


ISPEC 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
March 19–20, 2022 / Burdur, Turkey

THE PROCEEDINGS BOOK


EDITOR:
Assist. Prof. Dr. Hüseyin SENDİR



ISBN: 978-625-7720-79-3

<https://www.ispeccongress.org/fenmuhendislik>





**ISPEC 13th INTERNATIONAL
CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
March 19-20, 2022 / Burdur, Turkey**

(THE PROCEEDINGS BOOK)

EDITOR

Assist. Prof. Dr. Hüseyin SENDİR

All rights of this book belong to ISPEC. Without permission can't be duplicate or copied.

Authors are responsible both ethically and juridically

ISPEC Publications – 2022 ©

Issued: 28.03.2022

ISBN: 978-625-7720-79-3

Bu Kitabın Tüm Hakları ISPEC Yayınevi'ne aittir.
Yazarlar etik ve hukuki olarak eserlerden sorumludurlar.

ISPEC Yayınevi – 2022 ©

Yayın Tarihi: 28.03.2022

ISBN: 978-625-7720-79-3

CONFERENCE ID

CONFERENCE TITLE

ISPEC 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES

DATE and PLACE

March 19-20, 2022 / Burdur, Turkey

ORGANIZATION

ISPEC INSTITUTE

ORGANIZING COMMITTEE

Assoc. Prof. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU

Assoc. Prof. Dr. Kerim GÜLLAP

Assoc. Prof. Dr. Mevlüt ALBAYRAK

Assoc. Prof. Dr. Mustafa OKANT

Gönül EDEŞLER

Neslihan BALCI

NUMBER of ACCEPTED PAPERS - 85

NUMBER of REJECTED PAPERS - 20

PARTICIPANT COUNTRIES

Turkey-40, Algeria-7, Azerbaijan-1, Belarus-1, Brazil-1, Indonesia-1, France-1,
India-8, Iran-4, Spain-1, Malaysia-3, Moldova-1, Morocco-2, Nigeria-2, Pakistan-7
Romania-1, Taiwan-1, Oman-2, Iraq-1

***Double blinded evaluation process**

ISPEC
13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
March 19-20 2022, Burdur, Turkey

CONFERENCE PROGRAM



Meeting ID:
843 7756 4178
Passcode:
999000



20.03.2022
Session-1, Hall-5



Ankara Time
10⁰⁰ : 12³⁰



ID: 843 7756 4178
Password: 999000

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Doğan Engin ALNAK

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assoc. Prof. Dr. Koray KARABULUT & Assoc. Prof. Dr. Doğan Engin ALNAK	<i>Sivas Cumhuriyet University</i>	A STUDY ON INCREASE COOLING CAPACITY OF MICROCHIPS WITH COMBINED JET FLOW
Assoc. Prof. Dr. Doğan Engin ALNAK & Assoc. Prof. Dr. Koray KARABULUT	<i>Sivas Cumhuriyet University</i>	INVESTIGATION OF THE COMBINED JET FLOW EFFECT ON FLOW AND HEAT TRANSFER APPLICATION IN THE CHANNEL
İlker Çetin KESKİN	<i>Manisa Celal Bayar University</i>	CHARACTERIZATION, LUMINANCE AND OPTICAL PROPERTIES OF THE EPIDOT IN THE STRUCTURE OF THE UNAKIT MINERAL
Canser GUL & Sevda ALBAYRAK & Hülya DURMUŞ	<i>Manisa Celal Bayar University & Gazi University</i>	IMPROVEMENT OF CORROSION RESISTANCE OF WE43 MAGNESIUM ALLOYS WITH MOLYBDENUM COATING
Canser GUL & Sevda ALBAYRAK & Hülya DURMUŞ	<i>Manisa Celal Bayar University & Gazi University</i>	IMPROVING THE CORROSION RESISTANCE OF 2024 ALUMINUM ALLOYS WITH NICKEL-ALUMINA CONTAINING COATINGS
Oğuz DOĞAN	<i>Kahramanmaraş Sütçü İmam University</i>	DESIGN AND MANUFACTURING OF CREEP TEST DEVICE FOR POLYMER MATERIALS
Servet AŞKIN & Bahri GÜR & Hakkı AKDENİZ & M. Harbi ÇALIMLI	<i>Iğdır University</i>	COMPARİSON OF XPS AND ICP-MS QUANTİTATIVE RATİOS OF MAJOR AND MINOR ELEMENTS OF İĞDIR SANDSTONE
İsa ÇALLI & Safa ÇAKMAK & Nezaket PARLAK	<i>MKS Marble Cutting and Wiping Machine, Singing. Trade Ltd. Sti & Fen Bilimleri Graduate School of Natural and Applied Sciences & Sakarya University</i>	INVESTIGATION OF DRYING BEHAVIOR OF SOME MARBLE SPECIES IN A MICROWAVE OVEN
Fatih BAŞÇİFTÇİ & Hakan AKAR	<i>Selçuk University & Mehmet Akif Ersoy University</i>	AN EDUCATIONAL TOOL FOR LOGIC SYNTHESIS

KANALDAKİ AKIŞ VE ISI TRANSFERİ UYGULAMASINDA BİRLEŞİK JET AKIŞI ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Doğan Engin ALNAK

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

ORCID: 0000-0003-0126-1483

Doç. Dr. Koray KARABULUT

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

ORCID: 0000-0001-5680-0988

ÖZET

Teknolojinin ilerlemesi tüketicilerin hayatını kolaylaştırırken, üreticilerin daha uzun ömürlü ve enerji verimli cihazlar geliştirebilmeleri adına birtakım problemlerle karşılaşmalarına yol açmaktadır. Bu konudaki en büyük sorun, önceki teknolojilere göre kapasiteleri oldukça yüksek olan elektronik cihazlardaki aşırı ısınmadır. Bu durum, ısı transferi üzerine çalışan mühendisleri elektronik soğutma ve uygulamaları alanında yeni ilerleme tekniklerine yönelmeleri bakımından motive etmektedir. Son zamanlarda uygulanmaya başlanan çarpan jet - çapraz akış birleşik jet etkisiyle ısınmış elemanlardan ısı transferini artırma yöntemi etkili bir soğutma tekniği olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, çarpan jet - çapraz akışlı birleşik jet akışı uygulanan kanallarda bulunan bakır plakalı küp ve yamuk desenli yüzeylerden olan ısı transferi ve kanallardaki akış yapıları birbirleriyle karşılaştırılarak sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal araştırma, zamandan bağımsız ve üç boyutlu enerji ve Navier-Stokes denklemlerinin k-ε türbülans modeli ile Ansys-Fluent bilgisayar programından faydalanılarak çözülmüştür. Her iki kanal için kanal yükseklikleri (H) 3D ve 6D iken akışkan Re sayısı aralığı 7000 - 11000' dir. Kanallara birleşik jet akışını desenli yüzeylere yönlendirebilmek amacıyla uzunluğu D jet giriş çapına eşit olan ve kanalların üst yüzeyinde yatayla 45° ve 90° açı (θ) yapacak şekilde kanatçıklar yerleştirilmiştir. Kanalda akışkan olarak su kullanılmış olup, kanalın alt ve üst yüzeyleri ve kanatçık adyabatiktir. Desenli yüzeylere 1000 W/m² sabit ısı akısı uygulanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürdeki çalışmanın deneysel sonuçlarıyla kıyaslanmış ve birbirleriyle uyumlu oldukları bulunmuştur. Sonuçlar, kanaldaki diziliş sıralarına göre her bir küp ve yamuk desenli yüzey için ortalama Nu sayısı ve yüzey sıcaklık değişimleri olarak incelenmiştir. Re = 11000 ve H = 3D' de kanatçiksız, 45° ve 90° kanatçık açılarında küp ve yamuk desen yüzeyli kanallar boyunca çarpan jet-çapraz akış birleşik jet akışının hız ve sıcaklık konturu dağılımları sunulmuştur. Re = 9000 için H = 3D' de kanatçiksız kanal durumuna göre 90° kanatçık açılı kanalda sırasıyla küp ve yamuk desenli yüzeylerin Nu_m değerlerinin %33.15 ve %24.57 daha fazla oldukları bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çarpan jet-çapraz akışlı birleşik jet, Kanatçık, Desen, Sayısal ısı transferi

INVESTIGATION OF THE COMBINED JET FLOW EFFECT ON FLOW AND HEAT TRANSFER APPLICATION IN THE CHANNEL

ABSTRACT

While advancement of technology makes the lives of consumers easier, it causes manufacturers to encounter some problems in order to develop longer-lasting and energy-efficient devices. The biggest problem in this matter is overheating in electronic devices, which have a very high capacity compared to previous technologies. This motivates engineers working on heat transfer to turn to new advancement techniques in the field of electronic cooling and its applications. The method of increasing the heat transfer from the heated elements by the impact jet - cross flow combined jet effect, which has been applied recently, is used as an effective cooling technique. In this work, heat transfer from copper plate cube and trapezoidal surfaces in channels where impinging jet - cross flow combined jet flow was applied and the flow structures in the channels were numerically investigated by comparing them with each other. Numerical analysis was performed by solving the energy and Navier-Stokes equations as steady and three dimensional employing the k- ϵ turbulence model and Ansys-Fluent computer program. While the channel heights (H) for both channels are 3D and 6D, the fluid Re number range is 7000 - 11000. So as to direct the combined jet flow to the patterned surfaces in the channels, fins with a length equal to the D jet inlet diameter and an angle of 45° and 90° (θ) with the horizontal on the upper surface of the channels were placed. Water is used as a fluid in the channel, and the upper and lower surfaces of the channel and the fin are adiabatic. A constant heat flux of 1000 W/m² was implemented to the designed surfaces. The results obtained from the study were matched with the experimental results of the study in the literature and it was found that they were compatible with one another. The results were analyzed as mean Nu number and surface temperature variations for each cube and trapezoidal surface according to their order in the channel. In Re = 11000 and H = 3D, contour distributions of velocity and temperature of impinging jet - cross flow combined jet flow along channels with cube and trapezoidal surfaces at without fin, 45° and 90° fin angles were presented. For Re = 9000 in H = 3D, it was found that the Nu_m values of the cube and trapezoidal surfaces were 33.15% and 24.57% higher in the 90° fin angled channel than in the case of the without fin, respectively.

Keywords: Combined jet with impinging jet - cross flow, Fin, Pattern, Numerical heat transfer

GİRİŞ

Yüksek hıza sahip cihazlar elde edebilmek amacıyla yarı iletken levhalar üzerine çok sayıda yerleştirilen mikroçipler beraberinde çözülmesi gerekli önemli bir problem olan ısınma sorununu gündeme getirmektedir. Bununla birlikte, mikroçiplerin küçültülebilmeleri teknolojinin elverdiği ölçüde soğutulabilme kapasitelerindeki artışa bağlıdır. Bu nedenle, bu elemanların soğutulmasında çeşitli soğutma teknikleri uygulanmaktadır. Çapraz akış ile soğutma yöntemi, bu tekniklerden en yaygın olarak bilinenidir. Bu yöntem, soğuk akışkanın fan kullanılarak bütün ısınmış elemanlar üzerine yollanması ve bu sayede devrenin bütününün soğutulması esasına dayanmaktadır. Fakat bu yöntem, tüm devre elemanlarının soğutulması prensibine dayandığından çok yüksek sıcaklıklı elemanların soğutulmasında yeterli olmayabilir. Diğer bir soğutma yöntemi ise, soğuk akışkanın lüle aracılığıyla yüksek sıcaklıktaki bir yüzeye yersel olarak püskürtüldüğü çarpan jet ile soğutma tekniğidir. Çarpan jetler, çok yüksek sıcaklıklı bir elemanın soğutulmasını sağlayabilirken, elemanların tümünün soğutulmasında aynı başarıyı sağlayamayabilmektedir.

Bir sistem sıcaklıkları birbirinden çok farklı olan birden çok eleman içerebilmektedir. Bundan dolayıdır ki, yalnızca tek tip soğutma yöntemi ile bütün sistemi güvenli çalışma sıcaklıkları sınırları içinde tutabilecek şartları sağlamada problem yaşanabilir. Çarpan jet ve çapraz akış soğutma tekniklerinin birlikte kullanılması soğutma kapasitesini artırarak bu sorunu ortadan kaldıracaktır. Çapraz akış ile elemanların tümü belirli bir dereceye kadar soğutulurken, sistemde yalnızca çok yüksek sıcaklıklara ulaşmış elemanlar ise çarpan jet akışı ile noktasal şekilde soğutulabilmektedir (Kılıç, 2018; Teamah ve ark., 2015).

Literatürde, yalnızca çapraz akış veya yalnızca jet akışın değerlendirildiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada da araştırılan geometri daha çok jet akışa benzerlik gösterdiğinden, literatür incelemesinde daha çok jet akış üzerinde durulmuştur. Ayrıca, literatürde çarpan jetler hakkında çok sayıda sayısal ve deneysel araştırma mevcuttur. Bu çalışmalarda ise temel olarak çarpan jetler için kullanılan akışkanın seçimi, akış alanına ait geometri, türbülans modeli, Reynolds sayısı, jet ile çarpma yüzeyi arası mesafe ve elemana uygulanan ısı akısı gibi değişkenlerin ısı transferine olan etkileri üzerinde incelemelerde bulunulmuştur. Bununla birlikte, çapraz akış ve çarpan jet akışının birlikte kullanıldığı devre elemanı soğutma teknikleri ile ilgili yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlı olup, akışın kanal içerisinde ısınmış yüzeyler üzerine yönlendirilmesine ilişkin herhangi bir çalışmaya elde edilen literatürde rastlanmamıştır.

Hadipour ve Zargarabadi (2018) çarpan dairesel bir jet akışının sabit ısı akılı iç bükey bir yüzey üzerindeki akış ve ısı transferi karakteristiklerini, farklı jet-plaka arası oranları için sayısal ve deneysel olarak araştırmışlardır. H/D (kanal yükseklik/jet giriş çapı) oranı 0.1-4, Re sayısı aralığı 10000-35000 ve jet çapları 18-30 mm değerlerini için inceleme gerçekleştirmişlerdir. Aynı Re sayısında jet çapı artışının, ısı transferini arttırdığını belirlemişlerdir. Demircan (2019) elektronik devre elemanından olan ısı transferini çapraz akış-çarpan jet uygulamasıyla sayısal olarak araştırmıştır. Re sayısı aralığı olarak 30000–90000, jet ve kanal hız oranının farklı değerlerinde incelemeler gerçekleştirmiştir. Çalışmasında, Re sayısının ve hız oranlarının artışıyla ısı transferinin önemli oranda arttığı sonucuna ulaşmıştır. Mergen (2014) sayısal olarak sabit ısı akılı (3500 W/m^2) elektronik bir elemanın çarpan jet-çapraz akışla soğutulmasını araştırmıştır. Çalışmada, jet Re sayısının (Re_j) kanal Re sayısına (Re_k) oranı azaldıkça ısı transferinin azaldığını saptamıştır. Maghrabie ve ark., (2017) kanal boyunca sıralı yedi adet devre elemanından oluşan bir sistemin çarpan jet-çapraz akış kombinasyonu ile ısı transferini sayısal olarak değerlendirmişlerdir. Isı transferi üzerinde jet konumu değişikliğinin etkisini saptamışlardır.

Bu çalışmada, çarpan jet - çapraz akışlı birleşik jet akışı uygulanan kanallarda bulunan bakır plakalı küp ve yamuk desenli yüzeylerden olan ısı transferi ve kanallardaki akış yapıları birbirleriyle karşılaştırılarak sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal araştırma, sürekli ve üç boyutlu şekilde k-ε türbülans modeli düşünülerek enerji ve Navier-Stokes denklemlerinin Ansys-Fluent programı kullanılarak çözülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Kanallara birleşik jet akışını desenli yüzeylere yönlendirebilmek amacıyla uzunluğu D jet giriş çapına eşit olan ve kanalların üst yüzeyinde yatayla 45° ve 90° açı (θ) yapacak şekilde kanatçıklar yerleştirilmiştir. Kanalda akışkan olarak su kullanılmış olup, kanatçık ve kanalın alt ve üst yüzeyleri adyabatiktir. Desenli yüzeyler, 1000 W/m^2 'lik sabit ısı akısına sahiptir. Jet - plaka arası mesafeler (H) 3D ve 6D olup, jet Re sayısı aralığı 7000 - 11000' dir. Kanala referans çalışmalar gözetilerek üç adet desenli yüzey konumlandırılmıştır. Çalışmanın sonuçları, literatürdeki çalışmanın deneysel sonuçlarıyla kıyaslanmış ve tutarlı oldukları bulunmuştur. Sonuçlar, kanaldaki diziliş sıralarına göre her bir küp ve yamuk desenli yüzey için ortalama Nu sayısı ve yüzey sıcaklık değişimleri şeklinde incelenmiştir.

SAYISAL ARAŞTIRMA

Çalışmada, üç boyutlu ve sürekli olarak küp ve yamuk desen şekilli yüzeylerdeki çarpan jet - çapraz akışlı birleşik jet akışının zorlanmış taşınım ile ısı transferinin sayısal çözümünde Ansys-Fluent programı kullanılmıştır.

Kanaldaki akış ve ısı transferinin çözümü aşağıdaki gibi gövde kuvvetinin olmadığı sürekli, kanaldaki birleşik jet akış nedeniyle türbülanslı akış için zaman ortalamalı kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerinden türetilen kısmi türevli diferansiyel denklemlerin çözümüyle yapılmıştır (Wang ve Mujumdar, 2015; Karabulut ve Alnak, 2021; Alnak ve ark., 2021).

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 akışkanın yoğunluğu ρ , türbülanslı akışın kinetik enerjisi k ile belirtilirken, x, y ve z doğrultusundaki hız bileşenleri u_i , akışkanın viskozitesi μ , türbülanslı kinetik enerji Pr sayısı σ_k ($\sigma_k = 1$) ile gösterilmektedir. Türbülanslı kinetik enerji üretimi (G_k) ve türbülanslı akışın viskozitesini (μ_t) gösteren eşitlikler aşağıda verilmiştir (Wang ve Mujumdar, 2015; 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_μ katsayıları, σ_ε ise türbülans yutulma Pr sayısını belirtmektedir ve sırasıyla $C_{1\varepsilon} = 1.44$, $C_{2\varepsilon} = 1.92$, $C_\mu = 0.09$ ve $\sigma_\varepsilon = 1.3$ olarak kullanılmıştır (Saleha, 2015).

Kanaldaki ısınmış elemanların yüzeylerindeki ortalama ısı taşınım transfer katsayısı Eş. 8 ve Nusselt sayısı (Nu) ise Eş. 9 ile hesaplanmaktadır (Incropera, 2007).

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

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

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

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/m².K), n yüzeye dik yön olup ortalama Nu sayısı (Nu_m) aşağıdaki şekilde 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.

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

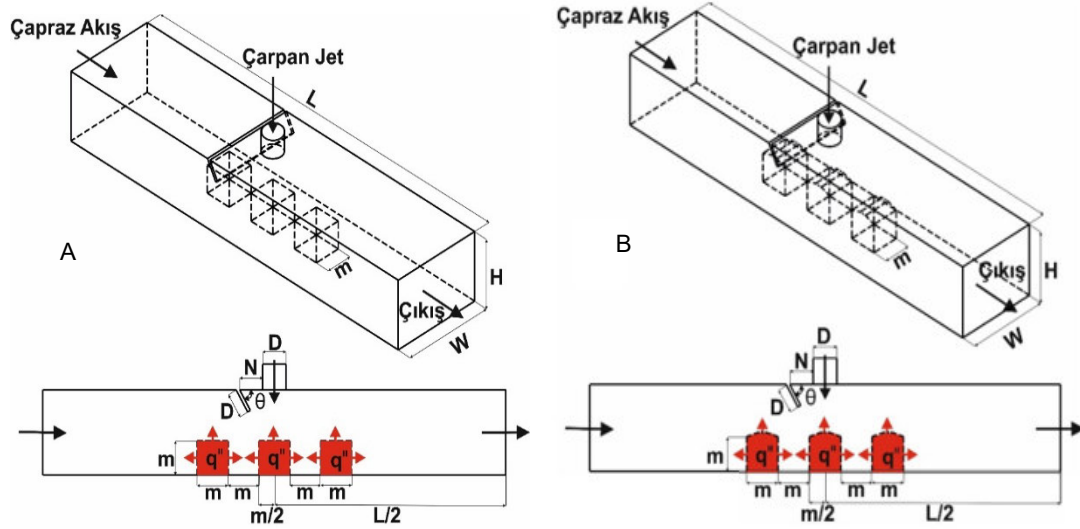
$$Re_j = \frac{\rho_a V_j D}{\mu_a} \quad (14)$$

Bu eşitliklerde, ρ_a ve μ_a sırasıyla suyun yoğunluğu (kg/m³) ve viskozitesi (kg/s.m), V_k ve V_j ise sırasıyla suyun kanal ve jet akış hızlarıdır (m/s).

DESEN GEOMETRİLERİ

Çalışmada kullanılan çarpan jet-çapraz akışlı birleşik jet akışlı kanallar ve kanallardaki küp ve yamuk desenli yüzeylere sahip ısınmış elemanlara ait ölçüler ve sınır şartları Şekil 1' de gösterilirken, desenli yüzeylerin geometrisine ait ölçüler ise Tablo 1' de verilmiştir. Bunun yanı sıra, bu çalışmada yapılan kabuller aşağıdaki gibidir:

- Sürekli, üç boyutlu ve türbülanslı akış hacmi kullanılmıştır.
- Sıkıştırılmaz akışkan olarak su, hem jet hem de çapraz akış akışkanı olarak kullanılmıştır.
- Sıkıştırılmaz akışkan olarak hem jet akışkanı hem de çapraz akış için kullanılan su akışkanının ısı özellikleri sabit olup, sıcaklıktan bağımsızdır.
- Kanalın ve kanatçığın yüzeyleri adyabatiktir
- Akışkan olarak kullanılan su ve desenli yüzeylerde ısı üretimi bulunmamaktadır.



Şekil 1. A - küp B - yamuk şekilli çarpan jet - çapraz akış birleşik jet akışlı kanalların şematik görünüşleri

SONUÇLARIN İRDELENMESİ

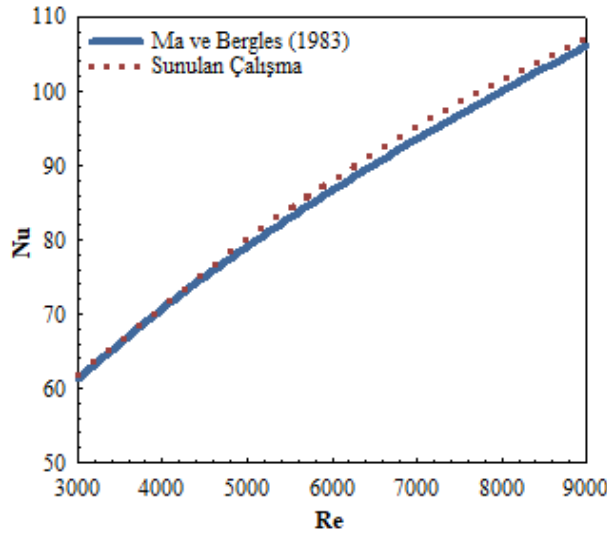
Çalışmada sadece jet akışın olduğu durumda farklı Reynolds sayılarında incelemelerde bulunularak ulaşılan sonuçlar ile Ma ve Bergles (1983) tarafından yapılan deneysel incelemeler sonucunda ulaşılan bağıntı kullanılarak ($\overline{Nu} = 1.29 Re^{0.5} Pr^{0.4}$) edinilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Şekil 2' den gözlemlenebildiği gibi Ma ve Bergles (1983)' in deneysel sonuçlarıyla bu çalışmanın sayısal sonuçları oldukça uyumlu ve tutarlıdır.

Ağ sayısının Nu sayısı üzerindeki etkisini belirlemek kaydıyla kanal için en uygun sayıda ağ elemanı kullanabilmek için kanatçiksız çarpan jet - çapraz akış birleşik jet akışlı kanalda ağ sayısının ortalama Nu sayısı üzerindeki etkisi farklı Reynolds sayılarında Tablo 2' de sunulmuştur. Buna göre kanatçiksız kanal için 2022840 adet ağ elemanının güvenilir ve doğru sonucu vereceği bulunmuştur.

Şekil 3 ve 4' de çarpan jet - çapraz akış birleşik jet etkili kanallarda sırasıyla küp ve yamuk desenli yüzeylere ait $H = 3D$ ve $6D$ olmak üzere farklı jet-plaka arası mesafeler için kanatçiksız durumda ve 45° ve 90° kanatçık açılarının her bir desenli yüzey sırası için ortalama Nu sayıları üzerindeki etkileri gösterilmektedir. Jet-plaka arası mesafenin artması (H), jetin desenli yüzeyler üzerindeki etkisini azaltmaktadır. Bu nedenle, desenli yüzeylerden çarpan jet-çapraz akışlı birleşik jet etkisindeki akışa olan ısı transferi azalmaktadır. Buna bağlı olarak, $H = 3D$

Tablo 1. Küp ve yamuk desenli yüzeylere ait geometrik ölçüler

Kanal Boyutlandırması	
D	15 mm
L	66D
W	4D
H	3D, 6D
m	20 mm
θ	45°, 90°
N	D



Şekil 2. Sunulan çalışma ve Ma ve Bergles (1983)' in deneysel sonuçlarının kıyaslanması

Tablo 2. Ağ elemanı sayısına bağlı olarak Nu_m sayısının Reynolds sayısı ile değişimi

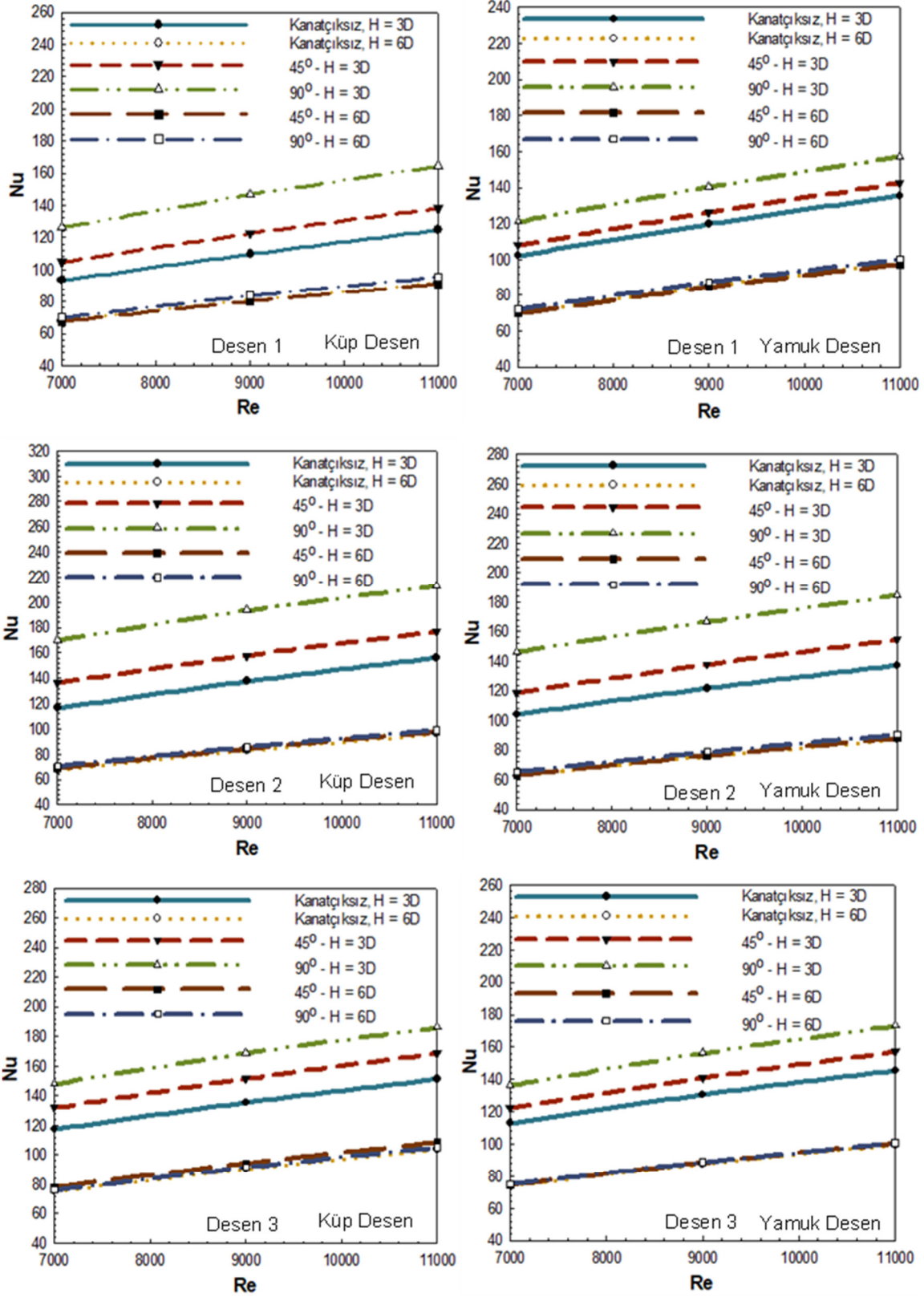
Ağ elemanı sayısı	Re = 5000 Nu_m	Re = 7000 Nu_m	Re = 9000 Nu_m
1758412	86.48	108.84	127.40
2022840	86.52	108.88	127.43
2245786	86.52	108.87	127.42

mesafesinde her üç desen sırasında hem küp hem de yamuk desenli yüzeyler için ortalama Nu sayısı değerleri daha yüksek iken $H = 6D$ mesafesinde Nu sayısı değerleri azalmaktadır. Ayrıca, kanatçiksız duruma göre kanala kanatçık eklendiğinde Nu sayısı değerleri artarken, her iki desenli yüzey şeklinde en yüksek Nu sayısı değerlerine 90° kanatçık açılı durumda ulaşılmaktadır. Çünkü 90° kanatçık açısında kanal girişinden gelen çapraz akışın desenli yüzey ve kanatçık arasındaki geçiş mesafesi 45° kanatçık açılı duruma kıyasla azaldığından hem çapraz akış jet etkisi kazanmakta hem de desenli yüzeylerle teması artmış olmaktadır.

Bununla birlikte, kanal girişine göre birinci sıradaki Desen 1' de $Re = 9000$ değerinde küp desenli yüzeyde kanatçıksız duruma göre $H = 3D$ mesafesinde 45° kanatçık açısı için ortalama Nu sayısında %11.87 artış elde edilirken, 90° kanatçık açısı için bu değer %33.94 olmaktadır. Ayrıca, aynı desen sırasında (Desen 1) ve şartlarda yamuk desenli yüzey için sırasıyla 45° ve 90° kanatçık açılarında Nu sayısındaki artış değerleri %5.37 ve %17.21 olmaktadır. Bu duruma, yamuk desenli yüzeyin yüzey şekline bağlı olarak akışı yönlendirmesi sonucu küp desenli yüzey şekline göre akışın desenli yüzey üzerinde fazla temas etmeden ayrılması sebep olmaktadır. Kanal girişine göre ikinci sıradaki Desen 2 değerlendirildiğinde ise bu desen sırasının çapraz akışa ek olarak doğrudan çarpan jet etkisi altında olması nedeniyle her iki desen şekli için de özellikle $H = 3D$ mesafesinde Desen 1' e göre Nu sayısı değerlerinde belirgin bir artış elde edilmektedir. Bunun yanı sıra, $H = 6D$ mesafesi için ise küp desenli yüzeyde Desen 1' e göre Nu sayısı artış miktarı azalırken yamuk desenli yüzeyde desen şekli ve akışın kanal içerisindeki hareketi nedeniyle Desen 1' den daha düşük değerler elde edilmektedir. Kanalin son sırasında bulunan Desen 3 incelendiğinde ise ilginç bir sonuç olarak kanatçıksız durumda her iki desen şekli ve kanal mesafesi için de Desen 2' ye göre Nu sayısı değerlerinde artış görülürken, kanatçıklı (45° ve 90°) ve $H = 3D$ mesafesinde Desen 2' ye göre Nu sayısı değerleri azalmaktadır. Bununla birlikte, $H = 6D$ mesafesinde ise Nu sayısı değerleri Desen 2' ye göre artış sergilemektedir. Bu durumların nedeni birleşik jet etkisinin kanatçık yönlendirmesinin etkisiyle de olan kanal içerisindeki hareketleriyle akış - desenli yüzey arası temas ilişkisidir. Kanatçıksız durumda çarpan jet - çapraz akış birleşik etkisi Desen 3 üzerinde yoğunlaşırken, bu akış etkisini kanala eklenen kanatçıklar değiştirmektedir. $Re = 11000$ ve $H = 6D$ mesafesinde 90° kanatçık açısında Desen 3 için sırasıyla küp ve yamuk desenli yüzeyler için Desen 2' ye göre Nu sayısında %6.4 ve %11.3' lük artış değerlerine ulaşılmaktadır.

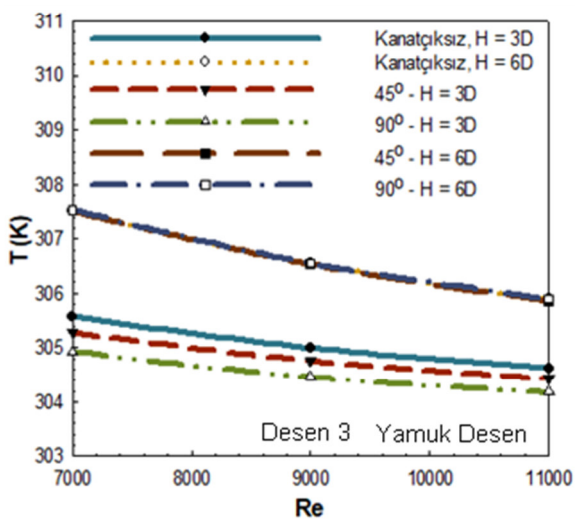
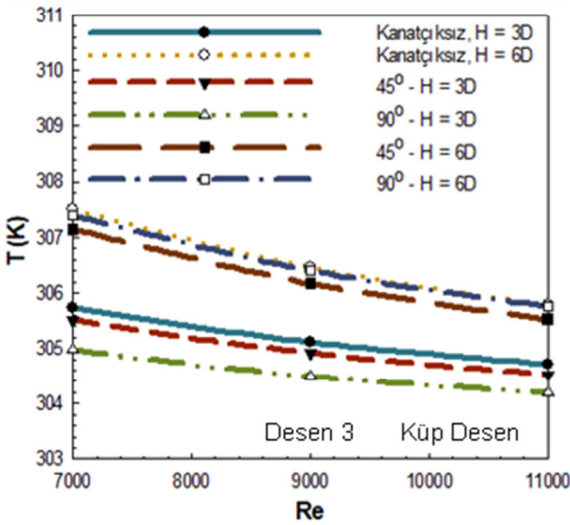
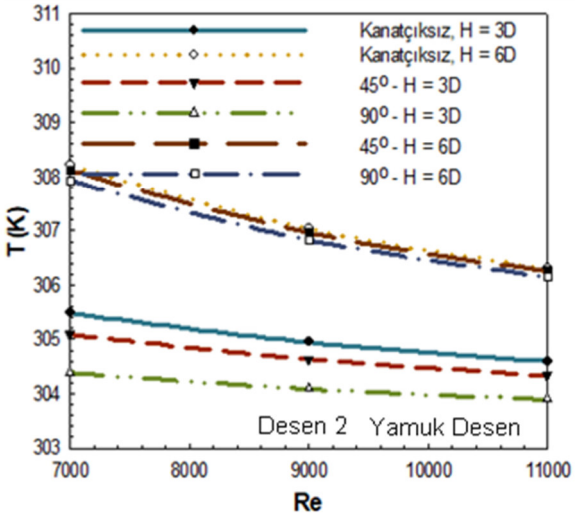
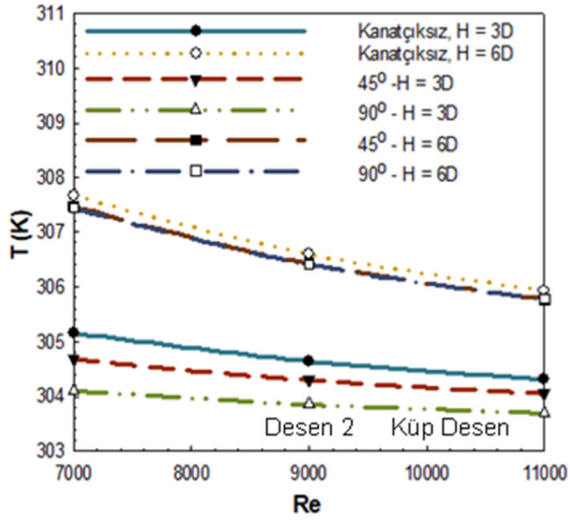
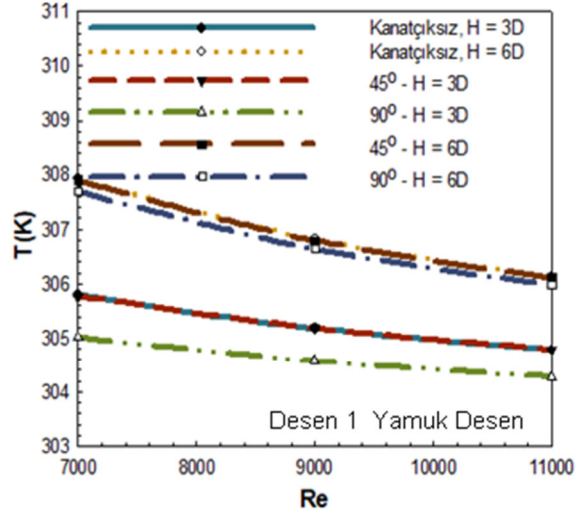
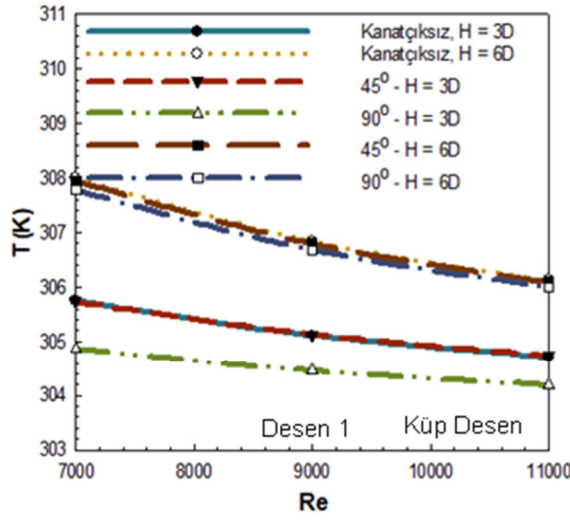
Çarpan jet - çapraz akışlı kanallardaki sırasıyla küp ve yamuk şekilli desenli yüzeylerin desen sıralarına göre sahip oldukları ortalama yüzey sıcaklığı değişimleri Şekil 5 ve Şekil 6' da belirtilmektedir. Tüm kanallarda Nu sayısı değişimlerine (Şekil 3 ve 4) paralel olarak 90° kanatçık açılı ve $H = 3D$ mesafelerinde en düşük yüzey sıcaklığı değerlerine ulaşılmaktadır. Bununla birlikte, kanatçıklı kanallarla karşılaştırıldığında her iki kanal mesafesi ($H = 3D$ ve $6D$) ve desenli yüzey (küp ve yamuk) şekli için de en yüksek ortalama yüzey sıcaklığı değerlerine kanatçıksız kanallar için ulaşılmaktadır. Ayrıca, Şekil 5 ve 6' dan kolaylıkla görülebildiği gibi yamuk desenli yüzeylerin sahip oldukları sıcaklık değerleri küp desenli yüzeylerden daha fazladır. Bu durum, küp desenli yüzeylerden daha fazla ısı transferi olduğunu ve buna bağlı olarak küp desenli yüzeylerdeki soğumanın yamuk desenli olanlara göre daha iyi olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo 2' de Re sayısının 9000 değeri için $H = 3D$ ve $6D$ değerlerinde çarpan jet - çapraz akışlı kanallardaki her üç küp ve yamuk desenli yüzeylerin sahip olduğu ortalama Nu sayısı (Nu_m) ve ortalama yüzey sıcaklığı (T_m) değişimleri kanatçıksız ve 45° ve 90° kanatçık açılı kanallar için verilmektedir. Her iki desenli yüzey için kanatçıksız duruma göre kanatçıklı durumlarda Nu_m sayısı değerleri daha fazla iken H değerinin $3D$ ' den $6D$ ' ye çıkarılmasıyla Nu_m sayısı değerleri azalmakta, yüzey sıcaklığı değerleri ise artmaktadır. $Re = 9000$ için $H = 3D$ ' de kanatçıksız kanal durumuna göre 90° kanatçık açılı kanalda sırasıyla küp ve yamuk desenli yüzeylerin Nu_m değerlerinin %33.15 ve %24.57 daha fazla oldukları bulunmuştur. Ayrıca, 45° kanatçık açılı kanallardaki Nu_m değerleri 90° kanatçık açılı durumlardan daha düşüktür. T_m değerleri analiz edildiğinde ise 45° açılı kanallardaki değerler, 90° kanatçık açılı olanlardan daha yüksek iken, kanatçıksız olanlardan daha düşüktür.



Şekil 3. Çarpın jet - çapraz akışlı bir kanalda her bir küp desenli yüzey için kanatçık açısı (θ) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama Nu sayısının Re sayısı ile değişimi

Şekil 4. Çarpın jet - çapraz akışlı bir kanalda her bir yamuk desenli yüzey için kanatçık açısı (θ) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama Nu sayısının Re sayısı ile değişimi



Şekil 5. Çarpan jet - çarpaz akışlı bir kanalda her bir küp desenli yüzey için kanatçık açısı (θ) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama yüzey sıcaklığının Re sayısı ile değişimi

Şekil 6. Çarpan jet - çarpaz akışlı bir kanalda her bir yamuk desenli yüzey için kanatçık açısı (θ) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama yüzey sıcaklığının Re sayısı ile değişimi

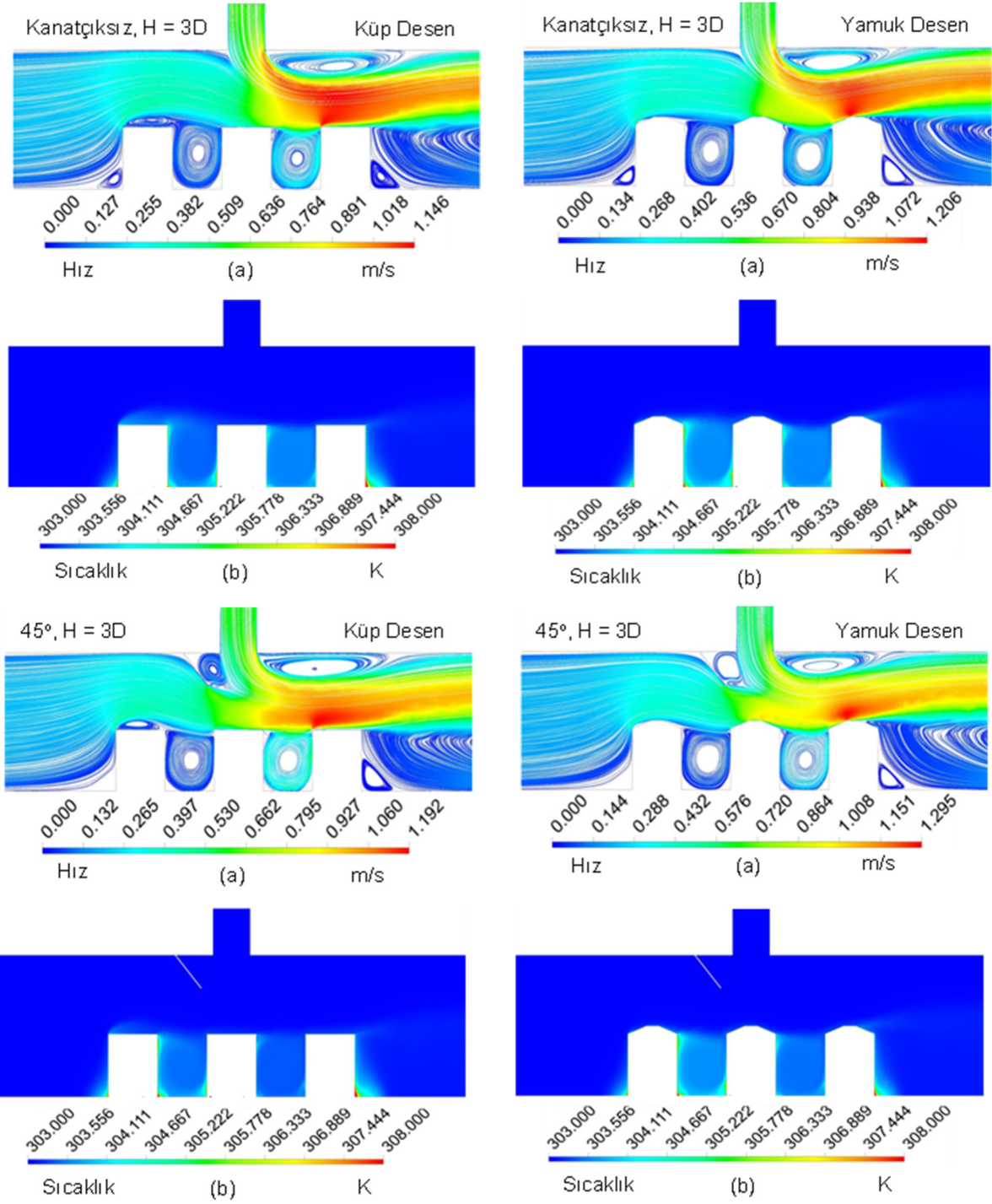
Tablo 2. Çarpan jet - çapraz akış birleşik jet akışlı kanallarda desenli yüzeylerin bütünü için ortalama Nu sayısı (Nu_m) ve ortalama yüzey sıcaklığı (T_m) değişiminin farklı jet-plaka arası mesafe (H) ve kanatçık açısı (θ) durumuna göre değişimleri

Re = 9000	H = 3D		H = 6D	
	Küp Desenli Yüzey	Yamuk Desenli Yüzey	Küp Desenli Yüzey	Yamuk Desenli Yüzey
Kanatçıksız – Nu_m	127.420	123.979	84.647	82.815
45° Kanatçıklı – Nu_m	144.027	135.039	86.329	83.191
90° Kanatçıklı – Nu_m	169.666	154.443	86.955	84.949
Kanatçıksız – T_m (K)	304.954	305.039	306.631	306.797
45° Kanatçıklı – T_m (K)	304.778	304.856	306.460	306.764
90° Kanatçıklı – T_m (K)	304.267	304.371	306.496	306.673

Şekil 7 ve 8’ de sırasıyla küp ve yamuk desenli yüzeyler için $H = 3D$ ve $Re = 11000$ ’ de kanatçıksız, 45° ve 90° açılı birleşik jet akışlı kanallara ait (a) hız ve (b) sıcaklık konturu dağılımları gösterilmektedir. Kanatçıksız durumda her iki desen şekilli kanallarda Desen 1 çapraz akışın etkisi altında iken Desen 2’ de çarpan jet akışı etkisi de devreye girmektedir. Son sıradaki Desen 3’ de ise bu iki akışın birleşik etkisi Şekil 7 ve 8’ den görülebilmekte olup, desenli yüzeyler üzerinde hız değerleri artmaktadır. Bu durumda, jet akış çıkışının sağ üst tarafında oluşan yeniden dolaşım bölgesinin akışı Desen 3 üzerine baskılayıcı etkisi de baskın rol oynamaktadır. Ayrıca, küp şekilli desenin üst tarafının desen şekli itibariyle düz olması akışın desen üzerinde daha fazla temasını sağlarken yamuk şekilli desende desen şekli nedeniyle akışın kanal üst tarafına doğru yönlenmesine sebep olunmaktadır. Sıcaklık dağılımlarında ise desenler arası oluşan yeniden dolaşım bölgeleri akışkanda sıcaklık artışları sağlamaktadır. Bu durum, yüzeylerin etkin bir şekilde soğutulmasına engel olmaktadır. Kanallara 45° açılı kanatçık eklendiğinde Desen 2 üzerinde jet etkisi oluşturulabilirken, Desen 3 üzerindeki akış için hız konturu yoğunluğunda azalma olmaktadır. Bununla birlikte, özellikle desen aralarındaki boşluklardaki akış hareketlendirilebildiğinden desenli yüzeyler daha iyi soğutulabilmektedir. Kanatçık açısı 90°’ ye çıkarıldığında ise Desen 1 üzerindeki akışta kesit daralması sonucu akış hızı artmaktadır. Bunun sonucu olarak, özellikle küp desenli yüzey üzerinde kanatçıksız durumda oluşan yeniden dolaşım bölgesi 90° kanatçık açısı durumunda minimuma düşmektedir. Ayrıca, çapraz akış - çarpan jet birleşik akışı desenli yüzeyler üzerinde daha homojen yayılım gösterdiğinden sıcaklık konturu dağılımından da görüldüğü gibi kanaldaki akışkan ısınması azalmış, soğuma ise artmıştır.

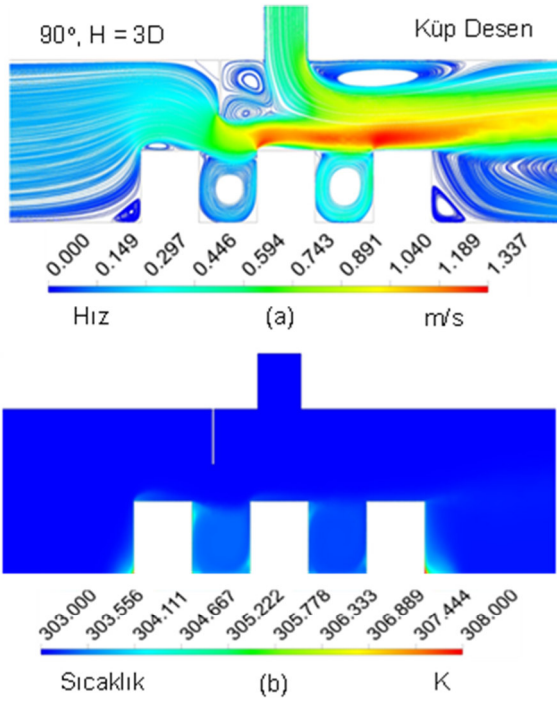
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sabit ısı akısı uygulanan bakır plakalı küp ve yamuk desenli yüzeylerden çarpan jet-çapraz akış birleşik jet akışı tekniği ile farklı kanatçık açılarına (θ) ve kanal yüksekliklerine (H) göre ısı transferi sayısal olarak araştırılmıştır. Sayısal inceleme amacıyla Ansys-Fluent programı kullanılmıştır. Kanaldaki akışı sıcaklığı artmış desenli yüzeylere yönlendirmede kullanılan kanatçık açıları 45° ve 90° olup, kanatçığın uzunluğu D jet giriş çapına eşittir. Kanalda akışkan olarak su kullanılmış olup, kanatçığın ve kanalın alt ve üst yüzeyleri adyabatiktir. Desenli yüzeyler, 1000 W/m²’lik sabit ısı akısına sahiptir. Jet - plaka arası mesafe (H) 3D ve 6D olup, jet Re sayısı aralığı 7000-11000’dir. Kanallara referans çalışmalar gözetilerek üçer adet desenli yüzey yerleştirilmiştir.

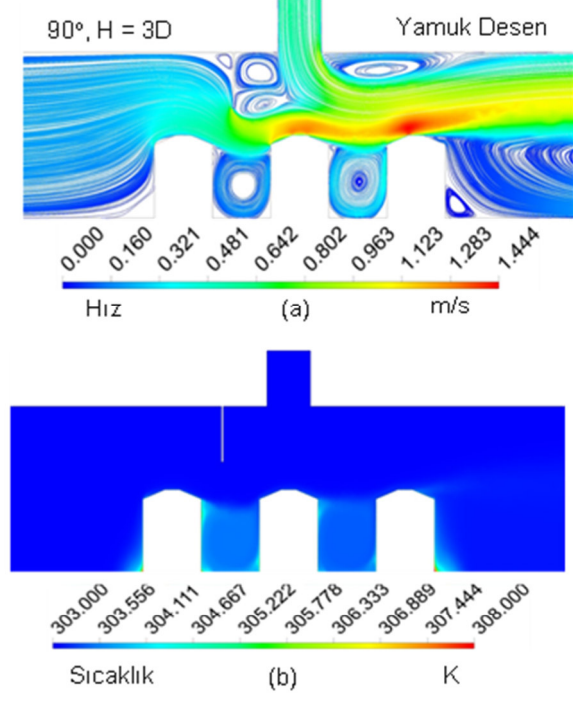


Bu çalışma neticesinde sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- H = 3D mesafesinde her üç desen sırasında hem küp hem de yamuk desenli yüzeyler için ortalama Nu sayısı değerleri daha yüksek iken H = 6D mesafesinde Nu sayısı değerleri azalmaktadır.
- Kanatçksız duruma göre kanala kanatçık eklendiğinde Nu sayısı değerleri artarken, her iki desenli yüzey şeklinde en yüksek Nu sayısı değerlerine 90° kanatçık açılı durumda ulaşılmaktadır.



Şekil 7. Çarpın jet - çapraz akışlı kanalda küp desenli yüzeylerde $H = 3D$ için kanatçık açısına (θ) göre (a) Hız, (b) Sıcaklık konturu dağılımları $Re = 11000$



Şekil 8. Çarpın jet - çapraz akışlı kanalda yamuk desenli yüzeylerde $H = 3D$ için kanatçık açısına (θ) göre (a) Hız, (b) Sıcaklık konturu dağılımları $Re = 11000$

- Desen 1' de $Re = 9000$ değerinde küp desenli yüzeyde kanatçıksız duruma göre $H = 3D$ mesafesinde 45° kanatçık açısı için ortalama Nu sayısında %11.87 artış elde edilirken, 90° kanatçık açısı için bu değer %33.94 olmaktadır.
- Desen 2' de her iki desen şekli için de özellikle $H = 3D$ mesafesinde Desen 1' e göre Nu sayısı değerlerinde belirgin bir artış elde edilmektedir.
- $H = 6D$ mesafesi için ise küp desenli yüzeyde Desen 1' e göre Nu sayısı artış miktarı azalırken yamuk desenli yüzeyde desen şekli ve akışın kanal içerisindeki hareketi nedeniyle Desen 1' den daha düşük değerler elde edilmektedir.
- Desen 3 incelendiğinde kanatçıksız durumda her iki desen şekli ve kanal mesafesi için de Desen 2' ye göre Nu sayısı değerlerinde artış görülürken, kanatçıklı (45° ve 90°) ve $H = 3D$ mesafesinde Desen 2' ye göre Nu sayısı değerleri azalmaktadır.
- Desen 3 için $H = 6D$ mesafesinde ise Nu sayısı değerleri Desen 2' ye göre artış sergilemektedir.
- Kanatçıksız durumda çarpın jet - çapraz akış birleşik etkisi Desen 3 üzerinde yoğunlaşırken, bu akış etkisini kanala eklenen kanatçıklar değiştirmektedir.
- $Re = 11000$ ve $H = 6D$ mesafesinde 90° kanatçık açısında Desen 3 için sırasıyla küp ve yamuk desenli yüzeyler için Desen 2' ye göre Nu sayısında %6.4 ve %11.3' lük artış değerlerine ulaşılmaktadır.
- Tüm kanallarda Nu sayısı değişimlerine paralel olarak 90° kanatçık açılı ve $H = 3D$ mesafelerinde en düşük yüzey sıcaklığı değerlerine ulaşılmaktadır.

- Kanatçıklı kanallarla karşılaştırıldığında her iki kanal mesafesi ($H = 3D$ ve $6D$) ve desenli yüzey (küp ve yamuk) şekli için de en yüksek ortalama yüzey sıcaklığı değerlerine kanatçiksiz kanallarda ulaşılmaktadır.
- Sonuç olarak, çarpan jet-çapraz akış birleşik jet akışlı bir kanala kanatçıkların konulması kanaldan gelen çapraz akışı ve çarpan jet akışını ısınmış desenli yüzeyler üzerine daha fazla yönlendirerek yüzeylerden olan ısı transferi miktarını artırmaktadır. Bu artışta, akışı engellemeyerek desenli yüzeyler üzerine en uygun şekilde gönderebilecek kanat açısı derecesi ve kanal yüksekliği kadar, kanaldaki akışı yönlendirerek akışın karışmasını, desenli yüzeyler ile temasını ve dolayısıyla ısı transferi miktarını etkileyebilecek desen şekli de önemli olduğundan kanal tasarımlarında bu etkilere de dikkat edilmesi önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) birimi tarafından TEKNO- 2021 - 031 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Alnak, D.E., Koca, F., Alnak, Y. A., 2021. Numerical investigation of heat transfer from heated surfaces of different shapes. *Journal of Engineering Thermophysics*. 30:494-507.

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. Fundamentals of heat and mass transfer (Sixth Edition), 2007, John Wiley&Sons, Indiana, 447-487.

Karabulut, K., Alnak, D.E., 2021. Investigation of the variation of cooling performance with the channel height in a channel having impinging jet-cross flow. *ISPEC 12 th International Conference on Engineering & Natural Sciences*. 273-290. 24-25 December, Bingöl.

Kılıç, M., 2018. Elektronik sistemlerin soğutulmasında nanoakışkanlar ve çarpan jetlerin müşterek etkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 33(3):121-132.

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, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.

Saleha, N., Fadela, N., Abbes, 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.