



**INTERNATIONAL EUROASIA  
Congress on Scientific Researches and  
Recent Trends 9**

*February 18-20, 2022  
Antalya, TURKIYE*

**BOOK OF FULL TEXTS  
VOLUME-I**



# BOOK OF FULL TEXTS VOLUME-I

February 18-20, 2022 Antalya, TURKIYE

ISBN: 978-625-8405-60-6

# INTERNATIONAL EUROASIA

Congress on Scientific Researches and Recent Trends 9

*February 18-20, 2022*

*Antalya, TURKIYE*

## BOOK OF FULL TEXTS

### VOLUME-I

Editor

Assist. Prof. Dr. Ahmet KARDAŞLAR

Merve KIDIRYÜZ

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law.

Institution of Economic Development and Social  
Research Publications® (The Licence Number of  
Publicator: 2014/31220) TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: [iksadyayinevi@gmail.com](mailto:iksadyayinevi@gmail.com)

[www.iksadyayinevi.com](http://www.iksadyayinevi.com)

It is responsibility of the author to abide by the  
publishing ethics rules IKSAD Publications – 2022©

Issued: 07.03.2022

ISBN: 978-625-8405-60-6

## **CONGRESS ID**

### **CONGRESS TITLE**

**EUROASIA International Congress on Scientific Researches and Recent Trends-IX**

### **DATE AND PLACE**

**February 18-20, 2022**

**Antalya, TURKIYE**

### **ORGANIZATION**

**Baku Euroasian University, Azerbaijan  
Institute of Economic Development and Social Research (IKSAD)**

### **HONORARY PRESIDENT OF CONGRESS**

**Baku Eurasia University Rector**

**Prof. Dr. Nazım HÜSEYNLI**

### **HEAD OF ORGANIZING COMMITTEE**

**Prof. Dr. Gülzar İBRAHİMOVA**

### **HEAD OF SCIENTIFIC COMMITTEE**

**Prof. Dr. Salih ÖZTÜRK**

### **GENERAL COORDINATOR**

**Merve KİDIRYUZ**

### **PARTICIPANTS COUNTRIES (40 Countries)**

**Türkiye ( 182 paper )**

Algeria, Ethiopia, Poland, Lithuania, Italy, Pakistan, Azerbaijan, Macedonia, Romania,

India, Albania, Saudi Arabia, USA, Iraq, Nigeria, Georgia, Serbia, Ukraine, China,

Malaysia, Greece, Bulgaria, Serbia, France, Iran, Hungary, Indonesia, Russia, Morocco,

UK, Kazakhstan, TRNC, South Africa, Kyrgyzstan, Germany, Palestine, Afghanistan,

Brazil, Australia

**( 185 paper)**

**\* You can find it in the abstract book**

**Total Accepted Article:367**

**Total Rejected Papers: 32**

**\*All applications have undergone a double-blind peer review process**

**19.02.2022 | HALL-1 | SESSION-3**



**Ankara Local Time: 15<sup>30</sup>-18<sup>00</sup>**

**HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ**

<b>AUTHORS</b>	<b>AFFILIATION</b>	<b>TOPIC TITLE</b>
Assist. Prof. Dr. Onur SEVLİ	<i>Burdur Mehmet Akif Ersoy University (Türkiye)</i>	DETECTION OF APPLE PLANT DISEASES BY DEEP LEARNING
Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ Dr. M. Fatih KULUÖZTÜRK	<i>Çanakkale Onsekiz Mart University (Türkiye)</i> <i>Bitlis Eren University (Türkiye)</i>	DETERMINATION OF RADON ( <sup>222</sup> Rn) GAS LEVEL IN THE BUILDINGS: CANKALE EXAMPLE
Lect. Ünsal AYBEK Assoc. Prof. Dr. Lütfü NAMLI	<i>Tokat Gaziosmanpasa University (Türkiye)</i> <i>Ondokuz Mayıs University (Türkiye)</i>	WORKING FLUID SELECTION FOR RECOVERY OF WASTE HEAT RELEASED FROM SOFC-GT HYBRID SYSTEM IN ORGANIC RANKINE CYCLE
Ahmet Mert CAM Assoc. Prof. Dr. Nezir AYDIN	<i>Yildiz Technical University (Türkiye)</i>	RE-DESIGN OF A SUPPLY CHAIN NETWORK UNDER UNCERTAINTY
Ahmet Mert CAM Assoc. Prof. Dr. Nezir AYDIN	<i>Yildiz Technical University (Türkiye)</i>	OPTIMUM DESIGN OF A LOGISTICS DISTRIBUTION NETWORK
Assoc. Prof. Dr. Koray KARABULUT Assoc. Prof. Dr. Doğan Engin ALNAK	<i>Sivas Cumhuriyet University (Türkiye)</i>	HEAT TRANSFER IMPROVEMENT IN MICROCHIP ELECTRONIC CIRCUIT ELEMENTS BY COMBINED JET EFFECT
Assist. Prof. Dr. Tuncay ÖZDEMİR Meryem Kübra DAĞ	<i>Inonu University (Türkiye)</i> <i>Istanbul University (Türkiye)</i>	KINEMATIC PROPERTIES OF RS CV <sub>n</sub> TYPE STARS
Sevinç KORKMAZ Assist. Prof. Dr. Tuncay ÖZDEMİR	<i>Inonu University (Türkiye)</i>	KINEMATIC STRUCTURE OF GALAXY



## INTERNATIONAL EUROASIA Congress on Scientific Researches and Recent Trends 9

18-20 February 2022/Antalya – Turkey

Şerife KARAGÖZOĞLU Esra ELİK	APPLICATION OF TRIAGE IN EMERGENCY DEPARTMENTS: THE ROLE AND RESPONSIBILITIES OF TRIAGE NURSES	546
Koray KARABULUT Doğan Engin ALNAK	HEAT TRANSFER IMPROVEMENT IN MICROCHIP ELECTRONIC CIRCUIT ELEMENTS BY COMBINED JET EFFECT	557
Tahir KARAŞAHİN	THE EFFECT OF OLEIC AND LINOLEIC ACID ADDED TO IN VITRO BOVINE EMBRYO CULTURE SOLUTION ON EMBRYO SIZE	573
Tahir KARAŞAHİN	SHEEP PRESENTATION AND EVALUATION OF TURKEY BY YEARS	580
Abdulrazaq YAHAYA	DETERMINATION OF THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF SOME COMMERCIAL SOAPS SOLD IN MARKETS In the North- West NIGERIA	586
Ramazan BİÇER	THE ORIGIN OF HUMAN IN THE SACRED TEXTS	598
Ramazan BİÇER	MORALITY AS A DEVOTION: THE MÂTÜRÎDÎ APPROACH	606
Ash ERGENEKON ARSLAN	INVESTIGATION OF PUBLIC WORKERS' OPINIONS ON RENEWABLE ENERGY SOURCES ACCORDING TO DIFFERENT VARIABLES	613
Çağla ATMACA	PRE-SERVICE ENGLISH TEACHERS' REFLECTIONS UPON MATERIAL EVALUATION AND DEVELOPMENT COURSE	625
Hüseyin DOĞAN	ABOUT THE PLANTS THAT WERE MENTIONED IN IBN BATTUTA'S TURKEY RECORDS	644
Oshanova Oryntay Zhanabayevna	MEDIA SAFETY AND CHILDREN'S RIGHTS IN KAZAKHSTAN	663
Farhad Buzo Mikaeel Jivan Qasim Ahmed Berivan Khalid Salih Dr. Sherzad Ibrahim Mustafa Gahin Abdulrahman Tayib	SEROPREVALENCE OF NEWCASTLE DISEASE VIRUS IN BACKYARD CHICKENS IN DUHOK PROVINCE, KURDISTAN REGION OF IRAQ	668
Hüseyin Fatih SEZER	EFFECTS OF THORACENTESIS ON SIMPLE RESPIRATORY PARAMETERS IN EARLY PERIOD IN PATIENTS WITH MASSIVE SEROUS PLEURAL EFFUSION DIAGNOSED LUNG CANCER	676
Ünsal AYBEK Lütfü NAMLI	WORKING FLUID SELECTION FOR RECOVERY OF WASTE HEAT RELEASED FROM SOFC-GT HYBRID SYSTEM IN ORGANIC RANKINE CYCLE	680

## MİKROÇİP ELEKTRONİK DEVRE ELEMANLARINDAKİ ISI TRANSFERİNİN BİRLEŞİK JET ETKİSİYLE İYİLEŞTİRİLMESİ

HEAT TRANSFER IMPROVEMENT IN MICROCHIP ELECTRONIC CIRCUIT  
ELEMENTS BY COMBINED JET EFFECT

**Doç. Dr. Koray KARABULUT**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,  
Elektrik ve Enerji Bölümü, Doğalgaz ve Tesisatı Teknolojisi Programı, Merkez, Sivas.

ORCID NO: 0000-0001-5680-0988

**Doç. Dr. Doğan Engin ALNAK**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü,  
Enerji Sistemleri A.B.D., Merkez, Sivas.

ORCID NO: 0000-0003-0126-1483

### ÖZET

Elektronik devre üzerinde ne kadar çok mikroçip bulunabilirse o cihaz teknolojik olarak o denli gelişmiş olur. Fakat, küçük hacimlerde bulunan mikroçiplerin gelişimine engel olan aşırı ısınmaları sonucu sıcaklıklarının artışı önlenmelidir. Yüksek performanslı bir soğutma tekniği olan çarpan jet- çapraz akış mikroçiplerden olan ısı transferini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, küp ve oyuk şekle sahip desenli bakır plakalı yüzeylerden olan ısı transferi çarpan jet - çapraz akış birleşik jet etkisi kullanılarak farklı kanatçık yerleşimlerine göre birbirleriyle karşılaştırılmalı ve sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal inceleme, sürekli ve üç boyutlu enerji ve Navier-Stokes denklemlerinin  $k-\epsilon$  türbülans modeli ile Ansys-Fluent programının kullanılarak çözülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çapraz akışın desenli yüzeylere yönlendirilmesinde  $60^\circ$  sabit kanatçık açısına sahip kanatçık kullanılmış olup, kanatçığın uzunluğu D jet giriş çapına eşittir. Her iki desen şekilli kanalda, kanatçık jet akış girişinden itibaren çapraz akışlı kanal girişine doğru D ve 2D olarak farklı mesafelerde yerleştirilmiştir. Kanalda kullanılan akışkan su olup, kanalın alt ve üst yüzeyleri ve kanatçık adyabatiktir. Desenli yüzeyler,  $1000 \text{ W/m}^2$  sabit ısı akısına sahiptir. Jet-plaka arası mesafeler (H) 3D ve 6D olup, akışkan Re sayısı aralığı 11000-15000' dir. Çalışmanın sonuçları, literatürdeki çalışmanın deneysel sonuçlarıyla kıyaslanmış ve birbirleriyle uyumlu oldukları belirlenmiştir. Sonuçlar, her bir küp ve oyuk desenli yüzeyler için ortalama Nu sayısı ve yüzey sıcaklık değişimleri olarak incelenmiştir.  $Re = 15000$ ' de kanatçiksız ve  $60^\circ$  kanatçık açısında ve farklı kanatçık mesafelerinde küp ve oyuk desenli kanallar boyunca birleşik jet akışın hız ve sıcaklık konturu dağılımları sunulmuştur.  $Re = 13000$ ' de  $H = 3D$  mesafede  $N = 2D$  için küp ve oyuk desenli kanatçıklı kanallarda kanatçiksız duruma göre kanallardaki tüm desenli yüzeyler için ortalama Nu sayısında ( $Nu_m$ ) sırasıyla %23.43 ve %22.58' lik artışlar elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Mikroçip, Çarpan jet-çapraz akış, Kanatçık mesafesi, Desen.

## ABSTRACT

The more microchips can be found on the electronic circuit, the device is more technologically advanced. However, the increase in temperature as a result of their overheating, which prevents the development of microchips in small volumes, should be prevented. Impinging jet-cross-flow, a high-performance cooling technique, has the potential to improve heat transfer from microchips. In this study, heat transfer from cube and hollow shaped patterned copper plate surfaces was investigated numerically and comparatively with each other according to different fin placements by using the impinging jet - cross flow combined jet effect. Numerical research was carried out by solving steady and three - dimensional energy and Navier-Stokes equations using the k- $\epsilon$  turbulence model and Ansys-Fluent program. A fin with a fixed fin angle of 60° is used to direct the cross flow to the patterned surfaces, and the fin length is equal to the D jet inlet diameter. In both pattern shaped channels, the fin was placed at different distances in D and 2D from the jet flow inlet towards the cross flow channel inlet. The fluid used in the channel is water, and the upper and lower surfaces of the channel and the fin are adiabatic. Patterned surfaces have a constant heat flux of 1000 W/m<sup>2</sup>. The distances between the jet and the plate (H) are 3D and 6D, and the fluid Re number range is 11000-15000. The results of the study were compared with the experimental results of the study in the literature and it was determined that they were compatible with each other. The results were analyzed as the mean Nu number and surface temperature changes for each cube and hollow patterned surfaces. The velocity and temperature contour distributions of the combined jet flow along the cube and hollow patterned channels at Re = 15000, without fin and 60° fin angle and different fin distances were presented. At Re = 13000, for N = 2D at H = 3D distance, 23.43% and 22.58% increases were obtained in the average Nu number (Nu<sub>m</sub>) for all patterned surfaces in the ducts compared to the case without fins in patterned finned channels of cube and hollow, respectively.

**Keywords:** Microchip, Impingement jet - cross flow, Fin distance, Pattern.

## GİRİŞ

Elektronik cihazlarda artan mikroçip sayısına bağlı olarak cihazın kapasitesi ve hızı artmaktadır. Ancak, bu yüksek performans artışı beraberinde önemli bir sorun olan ısınma problemini gündeme getirmektedir. Eğer, cihaz teknolojik olarak belirlenen sınırları aşacak kadar ısınıp yüksek sıcaklıklara ulaşırsa cihazın kullanım performansı düşer. Bu sıcaklık artışı engellenemezse ilerleyen aşamalarda cihaz bozularak kullanılamaz hale gelebilir. Cihazların sorunsuz ve uzun süreli çalışabilmeleri için etkili bir şekilde soğutulmaları şarttır. Bunun için çeşitli soğutma yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılan çarpaz akış ile soğutma yöntemidir. Bu yöntem, soğuk akışkanın fan ile bütün elektronik devre üzerine yollanması ve böylece devre elemanlarının tümünün soğutulması prensibine dayanır. Fakat bu yöntem, tüm devre elemanlarının soğutulmasını temel aldığından çok yüksek sıcaklıklara ulaşmış elemanların soğutulmasını sağlayamayabilir. Bir diğer soğutma yöntemi ise, çarpan jet ile soğutmadır. Bu yöntemde, soğuk akışkan lüle ile yüksek sıcaklıktaki bir yüzeye noktasal olarak püskürtülür. Çarpan jetler, çok yüksek sıcaklığa ulaşmış bir elektronik



devre elemanın soğutulmasını sağlayabilirken, devrenin tümünün soğutulmasında başarısız olabilmektedir. Bir elektronik devre sıcaklık değerleri birbirinden oldukça farklı olan birçok eleman bulundurabilmektedir. Bu nedenle, tek tip bir soğutma yöntemi ile tüm devreyi güvenli çalışma sıcaklıkları içinde tutabilecek şartlara erişmekte sıkıntı yaşanabilir. Bundan dolayıdır ki; çarpan jet ve çapraz soğutma yönteminin birlikte kullanılması soğutma verimi yüksek faydalı bir durum sağlayabilir. Çapraz akış ile devre elemanlarının tümü belirli bir dereceye kadar soğutulurken, devrede yalnızca çok yüksek sıcaklıklara ulaşmış olan elemanlar ise çarpan jet akışı ile yersel olarak soğutulabilmektedir. Böylece, ana kartı meydana getiren bütün elektronik devre elemanlarının sıcaklıkları güvenli bir sınırdan tutulabilmektedir (Kılıç, 2018; Teamah vd., 2015).

Literatür incelendiğinde sadece çapraz akış veya sadece jet akışın kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada da araştırılan geometri daha çok jet akışa benzerlik gösterdiğinden, literatür incelemesinde jet akış üzerinde durulmuştur. Ayrıca, literatürde çarpan jetler üzerine çok sayıda deneysel ve sayısal inceleme bulunmaktadır. Bu çalışmalarda ise esas itibarıyla çarpan jetler için akışkan seçimi, akış alanının geometrisi, kullanılan türbülans modeli, Re sayısı, jet ile çarpma yüzeyi arasındaki mesafe ve elektronik elemana uygulanan ısı akısı gibi değişkenlerin ısı transferine olan etkilerine odaklanılmıştır. Bununla birlikte, çapraz akış ve çarpan jet akışının kombine olarak kullanıldığı elektronik devre soğutma teknikleri ile ilgili gerçekleştirilen çalışma sayısı oldukça az olup, akışın kanal içerisinde yüzeyler üzerine yönlendirilmesine yönelik herhangi bir çalışmaya ulaşılan literatürde rastlanmamıştır.

Hadipour vd., (2018), sabit ısı akılı iç bükey bir yüzey üzerine gönderilen çarpan dairesel bir jet akışının akış ve ısı transferi karakteristiklerini, farklı jet-plaka oranları için deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. H/D (kanal yükseklik/jet giriş çapı) oranı 0.1-4, Reynolds sayısı aralığı 10000-35000 ve jet çapları 18-30 mm değerlerini için inceleme yapmışlardır. Aynı Re sayısında jet çapı artışının, ısı transferini arttırdığını saptamışlardır. Küçük H/D oranlarında daha iyi bir soğutma etkisi elde etmişlerdir. Re sayısının 10000 ve H/D oranının 0.1 olduğu durumda, sırasıyla H/D oranı 0.4, 1 ve 4 olduğu durumla kıyaslandığında ortalama Nu sayısında %44.5, %55.3 ve %9.22 lik artışlar elde etmişlerdir. Baydar (1999), alt yüzeye konumlandırılmış tek ve çift çarpan jetlerin, üst yüzeye doğru dik bir şekilde püskürtülmesiyle meydana gelen akış alanının deneysel araştırmasını gerçekleştirmişlerdir. Re sayısı 500-10000 ve H/D 0.5-4 oranı için değerlendirmeler yapmışlardır.  $Re > 2700$  ve  $H/D < 2$  için tek ve çift jet uygulamalarıyla çarpma yüzeyinde atmosfer basıncından düşük bölgelerin meydana geldiğini saptamışlardır. Köseoğlu (2007), jet ve çarpma yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının ısı transferine olan etkisini deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. Re sayısı aralığı 250-10000, H/D aralığı 2-12 ve 10-3000 ısı akısı değerlerinde çalışmışlardır. Düşük Reynolds sayılı jet akışlarda ısı transferinde %35 civarında artış saptamışlardır. Jet kesit alanının artışıyla ısı transferinde kayda değer değişiklik gözlemlemişlerdir. Choo vd., (2012) deneysel olarak eğimli bir çarpan jetin, küçük jet-plaka mesafelerinde ısı transferine olan etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla,  $0^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$  eğim açısı,  $H/D \leq 1$  jet plaka mesafesi ve 5000-15000 Re sayısında çalışmışlardır. Bölek (2007), sayısal olarak çarpan jetlerin farklı düzlemlere çarpıtılmasıyla

oluşan akış ve ısı transferini farklı Re sayılarında ve H/D oranlarında etkisini araştırmıştır. En yüksek ısı transferi miktarını Re sayısı 20000 Re sayısı değerinde ve 6 H/D mesafesi için elde etmiştir.

Larraona vd., (2013), sayısal olarak sabit ısı akılı elektronik bir devre elemanının çarpan jet ve çapraz akış ile soğutulmasını araştırmışlardır. Ortalama Nu sayısının elektronik elemanın yüksekliği ile ters, kanal Re sayısı ve hız oranlarıyla doğru orantılı olarak arttığını belirlemişlerdir. Jet çapı artışıyla ortalama Nu sayısında küçük bir artış sağladığını gözlemlemişlerdir. Çarpan jet-çapraz akışın, yalnızca kanal akışı kullanılmasına göre daha yüksek soğutma verimliliği sağladığını saptamışlardır. Demircan (2019), sayısal olarak bir elektronik devre elemanının, çapraz akış ve çarpan jet uygulamasıyla soğutulmasını araştırmıştır. Re sayısı aralığı 30000-90000, jet ve kanal hız oranının farklı değerleri için incelemeler gerçekleştirmiştir. Re sayısının ve hız oranlarının artışıyla ısı transferinin önemli oranda arttığını belirlemiştir. Mergen (2014), sayısal olarak sabit ısı akılı ( $3500 \text{ W/m}^2$ ) bir elektronik elemanın çarpan jet ve çapraz akışla soğutulmasını araştırmıştır. Çalışmasının sonucunda jet Re sayısının kanal Re sayısına oranı azaldıkça ısı transferinin azaldığını belirlemiştir. Maghrabie vd. (2017), sayısal olarak bir kanal boyunca sıralanmış yedi adet elektronik elemandan oluşan bir sistemin çarpan jet-çapraz akış ile soğutulmasını araştırmışlardır. Jet konumu değişikliğinin ısı transferini etkilediğini saptamışlardır.

Bu çalışmada, küp ve oyuk şekle sahip desenli bakır plakalı yüzeylerden olan ısı transferi çarpan jet - çapraz akış birleşik jet etkisi kullanılarak farklı kanatçık yerleşimlerine göre birbirleriyle karşılaştırmalı ve sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal inceleme, sürekli ve üç boyutlu enerji ve Navier-Stokes denklemlerinin k-ε türbülans modeli ile Ansys-Fluent programının kullanılarak çözülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çapraz akışın desenli yüzeylere yönlendirilmesinde  $60^\circ$  sabit kanatçık açısına sahip kanatçık kullanılmış olup, kanatçığın uzunluğu D jet giriş çapına eşittir. Her iki desen şekilli kanalda, kanatçık jet akış girişinden itibaren çapraz akışlı kanal girişine doğru D ve 2D olarak farklı mesafelerde (N) yerleştirilmiştir. Kanalda kullanılan akışkan su olup, kanalın alt ve üst yüzeyleri ve kanatçık adyabatiktir. Desenli yüzeyler,  $1000 \text{ W/m}^2$  sabit ısı akısına sahiptir. Jet-plaka arası mesafeler (H) 3D ve 6D olup, akışkan Re sayısı aralığı 11000-15000' dir. Çalışmanın sonuçları, literatürdeki çalışmanın deneysel sonuçlarıyla kıyaslanmış ve birbirleriyle uyumlu oldukları belirlenmiştir. Sonuçlar, her bir küp ve oyuk desenli yüzeyler için ortalama Nu sayısı ve yüzey sıcaklık değişimleri olarak incelenmiştir.

## SAYISAL İNCELEME

Çalışmada, üç boyutlu ve sürekli olarak küp ve oyuk şekilli desenli yüzeyler üzerindeki çarpan jet -çapraz akışın zorlanmış taşınım ile ısı transferinin sayısal hesaplamalı çözümünde Ansys - Fluent programı kullanılmıştır.

Jet akışı uygulanması sonucu kanal içerisinde düzensiz akış dalgalanmaları oluşacağından çalışma türbülanslı olarak modellenmiştir. Bu nedenle, çalışmada türbülans modeli olarak k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Konu ile ilgili literatürde incelenen çalışmalarda Re sayısının 3500-15000 aralığında olduğu görülmektedir. Bu çalışmada da literature benzer şekilde tam gelişmiş bir türbülanslı akışta çalışabilmek için Re sayısının 11000-15000 aralığında olduğu değerlerde çalışılmıştır. Kanaldaki akış ve ısı transferinin çözümü aşağıdaki gibi gövde kuvvetinin bulunmadığı kararlı durumdaki türbülanslı akış için zaman ortalamalı kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerinden türetilen kısmi türevli diferansiyel denklemlerin çözümüyle gerçekleştirilmiştir (Wang ve Mujumdar, 2005; Karabulut ve Alnak, 2021).

Süreklilik ve momentum denklemleri için yakınsama ölçeği  $10^{-6}$  olup, enerji denklemi için bu değer  $10^{-7}$ 'dir.

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi

$$\rho \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{u}_i \bar{u}_j) = \frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{u'_i u'_j} \right] \quad (2)$$

Enerji denklemi

$$\rho c_p \frac{\partial}{\partial x_i} (\bar{u}_i \bar{T}) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ k \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} - \rho c_p \overline{T' u'_i} \right] \quad (3)$$

Türbülans kinetik enerji denklemi

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad (4)$$

Türbülans kinetik enerji yutulma terimi

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (5)$$

Bu denklemlerde  $\rho$  akışkanın yoğunluğunu,  $k$  türbülanslı akışın kinetik enerjisini,  $u_i$ , x, y ve z eksenleri doğrultusundaki hız bileşenlerini,  $\mu$  akışkanın viskozitesini,  $\sigma_k$  türbülanslı kinetik

enerji Prandtl sayısını ( $\sigma_k = 1$ ) göstermektedir. Türbülanslı kinetik enerji üretimi ( $G_k$ ) ve türbülanslı akışın viskozitesini ( $\mu_t$ ) veren eşitlikler aşağıda verilmiştir (Wang ve Mujumdar, 2005; Karabulut ve Alnak, 2021).

$$G_k = -\overline{\rho u'_i u'_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (6)$$

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (7)$$

$C_{1\varepsilon}$ ,  $C_{2\varepsilon}$  ve  $C_\mu$  katsayıları,  $\sigma_\varepsilon$  ise türbülans yutulma Prandtl sayısını temsil etmektedir ve sırasıyla  $C_{1\varepsilon} = 1.44$ ,  $C_{2\varepsilon} = 1.92$ ,  $C_\mu = 0.09$  ve  $\sigma_\varepsilon = 1.3$  olarak alınmıştır (Saleha vd., 2015).

Elektronik elemanların yüzeylerindeki ortalama taşınım ısı transferi katsayısı Eş. 8, Nusselt sayısı (Nu) ise Eş. 9 vasıtasıyla hesaplanmaktadır (Incropera vd., 2007).

$$h = \frac{q''}{T_y - T_a} \quad (8)$$

Nu sayısı, taşınım ile ısı transferinin iletimle ısı transferine oranıdır.

$$-k_a \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right)_y = h(T_a - T_y) \quad \text{ve} \quad Nu = \frac{h(3.m)}{k_a} \quad (9)$$

Burada,  $T_a$  ve  $T_y$  sırasıyla su akışkanının ve elektronik elemanın ortalama yüzey sıcaklıkları (K),  $k_a$  akışkanın ısı iletim katsayısı (W/m.K), 3.m elektronik elemanın akışkanla temasta olan toplam yüzey uzunluğu (m),  $h$  ve  $h_m$  sırasıyla yüzey üzerindeki yerel ve ortalama ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>.K),  $n$  yüzeye dik yön olup ortalama Nu sayısı ( $Nu_m$ ) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Ortalama ısı taşınım katsayısı

$$h_m = \frac{1}{3.m} \int_0^{3.m} h dx \quad (10)$$

Ortalama Nu sayısı

$$Nu_m = \frac{h_m(3.m)}{k_a} \quad (11)$$

Kanal hidrolik çapı

$$D_{kh} = \frac{4A_k}{P_k} = \frac{4(H.W)}{2(H+W)} \quad (12)$$

Bu denklemde  $A_k$  kanalın kesit alanı,  $P_k$  kanalın ıslak çevresi,  $H$  ve  $W$  ise sırasıyla kanalın yükseklik ve genişliğidir. Jetin hidrolik çapı ise jet girişi daire olduğundan  $D$  jet girişinin çapına eşittir ( $D_{hjet} = D$ ).

Kanal ve Jet Reynolds sayıları ise sırasıyla Eş. (13) ve Eş. (14) yardımıyla belirlenmektedir.

$$Re_k = \frac{\rho_a V_k D_{hk}}{\mu_a} \quad (13)$$

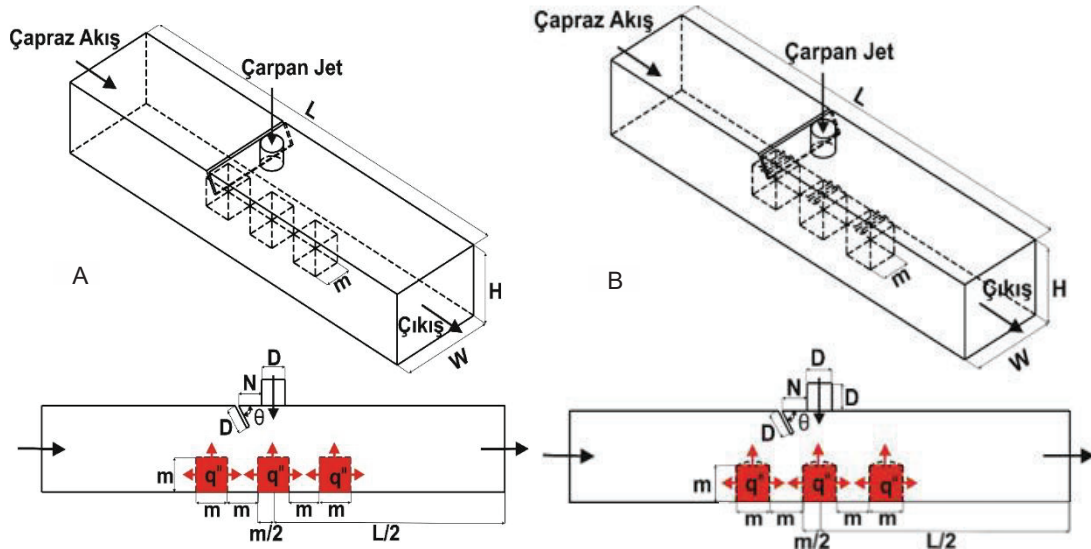
$$Re_j = \frac{\rho_a V_j D}{\mu_a} \quad (14)$$

Bu eşitliklerde,  $\rho_a$  ve  $\mu_a$  sırasıyla suyun yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ) ve viskozitesi ( $\text{kg/s.m}$ ),  $V_k$  ve  $V_j$  ise sırasıyla suyun kanal ve jet akış hızlarıdır ( $\text{m/s}$ ).

## GEOMETRİK MODEL

Çalışmada kullanılan çarpan jet-çapraz akışlı kanallar ve kanallardaki küp ve oyuk desenli yüzeylere sahip elektronik elemanlara ait ölçüler ve sınır şartları Şekil 1’ de gösterilirken, desenli yüzeylerin geometrik boyutlandırılmasına ait ölçüler ise Tablo 1’ de belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, bu çalışmada yapılan kabuller şunlardır:

- Akış hacmi üç boyutlu, sürekli ve türbülanslıdır.
- Hem jet akışkanı hem de kanal girişindeki çapraz akış için kullanılan akışkan sıkıştırılmaz sudur.
- Küp ve oyuk desenli mikroçip devre elemanı yüzeylerine sabit ısı akısı uygulanmıştır.
- Akışkanın ısıl özellikleri sabit olup, dinamik viskozitesi  $\mu = 0.00080340 \text{ N.s/m}^2$ , ısıl iletkenliği  $k = 0.6172 \text{ W/m.K}$ , yoğunluğu  $\rho = 995.80 \text{ kg/m}^3$ , özgül ısısı  $c = 4178.40 \text{ J/kg.K}$  olarak alınmıştır.
- Kanal ve açılı kanatçık yüzeyleri adyabatiktir
- Akışkan ve desenli yüzeyler için ısı üretimi yoktur.



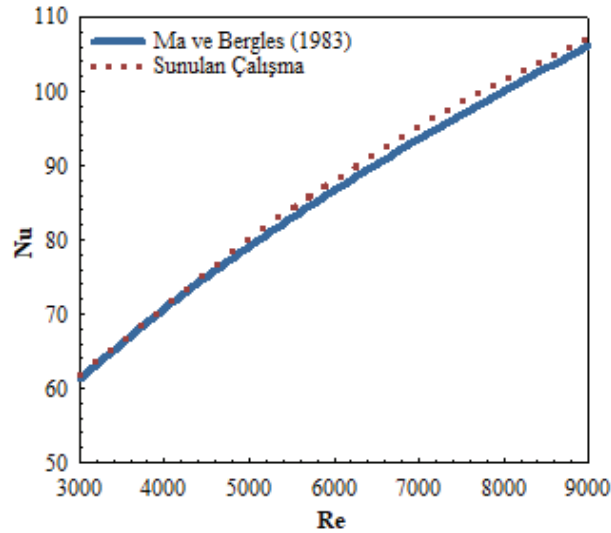
Şekil 1. A - küp B - oyuk şekilli çarpan jet - çapraz akışlı kanalların şematik görünüşleri

**Tablo 1.** Küp ve oyuk desenli yüzeylere ait geometrik boyutlandırma ölçüleri

Model Boyutlandırması	
D	15 mm
L	66D
W	4D
H	3D, 6D
m	20 mm
$\theta$	60°
N	D, 2D

## SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sunulan çalışmada yalnızca jet akışın olduğu durum için farklı Re sayılarında incelemeler yapılarak ulaşılan sonuçlar ile Ma ve Bergles (1983) tarafından yapılan deneysel araştırmalar sonucu elde edilen bağıntı kullanılarak ( $\overline{Nu} = 1.29 Re^{0.5} Pr^{0.4}$ ) ulaşılan sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Şekil 2’ den görülebildiği gibi Ma ve Bergles (1983)’ in deneysel sonuçlarıyla bu çalışmanın sayısal sonuçları birbirleriyle oldukça uyumlu ve tutarlıdır.



**Şekil 2.** Sunulan çalışma ve Ma ve Bergles (1983)’ in deneysel sonuçlarının

Tablo 2’ de ağ sayısının Nu sayısı üzerindeki etkisini belirleyerek kanal için en uygun sayıda ağ elemanı kullanabilmek amacıyla kanatçiksız çarpan jet - çapraz akışlı kanalda ağ sayısının ortalama Nu sayısı üzerindeki etkisi farklı Re sayılarında verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kanatçiksız kanalda 2022840 sayıda ağ elemanının güvenilir sonucu vereceği belirlenmiştir. Bununla birlikte, simülasyonlarda kullanılan ağ yapısı şekli düzgün dörtyüzlüdür.

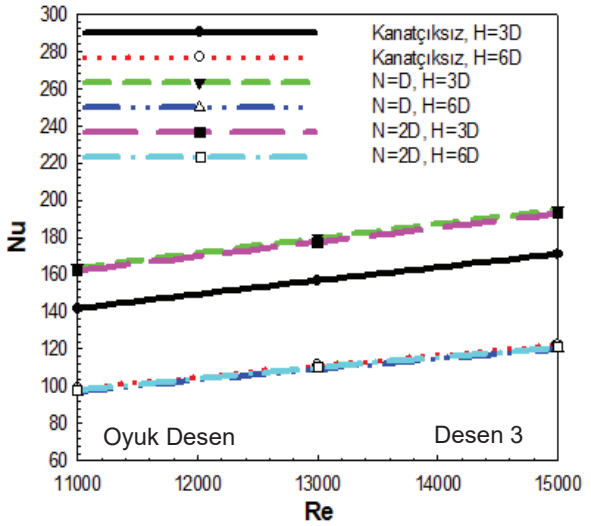
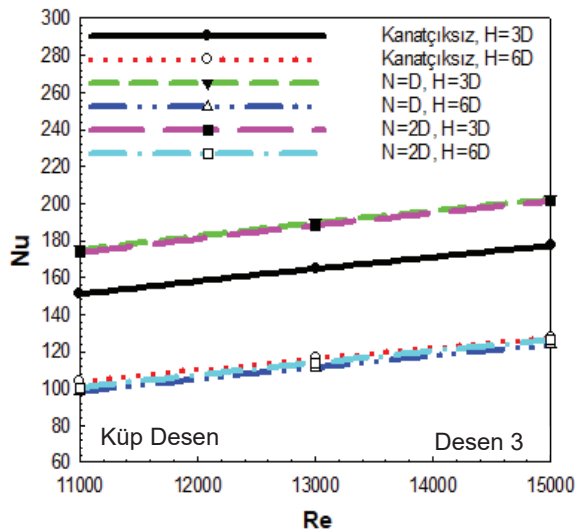
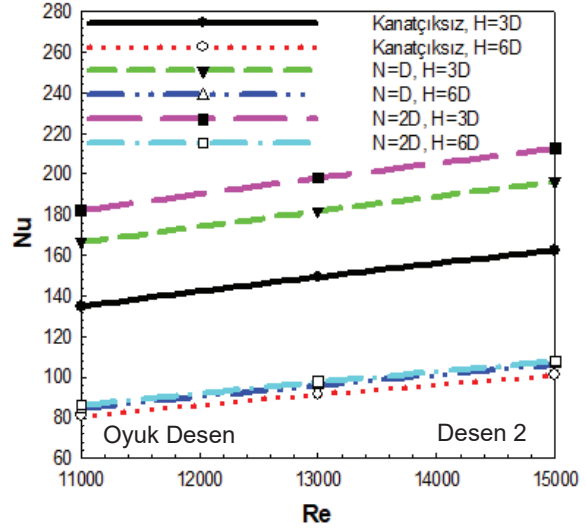
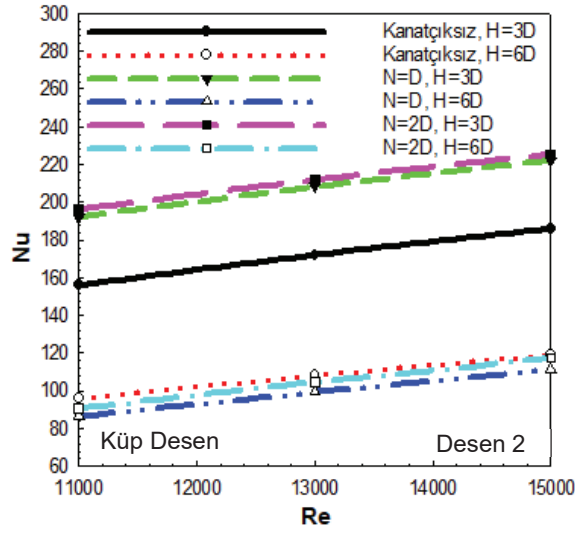
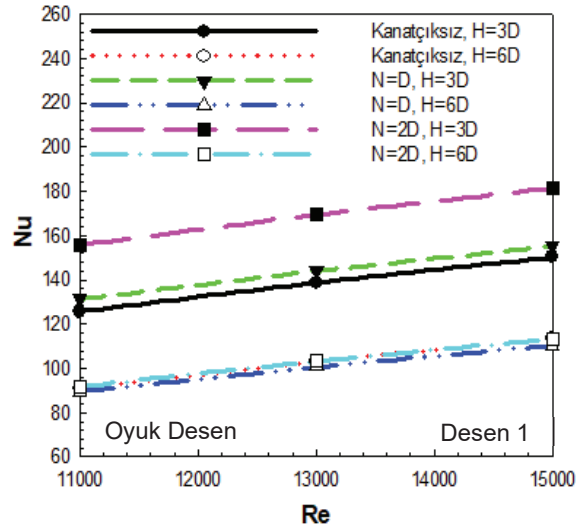
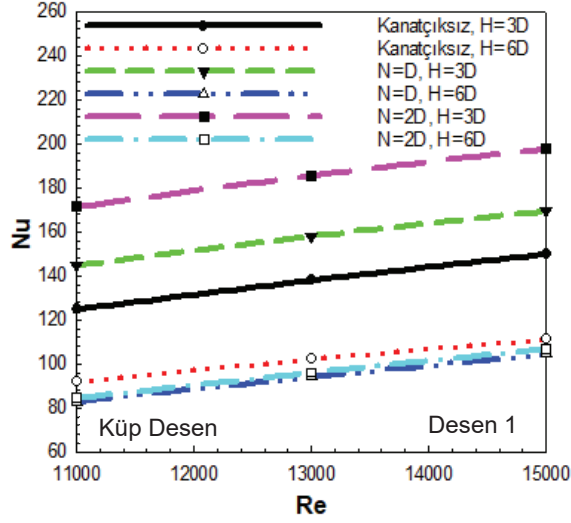
**Tablo 2.** Ağ elemanı sayısına göre  $Nu_m$  sayısının Re sayısı ile değişimi

Ağ elemanı sayısı	Re = 5000 $Nu_m$	Re = 7000 $Nu_m$	Re = 9000 $Nu_m$
1758412	86.48	108.84	127.40
2022840	86.52	108.88	127.43
2245786	86.52	108.87	127.42

Şekil 3 ve 4’ de sırasıyla küp ve oyuk desenli yüzeylere ait kanaldaki desen sıralarına göre Re sayısına bağlı olarak ortalama Nu sayısının kanatçığın kanaldaki konumu ( $N = D$  ve  $2D$ ) ve kanal yüksekliğiyle ( $H = 3D$  ve  $6D$ ) değişimi verilmektedir. Her iki desenli yüzeyde de çapraz akışın etkisinde olan Desen 1 incelendiğinde kanatçık konumunun  $2D$  mesafede ve kanal yüksekliğinin  $3D$  olduğu durumda bu desen sırası için en yüksek ortalama Nu sayısı değerine küp şekilli desen için ulaşılmaktadır. Aynı sıradaki desen için daha sonra  $N = D$  ve  $H = 3D$  ve kanatçıksız  $H = 3D$  olarak Nu sayısı değerleri sıralanmaktadır. Bununla birlikte, oyuk desen için bu desen sırasında (Desen 1) elde edilen Nu sayısı değerleri daha düşüktür. Kanal mesafesi,  $3D$ ’ den  $6D$ ’ ye çıkarıldığında ise akışkanın desenli yüzey ile teması azaldığından Nu sayısı değerleri de azalmaktadır. İkinci sırada bulunan Desen 2, çapraz akışa ek olarak doğrudan çarpan jet etkisinde olduğundan birleşik jet akışına maruzdur. Bu nedenle, hem küp hem de oyuk desenli yüzeyler için bu sıradaki desenlerin sahip olduğu ortalama Nu sayıları Desen 1’ den daha fazladır. Desen 2 ve  $Re = 15000$  için  $N = 2D$  ve  $H = 3D$  için sırasıyla küp ve oyuk desenli yüzeylerin buldukları kanaldaki ortalama Nu sayısı değerleri Desen 1’ den %14.06 ve %17.06 daha yüksektir. Bununla birlikte, küp desenli yüzeyler için elde edilen Nu sayısı değerleri oyuk desenli yüzeylerden daha fazladır. Desen 3 için Nu sayısı değerleri analiz edildiğinde ise kanal sonunda bulunan bu desen için her iki desenli yüzey için de birleşik jet etkisinin azalmasına bağlı olarak Nu sayısı değerleri azalırken, kanatçıksız durumlar da dahil olmak üzere yalnızca  $H = 6D$  kanal yüksekliğinde akışkanın kanal içerisindeki akışıyla desenli yüzeylerle teması sayesinde Nu sayısı değerleri Desen 2’ ye göre daha fazla olmaktadır. Küp desenli yüzey için  $Re = 15000$  ve  $N = D$ ,  $H = 3D$ ’ de Desen 3 için Desen 2’ ye göre Nu sayısı %9.85 azalırken, aynı kanatçık konumunda  $H = 6D$  için %11.12 artış sergilemektedir. Bu nedenle, jet-desen arası mesafeye ( $H$ ) bağlı olarak akışkanın kanal içerisindeki karışım durumu önemlidir.

Desen sıralarına göre sırasıyla küp ve oyuk desenli yüzeylerin sahip oldukları ortalama yüzey sıcaklığı değişimleri kanaldaki kanatçıkların konumları ( $N = D$  ve  $2D$ ) ve jet-plaka arası mesafeye ( $H = 3D$  ve  $6D$ ) göre Re sayısına bağlı olarak Şekil 5 ve Şekil 6’ da gösterilmektedir. Re sayısının artışına bağlı olarak birleşik jet etkisiyle yüzeylerden olan ısı transferiyle her iki desenli yüzey için yüzey sıcaklıkları azalmaktadır.  $H = 3D$  ve  $N = 2D$  için yüzey sıcaklık değerleri diğer kanatçık konumu olan  $N = D$  ve jet-plaka arası mesafeye göre ( $H = 6D$ ) daha düşüktür. Yalnızca, Desen 3 için  $H = 6D$  ve  $N = 2D$ ’ de Desen 2 ile karşılaştırıldığında birleşik jet etkisinin kanaldaki konumuna bağlı olarak daha düşük yüzey sıcaklık değerlerine ulaşılmaktadır. Bu nedenle, desenli yüzey şekilleri ve kanal tasarımına bağlı olarak desen yüzeylerinin soğuma miktarları birbirinden farklı olabilmektedir.

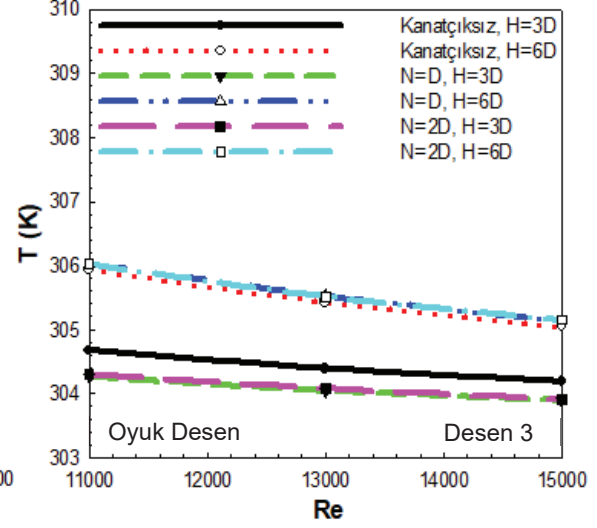
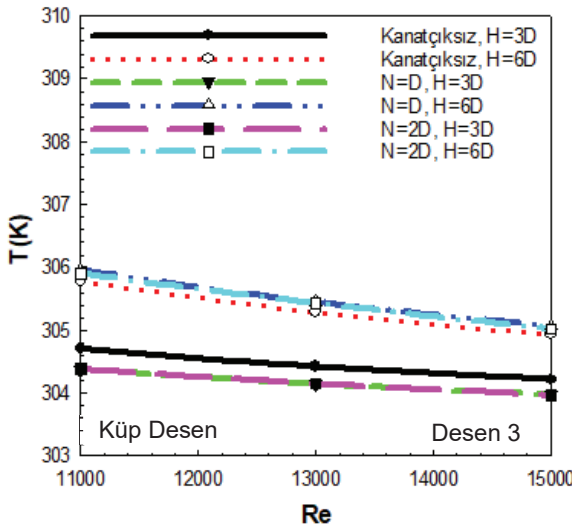
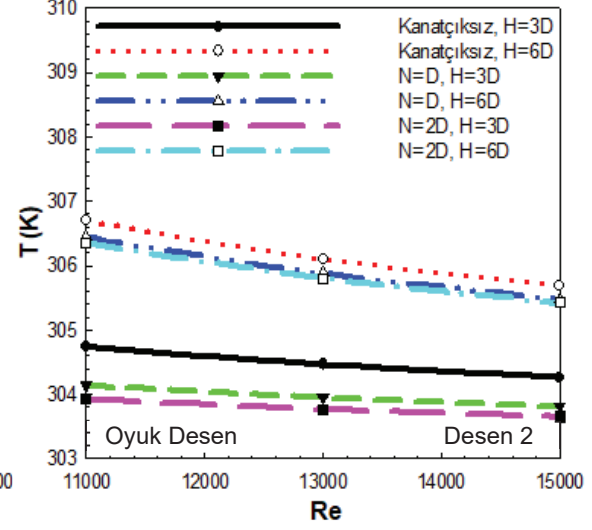
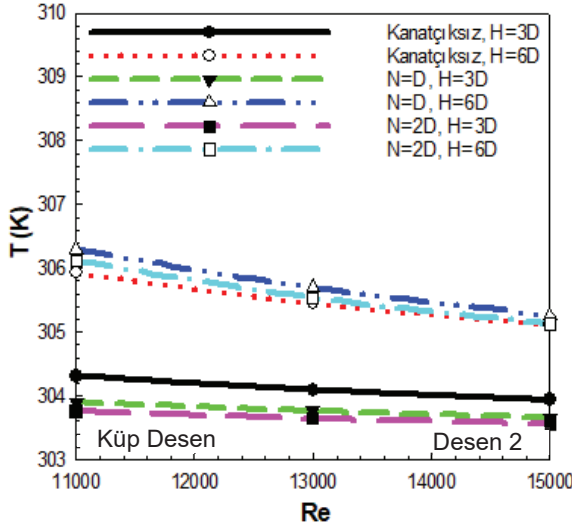
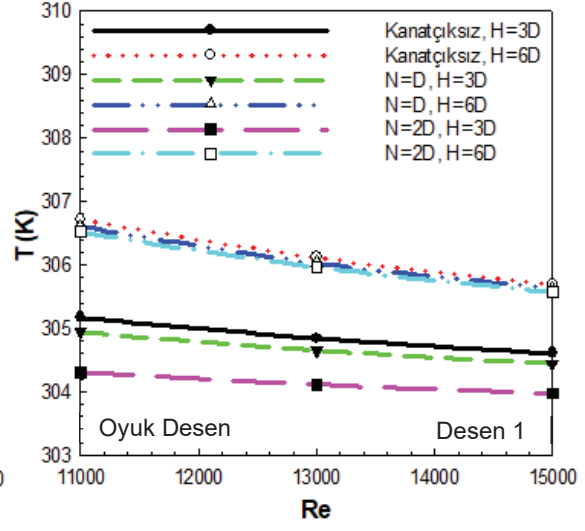
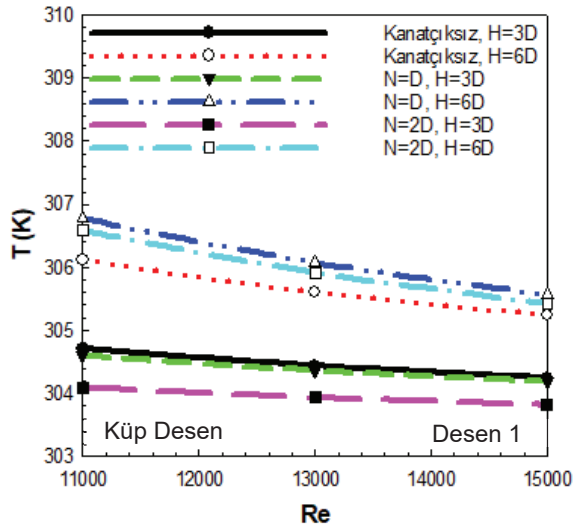
Tablo 3’ de  $Re = 13000$ ’ de kanaldaki desenli yüzeylerin her üçü için de ortalama Nu sayısı ( $Nu_m$ ) ve ortalama yüzey sıcaklık ( $T_m$ ) değişimleri gösterilmektedir. Kanatçıksız duruma göre kanallara kanatçık eklendiğinde birleşik jet akış desenli yüzeylere daha iyi yönlendirilebildiğinden her iki desenli yüzey için de yüzeylerdeki  $Nu_m$  değerleri artarken,  $T_m$  değerleri düşmektedir. Bununla birlikte, desenli yüzeyler üzerinde tüm desenler düşünüldüğünde birleşik jet etkisinin daha fazla olduğu  $H = 3D$  mesafesinde ve  $N = 2D$  kanatçık



Şekil 3. Küp desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve jet-plaka arası mesafeye (H) göre ortalama Nu sayısının Re sayısı ile değişimi

Şekil 4. Oyuk desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve jet-plaka arası mesafeye (H) göre ortalama Nu sayısının Re sayısı ile değişimi





Şekil 5. Küp desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve jet-plaka arası mesafeye (H) göre ortalama yüzey sıcaklığının Re sayısı ile değişimi

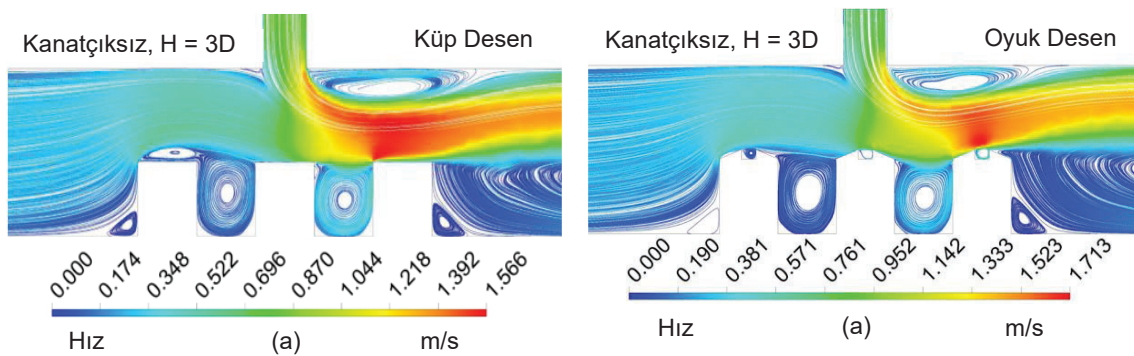
Şekil 6. Oyuk desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve jet-plaka arası mesafeye (H) göre ortalama yüzey sıcaklığının Re sayısı ile değişimi

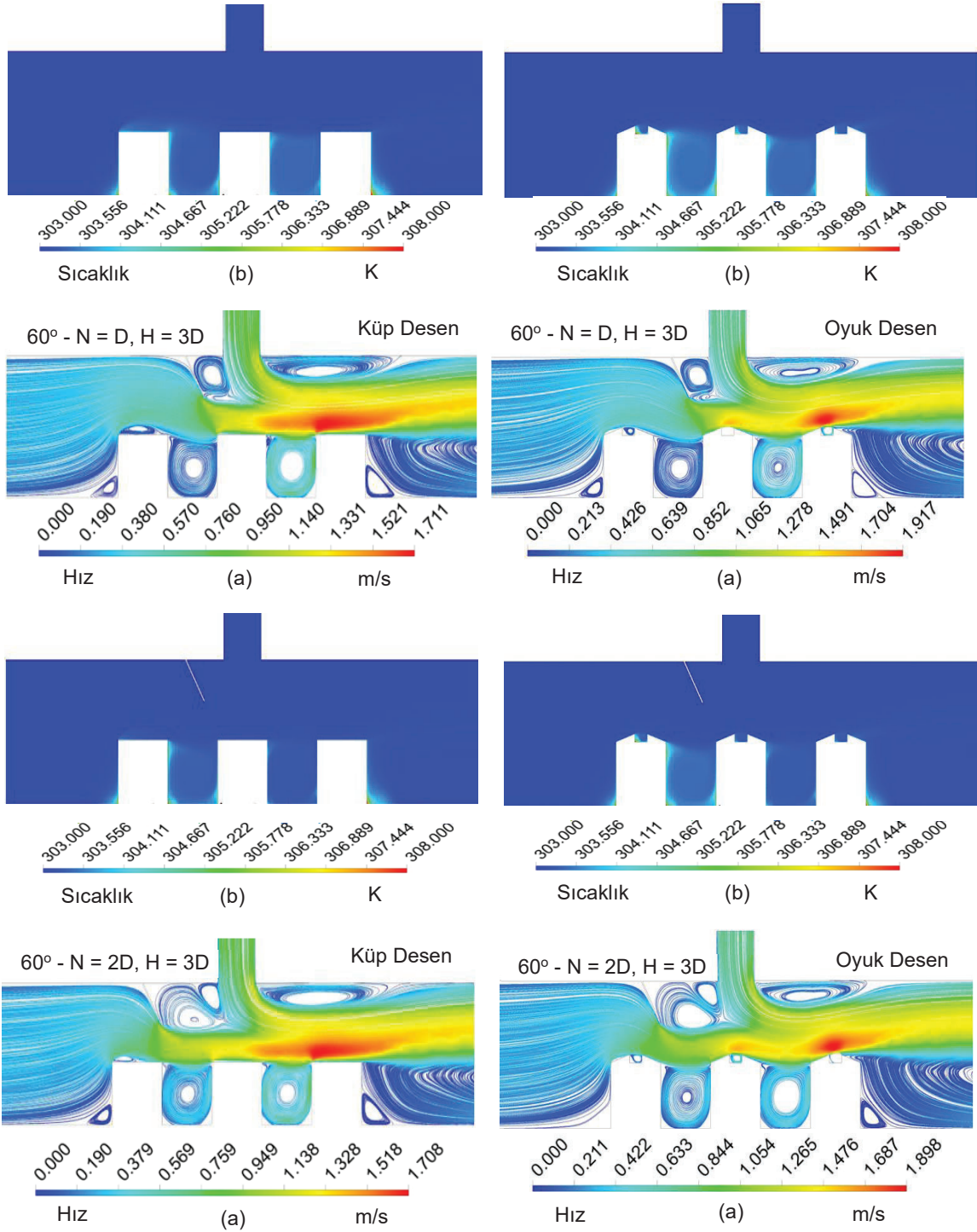
konumunda küp desenli yüzeylerin  $Nu_m$  değerleri oyuk desenli yüzeylerden daha fazladır. Buna bağlı olarak ortalama yüzey sıcaklık değerleri de daha düşüktür.  $Re = 13000$ ' de  $H = 3D$  mesafede  $N = 2D$  için küp ve oyuk desenli kanatçıklı kanallarda kanatçıksız duruma göre kanallardaki tüm desenli yüzeyler için ortalama  $Nu$  sayısında ( $Nu_m$ ) sırasıyla %23.43 ve %22.58' lik artışlar elde edilmiştir.

**Tablo 3.**  $Re = 13000$  için küp ve oyuk desenli kanallarda tüm desenli yüzeyler için  $Nu_m$  ve  $T_m$  değerleri

$Re = 13000$	$H = 3D$		$H = 6D$	
	Küp Desenli Yüzeyler	Oyuk Desenli Yüzeyler	Küp Desenli Yüzeyler	Oyuk Desenli Yüzeyler
Kanatçıksız - $Nu_m$	158.15	148.23	108.84	101.82
60° Kanatçıklı - $N = D$ - $Nu_m$	185.22	168.45	101.64	102.01
60° Kanatçıklı - $N = 2D$ - $Nu_m$	195.21	181.71	104.83	103.70
Kanatçıksız - $T_m$ (K)	304.31	304.56	305.44	305.88
60° Kanatçıklı - $N = D$ - $T_m$ (K)	304.08	304.21	305.73	305.80
60° Kanatçıklı - $N = 2D$ - $T_m$ (K)	303.90	303.98	305.62	305.76

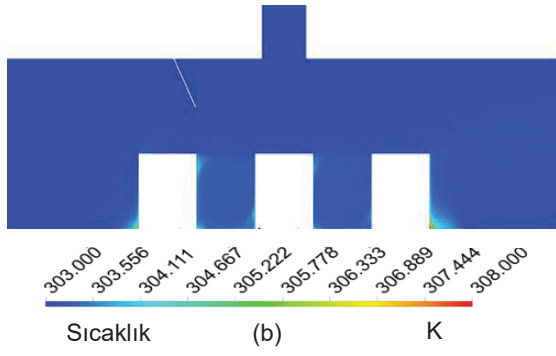
Şekil 7 ve 8' de  $Re = 15000$  için kanatçıksız, 60° açılı kanatçıklı kanallarda farklı kanatçık konumlarında ( $N = D$  ve  $2D$ ) ve  $H = 3D$  jet-plaka arası mesafede küp ve oyuk desenli yüzeyler için (a) hız ve (b) sıcaklık konturu dağılımları sunulmaktadır. Hız konturu dağılımlarında her iki desenli yüzey şekilli kanallarda desenli yüzey aralarındaki boşluklarda oluşan yeniden dolaşım bölgeleri görülebilmektedir. Bu yeniden dolaşım bölgeleri sıcaklık konturu dağılımlarından da görülebildiği gibi akışkan sıcaklığının ve buna bağlı olarak da yüzey sıcaklıklarının artmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, yine hız konturu dağılımından kolaylıkla görülebildiği gibi Desen 2 ve Desen 3 üzerinde jet akışa bağlı olarak akışkan hızları artmaktadır. Böylece, bu etki desenli yüzeylerden olan ısı transferini artırmaktadır. Kanallara kanatçık eklendiğinde ( $\theta = 60^\circ$ ) kanatçığın birleşik jet akışı desenli yüzeyler üzerine daha iyi yönlendirebilmesi sayesinde Desen 2 ve Desen 3 üzerindeki akışkan hareketliliği iyileştirilmiştir.  $N = 2D$  olduğunda ise her iki desen şekli için Desen 1 üzerindeki akışkan hızı artmıştır. Bu etkilere bağlı olarak da desenli yüzeylerden olan ısı transferi iyileştirilmiştir.



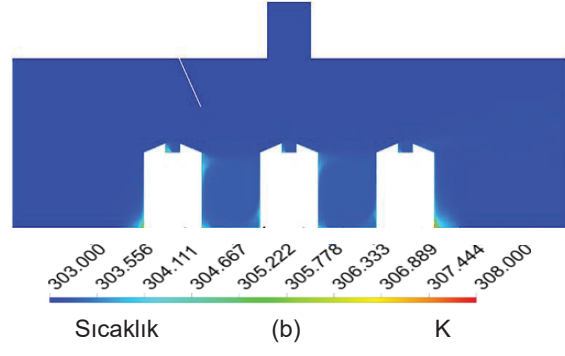


## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada,  $1000 \text{ W/m}^2$  sabit ısı akısına sahip bakır plakalı küp ve oyuk desenli yüzeylerin çarpan jet - çapraz akış birleşik jet tekniği ile kanatçiksız,  $60^\circ$  ve D ve 2D olarak farklı mesafelerde kanatçık yerleştirilerek soğutulmaları birbirleriyle karşılaştırmalı sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal inceleme, sürekli ve üç boyutlu olarak enerji ve Navier-Stokes denklemlerinin k- $\epsilon$  türbülans modeli ile Ansys-Fluent programının kullanılarak çözülmesiyle yapılmıştır. Kanalda kullanılan akışkan su olup, kanalın alt ve üst yüzeyleri ve kanatçık



**Şekil 7.** Küp desenli yüzeylerde  $H = 3D$  için kanatçık konumuna (N) göre (a) Hız, (b) Sıcaklık konturu dağılımları  
 $Re = 15000$



**Şekil 8.** Oyuk desenli yüzeylerde  $H = 3D$  için kanatçık konumuna (N) göre (a) Hız, (b) Sıcaklık konturu dağılımları  
 $Re = 15000$

adyabatiktir. Desenli yüzeyler,  $1000 \text{ W/m}^2$  sabit ısı akısına sahiptir. Jet-plaka arası mesafeler (H) 3D ve 6D olup, akışkan Re sayısı aralığı 11000-15000' dir. Kanallarda referans çalışmalar dikkate alınarak üçer adet desenli yüzey (küp ve oyuk) kullanılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Her iki desenli yüzeyde de çapraz akışın etkisinde olan Desen 1 incelendiğinde kanatçık konumunun 2D mesafede ve kanal yüksekliğinin 3D olduğu durumda bu desen sırası için en yüksek ortalama Nu sayısı değerine küp şekilli desen için ulaşılmaktadır.
- Desen 1 için daha sonra  $N = D$  ve  $H = 3D$  ve kanatçiksız  $H = 3D$  olarak Nu sayısı değerleri sıralanmaktadır. Bununla birlikte, oyuk desen için bu desen sırasında (Desen 1) elde edilen Nu sayısı değerleri daha düşüktür.
- Kanal mesafesi, 3D' den 6D' ye çıkarıldığında ise akışkanın desenli yüzey ile teması azaldığından Nu sayısı değerleri de azalmaktadır.
- İkinci sırada bulunan Desen 2, çapraz akışa ek olarak doğrudan çarpan jet etkisinde olduğundan birleşik jet akışına maruzdur. Bu nedenle, hem küp hem de oyuk desenli yüzeyler için bu sıradaki desenlerin sahip olduğu ortalama Nu sayıları Desen 1' den daha fazladır. Desen 2 ve  $Re = 15000$  için  $N = 2D$  ve  $H = 3D$  için sırasıyla küp ve oyuk desenli yüzeylerin buldukları kanaldaki ortalama Nu sayısı değerleri Desen 1' den %14.06 ve %17.06 daha yüksektir.
- Küp desenli yüzeyler için elde edilen Nu sayısı değerleri oyuk desenli yüzeylerden daha fazladır. Desen 3 için Nu sayısı değerleri analiz edildiğinde ise kanal sonunda bulunan bu desen için her iki desenli yüzey için de birleşik jet etkisinin azalmasına bağlı olarak Nu sayısı değerleri azalırken, kanatçiksız durumlar da dahil olmak üzere yalnızca  $H = 6D$  kanal yüksekliğinde akışkanın kanal içerisindeki akışıyla desenli yüzeylerle teması sayesinde Nu sayısı değerleri Desen 2' ye göre daha fazla olmaktadır.
- Küp desenli yüzey için  $Re = 15000$  ve  $N = D$ ,  $H = 3D$ ' de Desen 3 için Desen 2' ye göre Nu sayısı %9.85 azalırken, aynı kanatçık konumunda  $H = 6D$  için %11.12 artış sergilemektedir.

-  $Re = 13000$ ' de  $H = 3D$  mesafede  $N = 2D$  için küp ve oyuk desenli kanatçıklı kanallarda kanatçiksız duruma göre kanallardaki tüm desenli yüzeyler için ortalama  $Nu$  sayısında ( $Nu_m$ ) sırasıyla %23.43 ve %22.58' lik artışlar elde edilmiştir.

- Sonuç olarak, çarpan jet - çapraz akış birleşik jetli bir kanala kanatçıkların eklenmesi kanaldan gelen çapraz akışı sıcaklığı artmış desenli yüzeyler üzerine daha fazla yönlendirerek yüzeyler ve akışkan arasında teması artırdığından ısı transferini artırarak desenlerin soğumasını iyileştirmektedir. Bu nedenle, kanal tasarımında akışkanın  $Re$  sayısı, jet-plaka arası mesafe ( $H$ ), soğutulacak yüzeylere verilen desen şekli yanında kanatçığın kanaldaki konumuna ( $N$ ) da dikkat edilmelidir.

## KAYNAKÇA

Baydar, E. (1999). Confined Impinging Air Jet at Low Reynolds Numbers, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 19, 27-33.

Bölek, A. (2007). *Farklı düzlemler üzerine çarpan jetlerin akış ve ısı transfer analizleri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Choo, K., Kang, T.Y., Kim, S.J. (2012). The Effect of Inclination on Impinging Jets at Small Nozzle-to-Plate Spacing, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55, 3327-3334.

Demircan, T. (2019). Numerical Analysis of Cooling an Electronic Circuit Component with Cross Flow and Jet Combination, *Journal of Mechanics*, 35 (3), 395-404.

Hadipour, A., Zargarabadi, M.R. (2018). Heat Transfer and Flow Characteristics of Impinging Jet on a Concave Surface at Small Nozzle to Surface Distances, *Applied Thermal Engineering* 138, 534-541.

Incropera, F.P., Dewit, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S., (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer (Sixth Edition)*, John Wiley&Sons, Indiana, 447-487.

Karabulut, K., Alnak, D.E. (2021). Çarpan Jet - Çapraz Akışlı Bir Kanalda Soğutma Performansının Kanal Yüksekliği ile Değişiminin İncelenmesi. Karabulut K., Orhan Ö. (Ed.), *Proceedings Book of the 12 th International Conference on Engineering & Natural Sciences 2021 Conference* içinde (273-290 ss.).

Kılıç, M. (2018). Elektronik Sistemlerin Soğutulmasında Nanoakışkanlar ve Çarpan Jetlerin Müşterek Etkisinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33 (3), 121-132.

Köseoğlu, M.F. (2007). *Çarpan akışkan jetleri kullanılarak elektronik elemanların soğutulmasının deneysel ve sayısal olarak incelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Larraona, G.S., Rivas, A., Antón, R., Ramos, J.C., Pastor, I., Moshfegh, B. (2013). Computational Parametric Study of an Impinging Jet in a Cross-Flow Configuration for Electronics Cooling Applications, *Applied Thermal Engineering*, 52, 428-438.

Ma, C.F., Bergles, A.E., (1983). Boiling Jet Impingement Cooling of Simulated Microelectronic Chips, Heat Transfer in Electronic Equipment HTD 28, 5-12.

Maghrabie, H.M., Attalla, M., Fawaz, H.E., Khalil, M. (2017). Numerical Investigation of Heat Transfer and Pressure Drop of In-Line Array of Heated Obstacles Cooled by Jet Impingement in Cross-Flow, Alexandria Engineering Journal, 56, 285-296.

Mergen, S. (2014). *Kanal içi akış ve çarpan jet ile birlikte elektronik eleman soğutulmasının sayısal olarak incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Saleha, N., Fadela, N., Abbas, A. (2015). Improving Cooling Effectiveness By Use Chamfers on the Top of Electronic Components, Microelectronics Reliability 55, 1067-1076.

Teamah, M.A., Dawood, M.M., Shehata, A. (2015). Numerical and Experimental Investigation of Flow Structure and Behavior of Nanofluids Flow Impingement on Horizontal Flat Plate, Experimental Thermal and Fluid Science, 74, 235-246.

Wang S.J., Mujumdar A.S. (2005). A Comparative Study of Five Low Reynolds Number  $k-\epsilon$  Models for Impingement Heat Transfer, Applied Thermal Engineering, 25, 31-44.