

95020

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

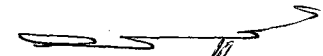

**OTOMOBİLLERDE SOĞUTMA SİSTEMLERİ VE ÖRNEK  
BİR SOĞUTMA SİSTEMİNİN OPTİMAL TASARIMI**

**MAKİNA MÜH. CENK GEBECELİ**

**F.B.E. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında  
Hazırlayan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Muharrem BOĞUÇLU**

Prof. Dr. Bahri Şahin   
Y. Doç. Dr. Muharrem E. Boğuşlu 

**İSTANBUL , 2000**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTIMA LİSTESİ .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ .....	vi
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Otomobillerde Soğutma İhtiyacı .....	1
1.2 Projenin Kapsamı.....	1
1.3 Projenin Amacı .....	1
2 RADYATÖR TASARIM KRİTERLERİ .....	2
2.1 Tanımlar .....	2
2.1.1 Radyatör .....	2
2.1.2 Radyatörlerin Sınıflandırılması .....	2
2.1.3 Radyatörü Oluşturan Parçaların Tanımlanması .....	5
2.1.4 Radyatör İmalatı .....	5
2.2 Tasarım Kriterleri .....	5
2.2.1 Siparişçinin Kendi İstekleri ve Ön Şekillendirme İstekleri.....	7
2.2.2 Isıl Performansı .....	7
2.2.3 Kullanılacak Malzeme Yönünden ve İmalat Şekli Bakımından İstekler .....	7
2.2.4 Analiz , Simülasyon ve Testler .....	8
2.3 Radyatörün Şekillenmesi .....	8
3 ISIL PERFORMANS - BASINÇ DÜŞÜMÜ ile PETEK GEOMETRİSİ .....	10
3.1 Isıl Performans ve Basınç Düşümünün Önemi.....	10
3.2 Analiz İşlemi .....	10
3.3 Simülasyon İşlemi .....	11
3.4 Isıl Performans ve Basınç Düşümü Testleri .....	12
4 RADYATÖR PARÇALARIN ŞEKİLLENMESİ ve MODELLEME .....	15
4.1 Parçaların Şekillenmesi .....	15
4.2 Modelleme .....	15
4.3 Parçaların Modellenmesi ve Komple Radyatörün Oluşması .....	16
5 AKIŞ ANALİZİ .....	20
5.1 Akış Analiz İşlemleri .....	20
5.2 Radyatöre Akış Analizi Uygulaması .....	21

5.2.1	Birinci Akış Analizi.....	21
5.2.2	İkinci Akış Analizi.....	23
5.3	Akış Analizinin Doğrulanması .....	23
6	DAYANIM ve ÖMÜR ANALİZİ.....	33
6.1	Dayanım Analizi .....	33
6.2	Radyatöre Dayanım Analizi Uygulaması .....	33
6.3	Ömür Analizi .....	46
6.4	Dayanım ve Ömür Testi .....	46
7	MODAL ANALİZİ .....	53
7.1	Modal Analizi Basamakları .....	53
7.2	Radyatöre Modal Analizi Uygulaması .....	53
7.3	Modal Analizi Testleri .....	55
8	SONUÇ ve ÖNERİLER .....	64
	KAYNAKLAR .....	65
	EKLER .....	66
	EK 1 Komple Radyatör Parçaları .....	67
	EK 2 Radyatör için Uyum Detayı .....	68
	ÖZGEÇMİŞ.....	69

## **KISALTMA LİSTESİ**

RLD	Yol Yüğü Kayıtları
CFD	Hesaplanan Akışkan Dinamiğı
MAST	Çok Eksenli Vibrasyon Masası
RPC	Uzak Parametre Kontrollörü
KF	Kritik Frekans



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Soğutma Radyatörü Sistemi .....	2
Şekil 2.2 I Akışlı Sistem .....	3
Şekil 2.3 U Akışlı Sistem .....	4
Şekil 2.4 Z Akışlı Sistem .....	4
Şekil 4.1 Radyatör Kazanının Modellenmiş Hali .....	17
Şekil 4.2 Şekil 3.1.'deki Radyatör Kazanının Katı Görüntüsü .....	18
Şekil 4.3 Modellenmiş ve Montajı Yapılmış Komple Radyatör .....	19
Şekil 5.1 Müşterinin Gönderdiği Kaba Model .....	25
Şekil 5.2 Birinci Akış Analizi Uygulanacak Olan Model .....	26
Şekil 5.3 Kazan İçi Hız Dağılımı .....	27
Şekil 5.4 Kazan İçi Hız Dağılımı ( 2 ).....	28
Şekil 5.5 Kazan İçi Basınç Dağılımı .....	29
Şekil 5.6 İkinci Akış Analizi Sonucunda Kazan İçi Hız Dağılımı.....	30
Şekil 5.7 İkinci Akış Analizi Sonucunda Kazan İçi Basınç Dağılımı .....	31
Şekil 5.8 Akış Analizi Sonunda Kazanın Düzeltilmiş Görünüşü .....	32
Şekil 6.1. Radyatör Kazanının Noktalarla Tarifi Sonundaki Görünümü .....	37
Şekil 6.2. Radyatör Kazanını Noktalarla Tarifi Sonundaki Görünümü ( 2 ) .....	38
Şekil 6.3. Yol Kayıtlarının Yapılacağı Prototip Aracın Motor Görüntüsü .....	39
Şekil 6.4. Radyatör Üst Sağ Bağlantısından Görünüş .....	40
Şekil 6.5. Radyatör Üst Sol Bağlantısından Görünüş .....	41
Şekil 6.6. Radyatör Alt Sağ Bağlantısından Görünüş .....	42
Şekil 6.7. Radyatör Alt Sol Bağlantısından Görünüş .....	43
Şekil 6.8. Dayanım Analizi Sonunda Kazanlarda Gerilim Dağılımı .....	44
Şekil 6.9. Dayanım Analizi Sonunda Kazanlarda Uzama Dağılımı .....	45
Şekil 6.10 MAST Cihazı .....	48
Şekil 6.11 Radyatöre Uygulanacak olan Bir Yol Kaydının X Yönündeki Grafiği .....	49
Şekil 6.12 Radyatöre Uygulanacak olan Bir Yol Kaydının Y Yönündeki Grafiği .....	50
Şekil 6.13 Radyatöre Uygulanacak olan Bir Yol Kaydının Y Yönündeki Grafiği .....	51
Şekil 6.14 Radyatöre Uygulanacak olan Yol Dataları Ve Tekrar Sayıları .....	52
Şekil 7.1 Radyatörün Birinci Kritik Frekansı ( Catia M.A. ) .....	56
Şekil 7.2 Radyatörün İkinci Kritik Frekansı ( Catia M.A. ) .....	57
Şekil 7.3 Radyatörün Üçüncü Kritik Frekansı ( Catia M.A. ) .....	58

Şekil 7.4 Radyatörün Dördüncü Kritik Frekansı ( Catia M.A. ) .....	59
Şekil 7.5 Radyatörün Birinci Kritik Frekansı ( ABAQUS M.A. ) .....	60
Şekil 7.6 Radyatörün İkinci Kritik Frekansı ( ABAQUS M.A. ) .....	61
Şekil 7.7 Radyatörün Üçüncü Kritik Frekansı ( ABAQUS M.A. ) .....	62
Şekil 7.8 Radyatörün Dördüncü Kritik Frekansı ( ABAQUS M.A. ) .....	63



## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Isıl Performans ve Basınç Düşümü Test Sonuçları .....	14
-------------------------------------------------------------------	----



## ÖZET

Otomobillerdeki soğutma sistemleri ve soğutma sisteminin optimal tasarımı incelenmiştir. Motorun soğutma sistemi olan radyatörler radyatörü oluşturan parçalar , üretim tarzları , tasarım kriterleri ve tasarım aşamaları ele alınmıştır. Ancak ağırlıklı olarak radyatörün tasarım aşamasındaki süreçlere değinilmiştir.

Soğutma sistemlerinin modellenmesi ve analizleri bilgisayar ortamında yazılımlar aracılığıyla yapılmaktadır. Sistemin ısı kapasitesi ve basınç düşümü SAADAT simülasyon programı tarafından gerçekleştirilmekte ve kaba geometri bu sayede belirlenmektedir. Parçanın modellenmesi CATIA tarafından 3 boyutlu yapılmaktadır. 3 boyutlu modelleri kullanıp , çevre şartları verilerek akış analizi yapılmakta ve radyatörün giriş , çıkış parçaları bu sonuçlara göre şekillendirilmektedir. Aynı şekilde 3 boyutlu modellerle radyatörün takılacağı aracın yol titreşim kayıtları ve radyatör malzeme bilgisi kullanılarak dayanım ve ömür analizleri yapılmaktadır. Bu analizlerle parçaların optimal kalınlıkları ve geometrileri saptanmaktadır. Radyatör modeli , malzemesi ve bağlantı yerleri kullanarak radyatörün modal analizi yapılmakta ve bu sayede radyatörün kritik frekansları ve davranışları belirlenmektedir.

Tüm bu analizler yaklaşım olduğundan analiz ve simülasyon programına bağlı olarak % 95 ila % 80 arasında güvenilirlikleri vardır. Tasarım aşaması bittikten sonra yapılacak prototiplere bu analiz ve simülasyonların sağlaması bunun için testleri yapılacaktır. Akış analizi için hava tüneli , dayanım ve ömür için MAST ( Çok eksenli simülasyon masası) testi ve modal analiz için elastomer testi yapılacaktır. Bu testlerin sonuçları değerlendirilip analiz ve simülasyonların güvenilirliği değerlendirilecek ve ileride yapılacak analizler için tecrübe olacaktır.

Anahtar Kelimeler : Tasarım , Akış Analizi , Dayanım , Ömür , Isıl Kapasite

## **ABSTRACT**

Cooling systems of vehicles and the optimal designs of these systems are the issues handled in this thesis. Radiators which constitute the cooling systems, components of radiators, types of production, requests of clients and processes of design are among other issues. However, design processes of radiators are given the main emphasis. Modelling of cooling systems and all analyses are carried out by using software.

Thermal capacity of this system and reductions in pressure are executed by SAADAT simulation programme. Through this programme rough geometrical proportions are achieved. Modelling of a component is performed by CATIA in a three-dimensional mode. Computational Fluids Dynamics is conducted by using three-dimensional models and pointing out environmental conditions. Radiator inlets and outlets are given a shape according to the outcomes of these analyses. Road load data of radiator materials are what determine durability and life of these radiators. Optimal thickness and geometrical design of components are decided according to the analyses mentioned above. After giving dimensions and connections, modal analysis is made. Then critical frequency and probable reactions of radiators are reached.

Since these analyses are no more than assumptions, they have a reliability ratio of % 80-95. Prototypes will be tested after completing design process and analysis. MAST ( MULTI AXIAL SIMULATION TABLE) is applied for durability, fatigue, modals. For CFD flow test machine is applied.

**Keywords** : Design , CFD , Durability , Fatigue , Thermal Capacity

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Otomobillerde Soğutma İhtiyacı

Otomobillerde soğutma ihtiyacı farklı amaçlar için ve farklı yöntemler kullanarak yapılmaktadır. Otomobillerde içten yanmalı motorların kullanılması , kabin içi sıcaklığının sıcak hava koşullarında konfor sıcaklığının üstüne çıkması , fren gibi regülasyona tabi parçalarda sürtünmeden dolayı fazla ısınmanın oluşması gibi daha bir çok parçanın fonksiyonlarını yerine getirmeleri için soğutulmaya ihtiyaçları vardır.

### 1.2. Projenin Kapsamı

Proje kapsamında otomobil soğutma sistemlerine baz olabilecek radyatörler ele alınmıştır. Projede radyatörler ağırlıklı olarak tasarım açısından incelenmiştir. Radyatörler intercooler , yağ soğutucusu ve kondenser gibi soğutma sistemlerinin tasarım bakımından benzediklerinden soğutma sistemleri için temel olarak alınabilirler.

Günümüzde tasarım işlemleri yazılımlar yardımıyla bilgisayarlar tarafından yapılmaktadır. Bu yazılımlar ile radyatör tasarım aşamasında iken 3 boyutlu olarak görülebilmekte , montajı yapılabilmekte ve yapılacak analiz veya simülasyonlar sonucunda ısı kapasite , basınç düşümü gibi özel karakteristiklerinde iyileştirmeler yapılabilmektedir.

Tasarım süreçleri sonunda yapılan prototipe özel karakteristiklerini saptamaya yarayan testler yapılmakta ve bu testler sonucunda tasarım aşamasında uyguladığımız tüm analiz ve simülasyon işlemleri kontrol edilebilmektedir.

### 1.3. Projenin Amacı

Projenin kapsamında da belirtildiği gibi radyatör tasarım kriterleri incelenip , bu tasarım süreçlerinde kullanılan programlar hakkında genel bilgiler verilecektir. Bu programların güvenilirliklerini saptamak için yapılan testler sonucunda hata miktarları hesaplanacaktır.

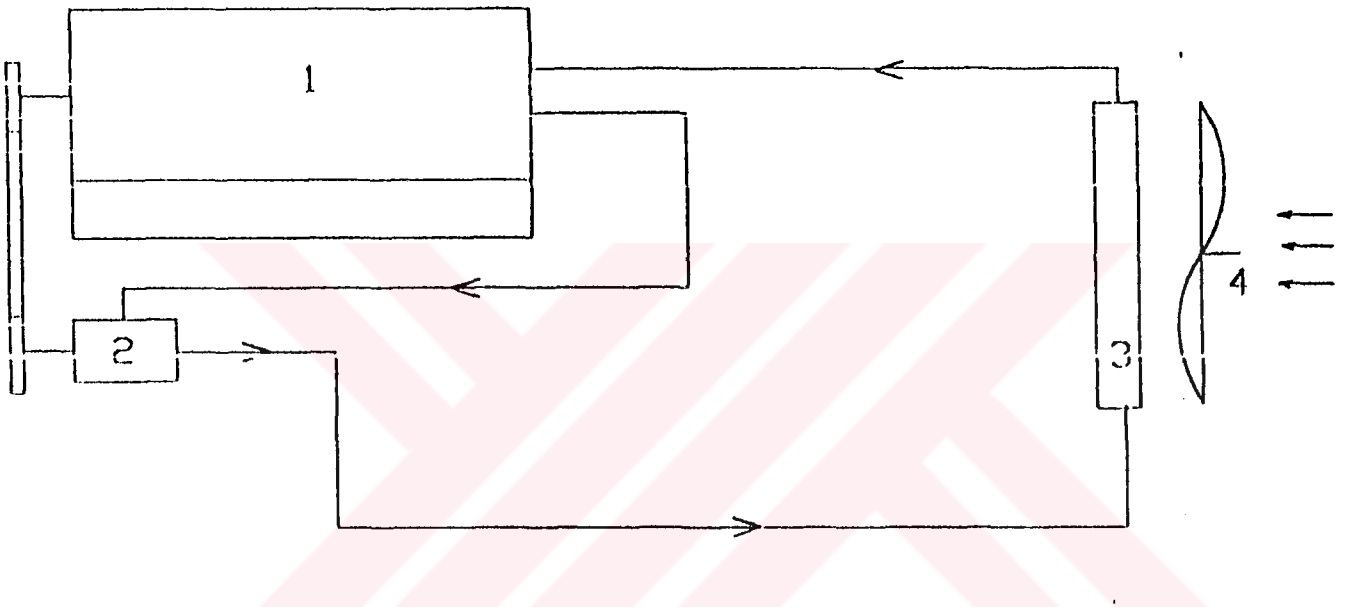
Sonuç olarak bu projede amaçlanan bir soğutma sisteminin tasarımı ve bu tasarımın doğrulanmasıdır.

## 2. RADYATÖR TASARIM KRİTERLERİ

Radyatör tasarım kriterleri başlığı altında radyatör ve parçalarının tanıtılması , sınıflandırılması ve imalat yöntemleri hakkında bilgiler verilecek bunların neticesinde tasarımın şekillenmesinde belirleyici kriterlere değinilecek ve en son olarak da radyatörün şekillenmesi incelenecektir.

### 2.1. Tanımlar

#### 2.1.1. Radyatör :



1. Motor 2. Pompa 3. Radyatör 4. Fan

Şekil 2.1 Soğutma Radyatör Sistemi

Motor içerisindeki yanma sonucunda motor silindir bloğu başta olmak üzere tüm motor aksamında ısıdan dolayı hasar meydana gelebilir , bu hasarı önlemek için motorun soğutulması gerekir. Motorun soğutulmasında kullanılan en geniş uygulama su ile soğutmadır. Su ile soğutma gerek uygulama gerekse maliyetler bakımından en uygun olanıdır. Ancak soğutmada kullanılan suyun fiziksel özellikleri sınırlıdır. Su 0 C 'de donar , 100 C 'de ise buharlaşır. Doğal olarak kullanılan soğutma suyunun sıvı halde kalması sağlanmalıdır. Bunun için suyun donması yani katı hale gelmesi engellemek için antifriz denilen sıvıyı soğutma suyuna katarak donma noktasını 0 'C'den aşağıya çekmemiz mümkündür. Bu ilk çalıştırma durumunda soğuk havalarda karşılaşılabilecek problemdir. Soğutma sisteminde esas problem ısınmadır. Isınan suyun soğutulması için RADYATÖR kullanılır.

#### 2.1.2. Radyatörlerin sınıflandırılması

Radyatörleri çok farklı katagorilerde sınıflandırmak mümkündür ancak en fazla kullanılan sınıflandırma aşağıdaki şekilde yapabiliriz.

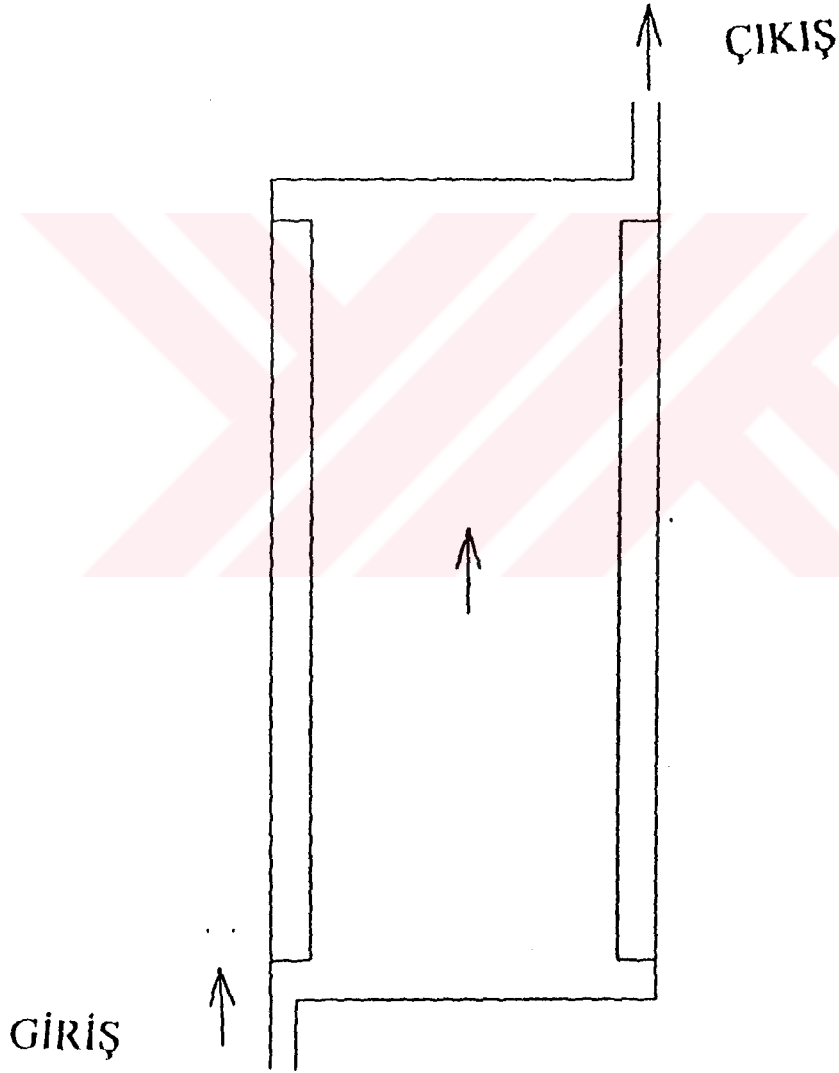
Kullanılan malzeme yönünden

1. Bakır radyatörler
2. Alüminyum brazing radyatörler
3. Alüminyum mekanik radyatörler

Soğutma suyunun radyatördaki akışı bakımından

1. Tek yönlü radyatörler

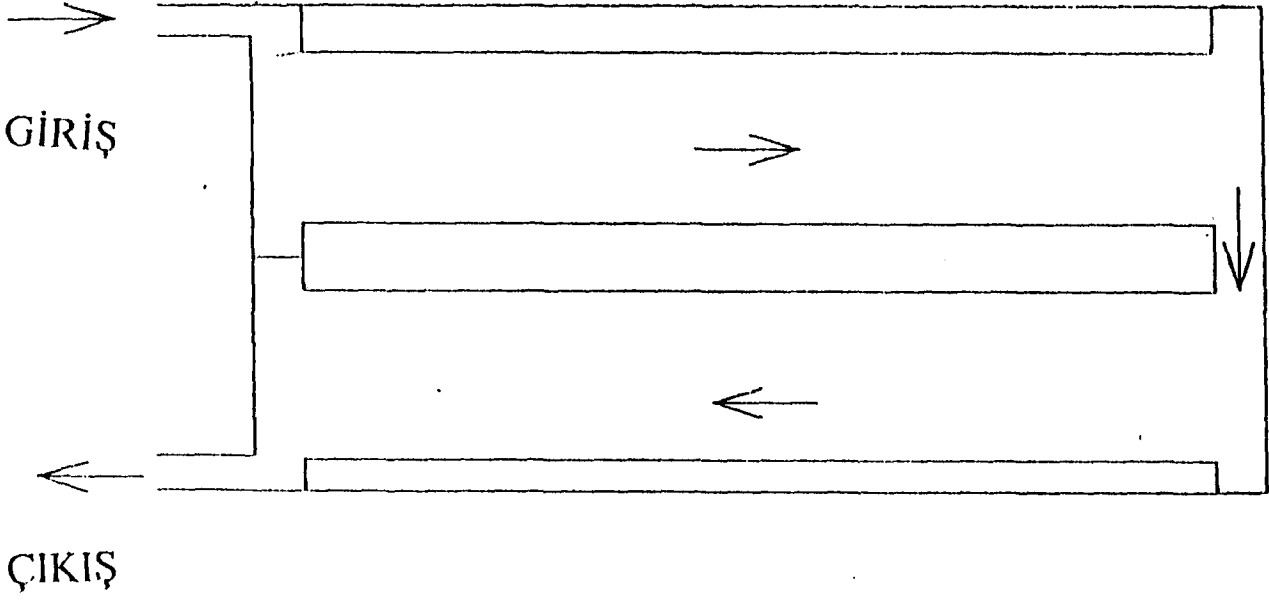
Bu tip radyatörlerde Şekil 2.2 de görüleceği üzere soğutma suyu radyatörden bir kez geçer.



Şekil 2.2. I Akışlı Sistem

2. U akışlı radyatörler

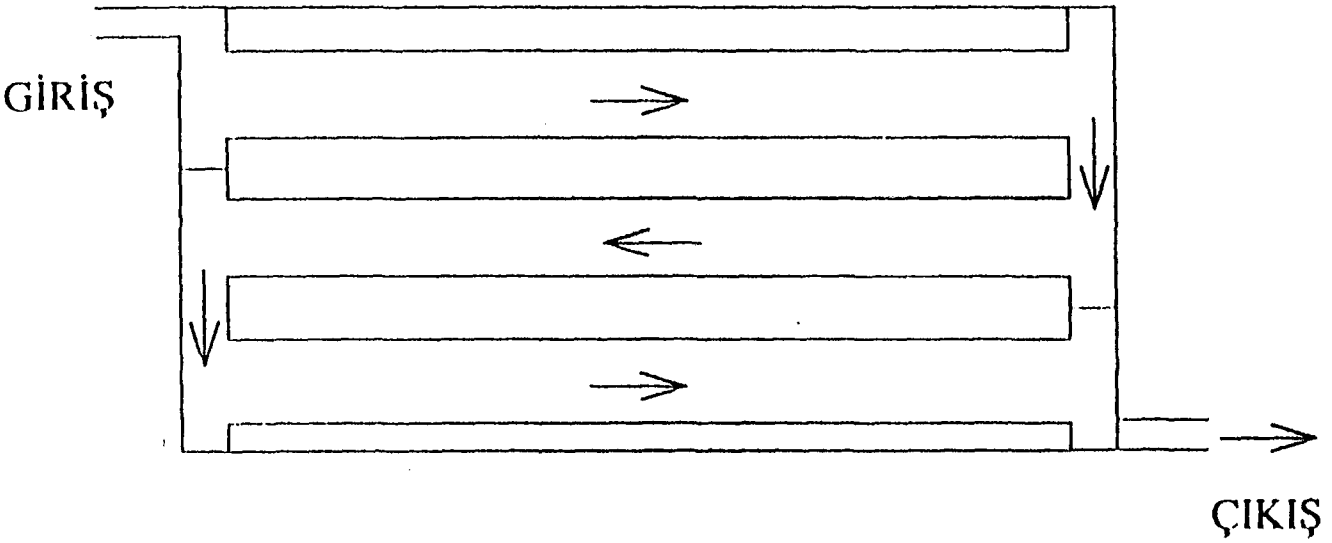
Bu tip radyatörlerde soğutma suyu Şekil 2.3 de görüldüğü gibi radyatörü 2 kez kat ettikten sonra çıkmaktadır.



Şekil 2.3. U Akışlı Radyatörler

### 3. Z akışlı radyatörler

Bu radyatörlerde soğutma suyu radyatörü Şekil 2.4 de görüldüğü gibi 3 kez kat ettikten sonra çıkmaktadır.



Şekil 2.4 Z Akışlı Radyatörler

### 2.1.3. Radyatörü oluşturan parçaların tanımlanması

Radyatörü oluşturan parçalar ek-1 de gösterilmiştir. Genel olarak tüm radyatörler aşağıdaki parçalardan oluşmaktadır. Kullanılan malzeme ve geometrileri değişmektedir.

1. Kazan : Motordan gelen sıcak suyun radyatöre giriş yaptığı parçalardır. Karşılıklı 2 kazan kullanılır. Kazanlar Polyamid , bakır veya alüminyum esaslı malzemedен imal edilir. Radyatörün yataklanması ve bağlantıları çoğunlukla kazan üstünde yapılır.
2. Tüp : İçinden suyun aktığı boru profil , tablaların arasına sıralı olarak dizilirler.
3. Fin : Tüplerin arasına yerleştirilen ısı transferini ve radyatör mukavemetini arttırıcı rol oynarlar.
4. Tabla : Karşılıklı 2 tabla kullanılır , 2 tabla arasına tüpler ve finler yerleştirilir. Tablaların dış kısmına kazanlar monte edilir.
5. Petek : Tabla , fin ve tüp montaj halindeki durumuna petek denir. Radyatörde ısı transferinin gerçekleştiği kısımdır.
6. Conta : Plastik kazanlı radyatörlerde tabla kazan sızdırmazlığını sağlayan elemandır.
7. Yan saç : Peteği korumak ve rijitliği arttırmak amacıyla kullanılır.
8. Çerçeve sacı : Genellikle büyük ve diesel motorlu araçların radyatörlerinde radyatöre intercooler , heater gibi diğer aksamaların bağlanmasında ve yataklamada kullanılır.

### 2.1.4. Radyatör imalatı

Radyatörler kullanılan malzeme açısından 3 şekilde sınıflandırılabilir.

1. Bakır radyatörler
2. Alüminyum brazing radyatörler
3. Alüminyum mekanik radyatörler

Radyatör tasarımı ve radyatör teknolojisinin daha iyi anlaşılması için bu 3 imalat yöntemine aşağıda değinilmiştir.

#### 2.1.4.1. Bakır radyatörler

Bakır radyatörler günümüzde büyük tip ticari araçlarda kullanılmaktadır. Bakır radyatörlerin maliyetinin diğerlerine göre düşük olması ve tamir edilebilmesinin kolay olmasından dolayı

bu araçlarda tercih edilme sebeplerinin başında gelir. Ancak bu radyatörler Alüminyum esaslı radyatörlere göre daha ağırdırlar ve binek otomobillerde kullanılmamasının en büyük nedenide budur.

Radyatörün petek kısmını oluşturan fin ve tüpler bakırdır. Tüp ve finlerin kesitleri sınırlıdır ve projelerde boylar değiken olarak kullanılmaktadır. Büyük radyatörlerde bakır ufak tiplerinde ise plastik veya bakır kazan kullanılmaktadır. Yansaç ve çerçeve saçları demir esaslı malzemeler kullanılır.

#### **2.1.4.2. Alüminyum mekanik radyatör imalatı**

Alüminyum mekanik radyatörler imalat teknolojisin otomasyona uygun olması , toplam radyatör ağırlığının hafifliği ve maliyetinin düşük olması gibi avantajlara sahiptir. Fakat imalattan doğan sınırlamalar( Maksimum 25 sıra tüp dizilebilir.) , ısıt kapasitelerinin düşük olması gibi olumsuzluklara sahiptir. Bunların neticesinde motor hacmi düşük binek otomobillerde ve A/C sistemlerinde kondenser olarak kullanılmaktadırlar.

Alüminyum mekanik radyatörlerde tüp olarak alüminyum borular kullanılmaktadır ( maksimum 1 metre boya sahip olabilirler ) , Düz tip olarak tabir edilen plaka şeklinde alüminyum fin kullanılmaktadır. Bu tip radyatörlerde Plastik kazan kullanılmaktadır.

#### **2.1.4.3. Alüminyum brazing radyatör imalatı**

Alüminyum Brazing radyatörler son günlerde hem binek otomobillerde hemde ufak ticari araçlarda uygulanmaya başlanmıştır. Bu tip radyatörler imalat kolaylığı ve toplam radyatör ağırlığının diğerlerine oranla hafif olması ve alüminyum mekanik radyatörlerine oranla ısıt performansının yüksek olması gibi avantajlara sahiptirler bunun yanında maliyetlerinin diğer imalat teknolojilerine oranla fazla olması , tamirin her zaman mümkün olamaması gibi dejavantajlara sahiptir.

Alüminyum brazing teknolojisi ile intercooler , kondenser gibi diğer soğutma uygulamalarında kullanılan elemanlarda imal edilmektedir.

## **2.2. Tasarım Kriterleri**

Tasarım kriterleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

1. Siparişçinin kendi istekleri ve ön şekillendirme istekleri

2. Isıl performansı
3. Kullanılacak malzeme yönünden ve imalat şekli bakımından istekler
4. Analiz , simülasyon ve testler

### **2.2.1. Siparişçinin kendi istekleri ve ön şekillendirme istekleri**

Bu istekler genelde müşteri tarafından verilir veya müşterinin kendi standartlarında tanımlıdır. Geometrik istekler radyatörün komple teknik resmi , prototip veya son günlerde kullanılmaya başlanan 3 boyutlu kaba model şeklinde imalata verilirler.

Geometrik bilgiler 3 ana başlık altında toplanır. Bunlar ;

- a. Bağlantı ve yataklamayla ilgili
- b. Bağlantı yeri sınırlamaları
- c. Radyatörün firmanın standartlarına uygun olması

### **2.2.2. Isıl performansı**

Her radyatörden belli bir ısı kapasite ve uygun bir basınç düşümü beklenmektedir. Bu değerler imalata sayısal değerler şeklinde verilebilir , direkt petek geometri verilebilir veya alternatif tasarımlarda istenebilir. Sonuç olarak bu değerler imalatçıya sahiptir ve yapacağı tasarım istenen limitlerde olmak zorundadır.

### **2.2.3. Kullanılacak malzeme yönünden ve imalat şekli bakımından istekler**

Alüminyum radyatörler hafif ve imalat yöntemleri bakımından bakır radyatörlere nazaran daha iyidir. Ancak bakır radyatörler maliyetleri ve tamir edilebilmeleri bakımından alüminyuma göre avantaj sağlarlar. Müşteri ağırlık veya maliyetler bakımından hangisi önem taşıyorsa istediği radyatör malzemesi ve imalat türünü belirtebilir.

### **2.2.4. Analiz , simülasyon ve testler**

Radyatörler istenen geometri ve ısı performanslarının dışında bazı mukavemet değerlerinde olmalıdır. Bu şartı sağlamak için ilk önceleri yapılan prototipe uygulanan testler yapılmaktaydı ancak prototip aşamasından tekrar tasarım aşamasına dönmek maliyetler ve zaman açısından olumsuzluklar yaratmaktadır. Müşterisinde talepleri doğrultusunda prototip aşaması aynen kalırken tasarım aşamasında bazı simülasyon programları vasıtasıyla modele bazı analizler yapılmaya başlanmıştır. Buna göre buradaki istekleri aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

#### **2.2.4.1. Tasarım aşamasında yapılan analizler**

1. Isıl performans - basınç düşümü simülasyonu
2. Akışkanlar Analizi
3. Dayanım Analizi
4. Ömür Analizi
5. Modal Analizi

#### **2.2.4.2. Tasarım sonucunda yapılan testler**

Tasarım sonucunda firmanın standartlarında belirtilen testlerin yapılması. Aşağıda Renault firmasının istediği testler ele alınmıştır. Bu testlerde ulaşılmaması istenen değerde verilmiştir.

1. Isıl performan - Basınç düşümü Testi
2. Statik Basınç Testi
3. Vakum Testi
4. Isıl Dayanım Testi
5. Isıl etki altında yaşlandırma Testi
6. İç ve dış Korozyon Testi
7. Termal Şok Testi
8. Dinamik Basınç Testi
9. Çok Eksen Simulasyon Masası
10. Resonans Testi
11. Patlatma Testi \*<sup>1</sup>

#### **2.3. Radyatörün Şekillenmesi**

Tasarım kriterleri belirlenmiş olan proje artık şekillenme safasına gelmiştir. Radyatörün şekillenmesinde genel olarak aşağıdaki akış izlenmektedir.

Radyatör tasarımlarında ilk 4 basamak esas tasarımın yapıldığı bölümdür. Diğer basamaklar tasarıma pek etki etmezler bu basamaklar yalnızca tasarımın doğrulanması ve onay ile ilgili bölümlerdir.

1. Isıl Performans testleri ile petek geometrisinin tespiti
2. Kullanılacak radyatör elemanlarının belirlenmesi

Petek geometrisi belli olduktan sonra tasarım girdilerinide kullanarak diğer parçalarda ( kazanlar , sancaç , conta ) şekillenir . Bu aşamaya geçilmeden uyum detayı çalışması ile

---

\* Renault ( 1999 ) , “ Product Specifications Cooling Radiator 31-07-004/K” , Renault , Paris

montaj halide belirlenir. Ek-2 deki gibi bir uyum detayı çalışması görülmektedir. Burada kazan etek ölçüleri , tabla , conta , tüp , yan saç ve finlere ait bilgiler ve bunlara ait toleranslar mevcuttur.

### 3. Radyatörün 3 boyutlu modellenmesi

Uyum detayı sonucunda radyatör ün herbir parçası 3 boyutlu modellenmesi yapılır. Modellen parçalar daha sonra assemble modülü tarafından montajı yapılarak ve parçaların birbirleriyle olan uyumları incelenir. Bunların dışında bu modeller radyatör kompleksi veya parçalarının simülasyon ve analiz programlarına aktarılabilir .

### 4. Analiz ve simülasyonların yapılması

Bu analizler komple radyatöre veya radyatörün belirli parçalarına uygulanan analiz ve simülasyonlardır. Yapılan analiz ve simülasyonlar sırasıyla akışkan analizi, Dayanım analizi, Ömür analizi ve Modal Analiz olarak sıralayabiliriz.

### 5. Tasarımın donması

### 6. Prototipin yapılması

### 7. Prototipin Test edilmesi

### 8. Proje onayı

### 3. ISIL PERFORMANS ve BASINÇ DÜŞÜMÜ

#### 3.1. Isıl Performans ve Basınç Düşümünün Önemi

Radyatörlerde ilk olarak istenen ısı kapasite ve basınç düşüm değerleridir. Isıl kapasite ile basınç düşümü ters orantılı değerlerdir. Bu simülasyon sayesinde radyatör peteğine ait bilgiler belirlenmiş olmaktadır. Isıl performans değeri ile basınç düşüm miktarları motor tasarımcısı tarafından saptanıp bildirilir. Bu değerler motorun soğutma ihtiyacı göz önünde bulundurulup kwat cinsinden , basınç düşümü ise mbar cinsinden verilmertedir.

#### 3.2. Analiz İşlemi

Isıl kapasite ve basınç düşümü simülasyonu Saadat adlı yazılım tarafından yapılmaktadır. Bu program radyatör , kondenser , intercooler gibi soğutma sistemlerinin tasarımında kullanılacak şekilde dizayn edilmiştir. Program ile 1 veya 2 faz soğutma sistemlerinin ısı performansları ve basınç düşümleri hesaplanabilmekte ve alternatif tasarımlar yapılabilmektedir. Programa ısı tarasferinde kullanılan giriş parametreler girilmektedir. Yapılan girişlere uygun olacak şekilde ısı performans ve basınç düşüm değeri elde edilebilir. Tasarımlarda giriş değerlerini değiştirerek istenilen ısı performans ve basınç düşümü yakalanmaya çalışılır.

Simülasyon işlemi 2 farklı yöntem uygulanarak yapılabilir. İki yöntem arasında  $f$  ve  $j$  katsayıları olarak ifade edilen değerlerin elde edilmesinden kaynaklanan fark vardır bunun dışında tüm işlemler aynıdır.

$f$  : Birimsiz basınç düşümü katsayısıdır

$j$  : Birimsiz ısı tranfer katsayısıdır

1.  $j$  ve  $f$  birimsiz katsayıların malzeme bakımından aynı fakat farklı radyatör geometrisine sahip olan radyatörlerden çıkartılması durumunda takip edilir

Benzer radyatör için kullanılan peteğe ait bilgiler girilir bunlara ilaveten malzeme yönünden aynı fakat geometri bakımından farklı olan radyatörün ısı performans testleri sonunda yapılan ölçüm değerleride girilir. Tüm bu girişlerin sonunda birimsiz  $f$  ve  $j$  katsayıları elde edilir. Giriş parametreleri ,  $f$  ve  $j$  katsayıları kullanılarak program çalıştırılır ve tasarımın ısı performans ve basınç düşüm değerleri saptanır.

İşlem sonucunda elde edilen değerler istekleri karşılayıp karşılamadığına bakılır. Karşılama durumu giriş parametrelerini değiştirerek işlemler istenilen değerleri sağlayıncaya dek sürdürülür. Bunun dışında istekleri karşılaması durumlarında maliyetleri düşürmek için alternatif tasarımlar yapıp program çalıştırılabilir.

## 2. j ve f birimsiz katsayılarının program tarafından hesaplanması

Kullanılması düşünülen peteğe ait bilgilerin girişi sonunda f ve j değerleri program tarafından hesaplatılır. Bu değerler girilen parametrelere uygun olacak şekilde teorik olarak hesaplanır. F ve j değerlerinin elde edilmesinden sonra ilk yöntemde olduğu gibi sistem çalıştırılır ve sonuçlar değerlendirilir. Bu yöntem ilk yöntemle oranda daha az güvenilirdir.

## 3.2. Simülasyon İşlemi

Simülasyon işlemi Renault firmasına ait bir radyatörün peteğine uygulanacak ve simülasyon yukarıda açıklanan yöntemlerden 2 ikincisi yani f ve j katsayıları program tarafından hesaplanan yöntem uygulanarak yapılacak.

### İstenilen Değerler

Petek Ölçüleri (max) : 600 \* 400 \* 80

Soğutma sıvısı giriş sıcaklığı : 90 °C

Soğutucu cinsi : Su

Soğutma sıvısı debisi : 50 l/dk

Hava giriş sıcaklığı : 20 °C

Isıl Performans Değerleri : ( kwat )

2 m/s : 26

4m/s : 46

6 m/s : 60

8 m/s : 70

10 m/s : 75

12 m/s : 82

14 m/s : 88

16 m/s : 92

Basınç Düşümü Değerleri : ( mbar )

2 m/s : 7

4m/s : 20

6 m/s	: 38
8 m/s	: 58
10 m/s	: 75
12 m/s	: 100
14 m/s	: 130
16 m/s	: 155

Simülasyon işlemi radyatör peteğine ait özellikler girilir. Bu değerlerin girişinden sonra birimsiz f ve j katsayıları hesaplatılır ve sistem çalıştırılır. Sonuç olarak peteğe ait hız ,ısı performans , basınç düşümü değerleri elde edilir bu değerlerle sistenilen değerler karşılaştırılır. Dikkat edilirse tüm değerleri sağlamaktadır .

Bu çıkışa ek olarak hız ve soğutma sıvısı ve soğutucu hava çıkış sıcaklık miktarlarınıda elde ederiz..Yapılan tasarım istenilen şartları sağlamaktadır . Simülasyon işlemi için birimsiz f ve j katsayıları kullanıldığından maliyetleri düşürücü iyileştirme yapılmamaktadır. Çünkü hesaplatılan f ve j değerlerinde belli miktarda sapma vardır.İyileştirme ancak prototipin test edilmesi sonucunda yani kabul edilen f ve j değerlerindeki sapmalar saptandıktan sonra yapılabilir.

Isıl performans - Basınç düşümü Analiz ve Testleri sonucunda Radyatörün petek bölümüne ait parametreler şekillenir.Simülasyon sonucunda aşağıdaki bilgiler elde edilir.

1. Petek ölçüleri , toplam soğutma alanı
2. Tüp çeşiti , boyu , sıra , sutunu ve malzemesi
3. Fin çeşiti , boyu , sıra ve malzemesi
4. Toplam petek ağırlığı
5. Akış çeşiti
6. Isıl performans ve basınç düşüm değeri

### **3.4. Isıl Performans ve Basınç Düşümü Testi**

Tasarım aşamasında SAADAT petek simülasyon programı yardımıyla belirli bir petek geometrisi ve malzemelerine ait ısı performans ve basınç düşümleri hesaplanmıştır. Prototipler yapıldıktan sonra tasarımın doğrulanması için RANSCO ısı performans test

cihazında istenilen koşullar verilmek suretiyle radyatörün ısı performans , basınç düşümü ve petek dirençleri ölçülebilmektedir.

Değerlendirme , prototipe yapılan ısı performans testleri sonuçları ekte görülebilir. Sayfa 11 'deki Test sonuçları ile sayfa 14 ' deki simülasyon sonuçları kıyaslanırsa test sonuçlarının simülasyonu doğruladığı görülmektedir. Aradaki farklar simülasyon programının güvenilirliği ile ilişkilidir.



Çizelge 3.1 Isıl Performans Ve Basınç Düşümü Test Sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8
Soğutucu Debisi	L/M	50,4	50	50,6	50	50,2	50	50,2
Hava Hızı	M/S	2,02	4,00	6,00	8,04	9,97	12,00	14,04
Petek Basınç Düşümü	Pa	6,9	18,5	38,1	55,7	73,6	95,6	122,8
Hava Giriş Sıcaklığı	C	20	19,9	20	20	20,1	20	20
Hava Çıkış Sıcaklığı	C	55,1	53	52,2	50,6	49,7	46,5	42
Hava (Giriş-Çıkış) Farkı	C	-35,1	-33,1	-32,2	-30,6	-29,6	-26,5	-22
Soğutucu Giriş Sıcaklığı	C	90	89,9	90,1	90	90	90,1	89,9
Soğutucu Çıkış Sıcaklığı	C	85,1	83,4	82,1	81,2	80,3	78,7	77,2
Soğutucu (Giriş-Çıkış) Farkı	C	4,9	6,5	8	8,8	9,7	11,4	12,7
Soğutucu Basınç Düşümü	mmH2O	838	826	830	836	825	827	832
Kapasite	KW	27,2	48,3	66	72,3	77,4	86,4	91,5

## 4. RADYATÖR PARÇALARININ ŞEKİLLENMESİ ve MODELLEME

### 4.1. Radyatör Parçalarının Şekillenmesi

Isıl performans simülasyonu sonucunda kullanılacak petek geometrisi ve malzemeleri belirlenir. Bu saptamalar sonucunda geometrik istekler eklenerek kazan , conta , tabla , yansaç gibi radyatörü oluşturan diğer parçalar şekillenir. Bu parçalar ek-2 deki gibi yapılacak uyum detayı çalışması sonunda onaylanıp kesin ölçüler verilerek belirlenir.

### 4.2. Modelleme

Radyatörlerler parça bazında 3 boyutlu modellemek suretiyle şekillendirilir. Tüm parçaları modellenen radyatörler bir araya getirilerek toplanır ve komple radyatör elde edilir. Buradan da çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

Kullanılan yazılım : CATIA 4.2.1

Catia otomotiv sektöründe en fazla kullanılan CAD , CAM ve CAE yazılımıdır. Catia genel olarak modüllerden oluşmaktadır. Solid , surface , drafting , analiz , sheet metal , assemble , CAM ve CAE modülleri gibi. Kullanıcılar fiyatların yüksekliğinden dolayı gereksinim duydukları modülleri alıp kendileri için uygun sistemler oluştururlar . Bugün itibariyle Catia 150 'ye yakın modüle sahiptir.

Modelleme çok basit ifadelerle basit şekiller kullanarak ( küp , prizma , küre , simit , silindir gibi ) belirli katılar oluşturulmakta ve bu katılar çıkarma , toplama veya kesiştirme işlemleri yapılmak suretiyle istenilen şekiller elde edilmektedir.

Otomotiv parçaları gibi karışık şekilli parçalara yüzeyler tanımlanmakta ve bu yüzeyler kati hale dönüştürülmektedir ve bu katılarda az önce bahsettiğimiz toplama , çıkarma veya kesiştirme işlemleri uygulanmakta ve modeller oluşturulmaktadır. Şekil 4.1 de CATIA modelleme ekranı görülmektedir. Tüm işlemler bu arayüzde yapılmaktadır. Sağ tarafta görünen menüde programın sahip olduğu modüllere ait komutlar bulunmaktadır. Üst taraftaki menüde genel işlemler için gerekli komutlar , alt kısımda ise komut satırı , iletişim satırları ve program için genel maksatlı tuşlar bulunmaktadır. Orta kısım ise çalışma alanı oluşturmaktadır. Modellemenin en büyük faydalarının başında revizyon veya değişiklikler sonucunda parçanın kısa bir süre içerisinde modifiye edilebilmesidir. Bu sayede özellikle analiz işlemlerinde önemli zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

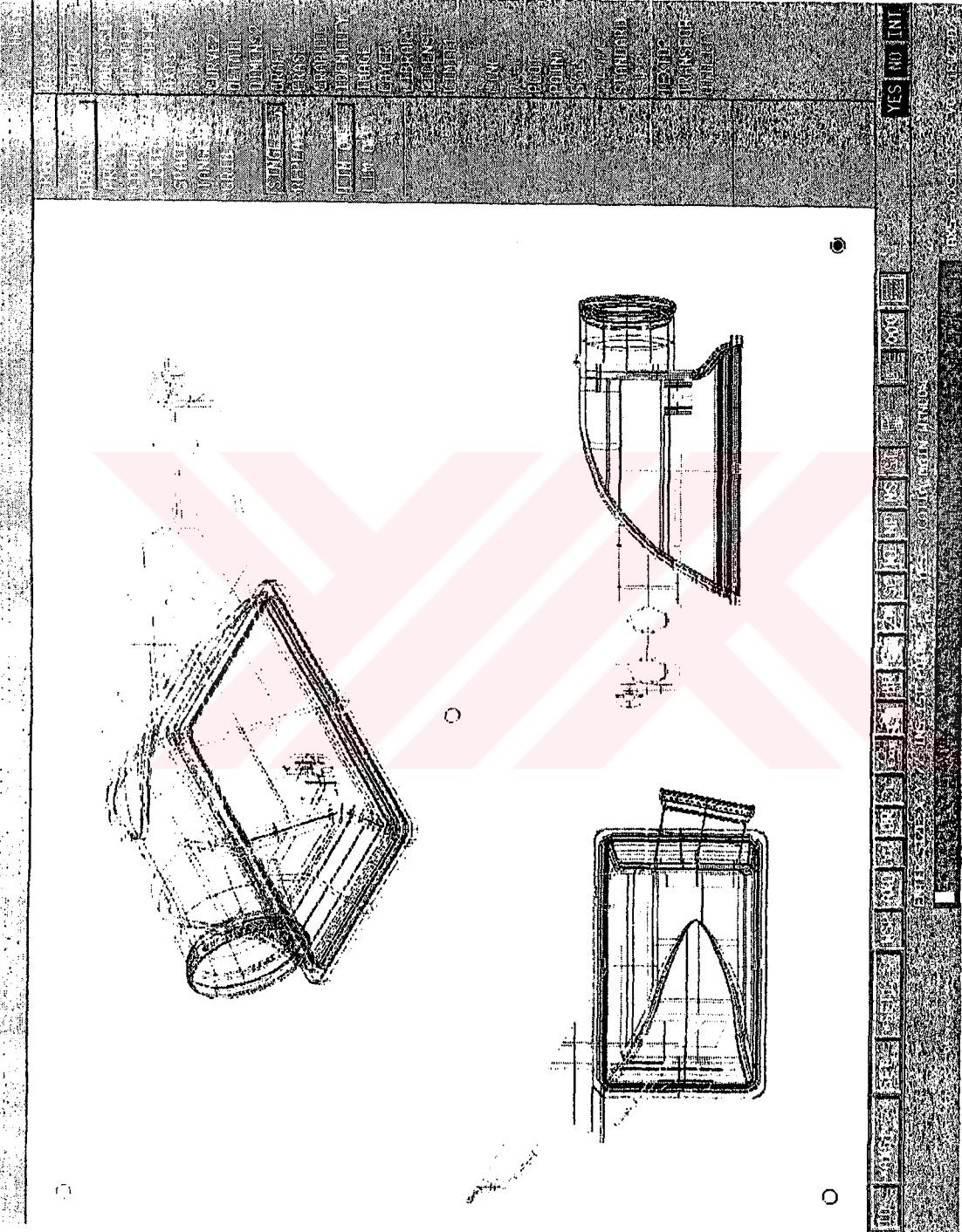
Komple radyatör modellendikten sonra farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Simülasyon ve analiz programlarına aktarılmakta ve burada işlemler görmekte ve bunların sonucunda düzeltmeler yapılabilmektedir. Yine bu modeller tedarikçilere aktarılmakta veya müşteriye gönderilip yerleşim kontrolü yapılmaktadır.

#### **4.3. Parçaların Modellenmesi ve Komple Radyatörün Oluşması**

Radyatör parça bazında modellenir. Şekil 4.1 de radyatör kazanının modellenmiş görüntüsü bulunmaktadır. Grafikselleştirilmiş modeller Şekil 4.1 deki gibi katı veya Şekil 4.2 deki gibi tel kafes görüntüsünde olabilmektedirler. Radyatör tüm parçaları modellendikten sonra her bir parça toplanır ve gerçek konumlarına uygun olacak şekilde Şekil 4.3 deki gibi yerleştirilirler.

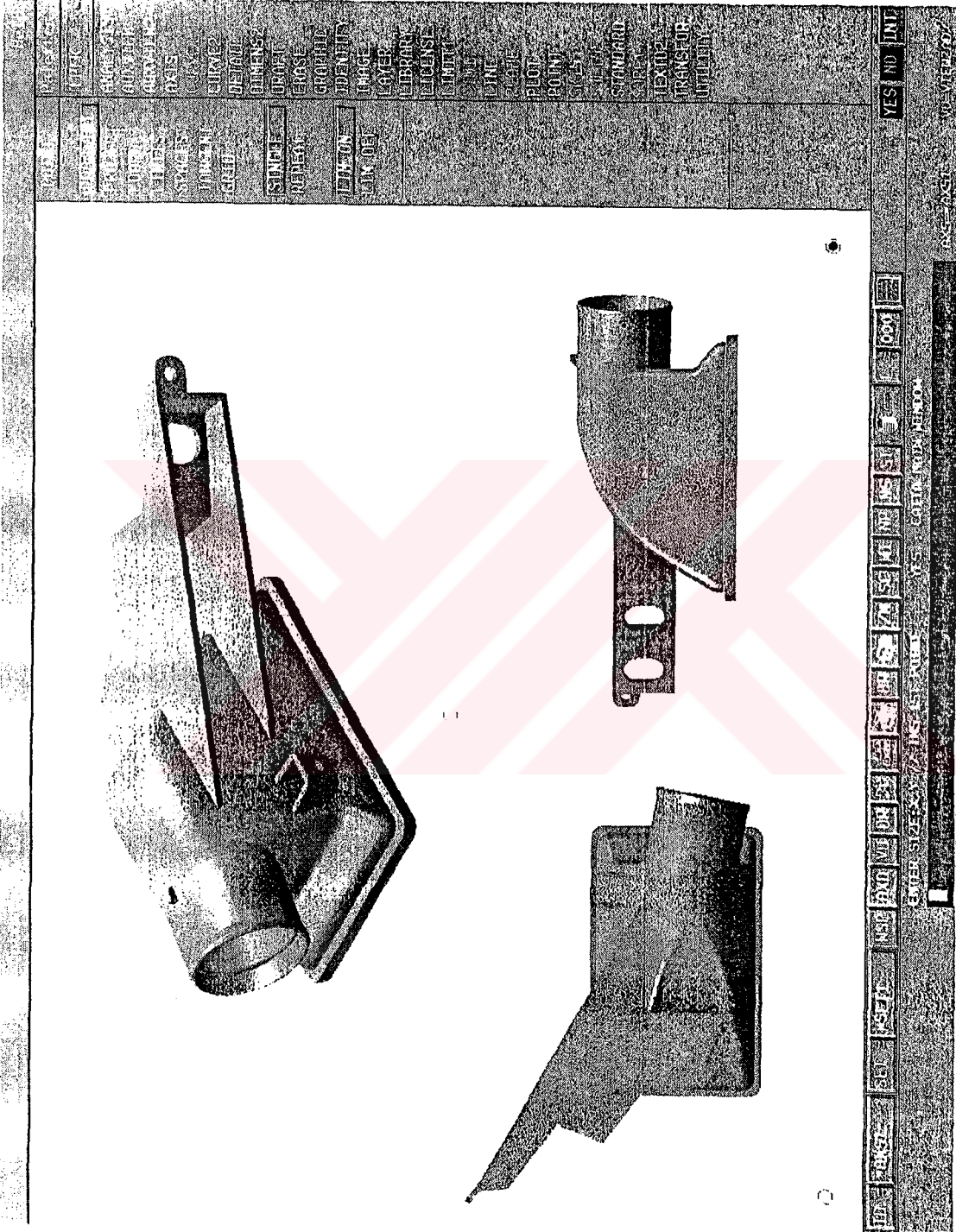


genel3 (1286x992x256 tiff)



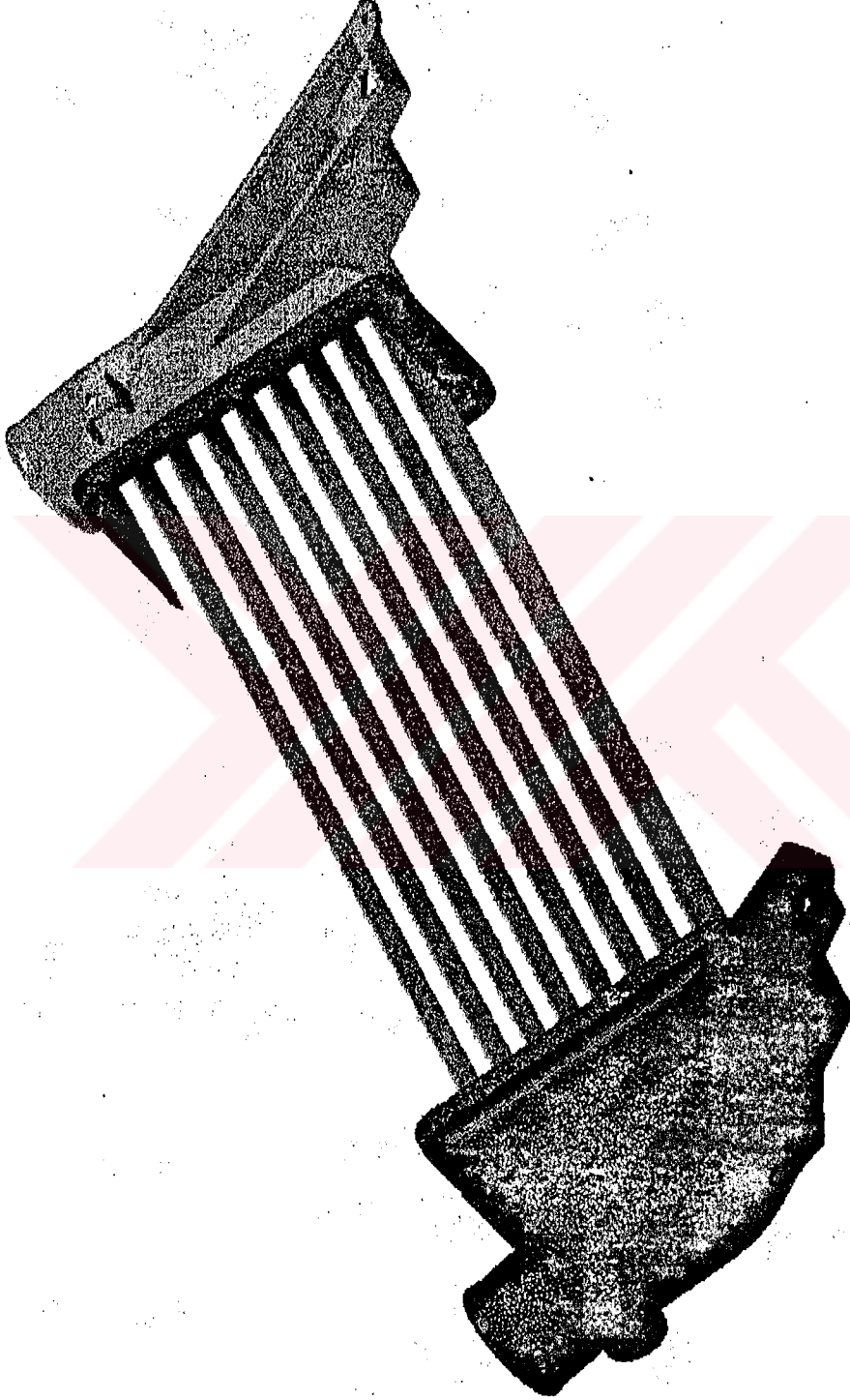
Şekil 4.1 Radyatör Kazanının Modellenmiş Hali

ger-e12 (1256x992x256 tiff)



Şekil 4.2 Şekil 4.1 'deki Radyatör Kazanının Katı Görüntüsü

komp1 (830x596x256 tiff)



Şekil 4.3 Modellenmiş ve Montajı Yapılmış Komple Radyatör

## 5. AKIŞ ANALİZİ

Akış analizi giriş ve çıkış sınırları arasında belirli bir formda Akışın hız dağılımını , basınç farklılıklarını , akımın çeşitini incelemeye yarayan analizdir.

Radyatörlerde özellikle kazanlarda ve bunun neticesinde soğutma suyunun girip , çıktığı parçaların temas yüzeyleri tüplere eş dağılım yapılması , ısı performansının yükselmesi ve istenilen basınç düşümü elde edilmesinde önem taşımaktadır.

### 5.1. Akış Analiz İşlemleri

Kullanılan Yazılım : Star Prostar 3.10

Analizde İzlenen Basamaklar

#### 1. Modelleme

Analiz işleminin yapılabilmesi için analiz uygulanacak olan parça veya parçaların akışın gerçekleşeceği yüzeylere ait 3 boyutlu modelinin yapılması gerekir. Modelleme CAD programları tarafından yapılmaktadır.

#### 2. Noktalarla Modelin Tarif İşlemi

3 boyutlu model direkt olarak analizlerde kullanılamaz. Bu modellerin kullanılması için matematik modelinin yani mesh işleminin yapılması gerekir. Noktalarla akış yüzeyinin birbirine ilişkili noktalar halinde gösterilmesidir. Tarif işlemi genellikle modellemenin yapıldığı programlarda bulunan modüller tarafından yapıp kaydedilmektedir.

#### 3. İterasyon İşlemi

Noktalarla tarif edilmiş yüzeylerle 3 boyutlu modeller arasında genellikle bazı farklar oluşabilmektedir. İterasyon işlemi kullanıcı kendisi veya otomatik olarak bu farkları tespit eder ve nokta sayısı ve konumlarını düzeltir.İterason işlemi sonunda parça akış analizinde kullanılacak hali almıştır.

#### 4. Giriş Bilgileri

Akışını incelediğimiz akışkanın cinsi , sıcaklığı , basıncı , debi değerleri girişi yapılır. Bunlara ilaveten akışkanın incelenen parçaya giriş yaptığı kesit seçilerek giriş bilgileri tamamlanır.

#### 5. Çıkış Bilgileri

Bu bölümede yalnızca incelenen parçadan akışkanın çıkış kesiti seçilir.

## 6. Sistemin Çalıştırılması

İlk 6 basamak tamamlandıktan sonra sistem çalıştırılır . Akış analizi sonuçları elde edilir.

## 7. Sonuç

Akış analizinde parçanın metaryel bilgisi kullanılmaz yani sürtünmenin olmadığı kabul edilir. Buradan çıkan sonuçlar sistemin denge durumundaki bilgilerdir ilk çalışma durumunu göstermez. Akış analizi sonucunda sistem denge konumunda iken akış profilleri , basınç dağılımları , hızların vektörel dağılımlarına ait bilgiler grafik şeklinde elde edilir.

## 8. Değerlendirme

Analiz sonunda çıkan sonuçlar istenilen değerlerle karşılaştırılır. Bulunan sonuçlar yeterli görülümüşse analiz sona erdirilir fakat genelde Akış analizleri defalarca yapılan analizler olduğundan dolayı sonuçlar değerlendirilir ve modelde değişiklikler yapılır. Bu safadan sonra analiz işlemleri yukarıda sıralanan 8 basamağı tekrarlamak suretiyle yenilenir. Analiz istenilen değerlere erişinceye dek sürdürülür.

### 5.2. Radyatöre Akış Analizi Uygulanması

Akış analizi radyatörlerde akışın en önemli olduğu plastik kazanlara uygulanacaktır.Kazanlara ilaveten tabla ve tüplerde modele ilave edilecek ve tüm bu parçalar tek bir katıymış gibi analiz işleminde kullanılacaktır. Aşağıdaki uygulamada 2 kez tekrar edilmiş akış analizi incelenecektir.

#### 5.2.1. Birinci Akış Analizi

Analizi yapacağımız müşterinin verdiği kaba model Şekil 5.1 deki gibidir. Şekil 5.1 de görüldüğü üzere kazanda her hangi bir ovallik yoktur. Verilen modelde önemli olan unsurlar bağlantı breket ve bağlantı delikleri , kazan giriş borusunun çapı ve konumu bunlara ilavetende kazan boy , en ve yüksekliği olarak sıralayabiliriz.

Akış analizine başlamadan önce verilen bu kaba modelde kullanılması zorunlu geometriler kullanılarak akış için uygun olan profil tecrübelerle saptanır ve modellenir yani analize ilk verilen model yerine tecrübeler sonucu uygun görülen Şekil 5.2 deki modelle başlanır.

1. Modelleme : Şekil 5.2. deki model Catia ortamında oluşturulur.
2. Noktalarla Tarif İşlemi : Şekil 5.2. deki model Catia altındaki ANMESH modülü yardımıyla noktalarla tarifenir haline getirilir.

3. İterasyon : İterasyon sonucunda parça noktalı görünüşü olan model üzerinde tariflenen noktalar düzeltilir.

4. Giriş Bilgileri :

Akışkanın cinsi : Su

Sıcaklık : 90 °C

Basanç : 2.4 bar

Debi : 150 l/s

Kesit : Kazan giriş borusu kesiti seçilecek.

5. Çıkış Bilgileri : Kazan altıda çıkış borulardan olduğundan boruların sayı ve kesiti seçilecek.

6. Sistemin çalıştırılması

Tüm yüklemeler yapıldıktan sonra sistem çalıştırılır.

7. Birinci Akış Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan akış analizi sonuçlarını değerlendirmek için akışkanlar mekaniği eğitimi almış mühendisler , plastik kalıpcılık konusunda tecrübeli ustalar ve kazan tasarımı yapan tecrübeli kişilerden bir ekip kuruldu. Bu ekip çıkan sonuçları değerlendirip gerekli değişiklikleri yapacak ve bir sonraki akış analizi için yeni değişikliklere karar verecek.

Değerlendirme :

Yapılan akış analizi sonucu Şekil 5.4 de görüldüğü üzere kazan girişden sonra bir türbülans meydana gelmekte ve Şekil 5.5 deki gibi basınç dağılımı meydana gelmektedir. Bu şekiller sonucunda görüleceği üzere giriş tarafındaki tüplere uzak taraftaki tüplerden daha az hava girmektedir. Tasarım homojen basınç dağılımı ve türbülansı önlemek şeklinde düzeltilmelidir.

Değerlendirme sonucu modelde aşağıdaki değişkenlerle oynamak istenilen şartları sağlayacağı saptanmıştır.

1. Büyük radisün arttırılması
2. Girişe maça konulup giriş profilini değiştirme
3. Kazan içine yönlendirici federler konulması
4. Giriş borusu açısıyla oynanması
5. Giriş borusunun öne doğru çekilmesi veya borunun kısaltılması
6. Tüp çıkış miktarları ile oynanması

Tüm bu saptamalar akışın performansını arttıracığı saptanmış ancak maliyet ve müşteri isteklerinin kesinliği ve kalıplılık açısından 1. ve 6 seçenek değerlerinin değiştirilmesine karar verilmiştir.

### 5.2.2. İkinci Akış Analizi

Değerlendirme sonucunda yapılan değişiklikler ;

1. Kazan büyük radiusu 50 mm den 100 mm ye çıkartıldı.
2. Tüplerin tabladan çıkma miktarı 1 mm den 3 mm ye arttırılmıştır.

1. Modelleme : Model değerlendirme sonucunda Şekil 5.6 daki gibi oluşturulur.
2. Noktalarla Tarif :
3. İterasyon :
4. Giriş Bilgileri : Giriş bilgileri değişmez aynı kalır.
5. Çıkış Bilgileri : Çıkış bilgileri değişir. Tüplerin tabladan çıktığı miktar 1 mm den 3 mm ye arttırılır. Bunun sonucunda 3 mm içerideki tüp giriş kesitleri seçilir.
6. Sistemin çalıştırılması , tüm yüklemeler yapıldıktan sonra sistem çalıştırılır.
7. İkinci Akış Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İkinci analiz sonunda Şekil 5.7 de görüldüğü gibi kazan boru girişinde meydana gelen türbülans Şekil 5.4 e oranla azalmaktadır. Aynı şekilde Şekil 5.8 deki basınç dağılımı ilk analiz sonucu elde edilen Şekil 5.5 deki basınç dağılımına oranla kazan girişi lehine değişmekte ve kazan genelinde daha dengeli hal almıştır. Tüp girişindeki hız eğrilerine bakılırsa ortalama değerleri birbirlerine daha yakın olduğu görülebilir.

Birinci akış analizi sonunda yapılan değerlendirilmeler neticesinde Kazan radius artışı ve tüplerin tabladan çıkma miktarındaki artış kazan hız ve basıncında olumlu etki yapmıştır.

Yapılan ikinci analiz sonrasında değiştirebileceğimiz değişkenlere baktığımızda bunlarda oynamalar yapmanın sonuca pek fazla etki etmeyeceği ve yapılacak düzeltmelerle kazanın mukavemetinde azalmaların olabileceği ve maliyetlerin artabileceği kararına varılmış ve akış analizi sonucunda kazan iç profili Şekil 5.9 deki gibi olmasına karar verilmiştir.

### 5.3. Akış Analizinin Doğrulanması

Akış analizinin doğrulanması için mevcut testlerin dışında özel test tasarlanmıştır. akış analizinde son şeklini almış olan seviyedeki kazanlara uygulanmıştır. Analiz işlemiyle her bir

tüpe ait ortalama hız değerleri hesaplanabilmektedir. Buna ilaveten giriş değerleri sabit ve kesiti belirli olduğuna göre giriş kesit ve hızı baz alınıp ilk ve son tüpten geğen su miktarı analiz programı kullanılarak hesaplanabilmektedir. Test işlemi içinse ilk ve son tüplerin ortasına debi ölçer yerleştirmek suretiyle debileri ölçülecektir . Karşılaştırmanın daha sağlıklı yapılabilmesi için direkt debi miktarları yerine giriş debisine oranları karşılaştırılacaktır.

#### Analiz İşlemine Ait Değerlerin Hesaplanması

Giriş Debi : 150 l / dk

Giriş Kesit Alanı : 157 mm<sup>2</sup>

1. Tüp Kesit Alanı : 52 mm<sup>2</sup>

1.Tüp Ort. Debi/ Giriş Debi : 0.0793

1. Tüp Ortalama Debisi : 11.9 l/dk

12. Tüp Kesit Alanı : 52 mm<sup>2</sup>

12.Tüp Ort. Debi/ Giriş Debi : 0.0813

12. Tüp Ortalama Debisi : 12.2 l/dk

Test İşlemi sonunda Debi Ölçerden alınan sonuçlar :

Giriş Debisi : 150.2 l/dk

1. Tüp Kesit Alanı : 11.58 l/dk

1.Tüp Ort. Debi/ Giriş Debi : 0.077

2. Tüp Kesit Alanı : 11.9 l/dk

12.Tüp Ort. Debi/ Giriş Debi : 0.0792

Değerlendirme :

Akiş analizinde amaçlanan he tüpe eşit miktarda su dağılımının olması yani eşit debi hedef alınmıştı. Bu yüzden hata miktarı olarak debilerdeki sapmalar incelenecektir.

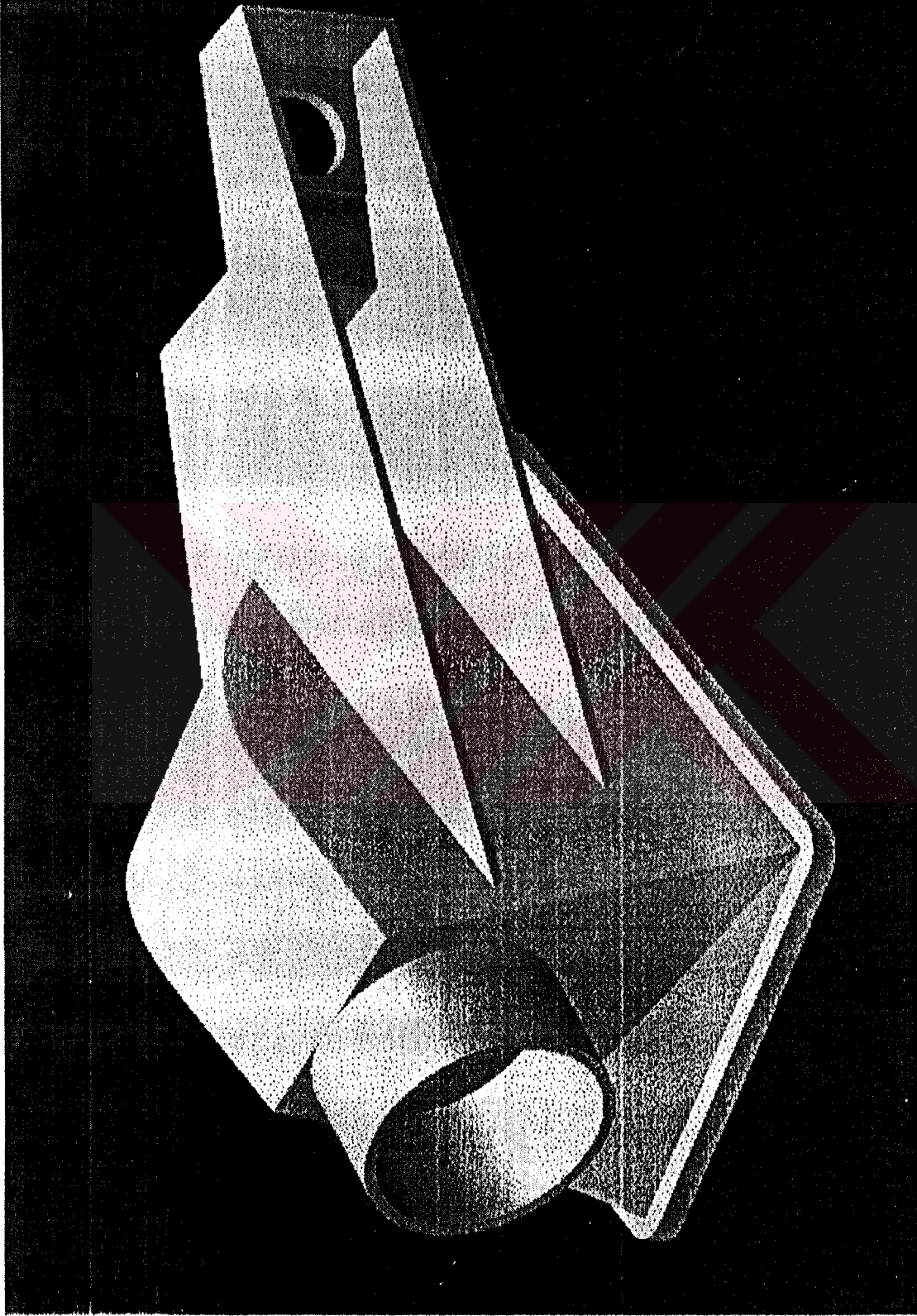
1. Tüpte meydana gelen sapma :  $(( 11.9 - 11.58 ) / 11.58 ) * 100$

% 2.76

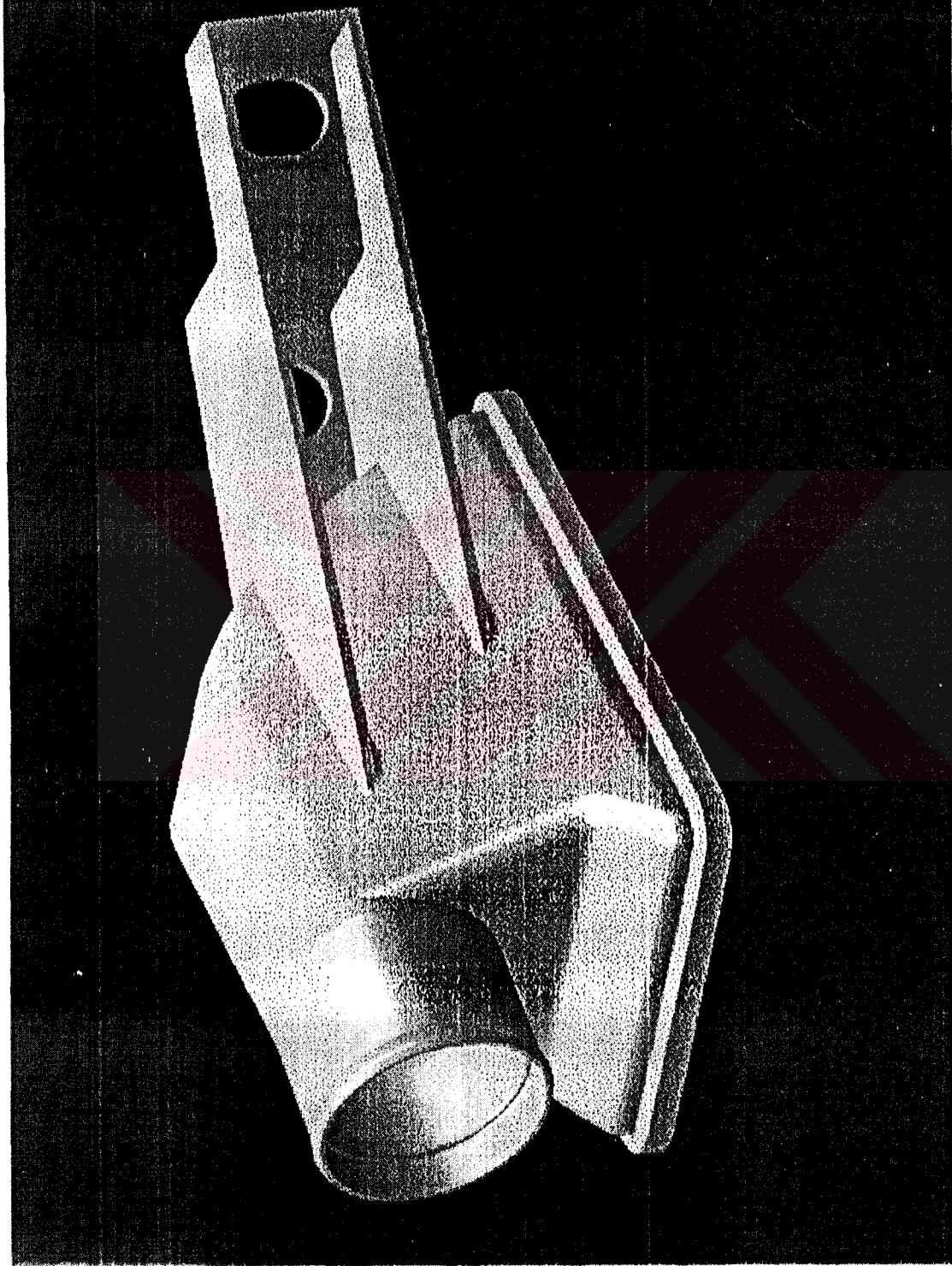
12. Tüpte meydana gelen sapma :  $(( 12.2 - 11.9 ) / 11.9 ) * 100$

% 2.52

Hata miktarları % 2-3 arasında değişmektedir. Bu farklar CFD analizinde sürtünme gibi kontrol edilemeyen faktörlerden meydana gelmektedir. Ancak yapılan analizin hata oranına bakıldığında CFD analizinin yüksek güvenilirlikte olduğu görülmektedir .

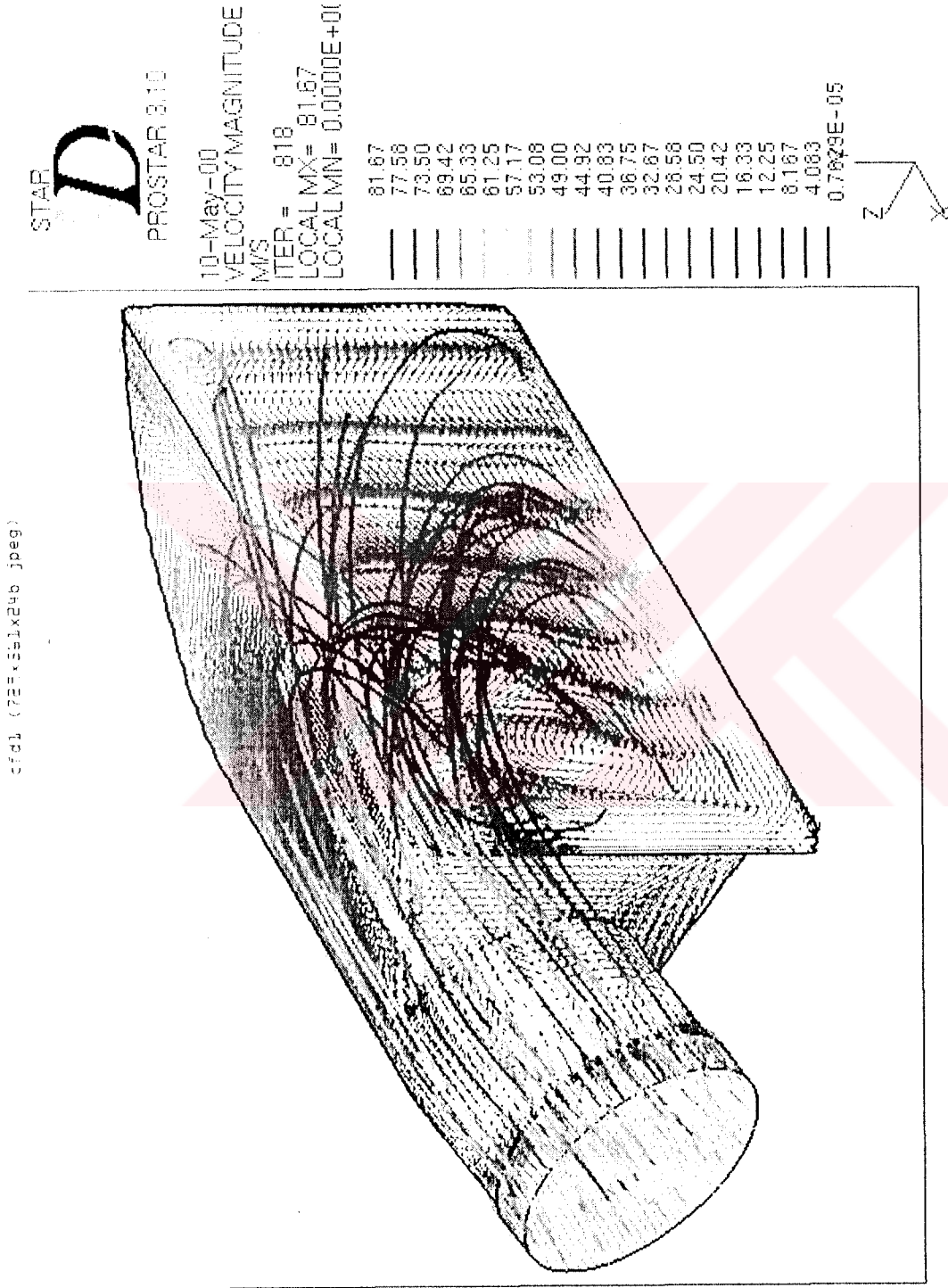


Şekil 5.1 Müşterinin Gönderdiği Kaba Model

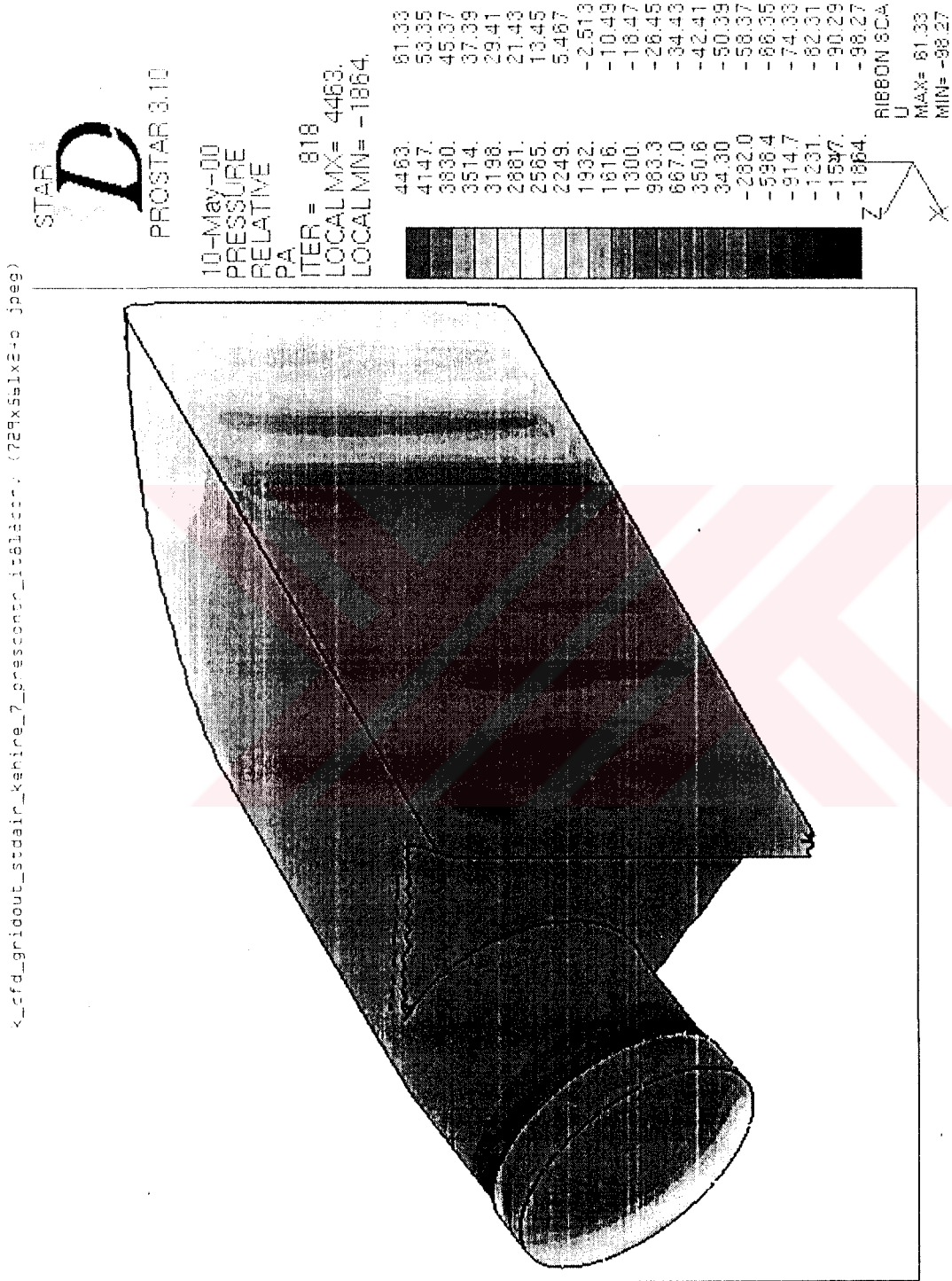


Şekil 5.2 Birinci Akış Analizi Uygulanacak Olan Model

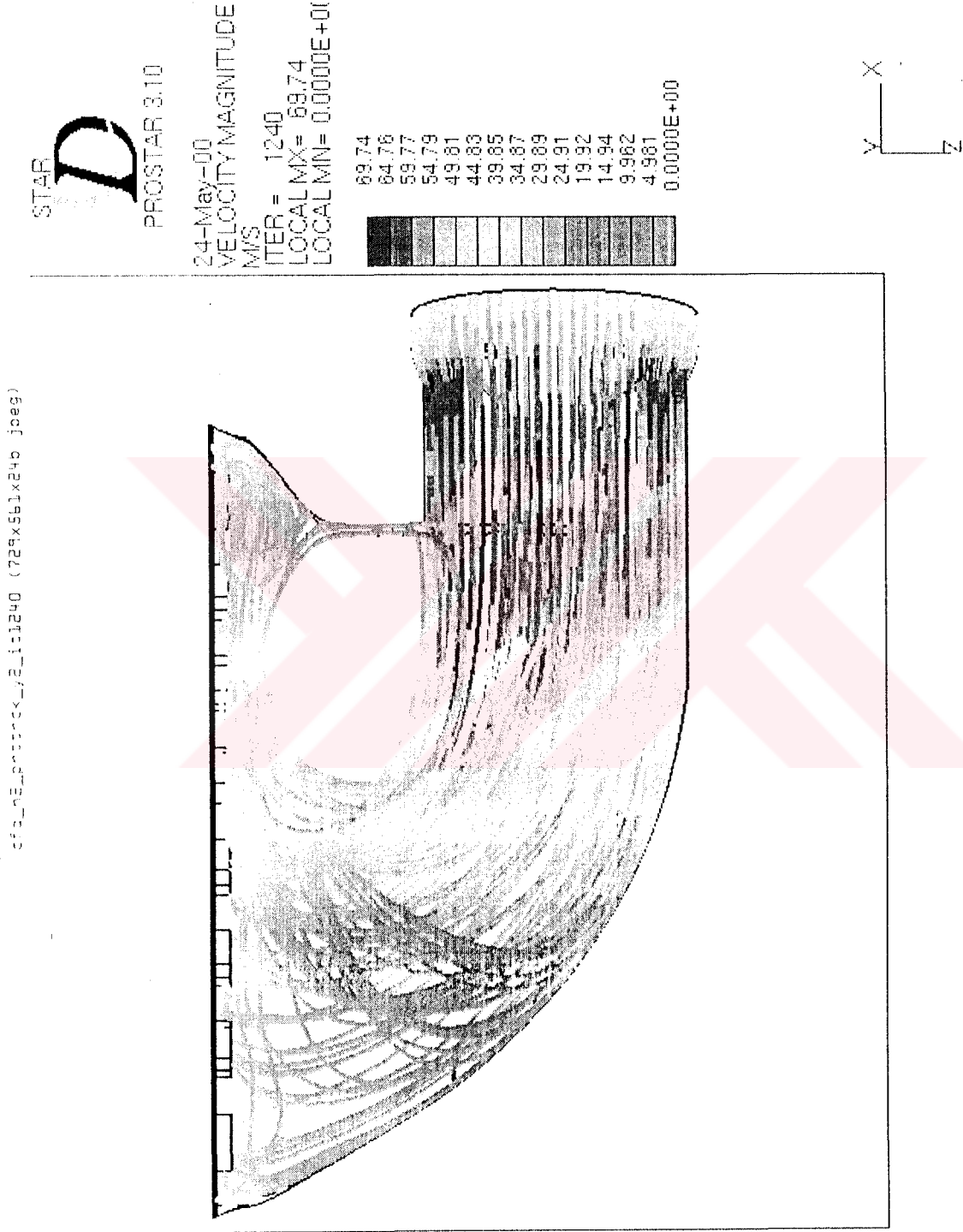




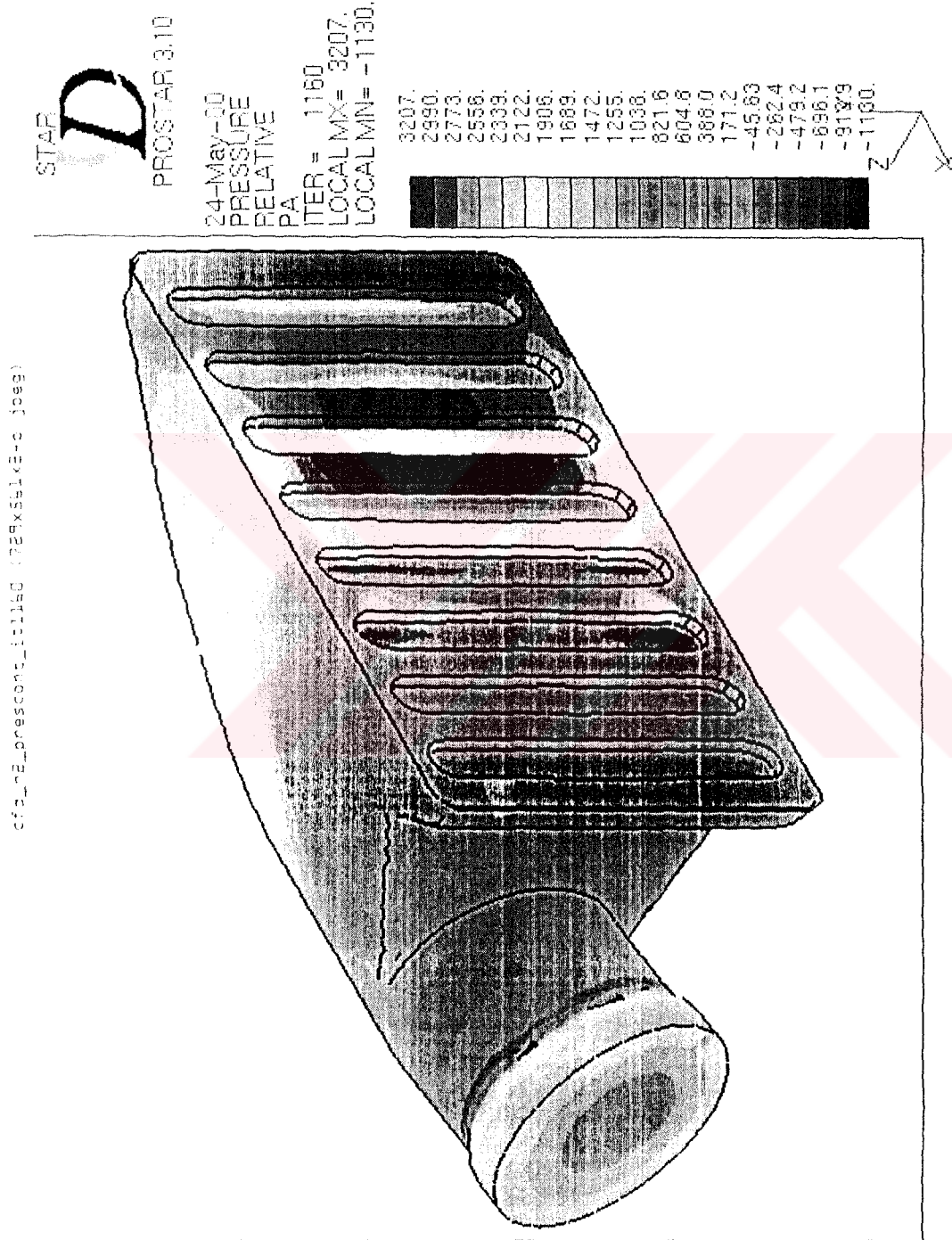
Şekil 5.4 Kazan İçi Hız Dağılımı ( 2 )



Şekil 5.5 Kazan İçi Hız Basınç Dağılımı



Şekil 5.6 İkinci Akış Analizi Sonunda Kazan İçi Hız Basınç Dağılımı



Şekil 5.7 İkinci Akış Analizi Sonunda Kazan İçi Basınç Dağılımı



Şekil 5.8 Akış Analizi Sonunda Kazanın Düzeltilmiş Görünüşü

## 6. DAYANIM ve ÖMÜR ANALİZİ

Dayanım analizi radyatöre etki edecek muhtemel yol datası etkisi altında radyatörün dayanımını saptamak ve deformasyon olabilecek yerleri saptayıp önlem alabilmek için uygulanır. Ömür analizi ise parçanın verilen çalışma süreleri sonunda veya belli bir süre sonunda hasar olup olmayacağını saptamakta kullanılırlar.

### 6.1. Dayanım Analizi

Kullanılan Yazılım : ABAQUS / Explicit

Abaqus sistem analizleri konusunda oldukça gelişmiş bir analiz programıdır. Dinamik sistemlerin analizinde Abaqus'un Explicit modülü kullanılmaktadır. Bu modül malzemenin non-lineer çalışması durumunda ve dinamik sistemlerin analizinde kullanılmaktadır.

Analizin yapılması

1. Analizi yapılacak olan model komple 3 boyutlu modellenir.
2. 3 boyutlu modele analiz işlemi yapılabilmesi için model noktalarla tarif edilir
3. Noktalarla tarif sonucunda buzukluklar için iterasyon işlemi yapılarak gerçek modele uygun hale getirilir.
4. Analizi yapılacak olan parçaların malzemesinin seçilmesi : Kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri Elastikli modülü , gerilim-uzama diyagramları , N-S diyagramları çekme , eğilme , burulma değerleri için akma ve kopma değerleri girilir.
5. Bağlantı yerleri seçilir ve parçaya bağlanacak yerler tanımlanır. Bağlantı çeşitleride seçilir.
6. Yol datası elde edilir . Aracın istenilen noktalarından toplanan yol dataları RPC programı yardımıyla araç ve parçalarının dayanım , ömür testleri ve analizlerinde kullanılan bir yazılımdır. RPC simülasyonu ile test edilecek parçanın çalışma ortamı karakterize edilip , yol parametreleri kaydedilir. Bu kayıtlar düzenlenip aynı şartlar sağlanıp test edilecek parçalara uygulanarak dayanım , ömür testleri ve analiz yapılabilir. Bu kayıtlar ve program vasıtasıyla farklı dizaynların laboratuvar ortamında test edilmesine olanak sağlar. Bunun dışında kayıtlar analiz programlarınca kullanılıp tasarım aşamasında kontroller ve düzeltmeler yapılabilir.
7. Sistem çalıştırılır.
8. Değerlendirme ve sonuçlar.

### 6.2. Radyatöre Dayanım Analizi Uygulaması

Dayanım analizi yapılmadan önce kritik noktalar ve parçalar belirlenir. Radyatörde bağlantı yerlerinin yapıldığı parça olması bakımından kazanar kritik parça olarak seçilmiştir. Tüm bu işlemler kazanlar esaslı olarak yapılacaktır.

#### 1. Modelleme

Dayanım analizi için Şekil 3.4 deki gibi modellenmiş komple radyatör kullanılacak

#### 2. Kullanılacak modelin noktalarla tarifi

#### 3. Düzeltme işlemi

Şekil 6.1 de nokta olarak Şekil 6.2 de katı haldeki kazan görüntüsü bulunmaktadır. Dikkat edilirse kazanların mesh şekilleri modelden farklıdır. Nokta sayısının artması meshi modele daha yakın olmasını sağlayacaktır. Ancak nokta sayısı belli değerlere kadar artabilir. Bu değerlerin aşılması analizi yapan donanımın kilitlemesi veya sistemin aşırı ağırlaşmasına sebep olur. Bunun için mesh işleminde nokta sayısı Abaqus 'da 80 000 'i aşmaz.

#### 4. Malzeme bilgilerinin girilmesi

Analiz işlemi esas olarak kazanlara yapılacağından dolayı kazanlara ait ayrıntılı malzeme bilgisi ve diğer parçalara ait sadece kütlelerinin hesaplanması maksatıyla yoğunluk bilgileri girilir.

Kazan malzemesi olarak PA 66 GF 43 polyamid kullanılacaktır.

#### ZYTEL 70 G43 L NC010 \*

E ( Young Modülü )	14 000 mPa	( Kuru )
Poisson sayısı	0.33	
Kopma Gerilimi ( 5 mm/dk )	165 mPa	( DAM )
Kopma Uzaması ( 5 mm/dk )	3 %	( DAM )
Basma Gerilimi ( 5 mm /dk )	180 mPa	( Kuru )
Yoğunluk	1.45 g / m <sup>3</sup>	

#### N - S diyagramları

23 ° C de ve % 90 güvenilirlikli ömür değerleri

10 000	yük tekrarına karşılık gelen gerilme	65 mpa
1 000 000	yük tekrarına karşılık gelen gerilme	57 mPa

Çalışma şartları 90 °C olduğundan bu gerilme değerleri % 30 azalacak.

\* Dupont Engineering Polymers ( 2000 ) , European WEB Site CD-ROM

Petek bölümünde Alüminyum malzeme kullanılacak ve modelde kapladıkları hacim ile yağunlukları çarpımı sonunda petek ağırlığı 1.6 kg olarak hesaplandı.

#### 5. Bağlantı yerleri ve çeşitleri

Şekil 6.2 deki mesh görüntüsüne bakılırsa bağlantı breketlerde bulunan deliklerden vidalamak suretiyle yapılmaktadır. Şekildeki oklar bağlantı yüzeylerinin ters kuvvetlerini göstermektedir.

#### 6. Yol datası kayıtları

Radyatörün takılacağı araca ait yol datası Şekil 6.3 deki imal edilmesi düşünülen araç prototipinden elde edilir. Yol datası için özel olarak hazırlanan araç tüm alt yapısı ile imalatı düşünülen araçla aynıdır. ( Radyatörün takılacağı yataklar , aracın suspansiyon sistemi vs. )

Araç protopine Şekil 6.4 , Şekil 6.5 , Şekil 6.6 ve Şekil 6.7 deki gibi radyatörün bağlandığı yerlere ivme ölçerler yerleştirilir. İvme ölçerler tek yönlü titreşimin ivmesini ölçerler. Bu yüzden her bir bağlantı noktasına 3 adet x , y, ve z yönlerine ivme ölçerler yerleştirilir. Araç önceden saptanan 50 farklı yolda ve belirli hızlarda sürülerek kayıtlar yapılır.

Kayıt işlemleri bittikte sonra bu kayıtlar titreşim kayıtlarının düzenlenmesinde kullanılan RPC programı tarafından düzenlenir ve analiz işlemi için kullanılacak hale gelir.

#### 6. Sistem çalıştırılır

İlk beş işlem tamamlandıktan sonra aşağıdaki bilgiler programda seçilip sistem çalıştırılır.

- Mesh halinde model
- Malzeme bilgileri ve kütle atamaları
- Bağlantı noktaları ve şekilleri
- Yol Datası

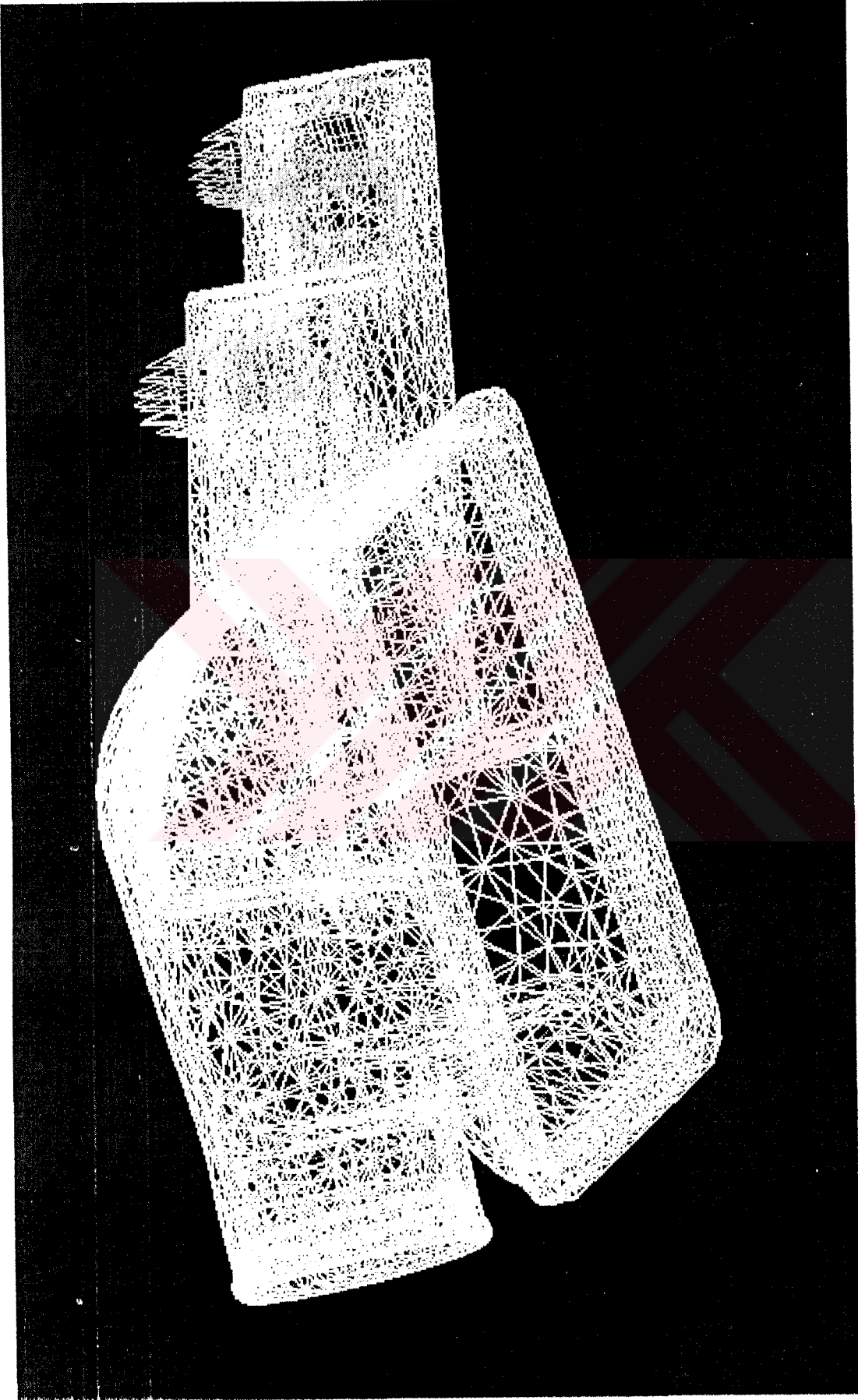
#### 8. Değerlendirme ve Sonuçlar

Sistemin çalıştırılması bittikten sonran Şekil 6.8 deki gibi gerilme dağılımı ve Şekil 6.9 daki uzama miktarlarını gösteren şekiller elde edilir. Bu çıktılar Von Mises yöntemi yani enerji methoduyla hesaplanmıştır.

Şekil 6.8 ve Şekil 6.9 'a dikkat edilirse bağlantıların yapıldığı delikler çevresinde ve kazanların brekette olan kesişim alanı çevresinde tüm gerilme ve uzamalardan daha fazla değişim olduğu görülmektedir. Ancak bu değişim miktarları lineer bölge içindedir.

Fakat yol datasının güvenilirliği ve müşterinin radyatör ömrünü % 90 'ınının 10 yılı aşmasını istediğinden kalınlık 3 mm olarak korunur. Önlem olması bakımından breket ile kazan kesişim alanı arttırılır.

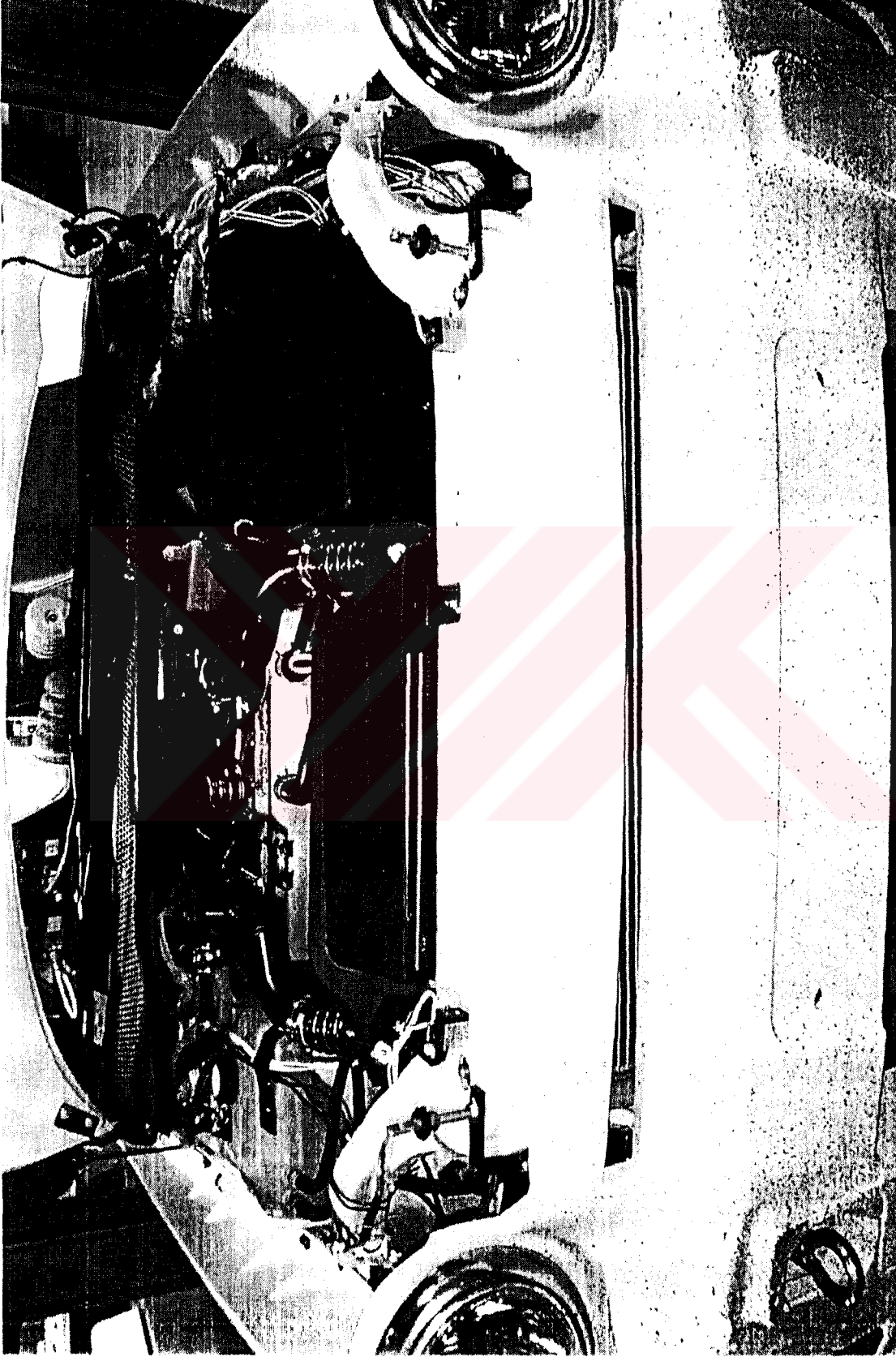




Şekil 6.1 Radyatör Kazanının Noktalarla Tarifi Sonundaki Görünümü

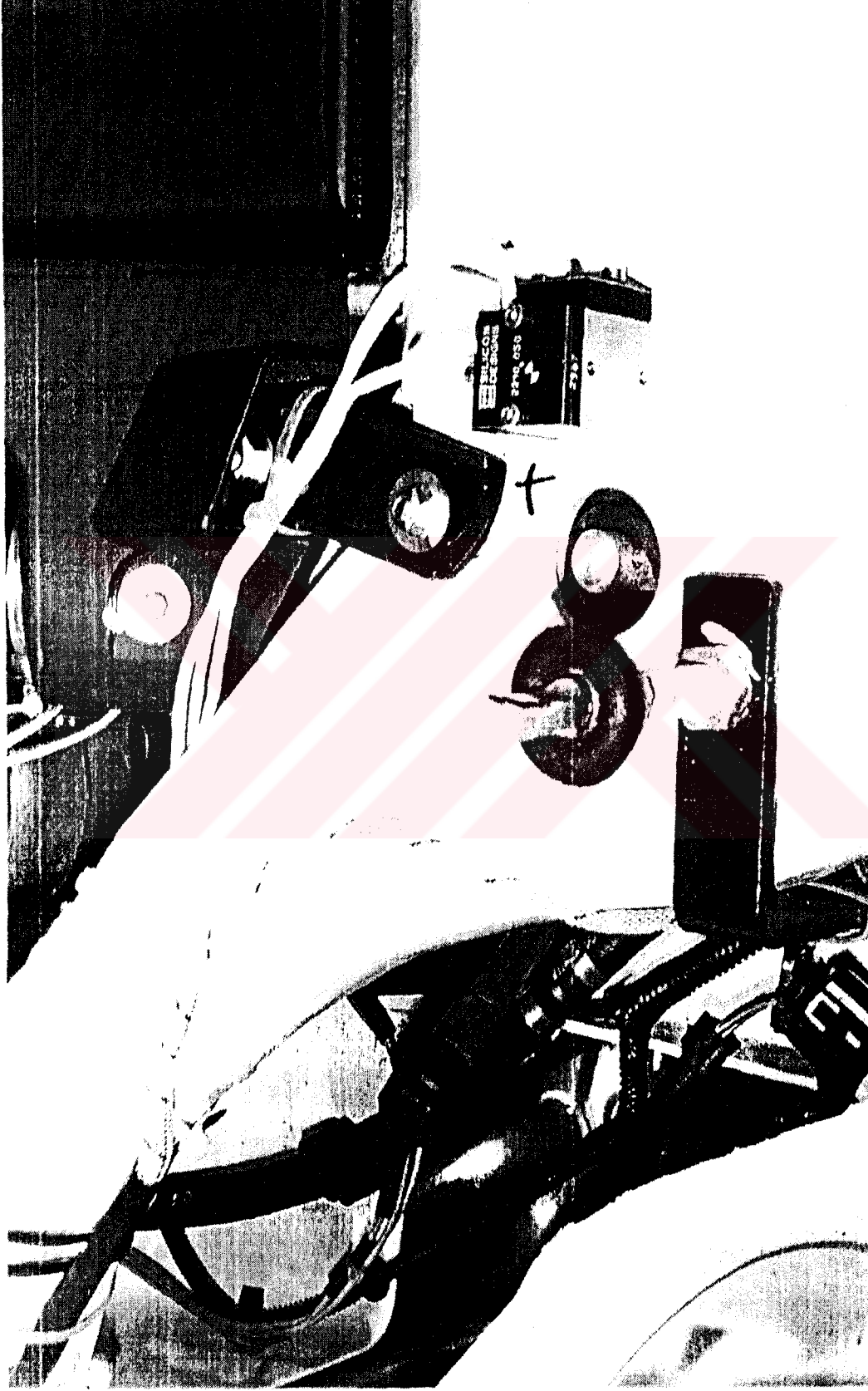


Şekil 6.2 Radyatör Kazanının Noktalarla Tarifi Sonundaki Görünümü ( 2 )



Şekil 6.3 Yol Kayıtlarının Yapılacağı Prototip Aracın Motor Görüntüsü

R/H Upper Radiator Mount Accelerometer. (CAB0151, CAB0152 & CAB0153)



Şekil 6.4 Radyatör Üst Sağ Bağlantısından Görünüş

10882214 ACCEL PER MOUNTING (1750-1156X10 1999)  
L/H Upper Radiator Mount Accelerometer. (CAB0149 & CAB0150)



Şekil 6.5 Radyatör Üst Sol Bağlantısından Görünüş

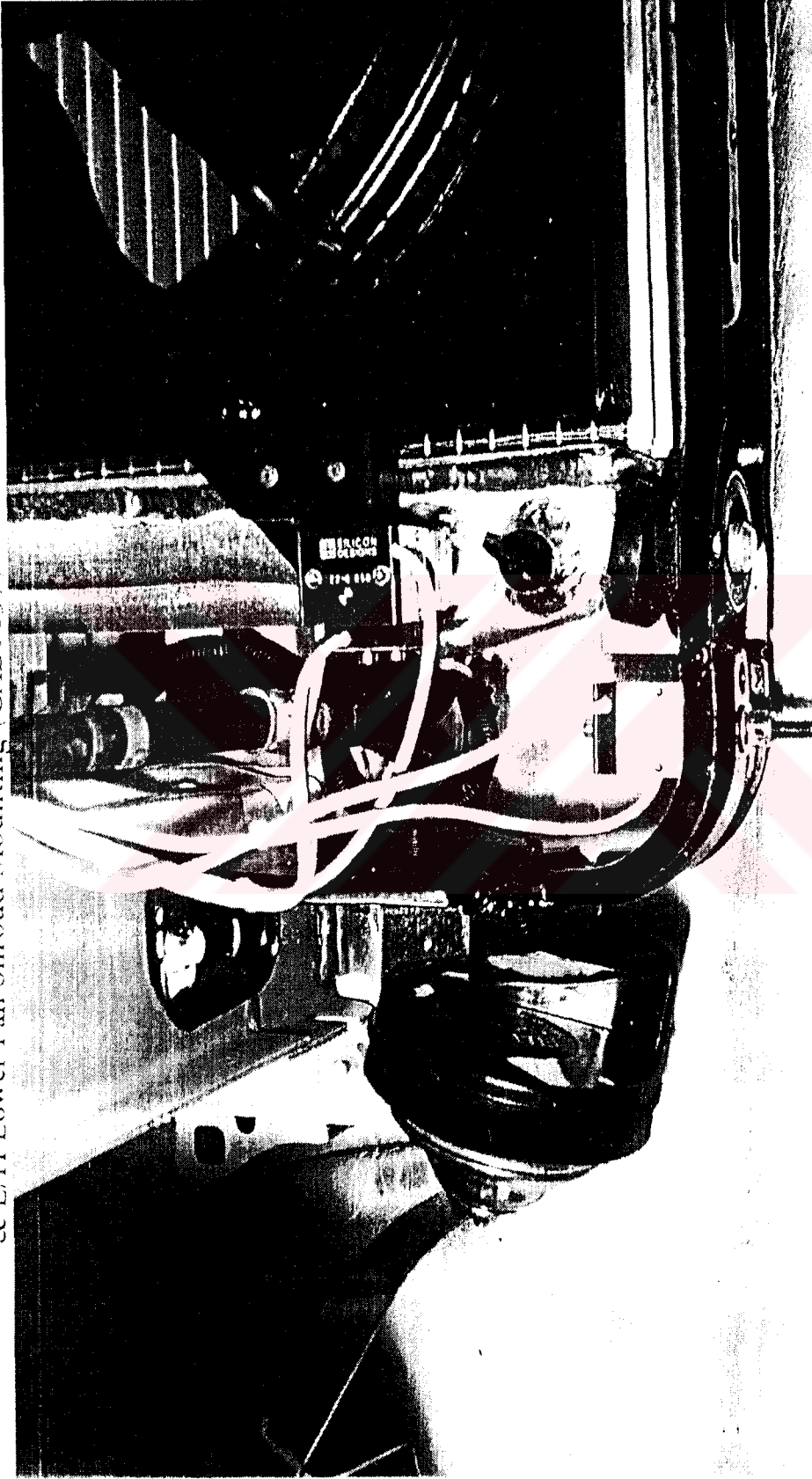
110522\_011 - Lower Rad Mounting\_01 (1F60156&157) J068  
R/H Lower Radiator Mount Accelerometer. (CAB0156 & CAS0157)



Şekil 6.6 Radyatör Alt Sağ Bağlantısından Görünüş

115822\_01 Lower Fan Mounting 115822\_01 115822\_01 JoeB

L/H Lower Radiator Mount Accelerometer. (CAB0154 & CAB0155)  
& L/H Lower Fan Shroud Mounting (CAB0159, CAB0160 & CAB0161)



Şekil 6.7 Radyatör Alt Sol Bağlantısından Görünüş





### 6.3 Ömür Analizi

Kullanılan yazılım : ABAQUS / Safe

Modül belirli bir zaman sonunda veya analiz edilecek parçanın sürekli mukavemet bölgesinde olduğu veya yol datası sonunda hasarın olup olmadığını gösteren programdır. Sistemin dayanım analizinde olduğu gibi grafik arayüzü yoktur. Dayanım analizi altında çalışır.

#### 6.3.1 Ömür analizi

Ömür analizi dayanım analizleri sonunda yapılabilir. Aynı modül halinde olmasına karşın dayanım analizi sonunda uygulanır. Ömür analizi ile belirli bir süre sonunda hasar olup olmayacağı anlaşılır.

1. Dayanım analizin sonunda belli gerilim ve uzama değerleri elde edilir. Bu değerler belirli bir yol datası veya belirli bir titreşim sonunda ortaya çıkan değerlerdir. Ömür analizinde ise bir süre veya yol datasının tekrar sayısı girilerek belirli bir zaman ataması yapılmaktadır.
2. Sistem çalıştırılması
3. Değerlendime ve sonuç

#### 6.3.2 Radyatöre ömür analizi uygulanması

1. Dayanım analizi sonuçları Şekil 6.8 ve Şekil 6.9 daki gibi alınır. Süre tüm yol datasının belli katları şeklinde alınabilir. Yol dataları konsantre kayıtlar olduğundan kaydın yapıldığı yolla aynı hasarı verecek kayıt sayısı saptanır , bu katsayının dışında muhtemel ömür değeri için o yoldan geçme yani tekrar sayısı saptanır ve yol datası kayıtları o katsayılarla çarpılarak aracım tüm ömrü ile eş hasarı verecek yol dataları ve tekrar sayıları elde edilir.

2. Sistem çalıştırılır

3. Değerlendirme ve sonuç

Atanan süre zarfında ve yol datası uygulanması sonucu meydana gelen gerilimler etkisi altında hasar meydana gelmez.

### 6.4 Dayanım ve Ömür Testi

Yapılan dayanım ve ömür analizleri için Vibration Testleri yapılmaktadır. Bu test MAST Cihazında ( Çok Eksenli Simülasyon Masası ) , ön görülen yol dataları ve tekrar sayısınca

araca bağlantı yerlerinden MAST'a bağlanmak suretiyle yapılmaktadır. Vibrasyon sırasında radyatöre darbeli şekilde su gönderilmektedir. Eğer radyatör test sonunda fonksiyonel özelliklerinde hasar meydana gelmemişse testten geçmiş anlamına gelmektedir.

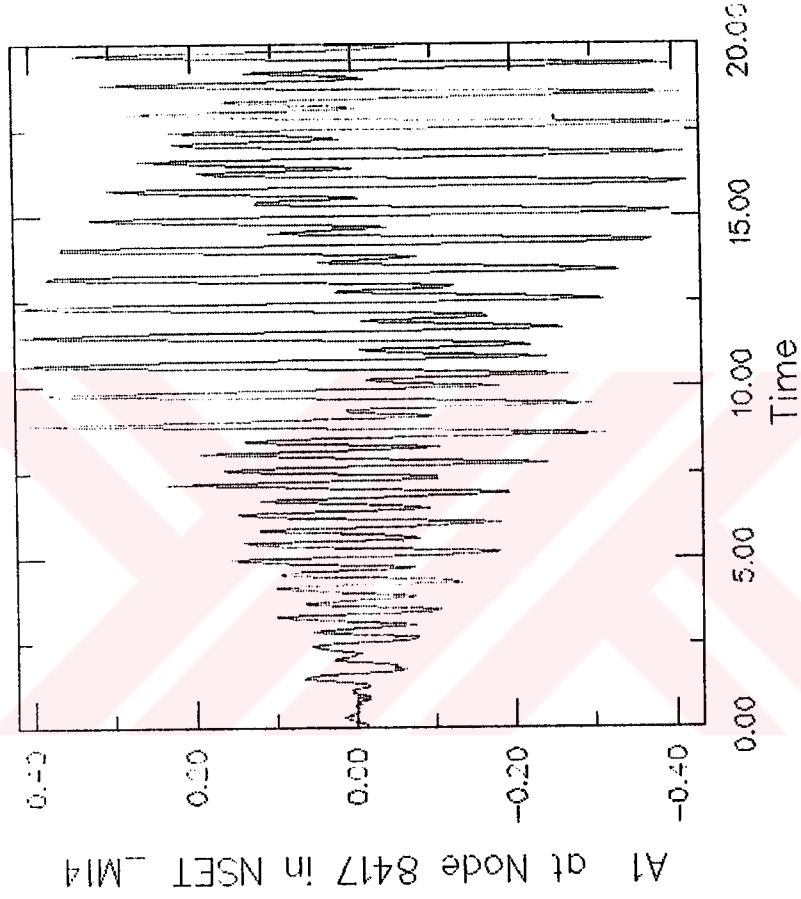
Şekil 6.10 de MAST cihazının görüntüsü görülmektedir. Prototip bu cihaza araca bağlantı konumunda bağlanmaktadır. Prototipe Şekil 6.11 , Şekil 6.12 ve Şekil 6.13 deki gibi sırasıyla X , Y ve Z yönünde yol dataları uygulanır. Uygulanan yol datası ve tekrar sayısı Şekil 6.14 de görülmektedir.

Dayanım ve ömür testi 8 adet numuneye 15 gün süresince yapılmış ve test işlemi sonunda herhangi bir hasara rastlanmamıştır.



k1\_messyn\_al\_nref\_a\_x11137 (1063x763x24b jpeg)

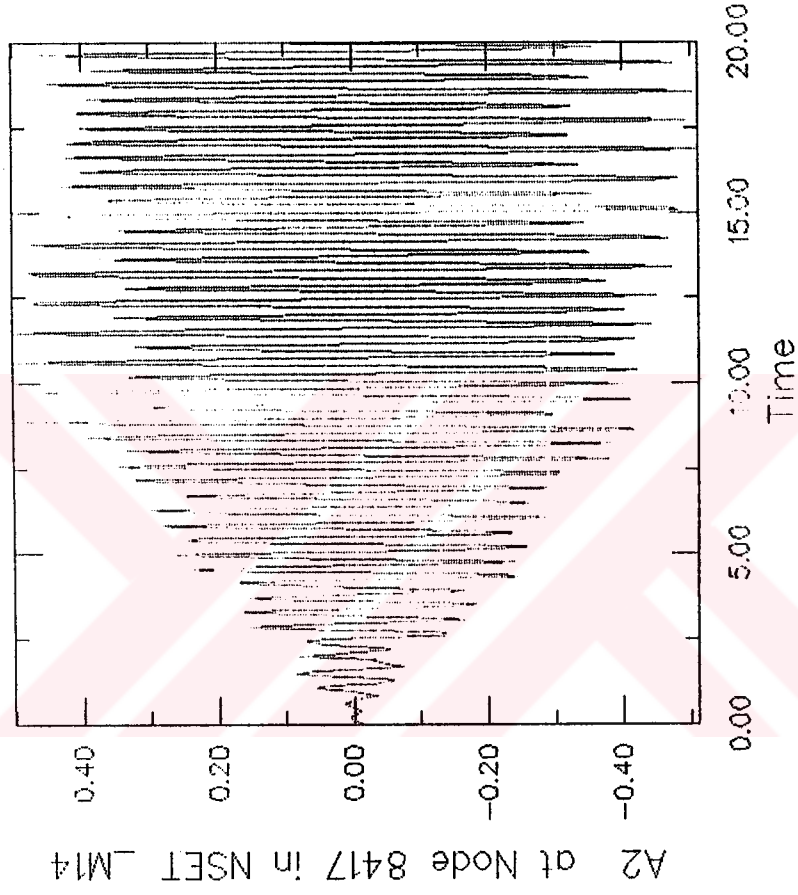
— A1 N: 8417 NSET\_M14



Şekil 6.11 Radyatöre Uygulanacak Bir Yol Kaydının X Yönündeki Grafiği

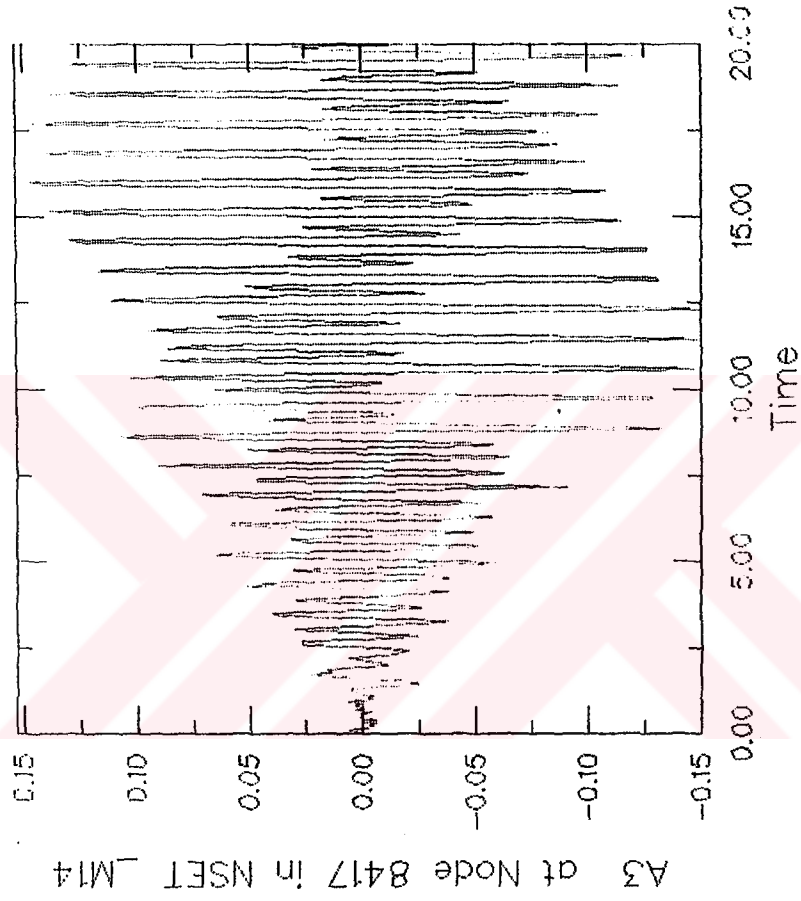
kl\_moddyn\_a2\_nref\_s:11137 .1C63X7=3x2ub jpeg)

AL N: 3-27 NSET \_M14



Şekil 6.12 Radyatöre Uygulanacak Bir Yol Kaydının Y Yönündeki Grafiği

ki\_modyn\_a3\_ref\_e.11137 (1083x753x246 jpeg)



A3 N: 8417 NSET\_M14

Şekil 6.13 Radyatöre Uygulanacak Bir Yol Kaydının Z Yönündeki Grafiği

Event or Surface Name Description	Total Number of Event Passes per Load Condition					Total Number of Passes
	Unladen	Half Laden	G.V.M			
			U.D.L	M.F.P	M.R.P	
Front Left Wheel Kerbing 8Km/h	180	720	384	0	0	1584
Front Right Wheel Kerbing 8Km/h	180	720	384	0	0	1584
Kerbing Islands Slalom 8Km/h	880	960	736	0	0	2576
Kerbing Islands All Wheels 8Km/h	280	280	160	0	0	720
Potholes & Bumps L&R, F&R 30Km/h	0	40	0	0	0	40
Potholes & Bumps L&R, F&R 50Km/h	120	280	64	0	0	464
Potholes & Bumps L&R, F&R 70Km/h	40	600	160	0	0	800
Potholes & Bumps All Wheels 30Km/h	80	200	64	0	0	344
Potholes & Bumps All Wheels 50Km/h	280	480	96	0	0	856
Potholes & Bumps All Wheels 70Km/h	120	320	64	0	0	504
Resonance Road Part 1 40Km/h	0	21	16	0	0	37
Resonance Road Part 2 40Km/h	0	19	16	0	0	35
Inner Durability Road	80	80	64	0	0	224
Road 11 Part 1	80	21	64	0	0	165
Road 11 Part 2	80	21	64	0	0	165
Road 11 Part 3	80	21	64	0	0	165
Cobblestones 15Km/h	280	280	144	0	0	704
4X3 Surfaces	40	21	16	0	0	77
Road 6 from Point P to Point A	516	682	336	0	0	1534
Dust Tunnel 50Km/h	120	120	48	0	0	288
Mud Bath 10Km/h	40	40	16	0	0	96
Salt Bath 60Km/h	40	40	16	0	0	96

Şekil 6.14 Radyatöre Uygulanacak Yol Kayıtları ve Tekrar Sayıları

## 7. MODAL ANALİZİ

Modal analizi Isıl Performans , akış analizi , dayanım ve ömür analizleri gibi tüm analizlerin sonucunda en son şeklini kazanan modele yapılır. Analiz işlemi ile parçanın kritik çalışma frekansları ve muhtemel titreşim davranışları saptanır. Analizi yapılan modelin kritik frekanslarının montaj yapılacağı yerdeki çalışma titreşim değerlerine yakın olmaması istenir.

### 7.1. Modal Analizi Basamakları

Kullanılan Programlar : ABAQUS ve CATIA Generative Analizi

İki farklı programın bulunmasına karşın her iki programda aynı basamaklar izlenmek suretiyle yapılmaktadır. Bu programlar Catia ve Abaqus altında çalıştırılan modüller tarafından yapılmaktadır.

#### 1. Modelleme

Modal analizi en son yapılan analiz olduğundan dolayı tüm analizler neticesinde düzeltilmiş model bu analiz işleminde kullanılmaktadır.

#### 2. Modelin noktalarla tarif edilmesi

#### 3. Düzeltmeler

#### 4. Malzeme seçiminin yapılması

Bu bölümde kullanılan malzemelere ait bilgiler girilmektedir. (Elastiklik modülü , yoğunluk , akma , kopma mukavemet değerleri.)

#### 5. Modelin bağlantı yerlerinin seçilmesi ve bağlantı şekillerinin seçilmesi

#### 6. Sistemin çalıştırılması

#### 7. Sonuç ve değerlendirilmeler

### 7.2. Radyatöre Modal Analizi Uygulaması

Modal analizi uygulayacağınız radyatör Şekil 3.3 deki gibi komple modellenmiş ve ısı performans , akış analizi , dayanım ve ömür analizleri sonunda en son şeklini kazanmış olan modeldir. Modal analizi ABAQUS ve CATIA Generative analiz programlarında ayrı ayrı yapılmıştır ve sonuçları irdelenmiştir. Modal analizi CATIA Generative Analizi açıklanacak ve ABAQUS 'un sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Bu iki program arasındaki temel fark mesh işleminde fark etmektedir. ABAQUS 'da toplam nokta sayısı 80 000 civarında iken CATIA 'da 5 000 ' ler civarındadır. Doğal olarak ABAQUS gerçeğe daha yakın sonuçlar verecektir. Bunun dışında tüm basamaklar benzerdir.

#### 1. Model olarak Şekil 3.3 deki model kullanılır.

2. ve 3. Basamaklarda Şekil 3.3 deki modelin mesh ve iterasyon işlemi yapılır bu işlemler durability analindeki şekilde yapılır.

#### 4. Malzeme bilgisinin seçilmesi

Analiz işlemi esas olarak kazanlara yapılacağından dolayı kazanlara ait ayrıntılı malzeme bilgisi ve diğer parçalara ait sadece kütlelerinin hesaplanması maksatıyla yoğunluk bilgileri girilir.

Kazan malzemesi olarak PA 66 GF 43 polyamid kullanılacaktır.

ZYTEL 70 G43 L NC010

E ( Elastiklik Modülü )	14 000 mPa	( Kuru )
Poisson sayısı	0.33	
Kopma Gerilmesi ( 5 mm/dk )	165 mPa	( DAM )
Kopma Uzaması ( 5 mm/dk )	3 %	( DAM )
Basma Gerilmesi ( 5 mm /dk )	180 mPa	( Dry )
Yoğunluk	1.45 g / m <sup>3</sup>	

5. Bağlantı noktası olarak breketteki deliklerin yüzeyleri seçilir , çeşit olarak kaymalı yüzeyler seçilir.

6. Bu yüklemeler sonunda sistem çalıştırılır.

7. Modal analizi sonuçları ve değerlendirilmesi

Catia Generative Modal analizi sonunda kritik frekanslar aşağıda sıralanmıştır.

1. Kritik frekans ( KF )	Şekil 7.1	236 Hz
2. KF	Şekil 7.2	812 Hz
3. KF	Şekil 7.3	1404 Hz
4. KF	Şekil 7.4	1428 Hz

Abaqus Modal Analizi sonunda elde edilen değerler

1. KF	Şekil 7.5	221 Hz
2. KF	Şekil 7.6	746 Hz
3. KF	Şekil 7.7	1303 Hz
4. KF	Şekil 7.8	1360 Hz

Genellikle 1.Kritik frekanslar önemlidir. 1.Kritik frekanslar Renault Vibrasyona ait standartlarda 30 Hz üstünde olması istenmiştir. \* Görüldüğü üzere her iki analiz işlemi sonunda kritik frekanslar 230 Hz civarlarında çıkmıştır.

### 7.3. Modal Analiz Testleri

Komple sistemin modal analizini Elastomer Test Cihazları tarafından ölçülmektedir. Bu cihazlar tek ekseninde 2000 Hz kadar çıkmaktadırlar. Elastomer test cihazları ile sistemin rezonans noktaları ile dinamik karakteristikleri saptanabilmektedir.

Bunların neticesinde Elastomer Test Cihazında yapılan modal analiz sonuçları aşağıdaki gibi bulunmuştur. Değerler Hz cinsindedir.

1. Kritik frekans	210
2. Kritik frekans	768
3. Kritik frekans	1350
4. Kritik frekans	1440

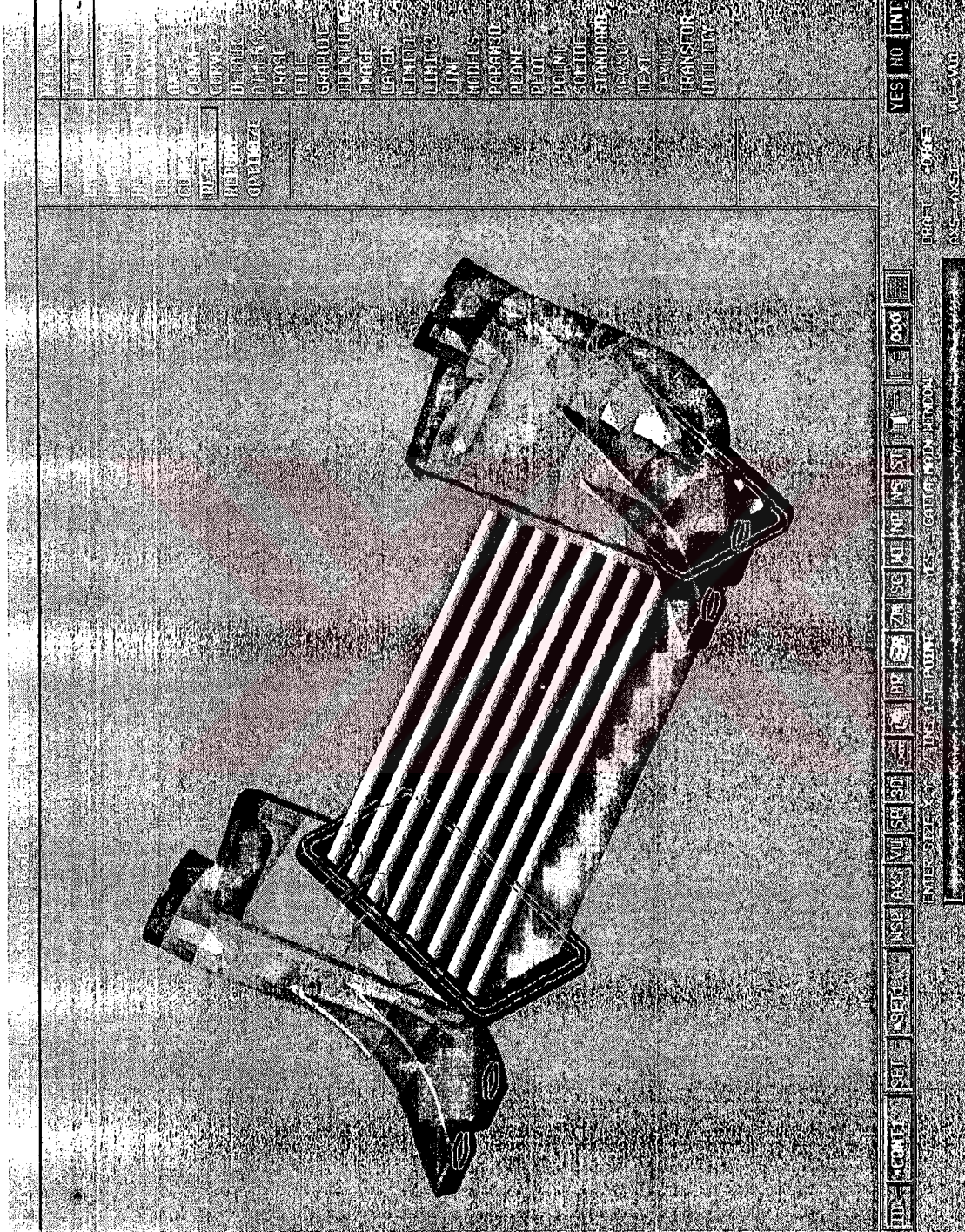
Sayfa 55 deki sonuçlarla test işlemi sonucunda bulunan değerler karşılaştırılırsa ilk 2 kritik frekansın değerlerinin Abaqus 'da bulunan değerlere yakın olduğu görülmektedir. 3. Ve 4. Kritik frekansların ilk iki kritik frekansdaki hassasiyeti sağlamadığı görülmektedir. Ancak çalışma şartları maksimum 50 Hz olduğu düşünülürse önemli olan ilk frekanstır. İlk frekans referans olacak şekilde modal analiz programlarının hassasiyeti :

$$\text{Abaqus} : ((221 - 210) / 221) * 100 = \% 5$$

$$\text{Catia} : ((236 - 210) / 236) * 100 = \% 12 \quad \text{hesaplanır.}$$

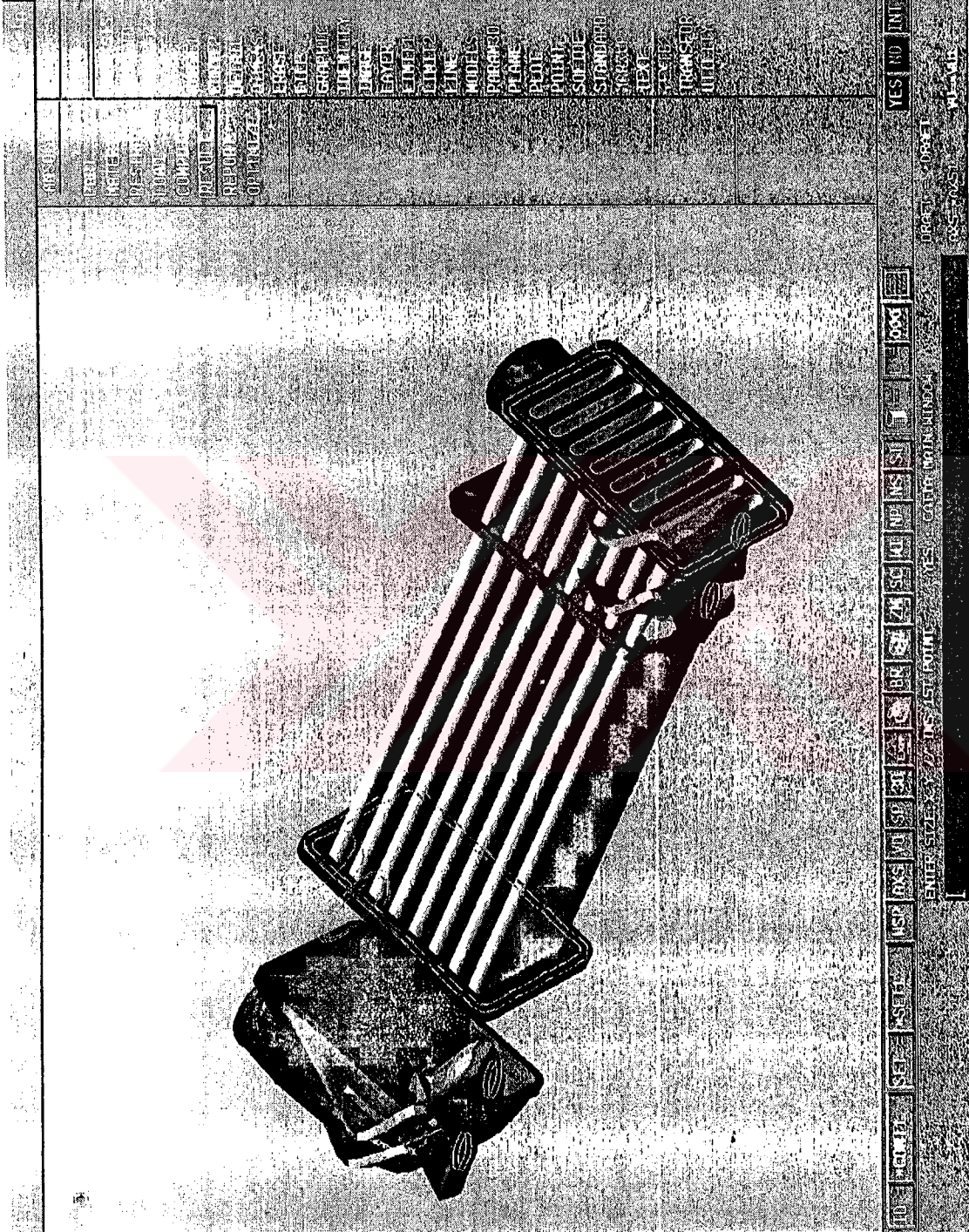
\* Renault ( 1998 ), " Cooling Module - Device Vibrational Endurance 31 - 07 - 502 " , Renault , Paris

an1 (1256x992x256 tiff)



Şekil 7.1 Radyatörün Birinci Kritik Frekansı ( Catia M.A. )

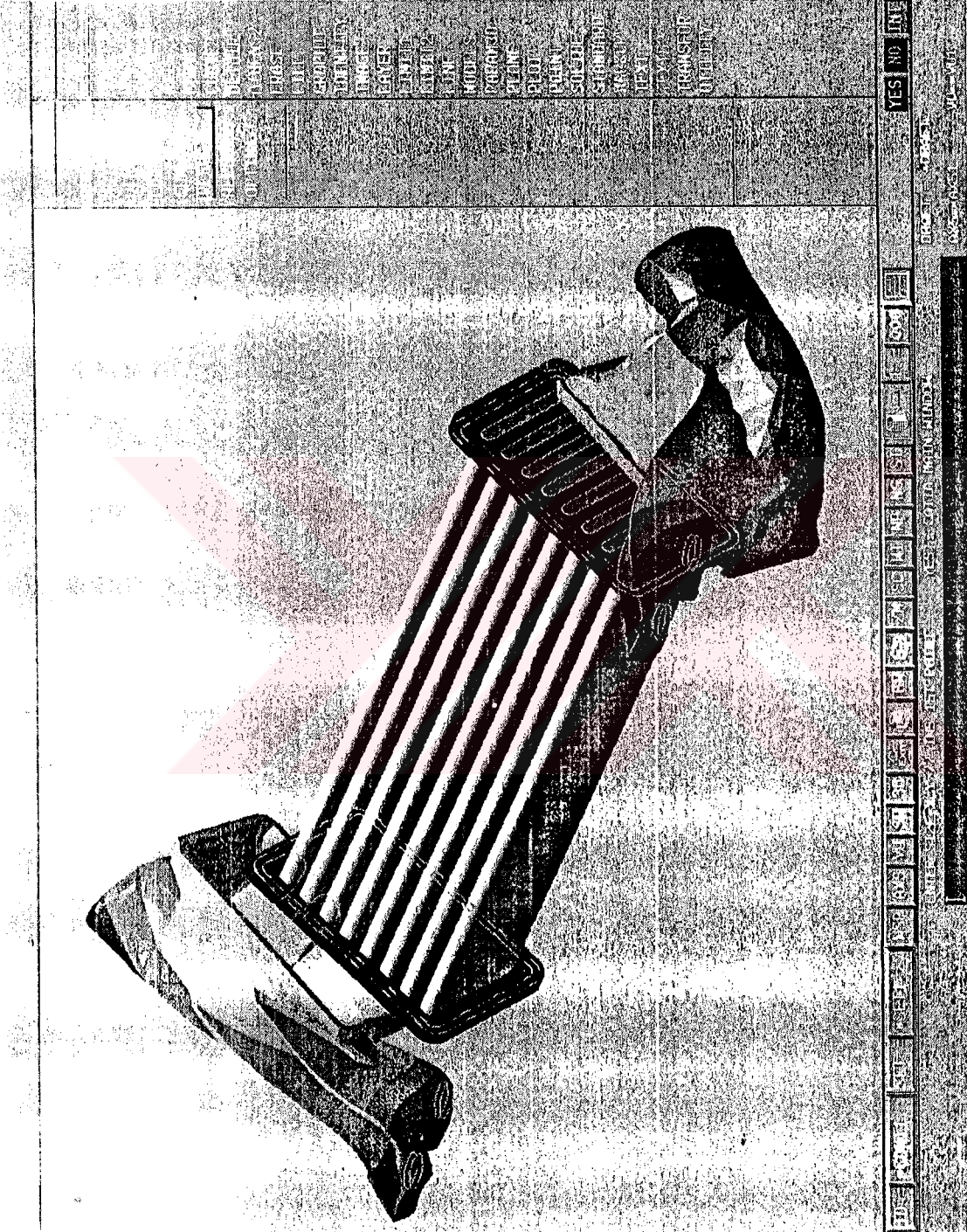
an2 (126dx992x256 tiff)



Şekil 7.2 Radyatörün İkinci Kritik Frekansı ( Catia M.A. )



an4 (1256x992x256 tiff)



Şekil 7.4 Radyatörün Dördüncü Kritik Frekansı ( Catia M.A. )









## 8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Baştaki bölümlerde açıklandığı gibi radyatör tasarımı bir dizi basamaklardan meydana gelmektedir. Bu basamaklar sırasıyla ısı performans , modelleme , akış analizi , dayanım ve ömür analizleri ve en son modal analizi şeklindedir. Tüm bu analizler sonunda radyatöre çoğunluğu bu analiz ve simülasyon sonuçlarıyla ilgili testler yapılmaktadır. Bu yüzden tasarım aşamasındaki bu analiz ve simülasyonlar günümüzde gittikçe önem kazanmakta hatta bazı tasarımlarda zorunlu kılınmaktadır.

Bu analizlerin tasarıma kattığı en büyük avantajlar ise ;

Tüm bu analizler neticesinde yapılan testler sonucunda olabilecek muhtemel tasarım iyileştirmelerini en aza indirmektedir. Bu azalma tasarım maliyetini ve tasarım süresini kısaltmaktadır. Bunun dışında en verimli ve en az maliyette tasarımlar yapılabilmektedir.

Tüm bu analiz ve simülasyon işlemleri için günümüzde değişik yetenekte yazılımlar mevcuttur. Ancak yapılacak analiz ve simülasyonlar için almak istediğimiz sonuç ve güvenilirlik değerlerine uygun olacak şekilde kullanacağımız yazılımın tespiti önemlidir.

Bunun dışında bu analiz ve simülasyon programları uzun süren yatırımlar , eğitimler ve belirli tecrübeler sonunda verimli hale gelmektedir. Kısa vadede istenilen sonuçlar pek alınmazlar.

**KAYNAKLAR**

DuPont , (2000) , Engineering Polymers , European Interner CD , DuPont Engineering Polymers , Switzerland

Renault , (1999) , “31 - 07 -004/K Cooling Radiators” , Product Spesifications , Renault Automobiles , Paris

Renault , (1999) , “31 - 07 - 503” Evauation of Thermal performans” , Product Spesifications Renault Automobiles , Paris

Renault , (1997) , “31 - 07 - 501 “ Endurance Under Cycle Pressure , Product Spesifications Renault Automobiles , Paris

Renault , (1998) , “31 - 07 -502 “ Cooling Module - Device Vibrational Endurance , Product Spesifications , Renault Automobiles , Paris

Renault , (1996) , “00 - 10 -001” Product Approval Process and Legal Provisions , Product Spesifications , Renault Automobiles , Paris



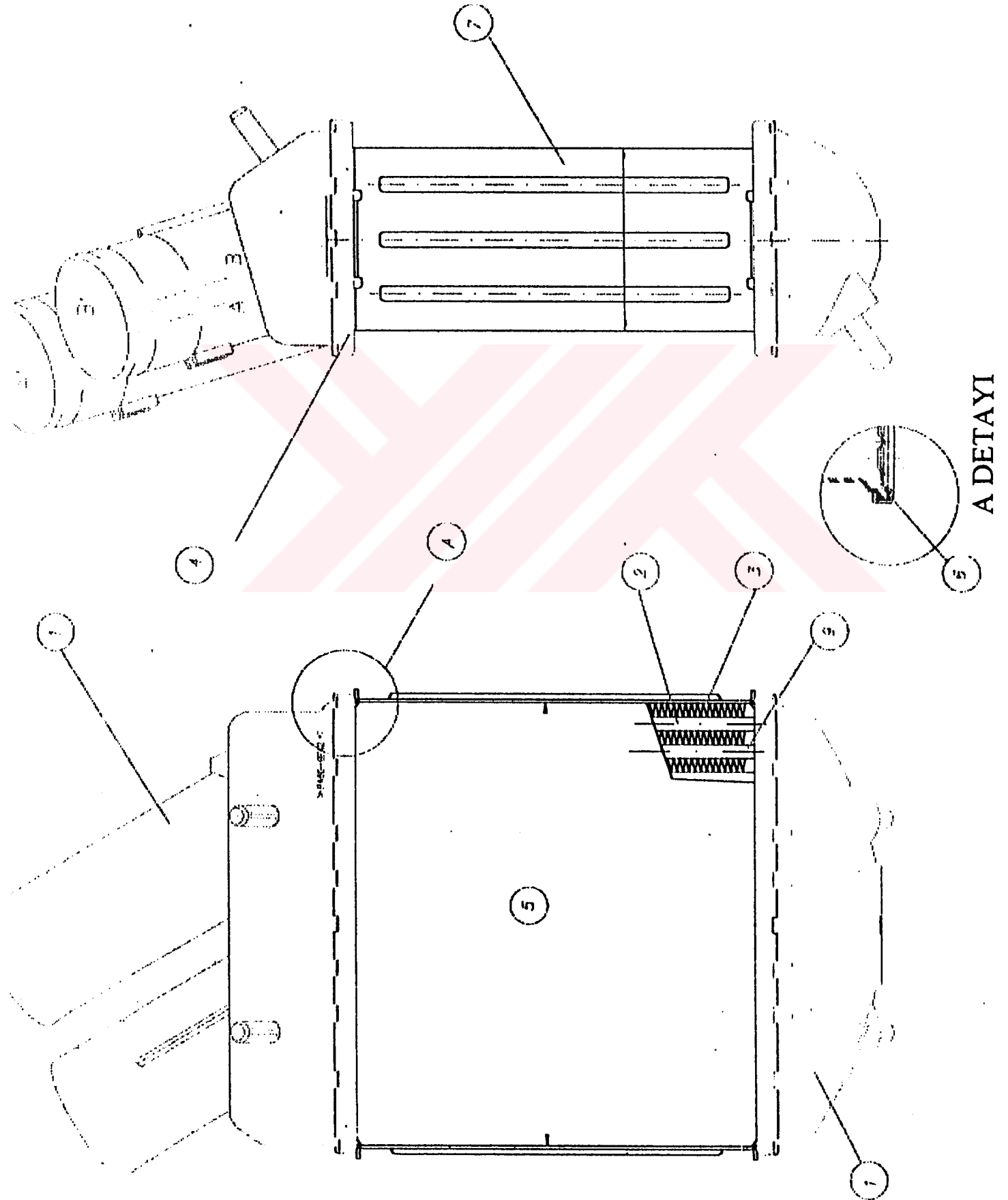
**EKLER**

EK-1 Komple Radyatör Parçaları

EK-2 Raayatör için Uyum Detayı



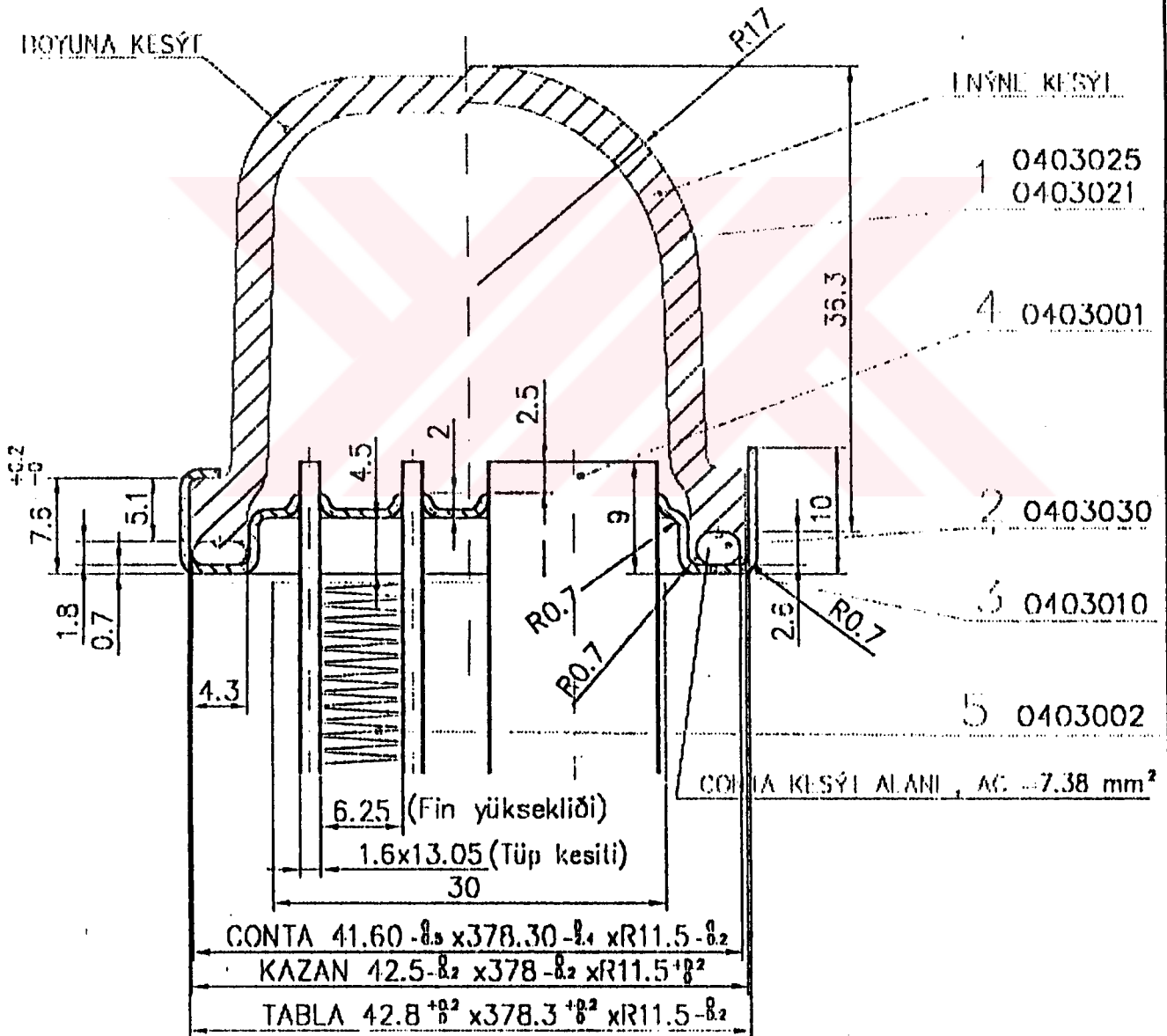
## EK-1 Komple Radyatör Parçaları



## EK-2 Radyaör için Uyum Detayı

$$A = \frac{\text{CONTA KESİTİ ALANI: } 7.38 \text{ mm}^2}{\%30 \text{ LİZME TABLA BOŞLUK ALANI: } 7.8721 \text{ mm}^2} = 0.94$$

İSTENİLEN DEĞER  
 $0.95 \geq A \geq 0.75$   
 BULUNAN DEĞER  
 $0.95 \geq 0.94 \geq 0.75$



CONTANIN ( TABLA İÇİ ) TOLERANS UYUM  $\frac{\text{(Conla Boy Toleransı } 2.4)}{\text{(Conla Boyu } 378.30)} = 0.00635 \geq \%17$

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	18.07.1974	
Doğum yeri	İzmir	
Lise	1989-1993	İSTEK Uluğbey Özel Deneme Lisesi
Lisans	1993 - 1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Müh. Anabilim Dalı , Konstrüksiyon Programı
Yüksek Lisans	1997 - 2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı , Konstrüksiyon Programı
Çalıştığı kurum ( lar )		
	1998-1998	İzmir İnşmak İnşaat Makinaları AŞ. Proje Müh.
	1999 - Devam	KALE Oto Radyatör AŞ. Ürün Geliştirme Müh.

