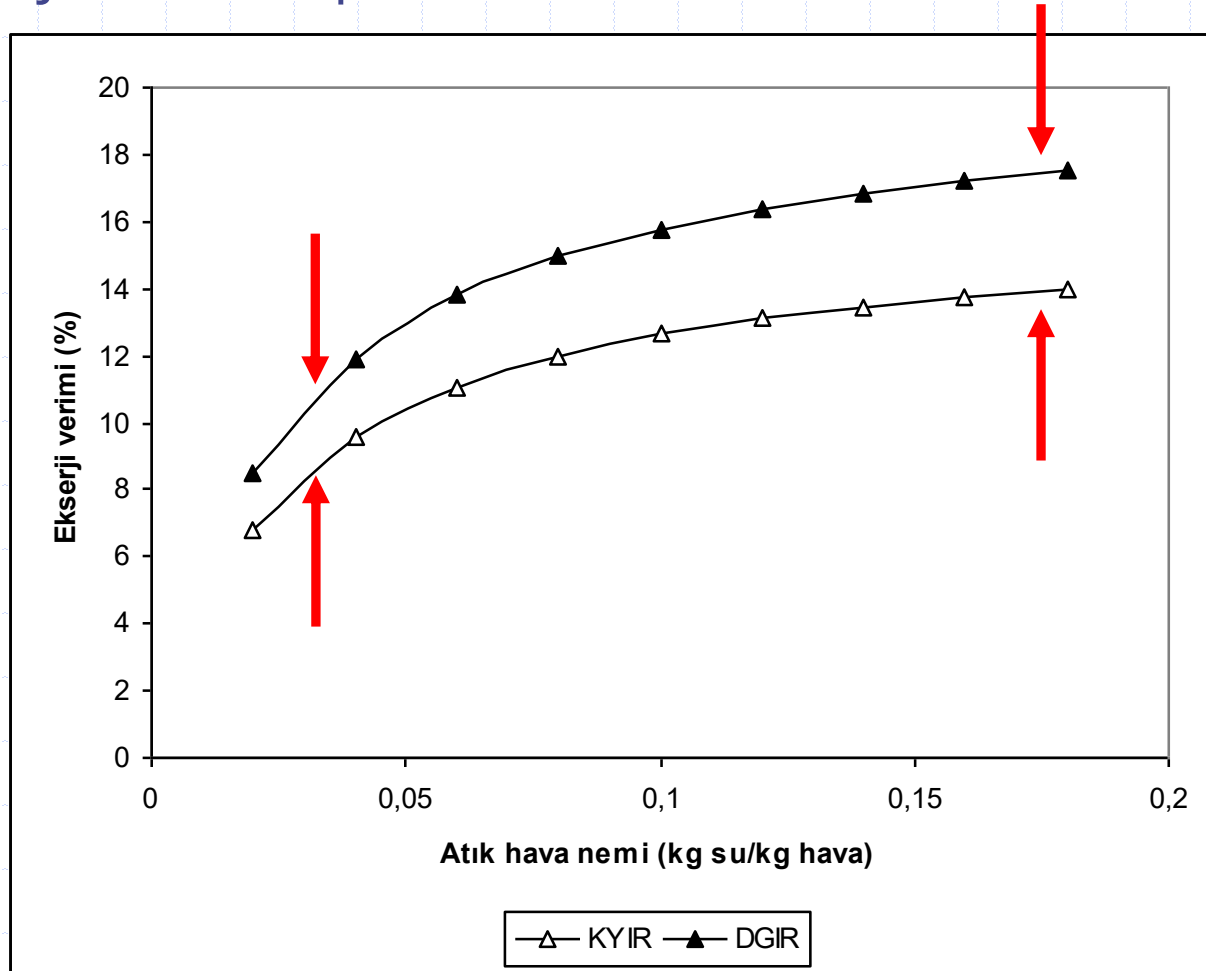
KYIR



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

ATIK HAVA NEMİNİN ETKİSİ

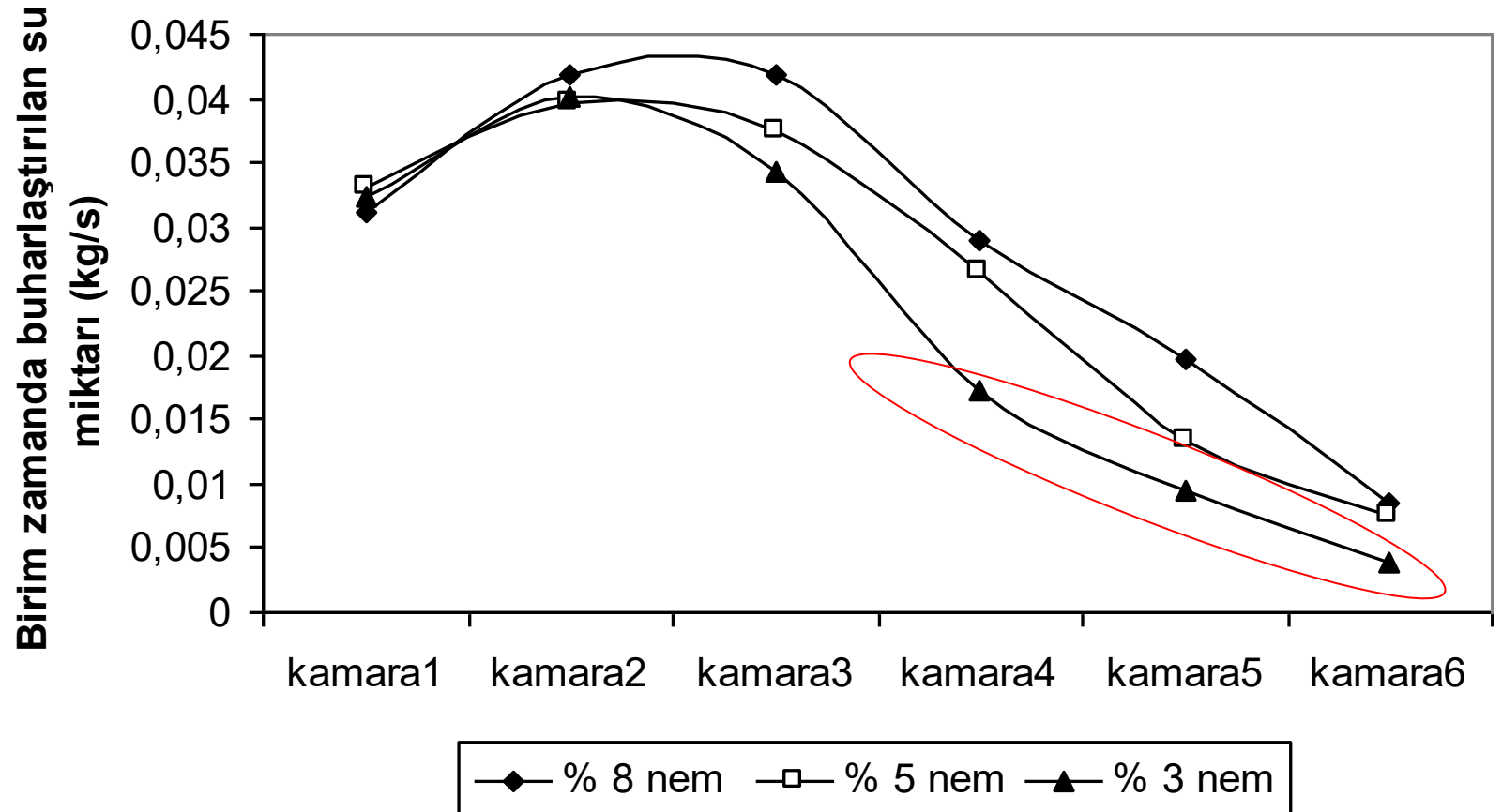
Ekserji verimi – toplam sistem



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

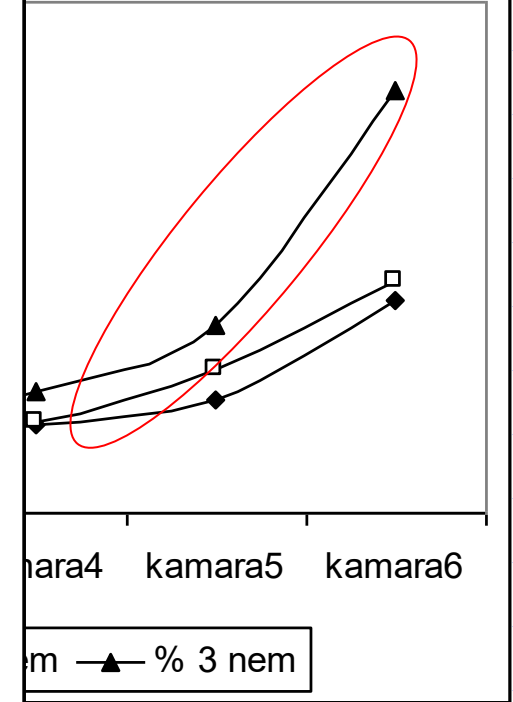
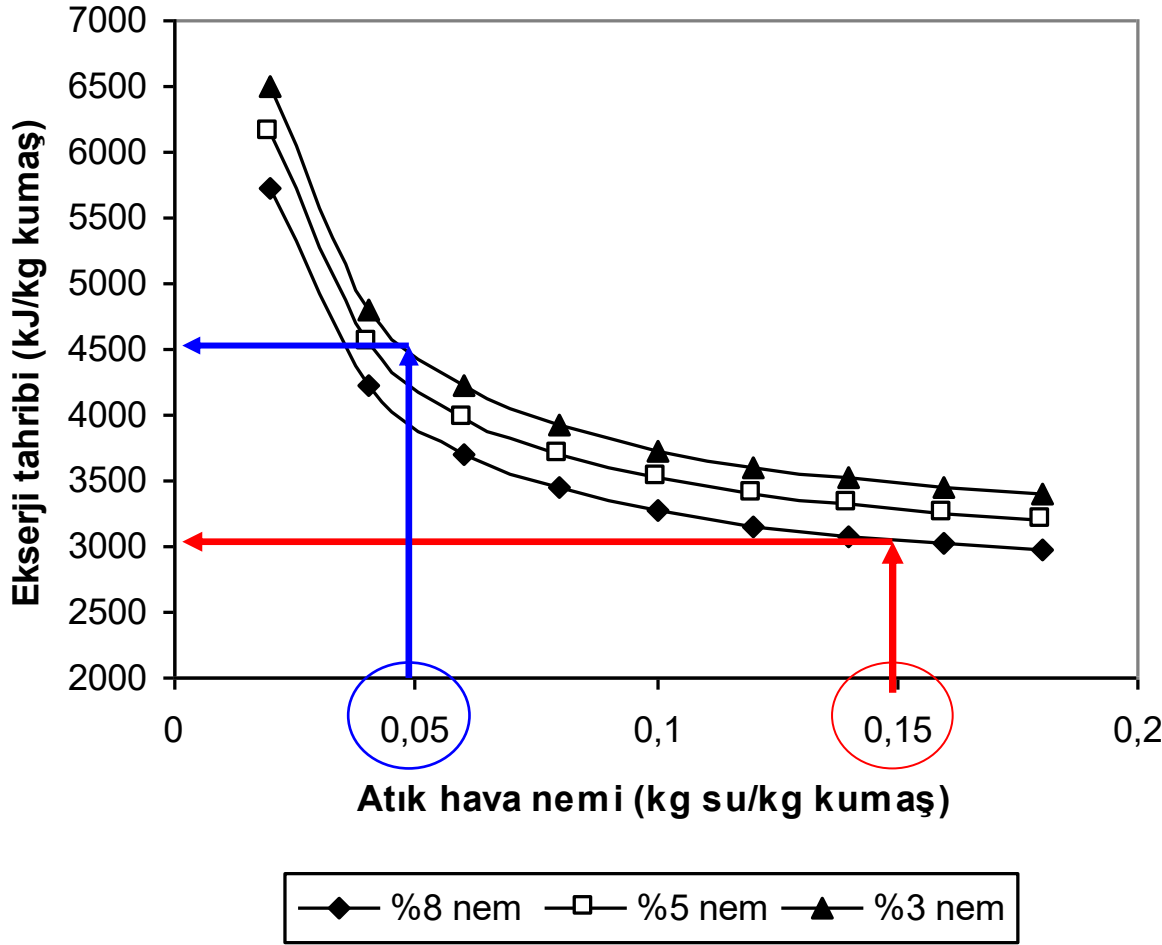
KUMAŞ ÇIKIŞ NEMİNİN ETKİSİ

Birim zamanda buharlaştırılan su miktarı



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

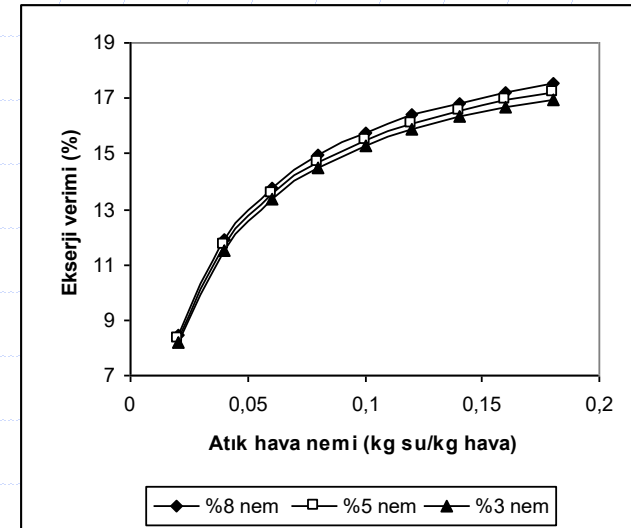
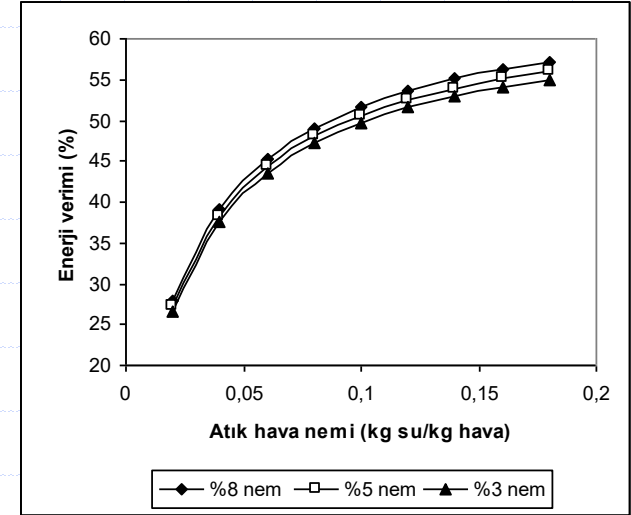
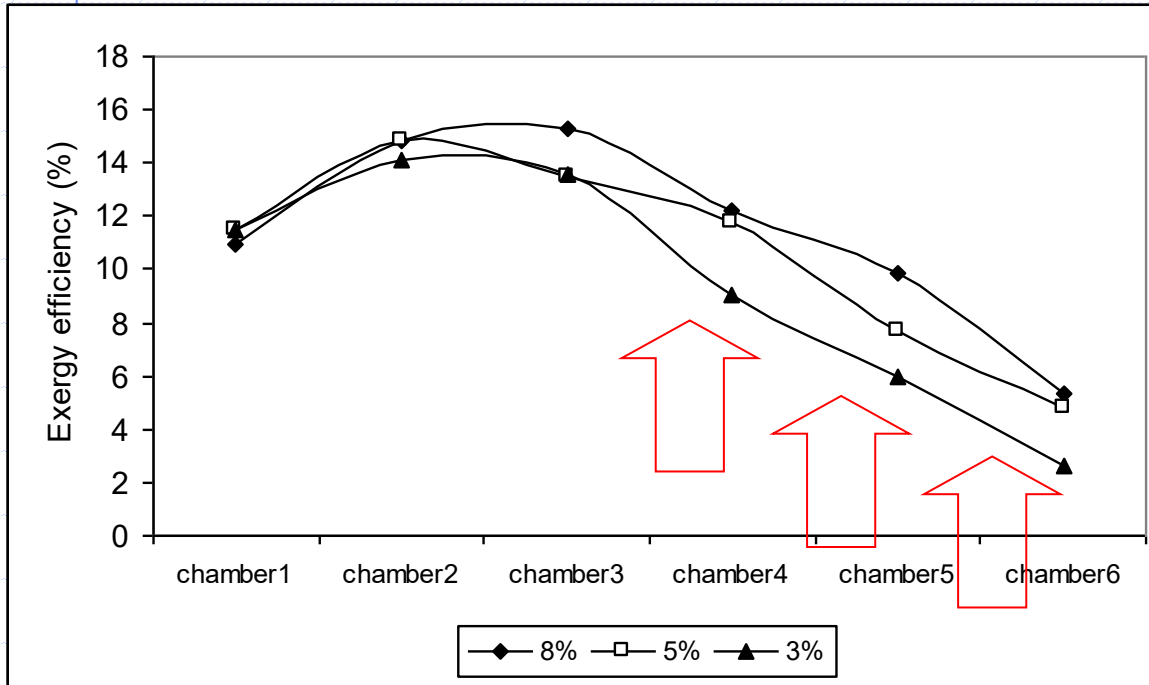
KUMAŞ ÇIKIŞ NEMİNİN ETKİSİ Özgül ekserji tahribi



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

KUMAŞ ÇIKIŞ NEMİNİN ETKİSİ

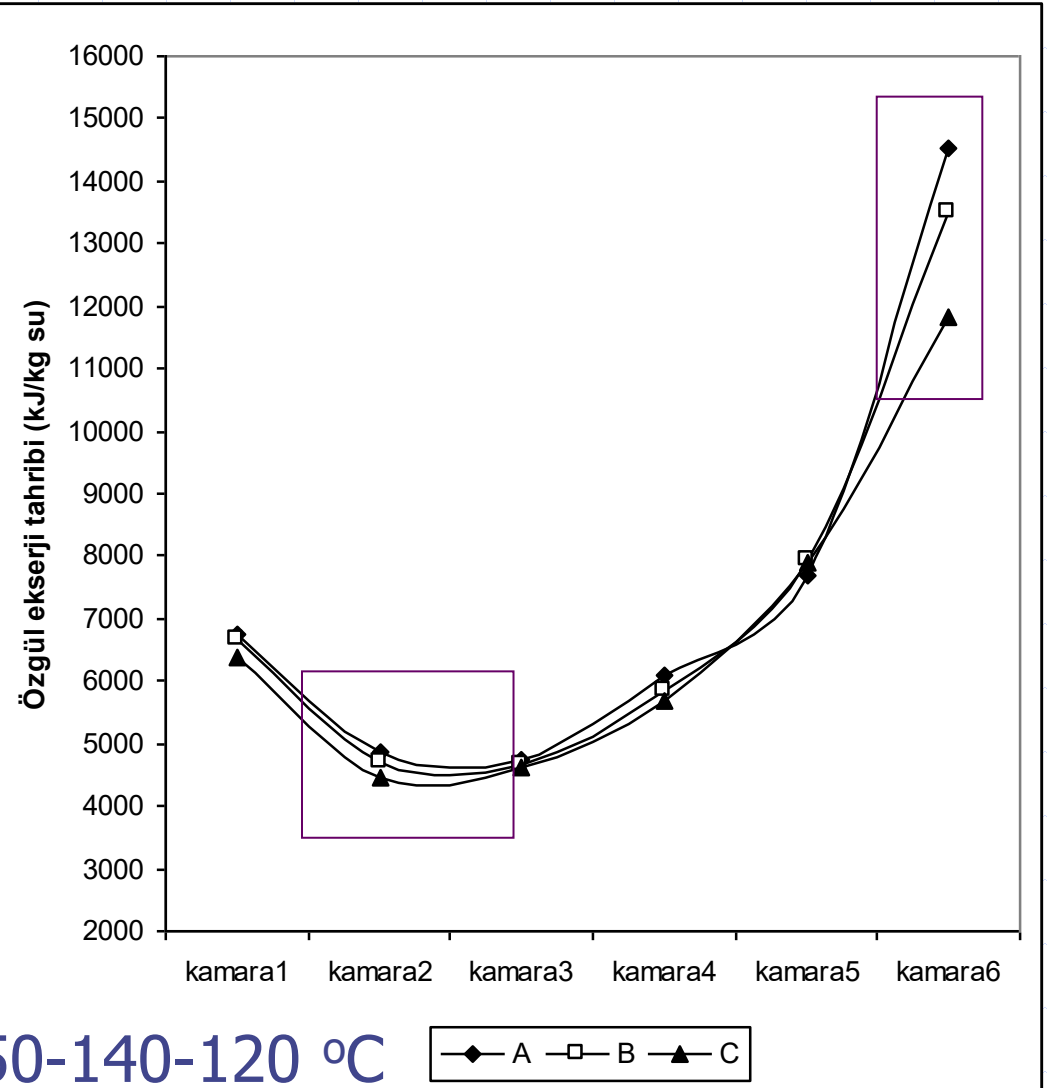
Ekserji verimi



Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

KAMARA SICAKLIKLARININ ETKİSİ

Özgöl ekserji tahribi



A: Tüm kamaralar 150 °C

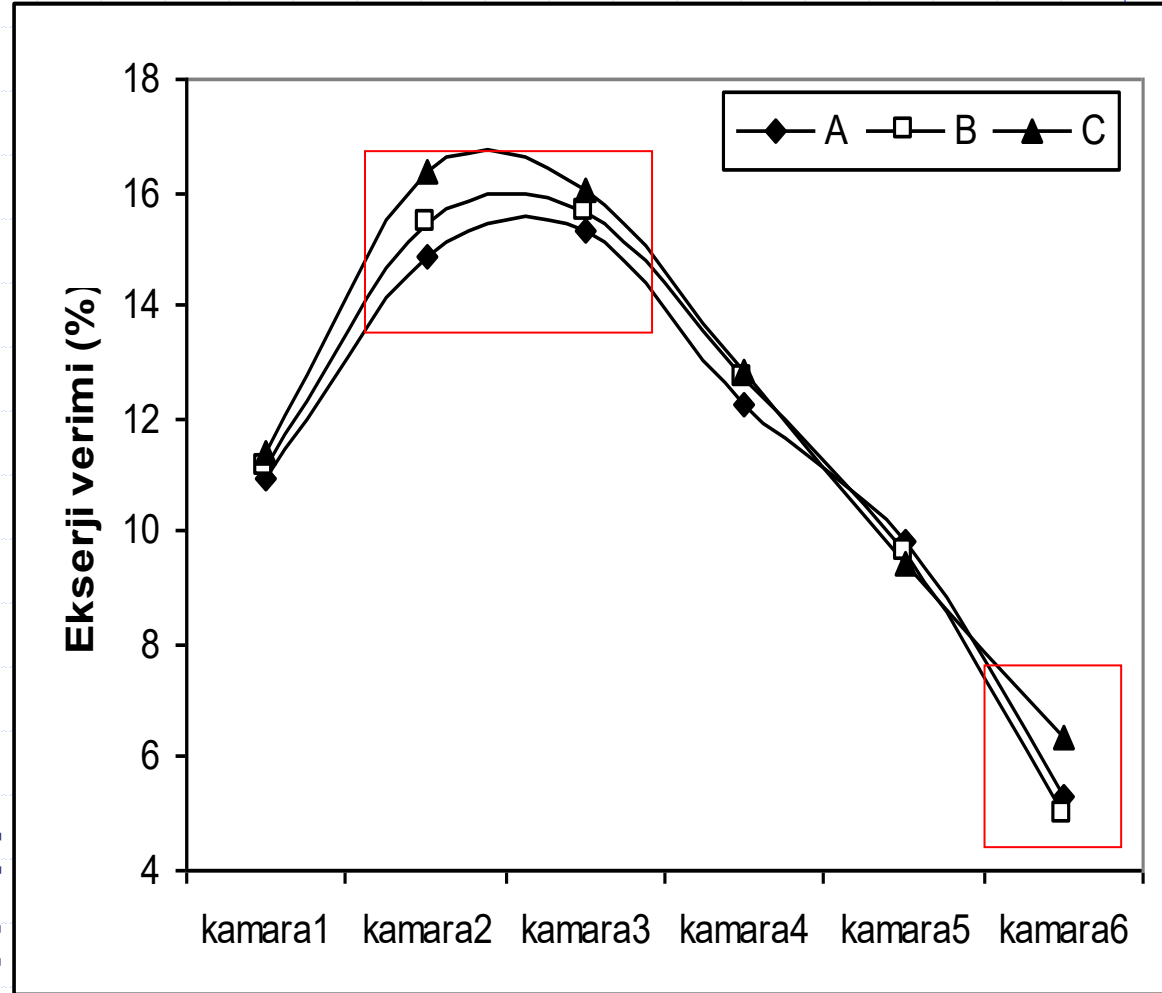
B: Tüm kamaralar 160 °C

C: Sırasıyla 150-170-170-150-140-120 °C

Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

KAMARA SICAKLIKLARININ ETKİSİ

Ekserji verimi



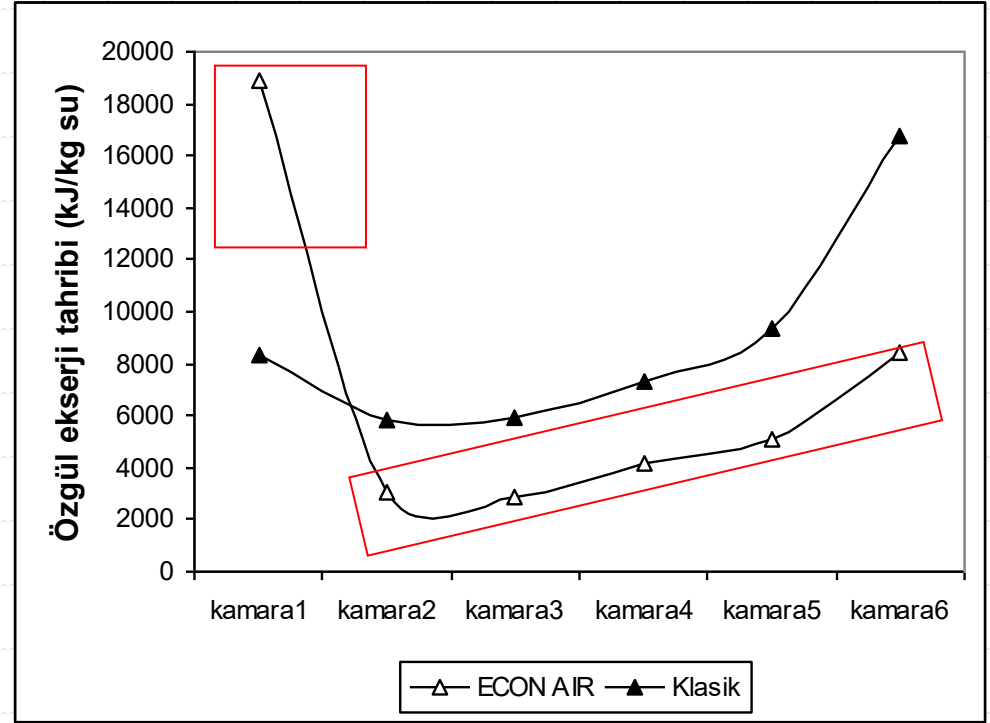
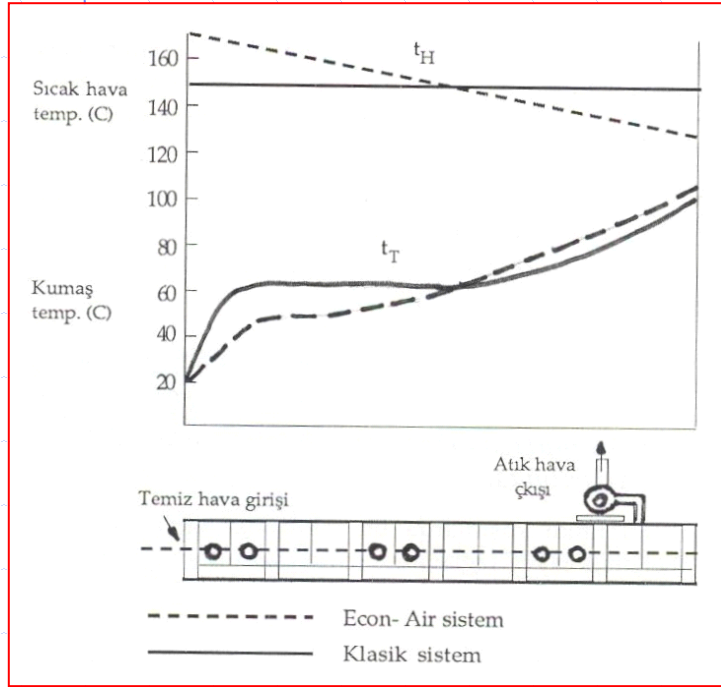
A: Tüm kamaralar 150 °C

B: Tüm kamaralar 160 °C

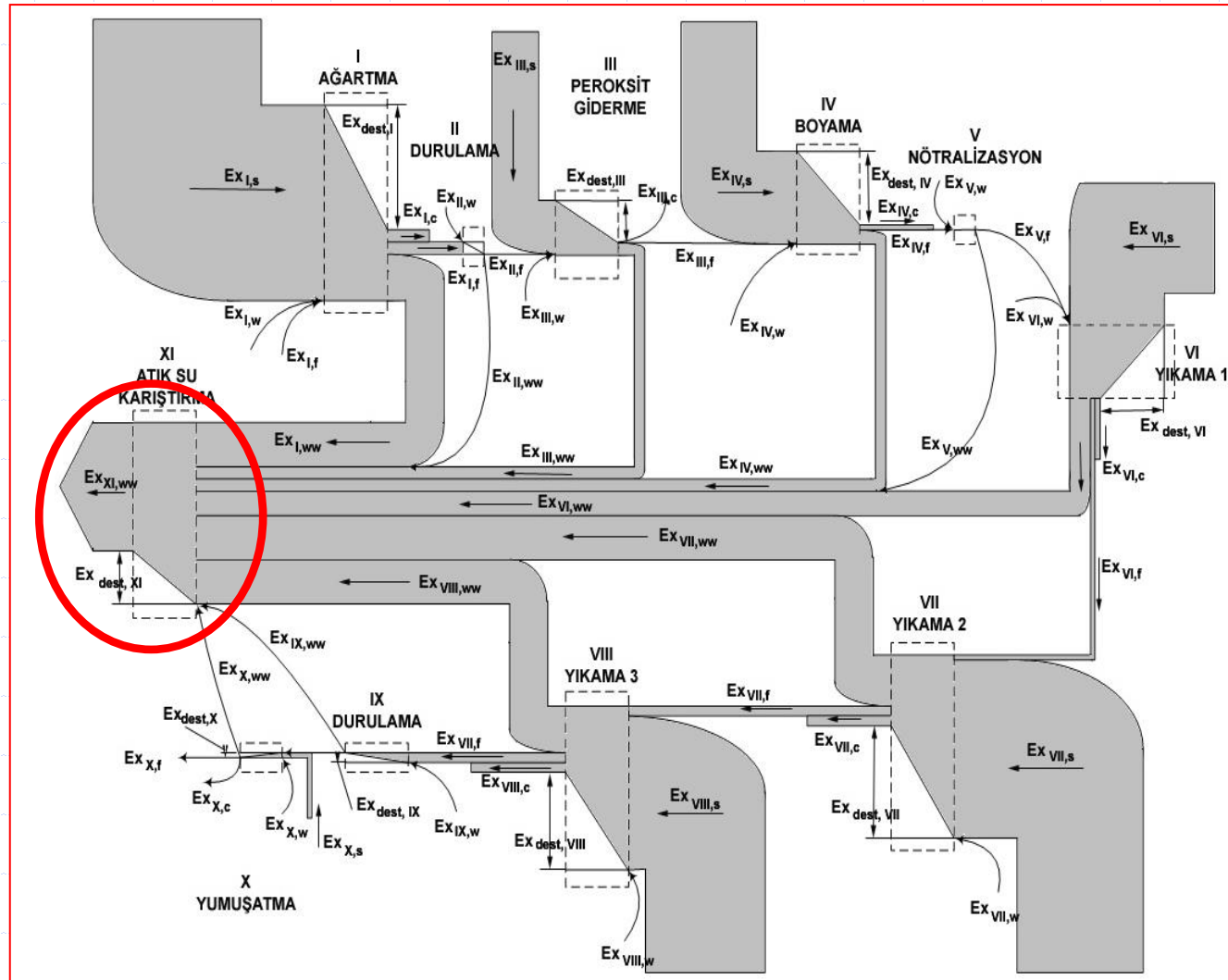
C: Sırasıyla 150-170-170-150-140-120 °C

Kurutma işlemlerinde ekserji analizi

ECON-AIR SİSTEMİNİN İNCELENMESİ



Çektirme yönteminde ekserji analizi PAMUKLU TERBİYESİ-GRASSMAN DİYAGRAMI



Sonuç olarak:

- Ekserji analizi ısı sistemlerin performansının belirlenmesinde etkin bir araçtır
- Enerji tüketimi bakımından orta seviyede bulunan tekstil terbiye sektörünün ekserjetik açıdan değerlendirilmesine dair herhangi bir veri bulunmamaktadır.
- Bu tez çalışmasında tekstil terbiye süreçlerindeki ekserji kayıpları ve iyileştirme potansiyelleri ile ekserji verimleri ilk kez saptanmış, ekserjetik - eksergoekonomik modelleme gerçekleştirilmiştir.
- Çalışmanın tekstil sektörü için bir örnek teşkil etmesi amaçlanmaktadır.