

## PANEL RADYATÖR VERİMLİLİĞİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN İÇ PANEL HATVE OPTİMİZASYONU

Serdar ELÇE<sup>1</sup>, Soykan GÜNSEL<sup>1</sup>, Berk TINLIYAN<sup>1</sup>, M. Turhan ÇOBAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Elba Basınçlı Döküm Sanayii A.Ş., Manisa  
e-posta: serdarelce@elba.com.tr

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir  
e-posta: turhan\_coban@yahoo.com

**Özet:** Panel radyatörlerde ısı kapasite, üretim maliyeti, ürünün özelliğini belirleyen ana etkidir. Yaklaşık 30 Milyon metretül hacme sahip dünyadaki kurulu kapasite yaklaşık olarak 55 Milyon metretül'dür. Yoğun bir rekabetin olduğu pazarda firmalar ürettikleri ürünlerin üstünlüklerini ortaya koymak için Ar-Ge faaliyetlerine ihtiyaç duymaktadır.

Projede panel radyatörlerin su kanalı geometrisini optimize etmek ve bu sayede verimliliğini arttırmak üzerine analiz çalışmaları ve reel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.. Radyatörlerde ana verimlilik olarak geçen radyatörün ısı çıkışının, radyatörün ağırlığı ile oranıdır. Şu anda üretilen standart panel radyatörler in birçoğunda tek bir hatve genişliği kullanılmaktadır. Bu konuda hem yurt içinde hem de yurt dışında herhangi bir araştırma çalışması yapılmamıştır.

Proje içerisinde gerçekleştirilen doğal akış analizleri Ansys Fluent programı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler Steady State analiz tipinde, SST k-w viskoz modelinde, sıkıştırılmayan ideal gaz yoğunluk modelinde gerçekleştirilmiş olup, çözüm kısmında ise Coupled Solver Pseud Transient kullanılmıştır.

Proje içerisinde standart panel radyatörlerin çözümü ve reel testleri ile başlanan çalışmada hem üretim yöntemleri hem de üretilebilirlik göz önüne alınarak farklı hatve aralıkları, kalıp açıları, su hacimleri yönünden 3D katı modeller oluşturulmuştur. Tasarımı gerçekleştirilen 3D katı modellerin Ansys Fluent ortamında ısı kapasite çıktılarının yanı sıra kanal içi su ve kanal dışındaki havanın hız ve sıcaklık parametreleri incelenerek doğal akışa en yakın model seçimi gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçları standart ürün ile mukayese edilerek üstünlüğü tanımlanan ürünlerin prototipleri, reel testleri mukayese edilerek sonuçlar ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Panel Radyatör, Hatve, Optimizasyon, HAD Analizi.

### PITCH OPTIMIZATION FOR EFFICIENCY OF PANEL RADIATORS

**Abstract:** In panel radiators main factor that determines the product's characteristics is thermal capacity and production cost. Although the world needs 30 million meters, the installed capacity is 55 million meter radiators. Because of the intense competition in the market, companies need R & D activities to put forward the advantages of the products they produce.

In project, analysis studies and real studies have been carried out in order to optimize the water channel geometry of the panel radiators and to increase the productivity. For radiators, the main efficiency is the ratio of the thermal capacity to the weight. Most of the standard panel radiators currently produced use a single pitch width. In this regard, no research work has been done both domestically and abroad.

## IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu 18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

In Project, CFD analyzes were performed with the Ansys Fluent. The analyzes were carried out in the Steady State analysis type, the SST k-w viscous model, the incompressible ideal gas density model, and the Coupled Solver Pseud Transient in the solution part.

The project started with solution and real tests of standard panel radiators. After that new CAD models (different pitch width, die angles, water volumes) were created by considering production methods and manufacturability. Finally CFD analyzes were performed and the most suitable model was selected by examining the temperature and velocity parameters for the inside and outside of the channel.

The results of the analysis are compared with the standard product and the prototypes of the products whose superiority is defined are compared with the real tests and the results are presented.

**Keywords:** Panel Radiator, Pitch, Optimization, CFD.

### SEMBOLLER

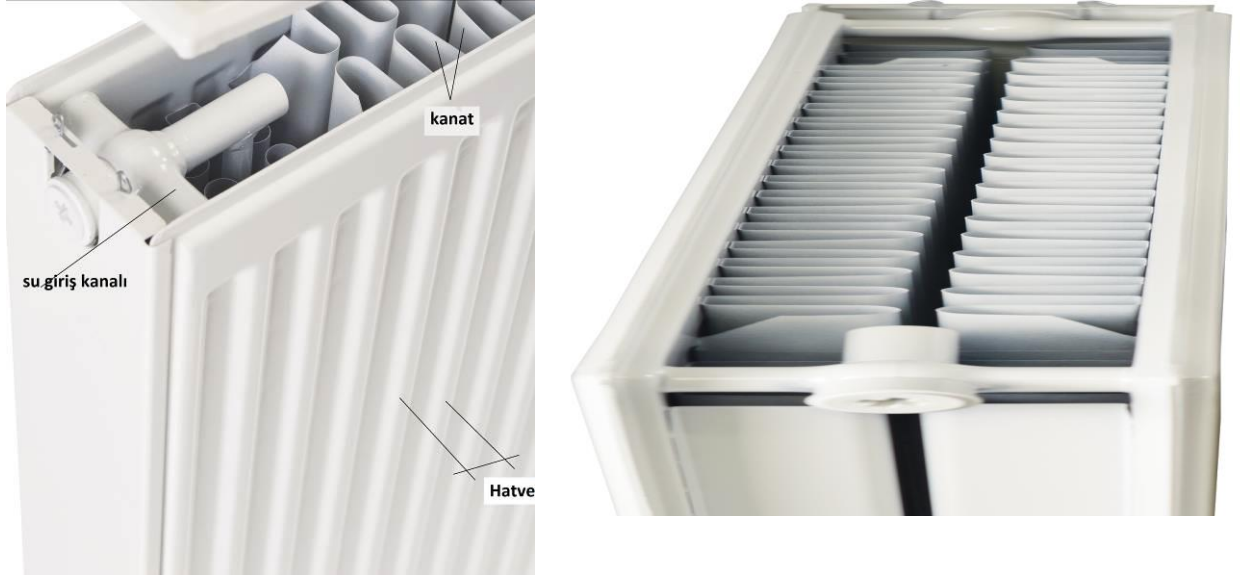
D	Çap [mm]
G	Ağırlık [kg]
Q	Isıl Kapasite [Watt]
A	Alan [mm <sup>2</sup> ]
L	Uzunluk [mm]
T	Sıcaklık [°C]
T <sub>g</sub>	Giriş suyu sıcaklığı [°C]
T <sub>ç</sub>	Çıkış suyu sıcaklığı [°C]
V	Hız [m/s]
M	Debi [gr/sn]

### 1. GİRİŞ

Bu projede, panel radyatörlerin su kanalı geometrisini optimize etmek ve bu sayede verimliliğini arttırmak üzerine analiz çalışmaları ve reel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Radyatörlerdeki su kanalı geometresindeki hidrolik çap dengesinin iyileştirilmesi ile başlanan analizler, optimum hatve (iki akış kanalı arasındaki mesafe) aralığının saptanması ve akabinde iki analizin birleştirilerek tek bir ısıl kapasite / ağırlık dengesi kurularak tamamlanmıştır. Şekil 1 de radyatör hatvesi ve genel geometrisi görülmektedir.

Proje içerisinde tasarımı gerçekleştirilen 3D katı modellerin Ansys Fluent ortamında ısıl kapasite çıktılarının yanı sıra kanal içi su ve kanal dışındaki havanın hız ve sıcaklık parametreleri incelenerek doğal akışa en yakın model seçimi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları standart ürün ile mukayese edilerek üstünlüğü tanımlanan ürünlerin prototipleri, reel testleri mukayese edilerek sonuçlar ortaya konulmuştur.

IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne



Şekil 1 radyatörün genel görünümü

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Proje başında pazar araştırması yapılmıştır. Hangi üreticinin hangi hatve ölçüsünü kullandığı, ısı performansının ne olduğu bilgileri toplanmıştır. Değişik üreticilerin ürünleri karşılaştırıldığında Demir döküm firmasının hem 25 mm hatveli hem de 33 mm hatveli radyatör ürettiği gözlenmiştir. Kg malzeme başına ısı değerler incelendiğinde 25 mm hatveli radyatörün 3,02 W/kg daha etkin ısı verime sahip olduğu gözlenmektedir. Tüm şirketlerin radyatörlerinin ortalama değerleri karşılaştırıldığında da 25 mm hatveli radyatörün 33 mm hatveli radyatöre göre 2,38 W/kg daha etkin olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar optimum hatve genişliğinin 33 mm olan standart genişlikten daha düşük bir değerde olması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 1. Panel radyatör firmalarının kullandıkları hatve aralıkları

Firma	Hatve Ölçüsü (mm)	Ağırlık (kg)	Isıl Güç (W)	Isıl Güç / Ağırlık (W/kg)	Fark	Ortalama	Ort. Fark
Demirdöküm	25	33,7	1798	53,35	3,018		
Stelrad	25	32,5	1778	54,71			
Quinn	25	34,36	1943	56,55			
						55,279	2,379
ELBA (ECA)	33.3	32	1788	55,88			
Demirdöküm	33.3	32,8	1651	50,34			
Termoteknik	33.3	34,3	1672	48,75			
Alarko	33.3	30,7	1716	55,90			
Pekpan	33.3	-	1640				
Emtaş	33.3	-	2670				
Baymak	33.3	31,8	1734	54,53			
Mastaş	33.3	28,4	1668	58,73			
Korado	33.3		1679				
Termolux	33.3	34,3	1672	48,75			
Myson	33.3	-	1705				

**IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu**  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

						52,899	
Brugman	40	33,3	1780	53,45			

Literatüre olarak çeşitli makaleler radyatörlerin çeşitli parametrelerinin optimizasyonundan bahsetmiştir. Aslantürk ve Özgüç[1] radyatörlerin genel boyutsal olarak optimizasyonu üzerine teorik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Oğuz ve Çoban spiral tip ısı değiştiricilerinin istatistiksel metodlarla optimizasyonunu çalışmışlardır.[2]. Ljungreen ve Wollerstrand [3] merkezi sistemdeki optimum ısıtma performansını incelemişlerdir. Ancak bu çalışmaların hiç biri bizim irdelediğimiz kanallar arasındaki mesafe (hatve) ve kanal geometrisinin toplam ısı transferi üzerindeki etkisi ve optimizasyonu üzerinde durmamıştır.

### 3. ANALİZ VE DEĞERLENDİRME

Analiz ve değerlendirme kapsamında hatvenin iyileştirilmesi ve malzeme tasarrufu sağlamak amacıyla farklı tasarımlar üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Çalışmalar gerçekleştirilirken dikey akış kanallarının hidrolik çap dengesi birim alanı ve su hacmi de değerlendirilmiştir. Bu amaçla farklı tasarımlar üzerinde çalışmalar yürütülmeye devam edilmiştir.

Üretim hat yapısı kalıplama mantığı da ön plana alınarak yürütülmeye devam edilen projede hidrolik yarıçap dengesi üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Isı transferinde dairesel kesite sahip olmayan bir kesitin dairesel bir kesite göre eşdeğer çapıdır.

$dh = 4a/p$  formülü ile hesaplanır.

Diğer proje sonuçları irdelendiğinde radyatör içindeki akışkan miktarının radyatör ısı yüküne etkisi olduğu da kanıtlanmıştır. Hidrolik çap dengesinin iyileştirilerek maksimum hacim dengesini yakalamak üzerine tasarımlar yapılmıştır. Yarıçapı iyileştirmek için hatve derinliği, yükselme açısı üzerinde bazı tasarımlar gerçekleştirilmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

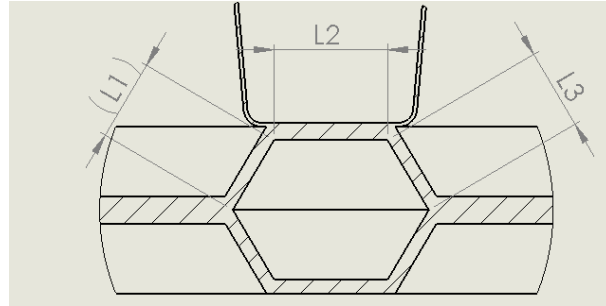
**Tablo 2.** Tasarım çalışmaları

Model No	Hatve Derinliği	Hatve	Açı	A/2	P/2	Dh	Çap değişimi	A Değişimi	Genel L	L azalma Değişimi
1	5,75	33,33	30,5	80,17	23,9	13,41757			39,9	
2		33,33	45	93,76	26,82	13,98359	4,20%	17,00%	38,09	4,50%
3		33,33	7 mm radüs	108,16	27,91	15,50125	15,50%	34,90%	39,18	1,80%
4	5,25	33,33	30,5	75,75	23,33	12,98757			39,33	
5		33,33	45	88,23	26,41	13,36312	-0,40%	10,10%	37,68	3,80%
6		33,33	7 mm radüs	98,95	27,21	14,54612	8,40%	23,40%	38,48	3,60%
7	5	33,33	30,5	71,92	23,05	12,48069			39,05	
8		33,33	45	85,28	26,2	13,01985	-3,00%	6,40%	37,47	6,10%
9		33,33	7 mm radüs	94,45	26,88	14,05506	4,80%	17,80%	38,16	4,40%
10	5	33,33	30,5	71,92	23,05	12,48069			39,05	
11		33,33	35	81,26	25,11	12,94464			37,99	
12		33,33	7 mm radüs	91,41	26,26	13,92384	3,80%	14,00%	38,34	3,90%
13	5,75	16,665	30,5	43,49	17,585	9,892522				

IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

14		20	30,5	52,43	19,08	10,99161			
----	--	----	------	-------	-------	----------	--	--	--

Değerlendirme çalışması yapılırken kesit alanı en iyi olan, çapı büyük olan ve malzeme tasarrufu sağlayan tasarım üzerine gidilmiştir. Bazı çalışmalar açılal yükselme yerine radüs ile yükselme tasarlanmış ve analiz edilmiştir.



Şekil 2. Çevre hesaplaması (Genel L =L1+L2+L3)

En iyi çap değişimi ve alan iyileşmesi Model 3’de tasarlanmışken malzeme tasarrufu en iyi Model 8’de bulunmuştur. Tasarımların sonuçlarının incelenmesi için öncelikli olarak sadece su tarafı (kanatsız) modeller oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. 2. Safhada ise kanatlar da model üzerine monte edilerek analizler tekrarlanmıştır.

Yapılan analiz çalışmalarında eş sınır değerler için analiz çalışmaları yürütülmüştür. Analiz için kullanılan metodlar Tablo 3.’deki şekildedir;

Tablo 3. Ansys fluent programında kullanılan analiz parametreleri

Analiz Tipi	Steady State
Viskoz Modeli	SST k-w
Yoğunluk Modeli	Sıkıştırılmayan ideal gaz
Radyasyon Modeli	-
Çözücü	Coupled Solver Pseud Transient
Basınç Ayırcılık	PRESTO
İterasyon Sayısı	1500

Konvektörsüz ( kanatsız) tasarımlar için elde edilen sonuçlar model bazında;

Tablo 4. Konvektörsüz tasarım çalışmalarının sonuçları

Model No	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>ç</sub> (°C)	M (gr/sn)	Q (Watt)	Değişim (%)
1	75	62,45	16,5	867	0%
2	75	62,37	16,5	873	1%
3	75		16,5		
4	75		16,5		
5	75	61,91	16,5	904	4%
6	75	64,49	16,5	726	-16%
7	75		16,5		
8	75	62,41	16,5	870	0%
9	75	63,11	16,5	822	-5%

**IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu**  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

10	75		16,5		
11	75		16,5		
12	75		16,5		
13	75	62,76	16,5	845	-3%
14	75	62,69	16,5	851	-2%
15	75		16,5		

Kanatsız tasarımlar için Standart modele göre (Model 1) en iyi performansı yapılan analiz çalışmaları içinde Model 5 göstermiştir.

Konvektörlü ( kanatlı) tasarımlar için elde edilen sonuçlar model bazında;

**Tablo 5.** Konvektörlü tasarım çalışmalarının sonuçları

Model No	Tg (°C)	Tç (°C)	M (gr/sn)	Q (Watt)	Değişim (%)
1_1	75	63,48	24	1158	0%
2_1	75				
3_1	75				
4_1	75				
5_1	75	62,77	24	1229	6%
6_1	75				
7_1	75				
8_1	75	63,47	24	1159	0%
9_1	75				
10_1	75				
11_1	75				
12_1	75				
13_1	75	63,47	24	1159	0%
14_1	75				
15_1	75				
5_2	75	62,90	24	1216	5%

Kanatlı modeller için gerçekleştirilen analiz çalışmalarında ise yine en iyi performans Model 5’de çıkmıştır.

Projenin hedeflerinden biri ise kanallar arası mesafe (hatve) lerin optimizasyonu olduğu için, hatve mesafelerinin farklılaştırılması ile birlikte analizler tekrarlanmıştır. Analizler kanatların ve panel yaprağının olduğu bölgelere yoğun mesh atılarak gerçekleştirilmiş, böylece hatve aralığı genişliğine bağlı olarak kanalların ısı performansları gözlemlenmiştir.

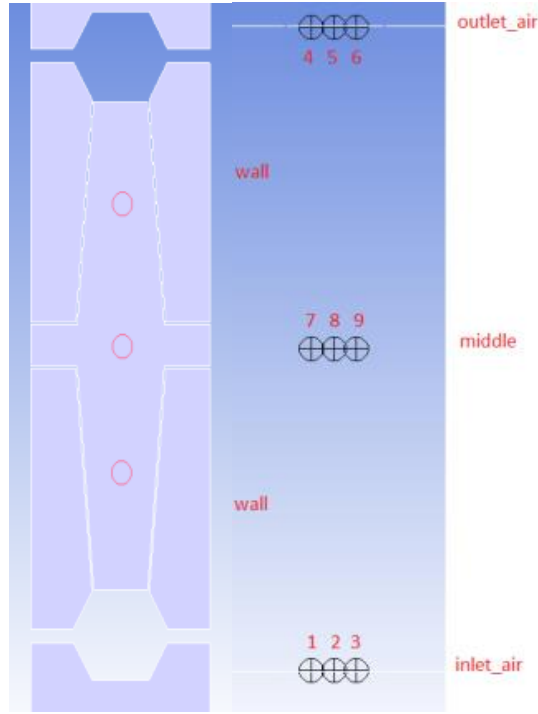
**Tablo 6.** Farklı hatve aralıklı radyatörlere ait ısı kapasite / ağırlık oranı

Hatve (mm)	1 m Radyatör için kapasite (W)	1m Radyatör için Ağırlık (kg.)	Kapasite / Ağırlık (W/kg.)	% Fark
33,33	1143,6	33,7956	33,838	-
25	1283,1	37,144	34,543	2,10%

IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

20	1414,1	40,668	34,772	2,80%
16,66	1483,2	43,743	33,908	0,20%

Ayrıca gerçekleştirilen hatve optimizasyonu çalışması kapsamında alınan giriş, çıkış ve kanalların orta kısımlarından alınan hava hızı ve sıcaklığı ölçümleri de aşağıdaki şekildedir.

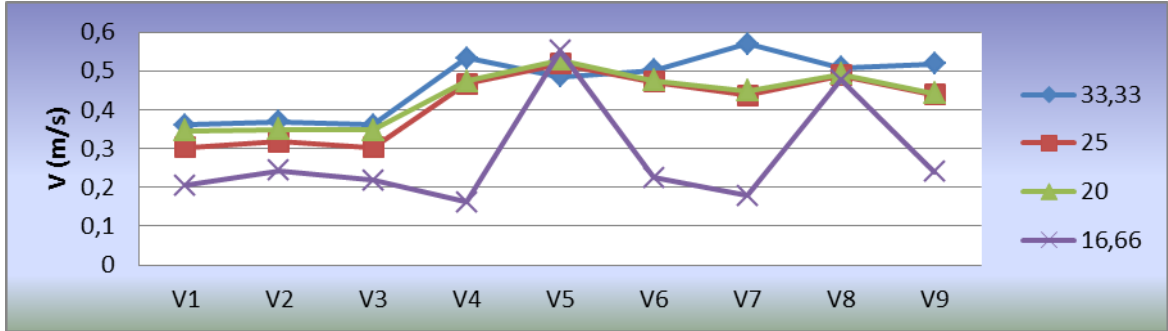


Şekil 3. Hava hızı ve sıcaklık değerlerinin gözlemlendiği noktalar

Tablo 7. Farklı hatve aralıklarındaki hava hız değerleri

* V (m/s)	33,33	25	20	16,66
V1	0,361	0,302	0,347	0,204
V2	0,369	0,318	0,349	0,244
V3	0,361	0,303	0,347	0,218
V4	0,534	0,467	0,474	0,162
V5	0,485	0,519	0,529	0,551
V6	0,502	0,473	0,475	0,225
V7	0,570	0,437	0,448	0,178
V8	0,508	0,489	0,492	0,477
V9	0,518	0,440	0,441	0,241

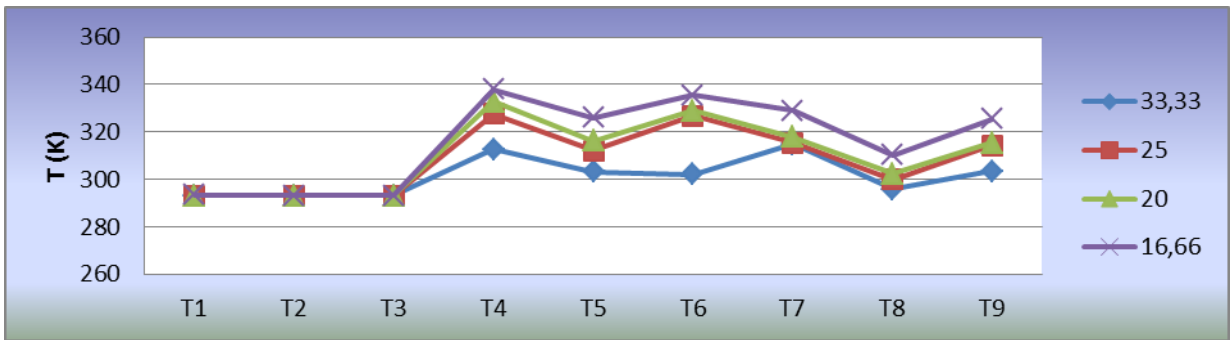
IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne



Şekil 4. Farklı hatve aralıklarındaki hava hız değerleri

Tablo 8. Farklı hatve aralıklarındaki hava sıcaklık değerleri

*T(K)	33,33	25	20	16,66
T1	293,0	293,0	293,1	293,5
T2	293,0	293,0	293,0	293,0
T3	293,0	293,0	293,1	293,1
T4	312,6	327,7	332,8	337,8
T5	303,2	312,1	316,2	326,1
T6	302,0	326,7	328,8	335,6
T7	314,8	315,4	317,9	329,1
T8	295,9	299,9	302,3	310,3
T9	303,5	314,2	315,4	325,5



Şekil 5. Farklı hatve aralıklarındaki hava sıcaklık değerleri

Bu sonuçlar ışığında hatve aralığının bir noktaya kadar düşmesi ısı kapasite / ağırlık oranını yükseltirken, belli bir noktadan sonra hava akışının radyatör içerisinde rahat bir şekilde dışarıya çıkamamasından dolayı ısı veriminde düşüş gözlemlenmiştir.

Gerçekleştirilen ilk çalışmadaki panel yaprağındaki derinlik ile optimizasyonu (model 5) ile hatve aralığı optimizasyonunun birleştirilerek çalışma gerçekleştirilmiştir. Model 5’de hatve aralığı 33,33mm olarak uygulanan değerler hatve aralığındaki optimum mesafe olan 20mm hatve aralığı için de uygulanarak, sonuçlar irdelenmiştir.

Tablo 9. 33,33 – 25 – 20 – 16,66 standart ve 33,33 – 20 Model 5 olarak uygulanmış radyatör analiz sonuçları



IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

Hatve Aralığı (mm)	Kanal İçi Derinliği (mm)	1m Radyatör Ağırlığı (kg)	1m Radyatör Isıl Kapasite (Watt)	Isıl Kapasite / Ağırlık (Watt / kg)	Fark (%)
33,33	5,75	33,8	1143,6	33,83	-
33,33	5,25 (Model 5)	32,4	1132,1	34,94	3,30%
25	5,75	37,14	1283,1	34,54	2,10%
20	5,75	40,65	1414,1	34,78	2,80%
20	5,25 (Model 5)	38,35	1383,3	36,06	6,60%
16,66	5,75	43,74	1483,2	33,91	0,20%

Teorik olarak hesaplanan ve optimum olduğu görülen radyatör konfigürasyonlarının prototipleri geliştirilmiştir. Şirketimizde radyatörlerin ısı performanslarını ölçmek amacıyla kurduğumuz EN 17025 ve EN442/2 standartlarına uygun olarak hazırlanmış ölçüm laboratuvarımız bulunmaktadır. Ülkemizde bu laboratuvarlardan sadece şirketimizde ve TSE gebze kampüsünde mevcuttur. Şekil 6 da labrotuarımızın görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. Radyatör test laboratuvarından görünüm

Analizi ve prototip ölçümü gerçekleştirilen radyatörlerin ısı kapasite değerlerinin ağırlıkları ile kıyaslandığında 5,75mm kanal iç derinliğine sahip radyatörün 34,78 Watt/kg, Model 5 olarak geçen 5,25mm kanal iç derinliğine sahip radyatörün ise 36,06 Watt/kg çıktığı görülmüştür.

Bu sonuçlara göre hatve optimizasyonu çalışması sonucundaki mevcut (hatve aralığı 33,33mm, kanal içi derinlik 5,75mm) koşullara göre oluşan fark değeri ikinci çalışmanın eklenmesi ile birlikte 2,8%'den 6,6%'a çıktığı görülmüştür.

#### IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu 18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

Analiz verileri ile gerçek değerler kıyaslandığında mevcut radyatöre göre %21'lik ısı kapasite artışı sağlanacağı, ağırlıkta ise 13,5%'lik ağırlık artışı olacağı öngörülmektedir. Böylece hatve aralığı ve kanal içi derinliklere göre optimum çözümün 20mm hatve aralığına ve 5,25mm kanal içi derinliğine sahip radyatöre ait olduğu görülmektedir.

Ancak 20mm hatve aralığında üretim gerçekleştirebilmek için radyatör üretim hattının tamamının değişmesi gerekmektedir. Projenin mevcut üretim hattında bir kısmının devreye alınması üzere, mevcut hatve aralığı (33,33mm) ve 5,25mm kanal aralığına sahip radyatöre ait kalıp gerçekleştirilmiş olup, radyatör üretim hattında ilk prototip üretim gerçekleştirilmiştir. Bu üretim metodu ile radyatör üretim hattında sürücü çeneler ve puntalama operasyonların modifikasyonlara gereksinim duyulmuştur.

Test sonuçları ile mevcut radyatöre ait sonuçlar kıyaslandığında ise aşağıdaki şekilde bir durum oluşmaktadır. Bu sonuçlara göre analiz sonuçları ile gerçek değerler de kıyaslanabilmiş oldu.

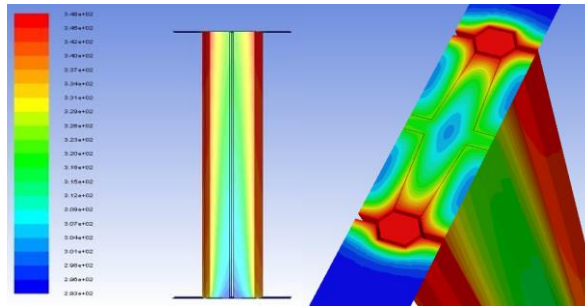
**Tablo 10.** Standart ve Model 5 prototip radyatör ısı kapasite sonuçları

Kanal içi derinlik (mm)	Kapasite değeri (Watt)	Ağırlık (kg)	Isıl Kapasite / Ağırlık (Watt/kg)	Fark (%)
5,75	1661,5	30,895	53,78	-
5,25	1655,9	30,598	54,12	0,63%

Projenin son kısmında 5,75mm kanal içi derinliğe sahip radyatörün açıları değiştirilerek radyatör içerisindeki su hacmi artırılmış, ürünün ağırlığı azaltılmış ve ısı kapasite değerleri irdelenmiştir. Bunun için R1 ve R2 isiminde iki farklı tasarım gerçekleştirilmiştir.

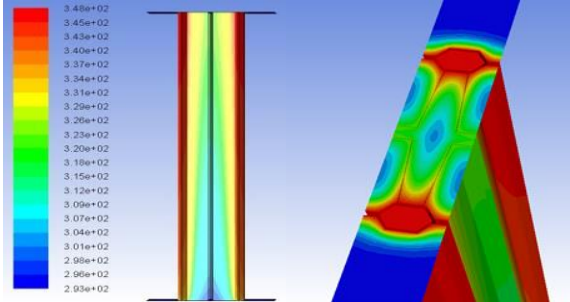
**Tablo 11.** Standart – R1 ve R2 nolu modellerin tasarım karşılaştırmaları

Model	Hatve (mm)	Kanal içi derinlik (mm)	Kanal açısı (°)	Kanal içi genişlik (mm)
Standart	33,33	11,5	120,5	17,33
R1	33,33	11,5	130,29	23,03
R2	33,33	11,5	130,29	21,08

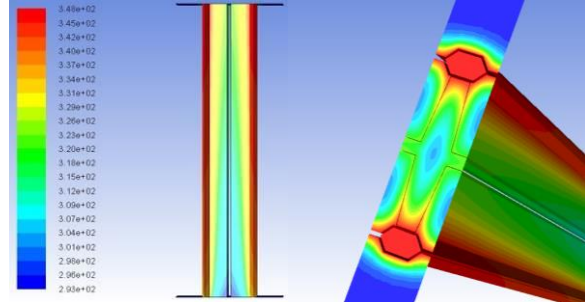


**Şekil 6.** Standart radyatör sıcaklık analiz görselleri

IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne



Şekil 7. R1 model radyatör sıcaklık analiz görselleri



Şekil 8. R2 model radyatör sıcaklık analiz görselleri

Tablo 12. Standart – R1 ve R2 modeli radyatör akış analizi sonucu kıyaslanması

Model	Kapasite (Watt)	Ağırlık (kg)	watt / kg	% Fark
Standart	1138,8	33,796	33,7	-
R1	1133,8	33,037	34,32	1,85%
R2	1138,1	33,014	34,47	2,31%



Şekil 9. 33,33mm hatve standart radyatör panel yaprağı görseli

Gerçekleştirilen analiz çalışmaları sonucunda 5,75mm kanal içi derinliğe sahip sacın R1 ve R2 versiyonlarının mevcut versiyona göre %1,85 ve %2,31'lik watt/kg. avantajına sahip olduğu görülmüştür. Mevcut radyatör üretim hattında kanal içi değerlerin ve hatve aralığının değişmemesinden ötürü herhangi bir revizyon ihtiyacı doğmamıştır.

Proje içerisinde gerçekleştirilen analizler ve elde edilen bilgi birikimi, farklı konularda proje üretilmesine sebep olmuştur. Hali hazırda hatve ve kanal için optimizasyonu gerçekleştirilen proje sonrasında radyatör kanatlarının panel sacı ile bağlantılarının incelenmesi konusunda çalışmalar yeni bir proje konusu olarak başlatılmıştır. Projede sonucunda elde edilen yeni optimum geometrinin üretime uygulanması sonucu toplamda ürün maliyetinden 1 milyon TL'nin üzerinde kazanım elde edilecektir. Bu kazanç proje sonuçlarının teknolojiye uygulanmasının ve bu konuda çalışmaların devam etmesinin önemini vurgulamaktadır.

## KAYNAKLAR

**IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu**  
18-20 Nisan 2018, Trakya Üniversitesi, Edirne

1. **Aslantürk, Cihan, Özgüç, Feridun**, Optimisation of a Central-heating radiator, Applied Elsevier applied energy, Volume 83, Issue 11, November 2006, Pages 1190-1197
2. **Çoban, M. Turhan** , Dairesel, Düz sürekli ve dalgalı sürekli kanatlı yoğunlaştırıcıların sonlu farklar yöntemi ile modellenmesi, ULIBTAK'15 20. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 2-5 Eylül 2015 BALIKESİR
3. **Ljungreen, Wollerstrand**, Optimum performance of radiator space heating systems connected to achieve lowest possible district heating return temperature, 10th international Symposium of District heating and Cooling, September 3-5 2006
4. **Turgut, Oğuz Emrah, Çoban, M. Turhan**, Thermal design of spiral heat exchangers and heat pipes through global best algorithm, Heat and Mass Transfer, March 2017 issue 3, pp 899-916
5. **J.P. Abraham, E.M. Sparrow, J.C.K. Tong**, Heat transfer in all pipe flow regimes: laminar, transitional/intermittent, and turbulent, International Journal of Heat and Mass Transfer 52 (2009) 557-563
6. **V. Gnielinski**, New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow, Int. Chem. Eng. 16 (1976) 359-367.
7. **VDI Heat Atlas**, Second Edition, VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, ISBN 978-3-540-77876-9 e-ISBN 978-3-540-77877-6, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 1993
8. **Çoban, M. Turhan** , “İdeal gazların termodinamik ve termofiziksel özelliklerinin modellenmesi”, 17. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 24-27 Haziran 2009, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas
9. **S. Kakaç, A.E Bergles, F. Mayinger and H. Yüncü**, Heat transfer Enhancement of Heat Exchangers, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers. 1998, ISBN 0-7923-5637-3
10. **S. Kakaç, Hongtan Liu**, Heat Exchangers Selection, Rating and Thermal Design, Second edition, 2002, CRC Press, ISBN 0-8493-0902-6
11. **Wang,C.C., Jang, J.Y. and Chiou, N.F.** , Effect of waffle height on the airside performance of wavy fin-and-tube heat exchangers, Heat Transfer Engineering (1998),